

На правах рукописи



**Али Али Кадем Али**

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА  
ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ).

Научный руководитель: профессор кафедры агрохимии,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
**Онищенко Людмила Михайловна**

Официальные  
оппоненты: **Годунова Евгения Ивановна**  
доктор сельскохозяйственных наук, старший  
научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-  
Кавказский федеральный научный аграрный  
центр», главный научный сотрудник  
лаборатории экологии почв

**Ступаков Алексей Григорьевич**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Белгородский государственный  
аграрный университет имени В. Я. Горина»,  
профессор агрономического факультета

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Донской государственный  
аграрный университет»

Защита состоится «24» сентября 2024 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании  
диссертационного совета 35.2.019.06 при ФГБОУ ВО «Кубанский  
государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» по адресу:  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, главный корпус, аудитория 106.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и на  
сайтах: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет  
имени И. Т. Трубилина» – [www.kubsau.ru](http://www.kubsau.ru) и ВАК – <http://vak.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных  
наук

 – Гуторова Оксана Александровна

## ВВЕДЕНИЕ

Пшеница – самая распространенная, древняя зерновая культура и в мире за год зерна пшеницы производится более 750 млн т. По данным FAO-Statistics в период с 2017 по 2021 гг. посевные площади под пшеницей в Ираке увеличились с 1047,5 до 15918,0 тыс. га, при этом урожайность культуры и валовый сбор зерна варьирует от 28,4 до 26,6 ц и от 2974,1 до 4233,7 тыс. т соответственно (Доклад о состоянии..., 2022). В большом объеме зерно пшеницы производят такие страны как Индия – 93,4 млн т, Китай – 131,6 млн т и Российская Федерация – более 100 млн т. Для аграриев Кубани 2018–2021 сельскохозяйственные годы оказались непростыми. Неблагоприятные агроклиматические условия, сложившиеся при выращивании пшеницы озимой на Кубани, а также в период проведения исследований, не помешали собрать хороший и качественный урожай зерна. Средняя урожайность изменялась от 63,7 до 67,4 ц/га, тогда как в 2017 году она была равна 62,0 ц/га. Остро стоит проблема по способности воспроизводства почвенного плодородия. Состояние баланса питательных веществ в земледелии Кубани по наиболее дефицитным элементам азоту, фосфору и калию – отрицательное. Связано это с тем, что научно-обоснованная потребность региона в минеральных удобрениях в 2018–2021 гг. выполнена в среднем на 60 %. По азотным удобрениям на 84 %, фосфорным – 49 % и калийным – 27 %. Вынос из почвы этих элементов питания урожаем выращиваемых культур значительно выше количества применяемых удобрений. Научно-обоснованная потребность земледелия региона в минеральных удобрениях на 2018–2021 гг. составляла более 748,2 тыс. т в д. в. (соотношение N : P : K должно было быть равным 1 : 0,82 : 0,51), в том числе азотных, фосфорных и калийных – 319,3 тыс. т, 264,5 и 164,4 тыс. т соответственно. Приобретено же минеральных удобрений – 462,3 тыс. т д.в., в том числе, азотных – 280,1 тыс. т, фосфорных – 129,9 и калийных – 45,2 тыс. т (фактическое соотношение N : P : K равно 1 : 0,5 : 0,2 (Dumitru M.; Lupaşcu N.; Mărin, 2019; Kostić M. M., Tagarakis A. C., Ljubičić N., 2021; Доклад о состоянии..., 2022).

В решении проблемы стабилизации прироста урожайности и качественных показателей зерна пшеницы озимой мягкой приоритет принадлежит научно обоснованной системе удобрений культуры на основе знаний о ее биологических особенностях. Оптимальное сочетание питательных веществ и видов удобрений, сбалансированность минерального питания культуры по элементному составу обеспечит формирование более развитой ассимилирующей поверхности листьев пшеницы озимой мягкой. В совокупности это будет способствовать ослаблению действия неблагоприятных агрометеорологических условий и противостоять недостаточному или избыточному влагообеспечению, жаростойкости, засухоустойчивости, устойчивости к комплексной засухе, болезням и вредителям, что особо часто стало проявляется в условиях изменяющегося климата в регионе.

