

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

*На правах рукописи*

УДК 633.11 «324»:631.526.32:631.82:631.559:631.445.4(470.630)

**ОЖЕРЕДОВА АЛЕНА ЮРЬЕВНА**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ПЛАНИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ  
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ  
СТАВРОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

**06.01.04 - агрохимия**

**ДИССЕРТАЦИЯ  
на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор Есаулко А.Н.**

**Ставрополь – 2020**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Обзор литературных источников.....	14
1.1. Агрохимические основы программирования урожая озимой пшеницы: исторический ракурс.....	14
1.2. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного.....	20
1.3. Методы и способы определения доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности сельскохозяйственных культур.....	28
1.4. Влияние оптимизации минерального питания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.....	34
2. Условия и методики проведения эксперимента .....	40
2.1. Почвенно-климатические условия места проведения исследований..	40
2.1.1 Агрохимическая характеристика почвенного покрова.....	41
2.1.2. Климат.....	42
2.2. Объект исследования и схема опыта.....	44
2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований.....	50
2.4. Погодные условия в годы проведения исследований.....	53
2.5. Агротехника возделывания озимой пшеницы на черноземе выщелоченном.....	62
3. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного.....	65
3.1. Динамика запасов продуктивной влаги.....	65
3.2. Динамика реакции почвенного раствора.....	72
3.3. Динамика содержания нитратного азота.....	78
3.4. Динамика содержания аммонийного азота.....	83
3.5. Динамика содержания подвижного фосфора.....	89
3.6. Динамика содержания обменного калия.....	96

3.7. Динамика содержания микроэлементов.....	101
3.7.1. Марганец.....	102
3.7.2. Медь.....	106
3.7.3. Цинк.....	110
4. Влияние минеральных удобрений на химический состав растений озимой пшеницы.....	116
4.1. Динамика содержания азота.....	116
4.2. Динамика содержания фосфора.....	120
4.3. Динамика содержания калия.....	123
4.4. Содержание микроэлементов.....	127
5. Влияние минеральных удобрений на степень развития и распространённость болезней озимой пшеницы.....	133
5.1. Корневые гнили.....	135
5.2. Мучнистая роса.....	139
5.3. Пиренофороз.....	141
5.4. Септориоз.....	143
6. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от расчетных доз минеральных удобрений.....	148
6.1. Структура урожая.....	148
6.2. Урожайность.....	152
6.3. Анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макро- и микроэлементов в почве и растениях.....	157
6.3.1. Макроэлементы.....	157
6.3.2. Микроэлементы.....	160
6.4. Качество зерна.....	161
7. Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений.....	164
Заключение.....	168
Предложения производству.....	173

Список использованной литературы.....	174
Приложения.....	208

## ВВЕДЕНИЕ

Основной целью возделывания всех сельскохозяйственных культур можно считать получение продуктов питания для человека, корма для животных и сырья для промышленности (И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа и др., 2005; N. Senapati, M.A. Semenov, 2019; Z. Dong, X. Zhang, J. Li и др., 2019).

Зерно – это основа сельского хозяйства (D.K. Singh, P.C. Pandey, G. Nanda, S. Gupta, 2019). Забота о зерне всегда, во все времена волновала и волнует земледельца. Недаром великий русский ученый К.А. Тимирязев среди множества проблем и вопросов, стоящих перед человечеством, считал наиболее важным вопрос о хлебе насущном (Н.Г. Малюга, А.И. Радионов, А.В. Загорулько, 2004; В.К. Дридигер, Е.А. Кащяев, Р.С. Стукалов и др., 2016).

Производство зерна во всем мире и во все времена является важнейшей государственной задачей, так как рынок зерна обеспечивает потребности населения в главном продукте питания – хлебе, промышленность – в сырье. Проанализировав статистические данные, можно сделать вывод, что по потреблению хлебных продуктов Россия находится на втором месте после Италии. В год один среднестатистический россиянин потребляет 118 кг хлебных продуктов (Ф.И. Бобрышев, А.И. Войсковой, В.В. Дубина и др., 2003; J. Santillano-Cazares, F. Nunez-Ramirez, C. Ruiz-Alvarado и др., 2018).

По прогнозам экономистов, к 2020 году населению планеты потребуется 1 млрд. т. зерна озимой и яровой пшеницы. В настоящее время в мире производится и потребляется 600 млн т пшеницы в год, а для удовлетворения потребности человечества в продовольственном зерне урожайность культуры должна быть доведена до 4,0 т/га. Повысить урожайность озимой пшеницы можно, опираясь на научные направления: программирование, прогнозирование и планирование урожаев (Н.Г. Малюга, А.И. Радионов, А.В. Загорулько, 2004; С.Н. Михалев, 2009; А.Ю. Гурьева, А.Н. Есаулко, Е.А. Саленко и др., 2016).

Решение данных вопросов заключается в удовлетворении потребности растений озимой пшеницы в определенных параметрах различных ресурсов (влаги, элементы питания, элементы технологии и т.д.) для формирования планируемого урожая. Для получения планируемого уровня урожайности требуется обработка цифровой информации больших данных, разработка системы в т.ч. и агрохимических мероприятий для получения планируемого уровня урожайности озимой пшеницы в данных почвенно-климатических условиях урожая, а при достаточной влагообеспеченности – полное использование генетического потенциала сортов (А.Н. Есаулко, А.Ю. Ожередова, Н.В. Громова, 2018; N. Shi, Y. Zhang, Y. Li, и др., 2018; E. Anderson, M. Monjardino, 2019).

Необходимо помнить, что сорта играют не второстепенную роль в формировании урожаев, в исследованиях многих ученых установлено, что доля сорта в формировании продуктивности составляет 20–40 %. Современные сорта обладают большой потенциальной продуктивностью, которую можно получить, учитывая почвенно-климатические ресурсы зоны, используя правильно составленную систему удобрения (А.И. Войсковой, М.П. Жукова, В.В. Дубина и др., 2011; И.Н. Кудряшов, Л.А. Беспалова, Д.А. Пономарев, 2016; Э.С. Давидянц, Ф.В. Ерошенко, 2017; Е.А. Батагова, В.В. Дубина, О.И. Власова, 2018).

**Актуальность работы.** Озимая пшеница в современных условиях является основной культурой растениеводства. Ее посевы в России занимают в последние годы около 15,8 млн. га, а в Ставропольском крае ее возделывают на площади более 1,8 млн. га (В.К. Дридигер, Р.С. Стукалов, 2018; В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, А.М. Никифорова и др., 2018).

Селекционерами ведутся постоянные работы по созданию и внедрению в производство новых сортов, обладающих всем комплексом важнейших хозяйственно ценных признаков и свойств (высокая урожайность и высокое качество зерна, высокая зимостойкость и засухоустойчивость, высокая устойчивость к полеганию и основным болезням, высокая

устойчивость к осыпанию и прорастанию зерна на корню и т.д.). Новые сорта озимой пшеницы потенциально обладают достаточно высоким уровнем урожайности, который при благоприятных условиях может значительно превышать 10,0-11,0 т/га в производственных условиях (В.И. Ковтун, 2018).

В странах Западной Европы (Германия, Великобритания, Бельгия, Голландия и др.) средняя урожайность озимой пшеницы за последние 5 лет составляет 7,0–8,5 т/га, многие фермеры ежегодно получают 11,0–12,0 т/га, а рекордные урожаи зерна превышают 17,0 т/га (S. Cadot, G. Belanger, N. Ziadi, и др., 2018; Q. Zhang, J. Wang, 2019; A. Meyer-Aurich, Y.N. Karatay, 2019).

Урожайность озимой пшеницы в РФ за период 2015–2019 годов составляла 2,5–3,0 т/га, во многих сельскохозяйственных предприятиях южных регионов страны она достигает – 6,0–7,5 т/га, в отдельные годы фиксируются рекордные урожаи культуры 10,0–10,5 т/га. Россия получает низкие урожаи в отличие от многих стран, существует много факторов, влияющих на урожайность, но одним из основных, можно считать низкий уровень химизации земледелия (О.В. Рухович, 2016; В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, Н.С. Шпилёв и др., 2017; K. Chen, R.A. O'Leary, F.H. Evans, 2019).

Отечественные и зарубежные научные разработки, передовая практика инновационных технологий возделывания озимой пшеницы убедительно доказывают, что грамотное применение различных доз минеральных удобрений – это основа получения планируемого количества и качества получаемой растениеводческой продукции. Применение минеральных удобрений обеспечивает максимальную продуктивность при рациональном расходовании элементов питания (Е.И. Золкина, 2018).

Удобрения – важнейший рычаг интенсификации земледелия. Они позволяют эффективно использовать ограниченные размеры сельскохозяйственных земель. Для повышения производства высококачественного зерна озимой пшеницы важно изучить теоретические основы применения минеральных удобрений и выявить связи в системе

почва – удобрение – урожай. Результаты исследований, полученные в различных опытах, позволяют проанализировать все возможные сочетания удобрений и иметь наиболее полную информацию не только о прямом действии изучаемых факторов, но также о степени и характере их взаимодействия (А.Х. Шеуджен, Л.И. Громова, Я.Е. Пастарнак, 2015).

**Степень разработанности темы.** Анализ литературных источников (И.С. Шатилов, Т.Н. Кулаковская, С.Д. Лысогоров, 1975; М.К. Каюмов, 1977; Г.Е. Листопад, А.Ф. Иванов, В.И. Филин, 1984; И.М. Болотов, 1986; А.А. Зиганшин, 1987; В.Д. Баранов, И.Г. Тараканов, 1990; В.В. Агеев, В.И. Демкин, 1991; Л.Н. Петрова, И.Г. Орлова, Н.В. Дуденко, 1999; Ю.И. Ермохин, А.Ф. Неклюдов, 2000; В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, 2004; Н.М. Комаров, В.К. Дридигер, 2005; В.А. Духовный, С.А. Нерозин, Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий, 2015; Е.А. Саленко, 2016; А.Н. Воронин, П.А. Котьяк, 2018; В.И. Ковтун, 2018) позволил установить разнообразие взглядов ученых в области изучаемой темы, что вполне можно объяснить географией места расположения опытов, изучаемыми элементами технологии возделывания культуры, методикой расчета доз на планируемый уровень урожайности и способами внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу.

Представленная диссертационная работа посвящена определению доз минеральных удобрений для достижения планируемой урожайности сортов озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Ставропольской возвышенности.

**Цель и задачи исследований.** Цель исследований заключалась в определении доз минеральных удобрений для достижения планируемого уровня урожайности и качества зерна сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности.

Для решения поставленной цели программой исследования было определено решение ряда задач:

– изучить влияние расчетных доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги, содержания макроэлементов в слое почвы

0–20 см, 20–40 см и микроэлементов в слое почвы 0–40 см чернозёма выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы;

– установить влияние применения минеральных удобрений на биометрические показатели роста и развития, вредоносность болезней, химический состав растений изучаемых сортов озимой пшеницы;

– определить зависимости между урожайностью культуры и содержанием в почве и растениях макро- и микроэлементов питания;

– выявить условия, способствующие получению планируемого уровня урожайности и качества зерна сортов озимой пшеницы с достижением максимальных показателей экономической эффективности изучаемых приемов.

**Научная новизна.** Впервые на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности было изучено влияние расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности 5,0, 7,5 и 10,0 т/га сортов озимой пшеницы Краснодарской селекции Васса, Гром, Доля. Определена корреляционная связь между послойным содержанием агрохимических показателей, химическим составом растений в течение вегетации и продуктивностью культуры. В зависимости от содержания макро- и микроэлементов в почве и растениях, показателей структуры урожая предложены уравнения прогноза урожайности озимой пшеницы.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Были получены новые знания о положительном влиянии расчетных доз минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного, планируемый уровень урожайности 5,0 и 7,5 т/га и качество зерна сортов озимой пшеницы. Представлено математико-нормативное обоснование планируемой урожайности культуры в зависимости от содержания макро- и микроэлементов в почве и растениях.

В ходе проведенных исследований получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать производству расчетные дозы минеральных удобрений в технологии возделывания сортов озимой пшеницы

по методике В.В. Агеева и А.Н. Есаулко (2011) на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 5,0 и 7,5 т/га.

Полученные результаты исследований используются в образовательном процессе при изучении дисциплин «Агрохимия», «Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия», «Диагностика питания растений», «Методы программирования урожаев сельскохозяйственных культур», «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур», «Экологическая агрохимия», «Технологии применения удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии», «Агрохимические основы управления продуктивностью и качеством продукции растениеводства», «Региональные системы воспроизводства почвенного плодородия», «Экологизация и ресурсосбережение в применении удобрений» для бакалавров направления «Агрономия», «Землеустройство и кадастры», «Экология и природопользование» и магистров программ «Агрохимические основы управления питанием растений и плодородием почвы», «Ресурсосберегающие технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии», «Экологически безопасные технологии защиты растений» факультета агробиологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

**Методология и методы исследований.** Методология исследований заключается в системном подходе при выборе цели и задач для постановки эксперимента на основе анализа результатов отечественных и зарубежных ученых. При проведении опытов использовались следующие методы исследований: эмпирические – полевой эксперимент и лабораторный анализ почвы и растений; теоретические – статистическая обработка результатов исследований (дисперсионный и корреляционно-регрессионный анализ), цифровое, текстовое и графическое отображение достигнутых результатов.

**Достоверность** полученных в ходе проведения исследований и интерпретация результатов подтверждаются количеством наблюдений и учетов в лабораторных и полевых опытах, выполненных согласно программе

исследования, данными математической обработки изучаемых приемов и положительными результатами научных исследований при их внедрении на производстве.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– расчетные дозы минеральных удобрений оказывают положительное влияние на содержание подвижных форм азота и фосфора в слоях 0–20, 20–40 см чернозема выщелоченного и химический состав растений сортов озимой пшеницы;

– урожайность сортов озимой пшеницы зависит от послойного содержания подвижных форм макроэлементов в слое 0–20 и 20–40 см и микроэлементов в слое 0–40 см чернозема выщелоченного в период вегетации растений;

– распространенность и интенсивность развития болезней озимой пшеницы зависит от устойчивости сорта и доз минеральных удобрений;

– урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы на планируемый уровень 5,0 и 7,5 т/га определяются расчетной дозой минеральных удобрений;

– на экономическую эффективность производства зерна озимой пшеницы влияют дозы минеральных удобрений, выбор сорта и погодные условия.

**Реализация результатов исследований.** Результаты исследований апробированы в хозяйствах АО СХП «Колос» и СПК КП «Казьминский» Кочубеевского района на общей площади 408 га.

В среднем за 2018–2019 годы применение в АО СХП «Колос» расчетных доз минеральных удобрений  $N_{118}P_{56}K_{34}$  и  $N_{146}P_{75}K_{49}$  на планируемую урожайность озимой пшеницы 5,0 и 7,5 т/га позволило получить 5,3 и 7,5 т/га соответственно, а внесение в СПК КП «Казьминский» расчетных доз минеральных удобрений  $N_{158}P_{82}K_{60}$  и  $N_{212}P_{104}K_{82}$  на планируемую урожайность 7,5 и 10 т/га позволило получить соответственно 7,9 и 9,95 т/га зерна.

**Апробация работы.** Данные, полученные в ходе диссертационного исследования, были представлены на 81-й научно-практической конференции «Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в СКФО» (Ставрополь, 2016) и Международной научно-практической конференции, приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского государственного аграрного университета «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах» (Ставрополь, 2018).

**Публикация результатов исследований.** По результатам исследования автором опубликовано 9 работ: раздел в монографии, 3 статьи в базе данных РИНЦ, 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 1 статья в авторитетной политематической реферативно-библиографической и наукометрической (библиометрической) базе данных Web of Science.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа содержит: введение, семь глав, заключение, предложения производству, список использованной литературы и приложения. Работа описана на 308 страницах машинописного текста, включает 33 таблицы, 10 рисунков, 97 приложений. Автором проанализированы 253 научные работы, из них 12 зарубежных.

Автор благодарит за консультации и советы, которые в процессе работы ему давали доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений Валентин Васильевич Агеев, кандидаты сельскохозяйственных наук доценты кафедры агрохимии и физиологии растений Сергей Александрович Коростылёв, Елена Александровна Устименко, Максим Сергеевич Сигида, Евгений Валерьевич Голосной, Алла Анатольевна Беловолова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры агрохимии и физиологии растений Наталья Викторовна Громова и ассистент кафедры Дмитрий Евгеньевич Галда, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической безопасности, статистики и эконометрики Алексей

Николаевич Герасимов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры химии и защиты растений Анна Петровна Шутко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры химии и защиты растений Людмила Алексеевна Михно.

Глубочайшая признательность адресована научному руководителю, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, профессору РАН Александру Николаевичу Есаулко за его чуткое руководство, соучастие в разработке программы-методики, помощь в обработке экспериментальных данных, качественную проверку с последующей корректировкой глав диссертационной работы.

## **1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

### **1.1. Агрохимические основы планирования и программирования урожая озимой пшеницы: исторический ракурс**

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой пшеницы, необходимо решать задачи по внедрению различных методов планирования, прогнозирования и программирования урожая через контроль за элементами инновационных технологий возделывания культур (И.С. Шатилов, 1973; В.А. Духовный, С.А. Нерозин, Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий, 2015; О.А. Шахова, Л.И. Якубышина, 2018; А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида и др., 2018).

Общепринятым определением «программирования урожая» считается разработка комплекса взаимосвязанных мероприятий, своевременное и качественное выполнение которых обеспечивает получение рассчитанного уровня урожайности сельскохозяйственных культур заданного качества при одновременном повышении плодородия почвы и удовлетворении требований охраны окружающей среды (В.Ф. Мальцев, 1982; Г.Е. Листопад, А.Ф. Иванов, В.И. Филин, 1984; М.К. Каюмов, 1989; В.В. Агеев, Н.И. Можаяев, 1996; А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, Е.В. Коломыцев, 2007; А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина и др., 2011; Е.Е. Жуковский, 2014; А.Ю. Гуруева, 2014, 2015).

Программирование – такая широкая и всесторонняя научная и практическая проблема, которая не может быть решена небольшим коллективом людей, работающих в отделах, лабораториях и даже институтах, она требует больших и целенаправленных усилий всех научно-исследовательских центров и учреждений (И.Н. Бережной, 1976; Н.П. Чернавский, 1979; И.С. Шатилов, Д.Ф. Чудновский, 1980; В.В. Агеев, В.И. Демкин, 1991; И.Ш. Фатыхов, 1991; Т.Г. Косенко, 2017).

Впервые о программировании урожаев как о науке заговорили в XIX – начале XX столетия. Среди ученых этого периода можно отметить

Ю. Либиха, Г. Гельригеля, М.Э. Вольни, Д.Н. Прянишникова, К.А. Тимирязева, В.Р. Вильямса и многих других. Они проводили систематические многофакторные исследования, в которых изучали влияние известных в тот период технологических приемов для регулирования продуктивности растений в переводе на количественные показатели (Н.И. Можаяев, Н.А. Серикпаев, Г.Ж. Стыбаев, 2013; У.Д. Мухортова, М.А. Гапурова, К.Е. Кузённая, 2018).

В 30-х годах прошлого столетия программированию стало уделяться пристальное внимание. Первые опыты по программированию урожаев картофеля были проведены в нашей стране известным селекционером-картофелеводом А.Г. Лорхом (Н.В. Самогаева, 2009): он разработал технологию возделывания культуры для получения 500 ц/га в условиях Московской области – сбор клубней достиг 582 ц/га. Практически одновременно похожие исследования на зерновых культурах проводил М.С. Савицкий: он получил 99,8 ц/га озимой пшеницы сорта Московская 02411 при планируемом уровне 100 ц/га (С.Д. Лисогоров, 1978; Н.И. Можаяев, 1985; М.К. Каюмов, 1989; В.Ю. Листков, 2018).

А.Г. Лорх для достижения планируемой урожайности использовал графики нарастания сухой биомассы картофеля на основе регулирования агрохимических параметров (питание), условий влагообеспеченности и углекислотный обмен растений. Возделывание культуры на планируемый уровень продуктивности очень близко соответствовало биологическим особенностям роста и развития картофеля. В последующем ученый достиг урожайности культуры до 700 ц/га (И.С. Шатилов, М.К. Каюмов, 1970; И.С. Шатилов, Т.Н. Кулаковская, С.Д. Лысогоров и др., 1985; М.К. Каюмов, 1986; А.Н. Воронин, П.А. Котьяк, 2018).

Другие методы для получения планируемого уровня урожайности 100 ц/га зерна озимой пшеницы использовал М.С. Савицкий. На основе составленной структурной формулы урожая (густота стояния растений, число продуктивных стеблей, колосьев, зерен в колосе, абсолютная масса

зерна) был произведен расчет доз удобрений для формирования заданного урожая (М.К. Каюмов, 1978; И.М. Болотов, 1986; В.В. Гриценко, В.Е. Долгодворов, 1986; В.Д. Баранов, И.Г. Тараканов, 1990; В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина и др., 2014).

Многие ученые позднее стали интересоваться данным направлением. Были созданы точные приборы, которые контролировали развитие и рост растений, что способствовало закладке новых экспериментов. Одним из важных стал считаться показатель фотосинтетической деятельности растений. К.А. Тимирязев утверждал, что на плодородие почвы влияет световая энергия, исходящая от солнца, а не количество вносимых минеральных и органических удобрений и наличие в почве продуктивной влаги.

Растения после поглощения большого количества солнечной энергии с помощью хлорофилла преобразовывают ее в химическую энергию органических соединений, тем самым формируют массу «своего тела». Он утверждал, что главная задача земледельца – повлиять на употребление растением энергии солнца для накопления органических веществ. От объема фотосинтетической деятельности растения и величины коэффициента использования им солнечной энергии зависит в конечном счете урожай (А.А. Климанов, Г.Е. Листопад, Г.П. Устенко, 1971; М.К. Каюмов, 1977; В.А. Духовный, С.А. Нерозин, 1989; Н.И. Можаяев, 2003; В.Ф. Мальцев, С.А. Бельченко, А.Е. Сорокин и др., 2007; В.А. Шадских, В.Е. Кижаяева, 2008; В.А. Савельев, 2010).

А.А. Ничипорович, который являлся членом-корреспондентом АН СССР в 50–70-х годах XX века, изучал проблемы фотосинтеза и его влияние на повышение продуктивности растений. Он доказал, что получение урожайности зерна в пределах 60 ц/га нужно считать всего лишь удовлетворительным, 90 – хорошим и 120 – очень хорошим. Для получения высоких и сверхвысоких урожаев (более 200 ц/га) растениям необходимо

полностью использовать фотосинтетический потенциал (К.П. Афендулов, А.И. Лантухова, 1978; М.К. Каюмов, 1995).

В 70-х годах прошлого столетия в СССР стали работать несколько крупнейших центров в данной области, таких как: Тимирязевская МСХА, Институт почвоведения и фотосинтеза, Волгоградский сельскохозяйственный институт, Агрофизический институт в Ленинграде, Горский СХИ и др., ими были получены значимые результаты исследований. В Ставропольском аграрном университете глубоко занимались в области программирования урожайности следующие ученые: Н.М. Шахзадов работал в этой области с озимой пшеницей, С.П. Портуровская – с озимым ячменем, В.В. Агеев изучал несколько сельскохозяйственных культур, в условиях неорошения и орошения в севооборотах ими были получены достоверные и значимые результаты (В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, 2004).

В 60–90-х годах прошлого столетия были созданы научные школы по изучению формирования урожая. А.М. Рябчиковым и Т.И. Шашко были разработаны методы и предложены формулы по определению формирования потенциально возможного уровня урожайности. Н.А. Ефимовой (1969) и Х.А. Молдау (1963) была разработана методика расчета уровня урожайности по приходу ФАР, где использовался среднемесячный приход ФАР за период вегетации растений. А.М. Алпатыев разработал методику балансового расчета прихода и расхода влаги посевами (М.К. Каюмов, 1991; В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина и др., 2008; 2011).

Под руководством И.С. Шатилова и М.К. Каюмова в Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева проводилась большая работа по изучению практически всех основных принципов программирования урожая. По этой же теме научные исследования проводились и в учебных заведениях, таких как: ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса РФ, НИИ физиологии растений РФ, Волгоградский СХИ РФ, Черниговская опытная станция РФ (К.П. Афендулов, Н.И. Лантухова), Ивановский СХИ РФ (Ю.А. Чухнин). В.Г. Минеев, Б.А. Ягодин и многие

другие исследователи внесли свой вклад в разработку вопросов по питанию растений. Н.Г. Щепетковым и другими учеными в Целиноградском СХИ КазССР, который сейчас именуется как Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, изучались некоторые вопросы по применению программирования в посевах корнеплодов и овощных культур (Т.Н. Кулаковская, 1975; М.К. Каюмов, 1981; Г.П. Дзюин, А.И. Безносков, В.М. Холзаков, 1986; А.А. Зиганшин, 1987).

В Целиноградском СХИ с 1975 года под руководством Н.И. Можаяева проводилась работа по изучению возможностей программирования урожаев кормовых культур, в ходе которой изучался вопрос по использованию посевами влаги. Учеными были рассчитаны коэффициенты водопотребления культур, средние значения оптимальной густоты стеблестоя (травостоя) посевов кормовых культур, разработана методика расчета норм высева семян, даны поправочные коэффициенты для их расчета, также была изучена эффективность применения расчетных доз удобрений под планируемую урожайность. На больших площадях в бывших совхозах «Октябрь», «Рассвет», имени М. Маметовой Целиноградского района, «Новоалександровский» Вишневогорского района и др. Акмолинской области были проверены и внедрены результаты исследований по программированию урожаев. К примеру, в 1986 году агроному А.Н. Можаяеву в производственных опытах с применением ряда элементов программирования урожаев в условиях Акмолинской области удалось на орошении получать 150–160 ц/га люцернового сена, 800–850 ц/га зеленой массы кукурузы и 650 ц/га кормовой свеклы (Н.И. Можаяев, 1986; 2003).

Параллельно во многих странах Западной Европы ученые разрабатывали технологии, позволяющие экономично использовать каждый гектар пашни. В Великобритании, Голландии, на Филиппинах, в Перу, Колумбии, Мексике, Нигерии, Индии и США были созданы научно-исследовательские центры, которые занимались разработкой количественных

моделей продукционного процесса, выращиванием тепличных культур (В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, 2003).

В 70-е годы Латвийским НИИ земледелия и экономики сельского хозяйства разрабатывалась информационно-вычислительная система «почва – урожай», которая состояла из «банков» данных, с точной информацией о плодородии почв, содержании элементов питания в органических удобрениях и т.п. Для составления этих банков данных использовалась информация агрохимического обследования почв, результаты полевых опытов, рекомендации, данные передовыми хозяйствами по внесению доз удобрений, которые были составлены с помощью ЭВМ практически для всех латвийских хозяйств (М.Б. Гилис, 1978; Ю.П. Жуков, А.В. Реутов, 1984; Г.П. Дзюин, А.И. Безносков, В.М. Холзаков, 1986; Ф.Ф. Ганусевич, 2009).

Н.А. Каном, В.Г. Бурдюговым, Г.Т. Балакайем в 1985 году была создана региональная система программирования урожаев, которая основывалась на алгоритмах планирования агрокомплекса. При помощи данных алгоритмов на основании достоверных информационных сведений о состоянии поля специалист мог спланировать агрокомплекс, учитывая индивидуальные особенности поля, технические возможности хозяйства, прогноз метеоусловий. Алгоритм планирования агрокомплекса содержал правила в разных формах: в виде выраженного словами логического условия, формулы, таблицы (В.В. Агеев, В.И. Демкин, 1991).

Качество планирования повышалось, когда в исследуемой зоне действовала служба программирования урожаев, которая располагала математическими моделями, умела проводить расчеты. В опытах на Северном Кавказе, где широко применялся этот метод в хозяйствах, своевременное и качественное выполнение всего комплекса агротехнических мероприятий обеспечивало получение 60 ц/га озимой пшеницы, более 40 ц/га зерна кукурузы, около 600 ц/га зеленой массы многолетних трав и кукурузы на силос (В.В. Агеев, А.И. Подколзин, 2001; А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.Ю. Стороженко и др., 2003; А.Н. Есаулко, 2006; Е.А. Саленко, 2016).

## **1.2. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного**

В своих трудах В.Г. Минеев (2005), А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, Л.Ю. Гончарова, Е.И. Симонович, Л.В. Бурлуцкая и др. (2014), Т.Н. Бондарева и др. (2018) описывают почву как биокосную оболочку Земли, влияющую на жизненно важные биогeoценотические функции. Жизнь на нашей планете зависит от высокого плодородия почвы. Для удовлетворения потребностей населения планеты, которое постоянно растет, необходимо воспроизводить почвенное плодородие, влияющее на урожайность всех сельскохозяйственных культур.

Современное ведение земледелия позволяет многосторонне воздействовать на экосистемы, оптимизирует параметры физических, химических и биогeoхимических свойств почвы, способствует сохранению и воспроизводству плодородия почвы, влияет на микробные сообщества и активизирует в ней биологические процессы, оптимизирует рост и развитие растений, что является важным в условиях возрастающего глобального и локального техногенного загрязнения окружающей среды, повышает устойчивость экологических функций почвы как сферы обитания живых организмов (А.П. Карабутов, Г.И. Уваров, 2011; А.К. Тхакахова, Е.С. Василенко, О.В. Кутовая, 2012; Г.Ш. Казыханова, Ф.Я. Багаутдинов, Т.Н. Иванова, 2013; Л.П. Леплявченко, Е.Е. Ерезенко, 2013; А.А. Мнатсаканян, Г.В. Чуварлеева, Г.М. Лесовая, П.П. Васюков, 2017).

Проведя анализ большого количества научных данных по возделыванию сельскохозяйственных растений в Российской Федерации и странах ближнего зарубежья 80–90 годов XX столетия, можно сделать умозаключение о том, что для увеличения урожайности культур необходимо сохранять и воспроизводить почвенное плодородие (Л.Н. Петрова, Ф.В. Ерошенко, А.А. Ерошенко, 2015).

Основатель агрохимии Юстус Либих (1936) говорил о том, что для сохранения плодородия обязательно нужно отдать почве все то, что вынес из

нее урожай. В настоящее время прирост урожайности сельскохозяйственных культур возможен только за счет внесения минеральных удобрений, которые есть основа почвенного плодородия.

Черноземных почв на земном шаре насчитывается около 240 млн. га. Большая часть их расположена в Евразии, Северной и Южной Америке. Самой богатой страной по расположению черноземных почв считается Российская Федерация, на ее площади сосредоточена половина черноземов мира (О.В. Волынкина, Е.В. Кириллова, Ю.Я. Емельянов и др., 2014; В.М. Кильдюшкин, А.П. Бойко, А.Г. Солдатенко и др., 2017; Н.П. Чекаев, Е.О. Кочмина, 2018; Е.Г. Пивоварова, Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов и др., 2018; А.Н. Тюрин, 2018).

Главнейшие обладатели черноземного фонда – Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская и Волгоградская области (В.Ф. Вальков, Т.Ш. Казеев, С.И. Колесников, 2008).

А.Х. Шеуджен, А.И. Столяров, Л.П. Леплявченко и др. (2008) описывают в своих работах опыт по влиянию минеральных удобрений на состояние агроэкосистемы чернозема выщелоченного, заложенный в 1981 году под руководством заведующего кафедрой агрохимии Кубанского государственного аграрного университета профессора В.Т. Куркаева. В 2005 году данный опыт был включен в «Реестр длительных опытов с удобрениями Российской Федерации». А.Х. Шеуджен (2015) утверждает, что по завершению трех ротаций 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота, благодаря высокой буферности чернозема выщелоченного, не наблюдается значительных изменений его физико-химических свойств.

Внесение минеральных удобрений в научно обоснованных нормах не приводит к существенному изменению физико-химических свойств почвы – рН водной, рН солевой, гидролитической кислотности, суммы поглощенных катионов, емкости катионного обмена, степени насыщенности почв основаниями. Можно лишь констатировать слабую тенденцию уменьшения

значений этих показателей (А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, Т.Н. Бондарева и др., 2017).

А.В. Ткаченко и А.А. Кувшиновой (2016) было оценено влияние доз минеральных удобрений на обменную кислотность чернозема типичного. Отрицательного воздействия на уровень обменной кислотности выявлено не было. На контрольном варианте в слое почвы 0–30 см рН в течение десяти лет изменялась от слабокислой до близкой к нейтральной, а на варианте, где применялись минеральные удобрения, рН изменилась с близкой к нейтральной до нейтральной. Высокий рост уровня кислотности был зафиксирован в 2015 году на неудобряемом участке, где реакция почвенного раствора от нейтральной стала близкой к нейтральной. Возможно, аномальный рост не имеет отношения к внесению минеральных удобрений.

Учеными М.Т. Куприченковым, Н.Н. Шаповаловой, Е.П. Шустиковой (2014) проведена оценка последствий многолетнего ежегодного внесения разных видов и доз минеральных удобрений на агроэкологическое состояние верхнего слоя (0...60 см) чернозема обыкновенного Центрального Предкавказья на основе анализа реакции почвенной среды (рН), содержания общего и подвижного гумуса, а также показателей ферментативной активности. Исследования выполнены в 2012–2013 годы на базе стационарного полевого опыта, заложенного в 1975 году, в котором за период изучения действия удобрений было внесено от 630 до 3780 кг/га азота и фосфора в чистом виде и на фоне 1800 кг/га калия. Влияние агрохимикатов на почвенную экосистему обусловлено видом удобрения. Внесение минерального фосфора способствовало увеличению в слое 0...60 см содержания гумуса (в пределах 0,43...0,65 %) и повышению в 4–7 раз активности инвертазы, участвующей в гидролизе сложных углеводов растительных остатков.

Применение азотного удобрения на черноземе обыкновенном не оказало существенного влияния на общее содержание гумуса, однако, наряду с более интенсивным подкислением пахотного слоя почвы (на 0,48...0,79 ед.

pH), вызвало увеличение в его составе доли подвижного гумуса (до 17 %), что означает рост окисленности органического вещества и его возможные потери. Кроме того, внесение минерального азота способствовало повышению активности уреазы в слое 0...60 см в 1,6 раза, фосфатазы в слое 0...40 см – в 1,9–3,2 раза. Результаты исследований показали неоднозначность действия удобрений на экосистему чернозема, что создает предпосылки для поиска механизмов управления ферментативной активностью почвы путем подбора их видов (Н.Н. Шаповалова, Е.И. Годунова, 2018).

Минеральные удобрения – один из главнейших факторов повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, но при этом они оказывают непосредственное влияние на почвообразовательный процесс (А.Х. Шеуджен, С.А. Кольцов, О.А. Гуторова и др., 2017; Б.В. Гагиев, З.Т. Кануков, Т.К. Лазаров и др., 2017; С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров, Б.С. Калоев и др., 2019).

Их действие зависит от уровня химизации и периода использования. Общепринято мнение, что минеральные удобрения напрямую не оказывают влияния на почвообразование, так как однократные дозы внесения невелики. Однако они могут стимулировать или угнетать почвенную биоту, влиять на ее видовое разнообразие и тем самым повышать или снижать запасы гумуса не только в пахотном слое, но и во всем почвенном профиле (Л.Н. Александрова, 1980; Е.В. Климова, 2000; Е.В. Кириллова, О.В. Волынкина, А.Н. Копылов, 2013; Е.В. Агафонов, 2017; К.И. Пимонов, Д.Ф. Ионов, С.В. Матузков, 2017).

Сотрудниками ФГБУ «САС «Самарская» П.А. Чекмаревым, С.В. Обущенко, Н.М. Троц (2013) в 4-польном севообороте на черноземе обыкновенном были проведены исследования по изучению доз минеральных удобрений. Схема опыта была представлена следующим образом: контроль (без минеральных удобрений); минимальный –  $N_{45}P_{45}$  (припосевное) +  $N_{30}$  (подкормка); средний (общепринятый) –  $N_{140}P_{110}K_{110}$  (основное) +  $N_{45}P_{45}$

(припосевное) + N<sub>30</sub> (подкормка); интенсивный – N<sub>190</sub>P<sub>140</sub>K<sub>140</sub> (основное) + N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> (припосевное) + N<sub>30</sub> (подкормка).

На основании исследований авторы пришли к выводу, что на контроле происходит снижение содержания гумуса в черноземе обыкновенном на 1,075 т/га. На вариантах опыта с внесением минеральных удобрений происходит уменьшение потерь гумуса на 4,8...30,3 % и сокращается его дефицит в 1,2–3,6 раза, однако полностью баланс не восполняется.

В Ставропольском НИИСХ в условиях Центрального Предкавказья (Ставропольская возвышенность) на базе длительного полевого опыта, заложенного в 1975 году Е.И. Годуновой и Н.Н. Шаповаловой (2017), продолжают вестись исследования по влиянию на содержание гумуса в черноземе обыкновенном минеральных удобрений.

Для сохранения гумуса в чернозёме обыкновенном Центрального Предкавказья на возможно более высоком уровне необходимо систематическое применение фосфорных удобрений в дозе не менее 60 кг/га д.в. В этом случае общие потери гумуса в пахотном слое за 32 года использования сократились в сравнении с неудобренным контролем на 0,30–0,46 %, или в 1,5–2,0 раза. Положительный эффект при внесении фосфора возрастает пропорционально дозе.

Азотные удобрения также оказывают положительное влияние на гумусное состояние почвы, которое зависит от дозы и фона внесения. На естественном фоне плодородия с дефицитом легкоусвояемых фосфатов минимальные среднегодовые потери гумуса в пахотном слое и в слое 0–60 см отмечаются при одностороннем применении 60 кг/га азота – 0,013 % и 0,79 т/га соответственно. Более высокие дозы азотного удобрения приводят к усилению процесса дегумусирования почвы. На высоком фосфорно-калийном фоне доза азота может быть увеличена до 90 кг/га без негативных последствий для запасов гумуса в 60-сантиметровом слое (Р.Г. Османьян, 2007; Н.Г. Мязин, Ю.А. Кошелев, 2009; А.Н. Есаулко, М.Н. Коростелев,

2009; Ю.И. Гречишкина, А.Н. Есаулко, О.А. Подколзин, 2009; Т.С. Айсанов, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, 2016; Е.И. Годунова и Н.Н. Шаповалова, 2017).

Д.И. Еремин в своих исследованиях по влиянию возрастающих доз минеральных удобрений на качественный состав чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья (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.

При смещении гумусообразования в сторону формирования «активных» фракций фульвокислот повышается кислотность пахотных черноземов выщелоченных (Д.И. Еремин, А.А. Ахтямова, 2018; Д.И. Еремин, О.Н. Демина, 2018).

В период 2012–2014 годов Т.С. Айсановым (2015) проводились исследования по изучению динамики агрохимических показателей чернозема выщелоченного. Было установлено, что системы удобрения во все фазы развития озимой пшеницы достоверно увеличивали содержание минерального азота в почве, и разница с контролем составляла: 1,1–28,4 мг/кг – по занятому пару, 1,7–26,1 мг/кг – по кукурузе на силос и 2,9–29,3 мг/кг – по гороху. На вариантах с расчетной системой удобрений фиксировалось максимальное содержание минерального азота.

По полученным данным была опубликована монография, из которой следовало, что все изучаемые в опыте системы удобрения по отношению к контролю достоверно увеличивали содержание в почве подвижного фосфора на 1,5–16,6 мг/кг. Максимальное содержание элемента фиксировалось на вариантах с расчетной системой удобрения, что было достоверно выше всех

остальных фонов питания на 7,0–16,6 мг/кг (Т.С. Айсанов, М.С. Сигида, С.А. Коростылев, 2016).

Все системы удобрения, изучаемые в опыте, достоверно повышали содержание обменного калия в почве относительно контрольного варианта от 6 до 57 мг/кг (Ю.И. Гречишкина, Л.С. Горбатко, Т.С. Айсанов и др., 2016).

В своих исследованиях Е.В. Агафонов (2013), установил, что при длительном применении средних доз минеральных удобрений в севообороте валовое содержание азота в пахотном слое чернозема обыкновенного повысилось на 7,5 %, но это увеличение произошло в основном за счет негидролизуемой его части. Содержание легко и трудногидролизуемого азота изменилось мало, а минерального – повысилось на 11 мг/кг почвы.

В исследованиях Е.А. Устименко, А.Н. Есаулко, А.И. Подколзина и И.О. Лысенко (2013) содержание подвижного фосфора в почве на вариантах с внесением дозы  $N_{105}P_{60}K_{60}$  оказалось несущественно ниже контроля во все исследуемые фазы вегетации.

Самое высокое содержание подвижного фосфора в почве во все фазы развития растений отмечалось на варианте  $N_{126}P_{80}K_{72}$  – 31,2, 31,0, 26,4, 25,3 мг/кг почвы (Е.А. Salenko, А.Н. Esaulko, М.С. Sigida и др., 2016).

Исследования за 2010–2014 годы показали, что изучаемые системы удобрения положительно влияли на содержание элементов питания на черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы. Расчетная система удобрения ( $N_{120}P_{75}K_{24}$ ) по сравнению с контролем обеспечивала достоверную прибавку содержания минерального азота на 8,0 мг/кг почвы.

Также расчетная доза минеральных удобрений превышала рекомендованную ( $N_{70}P_{40}$ ) и биологизированную системы удобрения (солома 2,4 т/га +  $N_{60}P_{10}$ ) на 4,2 и 6,2 мг/кг почвы. Установлено накопление зависимости и в отношении содержания в почве в посевах озимой пшеницы подвижного фосфора и обменного калия. Преимущество среди показателей по опыту на расчетной системе удобрения составило 4,9–7,5 мг/кг почвы для подвижного фосфора и 3–13 мг/кг почвы для обменного калия по сравнению

с другими системами удобрения (А.Ю. Фурсова, А.Н. Есаулко, 2015; А.Ю. Фурсова, А.Н. Есаулко, Е.В. Голосной, 2016; Агеев, О.Ю. Лобанкова, Ю.И. Гречишкина и др., 2016).

А.В. Малова, А.В. Ивойлов, К.А. Костров (1989), Н.Г. Мязин, С.Н. Милютина (1999), Т.М. Парахневич (1999), Артемьев (2014) доказали, что при длительном применении в севообороте минеральных удобрений на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом происходит накопление подвижных фосфатов и обменного калия в пахотном слое относительно исходного уровня на 8 и 6...9 % соответственно. Содержание азота зависит от сроков взятия образцов и влажности почвы, поэтому отследить его изменение было достаточно сложно. В целом дифференцированное внесение минеральных удобрений не оказало отрицательного воздействия на параметры плодородия почвы.

Варианты, на которых вносились высокие дозы азотных удобрений, превышали контрольный вариант в среднем на 11 %. По обеспеченности этим элементом питания почвы являются среднеобеспеченными. Фосфорные удобрения в 2–3,5 раза повысили содержание  $P_2O_5$ . При систематическом внесении калийных удобрений максимальные положительные изменения отмечены в содержании обменной формы почвенного калия. Содержание обменного калия в почве увеличивается в среднем на 17 % на фоне контрольного варианта без внесения удобрений (А.Н. Есаулко, С.А. Коростылев, Е.В. Голосной и др., 2016; С.Х. Дзанагов, А.Е. Басиев, З.Т. Кануков и др., 2016; Н.Н. Шаповалова, Е.А. Менькина, 2018).

Проанализировав представленный в разделе материал можно сделать выводы, что увеличение и поддержание плодородия почв – главная задача человечества. Научно обоснованная система удобрения позволяет решить эту задачу, сохранить и воспроизвести плодородие почвы, поддержать бездефицитный баланса гумуса и биогенных элементов в системе «почва – растение».

### **1.3. Методы и способы определения доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности сельскохозяйственных культур**

При построении системы удобрения в севообороте один из наиболее важных и сложных вопросов – установление дозы удобрений для получения планируемой урожайности различных культур. Дозы удобрений зависят от особенностей питания отдельных растений (общей потребности в питательных веществах, интенсивности поглощения их в течение вегетационного периода, мощности развития корневой системы и ее усвояющей способности), а также от уровня плодородия почвы (содержания усвояемых форм питательных веществ, механического состава, поглотительной способности, реакции и т.д.). Только при тщательном учете всех этих факторов можно правильно установить дозу удобрений и соотношение между отдельными их видами (П.М. Смирнов, Э.Л. Муравин, 1997; В.В. Агеев, А.Н. Есаулко, А.И. Подколзин и др., 2008; Ю.В. Евтефеев, Г.М. Казанцев, 2013).

Для установления оптимальных доз и соотношения питательных веществ под сельскохозяйственные культуры анализируют результаты полевых опытов. Полевые опыты с удобрениями, проводимые опытными станциями и научно-исследовательскими институтами, центрами и станциями агрохимической службы в разных почвенно-климатических зонах страны по единым схемам носят название географических. На основании обобщения итогов географических полевых опытов выявляют зависимость эффективности удобрений от почвенно-климатических условий, агротехники и других факторов, разрабатывают рекомендации по применению минеральных удобрений (В.В. Агеев, А.П. Чернов, А.П. Куйдан и др., 1999; Э.А. Муравин, Л.В. Ромодина, В.А. Литвинский, 2014; С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров, А.Е. Басиев и др., 2016; В.М. Кильдюшкин, А.Г. Солдатенко, Т.С. Китайгора и др., 2017).

Как утверждают Л.А. Михайлова (2015), Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков и В.И. Кобзаренко (2002), к методам определения доз минеральных удобрений

ученые РФ относят: основанные на обобщении данных с эмпирическими дозами удобрений и основанные на обобщении данных с использованием балансовых методов расчета. Методы, основанные на обобщении данных с эмпирическими дозами удобрений, позволяют установить преобладающую эффективность отдельных видов удобрений на разных типах почв и дозы органических и минеральных удобрений для основных культур.

К этой группе методов И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, В.А. Ионас и др. (2001), Л.А. Михайлова, Т.А. Кротких (2014) относят расчетные дозы по нормативам затрат минеральных удобрений на весь урожай по формуле:

$$D = UN_1K_n$$

или прибавку урожая по формуле:

$$D = \Delta UN_2K_n,$$

где  $D$  – доза N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O на желаемый урожай или прибавку (кг/га д.в.);  $U$  и  $\Delta U$  – соответственно желаемый урожай или прибавка урожая (т/га);  $H_1$  и  $H_2$  – нормативы затрат удобрений на единицу урожая и прибавки урожая (кг д.в.);  $K_n$  – поправочный коэффициент на класс почвы по обеспеченности фосфором и калием; при расчетных дозах азота  $K_n = 1$ .

Нормативы затрат удобрений и поправочные коэффициенты к дозам удобрений указывают в региональных и областных рекомендациях НИИ, сельскохозяйственных опытных станций, центров и станций Агрохимслужбы (В.В. Агеев, А.И. Подколзин, С.В. Динякова, 2007).

К третьему направлению этой группы методов относится поиск математических выражений зависимости урожайности культур от различных доз удобрений. Немецкий ученый Э.-А. Митчерлих первым в 1905 году составил уравнение:

$$Lg(A - Y) = LgA - Cx,$$

где  $A$  – максимально возможный урожай;  $Y$  – фактический урожай;  $C$  – коэффициент пропорциональности, характеризующий зависимость между урожаем и дозой удобрений (автор ошибочно считал его величиной постоянной, независимой от почвы, видов растений, удобрений и других

факторов);  $x$  – доза удобрения (Э.А. Муравин, Л.В. Обуховская, Л.В. Ромодина, 2005).

Э.А. Муравин, В.И. Титова (2010) к четвертому направлению этой группы относили разработку регрессивных моделей по результатам планирования, проведения и статистической оценки данных многофакторных опытов с эмпирическими дозами удобрений.

Для установления количественной зависимости между урожайностью и дозами удобрений можно использовать уравнение со степенями 0,5 и 1 для факторов и 0,5 для парных взаимодействий (Т.И. Володина, 2001;):

$$Y = a_0 + a_1N^{0,5} + a_2N + a_3P^{0,5} + a_4P + a_5K^{0,5} + a_6K + a_7(NP)^{0,5} + a_8(NK)^{0,5} + A_9(PK)^{0,5},$$

где  $Y$  – урожай;  $a_0$  – свободный член уравнения,  $a_1, a_2, \dots, a_9$  – члены уравнения, характеризующие действие и взаимодействие факторов;  $N, P, K$  – дозы удобрений.

Л.А. Михайлова (2015) утверждает, что пятым направлением первой группы методов нужно считать разработку математических моделей с использованием электронной техники для определения оптимальных доз удобрений под культуры с учетом функциональной зависимости от множества факторов внешней среды:

$$Y = f(x_n),$$

где  $Y$  – урожай;  $x_n$  – переменные факторы, влияющие на урожай (дозы и соотношения удобрений, класс и гранулометрический состав почвы, погодные условия, сортовые особенности, предшественники и т.д.).

На основе собранных и обобщенных данных, проведенных полевых опытов, агрохимических анализов научно-исследовательскими учреждениями были разработаны программные комплексы по определению доз удобрений, например, ЦИНАО «РАДОЗ» (аббревиатура от слов «рациональные дозы»), который модернизировался в РАДОЗ-2, а позднее – в РАДОЗ-3. В нем к уже имевшимся данным добавлялись другие изученные факторы, которые влияли на урожайность культур.

Применение этих методов, модификаций и направлений на практике позволят избежать недопустимых ошибок по внесению удобрений. Следует помнить о том, что они получены эмпирически, без строгого учета биологических потребностей сельскохозяйственных культур в элементах питания, и они не дают четкого ответа на вопрос, что же произойдет с почвой. По ним, несмотря на то, что имеются поправочные коэффициенты, нет возможности провести количественную оценку баланса элементов питания без специальных расчетов (В.А. Поветкин, 2010).

А.М. Гатаулин, И.Г. Платонов, В.Г. Лошаков, А.Ф. Сафонов (2006) подчеркивают, что в методах, основанных на обобщении данных с использованием балансовых расчетов, в основу определения оптимальных доз удобрений положены биологические особенности возделываемых культур и сортов в потреблении питательных элементов для создания желаемых уровней урожаев высокого качества с одновременным учетом и регулированием в нужном направлении плодородия почвы в конкретных природно-экономических условиях.

Потребление (желаемое и фактическое) элементов питания культурами из почвы и удобрений устанавливается по данным полевых и производственных опытов, что превращает полевой метод из чисто эмпирического в аналитический, что способствует переходу от констатации прибавок урожаев в зависимости от видов, доз и соотношений удобрений к прогнозу их эффективности. Эта группа методов перспективна, прежде всего, для регионов с достаточным увлажнением и на орошении, где лимитирующим фактором получения высоких и устойчивых урожаев является недостаток питательных элементов в почвах, а обеспеченность удобрениями достаточно высока (не менее 100 кг/га д.в.).

Существует многочисленное количество методов и модификаций балансовых расчетов, способствующих определению оптимальных доз удобрений. Расчет доз питательных элементов по выносу элементов планируемым урожаем представлен в учебнике В.Г. Минеева (2004):

$$x = \frac{100 \cdot UB - CK_n}{K_x},$$

где  $C = m \cdot d \cdot h$ ;  $x$  – искомая доза N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> или K<sub>2</sub>O (кг/га);  $U$  – планируемый урожай (ц/га);  $B$  – вынос питательного вещества 1 ц продукции (кг);  $C$  – запас подвижного питательного вещества в почве (кг/га);  $K_n$  – коэффициент использования питательного вещества из почвы (%);  $K_x$  – коэффициент использования питательного вещества минерального удобрения (%);  $m$  – содержание в почве подвижной формы питательного вещества (мг/100 г);  $d$  – объемная масса почвы (г/см<sup>3</sup>);  $h$  – глубина пахотного горизонта почвы.

Имея все статьи о приходе и расходе питательных веществ, этот метод является широко распространенным.

При его использовании важно знать: 1) вынос питательных веществ урожаем культуры; 2) содержание подвижных питательных веществ в почве; 3) коэффициент использования питательных веществ из почвы; 4) коэффициент использования питательных веществ из удобрений; 5) масса пахотного слоя почвы или того слоя почвы, на который ведется расчет.

Т.Н. Кулаковская (1978) рекомендует проводить расчет доз удобрений по балльной оценке почв. На основе многочисленных экспериментальных данных разработана цена балла пашни, кг продукции на один балл.

Запланированный урожай озимой пшеницы – 50 ц/га зерна. Почва супесчаная, балл пашни Бп – 58, цена балла по озимой пшенице Цбп = 34 кг. Агрохимические свойства почвы следующие: рН – 6,0; гумус – 1,8; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 14 и K<sub>2</sub>O – 12 мг на 100 г почвы; объемная масса – 1,3 г/см; масса 20 см пахотного слоя – 2,6 тыс. т. Поправочный коэффициент на агрохимические свойства  $K = 1,23$ .

Сначала определяют величину урожая, которую можно получить за счет эффективного плодородия почвы, по формуле:

$$U = Bn \cdot Цбп \cdot K = 58 \cdot 34 \cdot 1,23 = 24,2 \text{ ц/га.}$$

Следовательно, при внесении удобрений прибавка зерна составит 25,8 ц/га (50–24,2). Таким образом, для получения 50 ц зерна вносят  $N_{151}P_{124}K_{143}$ , или в сумме 418 кг/га *НРК*.

На основании исследований, проведенных Белорусским НИИ почвоведения и агрохимии, на различных типах почв определялась окупаемость органических и минеральных удобрений. Так была рассчитана доза удобрений на дополнительный урожай 25,8 ц зерна озимой пшеницы. Например, на 1 кг внесенного в супесчаную почву *НРК* получают 6 кг зерна, на 25,8 ц (2580 кг) потребуется 430 кг/га (2580:6).

Используя благоприятное соотношение (для озимой пшеницы  $N:P:K = 1,0:0,9:1,2$ ) между основными элементами питания, находят систему удобрения – на 50 ц/га зерна  $N_{139}P_{125}K_{166}$ .

Этот метод расчета доз основывается на большом количестве экспериментальных данных, и правильно рассчитанная доза в значительной степени отвечает биологическим особенностям культуры.

Представленный Ю.И. Ермохиным, А.Ф. Неклюдовым, В.М. Красницким (2000) метод определения действительно возможного урожая (ДВУ) по содержанию питательных веществ в почве представляет интерес. Этот метод основан на том, что содержание элементов питания в почве является лимитирующим фактором, и он определяет получение ДВУ.

Подход позволяет оценить естественное плодородие почвы и определить возможный уровень урожайности без применения удобрений, а затем спрогнозировать эффективность используемых удобрений.

Авторы предлагают следующую формулу:

$$ДВУ_{нвп} = \frac{m \cdot h \cdot d \cdot K_n}{H},$$

где  $ДВУ_{нвп}$  – действительно возможный урожай за счет питательных веществ почвы (без удобрений) (т/га);  $m$  – содержание в почве питательного вещества, находящегося в минимуме (мг/100 г);  $h$  – глубина пахотного слоя (см);  $d$  – объемная масса пахотного слоя (г/см<sup>3</sup>);  $K_n$  – коэффициент

использования растениями питательного элемента из почвы;  $H$  – потребление питательного вещества растениями на создание единицы основной продукции с учетом побочной (кг/т). Необходимо знать не только содержание элементов питания в почве, но и соотношение каждого из них и степень их доступности растениям.

Все представленные в разделе методы оптимизации доз удобрений позволяют с достаточной объективностью прогнозировать величину и качество урожая основных сельскохозяйственных культур. Несмотря на это, они требуют совершенствования в плане комплексного подхода с учетом почвенной и растительной диагностики, условий выращивания культур, оценки урожая по количеству и качеству продукции, высокой агроэкономической окупаемости применяемых удобрений (В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др., 2017).

#### **1.4. Влияние оптимизации минерального питания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы**

Сельскохозяйственные культуры возделываются с целью получения продуктов питания для человека, корма для животных и сырья для промышленности. В связи с этим повышение урожайности и качества урожая считается самой важной и актуальной агрохимической задачей (С.Х. Дзанагов, Т.К. Лазаров и др., 2019).

Регулируя с помощью доз и способов внесения удобрений условия питания растений, можно усилить их рост, ускорить или задержать развитие, изменить соотношение между вегетативными и генеративными органами, увеличить урожай и улучшить качество сельскохозяйственных культур, снизить затраты при возделывании (А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов, 2012).

Качеством продукции называют совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности

в соответствии с ее назначением (И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа, и др., 2005).

Повышение урожайности и белковости зерна является важнейшей задачей хлеборобов. Только удобрения по праву можно считать результативным и быстродействующим рычагом, который способен повышать урожайность и качество зерна. Удобрения положительно влияют на химический состав растений, а отдельные элементы питания являются катализаторами процессов, происходящих в растениях. Только удобрения способны изменять направленность процессов обмена веществ, влиять на накопление в растениях белка, крахмала, сахаров, жиров, витаминов и др. Следует знать, что для управления процессами питания растений и получения желаемого эффекта в формировании качественной продукции нужно обоснованно использовать удобрения, учитывая биологические и физиологические особенности сельскохозяйственных культур, почвенные условия, степень кислотности почвы, запас макро- и микроэлементов (Т.Н. Кулаковская, 1990; Д.А. Осипенко, 2000; О.Ю. Сорокина, 2007).

Ученые А.Н. Есаулко (2006), Л.Н. Петрова, В.В. Агеев (2017) в своих трудах пишут о том, что минеральные удобрения – это не только основа получения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур, но и «хранитель» почвенного плодородия.

Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко (2002), В.В. Агеев, А.И. Подколзин, С.В. Динякова (2007), Л.Н. Вислобокова, О.М. Иванова (2015) утверждают, что дозы удобрений необходимо устанавливать экспериментально в полевых опытах или использовать расчетные методы. Вся сложность решения данной проблемы заключается в необходимости определения постоянного изменения потребностей в элементах питания в течение роста и развития растений. Для того чтобы получать качественную продукцию с заданной урожайностью, необходимо сбалансировать с помощью минеральных удобрений питание растений.

