

*На правах рукописи*

**Ожередова Алена Юрьевна**

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

06.01.04 – Агрохимия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2020

Работа выполнена на кафедре агрохимии и физиологии растений  
Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Ставропольский государственный аграрный университет»

**Научный руководитель:** **Есаулко Александр Николаевич**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор

**Официальные оппоненты:** **Дзанагов Созырко Хасанбекович**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, заведующий кафедрой  
агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО  
«Горский государственный аграрный  
университет»

**Осипов Михаил Алексеевич**  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент кафедры агрохимии ФГБОУ ВО  
«Кубанский государственный аграрный  
университет имени И. Т. Трубилина»

**Ведущая организация:** **Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение «Национальный  
центр зерна им. П. П. Лукьяненко»**

Защита диссертации состоится 22 мая 2020 г. в 13.00 часов на засе-  
дании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО «Ставро-  
польский государственный аграрный университет» по адресу: 355017,  
г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, ауд. 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте  
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»  
<http://www.stgau.ru> и официальном сайте Высшей аттестационной комиссии  
РФ <http://www.vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Безгина Ю. А.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** 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. 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.

Селекционерами ведутся постоянные работы по созданию и внедрению в производство новых сортов, обладающих всем комплексом важнейших хозяйственно ценных признаков и свойств. Новые сорта озимой пшеницы потенциально имеют достаточно высокий уровень урожайности, который при благоприятных условиях может значительно превышать 10,0–11,0 т/га в производственных условиях.

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. 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 и о степени и характере их взаимодействия.

**Степень разработанности темы.** Анализ литературных источников (Шатилов И. С., Кулаковская Т. Н., Лысогоров С. Д., 1975; Каюмов М. К., 1977; Листопад Г. Е., Иванов А. Ф., Филин В. И., 1984; Болотов И. М., 1986; Зиганшин А. А., 1987; Баранов В. Д., Тараканов И. Г., 1990; Агеев В. В., Демкин В. И., 1991; Петрова Л. Н., Орлова И. Г., Дуденко Н. В., 1999; Ермохин Ю. И., Неклюдов А. Ф., 2000; Агеев В. В., Есаулко А. Н., 2004; Комаров Н. М., Дридигер В. К., 2005; Духовный В. А., Нерозин С. А., Стулина Г. В., Солодкий Г. Ф., 2015; Саленко Е. А., 2016; Воронин А. Н., Котяк П. А., 2018; Ковтун В. И., 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 урожая сельскохозяйственных культур», «Программирование урожая сельскохозяйственных культур», «Экологическая агрохимия», «Технологии применения удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии», «Агрохимические основы управления продуктивностью и плодородием 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 послынного 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 зависят 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» Кочубевского 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).

**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.

**Личный вклад автора.** Автором определены: направления работы, цели и задачи, сформированы и реализованы пути их решения, обобщены материалы, полученные в процессе проведения исследований, предложены и представлены основные положения, на основе которых сформулированы заключение и предложения производству.

## **2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

В обзоре литературных источников представлены данные по изменению научных знаний в области агрохимических основ планирования и программирования урожаев озимой пшеницы. Рассмотрено влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели черноземных почв, приведены методы и способы определения доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности и качество зерна озимой пшеницы.

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

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 год.

Опытный участок расположен в пределах отрогов Ставропольской возвышенности. Рельеф землепользования, на котором расположен опытный участок, представляет собой слабоволнистую равнину с пологим северным склоном.

Почвенный покров места проведения исследований представлен черноземом выщелоченным мощным малогумусным тяжелосуглинистым. В ходе агрохимического обследования перед закладкой опыта было выявлено, что почвы средне обеспечены органическим веществом (5,1–5,4 %),  $N-NO_3$  (16–30 мг/кг),  $P_2O_5$  (20–25 мг/кг) и  $K_2O$  (220–270 мг/кг), а также имеют нейтральную реакцию (6,1–6,5 ед.) почвенного раствора.

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 (Антыков А. Я., Стомеров А. Я., 1970, Цховребов В. С., 2011).