Длительно реализуемая не научно обоснованная минеральная система удобрения при выращивании пшеницы озимой мягкой приводит к проблеме деградации многих свойств пахотных почв. Свод систематизированной ежегодной аналитической информации свидетельствует об уменьшении в почве средневзвешенных показателей: содержания гумуса с 3,9 до 3,6 %, содержания подвижного фосфора и калия с 34 до 26 мг/кг и с 413 до 402 мг/кг соответственно. Потребность в минеральных удобрениях выполнена на 60 %: по азоту, фосфору и калию на 84 %; 49 и 27 % соответственно. Однако в литературе имеются сведения, что для поддержания плодородия необходимо возвращать вынесенного с урожаем из почвы: азота не менее 80 %, фосфора – 100–110 % и калия – 70–80 %. При этом возникает необходимость усовершенствования системы удобрения территориально распространенной зерновой культуры в мире, стране и регионе. Направленность ее должна быть не только на максимизацию урожая качественного зерна, реализацию адаптационного потенциала растений, но и на минимизацию отрицательных воздействий на показатели плодородия почв. Требуется новые исследования по мониторингу за последующим восполнением питательных веществ, теряющихся из почвы, используемых на формирование продукции и в последствии выносимых с урожаем зерна.

Исследования являются частью научной работы кафедры агрохимии и проводились с 2019 по 2023 гг. на стационарном опыте в рамках тематического плана научной деятельности университета (номер государственной регистрации АААА А16-116021110069-8) по теме «Разработка приемов воспроизводства плодородия почв и экологически безопасной почвоохраняемой системы интегрированного применения агрохимических средств в агроценозах полевых культур, выращиваемых в условиях Краснодарского края».

**Цель исследований** в критические периоды роста и развития растений определить действие норм и сочетаний минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой на содержание и динамику подвижных форм биогенных элементов питания в почве, а также дать оценку их влияния на урожайность и качество зерна культуры.

**Задачи исследования:**

- определить действие микроудобрений, улучшающих посевные качества семян пшеницы озимой мягкой на: энергию, всхожесть, скорость и дружность прорастания, а также рост и развитие проростков культуры;
- проследить в агроценозе пшеницы озимой эффективность воздействия норм и сочетаний агрохимических средств на динамику содержания в черноземе выщелоченном обменно-поглощенного и нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия;
- определить содержание в растениях и в зерне пшеницы мягкой озимой биогенных элементов: азота, фосфора и калия в зависимости от применяемых удобрений;
- рассчитать вынос, баланс биогенных элементов питания в почве, а также соотношение питательных веществ в зерне пшеницы озимой мягкой;

– проследить коэффициенты эффективности использования удобрений растениями пшеницы озимой для обоснования применения норм и их сочетаний на черноземе выщелоченном;

– выявить агрономическую эффективность влияния норм минеральных удобрений и их сочетаний на урожайность и качество зерна пшеницы озимой.

**Научная новизна.** Впервые на черноземе выщелоченном в стационарном опыте Северо-Западного Предкавказья получены данные по эффективности норм и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество зерна пшеницы озимой сорта Безостая 100, выращиваемой в четвертой ротации 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота, а также дана оценка качеству семян при их предпосевной обработке микроэлементами. Установлены особенности минерального питания растений. Выявлено улучшение питательного режима почвы посредством определения содержания в ней подвижных биогенных элементов от внесения дифференцированных норм и различных сочетаний минеральных удобрений. Получены современные сведения, содержащие показатели выноса, баланса азота, фосфора и калия в почве при применении удобрений.

**Практическая значимость работы.** По результатам проведенной работы предложена система удобрения для возделывания пшеницы мягкой озимой на черноземе выщелоченном, позволяющая добиться стабильной урожайности с соответствующим качеством зерна.

**Методология и методы исследований.** Основа методологии исследовательской работы состоит в использовании принятых методов исследований в агрохимии – полевой и лабораторный. Проведен предварительный анализ научной литературы по исследуемым вопросам как русскоязычных, так и иностранных авторов по теме научной работы. В ее основу положены химические анализы почвы и растений пшеницы озимой, наблюдения за ее ростом и развитием, а также методы сравнения, системного подхода «почва – удобрение – растение» и логического обобщения. Использовали методики, входящие в базу стандартов Российской Федерации.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

– предпосевная обработка семян пшеницы озимой микроудобрениями повышает их посевные качества и улучшает начальный рост растений;

– усовершенствованная минеральная система удобрения пшеницы озимой мягкой улучшает питательный режим чернозема выщелоченного и обеспеченность растений элементами минерального питания;

– удобрения в различных нормах и сочетаниях обеспечивают сбалансированное содержание доступных форм элементов минерального питания в почве, поддерживают плодородие почвы, повышают содержание биогенных элементов питания в растениях и способствуют более полной реализации потенциала продуктивности и качества зерна культуры.