В полевых опытах А.Г. Крючкова, В.И. Елисеева, Р.Р. Абдрашитова (2012) в условиях центральной части Оренбургской области на базе ОПХ «Урожайное» ОНИИСХ в пятипольном зернопаровом севообороте за 4 года исследований среди изученных фонов минерального питания наибольшей урожайностью выделились следующие варианты:  $N_{40}P_{40}K_{20}$  (12,4 ц/га, + 3,2 ц/га, или 34,8 %);  $P_{40}K_{20}$  (12,4 ц/га, + 3,2 ц/га, или 34,8 %);  $N_{40}P_{80}K_{20}$  (12 ц/га, + 2,8 ц/га, или 30,4 %);  $N_{40}P_{40}$  (12 ц/га, + 2,8 ц/га, или 30,4 %).

По данным Географической сети опытов ВИУА и агрохимической службы ЦИНАО, для основных почвенно-климатических зон на преобладающих типах почв со средним содержанием подвижного фосфора и обменного калия разработаны оптимальные дозы макроудобрений под озимую пшеницу: нечерноземье – N – 100 кг/га,  $P_2O_5$  – 90 кг/га,  $K_2O$  – 90 кг/га; лесостепная зона – N – 85 кг/га,  $P_2O_5$  – 80 кг/га,  $K_2O$  – 65 кг/га; степная зона – N – 75 кг/га,  $P_2O_5$  – 70 кг/га,  $K_2O$  – 50 кг/га) (Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко, 2002).

Ученый В.И. Бровкин (2008) утверждает, что на выщелоченном черноземе в Тульской области оптимальной дозой под озимую пшеницу необходимо считать  $N_{120}P_{60}K_{60}$ , которая способствует получению урожайности 5,14 т/га.

В статьях Р.С. Стукалова (2015, 2016) описано, что на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края максимальную урожайность озимой пшеницы и высокую экономическую эффективность удастся получить при внесении рекомендованной научными учреждениями региона дозы минеральных удобрений –  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Увеличение дозы удобрений или отказ от их внесения приводит к снижению экономической эффективности.

В докторской работе А.Н. Есаулко (2006) изучалась рекомендованная, разработанная на основе краткосрочных опытов кафедры агрохимии СтГАУ и НИУ края система удобрения, которая имела насыщенность севооборота 60 кг/га NPK (т.ч.  $N_{22,5}P_{35}K_{2,5}$ ) в сочетании 2,5 т/га навоза и соотношением

$N:P:K = 1:1,56:0,12$  для черноземов выщелоченных, малогумусных, тяжелосуглинистых, основанных на лессовидном суглинке. Эта система удобрения позволяла получать достоверные прибавки по сравнению с контрольным вариантом на 3,6; 3,5; 3,1; 3,6 ц/га з.е.

К.Н. Неволлина (2013), кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник Пермского НИИСХ Россельхозакадемии, в своих исследованиях в 2008–2010 годах на опытном поле ГНУ Пермского НИИСХ на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве рекомендует по озимую пшеницу для получения зерна 3,54 т/га вносить дозу  $N_{90}P_{90}K_{90}$ .

Азот – это элемент, влияющий на качественные показатели зерна. А.Б. Исмаилов, Н.М. Омаров, А.Ю. Сафиев (2018) провели исследования по изучению влияния расчетных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. На вариантах с внесением  $N_{50}P_{50}$  и  $N_{60}P_{50}$  была получена прибавка урожая на 28 и 52 % выше, чем на контроле. Самую высокую прибавку урожайности культуры обеспечила доза минеральных удобрений  $N_{105}P_{50}$  – 90–101 %. В дальнейшем повышение норм азотных удобрений не обеспечивало существенной прибавки, а зачастую даже снижало урожайность по сравнению с контролем, тем самым приводя к большим производственным затратам.

В опытах Т.С. Морозовой и С.Д. Лицукова (2018) на вариантах с внесением минеральных удобрений в дозах  $N_{150}P_{120}K_{120}$  и  $N_{90}P_{60}K_{60}$  содержание клейковины увеличилось на 8,7 %, а содержание белка – на 1,6–2,2 % относительно контроля. На удобренных вариантах зерно озимой пшеницы по всем показателям соответствовало II классу.

В.Е. Ториков и А.А. Осипов (2015) рекомендуют на серых лесных среднесуглинистых почвах вносить под основную обработку почвы  $N_{98}P_{64}K_{124}$ , а в фазу кущения и выхода в трубку –  $N_{30}$ , что позволяет получить урожайность озимой пшеницы более 5 т/га с содержанием сырой клейковины в зерне до 30 %.

На черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом было изучено влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы и выявлено, что на фоне внесения  $N_{30}P_{30}K_{30}$  продуктивность озимой пшеницы повышалась в среднем на 0,36 т/га, внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  обеспечивало прибавку – 0,70 т/га (Е.В. Кузина, 2015).

Оптимальными дозами на озимой пшенице сорта «Поэма» на серых лесных почвах Верхневолжья после занятого пара считается  $N - 40-60$  кг/га,  $P_2O_5 - 40-55$  кг/га,  $K_2O - 30-40$  кг/га (В.В. Окорков, О.А. Фенова, Л.А. Окоркова, 2017).

В предгорной зоне Кабардино-Балкарии были проведены исследования, которые свидетельствовали о том, что на всех изучаемых в опыте сортах с повышением доз минеральных удобрений увеличивалась и урожайность культуры. Урожайность на контрольном варианте варьировала от 3,01 до 3,49 т/га в среднем за годы исследований, доза  $N_{90}P_{120}K_{60}$  повышала показатель и соответствовала 5,21–5,55 т/га. При внесении дозы  $N_{60}P_{40}K_{40}$  на сортах Южанка и Юка была получена урожайность 5,06–5,20 т/га, которая была близка к максимальной в опыте. Дозы минеральных удобрений оказывали положительное влияние на качество зерна. На контрольном варианте содержание белка составляло 13,4–13,7 %, клейковины – 23,8–24,5 %, стекловидности – 52–54 %, а при внесении дозы  $N_{90}P_{120}K_{60}$  эти показатели составили по белку 14,5–14,7 %, клейковине – 28,3–29,5, стекловидности – 68–72 % (Х.А. Малкандуев, А.Х. Малкандуева, Р.А. Гажева, 2015).

С. В. Жиленко, Н. И. Акановой, Л. Б. Винничек (2015) на черноземе выщелоченном были проведены исследования по изучению влияния некорневых азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы, в результате которых повышалась урожайность на 0,7–1,2 т/га, окупаемость 1 кг  $N$  зерном составляла 7,8–10,9 кг.

А.Ф. Мельник и А.Ф. Мартыновым (2012) проводились исследования на темно-серой лесной среднесуглинистой почве в стационарном

севообороте Орловского ГАУ. В ходе исследований было выявлено, что доза  $N_{150}P_{75}K_{75}$  обеспечивала самые высокие величины корреляции 0,82 – урожайности и 0,92 – сырой клейковины, что свидетельствует о максимально высокой урожайности и массовой доле клейковины на варианте.

Эффективно на урожайность озимой пшеницы после черного пара в условиях южной зоны Ростовской области повлияла доза минеральных удобрений  $N_{51}P_{51}K_{51}$ , которая обеспечила получение 6,91–7,27 т/га зерна с содержанием клейковины 27,2–28,1 % (Е.К. Кувшинова, И.В. Афанасьев, 2011).

Результаты исследований, полученные в стационарном опыте кафедры общего и орошаемого земледелия КубГАУ, показали, что прибавка урожая при дозе удобрений  $N_{20}P_{80} + N_{40}$  составила 4 ц/га, а при  $N_{40}P_{160} + N_{40}$  – 7 ц/га, по сравнению с контролем при НСР – от 3,3, математически доказуемой разницы между вторым и третьим вариантами не отмечено. При анализе данных по основным показателям качества зерна озимой пшеницы отмечается определенное различие по вариантам опыта. Так, самое высокое содержание сырой клейковины и белка было на варианте, где вносили  $N_{40}P_{160} + N_{40}$  – 24,3 % и 12,3 % соответственно, на вариантах  $N_{20}P_{80} + N_{40}$  и  $N_{10}P_{40} + N_{40}$  эти показатели составили 24,0 %, 12,0 %, 23,6 %, 12,0 % соответственно. Из полученных данных можно сделать вывод, что в условиях центральной зоны Краснодарского края в 2017–2018 году максимальная урожайность озимой пшеницы сорта Стан получена на варианте, где вносили  $N_{40}P_{160} + N_{40}$  – 69,5 ц/га. Однако в сравнении с вариантом  $N_{20}P_{80} + N_{40}$  не было отмечено разницы по содержанию клейковины и белка в зерне (Т.Г. Юсина, Ю.А. Затолокина, А.А. Макаренко и др., 2018).

В связи с вышеизложенным, нами была поставлена цель – определить дозы минеральных удобрений для достижения планируемого уровня урожайности и качества зерна сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности.

## **2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

### **2.1. Почвенно-климатические условия места проведения исследований**

Эксперимент по определению влияния расчетных доз минеральных удобрений для достижения планируемой урожайности и заданного качества зерна сортов озимой пшеницы проводился на землепользовании сельскохозяйственной опытной станции Ставропольского ГАУ в период с 2015 по 2018 годы, которое располагается в 15 км от г. Ставрополя (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Расположение места полевых опытов на опытной станции  
Ставропольского ГАУ**

Опытный участок, на котором, согласно методике исследований, изучалось влияние удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного и элементы программирования продуктивности сортов озимой пшеницы, расположен в пределах отрогов Ставропольской возвышенности. Рельеф землепользования, на котором расположен опытный участок, представляет собой слабоволнистую равнину с пологим северным склоном.

### 2.1.1. Агрохимическая характеристика почвенного покрова

Почвенный покров места проведения исследований представлен черноземом выщелоченным мощным малогумусным тяжелосуглинистым. По данным группы ученых (Л.Н. Петров, М.Т. Куприченков, С.В. Беликова, 1976; М.Т. Куприченков, 2005; В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, 2015; Е.А. Саленко, 2016), проводивших исследования в различное время, для почвы экспериментального участка почвообразующими породами являются бурые тяжелые карбонатные элюво-делювиальные суглинки и глины, а подстилающими породами – сарматские отложения, которые сформировали тяжелосуглинистый пылевато-иловатый механический состав почвенного покрова.

Агрохимические показатели плодородия чернозема выщелоченного, определенные перед закладкой опытов в 2015 году, представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Агрохимическая характеристика чернозема выщелоченного**

Слой почвы, см	Содержание органического вещества, %	рН водн.	Содержание в почве, мг/кг						
			N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mn	Zn	B	Cu
0–20	5,1–5,4	6,1–6,5	16–30	20–25	220–270	16,1–17,0	0,5–0,6	2,77–2,87	0,12–0,18

В ходе агрохимического обследования было выявлено, что почвы средне обеспечены органическим веществом (5,1–5,4 %), N-NO<sub>3</sub> (16–30 мг/кг); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (20–25 мг/кг) и K<sub>2</sub>O (220–270 мг/кг), а также имеют нейтральную реакцию (6,1–6,5 ед.) почвенного раствора (таблица 1).

Анализ агрохимических показателей слоя почвы 0–20 см опытного участка в 2015 году позволил установить, что она высоко обеспечена бором (2,77–2,87 мг/кг), средне обеспечена подвижными формами марганца (16,1–17,0 мг/кг), имеет низкое обеспечение цинком (0,5–0,6 мг/кг) и медью (0,12–0,18 мг/кг).

В период исследований в пахотном слое почвы содержание тяжелых металлов не превышало ПДК, о чем свидетельствовали данные, представленные в таблице 2.

**Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в слое 0–20 см чернозема выщелоченного (2015 год)**

Слой почвы, см	Показатели								
	Cu	Zn	Mn	Co	Sr	Pb	Ni	Cd	Cr
0–20	12,01	41,51	350,02	7,31	8,52	13,25	24,35	0,37	34,13

Почва в месте проведения исследований имеет хорошую зернисто-комковатую структуру, обладает средней гумусированностью и средней обеспеченностью основными элементами питания, показатели реакции почвенной среды оптимальны для роста и развития растений, а чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый благоприятен для возделывания сельскохозяйственных культур, которые рекомендованы в данной почвенно-климатической зоне, в том числе и для озимой пшеницы.

### 2.1.2. Климат

Территория опытной сельскохозяйственной станции расположена в зоне недостаточного увлажнения Ставропольского края и характеризуется

неустойчивыми показателями климата, которые в первую очередь выражаются в неравномерности выпадения осадков в течение года (А.Я. Антыков, А.Я. Стоморев, 1970, В.С. Цховребов, 2011). В таблице 3 представлены основные агроклиматические показатели по метеостанции г. Ставрополя. Установленная многолетняя норма осадков за календарный год составляет 551 мм, а за вегетационный период изучаемой культуры выпадает 350–370 мм. Весенне-летний период характеризуется быстрым нарастанием среднесуточных температур. Самым теплым месяцем является июнь, среднемесячная температура может достигать +21,9 °С. Самый холодный месяц – январь, столбик термометра в среднем за месяц опускается до –3,7 °С. Гидротермический коэффициент – 1,1–1,3 (А.А. Жученко, 2011).

**Таблица 3 – Основные среднемноголетние агроклиматические показатели места проведения полевых исследований, по данным метеостанции г. Ставрополя**

Показатели	Величины
Температура воздуха (°С)	9,2
Сумма температур за период с $t \geq +10$ °С (°С)	3000–3200
Количество осадков за год (мм)	551
Гидротермический коэффициент	1,1–1,3

В зоне проведения опытов продолжительность зимнего периода в зависимости от температурного режима обычно составляет 85–110 дней. Снежный покров неустойчив и часто в течение зимы отмечаются оттепели, поэтому средняя высота обычно составляет 10–12 см, однако в отдельные годы глубина промерзания почвы достигает 27–29 см. Весной в третьей декаде марта или в первой декаде апреля среднесуточные температуры воздуха обычно переходят через отметку +5 °С, а в обратную сторону – осенью обычно во второй декаде ноября.

Лето, как правило, очень жаркое с неустойчивым количеством осадков, выпадающих в виде ливней, максимальная температура воздуха иногда

превышает +37 °С, такие температуры в летний период способствуют увеличению испаряемости, относительная влажность, играющая важную роль в развитии растений, снижается до 40–51 %.

Основные запасы влаги в почве накапливаются за счет осадков в осенне-зимний период, что связано с отсутствием потребления влаги растениями и незначительными показателями испарения.

Таким образом, место проведения исследований характеризуется длительным периодом вегетации растений, высокой суммой положительных температур, относительно высоким среднегодовым количеством осадков, что, на наш взгляд, является положительными чертами многолетних климатических условий. В то же время крайне неравномерное распределение осадков в течение года, незначительный и непостоянный снежный покров, сильные восточные ветры в летний период являются отрицательными сторонами климата в зоне расположения опытов.

## **2.2. Объект исследования и схема опыта**

Исследования по изучению влияния расчетных доз минеральных удобрений для достижения планируемой урожайности сортов озимой пшеницы с заданным качеством зерна проводились на сельскохозяйственной опытной станции Ставропольского ГАУ в 2015–2018 годах.

**Объект исследований** – сорта озимой пшеницы Доля, Васса, Гром.

Оригинатором и патентообладателем всех изучаемых сортов является Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко.

**Сорт озимой мягкой пшеницы Доля** в государственный реестр РФ был включен в 2014 году (рисунок 2). Создан методом отдалённой гибридизации (сорт пшеницы мягкой озимой Маша скрестили с рожью сорта Naruchedan).

Сорт высокорослый от 110 до 115 см, относится к среднерослой

группе, является среднепоздним. Форма куста у растения промежуточная, колос цилиндрической формы, белого цвета со средней длиной (9–10 см) и плотностью. Зерно имеет яйцевидную форму, среднекрупное, окрашено, основание зерна голое, бороздка неглубокая.

Максимальную урожайность 11,2 т/га зерна удалось получить в конкурсном сортоиспытании по занятому пару в 2008 году. При изучении сорта за три года (с 2008 по 2010 годы) урожайность сорта при посеве по четырём предшественникам в оптимальные сроки сева составила 8,56 т/га зерна, что на 1,9 т/га выше стандартного сорта Память. Вегетационный период – 207–298 дней. Масса 1000 зерен – 35–46 г.

Сорт способен накапливать в зерне до 27,5 % белка, устойчив к болезням и неблагоприятным климатическим условиям, имеет высокую засухоустойчивость и повышенную морозостойкость. Устойчив к бурой ржавчине, к пыльной головне, стеблевой и желтой ржавчинам.

Среднеустойчив к септориозу и мучнистой росе, восприимчив к фузариозу колоса и твёрдой головне. Рекомендуется для возделывания в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах России.



**Рисунок 2 – Озимая пшеница сорта Доля**

Рекомендуемые сроки сева сорта соответствуют оптимальным для зоны, но возможны и более поздние сроки сева. Рекомендуемая норма посева – 5 млн. всхожих семян на 1 га.

**Сорт озимой мягкой пшеницы Васса** в государственный реестр РФ был включен в 2011 году. Сорт был получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции F4 П-134/Крошка. Сорт колосится одновременно с Победой 50, а созревает на 2-3 дня позже нее и является среднеранним (рисунок 3).

Среднеранний сорт. Вегетационный период 217–276 дней. Среднерослый – от 90 до 105 см, соломина толстая прочная. Полупрямостоячая форма куста. Колос цилиндрической формы, белого цвета со средней плотностью, длинный. Сорт имеет крупный колос и зерно. Масса 1000 зерен обычно 52–53 г. Накапливает в зерне до 14 % белка и 27,5 % клейковины I-II группы качества. Один из самых продуктивных районированных сортов. За период испытаний максимальная урожайность составила 10,5 т/га.



**Рисунок 3 – Озимая пшеница сорта Васса**

По качественным показателям зерна включен в Государственный реестр ценных сортов. Васса высокоустойчив к стеблевой и бурой ржавчинам, мучнистой росе, что касается септориоза, то умеренно восприимчив. Является восприимчивым к фузариозу колоса и твердой головне, впрочем, как и все крупноколосые сорта. Обладает средней морозостойкостью. Рекомендуется для возделывания в Северо-Кавказском регионе. Сроки сева – оптимальные для зоны, возможны и поздние сроки сева. Рекомендуемая норма посева – 5 млн. всхожих семян на 1 га.

**Сорт озимой мягкой пшеницы Гром** в государственный реестр РФ был включен в 2010 году.

Создан в лаборатории биотехнологии методом гибридизации и трехкратного отбора из гибридной комбинации, полученной от скрещивания высокоморозостойкой полумкарликовой линии 2919к<sup>3</sup> и линии Ц1171-95.



**Рисунок 4 – Озимая пшеница сорта Гром**

Гром относится к среднеспелым, полумкарликовым сортам и имеет высоту растений 85–90 см, что способствует формированию устойчивости к полеганию и осыпанию. За период испытаний максимальная урожайность была получена в 2003 году – 11,0 т/га, сорт занесен в список «ценных»

пшениц. Масса 1000 зерен – 35–47 г. Накапливает в зерне до 14 % белка и 27,5 % клейковины I-II группы качества (рисунок 4).

Сорт обладает устойчивостью к мучнистой росе, бурой и желтой ржавчинам, к септориозу, умеренно восприимчив к фузариозу колоса. К положительным качествам можно отнести повышенную морозостойкость и засухоустойчивость.

Допущен к возделыванию в Северо-Кавказском и Средневолжском регионах РФ. Срок посева – оптимальный для зоны. Рекомендуемая норма посева – 5 млн. всхожих семян на 1 га.

**Предмет исследований** – дозы минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности 5,0, 7,5, 10,0 т/га и с качеством зерна III класса.

Применение минеральных удобрений предусматривало два способа внесения: допосевное (под основную обработку почвы) и подкормки. В таблице 4 представлена схема внесения минеральных удобрений.

**Таблица 4 – Схема внесения минеральных удобрений по способам внесения под озимую пшеницу в среднем за период исследований\* (2015–2018 годы)**

Способы и дозы внесения удобрений	Контроль		Уровень урожайности (т/га)		
	Рекомендованная доза		5,0	7,5	10,0
	N	P	N	P	K
Всего:	N <sub>63</sub>	P <sub>52</sub>	N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub>
Основное удобрение	N <sub>12</sub>	P <sub>52</sub>	N <sub>54</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub>	N <sub>86</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>128</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub>
Подкормка 1-я	Naa <sub>30</sub>		Naa <sub>30</sub>	Naa <sub>50</sub>	Naa <sub>50</sub>
Подкормка 2-я	Naa <sub>21</sub>		Naa <sub>20</sub>	Naa <sub>30</sub>	Naa <sub>50</sub>
Подкормка 3-я	–		NM <sub>20</sub>	NM <sub>20</sub>	NM <sub>20</sub>

\* приведены средние дозы удобрений за три года.

В качестве удобрений в опыте были использованы аммофос, калий хлористый, аммиачная селитра, мочевины. Первая подкормка проводилась в фазу ранневесеннего кущения, вторая – в фазу выхода в трубку и третья – в

фазу колошения. Первая и вторая подкормки проводились аммиачной селитрой, третья подкормка – мочевиной.

**Предшественник** в опыте для сортов озимой пшеницы – горох. Повторность опыта 3-кратная, размещение делянок по методу рендомизированных повторений, ширина – 3,6 м, длина – 5 м, общая S делянки – 18 м<sup>2</sup> (А.Н. Есаулко, А.Ю. Ожередова, М.С. Сигида и др., 2017; А.Н. Есаулко, А.Ю. Ожередова, Н.В. Громова, 2018).

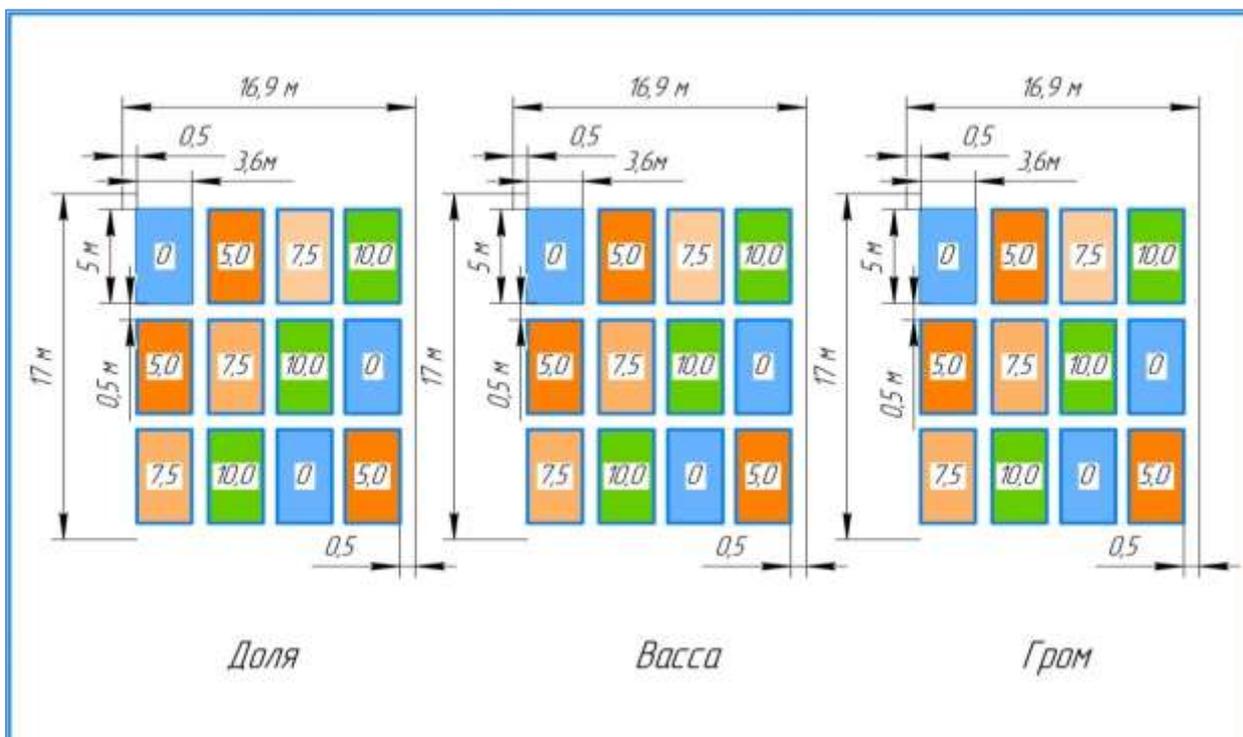
**Опыт двухфакторный, представленный следующими факторами.**

**Фактор А** – расчетные дозы минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 5,0, 7,5 и 10,0 т/га.

**Фактор В** – сорта озимой пшеницы Доля, Васса, Гром.

Схема опыта представлена на рисунке 5:

1. Контроль – фон ( $N_{63}P_{52}$ );
2. Планируемая урожайность 5,0 т/га –  $N_{124}P_{72}K_{30}$ ;
3. Планируемая урожайность 7,5 т/га –  $N_{186}P_{95}K_{45}$ ;
4. Планируемая урожайность 10,0 т/га –  $N_{248}P_{133}K_{60}$  (А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида и др., 2017).



**Рисунок 5 – Схема опыта**

Дозы минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 5,0, 7,5 и 10,0 т/га рассчитывались по методике В.В. Агеева и А.Н. Есаулко (2011).

Необходимые дозы в действующем веществе фосфорных и калийных удобрений определялись по представленной ниже формуле:

$$D = (B - B \cdot K_n) / K_y \cdot 100,$$

где  $D$  – доза  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (кг/га);  $B$  – вынос  $P_2O_5$  и  $K_2O$  с планируемым урожаем зерна (кг/га);  $K_n$  – коэффициент использования фосфора и калия из почвы в зависимости от обеспеченности ими почвы;  $K_y$  – коэффициент использования фосфора и калия из удобрений.

Дозы азотных удобрений рассчитывались по следующей формуле:

$$D = (B(N) - B(P_2O_5)K_n(P_2O_5)K) / K_y \cdot 100,$$

где  $K$  – отношение выноса  $N$  с планируемым урожаем зерна к выносу  $P_2O_5$  с планируемым урожаем зерна;  $K_y$  – коэффициент использования азота из удобрений.

### 2.3. Методы, методики полевых и лабораторных исследований

Согласно программе исследований, почвенные анализы проводились по методикам, представленных в таблице 5.

**Таблица 5 – Почвенные анализы**

Почвенные анализы	Методика	ГОСТ
Определение $NO_3$	Определение нитратов ионометрическим методом	ГОСТ 26951-86
Определение $NH_4$	Определение обменного аммония по методу ЦИНАО	ГОСТ 26489-91
Определение подвижных соединений фосфора и обменного калия	По методу Мачигина в модификации ЦИНАО	ГОСТ 26205-91
Определение pH почвенного раствора	Метод определения pH водной вытяжки	ГОСТ 26423-85

<i>Продолжение таблицы 5</i>		
Определение влажности почвы	Методы определения влажности почвы	ГОСТ 28268-89
Определение подвижных соединений марганца, меди и цинка	По методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО	ГОСТ Р 50685-94

Учеты и наблюдения во время вегетации растений озимой пшеницы представлены в таблице 6.

**Таблица 6 – Учеты и наблюдения, проведенные в период вегетации растений озимой пшеницы**

Учеты, наблюдения, расчеты	Методика	ГОСТ
Густота стояния растений, линейный рост, структура урожая	По методике государственного сортоиспытания с.-х. культур. Выпуск второй (зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры) (1989)	–
Фитосанитарный мониторинг состояния посевов	По методикам ВИЗР (2009)	–
Содержание в растениях азота	Титриметрический метод определения азота по Кьельдалю	ГОСТ 134496.4
Содержание в растениях фосфора	Фотометрический метод определения содержания фосфора	ГОСТ 26657-97
Содержание в растениях калия	Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия	ГОСТ 30504-97
Определение качественных показателей зерна озимой пшеницы:	Метод определения белка	ГОСТ 10846–91
	Определение массовой доли клейковины	ГОСТ 13586.1-68

	<i>Продолжение таблицы 6</i>	
	Метод определения массы 1000 зерен	ГОСТ 10842–89
	Метод определения ИДК	ГОСТ 27676–88
Учет урожая методом механизированной уборки с последующим пересчетом на стандартную влажность и чистоту	По методике государственного сортоиспытания с.-х. культур. Выпуск второй (зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры) (1989)	-
Расчёт экономической эффективности изучаемых приемов	Расчитана по технологическим картам, с использованием действующих нормативных затрат и цен	-
Статистическая обработка экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами	По методике Б.А. Доспехова (1985)	-
Определение содержания в зерне озимой пшеницы марганца	Атомно-абсорбционный метод определения содержания марганца	ГОСТ 27997-88
Определение содержания в зерне озимой пшеницы меди и цинка	Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия	ГОСТ 30692-2000

Отбор почвенных и растительных образцов осуществлялся в следующие фазы развития озимой пшеницы: всходы, кущение, выход в трубку, колошение и полная спелость. Почвенные пробы отбирались с глубины 0–20 см, 20–40 см.

## 2.4. Погодные условия в годы проведения исследований

Урожайность сельскохозяйственных культур в первую очередь зависит от соблюдения технологических операций, правильно подобранной системы удобрения и высокопродуктивного сорта. В этом случае лишь 20 % урожайности зерновых культур зависит от климатических условий, что характерно для высокоразвитых стран. В России сложные погодные условия, несоблюдения технологии возделывания сельскохозяйственных культур, низкий уровень химизации земледелия способствуют тому, что 50 % урожайности сельскохозяйственных культур зависит от климатических условий.

Агрометеорологические условия 2015–2016 сельскохозяйственного года в целом складывались благоприятно и позволили сформировать высокий уровень урожайности озимой пшеницы (рисунки 6, 7, таблица 7).

Рекомендуемые для зоны проведения экспериментов сроки сева озимой пшеницы – с 25 сентября по 10 октября. За сентябрь выпало 15,3 мм, что оказалось ниже среднемноголетних значений на 36 %, в этот период наблюдалось повышение температурного фона на 4,1 °С по сравнению со среднемноголетними значениями. Из-за дефицита влаги в сентябре сев озимой пшеницы был произведен 10 октября, когда осадки, выпавшие в начале октября, сформировали в пахотном слое удовлетворительное количество запасов продуктивной влаги.

Ноябрь характеризовался повышенными среднесуточными температурами, которые превысили многолетнюю норму на 2,6 °С и благоприятными условиями увлажнения, превысив среднемноголетние показатели на 15,5 мм, что создало благоприятные условия для активного роста и развития растений озимой пшеницы. Перед выходом на зимовку растения достигли фазы кущения.

В целом зимний период 2015–2016 года характеризовался повышенным температурным режимом. Температура в почве в зимний период на глубине узла кущения не понижалась до –6 °С и опасности для растений озимой

пшеницы не представляла. В начале января температура воздуха опускалась до  $-19... -32$  °С, но наличие снежного покрова позволило обойтись без серьезных для растений повреждений.

С декабря по февраль осадки преимущественно выпадали в виде снега, за этот период выпало 159,5 мм, что превысило среднемноголетнюю норму на 68,6 мм.

Агрометеорологические условия весеннего периода складывались удовлетворительно. Возобновление весенней вегетации растений началось 4–12 марта, что оказалось на 18–28 дней раньше многолетних сроков. В целом следует признать, что достаточное количество продуктивной влаги в метровом слое почвы (171–182 мм), оптимальный температурный режим способствовали хорошему состоянию посевов после перезимовки культуры. Все вышперечисленное предопределило высокую отзывчивость озимой пшеницы на внесение, согласно схеме опыта, аммиачной селитры при проведении азотной подкормки. Весенний период характеризовался активным повышением температур: в период марта-мая рост среднесуточных температур составил в среднем от 4,7 °С до 15,2 °С, что оказалось выше среднемноголетней нормы на 0,3–3 °С.

Количество выпавших осадков весной 2016 года было неравномерным: осадки в марте и мае превысили среднемноголетнюю норму на 40,1 и 105,3 мм соответственно, а в апреле нами отмечалось двукратное снижение их выпадения по сравнению с обычной нормой. Возможно, этот фактор оказал определенное влияние на рост и развитие растений и явился основной причиной недостижения планируемой урожайности озимой пшеницы на всех вариантах опыта.

В июне среднесуточная температура воздуха превышала многолетнюю норму на 1,2 °С, а в третьей декаде июня у озимой пшеницы отмечалось наступление фаз восковой и полной спелости. За месяц выпало 84,4 мм осадков, что практически соответствовало среднемноголетней норме (86,1 мм). Июль характеризовался повышенным температурным режимом,

среднемесячная температура достигла 22,3 °С, что превышало среднемноголетнее значение на 0,5 °С. Уборка культуры прошла в первой декаде июля, а основное количество осадков выпало в середине месяца, превысив в 2 раза обычную норму осадков (108,5 мм).

В 2016–2017 сельскохозяйственном году агрометеорологические условия оказались сложными для роста и развития растений озимой пшеницы.

Следует признать, что за период от посева до уборки озимой пшеницы количество выпавших осадков (661 мм) превысило среднемноголетнюю норму на 20 %, но распределение их в период вегетации культуры было крайне неравномерным. Так, перед посевом (сентябрь) фиксировалось превышение многолетней нормы осадков на 32 %, а в октябре и ноябре по сравнению со среднемноголетними значениями наблюдался дефицит осадков на 5–20 %.

В зимний период основная часть осадков прошла в виде снега и дождя со снегом. С декабря по февраль выпало 125,4 мм осадков, что оказалось выше нормы на 34,5 мм.

За весенний период вегетации культуры сумма выпавших осадков составила 247,3 мм, тем самым превысив среднемноголетние значения в 2 раза. Избыточное увлажнение в мае (174 мм) привело к переувлажнению посевов, что отрицательно сказалось на достижении планируемого уровня урожайности озимой пшеницы.

Условия увлажнения июня-июля 2016–2017 сельскохозяйственного года были неблагоприятными, так как количество выпавших осадков оказалось ниже нормы на 11 %. Содержание продуктивной влаги в почве в этот период было компенсировано осадками, выпавшими в весенний период. Температурный режим в анализируемый сельскохозяйственный год отличался от многолетних показателей. Так, если в сентябре и ноябре среднемесячные температуры соответствовали многолетней норме, то в октябре показатели оказались на 2 °С ниже. К концу осенней вегетации

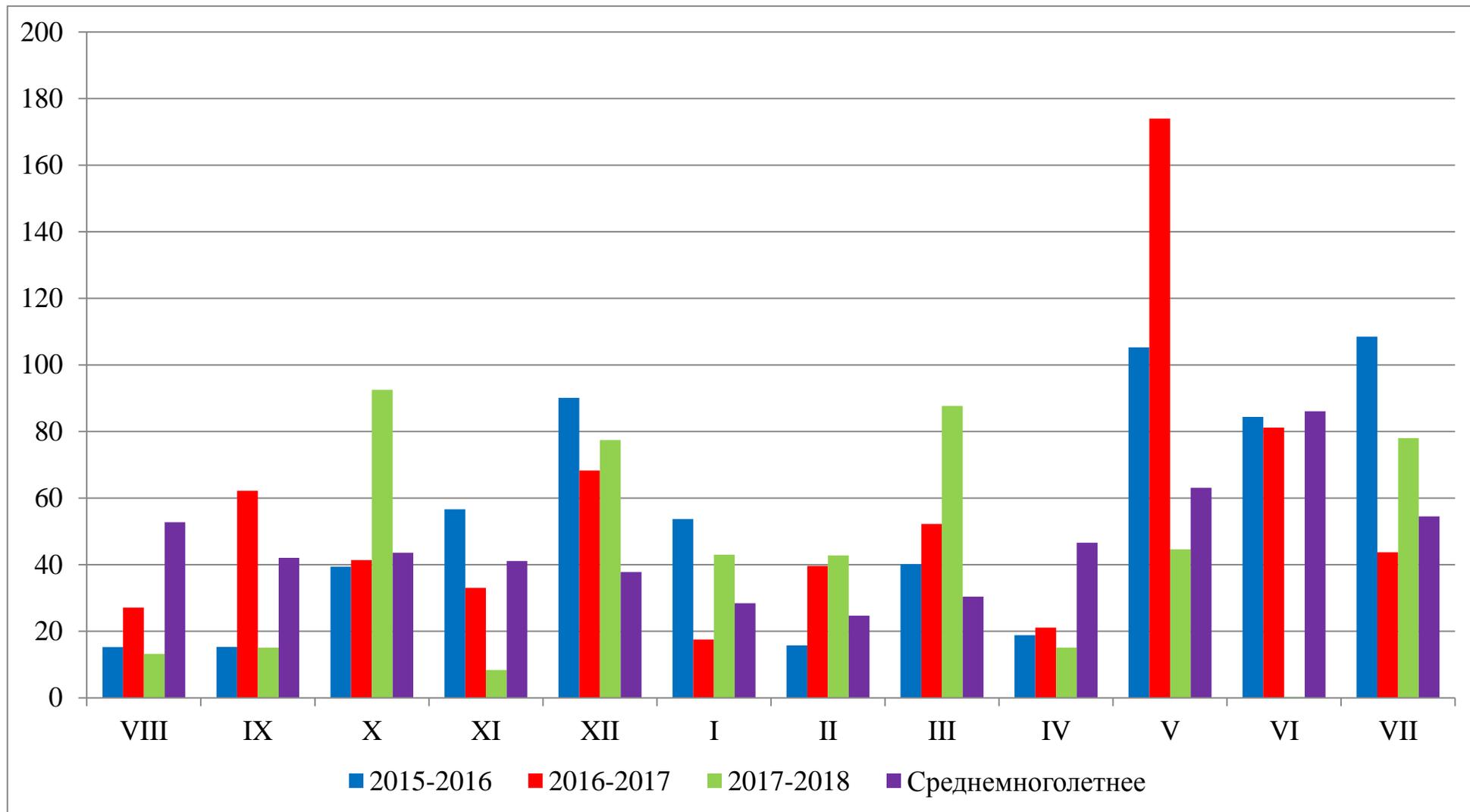
озимой пшеницы нами отмечалось резкое понижение температуры от 15,8 °С до 3,5 °С. Несмотря на это, растения к моменту прекращения осенней вегетации сформировали дружные посевы, достигшие фазы кущения, что в определенной мере способствовало повышению их устойчивости к неблагоприятным условиям перезимовки. Погодные условия декабря характеризовались как неблагоприятные, в этот период снижение столбика термометра доходило до –21... –38 °С, даже устойчивый снежный покров высотой 7–12 см не помог избежать повреждений посевов, но процент таких растений был незначителен (меньше 5 %). Температуры января и февраля были выше среднееголетних значений на 0,6–0,7 °С.

Март характеризовался повышенным нарастанием среднесуточных температур, в итоге среднемесячная температура воздуха на 2,8 °С превысила среднееголетние значения. В апреле и мае на фоне повышенных норм осадков наблюдалось снижение среднемесячных температур на 0,3–0,5 °С, что отрицательно повлияло на рост и развитие растений озимой пшеницы.

В июне среднемесячные значения соответствовали многолетним показателям, а в июле они превысили их на 1,9 °С, полная спелость культуры наступила во второй декаде июля, что характерно для зоны проведения экспериментов.

Агрометеорологические условия 2017–2018 сельскохозяйственного года создали неблагоприятные условия для допосевной подготовки почвы для посева озимой пшеницы в оптимальные сроки, так как количество осадков в сентябре составило 15,1 мм, что оказалось на 64 % ниже многолетних показателей на фоне повышенной температуры воздуха (+3,3 °С).

Несмотря на недостаток запасов продуктивной влаги в почве, сев озимой пшеницы был произведен в третьей декаде сентября, а выпавшие осадки в начале октября позволили сформировать дружные всходы и создали



**Рисунок 6 – Количество осадков, по данным метеостанции г. Ставрополя (2015–2018 годы), мм**

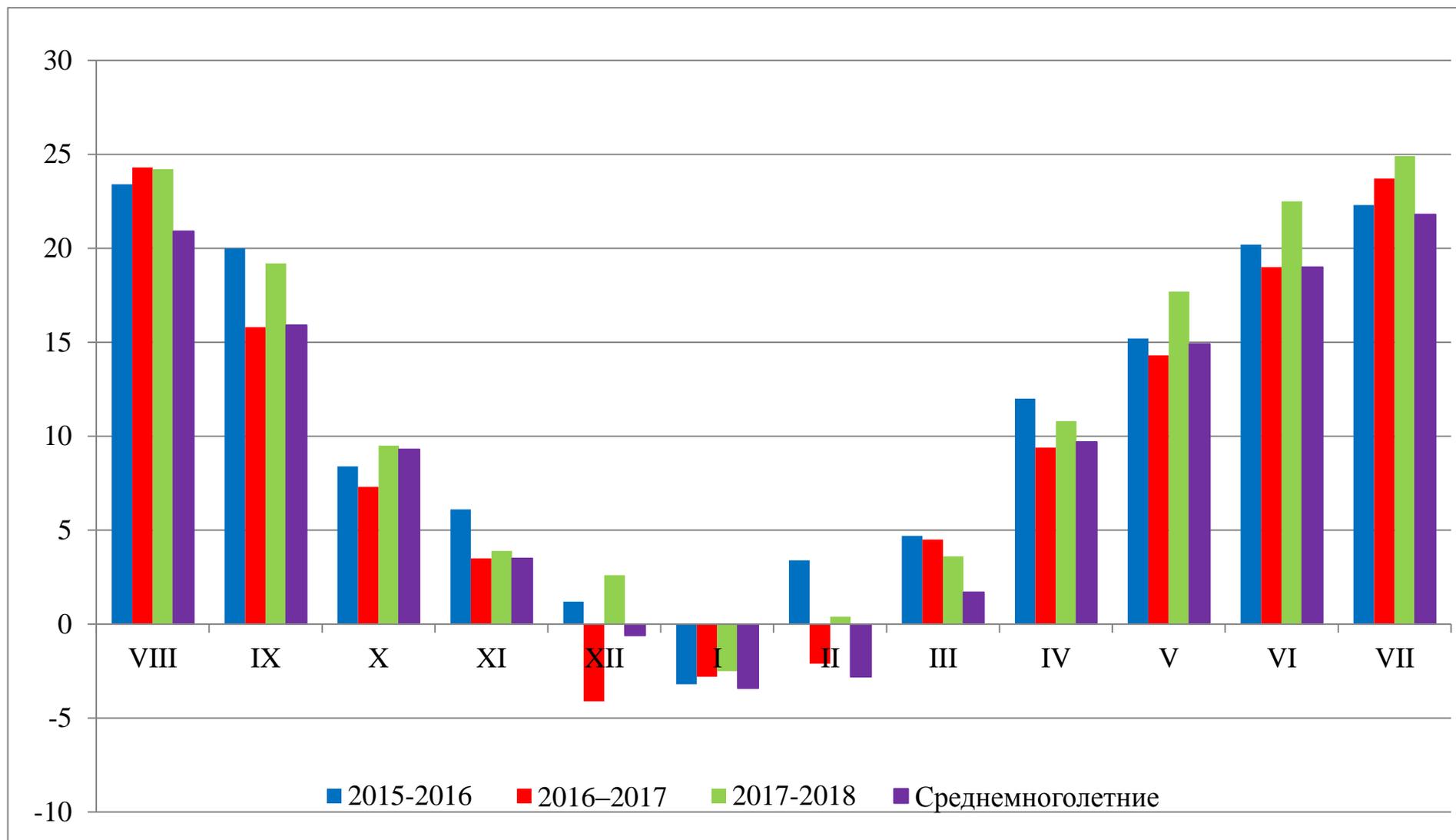


Рисунок 7 – Температурный режим, по данным метеостанции г. Ставрополя (2015–2018 годы), °С

хороший запас продуктивной влаги. Сумма осадков в среднем за месяц составила 92,5 мм, что превысило многолетнюю норму в 2 раза. В этот период температурный режим был выше среднемноголетних значений на 0,2 °С.

В ноябре температура воздуха оказалась выше среднемноголетних значений на 0,4 °С, а количество осадков составило 20 % от среднемноголетней нормы – 41,1 мм. В целом за осенний период вегетации озимой пшеницы выпало 115,9 мм осадков, что на 9 % меньше нормы.

Агрометеорологические условия перезимовки культуры 2017–2018 сельскохозяйственного года складывались оптимально. Сумма осадков за зимний период превысила среднемноголетние показатели в 2 раза. Температурный режим воздуха был выше многолетней нормы на 0,9–2,4 °С. За зимний период выпало 163,2 мм осадков, что оказалось на 24 % выше многолетней нормы, а средние месячные температуры превышали многолетние значения на 2 °С в декабре, на 0,9 °С – в январе и на 2,4 °С – в феврале.

Во второй половине вегетации (весенний период) температурный режим был повышенным, а распределение осадков по месяцам – неравномерным. Так, в марте среднемесячная температура воздуха достигала 3,6 °С, что оказалось выше многолетней нормы на 1,9 °С, способствуя раннему возобновлению вегетации озимой пшеницы, а сумма осадков в этот период превысила норму в 3 раза. Следует признать, что состояние посевов после перезимовки в 2018 году было хорошим.

Погодные условия апреля для роста и развития растений озимой пшеницы оказались менее благоприятными, так как уровень среднемесячной температуры воздуха достиг 10,8 °С на фоне незначительного количества осадков (15,1 мм, 32 % от нормы).

В мае максимальные показатели среднесуточной температуры достигали +27,9 °С, на фоне дефицита влаги: количество осадков составило –

44,6 мм, что оказалось ниже нормы на 29 %. Наступление молочной спелости зерна у растений озимой пшеницы отмечалось в третьей декаде мая.

В июне нами отмечалось повышение среднемесячной температуры воздуха на 3,5 °С по сравнению со среднемноголетними значениями. В конце месяца температура воздуха повышалась до +36,0 °С, на фоне практически полного отсутствия осадков, растения озимой пшеницы находились в стрессовом состоянии. Среднемесячная температура июля составила 24,9 °С, что оказалось больше среднемноголетнего показателя на 3,1 °С. В начале июля выпала основная часть осадков 78,0 мм, превысив среднемноголетнее значение на 23,5 мм, в связи с чем полная спелость растений озимой пшеницы наступила в конце второй декады июля.

Определенный интерес вызывает динамика значений ГТК в годы проведения исследований, гидротермический коэффициент по своей сути является интегральным показателем взаимосвязи между среднемесячными температурами более 10 °С и количеством осадков за аналогичный период.

Анализ представленных в таблице 7 показателей данных ГТК позволил нам установить, что наиболее оптимальным для роста и развития растений озимой пшеницы оказался 2015–2016 сельскохозяйственный год, который в целом соответствовал многолетней норме (1,1) и был особенно благоприятен в весенне-летний период – апрель-июль.

В 2016–2017 сельскохозяйственном году превышение среднемноголетнего показателя ГТК фиксировалось почти в 1,5 раза, что связано не только с более высоким количеством выпавших осадков по сравнению с остальными годами и среднемноголетней нормой, но и с более низкой среднегодовой температурой воздуха.

Наименьшее количество осадков (518 мм) и максимальный уровень среднегодовой температуры воздуха (11,4 °С) в 2017–2018 сельскохозяйственный году способствовали получению минимальных значений ГТК, который составил в среднем за год 0,46, что в 2,4 раза ниже среднемноголетней нормы.

**Таблица 7 – Динамика показателей ГТК, среднесуточной температуры, количества осадков,  
по данным метеостанции г. Ставрополя**

Год проведения исследований	Показатели	Месяцы												Сумма осадков за год
		VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	
2015–2016	Осадки, мм	15,2	15,3	39,4	56,6	90,1	53,7	15,7	40,1	18,8	105,3	84,4	108,5	643,0
	Температура, °С	23,4	20	8,4	6,1	1,2	-3,2	3,4	4,7	12	15,2	20,2	22,3	11,1
	<b>ГТК</b>	<b>0,21</b>	<b>0,26</b>	–	–	–	–	–	–	<b>0,52</b>	<b>2,23</b>	<b>1,39</b>	<b>1,62</b>	<b>1,04</b>
2016–2017	Осадки, мм	27,1	62,2	41,4	33	68,3	17,5	39,6	52,2	21,1	174,0	81,2	43,7	661,3
	Температура, °С	24,3	15,8	7,3	3,5	-4,1	-2,8	-2,1	4,5	9,4	14,3	19	23,7	9,4
	<b>ГТК</b>	<b>0,36</b>	<b>1,31</b>	–	–	–	–	–	–	–	<b>4,06</b>	<b>1,38</b>	<b>0,61</b>	<b>1,54</b>
2017–2018	Осадки, мм	13,2	15,1	92,5	8,3	77,4	43,0	42,8	87,7	15,1	44,6	0,3	78,0	518,0
	Температура, °С	24,2	19,2	9,5	3,9	2,6	-2,5	0,4	3,6	10,8	17,7	22,5	24,9	11,4
	<b>ГТК</b>	<b>0,18</b>	<b>0,26</b>	–	–	–	–	–	–	<b>0,45</b>	<b>0,84</b>	<b>0,004</b>	<b>1,04</b>	<b>0,46</b>
Среднемноголетние осадки		<b>52,7</b>	<b>42</b>	<b>43,6</b>	<b>41,1</b>	<b>37,8</b>	<b>28,4</b>	<b>24,7</b>	<b>30,4</b>	<b>46,6</b>	<b>63,1</b>	<b>86,1</b>	<b>54,5</b>	<b>551,0</b>
Среднемноголетняя температура		<b>20,9</b>	<b>15,9</b>	<b>9,3</b>	<b>3,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-3,4</b>	<b>-2,8</b>	<b>1,7</b>	<b>9,7</b>	<b>14,9</b>	<b>19</b>	<b>21,8</b>	<b>9,2</b>
Среднемноголетний ГТК		<b>0,81</b>	<b>0,99</b>	–	–	–	–	–	–	–	<b>1,37</b>	<b>1,51</b>	<b>0,81</b>	<b>1,1</b>

Анализ погодных условий в период проведения исследований позволил нам изучить влияние расчетных норм удобрений на программируемый уровень урожайности сортов озимой пшеницы в различных погодных условиях. Все три сельскохозяйственных года проведения экспериментов характеризовались повышенным температурным режимом: разница со среднемноголетней нормой в 2015–2016 году составила – 1,9 °С, в 2016–2017 году – 0,2 °С, в 2017–2018 году – 2,2 °С.

Оптимальным по распределению осадков оказался 2015–2016 сельскохозяйственный год, а количество выпавших осадков (643 мм) превысило многолетнюю норму на 92 мм.

Наименьшее количество осадков в годы проведения исследований отмечалось в 2017–2018 сельскохозяйственном году – 518 мм, что оказалось ниже нормы на 33 мм. В 2016–2017 году этот показатель был выше среднемноголетнего значения на 110,3 мм, но крайне неравномерное распределение осадков в период вегетации растений создало неблагоприятные условия для роста и развития растений.

Расчет показателей ГТК позволил нам установить, что 2015–2016 год был оптимальным по увлажненности (1,04) для роста и развития озимой пшеницы, в 2016–2017 году увлажнение оказалось избыточным (1,54), а в 2017–2018 году увлажнение по шкале Г.Т. Селянинова характеризовалось как слабое – показатель ГТК был ниже 0,5 (0,46).

## **2.5. Агротехника возделывания озимой пшеницы на черноземе выщелоченном**

Технология возделывания озимой пшеницы в опыте была общепринятой для зоны неустойчивого увлажнения. После уборки предшественника проводились: двукратное лушение стерни БДК-6,4 на глубину 10–12 см, внесение минеральных удобрений согласно схеме опыта под основную обработку почвы, комбинированная обработка почвы АКМ-6 и 1-2 культивации New Holland T8040 + КТП-9,4 на глубину 8–10 см по мере

появления сорняков. В сентябре – предпосевная культивация с боронованием на глубину заделки семян КП-5,5 + 5БЗСС-1,0.

Перед посевом семена озимой пшеницы протравливали фунгицидом Ламадор Про из расчета 0,4 л/т семян с одновременным использованием жидкого органического удобрения из биогумуса Гумистим (1 л/т) и специальным микроудобрением для обработки семян Вуксал Териос (1 л/т).

Посев изучаемых сортов озимой пшеницы в годы исследований проводили с 25 сентября по 15 октября сеялкой Rapid на глубину 4–6 см, что соответствовало оптимальным срокам сева культуры для зоны проведения опытов. Норма высева составляла 5 млн. всхожих семян, что в переводе в физический вес в зависимости от сорта и массы 1000 семян находилось в пределах 210–240 кг/га.

**Мероприятия по уходу за посевами** включали: проведение первой прикорневой подкормки посевов аммиачной селитрой в фазу кущения согласно схеме опыта; опрыскивание посевов против однолетних сорняков гербицидом Пума Супер 100 (0,75 л/га) и против двудольных – гербицидом Гранстар Про (0,02 кг/га) в ранние фазы развития сорняков с одновременным опрыскиванием посевов озимой пшеницы жидким органическим удобрением Гумистим (0,5 л/га) для снижения стресса растений. В зависимости от состояния растений в межфазный период кущение – выход в трубку осуществлялась обработка растений трехкомпонентным системным фунгицидом Фалькон (0,4 л/га).

В фазу выхода в трубку проводилась вторая подкормка аммиачной селитрой согласно схеме опыта. В эту фазу против листогрызущих и сосущих вредителей осуществлялась обработка посевов инсектицидом Актара (0,07 г/га) + АлтАльф (0,1 л/га). В фазу колошения применялось органическое удобрение Гумистим (0,5 л/га). Против болезней листьев и колоса (бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, септориоз листьев и колоса, чернь колоса, мучнистая роса, пиренофороз) озимую пшеницу обработали системным комбинированным фунгицидом Амистар Экстра (1 л/га). В фазу

колошения согласно схеме опыта проведена третья внекорневая азотная подкормка мочевиной. Уборка урожая осуществлялась прямым комбайнированием поделяночно селекционным комбайном Террион 2000.

### **3. ВЛИЯНИЕ РАСЧЕТНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

#### **3.1. Динамика запасов продуктивной влаги**

Почвенная влага оказывает решающее действие на биологические процессы, протекающие в почве. От наличия ее в почве зависят все биологические, химические и физико-химические процессы, а также доступность всех питательных веществ для растений. Продуктивная влага – это основной фактор, влияющий на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур (Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, Е.В. Решетов, и др., 2014; А.В. Алабушев, Г.В. Метлина, С.А. Васильченко и др., 2015; Л.Н. Петрова, Ф.В. Ерошенко, А.А. Ерошенко, 2015).

На динамику содержания продуктивной влаги в слое почвы 0–20 и 20–40 см оказывали влияние факторы текущих погодных условий, такие как сумма выпавших осадков и их распределение в процессе роста и развития озимой пшеницы. Самое высокое количество продуктивной влаги наблюдалось в 2016–2017 году, который характеризовался как год с повышенным увлажнением: в этот период за вегетацию культуры количество осадков составило 661,3 мм, что повлияло на увеличение запаса влаги почвы. Годом с умеренным увлажнением оказался 2015–2016 сельскохозяйственный год, а засушливым – 2017–2018 год. По запасам продуктивной влаги в почве 2016–2017 год превышал показатели 2015–2016 года в слое почвы 0–20 см – на 3,6 мм, в слое 20–40 см – на 3,7 мм; 2017–2018 год в слое почвы 0–20 см – на 18 мм, в слое 20–40 см – на 18 мм (приложения 1–3).

Анализ средних данных за три года, представленных в таблице 8, свидетельствовал о том, что все расчетные дозы минеральных удобрений на сортах Васса, Гром и Доля существенно снижали количество продуктивной влаги относительно контроля на 1, 2 и 3 мм.

Самый низкий уровень влагозапаса наблюдался на вариантах с

внесением  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 10,0 т/га (23,7 мм), что достоверно было ниже не только контрольного варианта на 3 мм, но и вариантов с расчетными дозами минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на 2 мм и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на 1 мм. Зависело это от того, что с повышением доз минеральных удобрений растения озимой пшеницы увеличивали вегетативную массу и потребляли больше влаги из почвы.

Наибольшее количество влаги в опыте потреблял сорт Гром. В среднем по опыту ее содержание соответствовало 24,7 мм, что оказалось существенно ниже, чем на сорте Васса на 1,1 мм и несущественно ниже, чем на сорте Доля – 0,4 мм.

Самое высокое количество продуктивной влаги в почве на трех изучаемых сортах отмечалось в фазу кущения – 31,8 мм. От фазы кущения к фазе полной спелости происходило неуклонное снижение продуктивной влаги на 6,8–10,3 мм, и разница между фазами была существенной.

Анализ данных, проведенный на основе дисперсионной обработки, свидетельствовал о том, что глубина изучаемых слоев почвы оказывала влияние на запасы продуктивной влаги. Максимальные ее показатели, независимо от сорта, наблюдались в слое почвы 0–20 см – 25,6 мм, что было выше значений слоя почвы 20–40 см на 1,0 мм.

Изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений во все фазы развития изучаемых сортов снижали накопление запасов продуктивной влаги в изучаемых слоях чернозема выщелоченного по сравнению с контролем из-за ее повышенного расхода большей биомассой растений озимой пшеницы. Так ее влагозапас снижался:

– в **фазу всходов** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – на 1,1; 1,7 и 2,5 мм, в слое почвы 20–40 см – на 1,1; 2,4 и 3,0 мм, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – на 0,9; 1,8 и 2,5 мм, в слое почвы 20–40 см – на 0,6; 0,9 и 1,5 мм. У сорта Гром запас продуктивной влаги снижался с применением доз минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$ ,  $N_{186}P_{95}K_{45}$ , в 0–20 см слое почвы на 0,9, 1,5 мм, в слое 20–40 см повышался относительно контроля на 0,1, 0,3 мм.