Среднегодовое количество осадков, по многолетним данным, составляет 551 мм, сумма активных температур находится в пределах 3000–3200 °С, ГТК составляет 1,1–1,3. Все три сельскохозяйственных года проведения экспериментов характеризовались повышенным температурным режимом: разница со среднемноголетней нормой составляла в 2015–2016 гг. – 1,9, в 2016–2017 гг. – 0,2 и в 2017–2018 гг. – 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. В 2016–2017 году этот показатель был выше среднемноголетнего значения

на 110,3 мм, но крайне неравномерное распределение осадков в период вегетации растений создали неблагоприятные условия для роста и развития растений. Наименьшее количество осадков в годы проведения исследований отмечалось в 2017/2018 с.-х. году – 518 мм, что оказалось ниже нормы на 33 мм.

Расчет показателей ГТК позволил установить, что 2015/2016 год был оптимальным по влагообеспеченности (1,04) для роста и развития озимой пшеницы, 2016/2017 – избыточным (1,54), а 2017/2018 оказался по шкале Г. Т. Селянинова сильно засушливым (0,46).

**Объект исследований** – сорта озимой пшеницы Доля (среднепоздний), Васса (среднеранний), Гром (среднеспелый).

**Предмет исследований** дозы минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности, 5,0, 7,5, 10,0 т/га и с качеством зерна III класса. Предшественник в опыте для сортов озимой пшеницы – горох. Повторность опыта 3-кратная, размещение делянок по методу рендомизированных повторений, ширина – 3,6, длина – 5 м, общая S делянки – 18 м<sup>2</sup>.

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: 1. Контроль –  $N_{63}P_{52}$ ; 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 –  $N_{248}P_{133}K_{60}$ . На контроле применялась рекомендованная доза, а на планируемый уровень урожайности 5,0, 7,5 и 10,0 т/га дозы минеральных удобрений рассчитывались по методике В. В. Агеева и А. Н. Есаулко (2011). Нормы, соотношения и расчетные дозы минеральных удобрений устанавливались по результатам почвенных анализов в соответствии с уровнем планируемой урожайности и ежегодно уточнялись.

Применение минеральных удобрений предусматривало два способа внесения: допосевное (под основную обработку почвы) и 3 подкормки в фазы кошения, выхода в трубку и колосения.

Согласно программе исследований были проведены учеты, наблюдения и анализы.

- в почвенных образцах определяли: рН почвенного раствора водной вытяжки, ГОСТ 26423–85; нитратный азот ионометрическим методом, ГОСТ 26951–86; аммиачный азот по методу ЦИНАО, ГОСТ 26489–91; подвижный фосфор и обменный калий по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205–91; влажность почвы, ГОСТ 28268–89; подвижные марганец, медь и цинк по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО, ГОСТ Р 50685–94;
- в растительных образцах во время вегетации растений озимой пшеницы определяли: структуру урожая по методике Госсортоиспытания (1989); фитосанитарный мониторинг состояния посевов по методикам ВИЗР (2009); содержание азота титриметрическим методом по Кьельдалю, ГОСТ 134496.4; содержание фосфора фотометрическим методом, ГОСТ 26657–97; содержание калия пламенно-фотометрическим методом, ГОСТ 30504–97; качественные показатели зерна озимой пшеницы (белок, ГОСТ 10846–91, массовая доля клейковины – ГОСТ 13586.1–68, масса 1000 зерен – ГОСТ 10842–89, ИДК – ГОСТ 27676–88); учет урожая по методике Госсортоиспытания (1989); расчёт экономической

эффективности изучаемых приемов по технологическим картам, с использованием действующих нормативных затрат и цен; статистическая обработка экспериментальных данных корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами по методике Доспехова Б. А., 1985; содержание в зерне марганца атомно-абсорбционным методом, ГОСТ 27997–88; содержание меди и цинка в зерне атомно-абсорбционным методом, 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, 20–40 см.

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

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

При применении 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), колошения (8,7 и 6,5) и полной спелости (7,7 и 5,7 мм).

### **3.2. Динамика реакции почвенной среды**

С увеличением доз минеральных удобрений происходило подкисление почвенного раствора по отношению к контролю 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 входов к фазе кущения, от фазы кущения к фазе выхода в трубку наблюдалось существенное подкисление рН, на 0,17 и 0,31 ед., от фазы выхода в трубку к фазе колошения почвенный раствор подкислялся незначительно, на 0,08 ед., от фазы колошения к полной спелости культуры происходило 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 к слою 20–40 см на 0,31 ед.