**Личный вклад соискателя** состоит в обобщении опубликованных литературных материалов и экспериментальных данных, планировании научных исследований, выборе объекта, методологии, методов и методик проведения исследований. Принимал участие в постановке опыта, сборе

исходных данных, отборе проб почвы и растений и подготовке их к анализу, в проведении химических анализов. Проводил фенологические наблюдения за ростом и развитием культуры. Результаты исследований обобщил и доложил на научных, научно-практических конференциях различного уровня. Основные положения работы опубликовал, подготовил диссертацию и автореферат.

**Степень достоверности результатов** подтверждает большой объем экспериментальных данных в течении трех лет исследования в стационарном опыте. Применение нормативных документов, входящих в действующую базу Российских и межгосударственных стандартов. Результаты исследований обработаны статистически.

**Апробация работы.** Результаты исследований докладывались и обсуждались на кафедре агрохимии ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ в 2019-2022 гг.; включены в ежегодных отчетах по научно-исследовательской работе кафедры агрохимии ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ в 2019-2022 гг.; опубликованы в тезисах докладов на научных и научно-практических конференциях по итогам научной работы на факультете агрохимии и защиты растений КубГАУ.

Апробация работы прошла на научных конференциях различного уровня. Основные результаты диссертационного исследования доложены, обсуждены на конференциях различного уровня: Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Д.А. и Тонконоженко Е. В. (Краснодар, 7–8 сентября 2020 г.); III Международной конференции «Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов» (Краснодар, 2019 г.); Международной научной экологической конференции «Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития» (Краснодар, 24–26 марта 2020 г.); V Международной конференции «Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов», (Краснодар, 2020 г.); V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем» (Иркутск, 23–29 августа 2021 г.); XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения Общества почвоведов им. В. В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В. В. Докучаева (Курск, 28 – 29 апреля 2021 г.) и Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ (Казань, 17 марта 2021 г.).

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа написана на 148 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемых источников – 430 в том числе 64 зарубежных авторов. Работа содержит 22 рисунка, 8 таблиц.

## 1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ И РОЛЬ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПШЕНИЦЫ (обзор литературы)

Обзор литературы выявил особенности питания пшеницы озимой мягкой и значимость микроэлементов в связи с внедрением новых сортов культуры с более высоким генетическим потенциалом. В главе освещены факторы, определяющие закономерности роста и развития пшеницы озимой, показано влияние уровня плодородия почвы на продукционный процесс культуры и действие минеральных удобрений на формирование урожая зерна с заданным элементным составом.

## 2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Научно-исследовательская работа проводилась в стационарном опыте кафедры агрохимии ФГБУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина». Территория сельскохозяйственного предприятия относится к умеренно-влажному району. Коэффициент увлажнения (КУ) равен 0,30-0,40. По тепло обеспеченности – к жаркому. Сумма эффективных температур за период активной вегетации составляет 3567 °С.

**Объекты исследования.** Чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках, распространялся на площади опытного участка кафедры агрохимии. Содержание гумуса в почве варьировало от 2,7 до 3,4 % при мощности гумусового слоя – 147 см, почва обладает высокой емкостью поглощения, мощность гумусового горизонта – 147 см; состав гумуса – гуматно-фульватный (содержание 3,42 %); кислотность актуальную –  $pH_{\text{водн.}} = 6,44-6,58$ ; обменную  $pH_{\text{сол.}} = 5,9-6,1$  и гидролитическую – 2,80–2,50 мг-экв. /100 г почвы; характеризуется высокой емкостью поглощения – 33,9–38,1 мг-экв. /100 г почвы; суммой поглощенных оснований – 31,1–35,6 мг-экв./100 г почвы, степенью насыщенности основаниями – 90,0–93,7 % (способствует высокой буферности); обеспеченность азотом – очень низкая и низкая; среднее и повышенное средневзвешенное содержание подвижного фосфора – 14,1–37,9 мг/кг почвы и обменного калием – 237,6–293,4 мг/кг почвы.

Осенью под вспашку – фосфорно-калийные удобрения (аммофос  $NH_4H_2PO_4$  (N – 12 %,  $P_2O_5$  – 50 % д.в.), хлористый калий KCl ( $K_2O$  – 60 % д.в.), а также – азотные (аммонийная селитра  $NH_4NO_3$  (N – 34,5% д. в.). Единичная норма  $N_{40}P_{30}K_{20}$ . Азотные удобрения в дозе  $N_{30}$  применяли весной в подкормку. Схема стационарного опыта на опытных участках Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub> и Д<sub>3</sub> – контроль  $N_0P_0K_0$ :

$N_{40}P_{30}K_{20}$	111	$N_{120}P_{90}K_{20}$	331
$N_{120}P_{30}K_{20}$	311	$N_{120}P_{30}K_{60}$	313
$N_{40}P_{90}K_{20}$	131	$N_{40}P_{90}K_{60}$	133
$N_{40}P_{30}K_{60}$	113	$N_{120}P_{90}K_{60}$	333

Схема опыта включала различные нормы и соотношения минеральных удобрений. По каждой культуре зерноотравяно-пропашного севооборота

одинарная доза азота, фосфора и калия соответствовала рекомендованной по результатам краткосрочных опытов в условиях степной зоны региона. В работе рассмотрены наиболее контрастные варианты опыта.