**Таблица 8 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги (мм) в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,8	В, НСР <sub>05</sub> = 0,6	D, НСР <sub>05</sub> = 0,6
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0–20	27,9	32,8	29,1	25,1	22,5	26,7	25,8	25,6
		20–40	25,6	34,3	26,8	23,1	23,4			24,8
	Гром	0–20	26,6	30,5	27,5	24,1	23,1		24,7	
		20–40	24,8	31,4	24,9	24,0	24,2			
	Доля	0–20	25,9	30,8	28,0	25,8	23,7		25,1	
		20–40	24,0	32,7	26,8	27,1	23,6			
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0–20	26,8	31,7	27,2	24,0	22,1	25,7		
		20–40	24,5	36,1	24,2	23,0	23,0			
	Гром	0–20	25,7	30,6	26,1	24,1	21,0			
		20–40	24,9	30,6	23,2	22,1	21,7			
	Доля	0–20	25,0	29,4	27,0	24,9	23,0			
		20–40	23,4	31,4	25,0	24,4	23,7			
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0–20	26,2	33,2	26,1	22,7	20,3	24,7		
		20–40	23,2	35,8	23,1	21,5	21,1			
	Гром	0–20	25,1	32,1	25,0	22,5	20,7			
		20–40	25,1	29,9	21,9	21,1	20,6			
	Доля	0–20	24,1	31,2	25,8	22,7	21,0			
		20–40	23,1	30,7	24,0	21,7	20,0			
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0–20	25,4	32,7	24,9	21,2	20,1	23,7		
		20–40	22,6	34,9	22,0	20,5	20,1			
	Гром	0–20	24,3	31,5	23,8	20,4	19,8			
		20–40	23,8	29,3	20,9	19,7	19,0			
	Доля	0–20	23,4	30,4	24,7	21,9	19,5			
		20–40	22,5	29,4	22,5	19,4	18,9			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,0			24,7	31,8	25,0	22,8	21,5	НСР <sub>05</sub> = 2,1		

Повышение в слое почвы 20–40 см происходило за счет миграции продуктивной влаги из слоя почвы 0–20 см. При внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  во всех изучаемых слоях происходило снижение влагозапаса относительно контроля на 2,3 и 1,0 мм;

– в **фазу кущения** у сорта Васса доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое почвы 0–20 см снижала количество продуктивной влаги на 1,1 и 0,1 мм, в слое почвы 20–40 см повышала на 1,8 и 0,6 мм. Доза  $N_{186}P_{95}K_{45}$  повышала в двух изучаемых слоях содержание влаги на 0,4–1,5 мм относительно контроля. У сорта Гром в слое почвы 0–20 см все расчетные дозы минеральных удобрений повышали запасы влаги по сравнению с контролем на 0,1; 1,6 и 1 мм, в слое почвы 20–40 см наблюдалось снижение показателя на 0,8; 1,5 и 2,1 мм. Варианты, на которых при внесении расчетных доз минеральных удобрений происходило повышение продуктивной влаги, можно обосновать тем, что рассматриваемый показатель очень подвижен и непостоянен. У сорта Доля в исследуемых слоях почвы все дозы минеральных удобрений снижали количество продуктивной влаги на 0,4–3,3 мм, кроме варианта с внесением дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$ , на этом варианте в слое почвы 0–20 см запасы влаги увеличивались относительно контроля на 0,4 мм.

Расчетные дозы минеральных удобрений снижали в почве количество продуктивной влаги относительно контроля: в фазу выхода в трубку у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – на 1,9; 3,0 и 4,2 мм, в слое почвы 20–40 см – на 2,6; 3,7 и 4,8 мм, у сорта Гром в слое 0–20 см – на 1,4; 2,5 и 3,7 мм, в слое 20–40 см – на 1,7; 0,9 и 4,0 мм, у сорта Доля в слое 0–20 см – на 1,0; 2,2 и 3,3 мм, в слое почвы 20–40 см – на 1,8; 2,8 и 4,3 мм.

Аналогичная динамика наблюдалась в фазу колошения, у сорта Васса в слое почвы 0–20 см влагозапас снижался на 1,1; 2,4 и 3,9 мм, в слое 20–40 см – на 0,1; 1,6 и 2,6 мм, у сорта Доля соответственно – на 0,9; 3,1; 3,9 мм и на 2,7; 5,4; 7,7 мм. У сорта Гром в двух исследуемых слоях на всех вариантах расчетные дозы минеральных удобрений снижали анализируемый показатель относительно контрольного варианта на 1,6–4,3 мм, за исключением

варианта с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–20 см, где показатель соответствовал контрольному варианту – 24,1 мм.

В фазу полной спелости, как и в две предыдущие фазы развития растений озимой пшеницы, расчетные дозы минеральных удобрений в двух анализируемых слоях почвы снижали запасы влаги соответственно: у сорта Васса – на 0,4; 2,2; 2,4 мм и на 0,4; 2,3 и 3,3 мм, у сорта Гром – на 2,1; 2,4; 3,0 мм и на 2,5; 3,6 и 4,1 мм. У сорта Доля на варианте  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 20–40 см этот показатель превышал контроль на 0,1 мм, на остальных вариантах происходило снижение влагозапаса по сравнению с контролем от 0,7 до 4,7 мм.

В фазу всходов расчетная доза минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на сорте Васса в слое почвы 20–40 см существенно снижала уровень влаги на 2,4 мм. В слое почвы 0–20 см у всех сортов озимой пшеницы относительно контрольного варианта наблюдалось существенное снижение показателя на 2,3–2,5 мм, в слое почвы 20–40 см – только у сорта Васса на 3 мм. На других вариантах дозы минеральных удобрений существенно не повлияли на изменение показателей продуктивной влаги.

В фазу кущения только у сорта Доля в слое почвы 20–40 см расчетная доза минеральных удобрений  $N_{248}P_{133}K_{60}$  существенно снижала значения исследуемого показателя по отношению к контролю на 3,3 мм.

В фазу выхода в трубку существенная разница наблюдалась в слое почвы 20–40 см только у сорта Васса при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$ , она снизила количество продуктивной влаги на 2,6 мм. Внесение доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га существенно снижало содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–40 см на всех исследуемых сортах от 2,2 до 3,7 мм, кроме варианта на сорте Гром с внесением дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в слое 20–40 см чернозема выщелоченного.

В фазу колошения существенное снижение запасов продуктивной влаги относительно контроля отмечалось при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 20–40 см у сорта Доля на 2,7 мм, при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в 0–

20 см слое чернозема выщелоченного на сортах Васса – на 2,4 мм и Доля – на 3,1 мм, в слое почвы 20–40 см у сортов Гром – на 2,9 мм и Доля – на 5,4 мм. При внесении  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в двух изучаемых слоях у сортов Васса, Гром и Доля значительно снижалось содержание продуктивной влаги по сравнению с контролем в среднем на 3,3; 4; 5,8 мм.

В фазу полной спелости доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  значительно снижала влагозапас на 2,3 мм только у сорта Гром. Дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  у всех изучаемых в опыте сортов существенно снижали содержание продуктивной влаги на 2,3–4,5 мм относительно показателей контроля.

При проведении корреляционно-регрессионного анализа нами не было установлено определенной зависимости между урожайностью озимой пшеницы и показателями послойного влагозапаса во время вегетации культуры.

Определенный интерес представляет динамика запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–40 см, представленной в среднем по сортам в зависимости от доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы.

В среднем на трех изучаемых сортах в слое почвы 0–40 см самый высокий запас продуктивной влаги независимо от фона питания был отмечен в 2016–2017 сельскохозяйственном году – 64,8 мм, что превышало 2015–2016 год на 7,3 мм, 2017–2018 год – на 35,9 мм (приложения 4–6).

Данные, представленные в таблице 9 в среднем по всем изучаемым сортам озимой пшеницы, позволили проанализировать влияние расчетных доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–40 см. Увеличение доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности 5,0; 7,5 и 10,0 т/га существенно снижало запасы продуктивной влаги, и разница с контролем составила 2; 3,9 и 6,1 мм.

Минимальные показатели продуктивной влаги отмечались на вариантах с внесением  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 10,0 т/га (47,2 мм), что достоверно было ниже не только контрольного варианта

на 6,1 мм, но и вариантов с расчетными дозами минеральных удобрений N<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>30</sub> на 4,1 мм и N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub> на 2,2 мм. Зависело это от того, что с повышением доз минеральных удобрений растения озимой пшеницы увеличивали вегетативную массу и потребляли больше влаги из почвы.

**Таблица 9 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–40 см, среднее по трем сортам (мм) в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сроки отбора, В					А, НСР <sub>05</sub> = 1,6
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	51,6	64,2	54,4	49,7	46,8	53,3
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	50,1	63,2	50,9	47,5	44,8	51,3
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	48,9	64,3	48,6	44,1	41,2	49,4
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	47,3	62,7	46,3	41,0	39,1	47,2
В, НСР <sub>05</sub> = 3,0	49,5	63,6	50,1	45,6	43,0	НСР <sub>05</sub> = 4,6

От фазы кущения к фазе выхода в трубку, от фазы выхода в трубку к фазе колошения и от фазы колошения к фазе полной спелости озимой пшеницы происходит значительное снижение запаса продуктивной влаги на 13,5; 4,5 и 2,6 мм.

На вариантах с применением расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 10 т/га происходит существенное снижение количества продуктивной влаги в слое почвы 0–40 см по сравнению с показателями контроля и расчетной дозы N<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>30</sub> на 5,0 т/га в фазы выхода в трубку (8,1 и 4,6 мм), колошения (8,7 и 6,5 мм) и полной спелости (7,7 и 5,7 мм).

Таким образом, в среднем по опыту в случае применения повышенных расчетных доз минеральных удобрений происходило существенное снижение показателей послыйного влагозапаса продуктивной влаги по отношению к

контролю на 1–3 мм. Самое низкое количество продуктивной влаги фиксировалось у сорта Гром – 24,7 мм, что существенно ниже, чем на сорте Васса на 1,1 мм. От фазы кущения к фазе выхода в трубку, от фазы выхода в трубку к фазе колошения и от фазы колошения к фазе полной спелости озимой пшеницы происходило значительное снижение запаса продуктивной влаги на 6,8; 2,2 и 1,3 мм. В слое почвы 0–20 см содержание продуктивной влаги было существенно выше на 0,8 мм, чем в слое 20–40 см.

Внесение расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 10 т/га приводило к существенному снижению количества продуктивной влаги в слое почвы 0–40 см по сравнению с показателями контроля и расчетной дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на 5,0 т/га в фазы выхода в трубку (8,1 и 4,6 мм), колошения (8,7 и 6,5 мм) и полной спелости (7,7 и 5,7 мм).

### **3.2. Динамика реакции почвенного раствора**

Реакция почвенной среды – важный фактор плодородия почв, который оказывает значительное влияние на развитие и рост растений и почвенных микроорганизмов. Реакция почвенного раствора влияет на ряд процессов, к которым можно отнести: усвоение растениями питательных веществ, направленность и время протекания в почве химических и биохимических процессов, минерализацию органических веществ, растворение труднорастворимых соединений и другие физико-химические процессы (О.А. Подколзин, А.А. Застрожная, Л.М. Онищенко, 2017; З.М. Азизов, 2018).

Реакция почвы влияет на эффективность вносимых в почву удобрений, сами же удобрения способны менять рН почвенного раствора, в основном подщелачивать или подкислять ее. В связи с этим возникает необходимость проводить наблюдения за реакцией почвы, чтобы своевременно предотвращать негативное влияние, проводя мероприятия по химической мелиорации почв, правильно размещать сельскохозяйственные культуры в

соответствии с той или другой реакцией (К.Е. Сокаев, В.В. Бестаев, Х.П. Кокоев и др., 2017).

На показатели реакции почвенного раствора в слоях почвы 0–20 и 20–40 см оказывали влияние количество и распределение выпавших осадков во время вегетации сортов озимой пшеницы. Так, в 2016–2017 сельскохозяйственном году, который характеризовался как год с повышенным увлажнением, наблюдалось подкисление почвенного раствора, по отношению к 2015–2016 году (с умеренным увлажнением) на 0,02 ед. В засушливый 2017–2018 сельскохозяйственный год наблюдалось уменьшение показателей в сторону подщелачивания почвенного раствора: в этот период показатель рН превышал значения 2015–2016 года и 2016–2017 года на контрольном варианте на 0,13–0,14 ед., на варианте с внесением расчетной дозы минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  – на 0,09–0,10 ед., при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – на 0,09–0,10 ед., при внесении расчетной дозы минеральных удобрений  $N_{248}P_{133}K_{60}$  – на 0,09–0,12 ед. (приложения 7–9).

Анализ средних трехлетних данных представлен в таблице 10 и свидетельствует о том, что все расчетные дозы минеральных удобрений на сортах Васса, Гром и Доля подкисляли реакцию почвенного раствора относительно контроля в среднем на 0,09; 0,24 и 0,26 ед. соответственно.

Только доза минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га недостоверно подкисляла реакцию почвенного раствора относительно контроля на 0,09 ед., а с повышением доз минеральных удобрений повышалась и кислотность почвы по отношению к контролю на 0,24–0,26 ед. Реакция почвенного раствора у сортов Васса и Гром имела показатель – 6,22 ед., у сорта Доля – 6,19 ед., что соответствовало нейтральному показателю.

На фоне активного питания в межфазный период кущение – выход в трубку наблюдалось существенное подкисление почвенного раствора на 0,31 ед.

**Таблица 10 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Сроки отбора, С					А, НСП <sub>05</sub> = 0,20	В, НСП <sub>05</sub> = 0,12	D, НСП <sub>05</sub> = 0,22
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0–20	6,57	6,43	5,97	5,97	6,20	6,36	6,22	6,06
		20–40	6,87	6,70	6,30	6,27	6,37			6,37
	Гром	0–20	6,43	6,37	5,93	5,99	6,12		6,22	
		20–40	6,80	6,70	6,37	6,23	6,53			
	Доля	0–20	6,50	6,37	6,03	6,00	6,10		6,19	
		20–40	6,83	6,70	6,51	6,33	6,40			
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0–20	6,47	6,27	5,77	5,87	5,93	6,27		
		20–40	6,83	6,60	6,33	6,27	6,40			
	Гром	0–20	6,53	6,27	5,83	5,93	6,03			
		20–40	6,93	6,57	6,43	6,32	6,33			
	Доля	0–20	6,73	6,40	5,83	5,83	6,14			
		20–40	6,30	6,25	6,27	6,03	6,33			
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0–20	6,30	6,17	5,73	5,83	5,87	6,12		
		20–40	6,73	6,53	6,13	6,13	6,30			
	Гром	0–20	6,33	6,13	5,73	5,63	5,97			
		20–40	6,60	6,33	6,15	5,97	6,07			
	Доля	0–20	6,25	6,11	5,80	5,67	5,82			
		20–40	6,57	6,40	6,17	6,00	6,10			
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0–20	6,11	6,00	5,83	5,77	5,98	6,10		
		20–40	6,42	6,33	6,15	6,03	6,17			
	Гром	0–20	6,23	6,11	5,83	5,63	5,97			
		20–40	6,60	6,45	6,21	5,97	6,27			
	Доля	0–20	6,19	6,00	5,87	5,73	5,97			
		20–40	6,53	6,40	6,13	5,93	6,13			
С, НСП <sub>05</sub> = 0,16			6,53	6,36	6,05	5,97	6,15	НСП <sub>05</sub> = 0,50		

В период от фазы трубкования к фазе колошения подкисление реакции почвенного раствора продолжилось на 0,08 ед., от фазы колошения к фазе полной спелости произошло подщелачивание на 0,18 ед. и уровень рН в этот период соответствовал показателю 6,15 ед.

С увеличением массы растений озимой пшеницы снижалась реакция почвенного раствора, так как при увеличении массы растения потребляли больше элементов из почвы и насыщали корневыми выделениями почвенный раствор, в связи с этим изменялся рН в сторону подкисления.

От глубины изучаемых слоев почвы варьировался и показатель реакции почвенного раствора. На контроле и на вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений реакция почвенного раствора от слоя почвы 0–20 см к 20–40 см имела склонность к подщелачиванию в среднем на 0,33; 0,29; 0,32; 0,3 ед.

Изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений во все фазы развития сравниваемых сортов озимой пшеницы влияли на реакцию почвенного раствора в изучаемых слоях чернозема выщелоченного.

В фазу всходов у сорта Васса в слое почвы 0–20 см при внесении всех расчетных доз минеральных удобрений наблюдалось подкисление относительно контрольного варианта на 0,28; 0,27 и 0,46 ед., в слое почвы 20–40 см – на 0,04; 0,14 и 0,45 ед. У сортов Гром и Доля в слое почвы 0–20 см при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  происходило подщелачивание на 0,1–0,23 ед., в слое 20–40 см только у сорта Гром – на 0,13 ед. На варианте с внесением расчетной дозы минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  происходило подкисление у сорта Васса в слое почвы 0–20 см на 0,14–0,33 ед., в слое 20–40 см – на 0,07–0,17 ед., у сорта Гром – на 0,1–0,56 ед. и на 0,20–0,46 ед., у сорта Доля – на 0,23–0,33 ед. и на 0,26–0,33 ед. в зависимости от фазы развития.

При внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  наблюдалось подкисление почвенного раствора у сорта Васса в слое почвы 0–20 см на 0,14–0,46 ед., в слое 20–40 см – на 0,15–0,45 ед., у сорта Гром – на 0,1–0,36 ед. и на 0,20–0,26 ед., у сорта

Доля – на 0,13–0,37 ед. и на 0,27–0,40 ед. в зависимости от фазы развития.

В фазу кущения на всех вариантах эксперимента происходило подкисление от 0,1–0,45 ед., кроме варианта с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  – в слое почвы 0–20 см происходило незначительное подщелачивание на 0,03 ед.

На вариантах с применением расчетных доз минеральных удобрений происходило подкисление почвенного раствора относительно контроля в фазу выхода в трубку у сортов Васса, Гром и Доля в зависимости от глубины отбора почвенных образцов на 0,1–0,56 ед. Только на вариантах с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 20–40 см у сортов Васса и Гром происходило незначительное подщелачивание относительно контроля – на 0,03–0,06 ед.

Похожая динамика наблюдалась в фазу колошения, почвенный раствор подкислялся от 0,06 до 0,36 ед. в зависимости от сорта и глубины отбора почвенных проб. На варианте с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 20–40 см у сорта Васса показатель соответствовал контрольному, у сорта Гром происходило подщелачивание на 0,09 ед.

В фазу полной спелости, как и в две предыдущие фазы развития растений озимой пшеницы, расчетные дозы минеральных удобрений в двух анализируемых слоях почвы на трех исследуемых сортах способствовали подкислению от 0,07 до 0,46 ед., кроме вариантов с внесением расчетной дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в 20–40 см слое почвы на сорте Васса и в слое почвы 0–20 см на сорте Доля, где происходило незначительное подщелачивание – на 0,03–0,04 ед.

Существенное подкисление почвенного раствора наблюдалось в фазу всходов при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 20–40 см относительно контроля на 0,53 ед. и фазу выхода в трубку на варианте с внесением дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в слое почвы 0–20 см на 0,56 ед.

Обобщая вышесказанное, можно сделать заключение, что внесение расчетных доз минеральных удобрений способствовало подкислению почвенного раствора. Существенные изменения данного показателя

относительно контроля в опыте формировали варианты с внесением доз минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$ , где происходило подкисление на 0,24 и 0,26 ед. Наблюдалось достоверное подщелачивание от слоя почвы 0–20 см к слою 20–40 см на 0,31 ед.

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики реакции почвенного раствора, которая выражается уравнением:

$$Y = 70,59 - 10,31x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га), реакция почвенного раствора (ед.):  $x_1$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу всходов;  $x_2$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу всходов;  $x_3$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу кущения;  $x_4$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу кущения;  $x_5$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу выхода в трубку;  $x_6$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу выхода в трубку;  $x_7$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу колошения;  $x_8$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу колошения;  $x_9$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу полной спелости;  $x_{10}$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу полной спелости.

Выявлена весьма высокая точность аппроксимации ( $R^2 = 0,996$ ). Можно сделать вывод (в соответствии со шкалой Чеддока) о высокой взаимосвязи между уровнем урожайности и реакцией почвенного раствора в 0–20 см слое почвы в фазу кущения (приложение 10).

Таким образом, в среднем по опыту с увеличением доз минеральных удобрений происходит подкисление почвенного раствора на 0,9; 0,24 и 0,26 ед., при внесении расчетной дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  оно не значительно, при внесении доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  существенно. Изучаемые сорта не оказывали влияния на изменение реакции почвенного раствора, и она фиксировалась в пределах 6,19–6,22 ед., что соответствовало нейтральному показателю. От фазы всходов к фазе кущения, от фазы кущения к фазе выхода в трубку наблюдается существенное подкисление рН на 0,17 и 0,31 ед., от фазы выхода в трубку к фазе колошения почвенный раствор подкисляется незначительно на 0,08 ед., от фазы колошения к полной спелости культуры

происходит значительное подщелачивание на 0,18 ед. и уровень рН в этот период соответствовал показателю 6,15 ед. Наблюдалось достоверное подщелачивание от слоя почвы 0–20 см к слою 20–40 см на 0,31 ед. При проведении корреляционно-регрессионного анализа была выявлена высокая взаимосвязь между уровнем урожайности и реакцией почвенного раствора в 0–20 см слое почвы в фазу кущения с точностью аппроксимации ( $R^2 = 0,996$ ).

### **3.3. Динамика содержания нитратного азота**

В основном весь азот почвы представлен органическими соединениями. Около 93–99 % всего азота почвы содержится в органическом веществе почвы. Доступными для растений из всех форм почвенного азота являются нитратный и аммонийный, причем последний находится в почве как в обменном, так и в необменном состоянии (Н.А. Иванникова, А.В. Нефедов, 2018). Азот по праву считается одним из самых важных элементов минерального питания растений, поэтому плодородной считается почва при достаточном обеспечении этим элементом. Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от обеспеченности почв нитратным азотом (В.А. Королев, Л.Д. Стахурлова, 2004; Ю.И. Чевердин, В.А. Беспалов, Т.В. Титова, 2018).

Динамика содержания нитратного азота в изучаемых слоях чернозема выщелоченного зависела от погодных условий, в большей степени от условий увлажнения. В более увлажненный 2016–2017 сельскохозяйственный год его содержание в почве было выше на 0,8 мг/кг в среднем по опыту, чем в 2015–2016 году, который характеризовался как год с умеренным увлажнением, и выше чем в засушливый 2017–2018 год на 5,3 мг/кг (приложения 11–13). Анализ средних данных, представленных в таблице 11, свидетельствовал о том, что все расчетные дозы минеральных удобрений на сортах Васса, Гром и Доля существенно повышали содержание нитратного азота в почве относительно контроля на 5,1, 7,9 и 11,8 мг/кг.

На вариантах с внесением  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 10,0 т/га наблюдалось самое высокое содержание нитратного

**Таблица 11 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Сроки отбора, С					А, НСП <sub>05</sub> = 1,4	В, НСП <sub>05</sub> = 1,6	D, НСП <sub>05</sub> = 1,8
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0–20	7,9	22,1	23,5	16,4	13,9	15,0	22,0	22,5
		20–40	8,8	22,7	17,2	14,2	10,6			19,9
	Гром	0–20	9,4	19,6	20,2	14,3	12,5		21,0	
		20–40	10,6	19,9	14,4	12,9	9,6			
	Доля	0–20	9,8	19,2	20,3	14,7	14,2		20,5	
		20–40	10,0	21,2	15,6	13,8	10,7			
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0–20	11,7	27,8	27,4	22,8	20,3	20,1		
		20–40	13,0	27,8	23,0	16,5	18,1			
	Гром	0–20	13,3	24,7	25,2	20,8	18,3			
		20–40	14,0	26,6	22,4	15,4	17,3			
	Доля	0–20	12,9	24,3	25,0	18,9	18,1			
		20–40	12,7	27,8	23,0	15,3	18,0			
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0–20	14,4	32,4	30,2	26,3	25,4	22,9		
		20–40	13,7	30,6	25,6	20,5	20,5			
	Гром	0–20	16,0	29,9	29,3	24,7	20,8			
		20–40	15,7	30,1	25,2	18,5	18,0			
	Доля	0–20	14,7	28,5	28,0	24,1	19,6			
		20–40	14,2	29,0	24,1	19,2	16,6			
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0–20	20,3	36,8	35,8	30,1	28,7	26,8		
		20–40	18,5	34,6	26,2	21,7	22,3			
	Гром	0–20	21,2	36,7	34,4	28,0	27,6			
		20–40	19,6	34,3	25,3	21,5	22,1			
	Доля	0–20	18,5	33,5	30,6	28,4	25,1			
		20–40	19,7	34,7	24,3	21,8	21,1			
С, НСП <sub>05</sub> = 1,6			14,2	28,1	24,8	20,0	18,7	НСП <sub>05</sub> = 2,2		

азота в почве (26,8 мг/кг), что достоверно было выше не только контрольного варианта на 11,8 мг/кг, но и вариантов с расчетными дозами минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  – на 6,7 мг/кг и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – на 3,9 мг/кг.

Минимальное среднее содержание нитратов в почве 20,5 мг/кг в слое почвы 0–40 см отмечалось у сорта озимой пшеницы Доля, что косвенным образом свидетельствует о максимальном потреблении нитратного азота растениями данного сорта, концентрация несущественно ниже, чем на сорте Васса – на 1,5 мг/кг и сорте Гром – 0,5 мг/кг.

Самое высокое содержание нитратного азота в почве у всех изучаемых сортов отмечалось в фазу кущения – 28,1 мг/кг.

От фазы кущения к фазе полной спелости происходило неуклонное снижение нитратного азота на 3,3–9,4 мг/кг, и разница между фазами была существенной. Снижение концентрации нитратного азота происходило за счет особенностей питания растений озимой пшеницы, а также на снижение концентрации, безусловно, влияли условия увлажнения в момент наступления анализируемых фаз развития культуры.

Дисперсионный анализ данных свидетельствовал о том, что глубина изучаемых слоев почвы оказала влияние на динамику содержания нитратного азота. Максимальное его содержание независимо от сорта наблюдалось в слое почвы 0–20 см – 22,5 мг/кг, что превышало значения слоя почвы 20–40 см на 2,6 мг/кг, данная тенденция обуславливается тем, что  $NO_3$  мигрирует в нижние слои почвы.

Изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений во все фазы развития на трех изучаемых сортах положительно влияли на содержание нитратного азота в слоях чернозема выщелоченного 0–20 и 20–40 см, так как полученная разница оказалась достоверной:

– в **фазу всходов** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – на 3,8; 6,5 и 12,4 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – на 4,2, 4,9 и 9,7 мг/кг, у сорта Гром в слое 0–20 см – на 3,9; 6,6 и 11,8 мг/кг, в слое почвы 20–40 см на 3,4; 5,1 и 9,0 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – на 3,1; 4,9 и 8,7 мг/кг, в слое 20–40 см –

2,7; 4,2 и 9,7 мг/кг соответственно;

– в **фазу кущения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – на 5,7; 10,3 и 14,7 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – на 5,1; 7,9 и 11,9 мг/кг, у сорта Гром в 0–20 см слое – на 5,1; 10,3; 17,1 мг/кг, в слое 20–40 см – на 6,7; 10,2 и 14,4 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – на 5,1; 9,3 и 14,3 мг/кг, в слое 20–40 см – на 6,6; 7,8 и 13,5 мг/кг;

– в фазу выхода в трубку у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 3,9; 6,7 и 12,3 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 5,8; 8,4 и 9,0 мг/кг, у сорта Гром в слое 0–20 см – 5,0; 9,1 и 14,2 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 8,0; 10,8 и 10,9 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 4,7; 7,7 и 10,3 мг/кг, в слое 20–40 см – 7,4; 8,5 и 8,7 мг/кг;

– в **фазу колошения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 6,4; 9,9 и 13,7 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 2,3; 6,3 и 7,6 мг/кг, у сорта Гром в слое 0–20 см – 6,5; 10,4 и 13,7 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 2,5; 5,6 и 8,6 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 4,2; 9,4 и 13,7 мг/кг и в слое 20–40 см – 1,5; 5,4 и 8,0 мг/кг;

– в **фазу полной спелости** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 6,4; 11,5 и 14,8 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 7,5; 9,9 и 11,7 мг/кг, у сорта Гром в слое 0–20 см – 5,8; 7,1 и 15,1 мг/кг, в слое 20–40 см – 7,7; 8,4 и 12,5 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 3,9; 5,4 и 10,9 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 7,3; 5,9 и 10,4 мг/кг.

В фазы развития растений озимой пшеницы (всходы, кущение, выход в трубку) у всех изучаемых сортов расчетные дозы минеральных удобрений существенно (от 3,1 до 14,7 мг/кг) повышали относительно контрольного варианта концентрацию нитратного азота в 0–40 см слое чернозема выщелоченного.

В фазу колошения при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 20–40 см на сорте Доля наблюдалось незначительное увеличение нитратного азота относительно контроля на 1,5 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта повышение было существенным – от 2,3 до 13,7 мг/кг.

В фазу полной спелости наблюдалась аналогичная тенденция, что и в фазы всходов, кущения и выхода в трубку, концентрация элемента значительно повышалась относительно контрольного варианта от 3,9 до 15,1 мг/кг.

В среднем по опыту максимальное содержание нитратного азота в слое почвы 0–20 см – 22,5 мг/кг, что существенно превышало значения слоя почвы 20–40 см на 2,6 мг/кг.

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности сортов озимой пшеницы от динамики содержания нитратного азота в различные фазы в слоях почвы 0–20 и 20–40 см, которая выражается уравнением:

$$Y = 0,98 + 0,41x_1 - 0,74x_2 + 0,27x_3 + 0,49x_4 - 0,67x_5 + 0,45x_7 - 0,17x_8,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание нитратного азота (мг/кг почвы):  $x_1$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу всходов;  $x_2$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу всходов;  $x_3$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу кущения;  $x_4$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу кущения;  $x_5$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу выхода в трубку;  $x_6$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу выхода в трубку;  $x_7$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу колошения;  $x_8$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу колошения;  $x_9$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу полной спелости;  $x_{10}$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу полной спелости.

Зависимость урожайности от послойного содержания нитратного азота в почве на основании проведенного корреляционно-регрессионного анализа трехлетних данных представлена в приложении 14, показывает высокую точность аппроксимации ( $R^2 = 0,955$ ). Можно сделать вывод (в соответствии со шкалой Чеддока) о высокой взаимосвязи между уровнем урожайности и содержанием нитратного азота в слое почвы 0–20 см в фазы всходов, кущения, выхода в трубку, колошения и в слое почвы 20–40 см в фазы всходов, кущения, колошения.

Таким образом, в среднем по опыту расчетные дозы минеральных удобрений достоверно повышают содержание нитратного азота относительно

контрольного варианта в слое 0–40 см почвы на 5,1; 7,9 и 11,8 мг/кг. Между изучаемыми сортами существенной разницы в потреблении нитратного азота выявлено не было, так, самая низкая его концентрация отмечалась на сорте Доля – 20,5 мг/кг, что превысило концентрацию на сортах Васса на 1,5 и Гром на 0,5. От фазы кущения к фазе выхода в трубку, от фазы выхода в трубку к фазе колошения наблюдается существенное снижение концентрации нитратного азота на 3,3 и 4,8 мг/кг, от фазы колошения к фазе полной спелости содержание элемента снижается незначительно – на 1,3 мг/кг почвы, что происходит за счет особенностей питания растений озимой пшеницы, а также на снижение концентрации, безусловно, влияли условия увлажнения в момент наступления анализируемых фаз развития культуры.

В среднем по опыту максимальное содержание нитратного азота отмечалось в слое почвы 0–20 см – 22,5 мг/кг, что существенно превышало значения слоя почвы 20–40 см на 2,6 мг/кг, данная тенденция обуславливается тем, что  $\text{NO}_3$  мигрирует в нижние слои почвы. При проведении корреляционно-регрессионного анализа трехлетних данных была выявлена высокая взаимосвязь между уровнем урожайности и содержанием нитратного азота в слое почвы 0–20 см в фазы всходов, кущения, выхода в трубку, колошения и в слое почвы 20–40 см в фазы всходов, кущения, колошения с точностью аппроксимации ( $R^2 = 0,955$ ).

### **3.4. Динамика содержания аммонийного азота**

Обеспеченность почв азотом является одним из главных факторов, обуславливающих состав и продуктивность растительных сообществ. Как говорилось ранее, доступные для растений азотистые соединения образуются главным образом из органического вещества почвы в результате его разложения. Аммонификация – это превращение азота органического вещества до аммиачных соединений. Аммонийная форма азота является недоступной для растений, пока не пройдет процесс нитрификации.

Нитрификация – это процесс окисления аммиака до нитритов (Б.И. Сандухадзе, Б.П. Лобода, Д.Ф. Асхадуллин, Е.В. Журавлева, 2006; П.А. Чекмарёв, С.В. Лукин, 2013; В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др., 2017).

Динамика послойного содержания аммонийного азота в слое 0–40 см чернозема выщелоченного зависела от погодных условий и в первую очередь от количества и распределения осадков во время вегетации озимой пшеницы. В более увлажненном 2016–2017 году содержание нитратов в почве в среднем по опыту было выше на 0,9 мг/кг, чем в 2015–2016 году, который характеризовался как год с умеренным увлажнением и выше чем в засушливый 2017–2018 сельскохозяйственный год на 10,1 мг/кг (приложения 15–17).

Анализ средних данных по опыту, представленных в таблице 12, свидетельствовал о том, что все расчетные дозы минеральных удобрений на сортах озимой пшеницы Васса, Гром и Доля существенно повышали содержание аммонийного азота в почве и разница с контролем составила соответственно 3,2; 6,3 и 9,2 мг/кг.

На вариантах с внесением  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 10,0 т/га наблюдалось самое высокое содержание аммонийного азота в почве (27,7 мг/кг), что достоверно было выше не только контрольного варианта на 9,2 мг/кг, но и вариантов с другими расчетными дозами минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  – на 6,0 мг/кг и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – на 2,9 мг/кг.

В среднем по опыту содержание аммонийного азота у сорта Гром соответствовало 22,7 мг/кг, что оказалось ниже аналогичных показателей сорта Васса на 0,6 мг/кг и сорта Доля – на 0,7 мг/кг и может свидетельствовать о большем потреблении  $NH_4$  растениями озимой пшеницы сорта Гром (А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, 2019).

Максимальное содержание аммонийной формы азота в почве у всех изучаемых сортов отмечалось в фазу всходов – 28,2 мг/кг.

**Таблица 12 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Сроки отбора, С					А, НСП <sub>05</sub> = 1,64	В, НСП <sub>05</sub> = 1,62	D, НСП <sub>05</sub> = 2,0
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0–20	21,3	23,4	22,4	16,1	12,7	18,5	23,3	24,2
		20–40	20,1	21,0	21,0	15,3	12,0			22,1
	Гром	0–20	19,6	23,1	21,7	17,7	14,1		22,7	
		20–40	18,1	19,9	21,5	15,6	11,8			
	Доля	0–20	19,9	24,0	23,7	17,4	13,9		23,4	
		20–40	19,0	19,1	21,5	14,9	11,7			
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0–20	26,6	26,7	26,7	18,1	14,2	21,7		
		20–40	23,6	25,1	27,1	19,8	14,8			
	Гром	0–20	25,1	25,2	27,4	19,8	15,7			
		20–40	21,7	24,6	22,3	17,1	14,0			
	Доля	0–20	24,9	26,4	27,1	20,0	15,2			
		20–40	23,3	26,1	23,1	16,0	12,7			
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0–20	34,4	30,6	30,3	22,0	15,7	24,8		
		20–40	29,5	27,1	26,3	18,1	13,3			
	Гром	0–20	32,3	30,2	28,4	20,0	14,4			
		20–40	25,6	27,2	27,4	19,1	14,4			
	Доля	0–20	34,4	31,3	30,6	22,2	16,9			
		20–40	31,8	28,0	28,9	20,0	15,0			
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0–20	40,3	32,7	32,1	21,9	16,9	27,7		
		20–40	36,8	31,6	30,5	20,9	14,8			
	Гром	0–20	38,0	35,5	31,4	21,8	16,2			
		20–40	33,7	31,9	30,4	20,7	14,6			
	Доля	0–20	40,6	33,5	30,5	21,9	16,3			
		20–40	35,9	32,6	30,3	20,7	14,6			
С, НСП <sub>05</sub> = 0,76			28,2	27,4	26,8	19,0	14,4	НСП <sub>05</sub> = 2,25		

От фазы всходов к фазе полной спелости происходило неуклонное снижение аммонийного азота на 0,8–13,8 мг/кг и разница между фазами была существенной. По нашему мнению, снижение аммонийного азота происходило из-за процессов аммонификации, нитрификации и денитрификации, протекающих в почве, а также растения озимой пшеницы при увеличении своей биомассы от фазы всходов к фазе полной спелости потребляли его из почвы.

Дисперсионная обработка данных позволила установить, что глубина изучаемых слоев почвы оказывала влияние на динамику содержания аммонийного азота. Максимальное его содержание было отмечено в слое почвы 0–20 см – 24,2, что существенно превышало слой 20–40 см – на 2,1 мг/кг. Такая тенденция обосновывается тем, что около 93–99 % всего азота почвы содержится в органическом веществе почвы, которое расположено в большей своей степени в слое почвы 0–20 см. На содержание элемента также могли влиять биологические свойства почвы и условия увлажнения.

Изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений во все фазы развития на всех сравниваемых сортах озимой пшеницы положительно влияли на содержание аммонийного азота в 0–40 см слое чернозема выщелоченного, разница со значениями контрольного варианта соответственно составила:

– в **фазу всходов** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 5,3; 13,1 и 19,0 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 3,5; 9,4 и 16,7 мг/кг, у сорта Гром в слое 0–20 см – 5,5; 12,7 и 18,4 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 3,6; 7,5 и 15,6 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 5,0; 14,5 и 20,7 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 4,3; 12,8 и 16,9 мг/кг;

– в **фазу кущения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 3,3; 7,2 и 9,3 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 4,1; 6,1 и 10,6 мг/кг, у сорта Гром в слое 0–20 см – 2,1; 7,1 и 12,4 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 4,7; 7,3 и 12,0 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 2,4; 7,3 и 9,5 мг/кг, в слое 20–40 см – 7,0;

8,9 и 13,5 мг/кг;

– в **фазу выхода в трубку** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 4,3; 7,9 и 9,7 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 6,1; 5,3 и 9,5 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 5,7; 6,7 и 9,7 мг/кг, в слое 20–40 см – 0,8; 5,9 и 8,9 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 3,4; 6,9 и 6,8 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 1,6; 7,4 и 8,8 мг/кг;

– в **фазу колошения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 2,0; 5,9 и 5,8 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 4,5; 2,8 и 5,6 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 2,1; 2,3 и 4,1 мг/кг, в слое 20–40 см – 1,5; 3,5 и 5,1 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 2,6; 4,8 и 4,5 мг/кг, в слое 20–40 см – 1,1; 5,1 и 5,8 мг/кг;

– в **фазу полной спелости** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 1,5; 3,0 и 4,2 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 2,8; 1,3 и 2,8 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 1,6; 0,3 и 2,1 мг/кг, в слое 20–40 см – 2,2; 3,0 и 2,8 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 1,3; 3,0 и 2,4 мг/кг, в слое 20–40 см – 1,0; 3,3 и 2,9 мг/кг.

В фазу всходов расчетные дозы минеральных удобрений существенно повышали концентрацию аммонийного азота на 3,5–20,7 мг/кг в слое 0–40 см чернозема выщелоченного у всех сортов озимой пшеницы по сравнению с контролем.

В фазу кущения при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–20 см у сорта озимой пшеницы Гром наблюдалось незначительное увеличение концентрации аммонийного азота относительно контроля на 2,1 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта разница от 2,4 до 13,5 мг/кг была существенной.

В фазу выхода в трубку при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 20–40 см у сортов Гром и Доля наблюдалось незначительное увеличение содержания аммонийного азота на 0,8 и 1,6 мг/кг относительно контроля, на всех остальных вариантах опыта повышение содержания показателя на 3,4–9,7 мг/кг было существенным.

В фазу колошения при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–20 см у сортов Васса и Гром наблюдалось незначительное увеличение концентрации аммонийного азота относительно контроля на 2,0–2,1 мг/кг, в слое почвы 20–40 см у сортов Гром и Доля на 1,5–1,1 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта повышение концентрации  $NH_4$  было существенным – от 2,3 до 5,9 мг/кг.

В фазу полной спелости при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–20 см наблюдалось незначительное увеличение содержания аммонийного азота на 1,5; 1,6 и 1,3 мг/кг относительно контроля, в слое почвы 20–40 см у сортов Гром и Доля – на 2,2 и 1,1 мг/кг, при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в слое почвы 0–20 см у сорта Гром – на 0,3 мг/кг, в слое 20–40 см у сорта Васса – на 1,3 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое почвы 0–20 см у сорта Гром – на 2,1 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта повышение содержания  $NH_4$  было существенным и составляло 2,8–4,2 мг/кг.

Проведение корреляционно-регрессионного анализа позволило установить уравнение прогноза урожайности озимой пшеницы в зависимости от динамики послойного содержания аммонийного азота в почве:

$$Y = 0,19x_1 - 0,41x_2 + 0,20x_4 + 0,40x_6 - 4,93,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание аммонийного азота (мг/кг):  $x_1$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу всходов;  $x_2$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу всходов;  $x_3$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу кущения;  $x_4$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу кущения;  $x_5$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу выхода в трубку;  $x_6$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу выхода в трубку;  $x_7$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу колошения;  $x_8$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу колошения;  $x_9$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу полной спелости;  $x_{10}$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу полной спелости.

Проведенный анализ позволил создать модель, которая имеет высокую точность аппроксимации ( $R^2 = 0,957$ ), и показывает весьма высокую корреляционную зависимость урожайности культуры от послойного содержания аммонийного азота в почве (приложение 18). Нами отмечена

высокая взаимосвязь (в соответствии со шкалой Чеддока) между уровнем урожайности озимой пшеницы и содержанием аммонийного азота в слое почвы 0–20 см в фазу всходов и в слое почвы 20–40 см в фазы всходов, кущения, выхода в трубку.

Таким образом, анализируя средние данные, полученные в опыте, можно сделать заключение о том, что расчетные дозы минеральных удобрений способствовали существенному повышению содержания аммонийного азота относительно контрольного варианта в слое 0–40 см почвы на 3,2; 6,3 и 9,2 мг/кг. Достоверной разницы между сортами в потреблении аммонийного азота зафиксировано не было. От фазы всходов к фазе кущения, от фазы выхода в трубку к фазе колошения и от фазы колошения к фазе полной спелости содержание аммонийного азота существенно снижалось на 0,8; 7,8 и 4,6 мг/кг, от фазы кущения к фазе выхода в трубку разница была недостоверной и составляла 0,6 мг/кг.

Максимальное содержание  $\text{NH}_4$  было отмечено в слое почвы 0–20 см, что существенно превышало слой 20–40 см на 2,1 мг/кг. Проведенный анализ позволил создать модель, которая имеет высокую точность аппроксимации ( $R^2 = 0,957$ ), и показывает весьма высокую корреляционную зависимость урожайности культуры от содержания аммонийного азота в слое почвы 0–20 см в фазу всходов и в слое почвы 20–40 см в фазы всходов, кущения, выхода в трубку.

### **3.5. Динамика содержания подвижного фосфора**

Одним из самых важных биогенных элементов считается фосфор. Образование фосфорной кислоты в растениях происходит за счет всех протекающих процессов обмена веществ. При хорошей обеспеченности растений фосфором улучшается углеводный обмен, который способствует накоплению сахаров, что повышает зимостойкость и морозоустойчивость, растение экономичнее расходует влагу, тем самым повышается и засухоустойчивость. Один из основных показателей окультуренности почв –

это обеспеченность их подвижными формами фосфора (П.А. Чекмарёв, С.В. Лукин, 2013).

В отличие от азота, содержание фосфора в почве поддается определенной зависимости, которая опирается на свойства почвы и количество вносимых доз минеральных удобрений. На всех типах почв подвижный и валовый фосфор снижается, если не вносятся фосфорсодержащие удобрения (Г.А. Яговенко, 2010).

Для положительного баланса фосфора в севообороте, при котором происходит накопление его валовых запасов, необходимо вносить в зависимости от типа севооборота и его продуктивности 30–60 кг/га  $P_2O_5$  (Е.Н. Алексеева, 1978). Однако и при отрицательном балансе этого элемента нередко количество подвижного фосфора увеличивается по сравнению с исходным, что обусловлено, по-видимому, мобилизацией природных фосфатов (М.Г. Мельникова, О.А. Минакова, 2013).

Динамика подвижного фосфора в 0–40 см слое чернозема выщелоченного зависела от условий увлажнения конкретного года. Так, в более увлажненном 2016–2017 с.-х. году содержание анализируемого элемента в почве было выше на 0,5 мг/кг в среднем по опыту, чем в 2015–2016 году, который характеризовался как год с умеренным увлажнением, и выше на 3,5 мг/кг, чем в засушливом 2017–2018 с.-х. году (приложения 19–21).

Анализ средних данных, представленных в таблице 13, показал, что все расчетные дозы минеральных удобрений на сортах Васса, Гром и Доля существенно на 1,8; 4,1 и 5,9 мг/кг повышали содержание подвижного фосфора в почве относительно контроля.

На вариантах с внесением  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 10,0 т/га наблюдалось самое высокое содержание подвижного фосфора в почве (29,8 мг/кг), что достоверно на 5,9 мг/кг было выше не только показателей контрольного варианта, но и других вариантов с

**Таблица 13 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,6	В, НСР <sub>05</sub> = 1,0	D, НСР <sub>05</sub> = 1,8
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0–20	28,6	30,5	26,3	23,1	21,9	23,9	27,2	29,3
		20–40	25,0	25,8	18,9	20,6	20,6			24,4
	Гром	0–20	27,1	30,0	27,1	22,2	24,7		26,7	
		20–40	23,5	24,4	19,4	22,1	18,7			
	Доля	0–20	26,7	28,7	26,5	23,7	23,9		26,7	
		20–40	22,7	23,7	20,4	22,1	19,1			
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0–20	30,0	33,0	27,7	25,2	24,8	25,7		
		20–40	26,6	27,8	20,1	21,2	22,6			
	Гром	0–20	28,9	30,6	28,1	24,2	25,1			
		20–40	24,6	26,7	23,0	21,3	22,9			
	Доля	0–20	29,7	31,2	27,5	25,7	26,3			
		20–40	23,4	25,6	23,1	24,3	21,0			
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0–20	33,9	35,8	30,8	27,9	27,3	28,0		
		20–40	27,8	29,7	23,6	22,6	23,9			
	Гром	0–20	32,3	34,1	30,1	26,5	27,3			
		20–40	28,1	28,7	24,4	22,8	23,4			
	Доля	0–20	33,0	33,5	31,8	28,1	27,1			
		20–40	26,6	29,5	23,7	21,7	22,9			
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0–20	35,0	39,5	33,3	31,6	29,5	29,8		
		20–40	29,7	31,7	25,8	23,5	25,1			
	Гром	0–20	35,2	36,1	31,4	28,6	26,6			
		20–40	30,7	31,5	25,7	24,1	25,7			
	Доля	0–20	36,1	37,3	32,6	27,6	28,4			
		20–40	29,5	30,5	24,9	22,5	24,6			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,2			28,9	30,7	26,1	24,3	24,3	НСР <sub>05</sub> = 2,6		

расчетными дозами минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на 4,1 мг/кг и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – на 1,8 мг/кг. Исходя из полученных данных, можно сделать заключение о том, что содержание подвижного фосфора в почве предопределяется количеством элемента во вносимых дозах удобрений.

Содержание подвижного фосфора в почве на вариантах, где возделывались сорта Гром и Доля, составило 26,7 мг/кг, что на 0,5 мг/кг ниже, чем у сорта озимой пшеницы Васса.

У всех сортов озимой пшеницы самое высокое содержание подвижного фосфора в почве отмечалось в фазу кущения – 30,7 мг/кг. В дальнейшем вплоть до фазы полной спелости происходило неуклонное снижение подвижного фосфора на 4,6–6,4 мг/кг и полученная разница значений между фазами была существенной. Существенное увеличение доступного фосфора от фазы всходов к фазе кущения на 1,8 мг/кг, скорее всего, произошло за счет более влагообеспеченной почвы.

Дисперсионный анализ полученных данных позволил установить, что глубина изучаемых слоев почвы оказывала влияние на динамику содержания подвижного фосфора. Максимальное его содержание наблюдалось в слое почвы 0–20 см – 29,3 мг/кг, превысив при этом слой 20–40 см на 4,9 мг/кг. В слое почвы 20–40 см наблюдалось отсутствие эффекта внесения минеральных удобрений.

Изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений во все фазы развития трех исследуемых сортов озимой пшеницы положительно влияли на содержание подвижного фосфора в изучаемых слоях чернозема выщелоченного, и разница с контролем соответственно составляла:

– в **фазу всходов** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 1,4; 5,3 и 6,4 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 1,6; 2,8 и 4,7 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 1,8; 5,2 и 8,1 мг/кг, в слое 20–40 см – 1,1; 4,6 и 7,2 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 3,0; 6,3 и 9,4 мг/кг, в слое 20–40 см – 0,7; 3,9 и 6,8 мг/кг;

– в **фазу кущения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 2,5; 5,3 и 9,0

мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 2,0; 2,9 и 5,9 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 0,6; 4,1 и 6,1 мг/кг, в слое 20–40 см – 2,3; 4,3 и 7,6 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 2,5; 4,8 и 8,6 мг/кг, в слое 20–40 см – 1,9; 5,8 и 6,8 мг/кг;

– в **фазу выхода в трубку** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 1,4; 4,5 и 7,0 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 1,2; 4,7 и 6,9 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 1,0; 3,0 и 4,3 мг/кг, в слое 20–40 см – 3,6; 3,6 и 6,3 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 1,0; 5,3 и 6,1 мг/кг, в слое 20–40 см – 2,7; 3,3 и 4,5 мг/кг;

– в **фазу колошения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 2,1; 4,8 и 8,5 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 0,6; 2,0 и 2,9 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 2,0; 4,3 и 6,4 мг/кг, в слое 20–40 см – 0,8; 0,7 и 0,4 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 2,0; 4,4 и 3,9 мг/кг, в слое 20–40 см – 2,2; 0,4 и 0,4 мг/кг;

– в **фазу полной спелости** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 2,9; 5,4 и 7,6 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 2,0; 3,3 и 4,5 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 0,4; 2,6 и 1,9 мг/кг, в слое 20–40 см – 4,2; 4,7 и 7,0 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 2,4; 3,2, 4,5 мг/кг, в слое 20–40 см – 1,9; 3,8 и 5,5 мг/кг.

В фазу всходов на трех изучаемых сортах расчетные дозы минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  относительно контрольного варианта существенно повышали концентрацию подвижного фосфора в слое 0–40 см чернозема выщелоченного от 2,8 до 9,4 мг/кг. При внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–40 см на всех сортах, кроме сорта Доля (слой 0–20 см), разница была недостоверной – 0,7–1,8 мг/кг.

В фазу кущения при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в 0–40 см слое почвы на трех изучаемых сортах наблюдалось незначительное увеличение подвижного фосфора относительно контроля на 0,6–2,5 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта повышение было существенным – от 2,9 до 8,6 мг/кг.

В фазу выхода в трубку при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–40 см у сорта Васса, в слое 0–20 см у сортов Гром и Доля наблюдалось несущественное увеличение подвижного фосфора относительно контроля от 1,0 до 1,4 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта увеличение от 2,7 до 6,9 мг/кг было существенным.

В фазу колошения при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–40 см у всех сортов озимой пшеницы наблюдалось несущественное увеличение подвижного фосфора относительно контроля на 0,6–2,2 мг/кг, при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в слое почвы 20–40 см – на 0,4–2,0 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое 20–40 см у сортов Гром и Доля – на 0,4 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта разница была достоверной.

В фазу полной спелости при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–20 см у сортов Гром и Доля наблюдалось несущественное увеличение содержания подвижного фосфора относительно контроля – на 0,4 и 2,4 мг/кг, в слое почвы 20–40 см у сортов Васса и Доля – на 2,0 и 1,9 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое почвы 0–20 см у сорта Гром – на 1,9 мг/кг, на всех остальных вариантах опыта повышение было существенным – от 2,9 до 7,0 мг/кг.

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики послойного содержания подвижного фосфора в слое почвы 0–40 см чернозема выщелоченного в период вегетации культуры, которая выражается уравнением:

$$Y = 0,55x_1 - 0,42x_5 + 0,73x_6 + 0,31x_7 - 0,56x_{10} - 8,65,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание подвижного фосфора (мг/кг):  $x_1$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу всходов;  $x_2$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу всходов;  $x_3$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу кущения;  $x_4$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу кущения;  $x_5$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу выхода в трубку;  $x_6$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу выхода в трубку;  $x_7$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу колошения;  $x_8$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу колошения;  $x_9$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу полной спелости;  $x_{10}$  – в слое

почвы в 20–40 см в фазу полной спелости.

Полученная модель имеет весьма высокую точность аппроксимации ( $R^2 = 0,980$ ) и показывает (в соответствии со шкалой Чеддока) высокую корреляционную зависимость урожайности озимой пшеницы от послойного содержания фосфора в почве, которая наблюдается в фазы всходов, выхода в трубку, колошения в слое почвы 0–20 см и в фазы выхода в трубку, полной спелости в слое почвы 20–40 см (приложение 22).

Таким образом, обобщая полученные в опыте средние данные, можно сделать вывод о том, что расчетные дозы минеральных удобрений достоверно повышали содержание подвижного фосфора относительно контрольного варианта в слое почвы 0–40 см на 1,8; 4,1 и 5,9 мг/кг. Достоверной разницы между сортами в потреблении подвижного фосфора не наблюдалось, у сортов Гром и Доля его содержание соответствовало 26,7 мг/кг, на сорте Васса – 27,2 мг/кг. Существенное увеличение доступного фосфора от фазы всходов к фазе кущения на 1,8 мг/кг, скорее всего, произошло за счет более влагообеспеченной почвы. Далее, от фазы кущения к фазе выхода в трубку, от фазы выхода в трубку к фазе колошения, достоверно снижалось на 4,6 и 1,8 мг/кг. Содержание подвижного фосфора от фазы колошения к фазе полной спелости осталось неизменным. Происходило существенное снижение концентрации подвижного фосфора от слоя почвы 0–20 см к слою 20–40 см на 4,9 мг/кг. В слое почвы 20–40 см наблюдалось отсутствие эффекта внесения минеральных удобрений.

Проведенный анализ позволил создать модель, которая имеет высокую точность аппроксимации ( $R^2 = 0,980$ ), и показывает весьма высокую корреляционную зависимость урожайности культуры от послойного содержания фосфора в почве, которая наблюдается в фазы всходов, выхода в трубку, колошения в слое почвы 0–20 см и в фазы выхода в трубку, полной спелости в слое почвы 20–40 см.

### 3.6. Динамика содержания обменного калия

Наряду с фосфором, калий считается одним из основных зольных элементов. Оптимальное питание растений озимой пшеницы калием влияет на выполненность зерна. При недостатке элемента происходит задержка синтеза белка и накопление небелкового азота (П.А. Чекмарёв, С.В. Лукин, 2013).

Калий – один из важнейших химических элементов в питании растений. Вынос калия из почвы обычно выше, чем фосфора, а зачастую и азота (В.Н. Багринцева, Т.П. Сафронова, 1993; Е.А. Саленко, А.Н. Есаулко, А.Ю. Ожередова, 2016). После обобщения проведенных исследований большим количеством ученых был установлен оптимальный уровень концентрации обменного калия в 0–20 см слое чернозема выщелоченного – он варьирует от 120 до 150 мг/кг. При снижении элемента в почве снижается и уровень плодородия почвы, а вместе с этим и урожайность возделываемых культур (С.В. Лукин, И.И. Васенев, А.С. Цыгуткин, 2010).

Динамика обменного калия в слое почвы 0–40 см зависела от погодных условий. В более увлажненном 2016–2017 с.-х. году содержание элемента в почве в среднем по опыту было на 3 мг/кг выше, чем в 2015–2016 с.-х. году, который характеризовался как год с умеренным увлажнением, и выше, чем в засушливом 2017–2018 с.-х. году на 12 мг/кг (приложения 23–25).

Анализ средних данных, представленных в таблице 14, свидетельствовал о том, что внесение расчетных доз минеральных удобрений под изучаемые сорта озимой пшеницы Васса, Гром и Доля повышало содержание обменного калия в почве относительно контроля в среднем на 9, 11 и 18 мг/кг соответственно.

Достоверное увеличение концентрации элемента в слое почвы 0–40 см обеспечила только расчетная доза минеральных удобрений  $N_{248}P_{133}K_{60}$ . На вариантах с внесением дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на всех изучаемых сортах было получено самое высокое содержание элемента – 235 мг/кг, что превышало не только показатели контрольного варианта на 18 мг/кг, но и варианты с

внесением доз  $N_{124}P_{72}K_{30}$  – на 9 мг/кг и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – на 7 мг/кг.

В среднем по опыту за годы проведения эксперимента содержание обменного калия в слое почвы 0–40 см при возделывании сорта Васса оказалось несущественно меньше (на 5 мг/кг почвы) по сравнению с другими сортами, что определенным образом свидетельствует о более высоком его потреблении сортом Васса.

Самое высокое содержание обменной формы калия в почве у всех изучаемых сортов отмечалось в фазу всходов – 264 мг/кг. От фазы всходов к фазе полной спелости происходило неуклонное снижение обменного калия на 20–69 мг/кг и разница между фазами всходы– кущение (20 мг/кг), кущение – выход в трубку (19 мг/кг), выход в трубку – колошение (20 мг/кг) была существенной.

При обработке полученных данных дисперсионным методом было установлено, что глубина изучаемых слоев почвы оказывала определенное влияние на динамику содержания обменного калия. Максимальное его содержание в слое почвы 0–20 см составляло 236 мг/кг, превысив при этом слой 20–40 см на 18 мг/кг.

Изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений положительно влияли на содержание обменного калия в слое почвы 0–40 см чернозема выщелоченного в основные фазы развития сортов озимой пшеницы, и разница со значениями контрольного варианта соответственно составляла:

– в **фазу всходов** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 15; 28 и 34 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 4; 7 и 27 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 7; 11 и 27 мг/кг, в слое 20–40 см – 9; 14 и 24 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 21; 31 и 40 мг/кг, в слое 20–40 см – 18; 20 и 30 мг/кг;

– в **фазу кущения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 11; 21; 36 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 9; 14 и 22 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 4; 8 и 24 мг/кг, в слое 20–40 см – 11; 8 и 4 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 15; 23 и 30 мг/кг, в слое 20–40 см – 16; 11 и 29 мг/кг;

**Таблица 14 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 14,2	В, НСР <sub>05</sub> = 10,2	D, НСР <sub>05</sub> = 16,2
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0–20	250	236	218	206	208	217	223	236
		20–40	234	217	201	188	179			218
	Гром	0–20	264	248	220	208	200		229	
		20–40	244	238	205	194	188			
	Доля	0–20	257	239	217	202	206		228	
		20–40	241	228	205	193	184			
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0–20	265	247	221	210	202	226		
		20–40	238	226	212	201	189			
	Гром	0–20	271	244	238	211	210			
		20–40	253	227	218	204	196			
	Доля	0–20	278	254	238	211	202			
		20–40	259	244	218	198	183			
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0–20	278	257	227	215	208	228		
		20–40	241	231	210	196	187			
	Гром	0–20	275	256	246	215	203			
		20–40	258	230	225	199	184			
	Доля	0–20	288	262	234	212	202			
		20–40	261	239	228	196	184			
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0–20	284	264	240	211	196	235		
		20–40	261	239	229	199	180			
	Гром	0–20	291	272	254	225	209			
		20–40	268	242	233	204	189			
	Доля	0–20	297	269	239	218	207			
		20–40	271	257	228	199	188			
С, НСР <sub>05</sub> = 14,8			264	244	225	205	195	НСР <sub>05</sub> = 22,4		

– в **фазу выхода в трубку** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 3; 9 и 36 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 11; 17 и 32 мг/кг, у сорта Гром в слое почвы 0–20 см – 18; 26 и 34 мг/кг, в слое 20–40 см – 13; 20 и 28 мг/кг, у сорта Доля в слое 0–20 см – 21; 17 и 22 мг/кг, в слое 20–40 см – 13; 23 и 23 мг/кг;

– в **фазу колошения** у сорта Васса в слое почвы 0–20 см – 4; 9 и 5 мг/кг, в слое почвы 20–40 см – 13; 8 и 11 мг/кг, у сорта Гром в слое 0–20 см – 3; 7 и 17 мг/кг, в слое 20–40 см – 10; 5 и 10 мг/кг, у сорта Доля в слое почвы 0–20 см – 9; 10 и 16 мг/кг, в слое 20–40 см – 5; 3 и 6 мг/кг;

– в **фазу полной спелости** при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в слое почвы 0–20 см на сортах Васса и Доля наблюдалось снижение обменного калия относительно контроля на 6 и 4 мг/кг, в слое почвы 20–40 см у сорта Доля – на 1 мг/кг, при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в слое почвы 0–20 см на сорте Доля – на 4 мг/кг, в слое 20–40 см на сорте Гром – на 4 мг/кг и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое почвы 0–20 см на сорте Васса – на 12 мг/кг. На остальных вариантах внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание обменного калия в почве, оно либо соответствовало контролю, либо незначительно превышало его на 1–13 мг/кг почвы.

Существенное увеличение содержания обменного калия по сравнению с контролем наблюдалось в фазу всходов при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в слое почвы 0–20 см у сортов Васса и Доля – 28 и 31 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое почвы 0–40 см на всех сортах озимой пшеницы – 24–40 мг/кг. В фазу кущения достоверное увеличение концентрации элемента наблюдалось при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  в слое почвы 0–20 см у сорта Доля – на 23 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое 0–20 см у сорта Васса – на 36 мг/кг, у сорта Гром – на 24 мг/кг, у сорта Доля – на 30 мг/кг, в слое почвы 20–40 см только у сорта Доля – на 29 мг/кг почвы. В фазу выхода в трубку существенное увеличение концентрации относительно контрольного варианта наблюдалось в слое почвы 0–20 см у сорта Гром – на 26 мг/кг, в слое почвы 20–40 см у сорта Доля – на 23 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в слое 0–20 см у сортов Васса и Гром – на 36 и 34 мг/кг, в

слое почвы 20–40 см на трех изучаемых сортах на 32; 28 и 23 мг/кг, на остальных вариантах в опыте разница была недостоверной.

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ для установления зависимости урожайности сортов озимой пшеницы от динамики послойного (0–20 и 20–40 см) содержания обменного калия в черноземе выщелоченном, которая может быть выражена следующим уравнением:

$$Y = 0,11x_1 + 0,10x_3 - 0,11x_4 - 22,75,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание обменного калия (мг/кг):  $x_1$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу всходов;  $x_2$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу всходов;  $x_3$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу кущения;  $x_4$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу кущения;  $x_5$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу выхода в трубку;  $x_6$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу выхода в трубку;  $x_7$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу колошения;  $x_8$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу колошения;  $x_9$  – в слое почвы в 0–20 см в фазу полной спелости;  $x_{10}$  – в слое почвы в 20–40 см в фазу полной спелости.

Согласно приведенным расчетам, в приложении 26 выявлена удовлетворительная точность аппроксимации ( $R^2 = 0,889$ ). Представленное уравнение регрессии позволило в соответствии со шкалой Чеддока установить высокую взаимосвязь ( $R = 0,943$ ) между уровнем урожайности и содержанием обменного калия в слое почвы 0–20 см в фазу всходов и в слоях почвы 0–20 и 20–40 см в фазу кущения, что позволяет определить временной промежуток и слой почвы, оказывающие наибольшее влияние на рост и развитие растений озимой пшеницы.

Таким образом, обобщая вышеизложенное, пришли к выводу, что все изучаемые в опыте дозы минеральных удобрений повышали относительно контрольного варианта содержание обменного калия, но достоверное увеличение элемента в почве обеспечила только расчетная доза  $N_{248}P_{133}K_{60}$ , превысив контрольный вариант на 18 мг/кг. Достоверной разницы между сортами в потреблении обменного калия не наблюдалось, на сорте Гром

было зафиксировано самое высокое содержание обменного калия – 229 мг/кг, что на 1 и 6 мг/кг было выше, чем на сорте Доля и Васса. Самое высокое содержание обменной формы калия в почве у всех изучаемых сортов отмечалось в фазу всходов – 264 мг/кг. От фазы всходов к фазе полной спелости происходило неуклонное снижение обменного калия на 20–69 мг/кг и разница между фазами всходы – кущение (20 мг/кг), кущение – выход в трубку (19 мг/кг), выход в трубку – колошение (20 мг/кг) была существенной. Происходило достоверное снижение концентрации обменного калия от слоя почвы 0–20 к слою 20–40 см на 18 мг/кг.

При проведении расчетов была выявлена удовлетворительная точность аппроксимации ( $R^2 = 0,889$ ), но в соответствии со шкалой Чеддока установлена весьма высокая корреляционная взаимосвязь ( $R = 0,943$ ) между уровнем урожайности и содержанием обменного калия в слое почвы 0–20 см в фазу всходов и в слоях почвы 0–20 и 20–40 см в фазу кущения, с высокой точностью аппроксимации.

### **3.7. Динамика содержания микроэлементов**

В современной земледелии одной из актуальных проблем является определение в почве доступных форм микроэлементов для растений, которые являются необходимыми элементами для питания растений и микроорганизмов и, несомненно, оказывают решающую роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. К наиболее распространенным микроэлементам по разным источникам относят: марганец, медь, цинк, бор, кобальт, молибден и др. Содержание их в сухом веществе растений составляет от 0,001 до 0,00001 % (П.П. Слепченко, И.А. Лебедевский, И.В. Шабанова, 2017; О.В. Сухова, В.В. Болдырев, А.В. Акулов, 2019).

Несмотря на то, что в проведенных исследованиях в качестве микроудобрения применялся только Вуксал Териос при обработке семян, программой исследования предполагалось изучение влияния расчетных доз минеральных удобрений и сортов озимой пшеницы на динамику содержания

в почве марганца, меди и цинка, которые оказывают значительное влияние на развитие растений озимой пшеницы, а обеспеченность ими чернозема выщелоченного невысока.

### **3.7.1. Марганец**

Марганец – важный микроэлемент для растений. Он принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, влияет на фотосинтез и фиксацию растениями азота. Попытки ученых вырастить растение без марганца или заменить его каким-либо другим элементом не дали результатов (С.В. Клышевская, Я.О. Тимофеева, М.Л. Бурдуковский, 2014).

В почвах марганец находится в соединениях со степенью окисления от +2 до +4, содержание элемента в почвенном растворе зависит от Eh (окислительно-восстановительного потенциала), рН, увлажнения и уровня плодородия почв (Д.В. Дубовик, 2009; М.И. Кайзер, Т.В. Больбух, О.В. Сафонова, 2018).

На развитие растений определяющее влияние оказывает не валовое содержание марганца в слоях почвы, а содержание его подвижных форм. Именно данные формы Mn оказывают непосредственное влияние на живые организмы. Вопрос о динамике марганца относительно хорошо изучен рядом ученых, но данных об изменениях в течение вегетационного периода растений озимой пшеницы мало, хотя количество подвижных форм данного элемента значительно варьируется в силу разных причин и в отдельные периоды может быть критическим для растений (Л.Н. Шихова, О.А. Зубкова, 2012).

На динамику содержания подвижного марганца в изучаемом слое 0–40 см чернозема выщелоченного погодные условия существенного влияния не оказывали. В более увлажненный 2016–2017 с.-х. год его содержание в среднем по опыту в почве было выше на 0,2 мг/кг, чем в 2015–2016 году, который характеризовался как год с умеренным увлажнением, и выше, чем в засушливый 2017–2018 с.-х. год – на 0,9 мг/кг (приложения 27–29).

Анализ средних данных, представленных в таблице 15, свидетельствовал о том, что расчетные дозы минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в среднем по опыту способствовали снижению концентрации марганца относительно контрольного варианта на 0,1 и 0,3 мг/кг. Достоверное снижение содержания элемента наблюдалось при внесении расчетной дозы минеральных удобрений  $N_{248}P_{133}K_{60}$  – 0,3 мг/кг, что свидетельствует о том, что на вариантах, где увеличиваются дозы минеральных удобрений, растения набирают большую вегетативную массу, соответственно повышая и потребление марганца из почвы.

Расчетная доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  существенно увеличивала содержание элемента по отношению к контрольному варианту на 0,3 мг/кг.

Содержание в почве подвижного марганца в слое 0–40 см при возделывании сорта Васса соответствовало 16,5 мг/кг, что оказалось несущественно ниже, чем на сортах Гром (на 0,1 мг/кг) и Доля (на 0,2 мг/кг).

Среднее содержание подвижного марганца возрастало от фазы всходов и достигало максимального значения к фазе колошения – 18,1 мг/кг, а от фазы колошения к фазе полной спелости происходило значительное (на 2,8 мг/кг) снижение концентрации элемента.

Изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений оказали различное влияние на концентрацию марганца в слое 0–40 см чернозема выщелоченного: на вариантах с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  в фазу всходов у всех сортов озимой пшеницы отмечалось повышение концентрации элемента относительно контрольного варианта на 0,3; 0,4 и 0,2 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  содержание элемента возрастало на сорте Васса на 0,3 мг/кг, на сорте Доля – на 0,4 мг/кг. На всех остальных вариантах опыта содержание марганца снижалось по отношению к контрольному варианту от 0,2 до 0,3 мг/кг.

В фазу кущения содержание марганца повышалось на всех вариантах опыта на 0,2–1,2 мг/кг относительно контроля, кроме вариантов с внесением расчетных доз  $N_{124}P_{72}K_{30}$  и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на сорте Гром, здесь происходило

снижение на 0,7 и 0,8 мг/кг.

В фазу выхода в трубку на трех изучаемых сортах доза минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  способствовала повышению концентрации элемента на 0,4; 0,4 и 0,8 мг/кг. При внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на сорте Доля содержание было выше, чем на контроле на 0,2 мг/кг. На других вариантах содержание снижалось от 0,1 до 0,8 мг/кг.

Расчетные дозы минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на сортах Васса, Гром и Доля в фазу колошения уменьшали содержание марганца по отношению к контролю на 0,2–0,8 мг/кг, только доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  превышала контроль на 0,3–0,4 мг/кг.

К фазе полной спелости на контроле содержание марганца было выше, чем на варианте у сорта Доля с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на 0,8 мг/кг, дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  у сорта Гром и Доля – на 0,3 мг/кг и дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на всех трех сортах – на 0,1–1,1 мг/кг.

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ полученных данных для установления зависимости урожайности сортов озимой пшеницы от динамики содержания марганца в слое почвы 0–40 см чернозема выщелоченного в период вегетации культуры. В итоге получено уравнение регрессии, которое выражается следующей формулой:

$$Y = 25,24 - 0,41x_4,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание марганца в слое почвы 0–40 см (мг/кг):  $x_1$  – в фазу всходов;  $x_2$  – в фазу кущения;  $x_3$  – в фазу выхода в трубку;  $x_4$  – в фазу колошения;  $x_5$  – в фазу полной спелости.

На основании проведенных расчетов была выявлена удовлетворительная точность аппроксимации ( $R^2 = 0,816$ ) (приложение 30), но в соответствии со шкалой Чеддока определена высокая корреляционная взаимосвязь между уровнем урожайности и содержанием марганца ( $R = 0,892$ ) в слое почвы 0–40 см только в фазу колошения озимой пшеницы.

Таким образом, обобщая вышеизложенное, мы пришли к выводу, что на вариантах, где применялись расчетные дозы минеральных удобрений на

**Таблица 15 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного марганца (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,25	В, НСР <sub>05</sub> = 0,35
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	15,4	16,2	17,6	18,3	15,1	16,6	16,5
	Гром	15,1	16,9	17,8	18,1	15,3		16,6
	Доля	15,6	16,5	17,3	18,5	15,8		16,7
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	15,1	16,8	18,0	18,6	15,3	16,9	
	Гром	15,5	16,2	18,2	18,5	16,4		
	Доля	15,4	17,7	18,1	18,9	15,0		
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	15,6	16,6	17,1	17,8	15,2	16,5	
	Гром	15,3	16,1	17,7	17,9	15,0		
	Доля	15,8	16,9	17,5	18,1	15,5		
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	15,1	16,5	17,1	17,6	15,0	16,3	
	Гром	15,4	17,1	17,0	17,3	14,7		
	Доля	15,5	16,9	17,2	17,7	14,7		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,65		15,4	16,7	17,6	18,1	15,3	НСР <sub>05</sub> = 0,85	

планируемую урожайность 7,5 (N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub>) и 10,0 т/га (N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub>), происходит снижение подвижного марганца по отношению к контролю на 0,1 и 0,3 мг/кг, что свидетельствует о том, что на этих вариантах опыта растения набирают большую вегетативную массу, соответственно повышая и потребление марганца из почвы.

Достоверной разницы между сортами в потреблении подвижного марганца не наблюдалось, на сорте Васса оно составляло 16,5 мг/кг, что на 0,1 и 0,2 мг/кг было ниже, чем на сортах Гром и Доля.

От фазы всходов к фазе кущения, от фазы кущения к фазе выхода в трубку наблюдалось достоверное повышение элемента 0–40 см слое почвы на 1,3 и 0,9 мг/кг, от фазы выхода в трубку к фазе колошения оно было незначительным – на 0,5 мг/кг, а от фазы колошения к фазе полной спелости произошло резкое снижение подвижного марганца на 2,8 мг/кг. Такую динамику можно обосновать тем, что от наступления фазы кущения до фазы колошения в почве запас продуктивной влаги более высок, чем перед уборкой культуры, а также в процессе роста и развития озимой пшеницы изменяются окислительно-восстановительные условия в почве, увеличивается биомасса растений, что способствует и изменениям динамики подвижного марганца.

При проведении расчетов была установлена высокая корреляционная взаимосвязь ( $R = 0,892$ ) между уровнем урожайности и содержанием подвижного марганца в слое почвы 0–40 см только в фазу колошения озимой пшеницы, с удовлетворительной точностью аппроксимации.

### **3.7.2. Медь**

Медь считается одним из наиболее функциональных элементов в жизнедеятельности растений, так как участвует в физиологических процессах, таких как: фотосинтез, дыхание, восстановление и фиксация азота, метаболизм протеинов и многих других. Образование ДНК и РНК происходит с участием меди. Почва – это главный источник меди для

растений. Дефицит ее в почве негативно влияет на формирование урожайности сельскохозяйственных культур (Д.В. Дубовик, Е.В. Дубовик, 2012; О.Ю. Ширяева, 2019; И.К. Дильмухаметова, Л.К. Назарова, В.А. Романенков, Н.А. Кирпичников, 2019).

На динамику содержания подвижной меди в слое 0–40 см чернозема выщелоченного погодные условия не оказывали определенного влияния. В засушливый 2017–2018 с.-х. год содержание микроэлемента на 0,03 мг/кг оказалось меньше по сравнению со средними показателями 2015–2016 года и 2016–2017 года (приложения 31–33).

Анализ средних данных, представленных в таблице 16, показал, что расчетные дозы минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в среднем по опыту способствовали существенному снижению концентрации меди относительно контрольного варианта на 0,02 и 0,04 мг/кг. Расчетная доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  несущественно увеличивала содержание элемента по отношению к контрольному варианту на 0,01 мг/кг.

Изучаемые в опыте сорта не оказали влияния на концентрацию подвижной меди в почве, и в среднем по опыту содержание элемента составляло 0,16 мг/кг.

В фазу кущения содержание меди увеличивалось по отношению к контролю на варианте с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  у сортов Васса и Гром на 0,03 мг/кг, далее на всех вариантах опыта показатель был ниже, чем на контроле на 0,01–0,07 мг/кг.

В фазу выхода в трубку на трех изучаемых сортах все дозы минеральных удобрений способствовали снижению в почве концентрации элемента от 0,01–0,1 мг/кг, и только при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на сорте Васса содержание было выше, чем на контроле на 0,02 мг/кг.

Все расчетные дозы минеральных удобрений на сортах Васса, Гром и Доля в фазу колошения уменьшали содержание меди по отношению к контролю на 0,01–0,12 мг/кг, при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на сорте Доля содержание элемента соответствовало контрольному варианту – 0,19 мг/кг.

Необходимо отметить, что возрастающие расчетные дозы минеральных удобрений на уровень планируемого урожая озимой пшеницы на 7,5 и 10 т/га в период максимального потребления культурой макроэлементов питания достоверно снижают содержание в слое почвы подвижной меди по сравнению с контролем. Можно сделать вывод, что, увеличивая вынос макроэлементов питания большей биомассой растений при внесении расчетных доз минеральных удобрений на уровень урожайности культуры 7,5 и 10 т/га, нужно планировать применение в системе удобрения микроудобрений.

К фазе полной спелости на контроле содержание подвижной меди в слое почвы 0–40 см было выше по сравнению с удобренными вариантами опыта на 0,01–0,04 мг/кг, кроме деленок с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на сортах Васса и Гром и на сорте Васса при внесении дозы  $N_{186}P_{133}K_{60}$ .

Для установления зависимости урожайности сортов озимой пшеницы от динамики содержания подвижной меди в период вегетации культуры в слое почвы 0–40 см чернозема выщелоченного был проведен корреляционно-регрессионный анализ полученных данных, который позволил получить уравнение регрессии, которое выражается следующей формулой:

$$Y = 16,88 + 16,32x_1 - 37,52x_3 - 37,51x_4 + 40,60x_5,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание меди в слое почвы 0–40 см (мг/кг):  $x_1$  – в фазу всходов;  $x_2$  – в фазу кущения;  $x_3$  – в фазу выхода в трубку;  $x_4$  – в фазу колошения;  $x_5$  – в фазу полной спелости.

На основании проведенных расчетов (приложение 34) выявлена весьма высокая точность аппроксимации ( $R^2 = 0,955$ ). В соответствии со шкалой Чеддока можно сделать вывод о высокой взаимосвязи между уровнем урожайности и содержанием подвижной меди в слое почвы 0–40 см в фазы всходов, выхода в трубку, колошения и полной спелости, что связано с низкой обеспеченностью чернозема выщелоченного анализируемым микроэлементом и большим выносом меди растениями озимой пшеницы.

**Таблица 16 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижной меди (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,018	В, НСР <sub>05</sub> = 0,01
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,10	0,20	0,27	0,17	0,08	0,17	0,16
	Гром	0,11	0,21	0,29	0,18	0,10		0,16
	Доля	0,12	0,22	0,28	0,19	0,10		0,16
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,14	0,23	0,29	0,16	0,10	0,18	
	Гром	0,15	0,24	0,28	0,17	0,11		
	Доля	0,16	0,21	0,26	0,19	0,08		
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,12	0,19	0,25	0,14	0,10	0,15	
	Гром	0,09	0,20	0,24	0,12	0,08		
	Доля	0,13	0,17	0,23	0,11	0,07		
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,10	0,18	0,25	0,10	0,07	0,13	
	Гром	0,07	0,16	0,19	0,09	0,06		
	Доля	0,12	0,15	0,22	0,07	0,06		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,05		0,12	0,20	0,25	0,14	0,08	НСР <sub>05</sub> = 0,025	

Таким образом, проведя анализ полученных данных, мы пришли к выводу, что на вариантах, где применялись расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 (N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub>) и 10,0 т/га (N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub>), происходит существенное снижение подвижной меди по отношению к контрольному варианту на 0,02–0,04 мг/кг, что свидетельствует о том, что на этих вариантах опыта растения набирают большую вегетативную массу, соответственно повышая и потребление подвижной меди из почвы.

Изучаемые в опыте сорта не оказали влияния на концентрацию подвижной меди в почве, и в среднем по опыту содержание элемента составляло 0,16 мг/кг.

От фазы всходов к фазе кущения, от фазы кущения к фазе выхода в трубку наблюдалось достоверное повышение элемента в 0–40 см слое почвы на 0,08 и 0,05 мг/кг, от фазы выхода в трубку к фазе колошения и от фазы колошения к фазе полной спелости происходило резкое снижение подвижной меди на 0,11 и 0,06 мг/кг.

При проведении расчетов была установлена высокая взаимосвязь с высокой точностью аппроксимации ( $R^2 = 0,955$ ) между уровнем урожайности и содержанием подвижной меди в слое почвы 0–40 см в фазы всходов, выхода в трубку, колошения и полной спелости, что связано с низкой обеспеченностью чернозема выщелоченного анализируемым микроэлементом и большим выносом меди растениями озимой пшеницы.

### 3.7.3. Цинк

Цинк – это физиологически активный элемент, относится к группе приоритетных загрязнителей почвы. При оптимальном его содержании он способствует повышению активности физиологических процессов в растениях, повышает урожайность сельскохозяйственных культур, при избытке ингибирует их рост и развитие (Г.Я. Елькина, Л.И. Адамова, 2008).

В своей научной статье О.А. Симонова и О.А. Чеглакова (2018) пишут

о том, что необходимо постоянно контролировать содержание цинка в почве, так как, с одной стороны, внесение минеральных удобрений может способствовать увеличению содержания цинка в почве, а с другой стороны, снижать степень подвижности элемента. Так, например, фосфорные удобрения снижают степень подвижности цинка, так как фосфаты закрепляют его в почве. В результате, в своих исследованиях ученые установили, что внесение удобрений, в том числе максимальной дозы 150 кг/га, не оказало влияния на изменение содержания подвижных соединений цинка в почве по сравнению с контролем в каждом сроке отбора образцов.

Полученные результаты позволили установить, что на динамику содержания цинка в слое 0–40 см чернозема выщелоченного погодные условия не оказывали существенного влияния. В годы с достаточными условиями увлажнения (2015–2016 и 2016–2017 с.-х. гг.) его содержание в почве в среднем по опыту составляло 0,59–0,60 мг/кг, что выше средних показателей засушливого 2017–2018 с.-х. года на 0,54 мг/кг (приложения 35–37).

Анализ средних данных, представленных в таблице 17, позволил установить, что расчетные дозы минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  в среднем по опыту способствовали существенному снижению концентрации цинка относительно контрольного варианта на 0,07 мг/кг. Расчетная доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  несущественно снижала содержание элемента по отношению к контрольному варианту на 0,01 мг/кг.

Изучаемые сорта не оказали существенного влияния на содержание подвижного цинка в слое почвы 0–40 см: так, у сорта Доля среднее содержание элемента в почве оказалось незначительно ниже (0,01–0,02 мг/кг), чем у сортов Васса и Гром.

Содержание цинка возрастало от фазы всходов и достигало самого высокого значения к фазе выхода в трубку – 0,64 мг/кг, от фазы выхода в трубку к фазе колошения и от фазы колошения к фазе полной спелости

**Таблица 17 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,04	В, НСР <sub>05</sub> = 0,04
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,55	0,67	0,66	0,61	0,51	0,61	0,58
	Гром	0,56	0,69	0,69	0,63	0,55		0,57
	Доля	0,58	0,66	0,67	0,60	0,52		0,56
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,57	0,63	0,65	0,60	0,50	0,60	
	Гром	0,56	0,68	0,67	0,60	0,54		
	Доля	0,60	0,67	0,69	0,57	0,50		
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,57	0,63	0,64	0,54	0,46	0,54	
	Гром	0,54	0,59	0,62	0,50	0,44		
	Доля	0,55	0,57	0,57	0,50	0,40		
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,60	0,64	0,64	0,52	0,42	0,54	
	Гром	0,58	0,60	0,58	0,49	0,38		
	Доля	0,61	0,63	0,58	0,46	0,36		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,03		0,57	0,64	0,64	0,55	0,47	НСР <sub>05</sub> = 0,06	

происходит значительное снижение концентрации на 0,09 и 0,08 мг/кг почвы. Снижение элемента было связано с режимом увлажнения и с особенностями потребления микроэлемента растениями озимой пшеницы.

Применение расчетных доз минеральных удобрений оказало различное влияние на содержание подвижного цинка в слое 0–40 см чернозема выщелоченного.

Так, в фазу всходов все расчетные дозы минеральных удобрений увеличивали содержание элемента по сравнению с контролем на 0,02–0,05 мг/кг, за исключением вариантов с внесением  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на сорте Гром.

В фазу кущения содержание подвижной меди в почве снижалось по отношению к контролю на всех вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений на 0,01–0,1 мг/кг, за исключением варианта с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  у сорта Доля.

В фазу выхода в трубку применение расчетных доз минеральных удобрений снижало концентрацию элемента по отношению к контролю на 0,01–0,08 мг/кг почвы на всех вариантах опыта, только при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на сорте Доля содержание подвижной меди было выше на 0,02 мг/кг, чем на контроле.

Применение минеральных удобрений пропорционально дозам их внесения на сортах Васса, Гром и Доля в фазу колошения и полной спелости снижало содержание подвижного цинка в почве по отношению к контролю на 0,01–0,14 мг/кг и 0,01–0,17 мг/кг соответственно.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ позволил установить зависимость урожайности сортов озимой пшеницы от динамики содержания подвижного цинка в слое почвы 0–40 см, которая выражается формулой:

$$Y = 0,27 + 22,63x_1 - 19,13x_4,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание цинка в слое почвы 0–40 см (мг/кг):  $x_1$  – в фазу всходов;  $x_2$  – в фазу кущения;  $x_3$  – в фазу выхода в трубку;  $x_4$  – в фазу колошения;  $x_5$  – в фазу полной спелости.

На основании проведенных расчетов (приложение 38) выявлена весьма высокая точность аппроксимации ( $R^2 = 0,956$ ). В соответствии со шкалой Чеддока можно сделать вывод о высокой взаимосвязи между уровнем урожайности и содержанием подвижного цинка в слое почвы 0–40 см в фазы всходов и колошения, что связано с низкой обеспеченностью чернозема выщелоченного анализируемым микроэлементом и большим выносом цинка растениями озимой пшеницы.

Таким образом, обобщив полученные данные, мы пришли к выводу, что на вариантах, где применялись расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 т/га ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ), происходит достоверное снижение подвижного цинка по отношению к контрольному варианту на 0,07 мг/кг, что свидетельствует о том, что на этих вариантах опыта растения набирают большую вегетативную массу, соответственно повышая и потребление подвижного цинка из почвы. Изучаемые сорта не оказали существенного влияния на содержание подвижного цинка в слое почвы 0–40 см: так, у сорта Доля среднее содержание элемента в почве оказалось незначительно ниже (0,01–0,02 мг/кг), чем у сортов Васса и Гром.

Содержание цинка возрастало от фазы всходов и достигало самого высокого значения к фазе выхода в трубку – 0,64 мг/кг, от фазы выхода в трубку к фазе колошения и от фазы колошения к фазе полной спелости происходит значительное снижение концентрации на 0,09 и 0,08 мг/кг почвы. Снижение элемента было связано с режимом увлажнения и с особенностями потребления микроэлемента растениями озимой пшеницы.

При проведении расчетов была установлена высокая взаимосвязь с высокой точностью аппроксимации ( $R^2 = 0,956$ ) между уровнем урожайности и содержанием подвижного цинка в слое почвы 0–40 см в фазы всходов и колошения, что связано с низкой обеспеченностью чернозема выщелоченного анализируемым микроэлементом и большим выносом цинка растениями озимой пшеницы.

Обобщая данные по влиянию доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижных форм марганца, меди и цинка (мг/кг) в слое 0–40 см чернозема выщелоченного в посевах озимой пшеницы, пришли к выводу, что расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га достоверно снижали концентрацию изучаемых микроэлементов в почве. Что касается сортов, то существенного влияния на содержание микроэлементов в почве они не оказывали. Содержание подвижного марганца повышалось от фазы всходов к фазе колошения, а от фазы колошения к фазе полной спелости резко снижалось. Подвижная медь и подвижный цинк имели единую тенденцию: от фазы всходов к фазе выхода в трубку содержание этих элементов возрастало, а от фазы выхода в трубку к фазе полной спелости снижалось.

При проведении расчетов была установлена высокая взаимосвязь с высокой точностью аппроксимации между уровнем урожайности озимой пшеницы и содержанием элементов в отдельные фазы развития.

## **4. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Для повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур необходимо сбалансировать минеральное питание. В настоящее время широко используются на практике и являются важными диагностическими показателями динамика содержания и соотношение элементов в отдельные периоды роста и развития растений. На основании проведенных диагностик в периоды роста сельскохозяйственных культур появляется возможность скорректировать систему питания (В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, В.Г. Половинкин, 2015; В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, Д.В. Плечов, 2016).

На динамику содержания макро- и микроэлементов в растениях озимой пшеницы влияли погодные условия в годы проведения исследований. В 2017–2018 сельскохозяйственном году, который характеризовался как засушливый с суммой осадков 518 мм, содержание азота, фосфора и калия по фазам вегетации имело более высокие значения по отношению к 2015–2016 (с умеренным увлажнением) и 2016–2017 (с повышенным увлажнением) сельскохозяйственным годам (приложения 39–47).

Погодные условия 2015–2018 годов не оказали значительного влияния на динамику содержания микроэлементов (марганец, медь, цинк) в зерне озимой пшеницы (приложения 48–56).

### **4.1. Динамика содержания азота**

На жизнь растений большое влияние оказывает азот. Его считают строительным материалом, образующим органические вещества, а в конечном счете живую ткань. Недостаток элемента у колосовых культур приводит к нарушениям кущения, к уменьшению листовой поверхности. Снижаются и качественные показатели зерна, такие как число и масса зерен в колосе, содержание белка и клейковины в зерне, что ведет к ухудшению технологических и хлебопекарных качеств (Б.И. Сандухадзе, Б.П. Лобода,

Д.Ф. Асхадуллин, Е.В. Журавлева, 2006).

Все расчетные дозы минеральных удобрений существенно повышали содержание азота в растениях сортов озимой пшеницы Васса, Гром и Доля относительно контроля на 0,22; 0,56 и 1,09 % соответственно.

Самый высокий уровень содержания азота в растениях во все фазы развития озимой пшеницы обеспечивала доза  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 10,0 т/га (4,79 %), что достоверно превышало не только показатели контроля на 1,09 %, но и варианты с расчетными дозами минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) – на 0,87 % и 7,5 т/га ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) – на 0,53 % (таблица 18).

Самая большая концентрация азота в растениях в среднем по опыту за годы исследований была получена у сорта Доля – 4,21 %, что несущественно выше значений сортов Васса (+0,08 %) и Гром (+0,05 %). Устойчивое преимущество сорта Доля по содержанию азота предопределяется сортовыми особенностями и отзывчивостью на уровень минерального питания, в первую очередь азотного.

Анализ средних данных эксперимента по химическому составу растений (2015–2018 годы) позволил установить, что самое высокое содержание азота у изучаемых сортов озимой пшеницы отмечалось в фазу сходов – 6,00 %. От фазы всходов к фазе полной спелости происходило неуклонное снижение элемента на 1,13–3,29 % и разница между фазами была существенной (А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, 2019).

Дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5 т/га ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ), 7,5 т/га ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 т/га ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) во все фазы развития изучаемых сортов оказывали положительное влияние на содержание азота в растениях озимой пшеницы. Так дозы минеральных удобрений повышали содержание азота в растениях сортов озимой пшеницы, возделываемых на черноземе выщелоченном относительно контроля соответственно:

– в **фазу всходов** – у сорта Васса – на 0,15; 0,31 и 0,99 %, у сорта Гром – на 0,16; 0,33 и 1,00 %, у сорта Доля – на 0,16; 0,35 и 1,00 %;

**Таблица 18 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,20	В, НСР <sub>05</sub> = 0,22
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	5,61	4,42	3,30	2,70	2,31	3,70	4,13
	Гром	5,63	4,46	3,34	2,74	2,33		4,16
	Доля	5,66	4,51	3,39	2,77	2,38		4,21
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	5,76	4,65	3,57	2,92	2,55	3,92	
	Гром	5,79	4,67	3,59	2,95	2,59		
	Доля	5,82	4,70	3,62	3,01	2,62		
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	5,92	4,78	4,09	3,57	2,72	4,26	
	Гром	5,96	4,81	4,13	3,61	2,75		
	Доля	6,01	4,85	4,18	3,64	2,81		
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	6,60	5,51	4,55	3,95	3,11	4,79	
	Гром	6,63	5,55	4,59	3,99	3,15		
	Доля	6,66	5,57	4,65	4,04	3,23		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,35		6,00	4,87	3,92	3,32	2,71	НСР <sub>05</sub> = 0,28	

– в **фазу кушения** у сортов Васса – на 0,23; 0,36 и 1,09 %, Гром – на 0,21; 0,35 и 1,09 %, Доля – на 0,19; 0,34 и 1,06 %;

– в **фазу выхода в трубку** у сортов Васса – на 0,22, 0,87 и 1,25 %, Гром – на 0,21; 0,87 и 1,25 %, Доля – на 0,24; 0,87 и 1,27 %;

– в **фазу колошения** у сортов Васса – на 0,22; 0,87 и 1,25 %, Гром – на 0,21; 0,87 и 1,21 %, Доля – на 0,24; 0,87 и 1,27 %;

– в **фазу полной спелости** у сортов Васса – на 0,24; 0,41 и 0,81 %, Гром – на 0,26; 0,42 и 0,82 %, Доля – на 0,24; 0,43 и 0,85 %.

Доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность озимой пшеницы 5,0 т/га на всех изучаемых сортах оказала незначительное влияние относительно контрольного варианта во все фазы развития на динамику содержания азота в растениях. Применение доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га достоверно повышало концентрацию азота у сортов Васса, Гром и Доля по отношению к контролю во все фазы развития культуры. На наш взгляд, это связано с увеличением дозы азота в расчетных удобрениях в 1,5 раза (урожайность 7,5 т/га) и 2 раза (урожайность 10,0 т/га).

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ трехлетних данных для установления зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания азота в растениях, полученное уравнение выражено следующей формулой:

$$Y = -10,94 + 1,08x_2 + 3,14x_3 + 2,64x_4 - 3,03x_5,$$

где  $y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание азота (%):  $x_1$  – в фазу всходов;  $x_2$  – в фазу кушения,  $x_3$  – в фазу выхода в трубку,  $x_4$  – в фазу колошения,  $x_5$  – в фазу полной спелости (%).

Таким образом, на основании проведенных расчетов, представленных в приложении 57, выявлена высокая точность аппроксимации ( $R^2 = 0,958$ ). Можно сделать вывод (в соответствии со шкалой Чеддока) о весьма высокой взаимосвязи между уровнем урожайности и содержанием азота в растениях озимой пшеницы в фазы кушения, выхода в трубку, колошения, полной спелости.

Обобщая вышесказанное, можно сделать заключение, что внесение расчетных доз минеральных удобрений во все фазы развития увеличивало содержание азота в растениях озимой пшеницы, а при внесении  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га отмечалось достоверное увеличение концентрации элемента. В среднем в опыте самое высокое содержание азота наблюдалось у сорта Доля.

#### **4.2. Динамика содержания фосфора**

Существование всех растений невозможно как без азота, так и без фосфора. Фосфор – это незаменимый элемент, который повышает зимостойкость растений и способствует ускорению развития и созревания. Он входит в состав различных органоидов и ядра клеток. Фосфор содержится в нуклеопротеидах, нуклеиновых кислотах, которые играют важную роль в синтезе белка, отвечают за рост, размножение и передачу наследственных свойств (И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, В.А. Ионас и др., 2001; В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др., 2017).

Проанализировав данные за 2015–2018 годы по влиянию доз минеральных удобрений на динамику содержания фосфора в растениях озимой пшеницы, пришли к выводу, что самые высокие показатели отмечались у всех сортов в фазу всходов – 1,19 %. В первой половине вегетации культуры происходило существенное снижение средних показателей по опыту концентрации фосфора в растениях – в фазу кущения (на 0,20 %), в фазу выхода в трубку (на 0,15 %), в дальнейшем происходило устойчивое, но недостоверное снижение содержания – в фазу колошения (на 0,08 %) и в фазу полной спелости (на 0,05 %).

Внесение доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ), 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) т/га у сортов Васса, Гром и Доля существенно повышало содержание фосфора относительно контроля – соответственно на 0,08; 0,16 и 0,24 %.

Самый высокий уровень содержания фосфора в растениях во все фазы

развития озимой пшеницы обеспечивала доза  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 10,0 т/га (1,02 %), что достоверно превышало не только контрольный вариант на 0,24 %, но и варианты с дозами минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) на 0,16 % и 7,5 т/га ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) на 0,08 %.

Независимо от выбора варианта опыта самая большая концентрация фосфора в растениях была получена у сорта Доля – 0,93 %, это оказалось несущественно выше, чем у сортов Васса (0,06 %) и Гром (0,03 %), что объясняется сортовыми особенностями и отзывчивостью на возрастающий уровень доз фосфорных удобрений (таблица 19).

Дозы минеральных удобрений повышали содержание фосфора в растениях озимой пшеницы трех сортов, возделываемых на черноземе выщелоченном, относительно контроля соответственно:

– в **фазу всходов** – у сорта Васса – на 0,10; 0,23 и 0,32 %, у сорта Гром – на 0,07; 0,20 и 0,29 %, у сорта Доля – на 0,08; 0,21 и 0,32 %;

– в **фазу кущения** – у сортов Васса – на 0,08; 0,17 и 0,23 %, Гром – на 0,09; 0,17 и 0,25 %, Доля – на 0,08; 0,17 и 0,25 %;

– в **фазу выхода в трубку** у сортов Васса – на 0,08; 0,16 и 0,22 %, Гром – на 0,09; 0,16 и 0,24 %, Доля – на 0,06; 0,14 и 0,23 %;

– в **фазу колошения** у сортов Васса – на 0,07; 0,11 и 0,21 %, Гром – на 0,08; 0,14 и 0,19 %, Доля – на 0,05; 0,14 и 0,22 %;

– в **фазу полной спелости** у сортов Васса – на 0,09; 0,13 и 0,22 %, Гром – на 0,08; 0,13 и 0,21 %, Доля – на 0,05; 0,12 и 0,20 %.

Только доза  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10,0 т/га во все фазы существенно повышала у сортов Васса, Гром и Доля по отношению к контролю содержание фосфора в растениях. Дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  во все фазы развития культуры не обеспечили существенной разницы по отношению к контролю.

**Таблица 19 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,08	В, НСР <sub>05</sub> = 0,08
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	1,00	0,84	0,69	0,63	0,56	0,78	0,87
	Гром	1,05	0,86	0,71	0,65	0,60		0,90
	Доля	1,07	0,90	0,77	0,70	0,65		0,93
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	1,10	0,92	0,77	0,70	0,65	0,86	
	Гром	1,12	0,95	0,80	0,73	0,68		
	Доля	1,15	0,98	0,83	0,75	0,70		
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	1,23	1,01	0,85	0,74	0,69	0,94	
	Гром	1,25	1,03	0,87	0,79	0,73		
	Доля	1,28	1,07	0,91	0,84	0,77		
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	1,32	1,07	0,91	0,84	0,78	1,02	
	Гром	1,34	1,11	0,95	0,87	0,81		
	Доля	1,39	1,15	1,00	0,92	0,85		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,11		1,19	0,99	0,84	0,76	0,71	НСР <sub>05</sub> = 0,15	

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ трехлетних данных для установления зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания фосфора в растениях, полученное уравнение выражено следующей формулой:

$$Y = 20,83x_1 - 10,08x_5 + 8,05,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание фосфора (%):  $x_1$  – в фазу всходов,  $x_2$  – в фазу кущения,  $x_3$  – в фазу выхода в трубку,  $x_4$  – в фазу колошения,  $x_5$  – в фазу полной спелости.

На основании проведенных расчетов (приложение 58) установлена высокая точность аппроксимации ( $R^2 = 0,960$ ). Можно сделать вывод (в соответствии со шкалой Чеддока) о весьма высокой взаимосвязи между уровнем урожайности и содержанием фосфора в растениях озимой пшеницы в фазы всходов и полной спелости.

Таким образом, можно сделать заключение, что внесением доз минеральных удобрений на разные уровни планируемой урожайности во все фазы развития озимой пшеницы, за исключением  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10,0 т/га, несущественно увеличивали содержание фосфора в растениях. В среднем в опыте самое высокое содержание фосфора наблюдалось у сорта Доля.

### **4.3. Динамика содержания калия**

В отличие от азота и фосфора, калий не входит в состав органических соединений, находится в растениях только в ионной форме. Этот элемент способствует поступлению воды в клетки, повышает тургор, осмотическое давление и способствует водоудержанию. Калий влияет на перезимовку, усиливает устойчивость к заболеваниям (П.М. Смирнов, Э.Л. Муравин, 1977; И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш, В.А. Ионас и др., 2001).

Расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ), 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) т/га у сортов Васса, Гром и Доля недостоверно повышали содержание калия, и разница относительно

контроля составляла соответственно 0,01; 0,04 и 0,04 %.

Самый высокий уровень содержания калия в среднем по опыту в растениях во все фазы развития обеспечивала доза  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемый уровень урожайности 7,5 и 10,0 т/га (3,32 %), что несущественно превышало контрольный вариант на 0,04 %, и варианты с расчетной дозой минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) на 0,03 %.

Независимо от варианта опыта самая большая концентрация калия в растениях была получена у сорта Доля – 3,37 %, это оказалось несущественно выше, чем у сортов Васса (0,12 %) и Гром (0,09 %), что в большей мере связано с особенностями питания сорта и его биологией.

В период вегетации сортов озимой пшеницы было изучено влияние доз минеральных удобрений в 2015–2018 годах на динамику содержания калия в растениях. Анализ данных, представленных в таблице 20, позволил установить, что максимальное содержание элемента в растениях культуры отмечалось в фазу всходов – 4,96 %. На протяжении всей вегетации озимой пшеницы происходило неуклонное достоверное снижение содержания калия и разница между исследуемыми фазами составляла: всходы – кущение (0,50 %), кущение – выход в трубку (0,92 %), выход в трубку – колошение (1,4 %), колошение – полная спелость (0,73 %).

Внесение расчетных доз минеральных удобрений в опыте оказало различное влияние на содержание калия в растениях озимой пшеницы. Так, в фазу всходов у сорта Васса на контроле содержание калия было на 0,01 % выше, чем на варианте с внесением дозы минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га. При внесении расчетных доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  был превышен показатель контроля на 0,23–0,43 %. На сортах Гром и Доля, в эту же фазу развития культуры, все изучаемые в опыте дозы минеральных удобрений повышали содержание калия в растениях на 0,1; 0,23; 0,35 и на 0,11; 0,19 и 0,37 %.

**Таблица 20 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания калия (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (среднее за 2015–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,12	В, НСР <sub>05</sub> = 0,14
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	4,69	4,32	3,54	2,22	1,37	3,28	3,25
	Гром	4,81	4,41	3,54	2,11	1,47		3,28
	Доля	4,92	4,32	3,64	2,26	1,55		3,37
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	4,68	4,37	3,44	2,20	1,41	3,29	
	Гром	4,91	4,39	3,48	2,18	1,32		
	Доля	5,03	4,41	3,74	2,24	1,61		
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	4,92	4,54	3,45	2,11	1,32	3,32	
	Гром	5,04	4,54	3,55	2,08	1,28		
	Доля	5,11	4,51	3,67	2,11	1,51		
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	5,12	4,61	3,40	2,06	1,29	3,32	
	Гром	5,16	4,55	3,49	2,00	1,28		
	Доля	5,18	4,53	3,59	2,10	1,45		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,25		4,96	4,46	3,54	2,14	1,41	НСР <sub>05</sub> = 0,32	

В фазу кущения у сортов Васса и Доля все дозы минеральных удобрений повышали содержание калия в растениях озимой пшеницы относительно контроля на 0,05; 0,22; 0,29 и 0,09; 0,19; 0,21 % соответственно.

У сорта Гром на контроле содержание калия было выше на 0,02 %, чем на варианте с внесением дозы минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га. При внесении расчетных доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  был превышен показатель контроля на 0,22–0,29 %.

В фазу выхода в трубку показатель контроля превышала только доза  $N_{186}P_{95}K_{45}$  у сорта Гром на 0,01 %. У сорта Доля контроль превысили дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на 0,1–0,03 %.

На всех изучаемых сортах расчетные дозы снижали в фазу колошения относительно контроля содержания калия в растениях озимой пшеницы на 0,02–0,16 % в зависимости от сорта, только на варианте с внесением дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га у сорта Гром содержание калия в растении превышало контроль на 0,07 %.

В фазу полной спелости доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га у сортов Васса и Доля содержание калия в растениях превышало контроль на 0,04–0,06 %. На всех остальных вариантах опыта расчетные дозы минеральных удобрений снижали содержание калия в растениях относительно контроля от 0,04 до 0,1 %.

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания калия в растениях, которая выражается формулой:

$$Y = 6,18x_1 + 4,19x_2 - 6,61x_4 - 27,74,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание калия (%):  $x_1$  – в фазу всходов,  $x_2$  – в фазу кущения,  $x_3$  – в фазу выхода в трубку,  $x_4$  – в фазу колошения,  $x_5$  – в фазу полной спелости.

На основании проведенных расчетов, представленных в приложении 59, выявлена удовлетворительная точность аппроксимации ( $R^2 = 0,810$ ) с высокой взаимосвязью между уровнем урожайности и содержанием калия в

растениях озимой пшеницы в фазы всходов, кущения и колошения.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что расчетные дозы минеральных удобрений несущественно (0,01–0,04 %) повышали содержание калия в растениях относительно контроля. Максимальное содержание калия в растениях наблюдалось у сорта Доля – 3,37 %, что несущественно выше (на 0,09–0,12 %) показателей сравниваемых сортов. Самое высокое содержание калия в растениях фиксировалось в фазу всходов – 4,96 %, далее по фазам происходило снижение элемента на 0,5–3,55 %.

#### **4.4. Содержание микроэлементов**

Для получения высоких урожаев с хорошим качеством необходимо обеспечить питание растений не только макро-, но и микроэлементами.

Марганец входит в состав ферментов, под влиянием которых в растениях протекают жизненно важные процессы, такие как: фотосинтез, дыхание, усвоение молекулярного и нитратного азота, также он участвует в образовании хлорофилла.

Медь – это участник процессов окисления (входит в состав окислительных ферментов). Она влияет на интенсивность дыхательных процессов, тем самым оказывает влияние на характер углеводного и белкового обмена веществ, повышает фотосинтетическую деятельность.

Цинк является катализатором и активатором многих ферментов, улучшает водоудерживающую способность растений. Этот элемент принимает активное участие в синтезе ДНК и обеспечивает прочность связи хлорофилла с белком (Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко, 2002; В.Г. Минеев, 2004).

Расчетные дозы минеральных удобрений в среднем за 2016–2018 годы не оказали определенного влияния на динамику содержания марганца в зерне озимой пшеницы (приложения 48–50). На контроле в среднем на трех изучаемых сортах в зерне содержалось 12,65 мг/кг марганца, что оказалось несущественно выше, чем на вариантах с расчетными дозами на

планируемую урожайность 7,5 т/га ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) на 0,13 мг/кг и 10,0 т/га ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) на 0,03 мг/кг. Вариант с дозой ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) на планируемую урожайность 5,0 т/га недостоверно повышал содержание марганца в зерне относительно контроля на 0,05 мг/кг. Максимальное содержание марганца в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту было получено у сорта Доля – 12,71 мг/кг, что незначительно превышало аналогичный показатель у сортов Васса – на 0,23 мг/кг, Гром – на 0,03 мг/кг (таблица 21).

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод, что расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ), 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) т/га не оказали существенного влияния на накопление марганца в зерне озимой пшеницы. Так, расчетная доза на планируемую урожайность 5,0 т/га ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) относительно контроля недостоверно повышала содержание марганца в зерне озимой пшеницы сортов Васса, Доля, Гром в среднем по опыту на 0,05 мг/кг, расчетные дозы на планируемую урожайность 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 т/га ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) снижали изучаемый показатель на 0,13–0,03 мг/кг.

**Таблица 21 – Влияние доз минеральных удобрений на содержание марганца (мг/кг) в зерне сортов озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,66
	Васса	Гром	Доля	
$N_{63}P_{52}$ (Контроль)	12,41	12,70	12,84	12,65
$N_{124}P_{72}K_{30}$ (5,0 т/га)	12,54	12,63	12,94	12,70
$N_{186}P_{95}K_{45}$ (7,5 т/га)	12,40	12,75	12,40	12,52
$N_{248}P_{133}K_{60}$ (10,0 т/га)	12,55	12,65	12,67	12,62
В, НСР <sub>05</sub> = 0,46	12,48	12,68	12,71	<b>НСР<sub>05</sub> = 1,20</b>

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ не установил достоверной зависимости урожайности сортов озимой пшеницы от

содержания в зерне марганца.

Расчетные дозы минеральных удобрений в среднем за 2016–2018 годы относительно контроля способствовали снижению накопления меди в зерне озимой пшеницы (приложения 51–53). На контроле в зерне, в среднем по сортам, содержалось 2,53 мг/кг меди, что оказалось несущественно выше, чем на вариантах с расчетными дозами на планируемую урожайность 5,0 т/га (N<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>30</sub>) – на 0,04 мг/кг и 7,5 т/га (N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub>) – на 0,11 мг/кг. Доза (N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub>) на планируемую урожайность 10,0 т/га достоверно снижала содержание меди в зерне озимой пшеницы относительно контроля на 0,21 мг/кг (таблица 22).

Наивысшее содержание меди в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту получено у сорта Доля – 2,53 мг/кг, что незначительно (+0,10 мг/кг) превышало аналогичный показатель у сорта Васса. Между сортами Доля и Гром установлена достоверная разница по содержанию элемента – 0,15 мг/кг.

**Таблица 22 – Влияние доз минеральных удобрений на содержание меди (мг/кг) в зерне сортов озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,14
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	2,52	2,44	2,63	2,53
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	2,46	2,44	2,56	2,49
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	2,41	2,35	2,51	2,42
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	2,33	2,30	2,34	2,32
В, НСР <sub>05</sub> = 0,12	2,43	2,38	2,53	<b>НСР<sub>05</sub> = 0,22</b>

При проведении корреляционно-регрессионного анализа для установления зависимости урожайности озимой пшеницы от уровня содержания меди в зерне озимой пшеницы, установлено уравнение:

$$Y = 44,31 - 15,54x,$$

где  $У$  – урожайность озимой пшеницы (т/га);  $x$  – содержание меди в зерне озимой пшеницы (мг/кг).

На основе проведенных расчетов (приложение 60) можно сделать вывод (в соответствии со шкалой Чеддока) о высокой корреляционной взаимосвязи между уровнем урожайности и содержанием меди в зерне озимой пшеницы ( $R = 0,715$ ).

Расчетные дозы минеральных удобрений в среднем за 2016–2018 годы относительно контроля способствовали снижению накопления цинка в зерне озимой пшеницы (приложения 54–56).

На контроле в зерне изучаемых сортов озимой пшеницы среднее содержание цинка составило 25,1 мг/кг, что оказалось несущественно выше, чем на вариантах с расчетными дозами на планируемую урожайность 5,0 т/га ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) – на 0,20 мг/кг и 7,5 т/га ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) – на 0,60 мг/кг. Доза ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) на планируемую урожайность 10,0 т/га достоверно снижала содержание цинка в зерне озимой пшеницы относительно контроля на 1,1 мг/кг (таблица 23).

Максимальное содержание цинка в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту получено у сорта Васса – 24,8 мг/кг, что незначительно превышало аналогичный показатель у сортов Гром на 0,1 мг/кг и Доля – на 0,3 мг/кг.

**Таблица 23 – Влияние доз минеральных удобрений на содержание цинка (мг/кг) в зерне озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,66
	Васса	Гром	Доля	
$N_{63}P_{52}$ (Контроль)	25,2	25,0	25,0	25,1
$N_{124}P_{72}K_{30}$ (5,0 т/га)	25,4	24,8	24,6	24,9
$N_{186}P_{95}K_{45}$ (7,5 т/га)	24,5	24,8	24,2	24,5
$N_{248}P_{133}K_{60}$ (10,0 т/га)	24,1	24,0	24,0	24,0
В, НСР <sub>05</sub> = 0,41	24,8	24,7	24,5	<b>НСР<sub>05</sub> = 0,82</b>

Нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от содержания цинка в зерне озимой пшеницы, которая выражается уравнением (приложение 61):

$$Y = 96,98 - 3,68x,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га),  $x$  – содержание цинка в зерне озимой пшеницы (мг/кг).

В соответствии со шкалой Чеддока можно сделать вывод о высокой взаимосвязи ( $R = 0,826$ ) между уровнем урожайности и содержанием цинка в зерне озимой пшеницы.

Подводя итоги о влиянии доз минеральных удобрений на содержание марганца, меди и цинка в зерне озимой, пришли к выводу:

– расчетные дозы на планируемую урожайность 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) т/га несущественно по отношению к контролю снижали содержание марганца на 0,13 и 0,03 мг/кг, доза на планируемую урожайность 5,0 ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) т/га повышала данный показатель на 0,05 мг/кг. Максимальное содержание марганца в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту было получено у сорта Доля – 12,71, что незначительно превышало аналогичный показатель у сортов Васса на 0,23 мг/кг, Гром – на 0,03 мг/кг.

– расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0, 7,5 т/га недостоверно по отношению к контролю снижали в зерне озимой пшеницы содержание меди на 0,04 и 0,11 и цинка на 0,2 и 0,6 мг/кг, существенное снижение этих элементов фиксировалось на варианте с внесением расчетной дозы на планируемую урожайность 10,0 т/га и составляло 0,21 и 1,1 мг/кг.

Самое высокое содержание меди в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту получено у сорта Доля – 2,53 мг/кг, что незначительно (+0,10 мг/кг) превышало аналогичный показатель у сорта Васса. Между сортами Доля и Гром установлена достоверная разница по содержанию элемента – 0,15 мг/кг.

Максимальное содержание цинка в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту получено у сорта Васса – 24,8 мг/кг, что незначительно превышало

аналогичный показатель у сортов Гром на 0,1 мг/кг и Доля – на 0,3 мг/кг.

Марганец, медь и цинк поглощаются растениями и распределяются по их органам в результате метаболических процессов. Снижение изучаемых элементов в зерне при применении возрастающих доз минеральных удобрений, скорее всего, происходило за счет того, что на этих вариантах формировалась большая урожайность культуры, а в качестве микроудобрения в опыте использовался только Вуксал Териос при обработке семян, в связи с этим наблюдалось растворение концентрации марганца, меди и цинка в зерне.

## **5. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СТЕПЕНЬ РАЗВИТИЯ И РАСПРОСТРАНЁННОСТЬ БОЛЕЗНЕЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Защита растений от болезней является актуальной проблемой повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур во многих регионах мира. Потери продукции растениеводства от вредных организмов составляют в зависимости от культуры и элементов технологии 12–28 % (С.А. Петрушкина, С.В. Хижняк, 2018; Т.Ю. Гагкаева, А.С. Орина, О.П. Гаврилова и др., 2018; М.И. Андреев, 2019; Л.А. Михно, А.П. Шутко, 2019).

Сбалансированное внесение удобрений способствует повышению физиологической устойчивости, выносливости озимой пшеницы к поражениям инфекциями (В.И. Скоблина, 2001; Л.А. Михно, А.Ю. Ожередова, А.П. Шутко, А.Н. Есаулко, 2018).

Необходимо помнить, что эффективность минеральных удобрений зависит от их соотношения. Фосфорные и калийные удобрения способствуют стойкости растений к болезням, но при этом избыточное и неравномерное внесение азотных удобрений вызывает разрыхление тканей растений, что напрямую содействует развитию болезней. Кроме того, элементы, входящие в состав удобрений, могут прямо ингибировать развитие грибных возбудителей болезни (И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганков, В.В. Лапа, Т.Ф. Персикова, 2005; В.А. Воронцов, Ю.П. Скорочкин, 2019).