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

Расчетные дозы минеральных удобрений достоверно повышали содержание нитратного азота относительно контрольного варианта в слое 0–40 см почвы на 5,1; 7,9 и 11,8 мг/кг (таблица 1).

Таблица 1 – 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	Входы		Срок отбора, С		А, НСР <sub>05</sub> = 1,4	В, НСР <sub>05</sub> = 1,6	D, НСР <sub>05</sub> = 1,8						
			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	15,0	22,0	22,5						
		20–40	8,8	22,7	17,2	14,2									
	Гром	0–20	9,4	19,6	20,2	14,3				20,5	21,0				
		20–40	10,6	19,9	14,4	12,9									
	Доля	0–20	9,8	19,2	20,3	14,7							20,1	20,5	
		20–40	10,0	21,2	15,6	13,8									
N <sub>120</sub> , P <sub>72</sub> , K <sub>30</sub> (5,0 т/га)	Васса	0–20	11,7	27,8	27,4	22,8	20,1								
		20–40	13,0	27,8	23,0	16,5									
	Гром	0–20	13,3	24,7	25,2	20,8				20,1					
		20–40	14,0	26,6	22,4	15,4									
	Доля	0–20	12,9	24,3	25,0	18,9							22,9		
		20–40	12,7	27,8	23,0	15,3									
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	22,9								
		20–40	13,7	30,6	25,6	20,5									
	Гром	0–20	16,0	29,9	29,3	24,7				22,9					
		20–40	15,7	30,1	25,2	18,5									
	Доля	0–20	14,7	28,5	28,0	24,1							26,8		
		20–40	14,2	29,0	24,1	19,2									
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	26,8								
		20–40	18,5	34,6	26,2	21,7									
	Гром	0–20	21,2	36,7	34,4	28,0				26,8					
		20–40	19,6	34,3	25,3	21,5									
	Доля	0–20	18,5	33,5	30,6	28,4							26,8		
		20–40	19,7	34,7	24,3	21,8									
С, НСР <sub>05</sub> = 1,6			14,2	28,1	24,8	20,0	18,7	НСР <sub>05</sub> = 2,2							

Между изучаемыми сортами существенной разницы в содержании нитратного азота в почве выявлено не было. Так, самая низкая его концентрация отмечалась на сорте Доля – 20,5 мг/кг, что было ниже, чем на сортах Васса, на 1,5, и Гром, на 0,5 мг/кг. От фазы кушения к фазе выхода в трубку, от фазы выхода в трубку к фазе колошения наблюдалось существенное снижение концентрации нитратного азота, на 3,3 и 4,8 мг/кг, от фазы колошения к фазе полной спелости содержание элемента снижалось незначительно – на 1,3 мг/кг почвы, что происходило 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 обуславливалась миграцией NO<sub>3</sub> в нижние слои почвы.

Выявлена высокая взаимосвязь между уровнем урожайности и содержанием нитратного азота в слое почвы 0–20 см в фазы всходов, кушения, выхода в трубку, колошения и в слое почвы 20–40 см в фазы всходов, кушения, колошения с точностью аппроксимации  $R^2 = 0,955$ .

### 3.4. Динамика содержания аммонийного азота

Расчетные дозы минеральных удобрений способствовали существенному повышению содержания аммонийного азота относительно контрольного варианта в слое почвы 0–40 см на 3,2; 6,3 и 9,2 мг/кг. Достоверной разницы между сортами на содержании аммонийного азота в почве зафиксировано не было (таблица 2).

Таблица 2 – 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	Срок отбора, С					A, НСР <sub>05</sub> = 1,64	B, НСР <sub>05</sub> = 1,62	D, НСР <sub>05</sub> = 2,0		
			Всходы	Кушение	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					
	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				
			20–40	29,5	27,1	26,3	18,1	13,3				

Продолжение

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Срок отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,64	В, НСР <sub>05</sub> = 1,62	D, НСР <sub>05</sub> = 2,0
			Всходы	Кушение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость			
N <sub>186</sub> P <sub>95</sub> K <sub>45</sub> (7,5 т/га)	Гром	0–20	32,3	30,2	28,4	20,0	14,4	24,8		
		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, НСР <sub>05</sub> = 0,76			28,2	27,4	26,8	19,0	14,4	НСР <sub>05</sub> = 2,25		

От фазы всходов к фазе кушения, 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 кушения к фазе выхода в трубку разница была недостоверной и составляла 0,6 мг/кг. Максимальное содержание NH<sub>4</sub> было отмечено в слое почвы 0–20 см, что существенно превышало слой 20–40 см на 2,1 мг/кг.