В образцах почвы определяли: минеральный азот (нитратный азот – ГОСТ 26951-86 ионометрическим на иономере И-16-МИ, аммонийный азот – ГОСТ 26489-85 – в модификации ЦИНАО, подвижный фосфор и калий – ГОСТ 26205-91 – в модификации ЦИНАО 1 %-ным (10 г/дм<sup>3</sup>) раствором углекислого аммония при соотношении почвы к раствору 1:20, метод Мачигина, обменный кальций и обменный (подвижный) магний – ГОСТ 26487-85 в модификации ЦИНАО, рН солевой вытяжки – ГОСТ 26483-85 в модификации ЦИНАО, рН водной вытяжки – ГОСТ 26423-85 с помощью рН-метра, гидролитическую кислотность – ГОСТ 26212-91 метод Каппен в модификации ЦИНАО, сумму поглощенных оснований – ГОСТ 27821-88 метод Каппена, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями – расчетным методом, органическое вещество по методу Тюрина ГОСТ 26213-91 в модификации ЦИНАО. Показатели качества зерна: содержание белка и клейковины, а также натура зерна измерялась экспресс-методом на ИК анализаторе Perten IM 9500 с калибровками на пшеницу мягкую озимую (ГОСТ Р 57543-2017, 2018), массу 1000 зерен – ГОСТ 10842-89. Путем выделения из средней пробы зерна по 500 шт. зерен и взвешиванием.

Анализ растительных образцов проводили с целью определения содержания в них макроэлементов (азота, фосфора, калия). Эти показатели в растениях определяли в фазы: весеннего кущения, выхода в трубку, флаговый лист и полная спелость зерна. Содержание общего N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O определяли по Пиневиц в модификации В.Т. Куркаева, основанном на мокром озолении растительного органического вещества.

Определение посевных показателей качества семян – лабораторную всхожесть, энергию, дружность и скорость прорастания осуществляли в соответствии с действующим ГОСТ 12038-84 – «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Согласно нормативным документам энергия прорастания семян определялась по числу проросших семян (на третьи сутки), всхожесть (на седьмые). Предварительно использовали комбинированный инсектофунгицидный протравитель Селест Макс с нормой расхода препарата 1,75 л/т и расходом рабочей жидкости 10,0 л/т семян для их обработки. Предпосевная обработка семян проводилась в трех кратной повторности путем их полного погружения в водные растворы соединений CuSO<sub>4</sub> и CoSO<sub>4</sub>, содержащих 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>; 10<sup>-4</sup>; 10<sup>-5</sup>; 10<sup>-6</sup> и 10<sup>-7</sup> % Cu и Co с последующим 7-дневным проращиванием. Зерно проращивали в климатической камере (температуре 20,0 °С), в чашках Петри (25 штук в каждой). Доращивание растений проводили в стерильных рулонах фильтровальной бумаги, увлажненных раствором микроудобрений размером 10×100 см. Зерно раскладывали зародышами вниз на расстояния 2 см от верхнего ее края. Контроль обрабатывали дистиллированной водой. Подсчет всхожих проросших семян проводили ежедневно при наличии нормально

развитого корешка и ростка. Азот, фосфор и калий определяли по методу мокрого озоления.

Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа с использованием программы Microsoft Excel.

Для оценки состояния баланса использовали следующие показатели: коэффициент возврата (возмещения) выноса (КВВ) – отношение прихода элементов питания к их расходу. Если оно больше 1, то баланс положительный количественно настолько, насколько КВВ больше 1,0; при КВВ = 1,0 – баланс нулевой, а при КВВ меньше 1,0 – баланс соответственно отрицательный. Интенсивность баланса – отношение прихода элементов питания к их расходу выраженное в процентах. Балансовый коэффициент (коэффициент выноса) – отношение выноса (кг/га) элементов питания растениями к их внесению (кг/га) с удобрениями, выраженное в процентах.