Минеральные удобрения – одни из активных компонентов в области агротехнологии, так как они в наибольшей степени влияют на фитосанитарное состояние агробиоценоза и прямым образом должны согласовываться с характером плодородия почвы (В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе, 1990). В научной литературе имеются данные о способности минеральных удобрений увеличивать численность различных микроорганизмов в пахотном горизонте почвы (Е.Н. Мишустин, 1972).

Существует мнение, что в почвах с повышенным количеством

нитратного азота возрастает содержание стерильного мицелия, наблюдается упрощение видового состава грибов рода *Penicillium*, а в некоторых случаях отмечается положительное действие нитритов на распространение грибов рода *Fusarium* (А.И. Лугаускас, Д.Ю. Шляжене, Л.И. Микульскене, 1982).

По данным В.А. Чулкиной, Е.Ю. Тороповой, Г.Я. Стецова (2009), при избытке нитратов многие бактерии-антагонисты утрачивают способность продуцировать антибиотики и другие, биологически активные, вещества. В этих условиях увеличивается численность фитопатогенных грибов в почве и усиливается поражение растений корневой гнилью.

В ходе проведения исследований было изучено влияние расчетных доз минеральных удобрений на степень развития и распространенность корневых гнилей фузариозной этиологии, мучнистой росы, перенофороза, септориоза у озимой пшеницы сортов Васса, Гром, Доля (рисунок 8).



Корневые гнили

Мучнистая роса

Пиренофороз

Септориоз

**Рисунок 8 – Изучаемые в опыте болезни**

Оригинатором и патентообладателем всех изучаемых сортов является Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко.

Проанализировав Государственный реестр характеристик сортов озимой пшеницы, установили, что сорт Васса среднеустойчив к септориозу и устойчив к мучнистой росе, сорт Гром восприимчив к септориозу и устойчив к мучнистой росе, сорт Доля среднеустойчив к септориозу и мучнистой росе, информация о поражаемости корневыми гнилями и пиренофорозом отсутствует.



**Рисунок 9 – Отбор растительных образцов для определения степени развития и распространенности корневых гнилей фузариозной этиологии, мучнистой росы, пиренофороза, септориоза**

Отбор растительных образцов для определения пораженности корневыми гнилями фузариозной этиологии осуществлялся в фазы: конец кушения – начало выхода в трубку и в фазу колошения. В фазу конец кушения – начало выхода в трубку определяли пораженность озимой пшеницы мучнистой росой, пиренофорозом и септориозом (рисунок 9).

### **5.1. Корневые гнили**

Корневая гниль – болезнь корней и прикорневой части стеблей пшеницы, вызываемая фитопатогенными грибами. В результате инфекции происходит нарушение связи в системе корень – стебель, что ведет к

снижению оттока питательных веществ к зерну и, как следствие, – к уменьшению скорости созревания и потерям урожая (В.И. Долженко, 2009; С.А. Петрушкина, С.В. Хижняк, 2018).

Данные, представленные в таблице 24, свидетельствуют о том, что в фазу конец кущения – начало выхода в трубку распространенность корневой гнили по вариантам опыта достигала 50 %, а степень развития не превышала порог вредоносности (2,4–8,6 %). Наименее устойчивым оказался сорт Доля – на вариантах этого сорта степень развития составляла 2,4–5,7 %.

Максимальный уровень развития корневой гнили отмечался у сорта Васса – 8,6 % (приложения 62–67). Это объясняется тем, что зимостойкость данного сорта ниже среднего, в результате дополнительный стресс в период перезимовки создавал благоприятные предпосылки для развития болезни. Кроме того, низкий уровень степени развития связан с тем, что применяли качественный фунгицидный протравитель Ламандор Про с тремя действующими веществами (протиоконазол + тебуконазол + флуопирам), который надежно защищает зерновые культуры от широкого спектра патогенов, передаваемых с семенами. Но, к сожалению, протравитель не решает полностью проблему защиты посевов от корневых гнилей (Л.А. Михно, А.Ю. Ожередова, А.П. Шутко, А.Н. Есаулко, 2018).

Следующий учет проводили в начале фазы колошения. Наблюдалось нарастание инфекции корневой гнили (таблица 25). Однако ввиду своей повышенной засухоустойчивости и жаростойкости сорт Доля лучше противостоял развитию заболевания. Распространенность заболевания по сортам достигла 70,0 %, однако развитие болезни не превысило экономического порога вредоносности – 4,8–12,1 %.

Сравнение сортов показало, что использование расчетных доз минеральных удобрений способствовало изменению степени развития грибов рода *Fusarium*. Минимальное поражение корневой гнилью отмечено на сорте Доля при внесении  $N_{124}P_{72}K_{30}$  с планируемой урожайностью 5,0 т/га. Аналогичная доза минеральных удобрений для всех сортов показывает

**Таблица 24 – Поражённость сортов озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от доз минеральных удобрений, фаза конец кущения – начало выхода в трубку (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения	Васса		Гром		Доля	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	47,0	5,2	40,1	4,2	35,0	3,1
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	46,5	3,9	42,0	3,1	30,0	2,4
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	48,5	5,3	44,3	5,4	41,2	3,8
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	50,0	8,6	47,0	7,9	44,0	5,7

**Таблица 25 – Поражённость сортов озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от доз минеральных удобрений, фаза колошения (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения	Васса		Гром		Доля	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	68,3	7,9	67,1	6,2	57,1	5,4
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	66,0	6,5	65,0	5,4	55,0	4,8
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	69,0	8,9	68,3	7,6	58,3	6,7
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	70,0	12,1	69,2	9,6	60,0	8,0

наименьшую степень развития болезни от 4,8 до 8,0 % (таблица 25).

Анализ результатов показал, что в фазу конец кущения – начало выхода в трубку внесение расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5, 10,0 т/га повышало относительно контроля распространенность корневых гнилей у сорта Доля – на 6,2–9 %, у сорта Васса – на 1,5–3 %. Внесение дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га на сортах Васса и Доля снижало распространенность корневых гнилей относительно контроля на 0,5–5 %, но у сорта Гром наблюдалось повышение на 1,9 %. Доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га снижала относительно контроля степень развития у сортов Васса на 1,3 %, Гром на 1,1 % и Доля на 0,7 %. Дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на всех сортах повышали степень развития корневых гнилей.

В фазу колошения на всех изучаемых сортах снижению распространенности и степени развития корневых гнилей способствовала только доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га, на других вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений наблюдалось повышение этих показателей. Высокие дозы способствуют увеличению густоты стеблестоя, загущению посевов, создается благоприятный для развития фитопатогенов микроклимат, облегчается переход мицелия возбудителей от одного растения к другому, соответственно, сильнее поражаются корневыми гнилями и другими заболеваниями. Таким образом, необходим тщательный фитосанитарный мониторинг посевов озимой пшеницы и своевременное применение химических средств защиты посевов.

В среднем по опыту самым устойчивым к корневым гнилям оказался сорт Доля, в фазу конец кущения – начало выхода в трубку независимо от варианта опыта степень развития составляла 3,75 %, что оказалось ниже, чем у сорта Васса на 2,0 %, у сорта Гром – на 1,4 %.

В фазу колошения у сорта Доля независимо от варианта опыта степень развития составляла 6,2 %, что ниже, чем у сорта Васса на 2,65 %, у сорта Гром – на 1,0 %.

## 5.2. Мучнистая роса

Вредоносность мучнистой росы проявляется в уменьшении ассимиляционной поверхности листьев, разрушении хлорофилла. У пораженных растений снижается кустистость, задерживается колошение, ускоряется созревание зерна (Э.А. Пикушова, Н.А. Москалева, С.К. Пшидатов, В.В. Захаров, 2013).

Анализ данных, приведенных в таблице 26, свидетельствует о том, что распространенность на вариантах опыта мучнистой росы колебалась от 1,0–15 %, степень развития при этом составляла 0,1 %.

На контрольном варианте на всех изучаемых сортах мучнистая роса не была выявлена, при внесении расчетной дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га распространенность данной болезни была обнаружена только на сорте Доля и составила 1,0 % со степенью развития 0 %.

С увеличением доз минеральных удобрений повышалась распространенность и степень развития мучнистой росы (приложения 68–70). Так, при внесении  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на планируемую урожайность 7,5 т/га распространенность у сорта Васса – 1,0 %, у сорта Гром – 10,0 %, у сорта Доля достигла 15,0 %. При этом степень развития была обнаружена только у сорта Гром и Доля – 0,1 %.

На варианте с внесением дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10,0 т/га степень развития, так же как и на варианте с дозой  $N_{186}P_{95}K_{45}$ , составляет 0,1 %, но при этом распространенность снижается у сорта Гром на 5,0 %, у сорта Доля – на 3,0 %. Распространенность у сорта Васса – 1,0 %, но степень развития отсутствует.

Самым устойчивым к мучнистой росе является сорт озимой пшеницы Васса. На вариантах с внесением расчетных доз на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га распространенность составляла всего 1,0 %, степень развития отсутствовала. На всех изучаемых вариантах развитие болезни не превышало экономического порога вредоносности.

**Таблица 26 – Поражённость (%) сортов озимой пшеницы мучнистой росой в зависимости от доз минеральных удобрений, фаза конец кушения – начало выхода в трубку (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения	Васса		Гром		Доля	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	–	–	–	–	–	–
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	–	–	–	–	1,0	–
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	1,0	–	10,0	0,1	15,0	0,1
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	1,0	–	5,0	0,1	12,0	0,1

### 5.3. Пиренофороз

Пиренофороз поражает листья, стебли, зерновки пшеницы. Заболевание проявляется с обеих сторон листьев и листовых влагалищ озимой пшеницы и других злаковых культур в виде мелких одиночных или многочисленных пятен овальной или округлой формы, желтой или светло-коричневой окраски диаметром 2–5 мм (Л.А. Михайлова, И.Г. Тернюк, Н.В. Мироненко, 2007).

Результаты по оценке пораженности озимой пшеницы пиренофорозом в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений в фазу конец кущения – начало выхода в трубку представлены в таблице 27 и приложениях 71–73. Исследования показали, что распространенность пиренофороза колебалась в пределах 35,1–69,2 %, степень развития при этом составляла от 1,3 до 8,1 %.

Все расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0, 7,5 и 10,0 т/га снижали у сорта Доля относительно контроля распространённость пиренофороза от 0,6 до 20,7 %, но повышали степень развития на 0,2–0,6 %.

У сорта Васса наблюдалось аналогична зависимость, с внесением расчетных доз минеральных удобрений снижалась относительно контроля распространённость от 0,7 до 21 %, но степень развития не повышалась, как у сорта Доля, а снижалась на 0,1–0,3 %.

У сорта Гром повышение доз минеральных удобрений провоцировало увеличение распространённости на 27,1–34,1 % и степени развития болезни на 5,5–6,6 %.

На всех изучаемых вариантах развитие болезни не превышало экономического порога вредоносности. Самыми устойчивыми на изучаемых вариантах опыта к пиренофорозу оказались сорта Васса и Доля.

На сорте Васса расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0, 7,5 и 10,0 т/га снижали распространённость на 0,7–21 % и степень развития – на 0,1–0,3 %.

**Таблица 27 – Поражённость (%) сортов озимой пшеницы пиренофорозом в зависимости от доз минеральных удобрений, фаза конец кушения – начало выхода в трубку (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения	Васса		Гром		Доля	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	63,5	1,6	35,1	1,5	58,3	1,5
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	42,5	1,3	62,2	7,0	37,6	1,7
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	61,7	1,5	65,9	7,8	56,1	1,9
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	62,8	1,5	69,2	8,1	57,7	2,1

Самый низкий показатель распространенности (42,5 %) и степени развития (1,3 %) у сорта Васса обеспечила доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га. У сорта Доля расчетные дозы минеральных удобрений относительно контроля снижали распространенность болезни на 0,6–20,7 %, но незначительно повышали степень развития – на 0,2–0,6 %. Самая низкая распространенность и степень развития пиренофороза формировалась на варианте с расчетной дозой на планируемый уровень урожайности 5,0 т/га.

Повышение расчетных доз минеральных удобрений провоцировало у сорта Гром распространение и развитие болезни.

#### 5.4. Септориоз

Септориоз листьев и колоса, наряду с мучнистой росой, относится к категории эпифитотийноопасных болезней. Патоген вредит во все фазы вегетации культуры. Наибольшая вредоносность отмечается при поражении трех верхних листьев в период от начала колошения до цветения, что приводит к полному усыханию листьев. К фазе молочно-восковой спелости недобор урожая может достигать 40 % (В.П. Судникова, А.М. Пучнин, Ю.В. Зеленева, А.А. Кашковский, 2010).

Результаты по оценке пораженности озимой пшеницы септориозом в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений в фазу конец кущения – начало выхода в трубку представлены в таблице 28 и приложениях 74–76.

Исследования показали, что распространенность септориоза колебалась в пределах 40–80 %, степень развития при этом составляла от 4,4 до 10,8 %.

У сорта Васса только доза минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га снижала относительно контроля распространенность септориоза на 10 % и степень развития на 0,1 %. Расчетные дозы на планируемую урожайность 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) т/га повышали распространенность на 1,2–2,8 % относительно контроля, степень развития при внесении дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  соответствовала степени развития на контроле, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  – возрастала на 1,0 %.

**Таблица 28 – Поражённость озимой пшеницы септориозом в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений, фаза конец кушения – начало выхода в трубку (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения	Васса		Гром		Доля	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	71,5	8,7	65,1	3,7	40,0	4,6
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	61,5	8,6	57,3	10,8	71,6	4,4
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	72,7	8,7	61,9	10,1	76,8	5,2
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	74,3	9,7	60,2	10,8	80,0	5,5

Все расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га у сорта Гром снижали относительно контроля распространённость септориоза от 3,2 до 7,8 %, но повышали степень развития на 6,4–7,1 %.

На вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений на сорте Доля повышалась относительно контроля распространённость болезни на 31,6–40 %, степень развития снижалась только при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га.

На всех изучаемых вариантах развитие болезни не превышало экономического порога вредоносности. Полученные в опыте данные соответствуют данным, представленным в Государственном реестре характеристик сортов, в котором указано, что сорта Васса и Доля среднеустойчивы к септориозу, сорт Гром – восприимчив, поэтому степень развития на этом сорте самая высокая – 10,8 %.

Дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га у сортов Васса и Доля не оказывали относительно контроля большого влияния на степень развития септориоза, но влияли на распространённость. У сорта Гром распространённость при внесении расчетных доз по отношению к контролю снижалась на 3,2–7,8 %, но степень развития болезни повышалась в 2,7–2,9 раза.

Таким образом, обобщая вышеизложенное, мы пришли к выводу, что в фазу конец кущения – начало выхода в трубку на вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) и 10,0 ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) т/га повышалась распространённость и степень развития корневых гнилей фузариозной энтомологии относительно контрольного варианта. Так, распространённость возросла у сортов Васса на 1,5–3 %, Гром – на 3,3–6,9 % и Доля – на 6,2–9 %, степень развития – на 0,1–1,8 %; 1,2–3,7 % и 0,7–2,6 %. Расчетная доза на планируемую урожайность 5,0 т/га ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) на сортах Васса и Доля снижала по отношению к контролю распространённость заболевания на 0,5–5,0 %, на сорте Гром

незначительно повышала изучаемый показатель на 0,9 %, но степень развития на всех трех изучаемых сортах снижалась у сорта Васса на 1,3 %, Гром – на 1,1 % и Доля – на 0,7 %. Аналогичная ситуация наблюдалась и при исследовании растений в фазу колошения, расчетная доза ( $N_{124}P_{72}K_{30}$ ) снижала распространённость и степень развития корневых гнилей как по отношению к контролю, так и по отношению к расчетным дозам  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$ , и разница составила по распространённости у сортов Васса – 2,3; 3,0; 4,0 %, Гром – 2,1; 3,3; 4,2 %, Доля – 2,1; 3,3; 5,0 %, по степени развития у сортов Васса – 1,4; 2,4; 5,6 %, Гром – 0,8; 2,2; 4,2 %, Доля – 0,6; 1,9; 3,2 %.

Самым устойчивым к корневым гнилям оказался сорт Доля, в зависимости от фазы отбора растений и применяемых в опыте расчетных доз минеральных удобрений распространённость на этом сорте варьировалась от 30 до 60 %, степень развития – от 2,4 до 8 %, что оказалось ниже, чем у сорта Васса на 10,0–16,5 % и 1,5–4,1 %, у сорта Гром – на 10,0–10,1 % и 0,7–1,6 %.

Распространённость и степень развития мучнистой росы на контрольном варианте не были зафиксированы. При внесении расчетной дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  только на сорте Доля была отмечена распространённость в 1 %, с нулевой степенью развития. С увеличением расчетных доз возрастала распространённость и степень развития болезни: у сорта Васса при внесении доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  была отмечена распространённость в 1,0 % с нулевой степенью развития, у сорта Гром распространённость составила 10 и 5,0 % со степенью развития 0,1 %, у сорта Доля – 15,0 и 12,0 % со степенью развития в 0,1 %. Самым устойчивым к мучнистой росе оказался сорт Васса, на котором была зафиксирована только распространённость болезни в 1,0 %.

Изучаемые в опыте дозы минеральных удобрений неодинаково влияли на распространённость и степень развития пиренофороза. Так, на сорте Васса все расчетные дозы минеральных удобрений снижали распространённость (0,7–21,0 %) и степень развития (0,1–0,3 %) пиренофороза. У сорта Гром с повышением доз минеральных удобрений увеличивались и распространённость (на 27,1–34,1 %), и степень развития (на 5,5–6,6 %). У

сорта Доля расчетные дозы минеральных удобрений снижали распространенность от 0,6 до 20,7 %, но повышали степень развития пиренофороза на 0,2–0,6 %.

Самыми устойчивыми на изучаемых вариантах опыта к пиренофорозу оказались сорта Васса и Доля. У сорта Васса была зафиксирована самая низкая степень развития от 1,3 до 1,6 %, у сорта Доля самая низкая распространенность – от 37,6 до 58,3 %.

У сорта Васса только доза  $N_{124}P_{72}K_{30}$  снижала по отношению к контролю распространенность септориоза на 10,0 % и степень развития – на 0,1 %. Две другие расчетные дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  увеличивали распространенность болезни на 1,2–2,8 %, при внесении расчетной дозы на планируемую урожайность 7,5 т/га, степень развития соответствовала контрольному варианту и составляла 8,7 %, а доза на планируемую урожайность 10,0 т/га повышала по сравнению с контрольным вариантом степень развития на 1 %. У сорта Гром расчетные дозы минеральных удобрений снижали распространенность от 3,2 до 7,8 %, но повышали степень распространенности от 6,4 до 7,1 %. У сорта Доля самая низкая распространенность септориоза была зафиксирована на контроле – 40,0 %, что было ниже, чем при внесении расчетных доз  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на 31,6 %,  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – на 36,8 % и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  – на 40 %, что касается степени развития, то самый низкий ее показатель был получен при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  – 4,4 %, что оказалось ниже, чем на контроле (на 0,2 %), и ниже, чем на вариантах с расчетными дозами минеральных удобрений  $N_{186}P_{95}K_{45}$  (на 0,8 %) и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  (на 1,1 %).

Полученные в опыте результаты соответствуют данным, представленным в Государственном реестре характеристик сортов, в котором указано, что сорта Васса и Доля среднеустойчивы к септориозу, сорт Гром – восприимчив, поэтому степень развития на этом сорте самая высокая – 10,8 %.

## 6. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСЧЕТНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

### 6.1. Структура урожая

Под структурой урожая принято понимать совокупность элементов, определяющих продуктивность растений. Для колосовых культур к основным элементам структуры урожая, по мнению А.В. Железнова, Н.Б. Железновой, Т.В. Кукоевой, Н.В. Бурмакина (2012), относят: среднее число колосоносных стеблей, число зерен в одном колосе и массу 1000 зерен.

В нашем опыте по изучению агрохимических факторов для достижения планируемой урожайности сортов озимой пшеницы согласно методике исследований был осуществлен анализ влияния доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 (N<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>30</sub>), 7,5 (N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub>) и 10,0 (N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub>) т/га сортов (Васса, Гром, Доля) озимой пшеницы на показатели структуры урожая, такие как: количество растений (шт/м<sup>2</sup>), количество стеблей, количество стеблей с колосом, общая и продуктивная кустистость, длина колоса, число зерен в колосе, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен и высота растений (таблица 29, рисунок 10).

Температурный режим и выпавшие осадки в годы проведения исследований оказали влияние на различную эффективность изучаемых приемов, что в итоге повлияло на формирование структуры урожая сортами озимой пшеницы. Самые высокие показатели элементов структуры урожая были получены в 2016 году, чему способствовали повышенные условия увлажнения, температурный режим и оптимальное распределение осадков (приложения 77–79).

Все расчетные дозы минеральных удобрений (среднее за 2016–2018 годы) у всех изучаемых сортов озимой пшеницы по сравнению с контролем (фон N<sub>63</sub>P<sub>52</sub>) достоверно увеличивали показатели структуры урожая, такие как: количество растений – на 5–26 шт/м<sup>2</sup>, количество стеблей



**Количество растений (шт/м<sup>2</sup>)**



**Количество стеблей (шт/м<sup>2</sup>)**



**Количество стеблей с колосом (шт/м<sup>2</sup>)**



**Длина колоса (см)**



**Число зерен в колосе (шт)**



**Масса зерна с колоса (г)**



**Масса 1000 зерен (г)**



**Высота растений (см)**

**Рисунок 10 – Определение структуры урожая**

**Таблица 29 – Влияние доз минеральных удобрений на структуру урожая сортов озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Количество шт/м <sup>2</sup>			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Высота растений, см
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	239	392	344	1,64	1,44	7,4	23	1,0	41,3	73,7
	Гром	258	489	409	1,90	1,59	6,7	23	0,87	39,0	72,0
	Доля	278	525	455	1,89	1,64	6,8	23	0,88	39,6	71,2
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	247	514	458	2,08	1,85	7,8	25	1,10	42,3	78,4
	Гром	255	592	552	2,32	2,16	7,3	26	0,93	40,8	76,0
	Доля	287	633	589	2,21	2,05	7,6	26	0,95	41,5	79,1
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	265	765	677	2,89	2,55	8,7	27	1,11	43,0	82,2
	Гром	272	798	745	2,93	2,74	7,9	27	1,00	41,3	81,2
	Доля	294	813	756	2,76	2,57	8,0	27	1,02	41,6	83,0
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	269	780	732	2,90	2,72	9,0	28	1,19	42,1	84,3
	Гром	297	949	912	3,20	3,07	8,0	29	1,00	41,0	83,7
	Доля	303	914	896	3,02	2,96	8,2	29	1,03	41,3	86,5
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ	–	23,8	66,4	61,3	–	–	0,82	2,4	0,12	0,42	6,5

– на 111–412 шт/м<sup>2</sup>, количество стеблей с колосом – на 130–444 шт/м<sup>2</sup>, длину колоса – на 0,7–1,4 см, число зерен с колоса – на 3–6 шт., массу зерна с колоса – на 0,07–0,15 г, массу 1000 зерен – на 1,5–2,0 г, высоту растений – на 5,5–12,5 см, при этом общая кустистость возростала – на 0,39–1,23, продуктивна кустистость – на 0,46–1,36. Самые высокие показатели структуры урожая на трех исследуемых сортах были получены на расчетной дозе (N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub>) с планируемой урожайностью 10,0 т/га (таблица 28).

Проанализировав контрольный вариант, выяснили, что структурные показатели, такие как: количество растений, общее количество стеблей, количество продуктивных стеблей, продуктивная кустистость сорта Доля – оказались выше показателей сортов Васса и Гром. Так, сорт Доля в среднем за три года сформировал 278 шт/м<sup>2</sup> растений, что превысило аналогичный показатель сорта Васса на 39 шт/м<sup>2</sup>, сорт Гром – на 20 шт/м<sup>2</sup>. Общее количество стеблей у сорта Доля оказалось выше сортов Васса и Гром на 133–36 шт/м<sup>2</sup>, продуктивных стеблей – на 111–46 шт/м<sup>2</sup>. Продуктивная кустистость на сорте Доля соответствовала – 1,64, тем самым превышая данный показатель у сортов Васса и Гром на 0,2–0,05. Что касается показателей: длина колоса, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен и высота растений, то они оказались выше у сорта Васса. Длина колоса у сортов Гром и Доля оказалась меньше, чем у сорта Васса на 0,7–0,6 см, масса зерна с колоса – на 0,13–0,12 г, масса 1000 зерен – на 2,3–1,7 г, высота растений – на 1,7–2,5 см. Число зерен с колоса в среднем за три года на всех трех сортах было равно 23 шт. Общая кустистость оказалась выше у сорта Гром.

После проведения корреляционно-регрессионного анализа мы установили высокую зависимость урожайности озимой пшеницы от ряда показателей структуры урожая, которая выражается уравнением:

$$Y = 0,028x_3 + 0,25x_7 + 3,38x_8 - 0,07x_9 + 1,91,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га),  $x_1$  – количество растений (шт/м<sup>2</sup>),  $x_2$  – количество стеблей всего (шт/м<sup>2</sup>),  $x_3$  – количество стеблей с колосом (шт/м<sup>2</sup>),  $x_4$  – общая кустистость,  $x_5$  – продуктивная кустистость,  $x_6$  –

длина колоса (см),  $x_7$  – число зерен в колосе (шт),  $x_8$  – масса зерна с колоса (г),  $x_9$  – масса 1000 зерен (г),  $x_{10}$  – высота растения (см).

При высокой точности аппроксимации ( $R^2 = 0,974$ ) существенное влияние на урожайность озимой пшеницы оказывают: количество стеблей с колосом, число зерен в колосе и масса зерна с колоса (приложение 80).

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что все расчетные дозы минеральных удобрений по сравнению с контролем (фон  $N_{63}P_{52}$ ) достоверно увеличивали показатели структуры урожая изучаемых сортов озимой пшеницы. Максимальные показатели структуры урожая у всех сортов были получены на расчетной дозе минеральных удобрений ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) на уровень планируемой урожайности 10,0 т/га.

## 6.2. Урожайность

Урожайность – это показатель, который характеризует сбор продукции с единицы площади. Для получения стабильных и высоких урожаев необходимо проводить полевые и лабораторные опыты по таким методикам и схемам, которые позволят получить необходимую информацию для гарантированных урожаев сейчас и на ближайшую перспективу. Этому способствуют следующие направления: программирование, прогнозирование и планирование урожаев (Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко, 2002; Т.Г. Юсина, Ю.А. Затолокина, А.А. Макаренко, А.А. Архипенко, 2018; А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, 2019).

Большую роль на формирование урожайности озимой пшеницы оказали погодные условия в годы проведения исследований. Все три сельскохозяйственных года проведения экспериментов характеризовались повышенным температурным режимом: разница со среднемноголетней нормой в 2015–2016 год составляла 1,9 °С, в 2016–2017 год – 0,2 °С, в 2017–2018 год – 2,2 °С.

Оптимальным по распределению осадков оказался 2015–2016 с.-х. год, а количество выпавших осадков (643 мм) превысило многолетнюю норму на

92 мм. Наименьшее количество осадков в годы проведения исследований отмечалось в 2017–2018 с.-х. году – 518 мм, что оказалось ниже нормы на 33 мм. В 2016–2017 году этот показатель был выше среднемноголетнего значения на 110,3 мм, но крайне неравномерное распределение осадков в период вегетации растений создало неблагоприятные условия для роста и развития.

В 2015–2016 сельскохозяйственном году, который характеризовался как год с оптимальным увлажнением, самую высокую урожайность, как на контрольном варианте, так и на делянках с внесением расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0, 7,5 и 10,0 т/га, сформировал сорт Доля, который превышал соответственно показатели сорта Васса на 0,88–2,24 т/га, сорта Гром – на 0,49–1,09 т/га (А.Ю. Ожередова, 2017; А.Н. Есаулко, А.Ю. Ожередова, М.С. Сигида, А.В. Voskoboinikov, О.А. Podkolzin, 2017) (таблица 30).

В 2016–2017 году с повышенным увлажнением на контрольном варианте сорт Доля формировал урожайность 3,98 т/га, тем самым превысив сорт Васса на 0,8 т/га, сорт Гром – на 1,08 т/га. На вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га самым высокоурожайным оказался сорт Васса, при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  он превысил сорта Гром на 0,79 т/га, Доля – на 0,22 т/га, при внесении  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на 0,55 и 0,85 т/га, при внесении  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на 0,58 и 1,93 т/га (А.Н. Есаулко, А.Ю. Ожередова, Н.В. Громова, 2018; А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, Е.А. Саленко, С.А. Коростылев, 2018).

В засушливом 2017–2018 сельскохозяйственном году на контроле урожайность сорта Васса была выше, чем у сортов Гром и Доля на 0,06–0,25 т/га. На варианте с внесением  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га у сорта Гром была получена урожайность 5,51 т/га, которая превысила изучаемый показатель у сортов Васса на 0,5 т/га, Доля – на 0,17 т/га.

**Таблица 30 – Урожайность сортов озимой пшеницы в зависимости от расчетных доз минеральных удобрений, т/га**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Год исследования		
		2016	2017	2018
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	3,60	3,18	3,50
	Гром	4,31	2,90	3,44
	Доля	4,80	3,98	3,25
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	4,71	5,45	5,01
	Гром	5,32	4,66	5,51
	Доля	6,13	5,23	5,34
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	7,51	7,64	7,41
	Гром	7,30	7,09	7,87
	Доля	8,39	6,79	7,94
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	8,23	9,23	8,65
	Гром	9,46	8,65	9,28
	Доля	10,47	7,30	9,92
НСР <sub>05</sub> фактор А		0,62	0,40	0,50
НСР <sub>05</sub> фактор В		0,40	0,16	0,18
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ		0,82	0,51	0,65

В среднем по опыту на трех изучаемых сортах в 2016 году при внесении расчетных доз минеральных удобрений существенно повышалась урожайность озимой пшеницы по отношению к контролю на 1,15; 3,49 и 5,15 т/га. В 2017 году расчетные дозы минеральных удобрений по сравнению с контрольным вариантом достоверно увеличивали урожайность культуры в среднем на трех изучаемых сортах на 1,76; 3,82 и 5,04 т/га. В 2018 году наблюдалась аналогичная зависимость, на вариантах с возрастающими дозами минеральных удобрений значительно увеличивалась и урожайность озимой пшеницы на 1,89; 4,34 и 5,88 т/га.

Планируемый уровень урожайности в 2016 году 5,0 т/га при внесении дозы N<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>30</sub> был достигнут на сортах Гром (5,32 т/га) и Доля (6,13 т/га), планируемый уровень урожайности 7,5 т/га с внесением дозы N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub> был получен на сортах Васса (7,51 т/га) и Доля (8,39 т/га), планируемый уровень урожайности 10,0 т/га при внесении дозы N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub> был зафиксирован только у сорта Доля (10,47 т/га). Самым отзывчивым в опыте на

возрастающие дозы минеральных удобрений в 2016 году был сорт Доля, на котором отмечались все уровни планируемой урожайности.

В 2017 году планируемый уровень урожайности 5,0 т/га удалось получить у двух сортов: Васса – 5,45 т/га и Доля – 5,23 т/га, планируемый уровень 7,5 т/га был сформирован только у сорта Васса – 7,64 т/га. К сожалению, в 2017 году ни на одном изучаемом сорте получить урожайность 10,0 т/га не удалось. Сорт Васса в этот период оказался самым высокопродуктивным.

Планируемая урожайность озимой пшеницы 5,0 т/га в 2018 году была получена у всех трех изучаемых сортов, 7,5 т/га – только у сортов Гром (7,87 т/га) и Доля (7,94 т/га), урожайности 10,0 т/га не было достигнуто ни на одном из сортов. В среднем по опыту самым высокоурожайным в 2018 году оказался сорт Доля.

Если обобщить полученные данные, можно сделать интересное заключение, что при оптимальных (2015–2016 год) и недостаточных (2017–2018 год) условиях увлажнения самым отзывчивым на дозы минеральных удобрений и самым урожайным оказался сорт Доля (средняя в опыте в 2016 году – 7,45 т/га, в 2018 году – 6,61 т/га), в 2016–2017 сельскохозяйственном году с избыточным увлажнением наивысший показатель урожайности был зафиксирован у сорта Васса (средняя в опыте – 6,38 т/га).

Данные, приведенные в таблице 31, свидетельствуют о том, что расчетные дозы минеральных удобрений значительно увеличили урожайность озимой пшеницы относительно контроля на 1,60...5,36 т/га. Самая высокая урожайность в опыте была достигнута при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$ , она составила в среднем за три года – 9,02 т/га, превысив контроль на 5,36 т/га, дозу удобрения  $N_{124}P_{72}K_{30}$  – на 3,76 т/га и дозу  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – на 2,14 т/га.

В среднем за три года исследований планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 5,0 т/га был сформирован у сортов Доля (5,57 т/га, +11 %), Васса (5,06 т/га, +1 %), Гром (5,16 т/га, +3 %); уровень

урожайности 7,5 т/га – у сортов Доля (7,71 т/га, +3 %) и Васса (7,52 т/га, +0,3 %); 10,0 т/га у всех сортов достигнут не был – Доля (9,23 т/га, –8 %), Гром (9,13 т/га, –9 %) и Васса (8,7 т/га, –13 %) (А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, 2019).

**Таблица 31 – Урожайность (т/га) сортов озимой пшеницы в зависимости от расчетных доз минеральных удобрений (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,36
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	3,43	3,55	4,01	3,66
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	5,06	5,16	5,57	5,26
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	7,52	7,42	7,71	7,55
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	8,70	9,13	9,23	9,02
В, НСР <sub>05</sub> = 0,24	6,18	6,32	6,63	НСР <sub>05</sub> = 0,50

Таким образом, анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что в наиболее благоприятном по распределению осадков 2015–2016 сельскохозяйственном году сорт Доля на контроле сформировал максимальную в опыте урожайность относительно сортов Васса и Гром. Также на сорте была достигнута планируемая урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га. При избыточном неравномерном распределении осадков в 2016–2017 сельскохозяйственном году наибольший сбор зерна на вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений обеспечил сорт Васса (5,45; 7,64 и 9,23 т/ га). В засушливом 2017–2018 году самая высокая величина этого показателя на вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений фиксировалась у сортов Доля (7,94 и 9,92 т/га) и Гром (5,51 т/га).

На всех изучаемых сортах озимой пшеницы с повышением доз минеральных удобрений относительно контроля увеличивалась и

урожайность на 1,6–5,36 т/га. В среднем за 2016–2018 годы исследований на трех изучаемых сортах была достигнута планируемая урожайность 5,0 и 7,5 т/га, планируемая урожайность 10,0 т/га достигнута не была. В среднем за три года исследований на всех вариантах опыта самым высокоурожайным оказался сорт Доля (6,63 т/га).

### **6.3. Анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макро- и микроэлементов в почве и растениях**

#### **6.3.1. Макроэлементы**

**Почва.** При проведении корреляционно-регрессионного анализа взаимосвязи между урожайностью озимой пшеницы и послойным содержанием нитратного и аммонийного азота, подвижного фосфора, обменного калия в слое почвы 0–40 см в основные фазы развития изучаемых сортов озимой пшеницы (всходы, кущение, выход в трубку, колошение и полная спелость) установлены высокие корреляционные связи, которые выражаются следующими уравнениями:

##### **Фаза всходов**

$$Y = -28,46 + 0,43x_1 - 0,33x_2 - 0,21x_4 + 0,60x_5 + 0,08x_7,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 0–20 см;  $x_2$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 20–40 см;  $x_3$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 0–20 см;  $x_4$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 20–40 см;  $x_5$  – подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см;  $x_6$  – подвижного фосфора в слое почвы 20–40 см;  $x_7$  – обменного калия в слое почвы 0–20 см;  $x_8$  – обменного калия в слое почвы 20–40 см.

##### **Фаза кущения**

$$Y = -34,35 - 0,27x_1 + 0,58x_2 - 0,39x_4 + 0,17x_7,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 0–20 см;  $x_2$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 20–40 см;  $x_3$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 0–20 см;  $x_4$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 20–40 см;  $x_5$  – подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см;  $x_6$  – подвижного фосфора в слое почвы 20–40 см;  $x_7$  – обменного

калия в слое почвы 0–20 см;  $x_8$  – обменного калия в слое почвы 20–40 см.

#### **Фаза выхода в трубку**

$$Y = -4,18 + 0,23x_2 - 0,52x_3 + 0,71x_5,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 0–20 см;  $x_2$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 20–40 см;  $x_3$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 0–20 см;  $x_4$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 20–40 см;  $x_5$  – подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см;  $x_6$  – подвижного фосфора в слое почвы 20–40 см;  $x_7$  – обменного калия в слое почвы 0–20 см;  $x_8$  – обменного калия в слое почвы 20–40 см.

#### **Фаза колошения**

$$Y = -12,44 + 0,15x_1 + 0,41x_2 - 0,36x_4 + 0,07x_7,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 0–20 см;  $x_2$  –  $\text{NO}_3$  в слое почвы 20–40 см;  $x_3$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 0–20 см;  $x_4$  –  $\text{NH}_4$  в слое почвы 20–40 см;  $x_5$  – подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см;  $x_6$  – подвижного фосфора в слое почвы 20–40 см;  $x_7$  – обменного калия в слое почвы 0–20 см;  $x_8$  – обменного калия в слое почвы 20–40 см.

**В фазу полной спелости** существенной зависимости между анализируемыми показателями установлено не было.

Таким образом, в соответствии со шкалой Чеддока установлена весьма высокая корреляционная связь ( $R = 0,940$ ;  $R = 0,956$ ;  $R = 0,921$ ;  $R = 0,943$ ) между уровнем урожайности озимой пшеницы и послойным содержанием в почве в фазы всходов, кущения, выхода в трубку, колошения нитратного и аммонийного азота, подвижного фосфора и обменного калия (приложения 81–84), что позволяет оптимизировать систему питания культуры макроэлементами путем корректировки доз, видов и способа внесения минеральных удобрений.

**Растения.** Для установления зависимости урожайности озимой пшеницы от содержания макроэлементов в растениях в основные фазы вегетации озимой пшеницы был проведен корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязей между урожайностью культуры и содержанием азота, фосфора и калия (%) в растениях в фазы: всходы, кущение, выход в трубку,

колошение и полная спелость. Установленные тесные зависимости выражаются следующими уравнениями:

#### **Фаза всходы**

$$Y = 8,90 + 0,58x_1 + 19,77x_2 - 5,97x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание в растениях озимой пшеницы в соответствующие фазы (%):  $x_1$  – азота,  $x_2$  – фосфора,  $x_3$  – калия.

#### **Фаза кущения**

$$Y = 11,38 + 2,32x_1 + 14,64x_2 - 6,91x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание в растениях озимой пшеницы в соответствующие фазы (%):  $x_1$  – азота,  $x_2$  – фосфора,  $x_3$  – калия.

#### **Фаза выхода в трубку**

$$Y = 6,99 + 1,98x_1 + 10,12x_2 - 4,76x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание в растениях озимой пшеницы в соответствующие фазы (%):  $x_1$  – азота,  $x_2$  – фосфора,  $x_3$  – калия.

#### **Фаза колошения**

$$Y = 3,17 + 2,41x_1 + 6,52x_2 - 4,58x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание в растениях озимой пшеницы в соответствующие фазы (%):  $x_1$  – азота,  $x_2$  – фосфора,  $x_3$  – калия.

#### **Фаза полной спелости**

$$Y = 3,63 + 15,94x_2 - 6,17x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание в растениях озимой пшеницы в соответствующие фазы (%):  $x_1$  – азота,  $x_2$  – фосфора,  $x_3$  – калия.

Таким образом, в соответствии со шкалой Чеддока установлена весьма высокая корреляционная связь ( $R = 0,917$ ;  $R = 0,875$ ;  $R = 0,940$ ;  $R = 0,961$ ;  $R = 0,925$ ) между уровнем урожайности озимой пшеницы и концентрацией азота, фосфора и калия в фазы всходов, кущения, выхода в трубку, колошения, полной спелости (приложения 85–89), что позволяет оптимизировать систему питания культуры макроэлементами путем корректировки доз, видов и способа внесения минеральных удобрений.

### 6.3.2. Микроэлементы

**Почва.** При проведении корреляционно-регрессионного анализа взаимосвязи между урожайностью озимой пшеницы и содержанием подвижных форм марганца, меди и цинка в слое почвы 0–40 см в основные фазы развития изучаемых сортов озимой пшеницы (всходы, кущение, выход в трубку, колошение и полная спелость) установлены существенные зависимости, которые выражаются следующими уравнениями.

**В фазу всходов** существенной зависимости между анализируемыми показателями установлено не было.

#### Фаза кущения

$$Y = 10,44 + 0,61x_1 - 36,84x_2 - 10,02x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  – подвижного марганца в слое почвы 0–40 см,  $x_2$  – подвижной меди в слое почвы 0–40 см,  $x_3$  – подвижного цинка в слое почвы 0–40 см.

#### Фаза выхода в трубку

$$Y = 21,94 - 58,01x_2,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  – подвижного марганца в слое почвы 0–40 см,  $x_2$  – подвижной меди в слое почвы 0–40 см,  $x_3$  – подвижного цинка в слое почвы 0–40 см.

#### Фаза колошения

$$Y = 5,32 + 0,62x_1 - 32,89x_2 - 9,46x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  – подвижного марганца в слое почвы 0–40 см,  $x_2$  – подвижной меди в слое почвы 0–40 см,  $x_3$  – подвижного цинка в слое почвы 0–40 см.

#### Фаза полной спелости

$$Y = 10,64 + 40,33x_2 - 15,20x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание (мг/кг):  $x_1$  – подвижного марганца в слое почвы 0–40 см,  $x_2$  – подвижной меди в слое почвы 0–40 см,  $x_3$  – подвижного цинка в слое почвы 0–40 см.

Таким образом, в соответствии со шкалой Чеддока установлена

высокая корреляционная связь ( $R = 0,753$ ;  $R = 0,797$ ;  $R = 0,871$ ;  $R = 0,885$ ) между уровнем урожайности озимой пшеницы и содержанием в слое почвы 0–40 см в фазы кущения, выхода в трубку, колошения и полной спелости подвижного марганца, подвижной меди и подвижного цинка (приложения 90–93), что позволяет оптимизировать систему питания культуры микроэлементами путем корректировки доз, видов и способа внесения микроудобрений в системе удобрения озимой пшеницы.

**Растения.** Для установления зависимости урожайности озимой пшеницы от содержания микроэлементов в зерне озимой пшеницы был проведен корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязей между урожайностью культуры и содержанием марганца, меди и цинка (%) в зерне культуры. Установленная тесная зависимость выражается следующим уравнением:

$$Y = 96,18 - 8,34x_2 - 2,81x_3,$$

где  $Y$  – урожайность озимой пшеницы (т/га); содержание в зерне озимой пшеницы (мг/кг):  $x_1$  – марганца,  $x_2$  – меди,  $x_3$  – цинка.

В соответствии со шкалой Чеддока определена высокая корреляционная связь ( $R = 0,887$ ) между уровнем урожайности и содержанием меди и цинка в зерне озимой пшеницы, что позволяет оптимизировать систему питания культуры микроэлементами путем корректировки доз, видов и способа внесения микроудобрений в системе удобрения озимой пшеницы (приложение 94).

#### **6.4. Качество зерна**

Качество зерна озимой пшеницы относится к числу важнейших показателей при производстве культуры. Его повышение в значительной мере определяется применением минеральных, особенно азотных, удобрений (Л.Н. Вагнер, Н.Ф. Дёмина, 2011; И.И. Ельников, О.А. Бирюкова, 2011). Качество зерна пшеницы – сложное собирательное понятие, оно включает в себя обширный ряд показателей (Н.Г. Малюга, А.И. Радионов,

А.В. Загорулько, 2004; М.А. Янова, Е.Ю. Чеботарева, Т.С. Иванова, 2011; В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, В.Г. Половинкин, 2015; Г.И. Букреева, Т.И. Грицай, М.И. Домченко, 2015).

Согласно программе исследований, мы определяли в зерне такие показатели качества, как: содержание клейковины и белка, показатель ИДК в связи с изучением влияния минеральных удобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы (таблица 32).

В 2017–2018 сельскохозяйственном году, который характеризовался как засушливый, в среднем на трех изучаемых сортах сформировались самые высокие показатели качества зерна озимой пшеницы. Так, содержание белка в зерне в этот год соответствовало 13,9 %, клейковины – 25,4 %, что превысило изучаемые показатели в 2015–2016 сельскохозяйственном году с оптимальными климатическими условиями на 1,4 % и 1,6 %, в 2016–2017 сельскохозяйственном году с избыточным увлажнением – на 1,7 % и 1,8 % (приложения 95–97).

**Таблица 32 – Влияние расчетных доз минеральных удобрений на показатели качества зерна сортов озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 годы)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Клейковина, %	Показатель ИДК, ед.	Белок, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	21,7	67,7	11,6
	Гром	21,8	68,0	11,7
	Доля	21,8	65,3	11,7
N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	23,7	73,3	12,7
	Гром	24,3	74,7	13,1
	Доля	24,1	75,3	12,9
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Васса	25,7	80,3	13,4
	Гром	26,1	81,0	13,8
	Доля	26,5	81,7	13,9
N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	Васса	24,8	80,3	13,1
	Гром	25,1	79,3	13,3
	Доля	25,4	78,7	13,4
НСР <sub>05</sub> фактор А		1,3	6,2	0,8
НСР <sub>05</sub> фактор В		0,8	7,0	0,6
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ		1,5	7,5	1,0

Применение минеральных удобрений достоверно увеличивало содержание клейковины и белка в зерне, по сравнению с контролем. В среднем за три года дозы минеральных удобрений на всех сортах существенно повышали содержание клейковины на 2,26–4,33 %. Наибольшее содержание клейковины в зерне у всех сортов обеспечила доза  $N_{186}P_{95}K_{45}$  на планируемую урожайность 7,5 т/га.

Все дозы минеральных удобрений достоверно повышали содержание белка, по сравнению с контролем, на 1,2...2,0 %. Наибольшее его содержание у всех сортов обеспечила доза  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – 13,7 %. В зерне сортов Гром и Доля в среднем по опыту содержание белка составило 13,0 %, Васса – 12,7 % (А.Ю. Ожередова, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида, Е.А. Саленко, Е.В. Голосной, 2017).

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что в опыте все расчетные дозы минеральных удобрений на трех изучаемых сортах значительно увеличивали содержание клейковины и белка в зерне. По сравнению с контролем, содержание клейковины в опытных вариантах было существенно выше на 2,2...4,3 %, белка – на 1,2...2,0 %. Наибольшее содержание белка и клейковины в зерне у всех сортов обеспечила доза  $N_{186}P_{95}K_{45}$ .

При расчете доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га прогнозировалось получение зерна III класса, чего и удалось достичь на всех вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений, только на контрольном варианте было получено зерно IV класса. Достоверного повышения качественных показателей на соответствующих вариантах опыта между тремя исследуемыми сортами не наблюдалось.

## **7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Переход к рыночным отношениям определил приоритетными экономические, или стоимостные, показатели как наиболее оперативные и отражающие реальные денежные эквиваленты, сложившиеся на рынке товаров и услуг в АПК. Повышение устойчивости производства зерна в современных условиях связано с регулированием организационно-экономических факторов при максимальном использовании природных ресурсов (В.И. Удовыченко, А.В. Удовыченко, 2004; А.Н. Сухов, 2010; А.И. Хрипунов, Н.А. Галушко, А.Н. Маковкин, 2011; А.А. Романенко, Л.А. Беспалова, Д.В. Котляров, 2016).

На основании данных технологических карт был произведен расчет экономической эффективности производства зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от расчетных доз минеральных удобрений. В систему показателей по оценке экономической эффективности производства входили традиционные показатели: урожайность, цена единицы продукции, денежная выручка с 1 га, затраты труда на единицу площади и продукции, производственные затраты, себестоимость единицы продукции, прибыль и уровень рентабельности производства культуры.

Для расчета производственных затрат и основных экономических показателей были использованы цены 2019 года. В 2019 году зерно IV класса стоило 11 000 рублей, зерно III класса 12 000 рублей. На контрольном варианте всех изучаемых сортов было получено зерно IV класса. На всех вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га было получено зерно III класса.

Все изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений значительно увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно контроля: у сорта Васса – на 1,63–5,27 т/га, у сорта Гром – на 1,61–5,58 т/га, у сорта Доля – на 1,56–5,25 т/га (таблица 33).

**Таблица 33 – Экономическая эффективность производства зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений на планируемую урожайность (среднее за 2016–2018 годы)**

Показатель	Сорта											
	Васса				Гром				Доля			
	N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)	N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	N <sub>124</sub> P <sub>72</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	N <sub>248</sub> P <sub>133</sub> K <sub>60</sub> (10,0 т/га)
Урожайность, т/га	3,43	5,06	7,52	8,70	3,55	5,16	7,42	9,13	4,01	5,57	7,71	9,23
Цена выращенного зерна, руб./т	11 000	12 000	12 000	12 000	11 000	12 000	12 000	12 000	11 000	12 000	12 000	12 000
Денежная выручка с 1 га, руб.	37 730	60 720	90 240	104 400	39 050	61 920	89 040	109 560	44 110	66 840	92 520	110 760
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	13,2	13,8	14,4	15,0	13,2	13,8	14,4	15,0	13,2	13,8	14,4	15,0
Затраты труда на 1 т, чел.-ч.	3,3	2,5	1,9	1,6	3,3	2,5	1,9	1,6	3,3	2,5	1,9	1,6
Производственные затраты на 1 га, руб.	28 211	34 474	39 543	45 423	28 211	34 474	39 543	45 423	28 211	34 474	39 543	45 423
Себестоимость 1 т, руб.	8225	6813	5258	5221	7947	6681	5329	4975	7035	6189	5129	4921
Прибыль на 1 га, руб.	9519	26 246	50 697	58 977	10 839	27 446	49 497	64 137	15 899	32 366	52 977	65 337
Уровень рентабельности, %	34	76	128	130	38	80	125	141	56	94	134	144

Все изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений повышали показатели экономической эффективности относительно контроля.

При внесении расчетной дозы минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  на планируемую урожайность 5,0 т/га увеличивалась по сравнению с контролем денежная выручка у сорта Васса на 22 990 руб., у сорта Гром – на 22 870 руб., у сорта Доля – на 22 730 руб. Повышались трудовые затраты при выращивании всех трех сортов на 5 %, производственные затраты – на 22 %. Снижались затраты труда на 24 % и себестоимость на тонну выращиваемой продукции у сортов Васса на 1412 руб., Гром – 1266 руб., Доля – 846 руб. Возрастали прибыль у сортов Васса – на 16 727 руб., Гром – на 16 607, Доля – на 16 467 руб. и уровень рентабельности на 42; 42 и 38 %.

На всех вариантах опыта при внесении дозы ( $N_{186}P_{95}K_{45}$ ) на планируемую урожайность озимой пшеницы 7,5 т/га наблюдалось повышение экономических показателей относительно контроля, так, возрастала: денежная выручка с 1 га у сортов Васса – на 139 %, Гром – 128 %, Доля – 110 %, прибыль – на 433; 357; 233 %. Увеличились затраты труда на 1 га, чел.-ч. у трех рассматриваемых сортов на 9 %, производственные затраты на 1 га на 11 332 руб., уровень рентабельности у сортов Васса – на 94 %, Гром – 87 %, Доля – 78 %. Снижалась себестоимость выращиваемой продукции в зависимости от сорта – на 2967 руб., 2618 руб. и 1906 руб. соответственно.

Самые высокие экономические показатели в опыте сформировала расчетная доза  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10,0 т/га. Она обеспечила денежную выручку на сортах Васса – 104 400 руб., Гром – 109 560 руб., Доля – 110 760 руб., превысив не только контроль у сорта Васса на 66 670 руб., у сорта Гром – на 70 510 руб. и сорта Доля – на 66 650 руб., но и другие опытные варианты у сортов Васса – на 14 160–43 680 руб., Гром – на 20 520–47 640 руб., Доля – на 18 240–66 650 руб. Прибыль с 1 га повышалась у сорта Васса от 8280 руб. до 49 458 руб., Гром – от 14 640 руб.

до 53 298 руб., Доля – от 12 360 руб. до 49 438 руб. Уровень рентабельности увеличивался у сорта Васса от 2 до 96 %, Гром – от 16 до 103 %, Доля – от 10 до 88 %.

Проанализировав данные с 2016 по 2018 годы, пришли к выводу, что наиболее экономически эффективно на черноземе выщелоченном возделывать сорта озимой пшеницы Доля и Гром с внесением расчетной дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10,0 т/га.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных в 2015–2018 годах полевых опытов и лабораторных исследований по определению влияния доз минеральных удобрений на получение планируемой урожайности сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности пришли к следующему заключению.

С увеличением расчетных доз минеральных удобрений в слоях почвы 0–20 и 20–40 см достоверно (на 1–3 мм) снижались запасы продуктивной влаги по сравнению с контролем, что связано с большей биомассой растений на удобренных вариантах. Самое низкое количество влаги в среднем за вегетацию фиксировалось у сорта Гром (24,7 мм), что существенно ниже показателей сорта Васса (1,1 мм). От фазы кущения к фазе полной спелости озимой пшеницы происходило значительное снижение запаса продуктивной влаги на 10,3 мм. В слое почвы 0–20 см запасов продуктивной влаги в среднем за вегетацию было существенно выше на 0,8 мм, чем в слое 20–40 см.

На вариантах с применением возрастающих доз минеральных удобрений в слое почвы 0–40 см относительно контроля происходило подкисление реакции почвенного раствора на 0,09–0,26 ед., а при внесении доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  разница 0,24–0,26 ед. оказалась существенной. От фазы входов до фазы колошения отмечалось подкисление рН на 0,56 ед., достоверное снижение показателей реакции почвенного раствора соответствовало межфазным периодам всходы – кущение (0,17 ед.) и кущение – выход в трубку (0,31 ед.). К фазе полной спелости установлено подщелачивание почвенного раствора на 0,18 ед., что связано с периодичностью питания культуры. Выявлено достоверное подщелачивание от слоя почвы 0–20 см к слою 20–40 см на 0,31 ед.

Все расчетные дозы минеральных удобрений существенно повышали в почве по сравнению с контролем содержание нитратного азота на 5,1; 7,9; 11,8 мг/кг, аммонийного азота – на 3,2; 6,3; 9,2 мг/кг. Недостоверное

повышение концентрации обменного калия фиксировалось на вариантах с внесением расчетных доз  $N_{124}P_{72}K_{30}$  и  $N_{186}P_{95}K_{45}$  – 9 и 11 мг/кг, при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  показатель достоверно повышался на 18 мг/кг. Изучаемые сорта не оказали существенного влияния на содержание макроэлементов в слоях почвы 0–20 и 20–40 см. От фазы кущения к фазе полной спелости наблюдалось снижение концентрации нитратного азота на 3,3–9,4 мг/кг, а содержание аммонийного азота (на 0,8–13,8 мг/кг) и обменного калия (на 20–69 мг/кг) снижалось на протяжении всей вегетации.

Расчетные дозы минеральных удобрений достоверно повышали содержание подвижного фосфора относительно контроля на 1,8; 4,1 и 5,9 мг/кг. Увеличение доступного фосфора от фазы всходов к фазе кущения на 1,8 мг/кг произошло за счет оптимальной влагообеспеченности почвы. В дальнейшем на протяжении периода кущения – колошения достоверно содержание подвижного фосфора снижалось на 4,6 и 1,8 мг/кг соответственно фазам. Существенное снижение концентрации подвижного фосфора от слоя почвы 0–20 к слою 20–40 (на 4,9 мг/кг) объясняется как послойным распределением вносимых удобрений, так и агрохимическими показателями чернозема выщелоченного. Максимальное содержание подвижного фосфора в слоях почвы 0–20 и 20–40 во все фазы развития сортов озимой пшеницы отмечалось при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10 т/га, что существенно выше по сравнению с изучаемыми дозами удобрений.

Применение расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га привело к существенному снижению содержания подвижной меди в слое почвы 0–40 см относительно контроля, что связано с увеличением выноса макро- и микроэлементов большей биомассой растений озимой пшеницы. До фазы выхода в трубку наблюдалось достоверное повышение содержания подвижной меди, а в дальнейшем происходило резкое снижение подвижной меди на 0,11 и 0,06 мг/кг. Определена весьма высокая корреляционная взаимосвязь между уровнем урожайности

культуры и содержанием подвижной меди в слое почвы 0–40 см в фазы всходов, выхода в трубку, колошения и полной спелости.

Увеличение расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности озимой пшеницы 7,5 и 10,0 т/га привело к достоверному снижению содержания подвижного цинка по сравнению с контролем на 0,07 мг/кг, что связано с резким увеличением выноса элемента значительно большей биомассой сортов озимой пшеницы. Содержание подвижного цинка в почве устойчиво снижалось от фазы всходов до завершения вегетации на всех вариантах: резкое снижение концентрации отмечалось в фазы колошения и полной спелости – на 0,09 и 0,08 мг/кг почвы соответственно. Установлена весьма высокая корреляционная взаимосвязь между уровнем урожайности культуры и содержанием подвижного цинка в слое почвы 0–40 см в фазы всходов и колошения.

На изучаемых сортах расчетные дозы минеральных удобрений достоверно повышали по отношению к контролю в растениях среднее содержание азота (на 0,22–1,09 %) и фосфора (на 0,08–0,24 %), а калия – незначительно (на 0,01–0,04 %). Максимальное среднее содержание элементов было обнаружено у сорта Доля (азота – 4,21 %, фосфора – 0,93 %, калия – 3,37 %).

Все расчетные дозы минеральных удобрений снижали по отношению к контролю содержание в зерне меди на 0,04–0,21 и цинка на 0,2–1,1 мг/кг. Максимальное содержание в зерне меди (2,53 мг/кг) накапливал сорт Доля, а цинка – сорт Васса (24,8 мг/кг). Установлена высокая взаимосвязь между уровнем урожайности и содержанием в зерне озимой пшеницы меди и цинка.