Установлена 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, кушения, выхода в трубку.

### 3.5. Динамика содержания подвижного фосфора

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, у сорта Васса – 27,2 мг/кг (таблица 3).

Таблица 3 – 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	Срок отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> = 1,6	В, НСР <sub>05</sub> = 1,0	D, НСР <sub>05</sub> = 1,8
			Всходы	Кушение	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			
	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			

Продолжение

Доза удобрения, А	Сорт, В	Слой почвы, см, D	Срок отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> <sup>  </sup> <sub>=1,0</sub>	В, НСР <sub>05</sub> <sup>  </sup> <sub>=1,0</sub>	D, НСР <sub>05</sub> <sup>  </sup> <sub>=1,8</sub>
			Всходы	Кушение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость			
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		

Существенное увеличение доступного фосфора от фазы всходов к фазе кушения, на 1,8 мг/кг, произошло за счет большей влагообеспеченности почвы. Далее, от фазы кушения к фазе выхода в трубку, от фазы выхода в трубку к фазе колошения, его содержание 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.

### 3.6. Динамика содержания обменного калия

Все изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений повышали относительно контрольного варианта содержание обменного калия, но достоверное увеличение элемента в почве обеспечила только доза N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub>, превысив контрольный вариант на 18 мг/кг.

Существенной 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 сортах 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 всходов – кушения (20), кушения – выхода в трубку (19), выхода в трубку – колошения (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.

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

#### **3.7.1. Марганец**

Применение расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га привело к существенному снижению содержания подвижного марганца в почве по отношению к контролю на 0,1 и 0,3 мг/кг.

Достоверной разницы между сортами в потреблении подвижного марганца не наблюдалось, на сорте Васса среднее содержание элемента 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 содержания элемента в слое почвы 0–40 см 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. Установлена высокая корреляционная взаимосвязь между уровнем урожайности и содержанием подвижного марганца в фазу колошения озимой пшеницы, с удовлетворительной точностью аппроксимации.

#### **3.7.2. Медь**

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.

#### **3.7.3. Цинк**

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 значительной 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.

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

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

Расчетные дозы минеральных удобрений существенно повышали по отношению к контролю в растениях содержание азота, на 0,22–1,09 %. Самая большая концентрация азота в растениях в среднем по опыту за годы исследований была получена у сорта Доля – 4,21 %. От всходов к полной спелости происходило неуклонное снижение в растениях азота на 1,13–3,29 % (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (среднее за 2015–2018 гг.)

Доза удобрения, А	Сорт, В	Срок отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> <sup>=</sup> <sub>=0,20</sub>	В, НСР <sub>05</sub> <sup>=</sup> <sub>=0,22</sub>
		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> <sup>=</sup> <sub>=0,35</sub>		6,00	4,87	3,92	3,32	2,71	НСР <sub>05</sub> <sup>=</sup> <sub>=0,28</sub>	

Применение доз N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub> и N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub> 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. Это связано с увеличением дозы азота в расчетных удобрениях в 1,5 (урожайность 7,5 т/га) и 2 раза (урожайность 10,0 т/га).

#### 4.2. Динамика содержания фосфора

Расчетные дозы минеральных удобрений способствовали достоверному увеличению на 0,08–0,24 % концентрации фосфора в растениях по отношению к контрольному варианту. Независимо от выбора фона питания самая большая концентрация фосфора в растениях была получена у сорта Доля – 0,93 %.

Самые высокие показатели содержания подвижного фосфора 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 %) (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние доз минеральных удобрений на динамику содержания фосфора (%) в растениях озимой пшеницы на черноземе выщелоченном (среднее за 2015–2018 годы)

Доза удобрения, А	Сорт, В	Срок отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> <sup>=</sup> <sub>=0,08</sub>	В, НСР <sub>05</sub> <sup>=</sup> <sub>=0,08</sub>
		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

Доза удобрения, А	Сорт, В	Срок отбора, С					А, НСР <sub>05</sub> <sup>0,08</sup>	В, НСР <sub>05</sub> <sup>0,08</sup>
		Всходы	Кушение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
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	

Только доза N<sub>248</sub>P<sub>133</sub>K<sub>60</sub> 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<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>30</sub> и N<sub>186</sub>P<sub>95</sub>K<sub>45</sub> во все фазы развития культуры не обеспечили существенной разницы по отношению к контролю.