### **3 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

#### **3.1 Предпосевная обработка семян озимой мягкой пшеницы**

Проводимая водными растворами  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  и  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , предпосевная обработка семян озимой пшеницы, содержащими  $10^{-1}$ ;  $10^{-2}$ ;  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  % цинка или меди, влияла на лабораторную всхожесть, скорость, дружность и энергию (активность) прорастания. Микроудобрения, содержащие цинк ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) и медь ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) оказывали разностороннее влияние на посевные качества семян пшеницы озимой относительно контроля, где микроэлементы не использовались. При  $10^{-3}$  %-ной концентрации Zn и Cu достоверно повышали лабораторную всхожесть семян до 94 и 95 %, улучшали активность прорастания семян до 54,9 % и 56,5 %, скорость прорастания семян до 3,2 и 3,4 сут., дружность прорастания до 8,7 и 9,2 шт./сут. соответственно. Под влиянием водных растворов  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , содержащих  $10^{-1}$  и  $10^{-2}$  % Cu, длина корешков у проростков пшеницы озимой имела тенденцию к уменьшению, но при использовании концентрации элементов –  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  % показатель увеличивался достоверно. Высокие концентрации водных растворов  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  и  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , ингибируя начальные этапы процесса прорастания семян растений, негативно влияли на посевные показатели качества семян озимой пшеницы. Высота проростков превышала контрольные значения на 2,6 см при влиянии Cu (концентрация  $10^{-3}$  %). Медь в этой концентрации повышала показатель по дружности прорастания (9,2 шт./сут). Это выше контроля на 2,6 шт./сут. Концентрация Zn  $10^{-4}$  % обеспечивала положительную направленность развития проростков в высоту. Средняя сухая масса корешков при концентрации Zn  $10^{-3}$  % была наибольшей – 1,98 г, что выше контроля на 1,84 г. Предпосевная обработка семян озимой мягкой пшеницы водным раствором  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  или  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , содержащим  $10^{-3}$  % Cu или Zn, улучшает посевные качества семян культуры, что в дальнейшем позволит реализовывать потенциальную урожайность сорта Безостая 100.

### 3.2 Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе пшеницы озимой мягкой

Обменно-поглощенный аммоний – источник азота при минеральном питании растений озимой пшеницы. Эта форма азота ( $N-NH_4$ ) находится в обменно-поглощенном состоянии в черноземе выщелоченном и труднее всего мигрирует вниз по профилю почвы.

В фазу весеннего кушения пшеницы озимой без применения минеральных удобрений содержание обменно-поглощенного аммонийного азота – низкое – 2,46 мг/кг сухой почвы (рисунок 1).

( $N-NH_4$ ) в 0-40 см, мг/кг

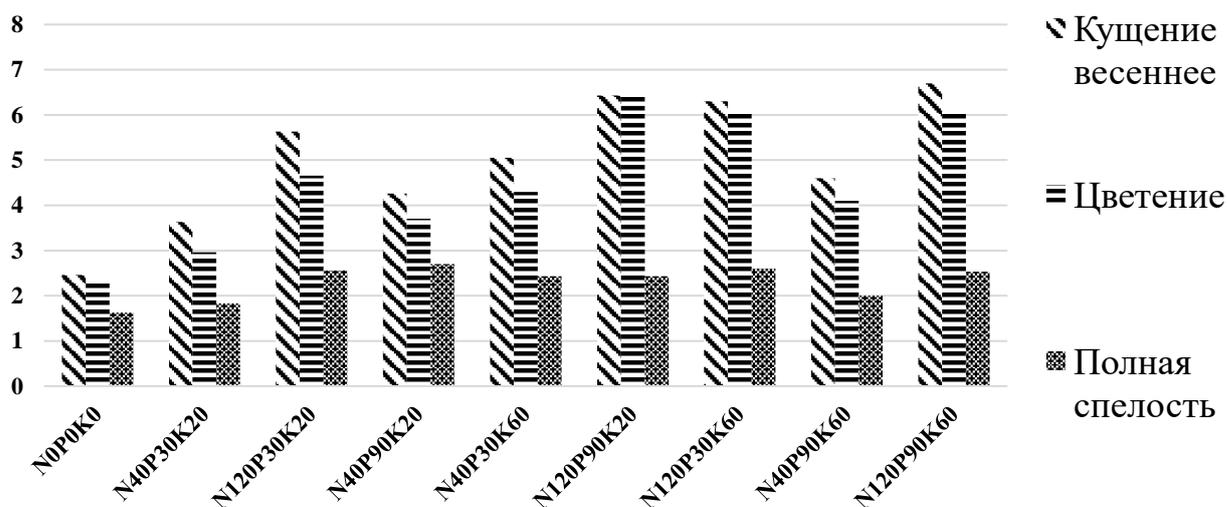


Рисунок 1 – Динамика средневзвешенного содержания аммонийного азота в почве агроценоза пшеницы озимой, мг/кг