Степень развития и распространенность корневых гнилей фузариозной этиологии зависела от устойчивости сорта и дозы удобрений. Во все сроки учета расчетные дозы удобрений на 7,5 и 10 т/га увеличивали распространенность и степень развития болезни относительно контроля. При внесении доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  распространенность мучнистой

росы превышала контроль на 8,7–6,0%, пиренофороза – на 8,9–10,9%. Расчетные дозы минеральных удобрений повышали распространенность септориоза на 4,6–12,6%. Сорт Доля оказался более устойчивым по сравнению с другими сортами к корневой гнили, септориозу и пиренофорозу, сорт Васса – к пиренофорозу и мучнистой росе.

На всех сортах озимой пшеницы в среднем за 2016–2018 годы исследований расчетные дозы минеральных удобрений относительно контроля увеличивали урожайность на 1,6–5,36 т/га. Планируемый уровень урожайности 5,0 и 7,5 т/га был достигнут на всех сортах, планируемый уровень урожайности 10,0 т/га достигнут не был. В среднем на всех фонах питания самым высокоурожайным оказался сорт Доля. Максимальный уровень урожайности был получен при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10 т/га у среднепозднего сорта Доля – 9,23 и среднеспелого сорта Гром – 9,13 т/га, что существенно выше показателей всех вариантов опыта.

При проведении корреляционно-регрессионного анализа урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макро- и микроэлементов в почве и растениях по фазам вегетации культуры установлена высокая корреляционная взаимосвязь, что позволяет оптимизировать систему питания культуры путем корректировки доз, видов и способа внесения элементов в системе удобрения культуры.

Внесение всех расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га обеспечило получение зерна III класса. По сравнению с контролем существенно повышалось содержание клейковины на 2,2...4,3 %, белка – на 1,2...2,0 %. Наибольшее содержание белка и клейковины в зерне у всех сортов обеспечила доза  $N_{186}P_{95}K_{45}$ . Определенного влияния на показатели качества зерна сорта озимой пшеницы на изучаемых фонах не оказали.

Все расчетные дозы удобрений прямопропорционально их возрастанию увеличили основные показатели экономической эффективности

относительно контроля: прибыль – на 16 467–53 298 руб., уровень рентабельности – на 38–103%. Наиболее экономически эффективно на черноземе выщелоченном возделывать сорта озимой пшеницы Гром и Доля с внесением расчетной дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  на планируемую урожайность 10,0 т/га, которая позволила получить урожайность 9,13 и 9,23 т/га с прибылью с 1 га 64 137 и 65 337 рублей и уровнем рентабельности 141–144 %.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для достижения планируемой урожайности 5,0 и 7,5 т/га и качества зерна III класса сортов озимой пшеницы Доля, Гром и Васса на чернозёме выщелоченном после предшественника горох производству рекомендуются дозы минеральных удобрений  $N_{124}P_{72}K_{30}$  и  $N_{186}P_{95}K_{45}$ , рассчитанные по методике кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского государственного аграрного университета.

Для достижения максимальных показателей экономической эффективности производства зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном рекомендуется возделывание сортов Гром и Доля с внесением расчетной дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  с целью получения урожайности 9,13–9,23 т/га и прибыли с 1 га 59–64 тыс. руб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, Е. В. Баланс NPK в земледелии Ростовской области и плодородие почв / Е. В. Агафонов // Состояние и динамика плодородия почв в связи с продуктивностью земледелия : сб. тр. по материалам IX Междунар. симпозиума НП «Содружество учёных агрохимиков и агроэкологов». / ВНИИ Агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – Москва, 2017. – С. 74–80.
2. Агафонов, Е. В. Достижения агрохимии на Дону / Е. В. Агафонов // Проблемы агрохимии и экологии. – 2013. – № 4. – С. 41–46.
3. Агеев, В. В, Программирование урожаев сельскохозяйственных культур // В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина [и др.]. – Ставрополь : СтГАУ, 2008. – 168 с.
4. Агеев, В. В. Калий в современной земледелии проблемы и их решения / В. В. Агеев, О. Ю. Лобанкова, Ю. И. Гречишкина, И. О. Лысенко, О. А. Подколзин, А. Ю. Фурсова // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 2 (22). – С. 115–121.
5. Агеев, В. В. Математико–нормативное обеспечение программирования урожаев : учебное пособие / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко [и др.]. – Ставрополь: Агрус, 2004. – 168 с.
6. Агеев, В. В. Математико–нормативное обеспечение программирования урожаев : учебное пособие / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко. – Ставрополь: Агрус, 2003. – 160 с.
7. Агеев, В. В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур : учебное пособие / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина [и др.]. – 4 изд., перераб. и доп. – Ставрополь : Агрус, 2011. – 200 с.
8. Агеев, В. В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур : учебное пособие / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина [и др.]. – 5 изд., перераб. и доп. – Ставрополь : Агрус, 2014. – 200 с.
9. Агеев, В. В. Особенности питания и удобрения

сельскохозяйственных культур на юге России: учебно–методическое пособие / В. В. Агеев, А. Н. Есаулко, А. И. Подколзин, Ю. И. Гречишкина, О. Ю. Лобанкова, В. И. Радченко. – Ставрополь : Полиграфическое предприятие «А. Смехнов» 2008 –151 с.

10. Агеев, В. В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур на Юге России : учебное пособие / В. В. Агеев, А. П. Чернов, А. П. Куйдан [и др.] – Ставрополь : ГСХА, 1999. – 113 с.

11. Агеев, В. В. Планирование, методология, методика, модификации длительных опытов с удобрениями и математика–статистические методы обработки экспериментальных данных : методические указания / В. В. Агеев, А. И. Подколзин, С. В. Динякова. – Ставрополь : СтГАУ, 2007. – 384 с.

12. Агеев, В. В. Программирование урожая : учебно-методическое пособие для студентов, слушателей ФПК университетов сельскохозяйственных знаний по специальности 3102 – «Агрономия» / В. В. Агеев, В. И. Демкин. – Ставрополь, 1991. – 119 с.

13. Агеев, В. В. Системы удобрения в севооборотах Юга России: учебное пособие для студентов вузов агрономических специальностей / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. – 2–е изд., перераб. и доп. – Ставрополь : СГСХА, 2001. – 352 с.

14. Азизов, З. М. Кислотность чернозема южного и урожайность озимой пшеницы при разных приёмах основной обработки почвы и удобрений в севообороте / З. М. Азизов // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 2. – С. 35–42.

15. Айсанов, Т. С. Влияние систем удобрения на агрохимические показатели чернозема выщелоченного и урожайность озимой пшеницы в условиях Центрального Предкавказья / Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида. – Ставрополь : Агрус, 2016. – 169 с.

16. 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.

17. Айсанов, Т. С. Динамика содержания подвижного фосфора в пахотном слое чернозема, выщелоченного в зависимости от систем удобрения озимой пшеницы / Т. С. Айсанов, М. С. Сигида, С. А. Коростылев // Почва и бобовые – симбиоз для жизни : сб. тр. Междунар. молодежной научной конференции. – Москва, 2016. – С. 12–15.

18. Алабушев, А. В. Методические рекомендации по определению запасов продуктивной влаги в почвах Ростовской Области / А. В. Алабушев [и др.]. – Ростов–на–Дону : Изд–во ЗАО «Книга», 2015. – 32 с.

19. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Ленинград : Наука, 1980. – 287 с.

20. Алексеева, Е. Н. Влияние длительного применения удобрений на почвенное плодородие и урожай культур на средневыщелоченном черноземе в зоне неустойчивого увлажнения / Е. Н. Алексеева – Москва : Колос, 1978. – С. 99–117.

21. Андреев, М. И. Влияние внесения органических веществ на этиологию корневой гнили озимой пшеницы / М. И. Андреев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 49–52.

22. Антыков, А. Я. Почвы Ставрополя и их плодородие / А. Я. Антыков, А. Я. Стоморев. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство, 1970. – 413 с.

23. Артемьев А. А. Влияние технологий применения минеральных удобрений на продуктивность полевого севооборота и изменение агрохимических показателей почвы / А. А. Артемьев // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 39–41.

24. Афендулов, К. П., Лантухова, А. И. Удобрения под планируемый урожай. – Москва : Колос, 1973. – 273 с.

25. Багринцева, В. Н. О роли калийных удобрений в повышении

продуктивности озимой пшеницы / В. Н. Багринцева, Т. П. Сафронова // *Агрохимия*. – 1993. – № 6. – С. 29–33.

26. Баранов, В. Д., Тараканов, И. Г. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур : учебное пособие / В. Д. Баранов, И. Г. Тараканов. – Москва : Изд-во УДН, 1990. – 71 с.

27. Батагова, Е. А. Урожайность новых сортов озимой пшеницы, включенных в государственный реестр по 6 региону РФ и рекомендованные для воспроизводства на территории Ставропольского края с 2018 года / Е. А. Батагова, В. В. Дубина, О. И. Власова // *Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. / СтГАУ. – Ставрополь, 2018. – С. 319–325.*

28. Бережной, И. Н. Программирование урожаев – важнейшая научная и производственная задача // *Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / И. Н. Бережной ; под ред. С. Г. Бондаренко. – Кишинёв : Картя Молдовеняскэ, 1976. – С. 3–8.*

29. Бобрышев, Ф. И. Озимая пшеница в Ставропольском крае / Ф. И. Бобрышев, А. И. Войсковой, В. В. Дубина, Г. Р. Дорожко, Г. П. Полоус. – Ставрополь : Агрус, 2003. – 307 с.

30. Болотов, И. М. Программирование урожая / И. М. Болотов. – Ставрополь : Ставропольское книжное издательство, 1986. – 127 с.

31. Бровкин, В. И. Влияние удобрений на продуктивность культур пятой ротации зернового севооборота на выщелоченном черноземе Тульской области / В. И. Бровкин // *Агрохимия*. – 2008. – № 4. – С. 52–58.

32. Букреева, Г. И. Особенности формирования качества зерна озимой мягкой пшеницы в контрастных погодных условиях / Г. И. Букреева, Т. И. Грицай, М. И. Домченко // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 56. – С. 85–91.

33. Вагнер, Л. Н. Качество продукции как фактор эффективности

производства зерна в условиях ОАО «Канская сортоиспытательная станция» / Л. Н. Вагнер, Н. Ф. Дёмина // Инновационные тенденции развития российской науки : сб тр. по материалам IV Междунар. (заочной) науч.-практ. конф. молодых ученых / Красноярский ГАУ. – Красноярск, 2011. – С. 175–178.

34. Вальков, В. Ф. Почвы юга России / В. Ф. Вальков, Т. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов–на–Дону : Эверест, 2008. – 276 с.

35. Вильдфлуш, И. Р. Агрехимия / И. Р. Вильдфлуш, С. П. Кукреш, В. А. Ионас [и др.]. – 2–е изд., доп. и перераб. – Минск : Ураджай, 2001. – 488 с.

36. Вильдфлуш, И. Р. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур : монография / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганков, В. В. Лапа, Т. Ф. Персикова. – Минск : УП «Технопринт», 2005. – 276 с.

37. Вислобокова, Л. Н. Удобрение пшеницы озимой в условиях ЦЧЗ Тамбовской области / Л. Н. Вислобокова, О. М. Иванова // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 1. – С. 42–45.

38. Войсковой, А. И. Роль сорта в формировании урожайности зерна озимой пшеницы по климатическим зонам Ставропольского края / А. И. Войсковой, М. П. Жукова, В. В. Дубина, В. Н. Желтопузов // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо–Кавказском федеральном округе : сб. науч. тр. 75-й науч.-практ. конф. / Ставрополь, 2011. – С. 26–28.

39. Володина, Т. И. Оптимизация минерального питания капусты и картофеля на темно–каштановых почвах при орошении : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04. / Володина Тамара Ибраевна. – Москва, 2001. – 404 с.

40. Волынкина, О. В. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели выщелоченного чернозема и продуктивность культур / О. В. Волынкина, Е. В. Кириллова, Ю. Я. Емельянов, А. Н. Копылов // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 7 (125). – С. 15–21.

41. Воронин, А. Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур : уч.-метод. пособие для обучающихся по направлению 35.04.04 «Агрономия» / А. Н. Воронин, П. А. Котьяк. – Ярославль : Изд-во ФГБОУ ВО ЯГСХА. – 2018. – 48 с.

42. Воронцов, В. А. Формирование агрофитоценоза и продуктивности озимой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений в условиях Тамбовской области / В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства : сб. тр. по материалам Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием и Всероссийской Школы молодых ученых. – Белгород, 2019. – С. 267–275.

43. 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.

44. Гагкаева, Т. Ю. Характеристика сортов озимой пшеницы по устойчивости к фузариозу зерна / Т. Ю. Гагкаева, А. С. Орина, О. П. Гаврилова, И. Б. Аблова, Л. А. Беспалова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22. – № 6. – С. 685–692.

45. Ганусевич, Ф. Ф. От программирования урожаев к точному земледелию // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 16. – С. 35–38.

46. Гатаулин, А. М. Системы земледелия: учебник для студентов вузов, обучающихся по агрономическим специальностям / А. М. Гатаулин, И. Г. Платонов, В. Г. Лошаков, А. Ф. Сафонов. – Москва : КолосС, 2006. – 446 с.

47. Гилис, М. Б. Расчетные дозы удобрений при планировании урожаев сельскохозяйственных культур / М. Б. Гилис // Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур. – Москва : Колос, 1978. – С. 122–125.

48. Годунова, Е. И. Влияние длительного применения минеральных

удобрений на содержание гумуса в чернозёме обыкновенном Центрального Предкавказья / Е. И. Годунова, Н. Н. Шаповалова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – С. 20–24.

49. Гончарова, Л. Ю. Изменение агрохимических показателей чернозема обыкновенного и морфологических показателей *Tagetes Patula* L. при использовании удобрений / Л. Ю. Гончарова, Е. И. Симонович, Л. В. Бурлуцкая, А. В. Горовцов, А. И. Жумбей // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–1. – С. 64–67.

50. Гречишкина, Ю. И. Влияние систем удобрения озимой пшеницы и предшественников на агрохимические показатели чернозема выщелоченного / Ю. И. Гречишкина, Л. С. Горбатко, Т. С. Айсанов, А. Ю. Фурсова, А. А. Беловолова // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тезисы докладов VII Съезда почвоведов им. В. В. Докучаева и Всероссийской с междунар. участием научной конф. – Белгород, 2016. – С. 148–149.

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

52. Гриценко, В. В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В. В. Гриценко, В. Е. Долгодворов. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 56 с.

53. Гуруева, А. Ю. Агрохимические принципы программирования урожая озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Ю. Гуруева // Молодые аграрии Ставрополя : 78-я науч.-практ. конф. / Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2014. – С. 6–10.

54. Гуруева, А. Ю. Влияние агрохимических принципов программирования на продуктивность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Ю. Гуруева // Аграрная наука, творчество, рост : сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. / СтГАУ. – Ставрополь, 2015. – С. 145–147.

55. Гуруева, А. Ю. Динамика содержания основных элементов питания в черноземе выщелоченном в зависимости от агрохимических принципов программирования урожая / А. Ю. Гуруева, А. Н. Есаулко, Е. А. Саленко, А. П. Шутко, И. О. Лысенко // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 2 (22). – С. 194–198.

56. Давидянц, Э. С. Состояние, тенденции и пути оптимизации производства качественного зерна озимой пшеницы в Ставропольском крае / Э. С. Давидянц, Ф. В. Ерошенко // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 6. – С. 21–26.

57. Денисов, Е. П. Влияние обработки почвы на величину запасов продуктивной влаги в почве / Е. П. Денисов, К. Е. Денисов, Е. В. Решетов, В. В. Карпец // Инновационные технологии в АПК: теория и практика : сб. ст. II Всероссийской науч.-практ. конф. / Пензенский ГАУ. – Пенза, 2014. – С. 56–63.

58. 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, З. А. Кубатиева, Р. В. Калагова // Агрохимия. – 2019. – № 4. – С. 31–38.

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

60. 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. Гагиев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 2. – С. 13–18.

61. Дзюин, Г. П. Программирование урожаев / Г. П. Дзюин, А. И. Безносков, В. М. Холзаков // Интенсивные технологии на полях Удмуртии :

опыт и рекомендации. – Устинов : Удмуртия, 1986. – С. 7–31.

62. Дильмухаметова, И. К. Фракционное распределение соединений меди и цинка в дерново–подзолистой тяжелосуглинистой почве при длительном применении минеральных удобрений и известковании / И. К. Дильмухаметова, Л. К. Назарова, В. А. Романенков, Н. А. Кирпичников // Агрохимия. – 2019. – № 4. – С. 39–45.

63. Долженко, В. И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В.И. Долженко. – Санкт–Петербург : ВИЗР, 2009. – 378 с.

64. Дридигер, В. К. Влияние минеральных удобрений на полевую всхожесть и урожайность озимой пшеницы при возделывании по технологии no-till / В. К. Дридигер, Р. С. Стукалов // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 2 (30). – С. 134–137.

65. Дридигер, В. К. Урожайность и экономическая эффективность сельскохозяйственных культур в севообороте в зависимости от технологии возделывания и удобрений / В. К. Дридигер, Е. А. Кащев, Р. С. Стукалов, Ю. И. Паньков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (59). – С. 32–36.

66. Дубовик, Д. В. Изменение содержания подвижной меди в почве агроландшафта в зависимости от агротехнических приемов / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик // Плодородие. – 2012. – № 2 (65). – С. 51–52.

67. Дубовик, Д. В. Содержание подвижного марганца в почве в зависимости от агротехнических факторов и экспозиции склона / Д. В. Дубовик // Плодородие. – 2009. – № 4 (49). – С. 42–44.

68. Духовный В. А. Программирование урожая сельскохозяйственных культур (системный подход в приложении к мелиорации) / В. А. Духовный, С. А. Нерозин, Г. В. Стулина, Г. Ф. Солодкий. – Ташкент : МКВК, 2015. – 185 с.

69. Духовный, В. А. Программирование урожая (системный подход в приложении мелиорации) / В. А. Духовный, С. А. Нерозин. – Ташкент :

УзНИИНТИ, 1989. – 60 с.

70. Евтефеев, Ю. В. Основы агрономии / Ю. В. Евтефеев, Г. М. Казанцев. – Москва : ФОРУМ, 2013. – 368 с.

71. Елькина, Г. Я. Поведение цинка в системе почва – растение на подзолистых почвах / Г. Я. Елькина, Л. И. Адамова // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2008. – № 12 (134). – С. 19–23.

72. Ельников, И. И. Диагностика качества зерна озимой пшеницы на черноземе карбонатном / И. И. Ельников, О. А. Бирюкова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 4. – С. 20–24.

73. Еремин, Д. И. Биологическая активность чернозема при внесении возрастающих доз минеральных удобрений // Д. И. Еремин, О. Н. Демина // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2018. – № 1. – С. 25–33.

74. Ерёмин, Д. И. Изменение качественного состава гумуса чернозема выщелоченного под действием возрастающих доз минеральных удобрений / Д. И. Еремин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – № 6 (229). – С. 20–26.

75. Еремин, Д. И. Минерализация гумуса в пахотном черноземе при использовании минеральных удобрений / Д. И. Еремин, А. А. Ахтямова // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 16–18.

76. Ермохин, Ю. И. Программирование урожая / Ю. И. Ермохин, А. Ф. Неклюдов, В. М. Красницкий. – Омск : Омский ГАУ, 2000. – 82 с.

77. Есаулко, А. Н. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного / А. Н. Есаулко, С. А. Коростылев, Е. В. Голосной, Е. А. Саленко, М. С. Сигида // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тезисы докладов VII Съезда почвоведов им. В. В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конф. – Белгород, 2016. – С. 151–152.

78. Есаулко, А. Н. К вопросу биологизации систем удобрения в

севооборотах / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев, А. Ю. Стороженко, А. И. Подколзин // Бюллетень Всероссийского научно–исследовательского института удобрений и агропочвоведения имени Д. Н. Прянишникова № 117. Результаты исследований Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами. – Москва : Агроконсалт, 2003. – С. 112–115.

79. 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.

80. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур / Александр Николаевич Есаулко: автореф.. дисс. ... д.-ра с.-х. наук ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2006. – 48 с.

81. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур : дис. ... д.-ра с.-х. наук : 03.00.16, 06.01.04. / Есаулко, Александр Николаевич ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2006. – 515 с.

82. Есаулко, А. Н. Повышение эффективности применения удобрений на основе оптимизации систем удобрения в севооборотах Центрального Предкавказья (к 40–летию стационара СтГАУ) / А. Н. Есаулко, Л. Н. Петрова, В. В. Агеев // Плодородие. – 2017. – № 1 (94). – С. 8–11.

83. Есаулко, А. Н. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, Е. В. Коломыцев // Программирование урожаев и биологизация земледелия: науч. тр. / Брянской ГСХА. – Брянск. – Вып. 3. – Ч. 1: «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур», 2007. – С. 229–237.

84. Есаулко, А. Н. Продуктивность озимого ячменя и агрохимические показатели чернозема при внесении азотных удобрений / А. Н. Есаулко, М. Н. Коростелев // Плодородие. – 2009. – № 3 (48). – С. 3–4.

85. Железнов, А. В. Изменчивость ячменя (*Hordeum vulgare* L.) Разного географического происхождения по элементам структуры урожая / А. В. Железнов, Н. Б. Железнова, Т. В. Кукоева, Н. В. Бурмакин // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – Т. 47. – № 1. – С. 33–40.

86. Жиленко, С. В. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых культур в земледелии Краснодарского края / С. В. Жиленко, Н. И. Аканова, Л. Б. Винничек // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2015. – № 4 (16). – С. 216–226.

87. Жуков, Ю. П. Применение рассчитанных норм удобрений для получения плановых урожаев / Ю. П. Жуков, А. В. Реутов, / Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – Казань : СХИ, 1984. – С. 67–73.

88. Жуковский, Е. Е. Программирование урожаев. Взгляд в прошлое и современность / Е. Е. Жуковский // Математические модели в теоретической экологии и земледелии : сб. науч. тр. по материалам Международного семинара, посвященного памяти профессора Ратмира Александровича Полуэктова (Полуэктовские чтения). – Санкт–Петербург, 2014. – С. 9–10.

89. Жученко, А. А. Системы земледелия Ставропольского края / А. А. Жученко [и др.] – Ставрополь : Агрус, 2011. – 844 с.

90. Зиганшин, А. А. Методы программирования урожаев и их эффективность / А. А. Зиганшин // Программирование урожаев с.-х. культур. – Москва : МСХА, 1987. – С. 48–50.

91. Золкина, Е. И. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы и показатели баланса элементов питания на дерново–подзолистой супесчаной почве нечерноземной зоны / Е. И. Золкина // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – № 3 (15). – С. 34–46.

92. Иванникова, Н. А. Изменение содержания аммиачного и нитратного азота в почве при комплексной мелиорации / Н. А. Иванникова, А. В. Нефедов // Орошаемое земледелие. – 2018. – № 2. – С. 25–26.

93. 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.

94. Исайчев, В. А. Влияние макроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество зерна озимой пшеницы Казанская 560 в условиях Среднего Поволжья / В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев, В. Г. Половинкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 13–18.

95. Исмаилов, А. Б. Агроэкологические аспекты применения минеральных удобрений на посевах озимой пшеницы / А. Б. Исмаилов, Н. М. Мансуров, Ш. К. Омаров, А. Ю. Сфиев // Проблемы рационального природопользования и пути их решения : сб. науч. тр. по материалам Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 45-летию ФГБОУ ВО «ДГТУ». / ДГТУ. – Махачкала, 2018. – С. 40–46.

96. Казыханова, Г. Ш. Влияние приемов основной обработки почвы и удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного / Г. Ш. Казыханова, Ф. Я. Багаутдинов, Т. Н. Иванова // Энергосберегающие технологии производства продукции растениеводства : сб. тр. по материалам Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня рождения известного ученого растениевода и организатора науки Бахтизина Назифа Раяновича (1927–2007 гг.). / Башкирский ГАУ. – Уфа, 2013. – С. 90–92.

97. Кайзер, М. И. Марганец и медь в почвах и овощах горного Алтая / М. И. Кайзер, Т. В. Больбух, О. В. Сафонова // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 42–4. – С. 77–78.

98. Карабутов, А. П. Изменение агрохимических показателей чернозема при длительном применении удобрений и обработок / А. П. Карабутов, Г. И. Уваров // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 7. – С. 25–28.

99. Каюмов, М. К. Плодородие почв и дозы удобрений на запланированный урожай / М. К. Каюмов // Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур. – Москва : Колос, 1978. – С. 94–104

100. Каюмов, М. К. Почвенные аспекты программирования урожаев с.-х. культур / М. К. Каюмов. / Сб. науч. тр. по агрономии. /Рязанская СХИ. – Рязань, 1995. – С. 63–65.

101. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур : справочник / М. К. Каюмов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Росагропромиздат, 1989. – 368 с.

102. Каюмов, М. К. Программирование урожаев / М. К. Каюмов. – Москва : Московский Рабочий, 1986. – 182 с.

103. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М. К. Каюмов. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 320 с.

104. Каюмов, М. К. Состояние проблемы программирования урожаев полевых культур /. – Москва : РУДН, 1991. –1012 с.

105. Каюмов, М. К. Справочник по программированию урожаев / М. К. Каюмов. – Москва : Россельхозиздат, 1977. – 188 с.

106. Каюмов, М. К. Удобрение под запланированный урожай зерновых культур : обзорная информация / М. К. Каюмов. – Москва : ВНИИТЭИСХ, 1981. – 82 с.

107. Кильдюшкин, В. М. Агрофизические свойства черноземов Кубани и урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания / В. М. Кильдюшкин, А. П. Бойко, А. Г. Солдатенко [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 7. – С. 25–28.

108. Кильдюшкин, В. М. Влияние различных систем обработки почвы, удобрений и сидеральной культуры на плодородие и урожайность полевых культур в короткоротационном севообороте / В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Т. С. Китайгора, Л. М. Онищенко, А. П. Бойко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 64. – С. 77–82.

109. Кириллова, Е. В. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели выщелоченного чернозема в лесостепи Зауралья / Е. В. Кириллова, О. В. Волынкина, А. Н. Копылов // Перспективы применения средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях: сб. тр. по материалам 47-й Междунар. науч. конф. молодых ученых, специалистов – агрохимиков и экологов. / ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – Москва, 2013. – С. 96–99.

110. Климанов, А. А. Программирование урожая (Постановка и обоснование проблемы) / А. А. Климанов, Г. Е. Листопад, Г. П. Устенко // Труды Волгоградского сельскохозяйственного института. – 1971. – Т. 36. – 574 с.

111. Климова, Е. В. Оптимизационная модель плодородия обыкновенных черноземов Заволжья [влияние системы удобрений] / Е. В. Климова // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2000. – № 4. – С. 806.

112. Клышевская, С. В. Влияние использования удобрений на накопление марганца сельскохозяйственными культурами / С. В. Клышевская, Я. О. Тимофеева, М. Л. Бурдуковский // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2014. – № 5 (177). – С. 72–77.

113. Ковтун, В. И. Высокоурожайный сорт мягкой озимой пшеницы универсального типа Статус / В. И. Ковтун // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (70). – С. 40–43.

114. Комаров, Н. М. Изменчивость основных элементов

продуктивности у сортов озимой мягкой пшеницы / Н. М. Комаров, В. К. Дридигер // Селекция и семеноводство. – 2005. – № 4. – С. 30–33.

115. Королев, В. А. Изменение основных показателей плодородия выщелоченных черноземов под влиянием удобрений / В. А. Королев, Л. Д. Стахурлова // Почвоведение. – 2004. – № 5. – С. 604–611.

116. Косенко, Т. Г. Обоснование программирования урожаев сельскохозяйственных культур / Т. Г. Косенко // Финансовая система новой эпохи: перспективы развития. Актуальные проблемы и приоритетные инновационные направления развития современной науки: сб. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Москва, 2017. – С. 80–82.

117. Крючков, А. Г. Удобрение яровой твердой пшеницы и ее урожайность в Оренбургском Предуралье / А. Г. Крючков, В. И. Елисеев, Р. Р. Абдрашитов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 1. – С. 53–57.

118. Кувшинова, Е. К. Реакция сортов твердой тургидной озимой пшеницы на различные фоны минерального питания / Е. К. Кувшинова, И. В. Афанасьев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1–1. – С. 85–88.

119. Кудряшов, И. Н. Актуальность сортовых структур при производстве озимой пшеницы в современных условиях / И. Н. Кудряшов, Л. А. Беспалова, Д. А. Пономарев // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 1. – С. 9–13.

120. Кузина, Е. В. Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на их фоне на урожайность озимой пшеницы и динамику содержания нитратного азота в пахотном слое чернозема выщелоченного / Е. В. Кузина // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2015. – Т. 1. – № 8. – С. 171–174.

121. Кулаковская, Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т. Н. Кулаковская. – Москва : Агропромиздат,

1990. – 219 с.

122. Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск.: Ураджай, 1978. – 272 с.

123. Кулаковская, Т. Н. Программирование высоких урожаев сельскохозяйственных культур : методические рекомендации. – Минск : Ураджай, 1975. – 42 с.

124. Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополя / М. Т. Куприченков. – Ставрополь : Сервисшкола, 2005. – С.423.

125. Куприченков, М. Т. Химизация и экологическое равновесие почвы / М. Т. Куприченков, Н. Н. Шаповалова, Е. П. Шустикова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 7. – С. 18–20.

126. Леплявченко, Л. П. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного в условиях полевого севооборота / Л. П. Леплявченко, Е. Е. Ерезенко // Сборник научных трудов / Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2013. – С. 105–112.

127. Либих, Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии / Ю. Либих. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1936. – 408 с.

128. Лисогоров, С. Д. Прогнозирование и программирование урожаев сельскохозяйственных культур на полевых землях : лекция. – Херсон, 1978. – 26 с.

129. Листков, В. Ю. Основы программирования урожайности овса в зависимости от различных факторов в условиях Новосибирской области / В. Ю. Листков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 8. – С. 60–65.

130. Листопад, Г. Е. Программирование урожаев зерновых и кормовых культур в орошаемом земледелии / Г. Е. Листопад, А. Ф. Иванов, В. И. Филин // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – Казань : СХИ, 1984. – С. 20–30.

131. Лугаускас, А. Ю. Почвенные грибы в ризосфере кормовых трав / А. Ю. Лугаускас, Д. Ю. Шляужене, Л. И. Микульскене // Экология и

биология низших растений: тезисы докладов IX симпозиума микологов и лишенологов. – Минск : Ураджай, 1982. – С. 83–85.

132. Лукин, С. В. Агроэкологическая оценка многолетней динамики содержания обменного калия в черноземах западной части ЦЧО / С. В. Лукин, И. И. Васенев, А. С. Цыгуткин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 8. – С. 42–46.

133. 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.

134. Малова, А. В. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на урожай культур и агрохимические показатели плодородия выщелоченного тяжелосуглинистого чернозема / А. В. Малова, А. В. Ивойлов, К. А. Костров // Агрохимия. – 1989. – № 12. – С. 12–16.

135. Мальцев, В. Ф. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / В. Ф. Мальцев // Система земледелия Брянской области / под общ. ред. М. Е. Васильева, В. В. Косова, В. Ф. Плотникова. – Брянск, 1982. – С. 170–176.

136. Мальцев, В. Ф. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур в условиях биологизации земледелия / В. Ф. Мальцев, С. А. Бельченко, А. Е. Сорокин, А. В. Прокопенков, С. С. Шапочкин // Программирование урожаев и биологизация земледелия : науч. тр. Брянской ГСХА / Брянская ГСХА. – Брянск. – Вып. 3. – Ч.: «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур», 2007. – С. 81–96.

137. Малюга, Н. Г. Агротехнология, урожай и качество зерна озимой пшеницы на Кубани / Н. Г. Малюга, А. И. Радионов, А. В. Загоруйко – Краснодар : КубГАУ, 2004. – 250 с.

138. Мельник, А. Ф. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы / А. Ф. Мельник, А. Ф. Мартынов / Вестник Орловского

государственного аграрного университета. – 2012. – № 2 (35). – С. 23–27.

139. Мельникова, М. Г. Влияние длительного применения удобрений на динамику подвижных форм фосфора и калия чернозема выщелоченного / М. Г. Мельникова, О. А. Минакова // Плодородие. – 2013. – № 2 (71). – С. 5–7.

140. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, Г. П. Гамзиков [и др.] – Москва : ВНИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

141. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев. – Москва : КолосС, 2004. – 720 с.

142. Минеев, В. Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В. Г. Минеев, Е. Х. Ремпе. – Москва : Росагропромиздат, 1990. – 206 с.

143. Минеев, В. Г. Избранное / В. Г. Минеев. – Москва : МГУ, 2005. – 601 с.

144. Михайлова, Л. А. Агрохимия : курс лекций. В 3 ч. Ч. 2. Научные основы применения удобрений под основные полевые культуры / Л. А. Михайлова. – Пермь : Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. Д. Н. Прянишникова, 2015. – 127 с.

145. Михайлова, Л. А. Агрохимия: курс лекций. В 3 ч. Ч. 2. Научные основы применения удобрений под основные садовые культуры / Л. А. Михайлова. – Пермь : Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. Д. Н. Прянишникова, 2015. – 112 с.

146. Михайлова, Л. А. Особенности питания и удобрение основных сельскохозяйственных культур на почвах Предуралья : учебное пособие / Л. А. Михайлова, Т. А. Кротких. – Пермь : Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. Д. Н. Прянишникова, 2014. – 223 с.

147. Михайлова, Л. А. Структура популяций *Rugenophoratrifici gerentis* из Европейской части России по признакам вирулентности / Л. А. Михайлова, И. Г. Тернюк, Н. В. Мироненко // Микология и фитопатология. – 2007. – Том 41. – Вып. 3. – С. 269–275.

148. Михалев, С. Н. Совершенствование приемов агротехники и

продуктивность озимой пшеницы по подсолнечнику на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Михалев Сергей Николаевич: дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 ; Куюанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина. – Краснодар, 2009. – 279 с.

149. Михно, Л. А. Поражаемость сортов озимой пшеницы листовыми пятнистостями в зависимости от уровня минерального питания и фунгицидной обработки / Л. А. Михно, А. Ю. Ожередова, А. П. Шутко, А. Н. Есаулко // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ (г. Ставрополь, 4–5 октября, 2018 г.). / СтГАУ. – Ставрополь, 2018. – С. 290–293.

150. Михно, Л. А. Фитопатологическая характеристика сорта как иммуногенетический прием интегрированной защиты озимой пшеницы от болезней / Л. А. Михно, А. П. Шутко // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 5. – С. 38–42.

151. Мишустин, Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е. Н. Мишустин. – Москва : Наука, 1972. – 343 с.

152. Мнатсаканян, А. А. Регуляторы роста и микробиоудобрения как элемент технологии при возделывании озимой пшеницы / А. А. Мнатсаканян, Г. В. Чуварлеева, Г. М. Лесовая, П. П. Васюков // Природообустройство. – 2017. – № 2. – С. 88–93.

153. Можаяев, Н. И. Методика программирования урожайности полевых культур. Практикум по растениеводству: учебное пособие / Н. И. Можаяев. – Астана : Фолиант, 2003. – С. 26–67.

154. Можаяев, Н. И. Программирование урожаев культур и основные пути внедрения его элементов в производственную практику / Н. И. Можаяев // Труды ЦСХИ. – 1985. – Т. 65. – С. 3–18.

155. Можаяев, Н. И. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Растениеводство: учебник / Н. И. Можаяев. –

Акмола : Акмолинский аграрный университет им. С. Сейфуллина, 1996. – 252 с.

156. Можаяев, Н. И. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур : учебное пособие / Н. И. Можаяев, Н. А. Серикпаев, Г. Ж. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – С.160

157. 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.

158. Муравин, Э. А. Агрохимия / Э. А. Муравин, В. И. Титова. – Москва: КолосС, 2010. – 463 с.

159. Муравин, Э. А. Агрохимия: учебник для бакалавров / Э. А. Муравин, Л. В. Ромодина, В. А. Литвинский. – Москва : Академия, 2014 – 302 с.

160. Муравин, Э. А. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Э. А. Муравин, Л. В. Обуховская, Л. В. Ромодина.– Москва: КолосС, 2005. – 288 с.

161. Мухортова, У. Д. История развития программирования урожаев сельскохозяйственных культур / У. Д. Мухортова, М. А. Гапурова, К. Е. Кузённая // Лучшая студенческая статья 2018 : сб. ст. XIV Междунар. науч.-исследовательского конкурса : в 4 ч. – Пенза, 2018. – С. 185–187.

162. Мязин, Н. Г. Агрохимические показатели чернозема и урожай озимой пшеницы при комплексном агрохимическом окультуривании / Н. Г. Мязин, Ю. А. Кошелев // Плодородие. – 2009. – № 1 (46). – С. 20–22.

163. Мязин, Н. Г. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под озимой пшеницей при систематическом применении удобрений в севообороте / Н. Г. Мязин, С. Н. Милютин // Химизация и экология в земледелии ЦЧЗ : сб. ст. / Воронежский ГАУ – Воронеж, 1999. – С. 3–11.

164. Неволина, К. Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимых зерновых культур в Предуралье / К. Н.

Неволина // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 27–29.

165. Ожередова А. Ю. Внесение расчетных доз минеральных удобрений для достижения максимальной продуктивности сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / А. Ю. Ожередова // Оптимизация систем удобрений на фоне ресурсосберегающей технологии возделывания озимой пшеницы на юге России : монография / под. Общ. Ред. А. Н. Есаулко [и др.]. – Ставрополь : Агрус, 2017. – С. 153–162.

166. Ожередова, А. Ю. Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях и урожайность зерна озимой пшеницы / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Плодородие. – 2019. – № 4 (109). – С. 6–8.

167. Ожередова, А. Ю. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на получение планируемой урожайности сортов озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, Е. А. Саленко, С. А. Коростылев // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ./ СтГАУ. – Ставрополь, 2018. – С. 85–89.

168. Ожередова, А. Ю. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида, Е. А. Саленко, Е. В. Голосной // Вестник АПК Ставрополья. 2017. – № 4 (28). – С. 115–118.

169. Ожередова, А. Ю. Формирование планируемой урожайности озимой пшеницы на основе оптимизации минерального питания / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 21–23.

170. 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.

171. Осипенко, Д.А. Ресурсосберегающая технология возделывания подсолнечника на орошаемых черноземах обыкновенных : На примере Ростовской области / Осипенко Дмитрий Александрович : дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09. – Новочеркасск, 2000. – 172 с.

172. Османьян, Р. Г. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в севообороте / Р.Г. Османьян // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2007. – № 4. – С. 923.

173. Парахневич, Т. М. Изменение почвенно–агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного и пути их регулирования в парозернопропашном севообороте : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Парахневич Татьяна Михайловна. – Воронеж, 1999. – 212 с.

174. Петров, Л. Н. Характеристика почв Ставропольского края и приемы их улучшения / Л. Н. Петров, М. Т. Куприченков, С. В. Беликова // Научные достижения – сельскому хозяйству : сб. тр. конф. – Ставрополь, 1976. – Вып. III – С.158–169.

175. Петрова, Л. Н. Продуктивность озимой пшеницы в различных почвенноклиматических зонах Северного Кавказа / Л. Н. Петрова, Ф. В. Ерошенко, А. А. Ерошенко // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 12. – С. 80–84.

176. Петрова, Л. Н. Сравнительный анализ продуктивности колоса и качества зерна разных сортов озимой пшеницы / Л. Н. Петрова, И. Г. Орлова, Н. В. Дуденко // Пути повышения качества зерна сельскохозяйственных культур : сб. науч. тр. – Ставрополь : Ставропольская краевая типография, 1999. – С. 40–44.

177. Петрушкина, С. А. Влияние психротолерантного штамма бактерий UOZK2 на интенсивность развития корневой гнили и листовой пятнистости яровой пшеницы / С. А. Петрушкина, С. В. Хижняк // Лучшая

научная статья 2018 : сб. ст. XVIII Междунар. научно-исследовательского конкурса. – Пенза, 2018. – С. 12–17.

178. Пивоварова, Е. Г. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края / Е. Г. Пивоварова, Е. В. Кононцева, Ж. Г. Хлуденцов, Е. С. Попова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 8 (166). – С. 40–47.

179. Пикушова, Э. А. Влияние агротехнических приемов на поражение озимой пшеницы сорта фортуна мучнистой росой / Э. А. Пикушова, Н. А. Москалева, С. К. Пшидаток, В. В. Захаров // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / КубГАУ. – Краснодар, 2013. – С. 100–103.

180. Пимонов, К. И. Оценка производства зернобобовых культур с учетом климатических ресурсов Ростовской области / К. И. Пимонов, Д. Ф. Ионов, С. В. Матузков // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур : сб. тр. по материалам Всероссийской науч.-практ. конф. / ДонГАУ. – Персиановский, 2017. – С. 125–130.

181. Поветкин, В. А. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота и изменение агрохимических показателей дерново–подзолистой среднесуглинистой почвы Центрального района России : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Поветкин Владимир Анатольевич ; Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева. – Москва, 2010. – 140 с.

182. Подколзин, О. А. Агрохимическое обследование почвы – основа оценки состояния плодородия чернозема / О. А. Подколзин, А. А. Застрожная, Л. М. Онищенко // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 95–летию КубГАУ. / Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2017. – С. 328–332.

183. Романенко, А. А. Экономическая эффективность производства зерна на основе новых сортов озимой пшеницы селекции КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко / А. А. Романенко, Л. А. Беспалова, Д. В. Котляров // Достижения

науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 3. – С. 15–18.

184. Рухович, О. В. Оптимизация параметров прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с использованием многофакторных моделей и гис-технологий на основе полевых опытов с удобрениями Агрохимслужбы и Геосети : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.04 / Рухович Ольга Владимировна ; Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова. – Москва, 2016. – 44 с.

185. Савельев, В. А. Программированное изучение растениеводства : учебное пособие / Савельев В.А. – Кострома : издательство: КГСХА, 2010. – 207 с.

186. Саленко, Е. А. Влияние минеральных удобрений на динамику обменного калия на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / Е. А. Саленко, А. Н. Есаулко, А. Ю. Ожередова // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе: сб. науч. тр. по материалам 81-й науч.-практ. конф. (г. Ставрополь, 12–15 апреля, 2016 г.). / СтГАУ. – Ставрополь, 2016. – С. 142–143.

187. Саленко, Е. А. Программирование урожайности озимой пшеницы в зоне умеренного увлажнения на основе оптимизации применения минеральных удобрений : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Саленко Елена Александровна ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2016. – 162 с.

188. Самотаева, Н. В. Программирование урожайности разных по скороспелости сортов картофеля в условиях Верхневолжья : дис ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Самотаева Наталья Владиславовна ; Тверская государственная сельскохозяйственная академия. – Тверь, 2009. – 267 с.

189. Сандухадзе, Б. И. Влияние азотных подкормок на содержание азота в почве и растениях озимой пшеницы / Б. И. Сандухадзе, Б. П. Лобода,

Д. Ф. Асхадуллин, Е. В. Журавлева // *Агрохимический вестник*. – 2006. – № 1. – С. 10–12.

190. Симонова, О. А. Динамика подвижных соединений цинка в дерново–подзолистой почве под влиянием удобрений / О. А. Симонова, О. А. Чеглакова // *Биодиагностика состояния природных и природно–техногенных систем : сб. тр. по материалам. XVI Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. / Вятский ГАУ. – Киров, 2018. – С. 307–310.*

191. Скоблина, В. И. Влияние элементов технологий возделывания на поражение озимой пшеницы сортов юна и руфа корневыми гнилями / В. И. Скоблина // *Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал*. – 2001. – № 4. – С. 943.

192. Слепченко, П. П. Действие некорневой подкормки марганцем и цинком на урожайность озимой пшеницы, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / П. П. Слепченко, И. А. Лебедевский, И. В. Шабанова // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам X Всеросс. конф. молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. / Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2017. – С. 46–47.*

193. Смирнов, П. М. *Агрохимия* / П. М. Смирнов, Э. Л. Муравин. – Москва : Колос, 1977. – 240 с.

194. Сокаев, К. Е. Реакция среды и химическая мелиорация почв / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев, Х. П. Кокоев, Р. М. Сокаева, З. А. Кубатиева // *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2017. – Т. 54. – № 1. – С. 36–41.

195. Сорокина, О. Ю. Научное обоснование оптимальных параметров плодородия дерново–подзолистых почв и применение агрохимических средств при возделывании льна–долгунца в Центральном Нечерноземье : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04/ Сорокина Ольга Юрьевна ; Всероссийский научно–исследовательский институт сельского хозяйства ЦНЗ. – Торжок, 2007. – 237с.

196. Сорты пшеницы и тритикале: каталог / ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»; редколлегия: А. А. Романенко [и др.]. – Краснодар: ЭДВИ. – 2018. – 164 с.

197. Стукалов, Р. С. Влияние технологии обработки почвы и удобрений на продуктивность озимой пшеницы при возделывании на чернозёме обыкновенном Центрального Предкавказья / Р. С. Стукалов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5 (55). – С. 8–11.

198. Стукалов, Р. С. Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от технологий в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Р. С. Стукалов // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 2 (6). – С. 107–121.

199. Судникова, В. П. Влияние районированных сортов озимой пшеницы на видовую структуру возбудителей септориоза в ЦЧР / В. П. Судникова, А. М. Пучнин, Ю. В. Зеленева, А. А. Кашковский // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2010. – Т. 15. – № 5. – С. 1570–1571.

200. Сухов, А. Н. Севооборот: старые истины и новые проблемы / А. Н. Сухов // Вестник АПК Волгоградской области. – 2010. – № 3. – С. 21–23.

201. Сухова, О. В. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах Волгоградской области / О. В. Сухова, В. В. Болдырев, А. В. Акулов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 4. – С. 20–21.

202. 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. Международный саммит молодых учёных : сб. тр. конф. – Краснодар, 2016. – С. 202–206.

203. Торикив, В. Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. Е. Торикив, А. А. Осипов //

Агрохимический вестник. – 2015. – № 5. – С. 7–9.

204. Торикив, В. Е. Урожайность и качество зерна современных сортов озимой пшеницы на юго–западе центрального региона России / В. Е. Торикив, О. В. Мельникова, Н. С. Шпилёв, В. В. Мамеев, А. А. Осипов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 48. – № 1. – С. 260–267.

205. Тхакахова, А. К. Взаимосвязь биохимических и микробиологических показателей чернозема обыкновенного каменной степи в условиях длительного агрохимического опыта / А. К. Тхакахова, Е. С. Василенко, О. В. Кутовая // Почвоведение в России: вызовы современности, основные направления развития материалы : сб. тр. Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием к 85-летию Почвенного института им. В.В. Докучаева. / Почвенный институт имени В. В. Докучаева. – Москва, 2012. – С. 456–461.

206. Тюрин, А. Н. Восстановление почвенного плодородия чернозема южного в условиях заповедного режима Оренбургского государственного природного заповедника / А. Н. Тюрин // Самарский научный вестник. – 2018. – Т. 7. – № 2 (23). – С. 126–129.

207. Удовыдченко, В. И. Организационно–экономические аспекты повышения устойчивости производства зерна в засушливых регионах : монография / В. И. Удовыдченко, А. В. Удовыдченко. – Ставрополь: ОАО "Буденновская типография, 2004. – 201 с.

208. Устименко, Е. А. Роль минеральных удобрений при программировании урожая озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е. А. Устименко, А. Н. Есаулко, А. И. Подколзин, И. О. Лысенко // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 967.

209. Фатыхов, И. Ш. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур в условиях Западного Предгорья. учебное пособие. – Ижевск : Ижевский сельскохозяйственный институт, 1991. – 68 с.

210. Фурсова, А. Ю. Влияние агрохимических и агротехнических

приёмов на продуктивность озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / А. Ю. Фурсова, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной. – Ставрополь : АГРУС, 2016. – 163 с.

211. Фурсова, А. Ю. Влияние систем удобрения, способов и приёмов обработки почвы на плодородие чернозёма выщелоченного в посевах озимой пшеницы Ставропольской возвышенности / Фурсова А. Ю., Есаулко А. Н. // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – № 4 (20). – С. 175–179.

212. Хрипунов, А. И. Влияние предшественников и условий минерального питания на экономическую эффективность возделывания сортов озимой пшеницы / А. И. Хрипунов, Н. А. Галушко, А. Н. Маковкин // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 6 (85). – С. 15–16.

213. Цховребов, В. С. Почвы и климат Ставрополья / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – № 2. – С. 21–34.

214. Цховребов, В. С. Системы земледелия Ставропольского края / В. С. Цховребов // Почвы и климат Ставрополья. – Ставрополь : Агрус, 2011. – С. 85–151.

215. Цховребов, В. С. Урожайность озимой пшеницы, кадастровая стоимость и балл бонитета почв Ставропольского края / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, А. М. Никифорова, А. Н. Марьин // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. приуроч. к 65–летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. / СтГАУ. – Ставрополь, 2018. – С. 381–385.

216. Чевердин, Ю. И. Критерии обеспеченности черноземных почв нитратным азотом в агроландшафтах ЦЧЗ / Ю. И. Чевердин, В. А. Беспалов, Т. В. Титова // Центральный научный вестник. – 2018. – Т. 3. – № 20 (61). – С. 39–41.

217. Чекаев, Н. П. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях прямого посева / Н. П. Чекаев, Е. О. Кочмина // Нива Поволжья. – 2018. – №

1 (46). – С. 90–96.

218. Чекмарев, П. А. Влияние системного применения минеральных удобрений на содержание гумуса в черноземе обыкновенном / П. А. Чекмарев, С. В. Обущенко, Н. М. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 6. – С. 32–34.

219. Чекмарёв, П. А. Мониторинг плодородия пахотных почв центрально–черноземных областей России / П. А. Чекмарёв, С. В. Лукин // Агрохимия. – 2013. – № 4. – С. 11–22.

220. Чернавский, Н. П. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – Москва : ВСХИЗО, 1979. – С.48.

221. Чулкина, В. А. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов. – Москва : Колос, 2009. – 670 с.

222. Шадских, В. А., Кижаяева, В. Е. Выращивание сельскохозяйственных культур по заданной программе // Аграрный научный журнал. – 2008. – № 8. – С. 46–49.

223. Шаповалова, Н. Н. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова, Е. А. Менькина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5 (73). – С. 43–46.

224. Шаповалова, Н. Н. Влияние 30-летнего применения и последствия минеральных удобрений на продуктивность чернозема обыкновенного в условиях Ставрополя / Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 65–летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. / СтГАУ. – Ставрополь, 2018. – С. 125–128.

225. Шатилов И. С. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / И. С. Шатилов, Т. Н. Кулаковская, С. Д. Лысогоров [и др.]. – Москва : Колос, 1975. – 429 с.

226. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агрохимические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, Д. Ф. Чудновский. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. – 320 с.

227. Шатилов, И. С. Как получить запрограммированный урожай пшеницы / И. С. Шатилов, М. К. Каюмов // Сельское хозяйство России. – 1970. – № 12. – С. 20–21.

228. Шатилов, И. С. Принципы программирования урожайности / И. С. Шатилов. – Вестник сельскохозяйственной наук. – 1973. – № 3. – С. 8–14.

229. Шахова, О. А. Программирование урожая сельскохозяйственных культур : учебное пособие / О. А. Шахова, Л. И. Якубышина. – Тюмень : Изд-во «Титул», 2018. – 96 с.

230. Шеуджен, А. Х. Состояние почв после длительного использования минеральных удобрений на выщелоченных черноземах в агроландшафте Западного Кавказа / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева, В. В. Дроздова, И. А. Лебедевский // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). Том 2. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах / под редакцией академика РАН В. Г. Сычева, Л. Мюллера. – Москва : изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. – С. 126–130.

231. Шеуджен, А. Х. Агрохимия чернозема / А. Х. Шеуджен. – Майкоп : ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 232 с.

232. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева, В. В. Дроздова, И. А. Лебедевский, М. А. Осипов, С. В. Есипенко // Агрохимия. – 2017. – № 5. – С. 3–11.

233. Шеуджен, А. Х. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур, возделываемых на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, А. И. Столяров, Л. П. Леплявченко [и др.] // Труды КубГАУ. –

2008. – Вып. 431 (459). – С. 160–184.

234. 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 (82). – С. 4–7.

235. Шеуджен, А. Х. Ферментативная активность чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений / А. Х. Шеуджен, С. А. Кольцов, О. А. Гуторова, И. А. Лебедевский, Л. М. Онищенко, М. А. Осипов, С. В. Есипенко // Наука Кубани. – 2017. – № 1. – С. 35.

236. Ширяева, О. Ю. Содержание цинка и меди в почве и растении в разные периоды вегетации / О. Ю. Ширяева // Бутлеровские сообщения. – 2019. – Т. 57. – № 2. – С. 79–84.

237. Шихова, Л. Н. Изменение содержания подвижных соединений Mn в подзолистых почвах в течение вегетационного периода / Л. Н. Шихова, О. А. Зубкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2012. – № 2 (27). – С. 35–39.

238. Юсина, Т. Г. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений в центральной зоне Краснодарского края / Т. Г. Юсина, Ю. А. Затолокина, А. А. Макаренко, А. А. Архипенко // Актуальные вопросы научных исследований : сб. науч. тр. по материалам Междунар. (заочной) науч.-практ. конф. – Душанбе, 2018. – С. 47–49.

239. Яговенко, Г. А. Фосфатный режим серой лесной почвы в севооборотах с люпином / Г. А. Яговенко // Агрехимический вестник. – 2010. – № 3. – С. 9–11.

240. Ягодин, Б. А. Агрехимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – Москва : Колос, 2002. – 584 с.

241. Янова, М. А. Мониторинг качества зерна пшеницы в условиях Ужурского района Красноярского края / М. А. Янова, Е. Ю. Чеботарева, Т. С.

Иванова // Инновационные тенденции развития российской науки : сб тр. по материалам IV Междунар. (заочной) науч.–практ. конф. молодых ученых. / Красноярский ГАУ. – Красноярск, 2011. – С. 108–110.

242. Anderson, E. Contract design in agriculture supply chains with random yield / E. Anderson, M. Monjardino // *European Journal of Operational Research*. – 2019. – Vol. 277 (3). – P. 1072–1082.

243. Cadot, S. Critical plant and soil phosphorus for wheat, maize, and rapeseed after 44 years of P fertilization / S. Cadot, G. Belanger, N. Ziadi, C. Morel, S. Sinaj // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. – 2018. – Vol. – 112 (3). – P. 417–433.

244. Chen, K. A simple and parsimonious generalised additive model for predicting wheat yield in a decision support tool / K. A. Chen, R. A. O'Leary, F. H. Evans // *Agricultural Systems*. – 2019. – Vol. 173. – P. 140–150.

245. Dong, Z. Photosynthetic characteristics and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to fertilizer, precipitation, and soil water storage before sowing under the ridge and furrow system: A path analysis / Z. Dong, X. Zhang, J. Li, et al. // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2019. – Vol. 272–273. – P. 12–19.

246. Esaulko, A. N. Introduction of Calculated Doses of Mineral Fertilizers to Achieve Maximum Productivity of Winter Wheat Varieties on Chernozem Leached Stavropol Upland / A. N. Esaulko, A. Y. Ozheredova, M. S. Sigida, A. V. Voskoboinikov, O. A. Podkolzin // *Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences*. – 2017. – Vol. 8 (6). – P. 778–781.

247. Meyer-Aurich, A. Effects of uncertainty and farmers' risk aversion on optimal N fertilizer supply in wheat production in Germany / A. Meyer-Aurich, Y. N. Karatay // *Agricultural Systems*. – 2019. – Vol. 173. – P. 130–139.

248. Salenko, E. A. The effect of settlement doses of mineral fertilizers on the dynamics of productive moisture of leached chernozem of Stavropol Upland / E. A. Salenko, A. N. Esaulko, M. S. Sigida, O. A. Podkolzin, L. N. Petrova // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2016. – С 2. – С. 140–142.