#### 4.3. Динамика содержания калия

Расчетные дозы минеральных удобрений незначительно (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 %.

На основании проведенных расчетов выявлена удовлетворительная точность аппроксимации ( $R^2 = 0,810$ ) с высокой взаимосвязью между уровнем урожайности и содержанием калия в растениях озимой пшеницы в фазы всходов, кушения и колошения.

#### 4.4. Содержание микроэлементов

Расчетная доза на планируемую урожайность 5,0 т/га (N<sub>124</sub>P<sub>72</sub>K<sub>30</sub>) 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<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>) снижали изучаемый показатель на 0,13–0,03 мг/кг. Максимальное содержание марганца в зерне озимой пшеницы в среднем по опыту было получено у сорта Доля – 12,71 мг/кг.

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) накапливал сорт Доля, а цинка – сорт Васса (24,8 мг/кг). Установлена высокая корреляционная взаимосвязь между уровнем урожайности и содержанием в зерне озимой пшеницы меди и цинка.

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

### 5.1. Корневые гнили

У трех изучаемых сортов расчетные дозы удобрений на планируемую урожайность 7,5 и 10,0 т/га увеличивали относительно контроля пораженность сортов озимой пшеницы корневыми гнилями фузариозной этиологии в конце кушения – начале выхода в трубку распространенность на 4–6,3 и степень развития на 0,6–3,2, в фазу колошения распространенность на 1–2,2, степень развития на 1,2–3,4 %. Самым устойчивым к корневым гнилям оказался сорт Доля, в фазу конца кушения – начала выхода в трубку 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

Распространенность и степень развития мучнистой росы на контрольном варианте не были зафиксированы. С увеличением расчетных доз возростала распространенность 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 распространенность в 1,0, у сорта Гром распространенность составила 10,0 и 5,0, у сорта Доля 15,0 и 12,0 %. Самым устойчивым к мучнистой росе оказался сорт Васса.

### 5.3. Пиренофороз

Анализ средних данных показал, что на трех изучаемых сортах при внесении доз  $N_{186}P_{95}K_{45}$  и  $N_{248}P_{133}K_{60}$  по сравнению с контролем возростала распространенность пиренофороза на 8,9–10,9, степень развития на 2,2–2,4 %. 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 %.

### 5.4. Септориоз

В среднем на трех изучаемых сортах расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0, 7,5 и 10,0 т/га повышали распространенность септориоза на 4,6–12,6 и степень развития на 2,2–3 %. Сорт Доля оказался более устойчивым по сравнению с другими сортами к септориозу.

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

### 6.1. Структура урожая

Расчетные дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0, 7,5 и 10 т/га по сравнению с контролем достоверно увеличивали показатели структуры урожая, такие как количество растений – на 5–26 шт/м<sup>2</sup>, количество стеблей – 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, продуктивная кустистость – на 0,46–1,36. Самые высокие показатели структуры урожая на трех исследуемых сортах были получены на расчетной дозе ( $N_{248}P_{133}K_{60}$ ) с планиваемой урожайностью 10,0 т/га. В основном по всем структурным показателям лидировали сорта Гром и Доля.

## 6.2. Урожайность

Планируемый уровень урожайности в 2016 году 5,0 т/га при внесении дозы  $N_{124}P_{72}K_{30}$  был достигнут на сортах Гром (5,32) и Доля (6,13 т/га), планируемый уровень урожайности 7,5 т/га с внесением дозы  $N_{186}P_{95}K_{45}$  был получен на сортах Васса (7,51) и Доля (8,39 т/га), планируемый уровень урожайности 10,0 т/га при внесении дозы  $N_{248}P_{133}K_{60}$  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 и Доля – 5,23 т/га, планируемый уровень 7,5 т/га был сформирован только у сорта Васса – 7,64 т/га. В 2017 году ни на одном изучаемом сорте получить урожайность 10,0 т/га не удалось. Сорт Васса в этот период оказался самым высокоурожайным.