Содержание ( $N-NH_4$ ) постепенно уменьшалось по мере роста и развития культуры, и в фазу цветения и полной спелости зерна пшеницы озимой содержание аммонийного азота снизилось до 2,33 и 1,63 мг/кг сухой почвы, что соответствует очень низкой обеспеченности культуры. Под действием применяемых под основную обработку почвы норм и сочетаний минеральных удобрений наилучшие условия в черноземе выщелоченном складывались там, где норма азотных удобрений была максимальной. В период весеннего кушения и цветения растений пшеницы озимой значительное повышение содержания обменно-поглощенного аммонийного азота ( $N-NH_4$ ) было равно –  $N_{120}P_{30}K_{20}$ ;  $N_{120}P_{90}K_{20}$ ;  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  и была равна 5,63; 6,43; 6,30; 6,70 мг/кг сухой почвы и 4,66; 6,43; 6,03; 6,06 мг/кг сухой почвы соответственно. Известно, что фаза весеннего кушения – наиболее критический период роста и развития озимой пшеницы по отношению к азоту. Растения максимально потребляют этот элемент. Далее после цветения показатель уменьшился и значение его определялось менее чем 3 мг/кг на практически всех вариантах опыта. Применение азотных удобрений в максимальной норме не повышало уровень обеспеченности  $N_{120}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$ . Согласно группировке по содержанию

аммонийного азота в почве уровень обеспеченности культуры соответствовал низкому (Сычѳв В. Г., Кузнецов А. В., Лунѳв М. И., 2008)

Условия для прохождения процессов нитрификации в черноземе выщелоченном практически все сельскохозяйственные годы исследования были неблагоприятными. Особенно нитрификационные процессы замедлились в фазу весеннего кушения пшеницы озимой. Без применения удобрений ( $N_0P_0K_0$ ) и при внесении низких норм азота при различных сочетаниях норм фосфора и калия:  $N_{40}P_{30}K_{20}$ ;  $N_{40}P_{90}K_{20}$ ;  $N_{40}P_{30}K_{60}$  и  $N_{40}P_{90}K_{60}$ . В фазу весеннего кушения и цветения здесь было определено очень низкое содержание азота (рисунок 2).

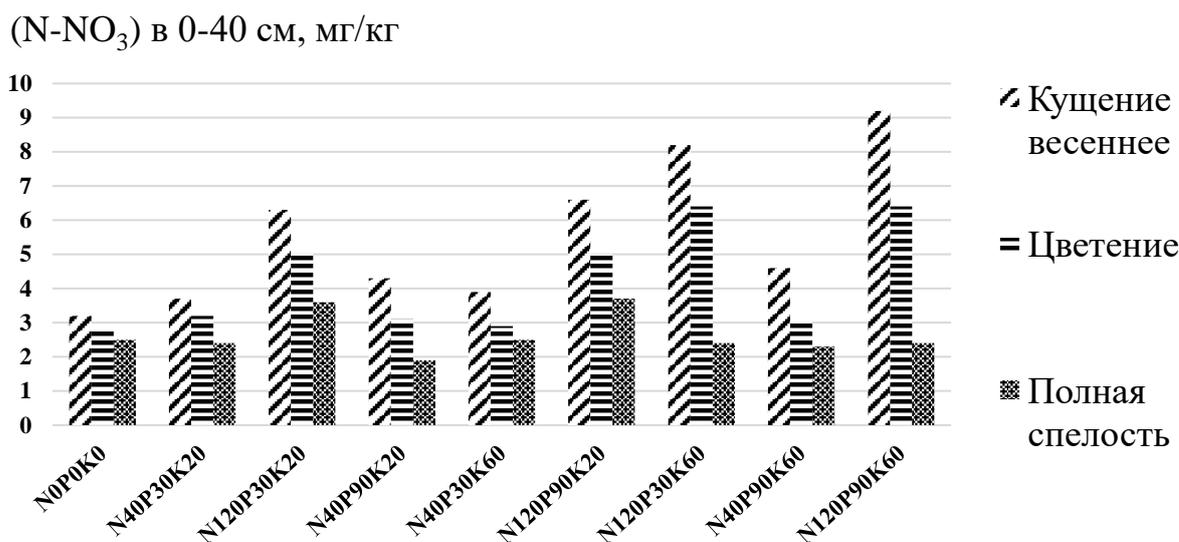


Рисунок 2 – Динамика средневзвешенного содержания нитратного азота в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