249. Santillano-Cazares, J. Assessment of fertilizer management strategies aiming to increase nitrogen use efficiency of wheat grown under conservation agriculture / J. Santillano-Cazares, F. Nunez-Ramirez, C. Ruiz-Alvarado, M. E. Cardenas-Castaneda, I. Ortiz-Monasterio // *Agronomy*. – 2018. – Vol. 8 (12). – article number. – 304.
250. Senapati, N. Assessing yield gap in high productive countries by designing wheat ideotypes / N. Senapati, M. A. Semenov, // *Scientific Reports*. – 2019 – Vol. 9 (1). – A. 5516.
251. Shi, N. Water pollution risk from nitrate migration in the soil profile as affected by fertilization in a wheat–maize rotation system / N. Shi, Y. Zhang, Y. Li, et al. // *Agricultural Water Management*. – 2018 – Vol. 210. – P. 124–129.
252. Singh, D. K. Wheat response to no–tillage and nitrogen fertilization in a long-term faba bean-based rotation / D. K. Singh, P. C. Pandey, G. Nanda, S. Gupta // *Agronomy*. – 2019. – Vol. 9 (2). – A. 50.
253. Zhang, Q. Effects of cover crop and N fertilization on soil moisture and crop yield in a dryland winter wheat field / Q. Zhang, J. Wang, // *Agricultural Research in the Arid Areas*. – 2019. – Vol. 36 (6). – P. 120–124.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение 1 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги (мм)  
в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,09	В, НСР <sub>05</sub> =0,9	D, НСР <sub>05</sub> =0,5
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	31,4	36,3	32,7	28,7	26,0	30,2	29,3	29,2
		20-40	29,2	37,8	30,5	26,4	26,9			28,3
	Гром	0-20	30,3	33,9	30,9	27,8	26,4		28,3	
		20-40	28,7	35,2	28,8	27,4	27,8			
	Доля	0-20	29,5	34,6	31,9	29,2	27,5		28,6	
		20-40	27,3	36,3	30,4	30,5	27,0			
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	30,4	35,5	30,7	27,6	25,4	29,2		
		20-40	27,6	40,0	27,6	26,5	26,4			
	Гром	0-20	29,8	34,9	29,5	27,4	24,5			
		20-40	28,7	35,2	26,7	25,7	25,3			
	Доля	0-20	28,6	32,8	30,8	28,3	26,1			
		20-40	26,8	34,7	28,6	27,8	27,4			
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	29,8	36,9	29,4	26,1	23,7	28,2		
		20-40	26,6	39,3	26,3	24,9	24,5			
	Гром	0-20	28,9	35,8	28,7	25,9	24,1			
		20-40	29,0	33,7	25,3	24,5	24,0			
	Доля	0-20	27,9	34,6	29,4	26,1	24,3			
		20-40	26,7	34,4	27,1	25,1	23,5			
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	30,0	36,2	28,5	24,6	23,6	27,2		
		20-40	26,4	38,5	25,4	23,9	23,5			
	Гром	0-20	27,9	35,1	27,2	23,8	23,3			
		20-40	27,5	32,9	24,3	23,1	22,4			
	Доля	0-20	27,3	34,0	28,3	25,3	22,9			
		20-40	26,1	33,3	26,0	22,8	22,3			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,2			28,4	35,5	28,5	26,2	25,0	НСР <sub>05</sub> = 2,24		

**Приложение 2 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги (мм) в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,0	В, НСР <sub>05</sub> = 1,2	D, НСР <sub>05</sub> =0,6
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	35,4	40,1	36,5	32,4	29,7	33,9	32,9	32,8
		20-40	32,8	41,3	33,9	30,6	30,4			32,0
	Гром	0-20	33,7	37,6	34,6	31,7	30,6		31,9	
		20-40	31,6	38,8	32,8	31,9	31,4			
	Доля	0-20	33,2	37,9	35,1	32,9	31,0		32,3	
		20-40	31,5	39,8	33,9	34,2	30,9			
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	33,9	38,8	34,3	31,2	29,4	32,9		
		20-40	31,7	43,5	31,3	30,3	30,3			
	Гром	0-20	32,9	37,9	33,2	31,2	28,2			
		20-40	32,0	38,4	30,3	29,4	28,4			
	Доля	0-20	32,4	36,5	34,1	32,7	30,6			
		20-40	30,2	38,7	32,4	31,6	30,9			
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	33,5	40,3	33,2	29,9	27,1	32,9		
		20-40	30,7	42,9	30,2	28,5	28,5			
	Гром	0-20	32,4	39,2	32,1	29,8	27,8			
		20-40	32,1	37,5	29,3	28,3	27,4			
	Доля	0-20	31,5	38,5	32,9	29,5	28,3			
		20-40	30,7	37,9	31,1	28,4	27,2			
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	32,5	39,8	32,7	28,7	27,1	30,9		
		20-40	29,7	42,0	29,1	27,8	27,4			
	Гром	0-20	31,4	38,4	30,9	27,3	27,0			
		20-40	30,9	36,6	28,4	27,0	26,9			
	Доля	0-20	30,5	37,5	31,8	29,2	26,8			
		20-40	29,7	36,3	29,6	26,8	26,3			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,4			32,0	39,0	32,2	30,1	28,7	НСР <sub>05</sub> = 2,6		

**Приложение 3 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги (мм)  
в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,6	В, НСР <sub>05</sub> =0,8	D, НСР <sub>05</sub> =0,5
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	16,9	22,0	18,1	14,2	11,8	15,8	15,0	14,8
		20-40	14,8	23,8	16,0	12,3	12,9			14,0
	Гром	0-20	15,8	20,0	17,0	12,8	12,3		13,8	
		20-40	14,1	20,2	13,1	12,7	13,4			
	Доля	0-20	15,1	19,9	17,0	15,3	12,6		14,3	
		20-40	13,2	22,0	16,1	16,6	12,9			
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	16,1	20,8	16,6	13,2	11,5	14,8		
		20-40	14,2	24,8	13,3	12,2	12,3			
	Гром	0-20	14,4	19,0	15,6	13,7	10,3			
		20-40	14,0	18,2	12,6	11,2	11,4			
	Доля	0-20	14,0	18,9	16,1	13,7	12,3			
		20-40	13,2	20,8	14,0	13,8	12,8			
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	15,3	22,4	15,7	12,1	10,1	14,0		
		20-40	12,3	25,2	12,8	11,1	10,3			
	Гром	0-20	14,0	21,3	14,2	11,8	10,2			
		20-40	14,2	18,5	11,1	10,5	10,4			
	Доля	0-20	12,9	20,5	15,1	12,5	10,4			
		20-40	11,9	19,8	13,8	11,6	9,3			
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	13,7	22,1	13,5	10,3	9,6	12,9		
		20-40	11,7	24,2	11,5	9,8	9,4			
	Гром	0-20	13,6	21,0	13,3	10,1	9,1			
		20-40	13,0	18,4	10,0	9,0	7,7			
	Доля	0-20	12,4	19,7	14,0	11,2	8,8			
		20-40	11,7	18,6	11,9	8,6	8,1			
С, НСР <sub>05</sub> = 0,9			13,9	20,9	14,3	12,1	10,8	НСР <sub>05</sub> = 1,5		

**Приложение 4 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-40 см, среднее по трем сортам (мм) в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сроки отбора, В					А, НСР <sub>05</sub> =1,9
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	59,0	71,6	61,7	56,7	53,9	60,6
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	57,3	71,0	58,0	54,4	51,7	58,5
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	56,3	71,6	55,4	50,9	48,0	56,4
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	55,1	70,0	53,2	47,8	46,0	54,4
В, НСР <sub>05</sub> = 3,5	56,9	71,1	57,1	52,5	49,9	НСР <sub>05</sub> = 4,9

**Приложение 5 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-40 см, среднее по трем сортам (мм) в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сроки отбора, В					А, НСР <sub>05</sub> =2,1
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	66,1	78,5	68,9	64,6	61,3	67,9
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	64,4	77,9	65,2	62,1	59,3	65,8
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	63,6	78,8	62,9	58,1	55,4	63,8
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	61,6	76,9	60,8	55,6	53,8	61,7
В, НСР <sub>05</sub> = 3,6	63,9	78,0	64,5	60,1	57,5	НСР <sub>05</sub> = 5,0

**Приложение 6 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-40 см, среднее по трем сортам (мм) в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сроки отбора, В					А, НСР <sub>05</sub> =1,3
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	30,0	42,6	32,4	28,0	25,3	31,7
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	28,6	40,8	29,4	25,9	23,5	29,8
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	26,9	42,6	27,6	23,2	20,2	28,1
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	25,4	41,3	24,7	20,0	17,6	25,8
В, НСР <sub>05</sub> = 2,6	27,7	41,8	28,5	24,3	21,7	НСР <sub>05</sub> = 4,3

**Приложение 7 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,18	В, НСР <sub>05</sub> = 0,10	D, НСР <sub>05</sub> =0,22
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	6,54	6,41	5,95	5,94	6,32	6,20	6,03	
		20-40	6,85	6,68	6,24	6,25			6,34	
	Гром	0-20	6,40	6,32	5,91	5,94		6,10	6,19	
		20-40	6,81	6,66	6,34	6,22		6,49		
	Доля	0-20	6,43	6,32	6,00	5,97		6,07	6,17	
		20-40	6,81	6,67	6,48	6,31		6,38		
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	6,44	6,26	5,73	5,89	6,24			
		20-40	6,82	6,54	6,32	6,25			6,37	
	Гром	0-20	6,50	6,25	5,80	5,89		6,01		
		20-40	6,89	6,54	6,41	6,30		6,30		
	Доля	0-20	6,71	6,38	5,82	5,81		6,13		
		20-40	6,27	6,24	6,24	6,00		6,31		
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	6,24	6,15	5,70	5,81	6,09			
		20-40	6,65	6,50	6,08	6,12			6,25	
	Гром	0-20	6,31	6,11	5,75	5,61		5,94		
		20-40	6,54	6,30	6,13	5,95		6,04		
	Доля	0-20	6,22	6,10	5,76	5,64		5,80		
		20-40	6,54	6,33	6,14	5,98		6,07		
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	6,10	5,99	5,81	5,74	6,08			
		20-40	6,41	6,31	6,12	6,01			6,15	
	Гром	0-20	6,20	6,05	5,79	5,60		5,94		
		20-40	6,59	6,43	6,20	5,94		6,23		
	Доля	0-20	6,17	5,97	5,84	5,71		5,95		
		20-40	6,52	6,38	6,11	5,92		6,11		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,15			6,50	6,33	6,03	5,95	6,12	НСР <sub>05</sub> = 0,42		

**Приложение 8 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,16	В, НСР <sub>05</sub> = 0,10	D, НСР <sub>05</sub> =0,21
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	6,50	6,39	5,93	5,91	6,31	6,17	6,01	
		20-40	6,82	6,64	6,22	6,23			6,32	
	Гром	0-20	6,37	6,30	5,90	5,91			6,07	
		20-40	6,80	6,65	6,32	6,20			6,46	
	Доля	0-20	6,41	6,30	5,99	5,95			6,04	6,15
		20-40	6,80	6,62	6,46	6,28			6,34	
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	6,42	6,25	5,71	5,87	6,23			
		20-40	6,80	6,51	6,31	6,23				6,34
	Гром	0-20	6,48	6,23	5,77	5,88				6,00
		20-40	6,87	6,52	6,39	6,24				6,28
	Доля	0-20	6,97	6,35	5,80	5,78				6,10
		20-40	6,25	6,22	6,23	5,96				6,27
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	6,21	6,13	5,68	5,78	6,06			
		20-40	6,63	6,47	6,07	6,10				6,23
	Гром	0-20	6,30	6,10	5,73	5,57				5,90
		20-40	6,53	6,28	6,11	5,93				6,00
	Доля	0-20	6,20	6,08	5,74	5,60				5,77
		20-40	6,52	6,32	6,13	5,95				6,04
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	6,08	5,96	5,80	5,70	6,05			
		20-40	6,40	6,30	6,10	5,97				6,11
	Гром	0-20	6,17	6,02	5,77	5,55				5,90
		20-40	6,58	6,41	6,18	5,89				6,21
	Доля	0-20	6,15	5,95	5,83	5,68				5,93
		20-40	6,51	6,36	6,10	5,90				6,08
С, НСР <sub>05</sub> = 0,20			6,49	6,31	6,01	5,92	6,09	НСР <sub>05</sub> = 0,38		

**Приложение 9 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику реакции почвенного раствора (ед.) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,22	В, НСР <sub>05</sub> = 0,16	D, НСР <sub>05</sub> =0,20
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	6,67	6,49	6,03	6,06	6,27	6,45	6,30	6,13
		20-40	6,94	6,78	6,44	6,33	6,47			6,44
	Гром	0-20	6,52	6,49	5,98	6,12	6,19		6,30	
		20-40	6,79	6,79	6,45	6,27	6,64			
	Доля	0-20	6,66	6,49	6,10	6,08	6,19		6,26	
		20-40	6,88	6,81	6,59	6,40	6,48			
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	6,55	6,30	5,87	5,85	6,02	6,33		
		20-40	6,87	6,75	6,36	6,33	6,49			
	Гром	0-20	6,61	6,33	5,92	6,02	6,08			
		20-40	7,03	6,65	6,49	6,42	6,41			
	Доля	0-20	6,51	6,47	5,87	5,90	6,19			
		20-40	6,38	6,29	6,34	6,13	6,41			
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	6,45	6,23	5,81	5,90	5,96	6,20		
		20-40	6,91	6,62	6,24	6,17	6,42			
	Гром	0-20	6,38	6,18	5,71	5,71	6,07			
		20-40	6,73	6,41	6,21	6,03	6,17			
	Доля	0-20	6,33	6,15	5,90	5,77	5,89			
		20-40	6,65	6,55	6,24	6,07	6,19			
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	6,15	6,05	5,88	5,87	6,05	6,17		
		20-40	6,45	6,38	6,23	6,11	6,25			
	Гром	0-20	6,32	6,26	5,93	5,74	6,07			
		20-40	6,63	6,51	6,25	6,08	6,37			
	Доля	0-20	6,25	6,08	5,94	5,80	6,03			
		20-40	6,56	6,46	6,18	5,97	6,20			
С, НСР <sub>05</sub> = 0,16			6,59	6,44	6,12	6,05	6,23	НСР <sub>05</sub> = 0,56		

**Приложение 10 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики реакции почвенного раствора (ед.) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11
1										
0,282427458	1									
0,864511006	0,463495935	1								
0,192702406	0,554570387	0,436672054	1							
0,262668399	0,322964269	0,382032263	0,3597596	1						
0,641369163	0,645103916	0,757744051	0,4274311	0,4745715	1					
0,606129678	0,623794806	0,794479324	0,5280483	0,4835501	0,810155974	1				
0,554287176	0,823248879	0,739952584	0,5300084	0,439621	0,853397747	0,894160521	1			
0,662382606	0,233457695	0,759784182	0,3260202	0,3462935	0,623195521	0,687100583	0,497336378	1		
0,602190279	0,578214433	0,807566151	0,5696638	0,4355691	0,776768495	0,857498963	0,794403998	0,65242712	1	
-0,71823302	-0,573336706	-0,854007598	-0,448634	-0,398797	-0,73304269	-0,77018983	-0,7822115	0,59785745	-0,699874	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,998386153
R-квадрат	0,996353046
Нормированный R-квадрат	0,741313328
Стандартная ошибка	1,094411481
Наблюдения	48

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	10	173,2968749	17,32968749	14,46869793	5,5962E-10
Остаток	37	44,31625015	1,19773649		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	70,58828687	9,656148203	8,656483425	2,00718E-10	64,0230722	103,1535016	64,02307216	103,1535016
Переменная X 1	-0,18067559	1,897286224	-0,095228431	0,924647276	-4,02494264	3,663591457	-4,024942637	3,663591457
Переменная X 2	-0,757244714	1,77027578	-0,427755224	0,671308833	-4,34416416	2,82967473	-4,344164158	2,82967473
Переменная X 3	-10,31226605	3,307424027	-3,117914718	0,003516628	-17,0137437	-3,61078842	-17,01374368	-3,610788415
Переменная X 4	-0,354643683	1,047193446	-0,338661099	0,736779478	-2,47645915	1,767171785	-2,476459151	1,767171785
Переменная X 5	-0,474240616	1,171361454	-0,404862747	0,687909652	-2,84764437	1,899163135	-2,847644367	1,899163135
Переменная X 6	-0,156546184	2,761844631	-0,056681749	0,95510371	-5,75257496	5,439482593	-5,75257496	5,439482593
Переменная X 7	-1,985663132	3,722753834	-0,533385558	0,596956482	-9,52867889	5,557352628	-9,528678892	5,557352628
Переменная X 8	-3,334623789	4,413436734	-0,755561706	0,454695377	-12,277096	5,607848458	-12,27709604	5,607848458
Переменная X 9	1,304040238	2,492468457	0,523192273	0,603959916	-3,74618056	6,354261039	-3,746180563	6,354261039
Переменная X 10	3,711934615	2,469145574	1,50332757	0,141242898	-1,29102954	8,714898767	-1,291029537	8,714898767

**Приложение 11 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,6	В, НСР <sub>05</sub> = 1,6	D, НСР <sub>05</sub> =1,6
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	9,0	23,4	24,5	17,3	15,3	16,2	23,1	23,6
		20-40	10,2	23,6	18,2	15,5	11,7			21,1
	Гром	0-20	10,3	20,7	21,1	15,8	13,9		22,2	
		20-40	11,4	21,1	15,7	14,3	11,0			
	Доля	0-20	11,0	20,5	21,6	15,6	15,5		21,8	
		20-40	11,1	22,2	16,7	15,0	11,9			
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	12,7	29,3	28,2	23,6	21,6	21,3		
		20-40	14,1	29,0	24,4	17,4	19,5			
	Гром	0-20	14,3	26,0	26,5	22,0	19,7			
		20-40	15,0	27,8	23,7	16,5	18,8			
	Доля	0-20	14,1	25,3	26,4	20,4	19,4			
		20-40	13,8	28,7	24,5	16,3	19,1			
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	15,5	33,4	31,6	27,2	26,5	24,0		
		20-40	14,9	31,6	26,3	21,9	21,4			
	Гром	0-20	17,0	31,1	30,3	25,7	22,0			
		20-40	16,7	31,0	26,7	19,5	19,3			
	Доля	0-20	15,9	29,8	29,0	25,6	20,7			
		20-40	15,6	30,4	25,5	20,7	17,7			
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	21,6	37,7	36,3	31,4	29,8	28,0		
		20-40	19,7	35,6	27,5	23,0	23,6			
	Гром	0-20	22,0	37,7	35,2	29,4	28,8			
		20-40	20,6	35,8	26,4	22,6	23,5			
	Доля	0-20	19,9	35,0	31,7	29,7	26,4			
		20-40	20,4	35,9	25,8	23,4	22,2			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,8			15,3	29,3	26,0	21,2	20,0	НСР <sub>05</sub> = 2,4		

**Приложение 12 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,8	В, НСР <sub>05</sub> = 1,8	D, НСР <sub>05</sub> =1,8
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	9,7	24,0	25,3	18,6	15,7	17,0	24,1	24,5
		20-40	10,6	24,4	19,4	16,0	12,9			22,0
	Гром	0-20	11,2	21,6	22,0	16,5	14,6		23,1	
		20-40	12,7	21,5	16,7	15,0	11,8			
	Доля	0-20	11,5	21,3	22,5	16,7	16,5		22,6	
		20-40	12,0	23,5	17,9	15,9	12,9			
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	13,9	29,7	29,5	24,4	22,4	22,1		
		20-40	15,1	29,9	25,2	18,6	20,3			
	Гром	0-20	15,5	26,5	27,4	22,6	20,7			
		20-40	15,9	28,4	24,7	17,7	19,6			
	Доля	0-20	14,7	26,5	27,2	20,4	20,3			
		20-40	14,4	29,3	25,3	17,5	20,0			
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	16,6	34,7	32,4	28,1	27,4	24,9		
		20-40	15,9	32,9	27,8	22,2	22,6			
	Гром	0-20	18,2	31,5	31,2	26,4	22,9			
		20-40	17,6	32,0	27,5	20,5	20,1			
	Доля	0-20	16,5	30,3	30,3	26,0	21,7			
		20-40	16,0	31,1	26,4	21,3	18,7			
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	22,5	38,6	37,9	32,4	30,8	28,9		
		20-40	20,8	36,8	28,8	23,9	24,6			
	Гром	0-20	23,3	38,7	36,7	29,7	29,6			
		20-40	21,5	36,6	27,7	23,8	24,2			
	Доля	0-20	20,2	35,8	32,9	30,4	27,0			
		20-40	21,4	36,4	26,9	23,8	23,4			
С, НСР <sub>05</sub> = 2,0			16,2	30,1	27,1	22,0	20,9	НСР <sub>05</sub> = 2,5		

**Приложение 13 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,0	В, НСР <sub>05</sub> = 1,2	D, НСР <sub>05</sub> =1,7
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	5,0	18,9	20,7	13,3	10,7	11,8	18,7	19,3
		20-40	5,6	20,1	14,0	11,1	7,2			16,5
	Гром	0-20	6,7	16,5	17,5	10,6	9,0		17,8	
		20-40	7,7	17,1	10,8	9,4	6,0			
	Доля	0-20	6,9	15,8	16,8	11,8	10,6		17,3	
		20-40	6,9	17,9	12,2	10,5	7,3			
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	8,5	24,4	24,5	20,4	16,9	16,9		
		20-40	9,8	24,5	19,4	13,5	14,5			
	Гром	0-20	10,1	21,6	21,7	17,8	14,5			
		20-40	11,1	23,6	18,8	12,0	13,5			
	Доля	0-20	9,9	21,1	21,4	15,9	14,6			
		20-40	9,9	25,4	19,2	12,1	14,9			
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	11,1	29,1	26,6	23,6	22,3	19,5		
		20-40	10,3	27,3	22,7	13,2	17,5			
	Гром	0-20	12,8	27,1	26,4	22,0	17,5			
		20-40	12,8	27,3	21,4	15,5	14,6			
	Доля	0-20	11,7	25,4	24,7	20,7	16,4			
		20-40	11,0	25,5	20,4	15,6	13,4			
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	16,8	34,1	33,2	26,5	25,5	23,5		
		20-40	15,0	31,4	22,0	18,2	18,7			
	Гром	0-20	18,3	33,7	31,3	24,9	24,4			
		20-40	16,7	30,5	21,8	18,1	18,6			
	Доля	0-20	15,4	29,7	27,2	25,1	21,9			
		20-40	17,3	31,8	20,2	18,2	17,7			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,4			11,1	25,0	21,5	16,7	15,3	НСР <sub>05</sub> = 1,8		

**Приложение 14 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания нитратного азота (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11
Столбец 1	1										
Столбец 2	0,977961	1									
Столбец 3	0,929982	0,902869	1								
Столбец 4	0,945161	0,938118	0,967774	1							
Столбец 5	0,932835	0,896651	0,984457	0,960106	1						
Столбец 6	0,851429	0,8365	0,882477	0,926279	0,89988	1					
Столбец 7	0,922621	0,911639	0,981352	0,976159	0,97049	0,916835	1				
Столбец 8	0,927148	0,927929	0,926226	0,936383	0,92977	0,879328	0,936849	1			
Столбец 9	0,933761	0,9044	0,980366	0,963972	0,97391	0,892226	0,970982	0,924676	1		
Столбец 10	0,909758	0,903463	0,927327	0,965337	0,928141	0,959138	0,941466	0,89356	0,95662	1	
Столбец 11	0,827129	0,786427	0,855544	0,854983	0,803255	0,706117	0,854942	0,758722	0,82011	0,756846	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,966910648
R-квадрат	0,9549162
Нормированный R-квадрат	0,917325984
Стандартная ошибка	0,618697171
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	10	203,450036	20,3450036	53,14978487	6,99452E-19
Остаток	37	14,163089	0,382786189		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	0,981360669	1,720326746	0,570450161	0,571820681	-2,504352418	4,467073756	-2,50435242	4,467073756
Переменная X 1	0,816261816	0,172892297	4,721215637	3,32676E-05	0,465948747	1,166574886	0,46594875	1,166574886
Переменная X 2	-0,740329579	0,222837844	-3,322279403	0,002018542	-1,191841939	-0,288817219	-1,19184194	-0,28881722
Переменная X 3	0,278487564	0,131681272	2,114860832	0,041239058	0,011675964	0,545299164	0,01167596	0,545299164
Переменная X 4	0,586216092	0,138168692	4,242756319	0,000141829	0,306259729	0,866172454	0,30625973	0,866172454
Переменная X 5	-0,671885298	0,123984629	-5,419101574	3,84166E-06	-0,923102019	-0,420668577	-0,92310202	-0,42066858
Переменная X 6	-0,112325392	0,182707062	-0,614784076	0,542459958	-0,482525063	0,257874279	-0,48252506	0,257874279
Переменная X 7	0,452955544	0,152609046	2,968077952	0,005230251	0,143740246	0,762170842	0,14374025	0,762170842
Переменная X 8	-0,171118833	0,120180422	-1,423849492	0,162869162	-0,414627498	0,072389832	-0,4146275	0,072389832
Переменная X 9	-0,087129101	0,236067348	-0,369085779	0,71416759	-0,565446982	0,39118878	-0,56544698	0,39118878
Переменная X 10	-0,260320426	0,282846666	-0,92035883	0,363347253	-0,833422209	0,312781356	-0,83342221	0,312781356

**Приложение 15 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,82	В, НСР <sub>05</sub> = 1,60	D, НСР <sub>05</sub> =2,1
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	24,0	26,1	25,1	18,4	15,2	21,3	25,9	26,9
		20-40	22,9	23,6	23,4	18,1	14,9			24,7
	Гром	0-20	22,4	25,8	24,5	20,0	16,5		25,3	
		20-40	20,9	22,9	24,3	18,6	14,7			
	Доля	0-20	23,1	27,5	26,4	20,1	16,9		26,1	
		20-40	21,8	22,7	24,5	18,0	14,4			
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	28,5	29,3	29,5	20,8	16,9	24,2		
		20-40	25,2	27,4	29,8	22,7	17,5			
	Гром	0-20	27,3	27,9	30,0	22,3	18,4			
		20-40	23,4	27,2	25,1	19,9	16,7			
	Доля	0-20	26,5	29,3	29,6	22,6	17,9			
		20-40	26,0	28,8	25,9	18,6	15,4			
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	36,2	33,2	33,0	24,8	18,4	27,5		
		20-40	31,4	29,8	29,3	20,9	16,2			
	Гром	0-20	35,2	32,9	31,1	22,5	17,1			
		20-40	28,3	29,2	30,3	21,9	17,1			
	Доля	0-20	37,0	34,0	32,9	24,7	19,6			
		20-40	33,7	31,5	31,2	22,6	17,7			
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	43,1	35,3	34,6	24,7	19,6	30,3		
		20-40	38,8	34,4	33,2	23,8	17,5			
	Гром	0-20	40,1	38,4	34,2	24,4	18,9			
		20-40	35,7	33,7	32,8	23,6	17,3			
	Доля	0-20	43,3	36,6	33,1	24,5	19,3			
		20-40	37,7	35,7	32,9	23,1	17,3			
С, НСР <sub>05</sub> = 0,92			30,5	30,1	29,4	21,7	17,1	НСР <sub>05</sub> = 2,42		

**Приложение 16 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,96	В, НСР <sub>05</sub> = 1,40	D, НСР <sub>05</sub> =2,2
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	25,4	27,7	26,4	20,3	16,5	21,7	27,4	28,3
		20-40	24,3	25,3	25,0	19,4	16,1			26,2
	Гром	0-20	23,5	27,2	25,7	21,8	18,2		26,8	
		20-40	22,3	24,0	25,5	19,7	15,7			
	Доля	0-20	24,0	28,5	27,7	21,3	17,8		27,5	
		20-40	23,6	23,3	25,5	18,6	15,6			
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	30,1	30,6	30,7	22,0	18,3	25,7		
		20-40	27,6	29,3	31,1	23,5	18,9			
	Гром	0-20	29,4	29,4	31,4	23,7	19,7			
		20-40	25,6	28,8	26,3	21,0	18,2			
	Доля	0-20	29,2	30,5	31,1	24,2	19,2			
		20-40	27,7	30,2	27,1	20,3	16,6			
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	37,9	34,9	34,3	26,4	19,7	28,9		
		20-40	33,3	31,2	30,3	22,2	17,2			
	Гром	0-20	36,8	34,5	32,4	24,1	18,4			
		20-40	29,9	31,3	31,3	23,1	18,6			
	Доля	0-20	38,3	35,6	34,7	26,2	20,9			
		20-40	35,7	32,2	33,0	24,3	19,2			
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	45,0	36,5	36,5	25,8	20,7	30,3		
		20-40	40,9	35,3	34,7	24,9	18,9			
	Гром	0-20	43,7	39,2	35,6	25,8	20,3			
		20-40	37,9	35,5	34,5	24,8	18,8			
	Доля	0-20	44,8	37,3	34,7	25,9	20,4			
		20-40	40,1	36,8	34,3	24,8	18,7			
С, НСР <sub>05</sub> = 0,96			32,4	31,5	30,8	23,1	18,4	НСР <sub>05</sub> = 2,51		

**Приложение 17 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания аммонийного азота (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,34	В, НСР <sub>05</sub> = 1,22	D, НСР <sub>05</sub> = 2,0
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	14,5	16,4	15,7	9,6	6,4	11,6	16,8	17,6
		20-40	13,1	14,1	14,6	8,4	5,0			15,5
	Гром	0-20	12,9	16,3	14,9	11,3	7,6		16,1	
		20-40	11,1	12,8	14,7	8,5	5,0			
	Доля	0-20	12,6	16,0	17,0	10,8	7,0		16,7	
		20-40	11,6	11,3	14,5	8,1	5,1			
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	21,2	20,2	19,9	11,5	7,4	15,3		
		20-40	18,0	18,6	20,4	13,2	8,0			
	Гром	0-20	18,6	18,3	20,8	13,4	9,0			
		20-40	16,1	17,8	19,5	10,4	7,8			
	Доля	0-20	19,0	19,4	20,6	13,2	8,5			
		20-40	16,2	19,3	16,3	9,1	6,1			
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	29,1	28,0	23,6	14,8	9,0	18,4		
		20-40	23,8	20,3	19,3	11,2	6,5			
	Гром	0-20	24,9	23,2	21,7	13,4	7,7			
		20-40	18,6	21,1	20,6	12,3	7,5			
	Доля	0-20	27,9	24,3	24,2	15,7	10,2			
		20-40	26,0	24,5	22,5	13,1	8,1			
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	32,8	26,3	25,2	15,2	10,4	20,9		
		20-40	30,7	25,1	23,6	14,0	8,0			
	Гром	0-20	30,2	28,9	24,4	15,2	9,4			
		20-40	27,5	26,5	23,9	13,7	7,7			
	Доля	0-20	33,7	26,6	23,7	15,3	9,2			
		20-40	29,9	25,3	23,7	14,2	7,8			
С, НСР <sub>05</sub> = 0,60			21,7	20,9	20,2	12,3	7,7	НСР <sub>05</sub> = 1,84		

**Приложение 18 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания аммонийного азота (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11
Столбец 1	1										
Столбец 2	0,983701807	1									
Столбец 3	0,939425354	0,939245504	1								
Столбец 4	0,943142251	0,950127631	0,962168456	1							
Столбец 5	0,894472022	0,902973098	0,959284477	0,959965345	1						
Столбец 6	0,90989682	0,918614876	0,959659846	0,958454825	0,95730024	1					
Столбец 7	0,778382471	0,802279093	0,906841802	0,895315053	0,95932996	0,91038569	1				
Столбец 8	0,795750396	0,813452248	0,908873378	0,904809353	0,93974032	0,96227631	0,949005354	1			
Столбец 9	0,667718719	0,709062108	0,832399057	0,823861287	0,90406337	0,86196108	0,977948974	0,944153476	1		
Столбец 10	0,657156742	0,682455675	0,820415723	0,817953991	0,89096773	0,88128014	0,946994594	0,971175772	0,974953256	1	
Столбец 11	0,820070655	0,776166652	0,659368162	0,673952965	0,56322439	0,58451905	0,374805528	0,371798155	0,209874923	0,18399046	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,968619135
R-квадрат	0,957223028
Нормированный R-квадрат	0,92152655
Стандартная ошибка	0,602774662
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	10	204,1696452	20,41696452	56,19286794	2,70145E-19
Остаток	37	13,44347984	0,363337293		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-3,229343155	1,208409273	-2,672391902	0,011134909	-5,677812915	-0,780873394	-5,677812915	-0,78087
Переменная X 1	0,199985926	0,091872225	2,176783304	0,035951831	0,013835116	0,386136736	0,013835116	0,386137
Переменная X 2	-0,206081903	0,101805182	-2,024277148	0,050205953	-0,412358795	0,000194989	-0,412358795	0,000195
Переменная X 3	0,062115292	0,080670131	0,769991215	0,446193619	-0,10133792	0,225568504	-0,10133792	0,225569
Переменная X 4	0,201617421	0,077845132	2,589981111	0,013648021	0,043888202	0,35934664	0,043888202	0,359347
Переменная X 5	0,157446359	0,121290605	1,298091957	0,202289542	-0,088311751	0,403204469	-0,088311751	0,403204
Переменная X 6	0,396790598	0,147626173	2,687806574	0,010715191	0,097671559	0,695909637	0,097671559	0,69591
Переменная X 7	-0,071243145	0,226152981	-0,315021915	0,754514831	-0,529472612	0,386986321	-0,529472612	0,386986
Переменная X 8	-0,28965095	0,278902854	-1,03853706	0,305759622	-0,854761812	0,275459911	-0,854761812	0,27546
Переменная X 9	0,098738318	0,27181134	0,363260479	0,718477569	-0,452003772	0,649480407	-0,452003772	0,64948
Переменная X 10	-0,543054869	0,282188572	-1,924439625	0,062015843	-1,114823227	0,028713488	-1,114823227	0,028713

**Приложение 19 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,8	В, НСР <sub>05</sub> = 1,2	D, НСР <sub>05</sub> = 1,8
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	29,1	31,4	27,1	23,5	22,3	24,8	28,0	30,1
		20-40	25,9	26,6	19,8	21,7	21,6			25,4
	Гром	0-20	27,4	30,3	27,5	23,0	25,7		27,5	
		20-40	24,0	25,9	20,3	22,7	19,9			
	Доля	0-20	27,6	29,7	27,5	24,8	24,5		27,6	
		20-40	23,9	25,0	21,3	22,6	20,0			
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	30,5	33,5	28,6	26,0	25,7	26,6		
		20-40	27,6	28,3	21,0	21,4	23,4			
	Гром	0-20	29,9	31,5	28,8	24,9	25,9			
		20-40	26,0	27,6	23,8	22,1	23,7			
	Доля	0-20	30,7	31,5	28,3	26,7	27,2			
		20-40	25,8	26,4	23,6	25,3	21,6			
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	34,3	36,7	31,7	28,7	28,1	28,8		
		20-40	28,8	31,0	24,4	23,9	24,6			
	Гром	0-20	33,2	34,9	30,6	27,5	28,3			
		20-40	28,5	29,6	25,3	23,8	24,0			
	Доля	0-20	33,5	34,5	32,4	28,4	27,9			
		20-40	27,1	30,3	25,3	22,3	23,8			
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	35,3	40,1	34,2	32,2	30,3	30,7		
		20-40	31,0	33,4	26,9	24,3	25,6			
	Гром	0-20	35,4	36,5	32,5	29,5	27,5			
		20-40	31,5	32,3	26,6	24,7	26,6			
	Доля	0-20	37,1	38,8	33,9	28,6	29,7			
		20-40	31,3	31,4	25,7	23,5	25,8			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,0			29,8	31,6	27,0	25,1	25,2	НСР <sub>05</sub> = 2,8		

**Приложение 20 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,8	В, НСР <sub>05</sub> = 1,2	D, НСР <sub>05</sub> = 1,9
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	29,9	31,7	27,8	24,7	23,3	25,1	28,5	30,5
		20-40	26,8	26,9	20,4	22,1	21,9			25,8
	Гром	0-20	28,7	31,3	28,7	23,8	26,0		28,1	
		20-40	24,8	25,7	21,1	23,5	20,3			
	Доля	0-20	28,2	22,8	27,8	24,9	25,5		27,9	
		20-40	24,1	24,6	21,4	23,4	20,7			
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	31,3	34,2	28,9	26,8	26,1	27,1		
		20-40	27,6	29,2	21,3	22,7	23,6			
	Гром	0-20	30,2	32,0	29,8	25,5	26,5			
		20-40	25,8	27,7	25,2	22,8	24,2			
	Доля	0-20	30,7	32,5	28,7	26,8	27,6			
		20-40	24,8	26,6	24,6	25,7	22,4			
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	35,0	36,9	32,0	29,0	28,7	29,3		
		20-40	28,8	30,4	24,9	23,7	25,3			
	Гром	0-20	33,6	35,6	31,6	27,6	28,4			
		20-40	29,4	30,3	26,2	24,0	27,0			
	Доля	0-20	34,3	35,1	32,9	29,4	28,3			
		20-40	27,7	31,4	24,7	22,6	24,4			
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	36,2	40,8	34,6	32,9	30,7	31,2		
		20-40	30,7	33,8	27,3	24,8	26,4			
	Гром	0-20	36,5	37,4	32,4	29,8	27,8			
		20-40	31,9	32,7	26,9	25,7	26,9			
	Доля	0-20	37,7	38,6	34,3	28,8	30,3			
		20-40	31,5	31,9	27,1	23,7	26,2			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,2			30,3	31,7	27,5	25,6	25,8	НСР <sub>05</sub> = 2,7		

**Приложение 21– Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора  
(мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,2	В, НСР <sub>05</sub> = 0,8	D, НСР <sub>05</sub> = 1,8
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	26,8	28,4	24,0	21,1	20,1	22,0	25,1	27,3
		20-40	22,3	23,9	16,5	18,0	18,3			22,1
	Гром	0-20	25,2	28,4	25,1	19,8	22,4		24,5	
		20-40	21,7	21,6	16,8	20,1	15,9			
	Доля	0-20	24,3	33,6	24,2	21,4	21,7		24,5	
		20-40	20,1	21,5	18,5	20,3	16,6			
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	28,2	31,3	25,6	23,7	22,6	23,6		
		20-40	24,6	25,9	18,0	19,5	20,8			
	Гром	0-20	26,6	28,3	25,7	22,2	22,9			
		20-40	22,0	24,8	20,0	19,0	20,8			
	Доля	0-20	27,7	29,6	25,5	23,6	24,1			
		20-40	19,6	23,8	21,1	21,9	19,0			
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	32,4	33,8	28,7	26,0	25,1	25,8		
		20-40	25,8	27,7	21,5	20,2	21,8			
	Гром	0-20	30,1	31,8	28,1	24,4	25,2			
		20-40	26,4	26,2	21,7	20,6	19,2			
	Доля	0-20	31,2	30,9	30,1	26,5	25,1			
		20-40	25,0	26,8	21,1	20,2	20,5			
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	33,5	37,6	31,1	29,7	27,5	27,5		
		20-40	27,4	27,9	23,2	21,4	23,3			
	Гром	0-20	33,7	34,4	29,3	26,5	24,5			
		20-40	28,7	29,5	23,6	21,9	23,6			
	Доля	0-20	33,5	34,5	29,6	25,4	25,2			
		20-40	25,7	28,2	21,9	20,3	21,8			
С, НСР <sub>05</sub> = 1,0			26,8	28,8	23,8	22,2	22,0	НСР <sub>05</sub> = 2,2		

**Приложение 22 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания подвижного фосфора (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11
Столбец 1	1										
Столбец 2	0,927037	1									
Столбец 3	0,862801	0,824454	1								
Столбец 4	0,950795	0,947663	0,858707	1							
Столбец 5	0,942591	0,890728	0,834863	0,936225	1						
Столбец 6	0,865085	0,809219	0,744871	0,863873	0,904961	1					
Столбец 7	0,905779	0,84851	0,836809	0,920045	0,931284	0,884016	1				
Столбец 8	0,552618	0,57945	0,458344	0,570974	0,615852	0,769283	0,652352	1			
Столбец 9	0,803125	0,722508	0,709406	0,757436	0,841974	0,846494	0,841681	0,630658	1		
Столбец 10	0,899643	0,915476	0,77728	0,946252	0,877935	0,888383	0,867383	0,621745	0,760639	1	
Столбец 11	0,865251	0,732934	0,751312	0,781302	0,790628	0,738524	0,778861	0,328445	0,659227	0,694154	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,987921089
R-квадрат	0,979695969
Нормированный R-квадрат	0,847181366
Стандартная ошибка	0,841166118
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	10	191,4333888	19,14333888	27,05541159	4,79697E-14
Остаток	37	26,17973621	0,707560438		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-0,651972522	2,415381678	-0,269925258	0,788717593	-5,546000673	4,242055629	-5,546000673	4,242055629
Переменная X 1	0,746830811	0,14968611	4,989312722	1,45796E-05	0,443537944	1,050123678	0,443537944	1,050123678
Переменная X 2	0,104322204	0,156098236	0,668311229	0,50808298	-0,211962866	0,420607273	-0,211962866	0,420607273
Переменная X 3	-0,025287502	0,073156108	-0,345664941	0,731552231	-0,173515856	0,122940853	-0,173515856	0,122940853
Переменная X 4	-0,059674045	0,251091761	-0,237658317	0,813457256	-0,56843428	0,449086189	-0,56843428	0,449086189
Переменная X 5	-0,416896834	0,191945924	-2,171949394	0,036341809	-0,805816219	-0,027977449	-0,805816219	-0,027977449
Переменная X 6	0,726374733	0,170422347	4,262203541	0,000133806	0,381066257	1,071683209	0,381066257	1,071683209
Переменная X 7	0,314307738	0,151419861	2,075736532	0,044922887	0,007501956	0,62111352	0,007501956	0,62111352
Переменная X 8	-0,578100569	0,133359572	-4,334901216	0,000107567	-0,848312728	-0,30788841	-0,848312728	-0,30788841
Переменная X 9	-0,137185349	0,095681092	-1,433777003	0,160033359	-0,331053656	0,056682958	-0,331053656	0,056682958
Переменная X 10	-0,561496645	0,186469629	-3,011196231	0,004669936	-0,939320003	-0,183673288	-0,939320003	-0,183673288

**Приложение 23 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 14,0	В, НСР <sub>05</sub> = 8,6	D, НСР <sub>05</sub> =16,7
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	250	237	221	207	209	219	224	237
		20-40	231	221	200	190	181			220
	Гром	0-20	264	252	223	210	202		231	
		20-40	246	239	202	200	187			
	Доля	0-20	257	243	217	204	205		231	
		20-40	249	231	200	201	187			
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	264	250	227	210	204	228		
		20-40	237	231	214	204	194			
	Гром	0-20	270	245	240	213	213			
		20-40	254	231	224	203	197			
	Доля	0-20	280	255	241	212	201			
		20-40	261	244	230	200	184			
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	281	260	228	214	207	230		
		20-40	250	234	213	198	190			
	Гром	0-20	275	256	249	216	205			
		20-40	260	235	230	201	185			
	Доля	0-20	290	261	235	212	204			
		20-40	263	243	231	194	187			
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	285	265	235	210	195	238		
		20-40	265	244	224	204	183			
	Гром	0-20	294	270	253	226	215			
		20-40	271	247	230	207	201			
	Доля	0-20	294	274	240	220	213			
		20-40	272	260	233	203	197			
С, НСР <sub>05</sub> = 15,0			265	247	227	207	198	НСР <sub>05</sub> = 23,0		

**Приложение 24 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 15,6	В, НСР <sub>05</sub> = 8,6	D, НСР <sub>05</sub> = 16,5
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	252	239	223	210	213	222	227	240
		20-40	235	220	205	194	184			223
	Гром	0-20	267	254	224	212	207		234	
		20-40	248	242	208	199	193			
	Доля	0-20	260	246	220	207	210		233	
		20-40	251	234	208	199	189			
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	268	252	225	215	209	231		
		20-40	240	230	216	207	196			
	Гром	0-20	272	247	245	215	217			
		20-40	259	233	228	208	200			
	Доля	0-20	284	259	243	216	206			
		20-40	263	247	224	203	189			
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	285	263	230	219	211	233		
		20-40	251	239	215	200	192			
	Гром	0-20	277	258	251	218	208			
		20-40	262	237	232	205	188			
	Доля	0-20	291	266	238	216	207			
		20-40	266	244	233	201	190			
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	289	266	240	215	199	240		
		20-40	268	243	229	207	187			
	Гром	0-20	297	275	258	231	216			
		20-40	275	245	234	209	195			
	Доля	0-20	299	270	243	222	211			
		20-40	277	257	236	208	196			
С, НСР <sub>05</sub> = 12,0			268	249	230	210	201	НСР <sub>05</sub> = 23,0		

**Приложение 25 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания обменного калия (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см., D	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 12,0	В, НСР <sub>05</sub> = 8,0	D, НСР <sub>05</sub> = 16,4
			всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость			
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0-20	248	232	210	201	202	211	216	230
		20-40	236	210	198	180	172			210
	Гром	0-20	261	238	213	202	191		222	
		20-40	238	233	205	183	184			
	Доля	0-20	254	228	214	198	203		221	
		20-40	223	219	207	179	176			
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0-20	267	239	211	205	193	219		
		20-40	237	217	206	192	177			
	Гром	0-20	271	240	229	205	200			
		20-40	246	217	202	201	191			
	Доля	0-20	270	248	230	205	199			
		20-40	253	241	200	191	176			
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0-20	268	248	223	212	206	221		
		20-40	222	220	202	190	179			
	Гром	0-20	273	254	238	211	196			
		20-40	252	218	213	191	179			
	Доля	0-20	283	259	229	208	195			
		20-40	254	230	220	193	175			
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0-20	278	261	245	208	194	229		
		20-40	250	230	234	186	170			
	Гром	0-20	282	271	251	218	196			
		20-40	258	234	235	196	171			
	Доля	0-20	298	263	234	212	197			
		20-40	264	254	215	186	171			
С, НСР <sub>05</sub> = 13,6			258	238	219	198	187	НСР <sub>05</sub> = 21,2		

**Приложение 26- Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания обменного калия (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11
Столбец 1	1										
Столбец 2	0,862043736	1									
Столбец 3	0,922903304	0,83606231	1								
Столбец 4	0,793790681	0,816407894	0,786604492	1							
Столбец 5	0,742789782	0,805786043	0,771161852	0,55170534	1						
Столбец 6	0,800325934	0,81440698	0,804299329	0,623268443	0,872360797	1					
Столбец 7	0,755272694	0,713874779	0,830851205	0,614484419	0,809479049	0,728492648	1				
Столбец 8	0,475387519	0,606141311	0,538425225	0,48656553	0,58908523	0,537117809	0,70110954	1			
Столбец 9	0,063262134	0,167925497	0,104809585	0,17262287	0,251758708	0,156533698	0,52130078	0,508326229	1		
Столбец 10	0,234305851	0,334809729	0,231633485	0,354954159	0,278544417	0,263438893	0,52604343	0,793477119	0,72392228	1	
Столбец 11	0,868053654	0,692745475	0,863508441	0,553969812	0,699161416	0,718706043	0,65498246	0,296365129	-0,06143237	-0,01438653	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,942822509
R-квадрат	0,888914283
Нормированный R-квадрат	0,858891116
Стандартная ошибка	0,808296675
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	10	193,439415	19,3439415	29,60761231	1,14158E-14
Остаток	37	24,17371005	0,653343515		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-22,74657471	4,750113961	-4,788637681	2,7053E-05	-32,37121981	-13,1219296	-32,37121981	-13,1219296
Переменная X 1	0,113414375	0,026931307	4,211246642	0,000155839	0,058846364	0,167982386	0,058846364	0,167982386
Переменная X 2	-0,018631846	0,026061532	-0,714917526	0,479146922	-0,071437527	0,034173834	-0,071437527	0,034173834
Переменная X 3	0,101437533	0,041481776	3,650700297	0,000803252	0,067387471	0,235487595	0,067387471	0,235487595
Переменная X 4	-0,073910448	0,023051305	-3,206345555	0,000277086	-0,120616828	-0,027204068	-0,120616828	-0,027204068
Переменная X 5	0,037931313	0,028066197	1,351494588	0,184742701	-0,018936203	0,094798829	-0,018936203	0,094798829
Переменная X 6	-0,017783895	0,023294459	-0,763438856	0,450042491	-0,064982951	0,029415162	-0,064982951	0,029415162
Переменная X 7	-0,117076796	0,068375624	-1,712259268	0,095219444	-0,255618969	0,021465378	-0,255618969	0,021465378
Переменная X 8	-0,014354554	0,039406063	-0,364272733	0,717727955	-0,094198823	0,065489714	-0,094198823	0,065489714
Переменная X 9	0,050290143	0,037385469	1,345178878	0,186754706	-0,025460012	0,126040298	-0,025460012	0,126040298
Переменная X 10	-0,032462936	0,039042674	-0,831473165	0,411040427	-0,111570909	0,046645037	-0,111570909	0,046645037

**Приложение 27 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного марганца (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,32	В, НСР <sub>05</sub> =0,32
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	15,5	16,5	17,9	18,5	15,3	16,8	16,7
	Гром	15,3	17,1	18,0	18,3	15,4		16,8
	Доля	15,7	16,7	17,5	18,7	15,9		16,9
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	15,4	16,9	18,2	18,7	15,5	17,1	
	Гром	15,6	16,4	18,3	18,6	16,5		
	Доля	15,7	17,8	18,3	19,0	15,3		
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	15,7	16,9	17,4	17,9	15,5	16,8	
	Гром	15,5	16,4	17,9	18,0	15,3		
	Доля	16,0	17,2	17,8	18,2	15,7		
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	15,5	16,8	17,5	17,8	15,4	16,6	
	Гром	15,7	17,4	17,3	17,5	14,9		
	Доля	15,8	17,2	17,4	17,8	14,9		
С, НСР <sub>05</sub> =0,72		15,6	16,9	17,8	18,3	15,5	НСР <sub>05</sub> = 1,01	

**Приложение 28 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного марганца (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,28	В, НСР <sub>05</sub> =0,24
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	15,6	16,6	18,0	18,8	15,6	17,0	16,9
	Гром	15,5	17,2	18,1	18,5	15,5		16,9
	Доля	15,8	16,8	17,6	18,9	16,0		17,1
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	15,5	16,9	18,4	18,8	15,7	17,2	
	Гром	15,6	16,6	18,4	18,7	16,8		
	Доля	15,7	17,8	18,5	19,1	15,6		
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	15,8	17,0	17,5	18,2	15,7	16,9	
	Гром	15,6	16,6	18,0	18,2	15,4		
	Доля	16,1	17,3	17,9	18,3	15,8		
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	15,6	16,9	17,7	18,0	15,6	16,7	
	Гром	15,7	17,5	17,5	17,7	15,0		
	Доля	15,9	17,3	17,6	18,0	15,0		
С, НСР <sub>05</sub> =0,75		15,7	17,1	17,9	18,4	15,6	НСР <sub>05</sub> = 0,92	

**Приложение 29 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного марганца (мг/кг)  
в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,18	В, НСР <sub>05</sub> =0,32
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	15,1	15,5	16,9	17,6	14,4	16,1	15,9
	Гром	14,5	16,4	17,3	17,5	15,0		16,1
	Доля	15,3	16,0	16,8	17,9	15,5		16,2
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	14,4	16,6	17,4	18,3	14,7	16,5	
	Гром	15,3	15,6	17,9	18,2	15,9		
	Доля	14,8	17,5	17,5	18,6	14,1		
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	15,3	15,9	16,4	17,3	14,4	16,0	
	Гром	14,8	15,3	17,2	17,5	14,3		
	Доля	15,3	16,2	16,8	17,8	15,0		
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	14,2	15,8	16,1	17,2	14,0	15,6	
	Гром	14,8	16,4	16,2	16,7	14,2		
	Доля	14,8	16,2	16,6	17,3	14,2		
С, НСР <sub>05</sub> =0,55		14,9	16,1	16,9	17,7	14,6	НСР <sub>05</sub> = 0,72	

**Приложение 30 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания подвижного марганца (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

*Корреляция*

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>	<i>Столбец 5</i>	<i>Столбец 6</i>
Столбец 1	1					
Столбец 2	0,491615061	1				
Столбец 3	0,491308094	0,458633305	1			
Столбец 4	0,419439097	0,42587973	0,842878237	1		
Столбец 5	0,622479695	0,167830629	0,708287561	0,658531369	1	
Столбец 6	0,061427073	0,094300694	-0,43963082	-0,618271127	-0,399661559	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,891882385
R-квадрат	0,815802416
Нормированный R-квадрат	0,547683656
Стандартная ошибка	1,447154016
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	5	129,6544257	25,93088514	12,38191543	2,08127E-07
Остаток	42	87,95869928	2,094254745		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	25,24050264	9,29270177	2,716164068	0,009547861	6,48707123	43,99393405	6,48707123	43,99393405
Переменная X 1	1,805336046	0,795324887	2,269935313	0,028405736	0,200305444	3,410366648	0,200305444	3,410366648
Переменная X 2	0,994908754	0,506948162	1,96254534	0,056345976	-0,028154057	2,017971565	-0,02815406	2,017971565
Переменная X 3	0,448879471	0,77765288	0,577223441	0,566870008	-1,120487576	2,018246519	-1,12048758	2,018246519
Переменная X 4	-0,415996865	0,748791443	-4,562013758	4,35347E-05	-4,927119176	-1,904874555	-4,92711918	-1,904874555
Переменная X 5	-0,609147241	0,640433515	-0,951148288	0,346970841	-1,9015944	0,683299917	-1,9015944	0,683299917

**Приложение 31 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижной меди (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,02	В, НСР <sub>05</sub> =0,02
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,11	0,21	0,28	0,18	0,09	0,18	0,17
	Гром	0,11	0,22	0,29	0,18	0,10		0,16
	Доля	0,13	0,22	0,28	0,19	0,10		0,16
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,14	0,24	0,29	0,17	0,10	0,19	
	Гром	0,15	0,24	0,28	0,17	0,11		
	Доля	0,16	0,21	0,27	0,19	0,09		
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,13	0,20	0,26	0,15	0,11	0,16	
	Гром	0,10	0,20	0,25	0,14	0,09		
	Доля	0,13	0,18	0,24	0,12	0,08		
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,10	0,18	0,25	0,11	0,08	0,13	
	Гром	0,08	0,17	0,20	0,10	0,07		
	Доля	0,12	0,15	0,22	0,08	0,06		
С, НСР <sub>05</sub> =0,06		0,12	0,20	0,26	0,15	0,09	НСР <sub>05</sub> = 0,030	

**Приложение 32 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижной меди (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,02	В, НСР <sub>05</sub> =0,016
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,11	0,22	0,29	0,19	0,10	0,18	0,18
	Гром	0,12	0,22	0,28	0,18	0,10		0,17
	Доля	0,13	0,23	0,29	0,19	0,11		0,17
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,15	0,24	0,29	0,18	0,10	0,19	
	Гром	0,15	0,25	0,28	0,18	0,11		
	Доля	0,16	0,22	0,28	0,19	0,10		
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,13	0,21	0,27	0,16	0,11	0,17	
	Гром	0,11	0,21	0,25	0,15	0,10		
	Доля	0,13	0,19	0,25	0,13	0,19		
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,10	0,18	0,26	0,12	0,09	0,14	
	Гром	0,09	0,18	0,21	0,11	0,08		
	Доля	0,12	0,16	0,23	0,10	0,08		
С, НСР <sub>05</sub> =0,06		0,13	0,21	0,27	0,16	0,10	НСР <sub>05</sub> = 0,030	

**Приложение 33 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижной меди (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,016	В, НСР <sub>05</sub> =0,018
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,08	0,17	0,24	0,14	0,05	0,16	0,14
	Гром	0,10	0,19	0,30	0,18	0,10		0,14
	Доля	0,10	0,21	0,27	0,19	0,09		0,14
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,13	0,21	0,29	0,13	0,10	0,17	
	Гром	0,15	0,23	0,28	0,16	0,11		
	Доля	0,16	0,20	0,23	0,19	0,05		
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,10	0,16	0,22	0,11	0,08	0,12	
	Гром	0,06	0,19	0,22	0,07	0,05		
	Доля	0,13	0,14	0,20	0,08	0,04		
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,10	0,18	0,24	0,07	0,04	0,11	
	Гром	0,04	0,13	0,16	0,06	0,03		
	Доля	0,12	0,14	0,21	0,03	0,04		
С, НСР <sub>05</sub> =0,04		0,11	0,18	0,24	0,12	0,07	НСР <sub>05</sub> = 0,021	

**Приложение 34 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания подвижной меди (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

*Корреляция*

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>	<i>Столбец 5</i>	<i>Столбец 6</i>
Столбец 1	1					
Столбец 2	0,558759688	1				
Столбец 3	0,544014101	0,861841447	1			
Столбец 4	0,533657614	0,841701167	0,822239026	1		
Столбец 5	0,496001713	0,81646439	0,828255264	0,75712811	1	
Столбец 6	-0,612932728	-0,714403983	-0,7784861	-0,849889901	-0,558566859	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,976140189
R-квадрат	0,955312845
Нормированный R-квадрат	0,820183422
Стандартная ошибка	0,912448744
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	5	182,6454911	36,52909823	43,87549161	1,30148E-15
Остаток	42	34,96763385	0,832562711		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t- статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	18,87498552	1,82998118	9,931788217	1,37585E-12	14,48193398	21,86803705	14,48193398	21,86803705
Переменная X 1	16,32351123	6,071316168	3,01804596	0,000431099	6,071099164	30,5759233	6,071099164	30,5759233
Переменная X 2	-0,398848098	10,48037857	-0,03805665	0,969822834	-21,54910833	20,75141213	-21,5491083	20,75141213
Переменная X 3	-37,52379888	9,379166311	-4,213999152	0,000130097	-58,4517228	-20,59587496	-58,4517228	-20,59587496
Переменная X 4	-37,51177991	6,026653908	-6,55617205	6,29195E-08	-51,67405989	-27,34949993	-51,6740599	-27,34949993
Переменная X 5	40,59995379	11,51767532	3,698659027	0,000623257	19,35634397	65,84356362	19,35634397	65,84356362

**Приложение 35 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,05	В, НСР <sub>05</sub> =0,03
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,56	0,69	0,67	0,63	0,52	0,62	0,60
	Гром	0,58	0,69	0,69	0,63	0,55		0,59
	Доля	0,59	0,68	0,67	0,62	0,53		0,58
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,58	0,65	0,66	0,61	0,51	0,61	
	Гром	0,58	0,69	0,68	0,62	0,56		
	Доля	0,60	0,69	0,69	0,59	0,51		
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,59	0,66	0,66	0,56	0,48	0,56	
	Гром	0,55	0,60	0,64	0,52	0,47		
	Доля	0,55	0,59	0,58	0,51	0,43		
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,61	0,66	0,65	0,54	0,43	0,55	
	Гром	0,59	0,62	0,59	0,51	0,39		
	Доля	0,63	0,64	0,59	0,49	0,38		
С, НСР <sub>05</sub> =0,04		0,58	0,66	0,65	0,57	0,48	НСР <sub>05</sub> = 0,07	