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) 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.

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 (таблица 6).

Таблица 6 – 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	
$N_{63}P_{52}$ (Контроль)	3,43	3,55	4,01	3,66
$N_{124}P_{72}K_{30}$ (5,0 т/га)	5,06	5,16	5,57	5,26
$N_{186}P_{95}K_{45}$ (7,5 т/га)	7,52	7,42	7,71	7,55
$N_{248}P_{133}K_{60}$ (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

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.

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

При проведении корреляционно-регрессионного анализа зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики содержания макро- и микроэлементов в почве и растениях по фазам вегетации культуры установлены высокие корреляционные взаимосвязи, что позволяет оптимизировать систему

питания культуры путем корректировки доз, видов и способа внесения элементов в системе удобрения культуры.

### 6.3.1. Макроэлементы

#### Почва.

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

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

**Фаза выхода в трубку:**  $Y = -4,18 + 0,23x_2 - 0,52x_3 + 0,71x_5$ ,

**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.

#### Растения.

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

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

**Фаза выхода в трубку:**  $Y = 6,99 + 1,98x_1 + 10,12x_2 - 4,76x_3$ ,

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

**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.

### 6.3.2. Микроэлементы (почва)

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

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

**Фаза выхода в трубку:**  $Y = 21,94 - 58,01x_2$ ,

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

**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.

### 6.4. Качество зерна

Все расчетные дозы минеральных удобрений на трех изучаемых сортах значительно увеличивали содержания клейковины и белка в зерне. По сравнению с контролем на вариантах с применением расчетных доз минеральных удобрений содержание в зерне клейковины и белка было существенно выше, соответственно на 2,2–4,3 и 1,2–2,0 % (таблица 7).

Таблица 7– Влияние расчетных доз минеральных удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)

Доза удобрения, А	Сорт, В	Клейковина, %	Показатель ИДК, ед.	Белок, %
$\text{N}_{63}\text{P}_{52}$ (Контроль)	Васса	21,7	67,7	11,6
	Гром	21,8	68,0	11,7
	Доля	21,8	65,3	11,7

Продолжение

Доза удобрения, А	Сорт, В	Клейковина, %	Показатель ИДК, ед.	Белок, %
$N_{124}P_{72}K_{30}$ (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
$N_{186}P_{95}K_{45}$ (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
$N_{248}P_{133}K_{60}$ (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

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, что было достигнуто на всех вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений, только на контрольном варианте было получено зерно IV класса.

#### ГЛАВА 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Все изучаемые в опыте расчетные дозы минеральных удобрений повышали показатели экономической эффективности относительно контроля.

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 показатели контроля на 66 670, 70 510 и 66 650 руб. соответственно. Прибыль с 1 га достигла: у сорта Васса 58 977, Гром – 64 137, Доля – 65 337 руб. Уровень рентабельности соответственно сортам составил 130, 141 и 144 %.

#### 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 кушения 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, 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 всходов – кущения (0,17) и кущения – выхода 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 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, 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, а содержание аммонийного азота (на 0,8–13,8) 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 см (на 4,9 мг/кг) объясняется как послонным распределением вносимых удобрений, так и агрохимическими показателями чернозема выщелоченного. Максимальное содержание подвижного фосфора в слоях почвы 0–20 и 20–40 см 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 – существенно (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) 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 зависели 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, пириенофороза – 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 пириенофорозу, сорт Васса – к пириенофорозу 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 систему 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 выщелочном 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 руб. 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 ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:*

1. 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 Ставрополя. 2017. – № 4 (28). – С. 115–118.
2. 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.
3. **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.
4. **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.

### *Публикации в авторитетной политематической реферативно-библиографической и наукометрической (библиометрической) базе данных Web of Science:*

5. Introduction of calculated doses of vineral fertilizers to achieve maximum productivity of winter wheat varieties on chernozem leached Stavropol upland / А. 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.

### *Публикации в других изданиях:*

6. 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 : Секвойя, 2016. – С. 142–143.
7. **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 Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2017. – С. 153–162.
8. 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 : Секвойя, 2018. – С. 290–293.
9. 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 : Секвойя, 2018. – С. 85–89.

---

Подписано в печать 13.03.2020. Формат 60x84  $\frac{1}{16}$ .  
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100. Заказ № 74.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ  
«АГРУС», г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.