Содержание N-NO<sub>3</sub> было равно 3,70; 4,30; 3,90 мг/кг сухой почвы и 3,2; 3,1; 2,9; 3,0 мг/кг сухой почвы соответственно. При этих нормах и сочетаниях удобрений средневзвешенное содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в почве определялось очень низко – менее 5 мг/кг. Минеральные удобрения в норме которых была высокая норма азота сочеталась высокой нормой фосфора или калия в период весеннего кушения и цветения пшеницы озимой, положительно влияли на уровень обеспеченности растений нитратным N-NO<sub>3</sub> азотом, который относительно контроля повышался практически в два раза и содержание его варьировало от 6,30 до 9,2 мг/кг сухой почвы. От фазы весеннего кушения далее к цветению культуры и полной спелости зерна на контроле средневзвешенное значение показателя по содержанию N-NO<sub>3</sub> было равно 3,20; 2,80 и 2,5 мг/кг сухой почвы, что свидетельствует об низком его уровне. Уровень обеспеченности пшеницы озимой N-NO<sub>3</sub> был еще более низким во втором периоде вегетации пшеницы озимой в фазу цветения растений. Это связано с низкой влажностью почвы (отсутствием атмосферных осадков, высокой температурой атмосферного воздуха), а также с интенсивным потреблением культурой элемента в эту фазу – фазу цветения.

Фосфорный режим чернозема выщелоченного при применении дифференцированных норм и соотношений минеральных удобрений улучшают уровень минерального питания пшеницы озимой. Средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в почве определяют вносимые агрохимические средства. На варианте без применения удобрений в фазу кущения растений пшеницы озимой средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слоях почвы было равно 17,1 и 14,6 мг/кг сухой почвы. Совместное применение высоких норм фосфорного удобрения на фоне низких азота и калия, а также на фоне высоких норм азота и калия –  $N_{40}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{60}$ ,  $N_{40}P_{90}K_{60}$  способствовали повышению показателей относительно контроля до 28,6; 26,4; 29,4 мг/кг сухой почвы, что соответствует среднему уровню обеспеченности в соответствии с группировкой почв по обеспеченности (рисунок 3).

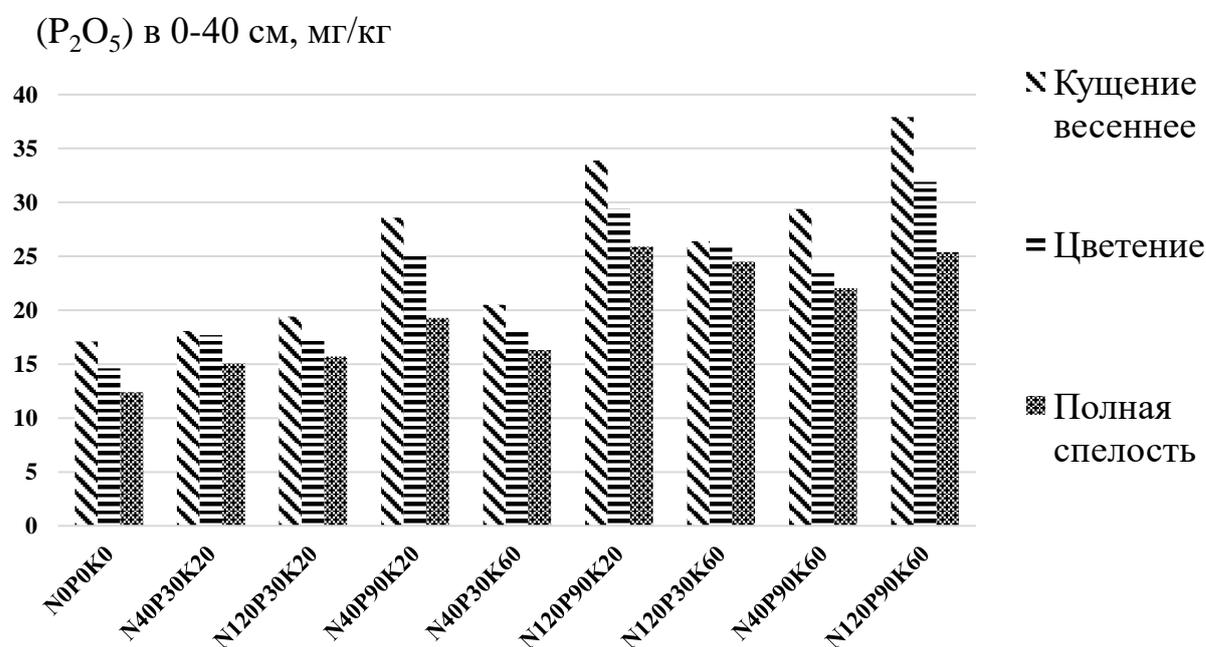


Рисунок 3 – Динамика средневзвешенного содержания подвижного фосфора в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