**Приложение 36 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,04	В, НСР <sub>05</sub> =0,03
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,58	0,69	0,68	0,64	0,53	0,63	0,61
	Гром	0,58	0,69	0,69	0,63	0,56		0,60
	Доля	0,59	0,68	0,68	0,63	0,54		0,59
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,59	0,67	0,67	0,62	0,52	0,62	
	Гром	0,60	0,69	0,68	0,62	0,57		
	Доля	0,61	0,69	0,69	0,60	0,53		
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,60	0,67	0,68	0,57	0,49	0,58	
	Гром	0,58	0,62	0,66	0,54	0,49		
	Доля	0,57	0,60	0,60	0,53	0,44		
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,63	0,66	0,65	0,54	0,45	0,56	
	Гром	0,60	0,63	0,60	0,52	0,41		
	Доля	0,63	0,64	0,61	0,51	0,39		
С, НСР <sub>05</sub> =0,03		0,60	0,66	0,66	0,58	0,49	НСР <sub>05</sub> = 0,06	

**Приложение 37 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания подвижного цинка (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,04	В, НСР <sub>05</sub> =0,02
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,51	0,63	0,63	0,56	0,48	0,58	0,54
	Гром	0,52	0,69	0,69	0,63	0,54		0,54
	Доля	0,56	0,62	0,66	0,55	0,49		0,53
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	0,54	0,57	0,62	0,57	0,47	0,57	
	Гром	0,50	0,66	0,65	0,56	0,49		
	Доля	0,59	0,63	0,69	0,50	0,46		
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	0,52	0,56	0,58	0,49	0,41	0,49	
	Гром	0,49	0,55	0,56	0,44	0,36		
	Доля	0,53	0,52	0,53	0,46	0,33		
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	0,56	0,60	0,62	0,48	0,38	0,50	
	Гром	0,55	0,55	0,55	0,44	0,34		
	Доля	0,57	0,61	0,54	0,38	0,31		
С, НСР <sub>05</sub> =0,03		0,54	0,60	0,61	0,51	0,42	НСР <sub>05</sub> = 0,05	

**Приложение 38 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания подвижного цинка (мг/кг) в черноземе выщелоченном в посевах озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

*Корреляция*

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>	<i>Столбец 5</i>	<i>Столбец 6</i>
Столбец 1	1					
Столбец 2	0,461184308	1				
Столбец 3	0,279372095	0,856334453	1			
Столбец 4	0,138432214	0,79945836	0,864593521	1		
Столбец 5	0,084577378	0,790019477	0,917640084	0,954527268	1	
Столбец 6	0,218309916	-0,556762587	-0,723689927	-0,826059526	-0,840435099	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,973111847
R-квадрат	0,955611008
Нормированный R-квадрат	0,793659938
Стандартная ошибка	0,977429387
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	5	177,4876603	35,49753207	37,15586496	2,24711E-14
Остаток	42	40,12546467	0,955368207		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	0,268034418	3,313811658	3,400324334	0,001486788	4,580491745	17,95557709	4,580491745	17,95557709
Переменная X 1	22,62782576	5,99943646	3,77165854	0,000501539	10,52047281	34,73517871	10,52047281	34,73517871
Переменная X 2	3,733363992	7,350204972	0,507926514	0,614162188	-11,09995017	18,56667816	-11,09995017	18,56667816
Переменная X 3	-11,20410426	9,957196166	-1,125226828	0,266882235	-31,29853966	8,890331133	-31,29853966	8,890331133
Переменная X 4	-19,13396264	8,217793502	-2,328357683	0,024781176	-35,71814134	-2,549783938	-35,71814134	-2,549783938
Переменная X 5	-5,445796173	10,0749727	-0,540527139	0,591688702	-25,77791424	14,88632189	-25,77791424	14,88632189

**Приложение 39 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,21	В, НСР <sub>05</sub> = 0,21
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	5,53	4,24	3,12	2,55	2,16	3,55	3,98
	Гром	5,48	4,30	3,15	2,57	2,28		4,00
	Доля	5,50	4,36	3,21	2,62	2,23		4,05
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	5,59	4,48	3,42	2,74	2,37	3,77	
	Гром	5,64	4,50	3,40	2,76	2,43		
	Доля	5,67	4,54	3,63	2,84	2,47		
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	5,75	4,66	4,04	3,43	2,56	4,10	
	Гром	5,80	4,64	3,95	3,44	2,58		
	Доля	5,87	4,68	4,01	3,48	2,65		
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	6,44	5,35	4,38	3,79	2,97	4,62	
	Гром	6,48	5,38	4,44	3,82	2,98		
	Доля	6,49	5,42	4,48	3,87	3,04		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,27		5,85	4,71	3,77	3,16	2,56	НСР <sub>05</sub> = 0,30	

**Приложение 40 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,18	В, НСР <sub>05</sub> = 0,20
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	5,51	4,21	3,11	2,51	2,14	3,53	3,95
	Гром	5,45	4,27	3,14	2,54	2,27		3,97
	Доля	5,49	4,32	3,18	2,59	2,20		4,03
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	5,57	4,46	3,39	2,72	2,34	3,74	
	Гром	5,63	4,49	3,37	2,71	2,41		
	Доля	5,65	4,51	3,61	2,80	2,44		
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	5,72	4,65	4,01	3,41	2,50	4,08	
	Гром	5,77	4,62	3,90	3,40	2,55		
	Доля	5,86	4,65	4,00	3,47	2,63		
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	6,40	5,34	4,34	3,75	2,94	4,59	
	Гром	6,43	5,37	4,40	3,80	2,96		
	Доля	6,46	5,40	4,45	3,85	3,00		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,30		5,83	4,69	3,74	3,13	2,53	НСР <sub>05</sub> = 0,36	

**Приложение 41 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,24	В, НСР <sub>05</sub> = 0,22
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	5,79	4,81	3,67	3,04	2,63	4,03	4,46
	Гром	5,96	4,81	3,73	3,11	2,44		4,51
	Доля	5,99	4,85	3,78	3,10	2,71		4,54
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	6,12	5,01	3,90	3,30	2,94	4,26	
	Гром	6,10	5,02	4,00	3,38	2,93		
	Доля	6,14	5,05	3,62	3,39	2,95		
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	6,29	5,03	4,22	3,87	3,10	4,59	
	Гром	6,31	5,17	4,54	3,99	3,12		
	Доля	6,30	5,22	4,53	3,97	3,15		
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	6,96	5,84	4,93	4,31	3,42	5,14	
	Гром	6,98	5,90	4,93	4,35	3,51		
	Доля	7,03	5,89	5,02	4,40	3,65		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,31		6,33	5,22	4,24	3,68	3,05	НСР <sub>05</sub> = 0,36	

**Приложение 42 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,06	В, НСР <sub>05</sub> = 0,06
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,98	0,80	0,65	0,61	0,52	0,74	0,84
	Гром	1,00	0,83	0,66	0,63	0,57		0,86
	Доля	1,04	0,87	0,72	0,69	0,60		0,90
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	1,07	0,89	0,75	0,67	0,63	0,83	
	Гром	1,10	0,90	0,77	0,70	0,65		
	Доля	1,11	0,94	0,80	0,73	0,68		
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	1,20	1,00	0,82	0,71	0,64	0,91	
	Гром	1,20	1,02	0,84	0,74	0,70		
	Доля	1,27	1,04	0,87	0,80	0,73		
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	1,29	1,02	0,89	0,81	0,75	0,99	
	Гром	1,31	1,07	0,92	0,85	0,79		
	Доля	1,34	1,09	0,97	0,90	0,80		
С, НСР <sub>05</sub> =0,10		1,16	0,96	0,81	0,74	0,67	НСР <sub>05</sub> = 0,14	

**Приложение 43 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,07	В, НСР <sub>05</sub> = 0,07
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	0,95	0,76	0,62	0,58	0,50	0,71	0,80
	Гром	0,97	0,80	0,64	0,60	0,54		0,83
	Доля	1,00	0,82	0,70	0,65	0,56		0,86
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	1,01	0,85	0,72	0,63	0,61	0,79	
	Гром	1,07	0,86	0,74	0,68	0,60		
	Доля	1,09	0,89	0,77	0,71	0,65		
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	1,17	0,97	0,79	0,70	0,60	0,87	
	Гром	1,16	0,99	0,80	0,71	0,66		
	Доля	1,23	1,00	0,81	0,74	0,70		
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	1,25	0,99	0,83	0,79	0,71	0,95	
	Гром	1,27	1,02	0,90	0,80	0,75		
	Доля	1,30	1,00	0,93	0,87	0,78		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,08		1,12	0,91	0,77	0,71	0,64	НСР <sub>05</sub> = 0,12	

**Приложение 44 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Фазы развития растений, С					А, НСР <sub>05</sub> =0,1	В, НСР <sub>05</sub> =0,1
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	1,07	0,96	0,80	0,70	0,66	0,88	0,96
	Гром	1,18	0,95	0,83	0,72	0,69		0,99
	Доля	1,17	1,01	0,89	0,76	0,79		1,05
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	1,22	1,02	0,84	0,80	0,71	0,95	
	Гром	1,19	1,09	0,89	0,81	0,79		
	Доля	1,25	1,11	0,92	0,81	0,77		
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	1,32	1,06	0,94	0,81	0,83	1,05	
	Гром	1,39	1,08	0,97	0,92	0,83		
	Доля	1,46	1,17	1,05	0,98	0,88		
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	1,48	1,20	1,01	0,92	0,88	1,13	
	Гром	1,44	1,24	1,03	0,96	0,89		
	Доля	1,53	1,36	1,10	0,99	0,97		
С, НСР <sub>05</sub> =0,14		1,31	1,10	0,94	0,85	0,81	НСР <sub>05</sub> = 0,18	

**Приложение 45 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания калия (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2015-2016 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,08	В, НСР <sub>05</sub> = 0,10
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	4,58	4,17	3,44	2,07	1,27	3,15	3,14
	Гром	4,70	4,25	3,43	2,00	1,30		3,17
	Доля	4,79	4,22	3,50	2,12	1,40		3,25
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	4,57	4,25	3,31	2,05	1,31	3,18	
	Гром	4,81	4,28	3,37	2,06	1,24		
	Доля	4,93	4,30	3,66	2,10	1,49		
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	4,70	4,43	3,38	2,02	1,21	3,20	
	Гром	4,94	4,45	3,40	1,99	1,18		
	Доля	4,97	4,40	3,51	2,01	1,39		
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	5,00	4,49	3,30	1,96	1,19	3,21	
	Гром	5,02	4,45	3,38	1,90	1,17		
	Доля	5,05	4,42	3,45	1,99	1,35		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,24		4,84	4,34	3,43	2,02	1,29	НСР <sub>05</sub> = 0,27	

**Приложение 46 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания калия (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2016-2017 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,08	В, НСР <sub>05</sub> = 0,12
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	4,54	4,15	3,41	2,04	1,22	3,11	3,11
	Гром	4,63	4,24	3,42	1,95	1,26		3,14
	Доля	4,76	4,22	3,47	2,07	1,32		3,21
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	4,55	4,21	3,49	2,01	1,27	3,15	
	Гром	4,80	4,25	3,35	2,00	1,20		
	Доля	4,87	4,27	3,61	2,05	1,39		
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	4,68	4,40	3,32	2,00	1,23	3,18	
	Гром	4,92	4,44	3,37	1,97	1,15		
	Доля	4,94	4,38	3,50	1,99	1,36		
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	4,97	4,45	3,24	1,94	1,17	3,17	
	Гром	4,99	4,43	3,34	1,86	1,14		
	Доля	5,00	4,40	3,40	1,96	1,32		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,18		4,80	4,32	3,41	1,99	1,25	НСР <sub>05</sub> = 0,30	

**Приложение 47 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания калия (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (2017-2018 гг.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Сроки отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 0,10	В, НСР <sub>05</sub> = 0,12
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	4,95	4,64	3,77	2,55	1,62	3,57	3,51
	Гром	5,10	4,74	3,77	2,38	1,85		3,54
	Доля	5,21	4,52	3,95	2,59	1,93		3,66
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	4,92	4,65	3,52	2,54	1,65	3,55	
	Гром	5,12	4,64	3,72	2,48	1,52		
	Доля	5,29	4,66	3,95	2,57	1,95		
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	5,38	4,79	3,65	2,31	1,52	3,57	
	Гром	5,26	4,73	3,88	2,28	1,51		
	Доля	5,42	4,75	4,00	2,33	1,78		
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	5,39	4,89	3,66	2,28	1,51	3,58	
	Гром	5,47	4,77	3,75	2,24	1,53		
	Доля	5,49	4,77	3,92	2,35	1,68		
С, НСР <sub>05</sub> = 0,22		5,25	4,71	3,80	2,41	1,67	НСР <sub>05</sub> = 0,40	

**Приложение 48 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания марганца (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2016 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> =0,76
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	12,69	12,81	12,90	12,80
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	12,74	12,84	12,99	12,86
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	12,77	12,84	12,86	12,82
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	12,82	12,90	12,89	12,87
В, НСР <sub>05</sub> = 0,24	12,76	12,85	12,91	НСР <sub>05</sub> = 1,10

**Приложение 49 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания марганца (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2017 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> =0,58
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	12,93	12,95	12,96	12,95
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	12,97	12,92	12,98	12,96
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	12,86	12,97	12,98	12,94
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	12,94	12,99	13,00	12,98
В, НСР <sub>05</sub> =0,48	12,93	12,96	12,98	НСР <sub>05</sub> =1,22

**Приложение 50 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания марганца (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2018 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> =0,62
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	11,61	12,34	12,66	12,20
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	11,91	12,13	12,85	12,30
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	11,57	12,44	11,36	11,79
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	11,89	12,06	12,12	12,02
В, НСР <sub>05</sub> =0,44	11,75	12,24	12,25	НСР <sub>05</sub> =1,14

**Приложение 51 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания меди (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2016 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,16
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	2,53	2,44	2,64	2,54
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	2,47	2,45	2,56	2,49
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	2,41	2,36	2,52	2,43
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	2,33	2,31	2,35	2,33
В, НСР <sub>05</sub> = 0,13	2,44	2,39	2,52	НСР <sub>05</sub> = 0,24

**Приложение 52 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания меди (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2017 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,12
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	2,53	2,45	2,64	2,54
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	2,48	2,45	2,57	2,50
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	2,42	2,36	2,53	2,44
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	2,34	2,32	2,36	2,34
В, НСР <sub>05</sub> = 0,10	2,44	2,40	2,53	НСР <sub>05</sub> = 0,23

**Приложение 53 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания меди (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2018 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,11
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	2,50	2,43	2,61	2,51
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	2,43	2,42	2,55	2,47
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	2,40	2,33	2,48	2,40
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	2,32	2,27	2,31	2,30
В, НСР <sub>05</sub> = 0,10	2,41	2,36	2,49	НСР <sub>05</sub> = 0,20

**Приложение 54 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания цинка (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2016 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,62
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	25,2	25,1	25,1	25,1
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	25,4	24,8	24,8	25,0
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	24,5	24,8	24,3	24,5
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	24,2	24,1	24,2	24,2
В, НСР <sub>05</sub> = 0,44	24,8	24,7	24,6	НСР <sub>05</sub> = 0,78

**Приложение 55 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания цинка (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2017 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,70
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	25,3	25,1	25,1	25,2
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	25,4	24,9	24,8	25,0
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	24,5	24,8	24,3	24,5
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	24,3	24,2	24,1	24,2
В, НСР <sub>05</sub> = 0,24	24,9	24,8	24,6	НСР <sub>05</sub> = 0,84

**Приложение 56 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания цинка (мг/кг) в зерне озимой пшеницы 2018 год**

Доза удобрения, А	Сорт, В			А, НСР <sub>05</sub> = 0,64
	Васса	Гром	Доля	
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	25,1	24,8	24,8	24,9
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	25,4	24,7	24,2	24,8
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	24,5	24,8	24,0	24,4
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	23,8	23,7	23,7	23,7
В, НСР <sub>05</sub> = 0,42	24,7	24,5	24,2	НСР <sub>05</sub> = 0,90

**Приложение 57 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания азота (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6
Столбец 1	1					
Столбец 2	0,99338222	1				
Столбец 3	0,939260226	0,939451566	1			
Столбец 4	0,93262757	0,927477955	0,987791337	1		
Столбец 5	0,967830714	0,965904099	0,942859205	0,946425276	1	
Столбец 6	0,79098547	0,792189791	0,89512758	0,891253649	0,789745525	1

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,985566121
R-квадрат	0,958261321
Нормированный R-квадрат	0,819006717
Стандартная ошибка	0,915429372
Наблюдения	48

<i>Дисперсионный анализ</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	5	182,4166657	36,48333314	43,53562893	1,48988E-15
Остаток	42	35,1964593	0,838010936		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-10,9358477	5,230897938	-2,523016837	0,603711025	-13,29222712	7,820531723	-13,29222712	7,820531723
Переменная X 1	-1,502381354	2,855778968	-0,526084606	0,601596534	-7,265576637	4,260813928	-7,265576637	4,260813928
Переменная X 2	1,080567652	2,715870579	2,397871556	0,00069274	-4,400281071	6,561416376	-4,400281071	6,561416376
Переменная X 3	3,141710041	1,816136776	2,729886252	0,000909941	-0,523402357	6,806822439	-0,523402357	6,806822439
Переменная X 4	2,642674456	1,744860502	3,514547698	0,000137377	-0,878596597	6,16394551	-0,878596597	6,16394551
Переменная X 5	-3,032457861	1,680598374	-4,804391762	7,8344E-05	-6,424042689	0,359126967	-6,424042689	0,359126967

**Приложение 58 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания фосфора (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>	<i>Столбец 5</i>	<i>Столбец 6</i>
Столбец 1	1					
Столбец 2	0,955115954	1				
Столбец 3	0,972432139	0,967323709	1			
Столбец 4	0,96906303	0,942318992	0,977857536	1		
Столбец 5	0,950598139	0,957039029	0,98413594	0,96612968	1	
Столбец 6	0,85205834	0,781284728	0,786305465	0,801075772	0,739574706	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,982894861
R-квадрат	0,959503335
Нормированный R-квадрат	0,753253732
Стандартная ошибка	1,068855288
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	5	169,6301567	33,92603133	29,69581428	9,01169E-13
Остаток	42	47,98296833	1,142451627		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
У-пересечение	8,052183459	1,504268664	-7,041185419	1,2693E-08	-13,62757165	-7,556097518	13,62757165	-7,556097518
Переменная X 1	20,83103731	5,351103628	3,892848794	0,000348406	10,03207298	31,63000163	10,03207298	31,63000163
Переменная X 2	1,465779124	5,345252385	0,274220751	0,785259244	-9,321376911	12,25293516	9,321376911	12,25293516
Переменная X 3	-1,167222515	11,5180681	-0,101338393	0,919764088	-24,411625	22,07717997	-24,411625	22,07717997
Переменная X 4	4,777672059	8,050770772	0,593442814	0,556067467	-11,46944113	21,02478525	11,46944113	21,02478525
Переменная X 5	-17,0818827	8,675489922	-1,968981908	0,000555765	-34,58973017	0,425964776	34,58973017	0,425964776

**Приложение 59 – Корреляционно-регрессионный анализ показателей динамики содержания калия (%) в растениях сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>	<i>Столбец 5</i>	<i>Столбец 6</i>
Столбец 1	1					
Столбец 2	0,875282748	1				
Столбец 3	0,667634455	0,596955579	1			
Столбец 4	0,462148329	0,577537187	0,802892159	1		
Столбец 5	0,563238675	0,557085418	0,903663609	0,885381149	1	
Столбец 6	0,573712477	0,475384457	-0,0611469	-0,296043447	0,199087743	1

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,898878077
R-квадрат	0,810104236
Нормированный R-квадрат	0,765116645
Стандартная ошибка	1,042844932
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	5	171,9370518	34,38741037	31,61986432	3,26388E-13
Остаток	42	45,67607315	1,087525551		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-27,73650424	5,498755005	-3,771127141	0,000502336	-31,83344111	9,639567377	-	-9,639567377
Переменная X 1	6,181307499	1,672879315	3,695011017	0,000630034	2,805300363	9,557314635	2,805300363	9,557314635
Переменная X 2	4,19467319	2,081295935	2,015414108	0,0005029	-0,005552054	8,394898435	0,005552054	8,394898435
Переменная X 3	-1,602233017	2,181231331	-0,734554375	0,466692508	-6,004136056	2,799670021	6,004136056	2,799670021
Переменная X 4	-6,611876528	2,098580689	-3,150642032	0,000300048	-10,84698382	2,376769237	10,84698382	-2,376769237
Переменная X 5	-1,746299632	2,283152462	-0,764863346	0,448629426	-6,353887841	2,861288576	6,353887841	2,861288576

**Приложение 60 – Корреляционно-регрессионный анализ влияния доз минеральных удобрений на содержание меди (мг/кг) в зерне сортов озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>
Столбец 1	1	
Столбец 2	-0,714855388	1

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,714855388
R-квадрат	0,511018226
Нормированный R-квадрат	0,500388187
Стандартная ошибка	1,52093258
Наблюдения	48

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	1	111,204273	111,204273	48,0730359	1,14666E-08
Остаток	46	106,408852	2,313235912		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	44,30934744	5,475773145	8,091888811	2,1658E-10	33,28718778	55,3315071	33,28718778	55,3315071
Переменная X 1	-15,54206792	2,241599534	-6,933472139	1,1467E-08	-20,05417375	-11,02996208	-20,05417375	-11,02996208

**Приложение 61 – Корреляционно-регрессионный анализ влияния доз минеральных удобрений на содержание цинка (мг/кг) в зерне сортов озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>
Столбец 1	1	
Столбец 2	-0,826464266	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,826464266
R-квадрат	0,683043183
Нормированный R-квадрат	0,676152817
Стандартная ошибка	1,224513777
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	1	148,6391615	148,6391615	99,13018017	4,67599E-13
Остаток	46	68,9739635	1,499433989		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	96,97972391	9,101977946	10,65479663	5,2103E-14	78,65839256	115,3010553	78,65839256	115,3010553
Переменная X 1	-3,67818568	0,369428759	-9,956414022	4,67599E-13	-4,421807203	-2,934564156	-4,421807203	-2,934564156

**Приложение 62 – Поражённость озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений (фаза конец кушения – начало выхода в трубку), 2016 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	38,4	3,7	47,7	5,6	40,4	4,4
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	34,1	2,8	47,0	4,1	42,7	3,4
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	45,3	4,1	49,0	5,6	44,4	5,6
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	45,8	5,9	50,3	8,7	47,2	8,2

**Приложение 63 – Поражённость озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений (фаза колошения), 2016 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	57,5	5,6	68,6	8,0	67,4	6,4
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	55,7	4,9	66,4	6,7	65,2	5,5
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	58,4	6,8	69,2	8,9	68,5	7,8
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	60,5	8,1	70,3	12,6	69,3	9,7

**Приложение 64 – Поражённость озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений (фаза конец кущения – начало выхода в трубку), 2017 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	38,8	4,0	48,3	5,8	40,8	4,6
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	35,2	3,3	48,0	4,6	43,0	4,0
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	46,5	5,1	50,1	5,8	45,0	5,8
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	46,7	6,0	51,2	8,8	47,9	8,4

**Приложение 65 – Поражённость озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений (фаза колошения), 2017 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	57,7	5,8	68,8	8,4	67,6	6,6
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	55,8	5,1	66,9	7,2	65,8	5,7
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	58,6	6,9	69,7	9,0	68,9	7,9
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	60,7	8,3	70,6	12,7	69,5	9,8

**Приложение 66 – Поражённость озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений (фаза конец кущения – начало выхода в трубку), 2018 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	27,8	1,6	45,0	4,2	39,1	3,6
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	20,7	1,1	44,5	3,0	40,3	1,9
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	31,8	2,2	46,4	4,5	43,5	4,8
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	39,5	5,2	48,5	8,3	45,9	7,1

**Приложение 67 – Поражённость озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений (фаза колошения), 2018 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %	распространённость, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	56,1	4,8	67,5	7,3	66,3	5,6
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	53,5	4,4	62,5	5,6	64,0	5,0
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	57,9	6,4	68,1	8,8	67,5	7,1
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	58,8	7,6	69,1	11,0	68,8	9,3

**Приложение 68 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы мучнистой росой в фазу конец кущения-начало выхода в трубку среднее за 2016 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	-	-	-	-	-	-
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	1,3	-	-	-	-	-
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	15,2	0,12	1,1	-	10,2	0,12
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	12,5	0,13	1,2	-	5,2	0,15

**Приложение 69 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы мучнистой росой в фазу конец кущения-начало выхода в трубку среднее за 2017 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	-	-	-	-	-	-
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	1,5	-	-	-	-	-
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	15,4	0,15	1,1	-	10,5	0,13
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	12,7	0,15	1,3	-	5,3	0,13

**Приложение 70 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы мучнистой росой в фазу конец кушения-начало выхода в трубку среднее за 2018 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	-	-	-	-	-	-
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	0,2	-	-	-	-	-
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	14,4	0,03	0,8	-	9,8	0,05
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	10,8	0,02	0,5	-	4,5	0,02

**Приложение 71 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы пиренофорзом в фазу конец кушения-начало выхода в трубку до обработки фунгицидом 2016 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	60,0	1,6	64,2	1,7	35,6	1,6
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	39,2	1,9	43,3	1,5	62,4	7,1
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	57,8	1,9	62,4	1,6	66,1	8,0
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	58,4	2,3	63,3	1,7	69,5	8,1

**Приложение 72 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы пиренофорзом в фазу конец кущения- начало выхода в трубку до обработки фунгицидом 2017 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	60,8	1,7	65,6	1,8	36,2	1,8
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	40,0	1,9	44,0	1,7	62,8	7,3
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	58,3	2,0	62,9	1,7	66,9	8,1
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	58,6	2,4	63,7	1,8	69,8	8,3

**Приложения 73 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы пиренофорзом в фазу конец кущения- начало выхода в трубку до обработки фунгицидом 2018 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	54,1	1,2	60,7	1,3	33,5	1,1
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	33,6	1,3	40,2	0,7	61,4	6,6
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	52,2	1,8	59,8	1,2	64,7	7,3
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	56,1	1,6	61,4	1,0	68,3	7,9

**Приложение 74 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы септориозом в фазу конец кущения-начало выхода в трубку до обработки фунгицидом 2016 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	40,3	4,8	72,0	8,9	65,8	4,2
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	72,0	4,6	63,1	8,8	57,7	10,9
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	78,4	5,5	73,2	8,8	62,0	10,7
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	82,5	5,8	74,6	9,9	60,9	11,2

**Приложение 75 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы септориозом в фазу конец кущения-начало выхода в трубку до обработки фунгицидом 2017 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	41,4	4,9	72,2	9,1	66,3	4,6
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	72,1	4,8	63,8	9,0	58,2	11,4
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	78,6	5,8	73,5	8,9	62,4	11,1
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	82,7	6,0	74,9	10,2	61,2	11,5

**Приложение 76 – Влияние сортовых особенностей и доз удобрений на пораженность озимой пшеницы септориозом в фазу конец кушения-начало выхода в трубку до обработки фунгицидом 2018 год**

Доза удобрения	Доля		Васса		Гром	
	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %	распространенность, %	степень развития, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	38,3	4,1	70,3	8,1	63,2	2,3
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	70,7	3,8	57,6	8,0	56,0	10,1
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	73,4	4,3	71,4	8,4	61,3	8,5
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	74,8	4,7	73,4	9,0	58,5	9,7

**Приложение 77 – Влияние различных доз минеральных удобрений на структуру урожая сортов озимой пшеницы,  
(2016 г.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Количество шт/м <sup>2</sup>			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Высота растений, см
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	251	411	361	1,64	1,44	7,8	23	1,1	41,5	87,7
	Гром	260	497	412	1,91	1,58	7,6	24	0,88	40,0	74,0
	Доля	284	531	461	1,87	1,62	7,4	23	0,89	40,6	100,2
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	256	522	466	2,04	1,82	8,1	23	1,12	42,4	92,3
	Гром	263	599	563	2,28	2,14	8,0	24	0,95	41,0	75,5
	Доля	290	643	595	2,22	2,05	8,2	26	0,99	41,7	103,6
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	274	771	684	2,81	2,50	9,1	26	1,16	43,0	95,2
	Гром	279	803	757	2,88	2,71	8,1	27	1,03	41,6	76,1
	Доля	301	820	768	2,72	2,55	8,9	28	1,04	41,9	104,7
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	273	792	744	2,90	2,73	10,0	28	1,20	42,2	95,3
	Гром	300	956	925	3,19	3,08	8,1	29	1,04	41,3	76,3
	Доля	310	924	904	2,98	2,92	8,9	31	1,07	41,6	106,1
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ	–	28,1	70,7	63,5	–	–	0,89	2,2	0,11	0,40	5,0

**Приложение 78 – Влияние различных доз минеральных удобрений на структуру урожая сортов озимой пшеницы,  
(2017 г.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Количество шт/м <sup>2</sup>			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Высота растений, см
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	222	364	321	1,64	1,45	7,5	22	0,99	41,0	69,3
	Гром	252	476	419	1,89	1,66	6,8	19	0,86	38,4	76,1
	Доля	270	517	444	1,91	1,64	7,0	23	0,84	39,2	53,7
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	232	500	447	2,16	1,93	7,9	27	1,10	41,7	70,0
	Гром	243	583	534	2,40	2,20	7,4	26	0,92	40,2	77,2
	Доля	282	617	580	2,19	2,06	8,4	26	0,94	41,0	56,9
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	254	757	664	2,98	2,61	8,6	27	1,13	42,6	70,6
	Гром	263	791	730	3,01	2,78	9,2	26	1,00	41,0	77,6
	Доля	282	802	742	2,84	2,63	8,0	26	1,00	41,1	63,3
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	265	762	717	2,88	2,71	8,6	28	1,16	41,8	74,7
	Гром	293	940	893	3,21	3,05	8,7	28	1,02	40,7	78,0
	Доля	295	898	881	3,04	2,99	8,1	26	1,00	41,0	66,1
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ	–	21,0	77,5	84,5	–	–	0,70	2,0	0,10	0,32	5,7

**Приложение 79 – Влияние различных доз минеральных удобрений на структуру урожая сортов озимой пшеницы,  
(2018 г.)**

Доза удобрения, А	Сорт, В	Количество шт/м <sup>2</sup>			Кустистость		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Высота растений, см
		растений	стеблей		общая	продуктивная	длина, см	число зёрен, шт	масса зерна, г		
			всего	с колосом							
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	244	401	350	1,64	1,43	6,9	25	0,91	41,4	64,2
	Гром	262	494	396	1,89	1,51	5,7	25	0,87	38,6	65,8
	Доля	280	527	460	1,88	1,64	6,0	23	0,91	39,0	59,8
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	253	520	461	2,06	1,82	7,4	26	1,08	42,8	73,0
	Гром	259	594	559	2,29	2,16	6,5	27	0,92	41,2	75,3
	Доля	289	639	592	2,21	2,05	6,2	27	0,92	41,8	76,7
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	267	767	683	2,87	2,56	8,4	27	1,04	43,4	80,9
	Гром	274	800	748	2,92	2,73	6,4	28	0,97	41,3	89,8
	Доля	299	817	758	2,73	2,54	7,1	28	1,02	41,8	81,1
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	269	786	735	2,92	2,73	8,4	29	1,21	42,3	82,9
	Гром	298	951	918	3,19	3,08	7,2	30	0,94	41,0	96,9
	Доля	304	920	903	3,03	2,97	7,6	30	1,02	41,3	87,4
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ	–	18,5	80,7	76,4	–	–	0,61	1,8	0,14	1,0	6,8

**Приложение 80 – Корреляционно-регрессионный анализ влияния доз минеральных удобрений на структуру урожая сортов озимой пшеницы (за 2016-2018 гг.)**

**Корреляция**

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9	Столбец 10	Столбец 11
Столбец 1	1										
Столбец 2	0,769620801	1									
Столбец 3	0,774544181	0,995100692	1								
Столбец 4	0,602259741	0,971083284	0,959597333	1							
Столбец 5	0,637465723	0,977952702	0,978968534	0,991427396	1						
Столбец 6	0,175228482	0,498472713	0,491389916	0,564346192	0,552766198	1					
Столбец 7	0,587116839	0,831457468	0,838528768	0,824069834	0,839964549	0,411102624	1				
Столбец 8	-0,006379451	0,377422173	0,369817768	0,476255493	0,457900079	0,738131797	0,464951825	1			
Столбец 9	0,04353667	0,341055446	0,334883429	0,416205287	0,403437674	0,608276031	0,505129217	0,788173598	1		
Столбец 10	0,395635829	0,396111839	0,399379946	0,349354082	0,363303497	0,409269124	0,397385298	0,380626298	0,415446487	1	
Столбец 11	0,667292081	0,947587049	0,947418401	0,940415911	0,949061192	0,596904765	0,901229793	0,659070396	0,502182289	0,50045991	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,987127701
R-квадрат	0,974421098
Нормированный R-квадрат	0,967507881
Стандартная ошибка	0,387866819
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	10	212,0468202	21,20468202	140,950463	2,5665E-26
Остаток	37	5,566304774	0,15044067		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	1,914468382	5,537586579	-1,333571634	0,19049632	-18,60498457	3,835447808	-18,60498457	3,835447808
Переменная X 1	-0,002918481	0,018336616	-0,159161391	0,874407358	-0,040071994	0,034235032	-0,040071994	0,034235032
Переменная X 2	-0,018218157	0,036162517	-0,503785633	0,617398609	-0,091490377	0,055054063	-0,091490377	0,055054063
Переменная X 3	0,028243987	0,03392203	2,832614893	0,000410404	-0,040488574	0,096976548	-0,040488574	0,096976548
Переменная X 4	6,605366469	9,619221813	0,686684079	0,496563203	-12,88502827	26,09576121	-12,88502827	26,09576121
Переменная X 5	-7,27654558	9,075314359	-0,80179543	0,427790972	-25,66487913	11,11178797	-25,66487913	11,11178797
Переменная X 6	0,124312035	0,108408203	1,146703215	0,258865957	-0,095343849	0,34396792	-0,095343849	0,34396792
Переменная X 7	0,251576968	0,052394435	4,801597117	2,59973E-05	0,145415759	0,357738178	0,145415759	0,357738178
Переменная X 8	3,380366888	1,198419747	2,820686905	0,000765936	0,952137829	5,808595948	0,952137829	5,808595948
Переменная X 9	-0,065106307	0,091634984	-0,000710496	0,481851185	-0,25077642	0,120563807	-0,25077642	0,120563807
Переменная X 10	0,015044073	0,005918702	2,541785728	0,015349632	0,003051643	0,027036502	0,003051643	0,027036502

**Приложение 81 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в почве в фазу всходов (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9
Столбец 1	1								
Столбец 2	0,977961314	1							
Столбец 3	0,939436671	0,935556402	1						
Столбец 4	0,919836366	0,914440734	0,98370181	1					
Столбец 5	0,911378507	0,900791198	0,97766634	0,955610012	1				
Столбец 6	0,889047045	0,890722363	0,92952111	0,902670515	0,92703745	1			
Столбец 7	0,849917939	0,852011756	0,83733402	0,823159446	0,847171434	0,685096648	1		
Столбец 8	0,835323632	0,848934828	0,75380739	0,753115787	0,71815841	0,626956296	0,862043736	1	
Столбец 9	0,827128989	0,786427407	0,82007065	0,776166652	0,865250872	0,732933594	0,868053654	0,692745475	1

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,940300542
R-квадрат	0,88416511
Нормированный R-квадрат	0,860404106
Стандартная ошибка	0,803951659
Наблюдения	48

<i>Дисперсионный анализ</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	8	192,4059325	24,05074156	37,21076518	6,47202E-16
Остаток	39	25,2071925	0,646338269		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-28,45662969	6,969119636	-3,365795239	0,001724861	-37,5530047	-9,360254685	-37,5530047	-9,360254685
Переменная X 1	0,427223368	0,132780655	3,217512129	0,000260276	0,158649143	0,695797594	0,158649143	0,695797594
Переменная X 2	-0,327758553	0,174488941	-1,878391557	0,000678182	-0,680695748	0,025178643	-0,680695748	0,025178643
Переменная X 3	0,0324702	0,126033732	0,257631027	0,798046256	-0,222457085	0,287397485	-0,222457085	0,287397485
Переменная X 4	-0,210519361	0,089203389	-2,359992866	0,000233736	-0,390950245	-0,030088477	-0,390950245	-0,030088477
Переменная X 5	0,595193261	0,226287972	2,630247009	0,000121511	0,137482635	1,052903886	0,137482635	1,052903886
Переменная X 6	-0,091320653	0,162741085	-0,561140742	0,577911812	-0,420495568	0,237854262	-0,420495568	0,237854262
Переменная X 7	0,080661019	0,027771616	2,904440981	0,000603068	0,024487624	0,136834415	0,024487624	0,136834415
Переменная X 8	-0,021255913	0,022247423	-0,955432587	0,345244095	-0,066255574	0,023743748	-0,066255574	0,023743748

**Приложение 82 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в почве в фазу кущения (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>	<i>Столбец 5</i>	<i>Столбец 6</i>	<i>Столбец 7</i>	<i>Столбец 8</i>	<i>Столбец 9</i>
Столбец 1	1								
Столбец 2	0,96777427	1							
Столбец 3	0,85927784	0,871951716	1						
Столбец 4	0,86560522	0,91182591	0,962168456	1					
Столбец 5	0,87840992	0,846972454	0,725547769	0,74328308	1				
Столбец 6	0,95604843	0,938021401	0,916744049	0,91900711	0,858707381	1			
Столбец 7	0,86646161	0,871482646	0,829186729	0,84745929	0,736284264	0,83750549	1		
Столбец 8	0,52570778	0,627731458	0,669234284	0,71465028	0,50406282	0,54543947	0,786604492	1	
Столбец 9	0,85554418	0,854982872	0,659368162	0,67395296	0,75131196	0,78130236	0,863508441	0,55396981	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,955935463
R-квадрат	0,913812609
Нормированный R-квадрат	0,896133145
Стандартная ошибка	0,69347707
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	8	198,8576176	24,8572022	51,68779832	2,2282E-18
Остаток	39	18,75550743	0,480910447		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-34,35005224	5,187897191	-7,006702504	2,09818E-08	-46,84356478	-25,8565397	-46,84356478	-25,8565397
Переменная X 1	-0,27291919	0,130222017	-2,095799136	0,000426399	-0,53631808	-0,0095203	-0,53631808	-0,009520299
Переменная X 2	0,582324699	0,119573078	4,870031836	1,88581E-05	0,340465319	0,824184079	0,340465319	0,824184079
Переменная X 3	0,05326161	0,075461847	0,705808465	0,484502243	-0,099374382	0,205897602	-0,099374382	0,205897602
Переменная X 4	-0,394615313	0,089783818	-4,395171891	8,25851E-05	-0,576220226	-0,2130104	-0,576220226	-0,213010399
Переменная X 5	0,034001232	0,069651746	0,488160507	0,628169623	-0,106882723	0,174885187	-0,106882723	0,174885187
Переменная X 6	0,259216831	0,172644038	1,501452553	0,141292378	-0,089988696	0,608422358	-0,089988696	0,608422358
Переменная X 7	0,166513862	0,031490888	5,28768386	5,03427E-06	0,102817528	0,230210196	0,102817528	0,230210196
Переменная X 8	-0,033892697	0,024908867	-1,360667923	0,181430783	-0,084275637	0,016490243	-0,084275637	0,016490243

**Приложение 83 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в почве в фазу выхода в трубку (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9
Столбец 1	1								
Столбец 2	0,899880063	1							
Столбец 3	0,830225018	0,897606967	1						
Столбец 4	0,840990454	0,845655392	0,957300245	1					
Столбец 5	0,893330828	0,837064209	0,883040766	0,893359771	1				
Столбец 6	0,863744767	0,890040557	0,908477086	0,848250902	0,904960928	1			
Столбец 7	0,742608461	0,745865369	0,66141254	0,62522212	0,676192989	0,852094182	1		
Столбец 8	0,775356474	0,75932925	0,722834903	0,727874645	0,793056119	0,843905434	0,872360797	1	
Столбец 9	0,80325527	0,706116666	0,563224387	0,584519054	0,790627974	0,738523505	0,699161416	0,718706043	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,921100639
R-квадрат	0,848426387
Нормированный R-квадрат	0,817334364
Стандартная ошибка	0,919648867
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	8	184,6287175	23,07858968	27,28759027	1,09049E-13
Остаток	39	32,98440752	0,845754039		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-4,175477803	5,55273823	-3,093154601	0,003651584	-28,406951	-5,944004604	-28,406951	-5,944004604
Переменная X 1	0,075789417	0,083602572	0,906544088	0,370215167	-0,093312746	0,244891581	-0,093312746	0,244891581
Переменная X 2	0,231485062	0,097481941	2,374645589	0,022581317	0,034309224	0,428660899	0,034309224	0,428660899
Переменная X 3	-0,515742174	0,159989159	-3,223607012	0,002559531	-0,839350793	-0,192133555	-0,839350793	-0,192133555
Переменная X 4	0,051775531	0,119698609	0,432549142	0,667724895	-0,190337759	0,29388882	-0,190337759	0,29388882
Переменная X 5	0,708057	0,197378126	3,587312404	0,000919606	0,308822056	1,107291943	0,308822056	1,107291943
Переменная X 6	0,246954317	0,282288515	0,874829487	0,387022574	-0,324028099	0,817936733	-0,324028099	0,817936733
Переменная X 7	0,027103948	0,037056576	0,731420725	0,468894429	-0,047850052	0,102057947	-0,047850052	0,102057947
Переменная X 8	-0,016062169	0,028339693	-0,566772888	0,574116187	-0,073384608	0,041260269	-0,073384608	0,041260269

**Приложение 84 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в почве в фазу колошения (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4	Столбец 5	Столбец 6	Столбец 7	Столбец 8	Столбец 9
Столбец 1	1								
Столбец 2	0,936848553	1							
Столбец 3	0,664128748	0,828514439	1						
Столбец 4	0,708457354	0,848980145	0,949005354	1					
Столбец 5	0,925570523	0,920624275	0,735090585	0,735050715	1				
Столбец 6	0,513999279	0,679923962	0,839466257	0,758301539	0,652352118	1			
Столбец 7	0,776687348	0,8139259	0,716059851	0,716281042	0,671882305	0,672261574	1		
Столбец 8	0,584236811	0,651716461	0,804752157	0,820433938	0,565661891	0,705186691	0,701109543	1	
Столбец 9	0,854941697	0,758722354	0,374805528	0,371798155	0,778860729	0,328445411	0,65498246	0,296365129	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,942854959
R-квадрат	0,888975474
Нормированный R-квадрат	0,866201212
Стандартная ошибка	0,787081498
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	8	193,4527309	24,18159136	39,0342169	2,87421E-16
Остаток	39	24,16039409	0,619497284		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	-12,43704746	9,676599246	-1,801980946	0,079281987	-37,00981689	2,135721973	-37,00981689	2,135721973
Переменная X 1	0,146146268	0,117882544	2,239761742	0,000222472	-0,092293683	0,38458622	-0,092293683	0,38458622
Переменная X 2	0,407274607	0,167398281	2,432967679	0,000196627	0,068679624	0,74586959	0,068679624	0,74586959
Переменная X 3	-0,017385507	0,103248527	-0,168385032	0,867150622	-0,226225365	0,191454352	-0,226225365	0,191454352
Переменная X 4	-0,362796665	0,093647796	-3,87405448	0,000398302	-0,552217213	-0,173376118	-0,552217213	-0,173376118
Переменная X 5	0,17747915	0,173382115	1,023630093	0,312317752	-0,173219279	0,52817758	-0,173219279	0,52817758
Переменная X 6	-0,058404353	0,166769511	-0,350210012	0,728065512	-0,395727529	0,278918824	-0,395727529	0,278918824
Переменная X 7	0,069410867	0,044174885	2,571274442	0,000124198	-0,019941271	0,158763006	-0,019941271	0,158763006
Переменная X 8	0,011495446	0,034781039	0,33050897	0,742784476	-0,058855847	0,081846738	-0,058855847	0,081846738

**Приложение 85 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в растениях озимой пшеницы в фазу всходов (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,922035555	1		
Столбец 3	0,818412758	0,868311784	1	
Столбец 4	0,79098547	0,85205834	0,573712477	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,916637873
R-квадрат	0,84022499
Нормированный R-квадрат	0,82933124
Стандартная ошибка	0,888936279
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	182,8439858	60,94799528	77,12908216	1,4864E-17
Остаток	44	34,76913917	0,790207708		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	8,895161783	3,98105747	2,234371608	0,030587053	0,871867645	16,91845592	0,871867645	16,91845592
Переменная X 1	0,577468596	0,771895764	2,274811733	0,00045837	-0,978185098	2,133122291	-0,978185098	2,133122291
Переменная X 2	19,7721367	2,676647636	7,386903093	3,10999E-09	14,37770785	25,16656555	14,37770785	25,16656555
Переменная X 3	-5,967682637	1,064937616	-5,603786128	1,28546E-06	-8,113923377	-3,8214419	-8,113923377	-3,821441898

**Приложение 86 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в растениях озимой пшеницы в фазу кущение (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,888232295	1		
Столбец 3	0,752934741	0,833845813	1	
Столбец 4	0,792189791	0,781284728	0,675384457	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,874560812
R-квадрат	0,764856613
Нормированный R-квадрат	0,748824109
Стандартная ошибка	1,078406729
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	166,4428377	55,48094592	47,70662334	6,99753E-14
Остаток	44	51,17028725	1,162961074		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	11,38289021	5,152876313	2,20903618	0,032424826	0,997950372	21,76783004	0,997950372	21,76783004
Переменная X 1	2,320830035	0,7391237	3,139975127	0,003016492	0,831224096	3,810435974	0,831224096	3,810435974
Переменная X 2	14,63615271	3,32677399	4,399503168	6,80055E-05	7,931480281	21,34082514	7,931480281	21,34082514
Переменная X 3	-6,913190255	1,532638548	-4,510646208	4,76156E-05	-10,00202029	-3,824360222	-10,00202029	-3,824360222

**Приложение 87 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в растениях озимой пшеницы в фазу выхода в трубку (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,928197122	1		
Столбец 3	0,213703305	0,47883607	1	
Столбец 4	0,89512758	0,786305465	-0,061146898	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,940060361
R-квадрат	0,883713482
Нормированный R-квадрат	0,875784855
Стандартная ошибка	0,758369553
Наблюдения	48

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	192,3076524	64,10255078	111,4585874	1,40281E-20
Остаток	44	25,30547265	0,575124378		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	6,994144472	2,925259256	2,390948582	0,021148719	1,09867182	12,88961712	1,09867182	12,88961712
Переменная X 1	1,981678848	0,78345666	2,52940456	0,000150834	0,4027257	3,560631996	0,4027257	3,560631996
Переменная X 2	10,12251182	4,155088626	2,4361723	0,000189607	1,748480929	18,4965427	1,748480929	18,4965427
Переменная X 3	-4,759372405	0,937418799	-5,077103651	7,47116E-06	-6,648615855	-2,870128955	-6,648615855	-2,870128955

**Приложение 88 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в растениях озимой пшеницы в фазу колошения (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,923078519	1		
Столбец 3	0,052963188	0,219835654	1	
Столбец 4	0,891253649	0,801075772	-0,296043447	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,961333463
R-квадрат	0,924162027
Нормированный R-квадрат	0,918991256
Стандартная ошибка	0,612434381
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	201,1097867	67,03659557	178,7280943	1,18063E-24
Остаток	44	16,5033383	0,37507587		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	3,172752383	1,133855822	2,798197375	0,007597747	0,887616126	5,45788864	0,887616126	5,45788864
Переменная X 1	2,414455243	0,456599469	5,287906373	3,70599E-06	1,494239478	3,334671008	1,494239478	3,334671008
Переменная X 2	6,520878092	2,505074731	2,60306729	0,012546782	1,472231708	11,56952448	1,472231708	11,56952448
Переменная X 3	-4,582465585	0,53454164	-8,572700882	6,16574E-11	-5,659763472	-3,505167697	-5,659763472	-3,505167697

**Приложение 89 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макроэлементов в растениях озимой пшеницы в фазу полной спелости (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,954385631	1		
Столбец 3	0,279645678	0,412239806	1	
Столбец 4	0,789745525	0,739574706	-0,199087743	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,925171119
R-квадрат	0,855941599
Нормированный R-квадрат	0,846119435
Стандартная ошибка	0,844083674
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	186,2641261	62,08804203	87,14389436	1,53678E-18
Остаток	44	31,34899891	0,712477248		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	3,633448967	1,221239256	0,518693585	0,60657345	-1,827797029	3,094694964	-1,827797029	3,094694964
Переменная X 1	1,16645675	1,221512685	0,954928069	0,344831304	-1,295340308	3,628253807	-1,295340308	3,628253807
Переменная X 2	15,9401948	4,507986603	<b>3,535989834</b>	0,000970497	6,854944774	25,02544482	6,854944774	25,02544482
Переменная X 3	-6,174258882	0,736656826	-8,381458859	1,15037E-10	-7,658893163	-4,689624601	-7,658893163	-4,689624601

**Приложение 90 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания микроэлементов в почве в фазу кушения (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,061584637	1		
Столбец 3	0,331422586	0,644736842	1	
Столбец 4	0,094300694	-0,714403983	-0,656762587	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,752997512
R-квадрат	0,567005252
Нормированный R-квадрат	0,537482883
Стандартная ошибка	1,463381359
Наблюдения	48

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	123,3877849	41,12926162	19,2059536	4,14393E-08
Остаток	44	94,22534015	2,141485003		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	10,43993819	6,394915617	2,02347286	0,049124767	0,051832615	25,82804377	0,051832615	25,82804377
Переменная X 1	0,612368728	0,398932602	2,036355825	0,047760989	0,008372898	1,616364558	0,008372898	1,616364558
Переменная X 2	-36,84052768	9,594423937	-4,152466885	0,000148653	-59,17681858	-20,50423678	-59,17681858	-20,50423678
Переменная X 3	-10,02358652	6,677538069	-1,95035751	0,057521783	-26,48128023	0,434107178	-26,48128023	0,434107178

**Приложение 91 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания микроэлементов в почве в фазу выхода в трубку (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,642634131	1		
Столбец 3	0,629257511	0,836888009	1	
Столбец 4	-0,439630823	-0,778486104	-0,72368993	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,797281831
R-квадрат	0,635658319
Нормированный R-квадрат	0,61081684
Стандартная ошибка	1,342365042
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	138,3275932	46,10919772	25,58858663	9,79675E-10
Остаток	44	79,28553183	1,801943905		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	21,94619626	6,441854832	3,096343643	0,00340427	6,963490913	32,92890161	6,963490913	32,92890161
Переменная X 1	0,557345299	0,458660994	1,215157395	0,230786541	-0,367025196	1,481715793	-0,367025196	1,481715793
Переменная X 2	-58,0166827	11,44914605	-3,669852976	0,000652541	-65,0909204	-18,942445	-65,0909204	-18,942445
Переменная X 3	-13,27354746	7,90423588	-1,679295464	0,100183106	-29,20348816	2,656393232	-29,20348816	2,656393232

**Приложение 92 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания микроэлементов в почве в фазу колошения (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,808129018	1		
Столбец 3	0,732354243	0,895947364	1	
Столбец 4	-0,618271127	-0,849889901	-0,826059526	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,870703813
R-квадрат	0,758125129
Нормированный R-квадрат	0,741633661
Стандартная ошибка	1,093733664
Наблюдения	48

*Дисперсионный анализ*

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	164,9779786	54,99265952	45,97074735	1,29661E-13
Остаток	44	52,63514644	1,196253328		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	5,321694817	7,977978933	0,79239302	0,432383269	-9,756865235	22,40025487	-9,756865235	22,40025487
Переменная X 1	0,615662532	0,499529637	2,632861139	0,000109635	-0,191073301	1,822398364	-0,191073301	1,822398364
Переменная X 2	-32,89026109	9,422725938	-3,702777871	0,000591276	-53,88051741	-15,90000477	-53,88051741	-15,90000477
Переменная X 3	-9,46284725	5,695414899	-2,012644812	0,00050297	-22,94120176	0,015507263	-22,94120176	0,015507263

**Приложение 93 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания микроэлементов в почве в фазу полной спелости (за 2015-2018 гг.)**

**Корреляция**

	<i>Столбец 1</i>	<i>Столбец 2</i>	<i>Столбец 3</i>	<i>Столбец 4</i>
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,808474127	1		
Столбец 3	0,683455618	0,832361177	1	
Столбец 4	-0,399661559	-0,558566859	-0,840435099	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,884963678
R-квадрат	0,783160711
Нормированный R-квадрат	0,768376214
Стандартная ошибка	1,035583667
Наблюдения	48

**Дисперсионный анализ**

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	170,4260496	56,80868321	52,97175216	1,1899E-14
Остаток	44	47,18707537	1,072433531		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
У-пересечение	10,64150431	4,825153295	1,79092845	0,080185604	-1,082953179	18,36596181	-1,082953179	18,36596181
Переменная X 1	0,65606018	0,418224193	1,568680604	0,123886796	-0,186815298	1,498935657	-0,186815298	1,498935657
Переменная X 2	40,32898892	15,23472202	1,990780591	0,000527382	-0,374575851	61,03255369	-0,374575851	61,03255369
Переменная X 3	-15,20486203	3,960595145	-9,696740169	1,71219E-12	-46,38691706	-30,422807	-46,38691706	-30,422807

**Приложение 94 – Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от содержания микроэлементов в зерне озимой пшеницы (за 2015-2018 гг.)**

Корреляция

	Столбец 1	Столбец 2	Столбец 3	Столбец 4
Столбец 1	1			
Столбец 2	0,193751247	1		
Столбец 3	0,188179534	0,553436948	1	
Столбец 4	0,096003906	-0,714855388	-0,826464266	1

*Регрессионная статистика*

Множественный R	0,887483658
R-квадрат	0,787627243
Нормированный R-квадрат	0,773147282
Стандартная ошибка	1,024862511
Наблюдения	48

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	3	171,3980257	57,13267523	54,39429425	7,54774E-15
Остаток	44	46,2150993	1,050343166		
Итого	47	217,613125			

	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>
Y-пересечение	89,67639584	8,316448262	10,78301614	6,20778E-14	72,91569568	106,437096	72,91569568	106,437096
Переменная X 1	0,506449883	0,370233152	1,367921484	0,178282698	-0,239706007	1,252605773	-0,239706007	1,252605773
Переменная X 2	-8,342455178	1,824512403	-4,572429962	3,90134E-05	-12,01951831	-4,665392042	-12,01951831	-4,665392042
Переменная X 3	-2,814608478	0,373066452	-7,54452314	1,83464E-09	-3,566474508	-2,062742448	-3,566474508	-2,062742448

**Приложение 95 – Влияние расчетных доз минеральных удобрений на показатели качества зерна сортов озимой пшеницы, (2016 г.)**

Доза удобрения, т/га	Сорта	Клейковина, %	Показатель ИДК, ед.	Белок, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	21,0	66,9	11,0
	Гром	21,2	67,1	11,3
	Доля	21,1	65,0	11,4
N <sub>127</sub> P <sub>74</sub> K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	23,4	73,0	12,5
	Гром	24,0	74,4	12,7
	Доля	23,7	75,1	12,4
N <sub>192</sub> P <sub>98</sub> K <sub>40</sub> (7,5 т/га)	Васса	25,2	79,7	13,0
	Гром	25,5	79,9	13,3
	Доля	25,7	81,3	13,5
N <sub>255</sub> P <sub>137</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	25,0	79,7	12,8
	Гром	24,6	79,2	13,0
	Доля	25,1	78,4	13,1
НСР <sub>05</sub> фактор А		0,8	4,4	0,6
НСР <sub>05</sub> фактор В		0,5	2,0	0,6
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ		1,3	6,8	1,1

**Приложение 96 – Влияние расчетных доз минеральных удобрений на показатели качества зерна сортов озимой пшеницы, (2017 г.)**

Доза удобрения, т/га	Сорта	Клейковина, %	Показатель ИДК, ед.	Белок, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	20,7	66,3	10,7
	Гром	21,0	66,7	11,1
	Доля	20,9	64,9	11,0
N <sub>131</sub> P <sub>76</sub> K <sub>31</sub> (5,0 т/га)	Васса	23,1	72,6	12,2
	Гром	23,8	73,0	12,4
	Доля	23,5	74,2	12,2
N <sub>194</sub> P <sub>99</sub> K <sub>41</sub> (7,5 т/га)	Васса	25,0	78,8	12,8
	Гром	25,1	79,0	13,0
	Доля	25,4	80,9	13,1
N <sub>259</sub> P <sub>139</sub> K <sub>61</sub> (10,0 т/га)	Васса	24,8	79,2	12,5
	Гром	24,4	78,7	12,7
	Доля	24,9	78,2	12,9
НСР <sub>05</sub> фактор А		0,8	5,0	0,6
НСР <sub>05</sub> фактор В		0,6	1,8	0,4
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ		1,2	6,4	0,8

**Приложение 97 – Влияние расчетных доз минеральных удобрений на показатели качества зерна сортов озимой пшеницы, (2018 г.)**

Доза удобрения, т/га	Сорта	Клейковина, %	Показатель ИДК, ед.	Белок, %
N <sub>63</sub> P <sub>52</sub> (Контроль)	Васса	23,4	69,9	13,1
	Гром	23,2	70,2	12,7
	Доля	23,4	66,0	12,7
N <sub>114</sub> P <sub>66</sub> K <sub>29</sub> (5,0 т/га)	Васса	24,6	74,3	13,4
	Гром	25,1	76,7	14,2
	Доля	25,1	76,6	14,1
N <sub>172</sub> P <sub>88</sub> K <sub>39</sub> (7,5 т/га)	Васса	26,9	82,4	14,4
	Гром	27,7	84,1	15,1
	Доля	28,4	82,9	15,1
N <sub>229</sub> P <sub>123</sub> K <sub>58</sub> (10,0 т/га)	Васса	24,6	82,0	14,0
	Гром	26,3	80,0	14,2
	Доля	26,2	79,5	14,2
НСР <sub>05</sub> фактор А		1,0	6,0	0,8
НСР <sub>05</sub> фактор В		0,4	2,0	0,4
НСР <sub>05</sub> взаимодействие АВ		1,4	7,9	1,0