На вариантах  $N_{120}P_{90}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  наблюдаем максимальное увеличение средневзвешенного содержания подвижного фосфора до 33,9; и 37,9 мг/кг сухой почвы. Это уже соответствует повышенному классу обеспеченности культуры

Содержание обменного калия в черноземе выщелоченном варьировало под влиянием изменяющегося гидротермического фактора и во многом зависело от потребления калия растениями озимой пшеницы (рисунок 4).

(K<sub>2</sub>O) в 0-40 см, мг/кг

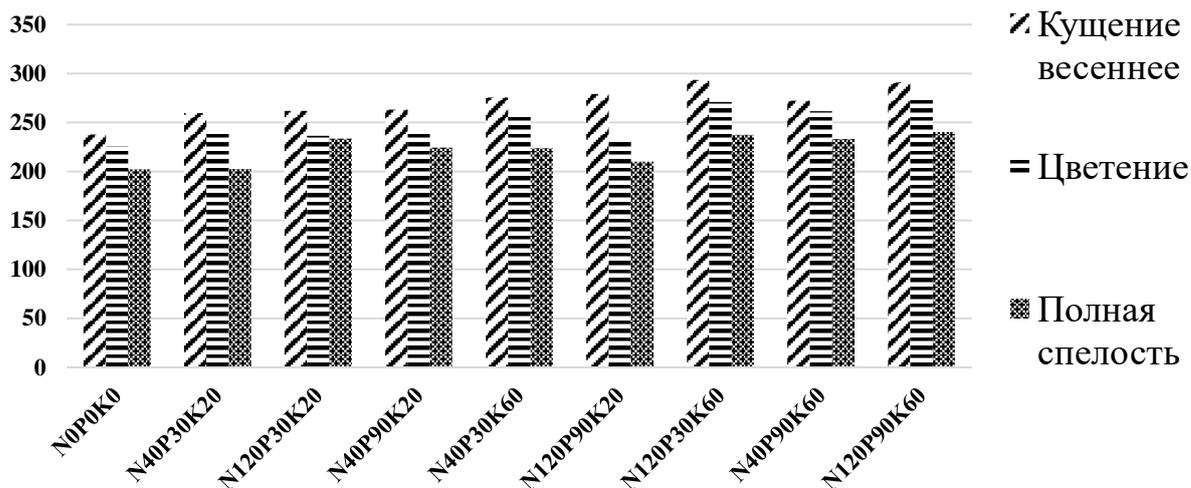


Рисунок 4 – Динамика средневзвешенного содержания обменного калия в агроценозе озимой пшеницы, мг/кг сухой почвы

При весеннем возобновлении вегетации растений пшеницы озимой средневзвешенное содержание обменного калия имели незначительные различия между вариантами опыта и контролем. На контроле – 237,6 мг/кг сухой почвы. Низкие нормы калийных удобрений в сочетании с низкими и высокими азотными и фосфорными (N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>40</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>) увеличивали средневзвешенное содержание обменного калия до 259,6; 252,9; 263,3 и 269,1 мг/кг сухой почвы, что в соответствии с группировкой почв (Ягодин Б. А., Дерюгин И. П., Жуков Ю. П., 1987) соответствует среднему уровню обеспеченности питательным веществом. Высокие нормы калийных удобрений в сочетании с такими же нормами азотных и фосфорных (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>) наилучшим образом повышали показатель до 290,7 и 293,4 мг/кг сухой почвы соответственно, но уровень обеспеченности калием культуры оставался прежним – средним.

### 3.3 Содержания биогенных элементов в растениях пшеницы озимой мягкой в зависимости от норм и сочетаний удобрений

#### 3.3.1 Азот

В растениях пшеницы озимой мягкой содержание общего азота определяется до 3 % от массы сухого вещества. В вегетативной массе растений содержание элемента в фазу весеннего кущения варьировало от 3,0 % на контроле до 3,61; 3,70 и 3,72 % на вариантах N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> соответственно. Содержание азота в растениях пшеницы озимой определяющее значения имели одноименные минеральные удобрения, применяемые в высоких нормах в сочетании с такими же нормами фосфора и калия. Исключением стал вариант (N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>), где высокие нормы азота были внесены с низкими нормами фосфора и калия.

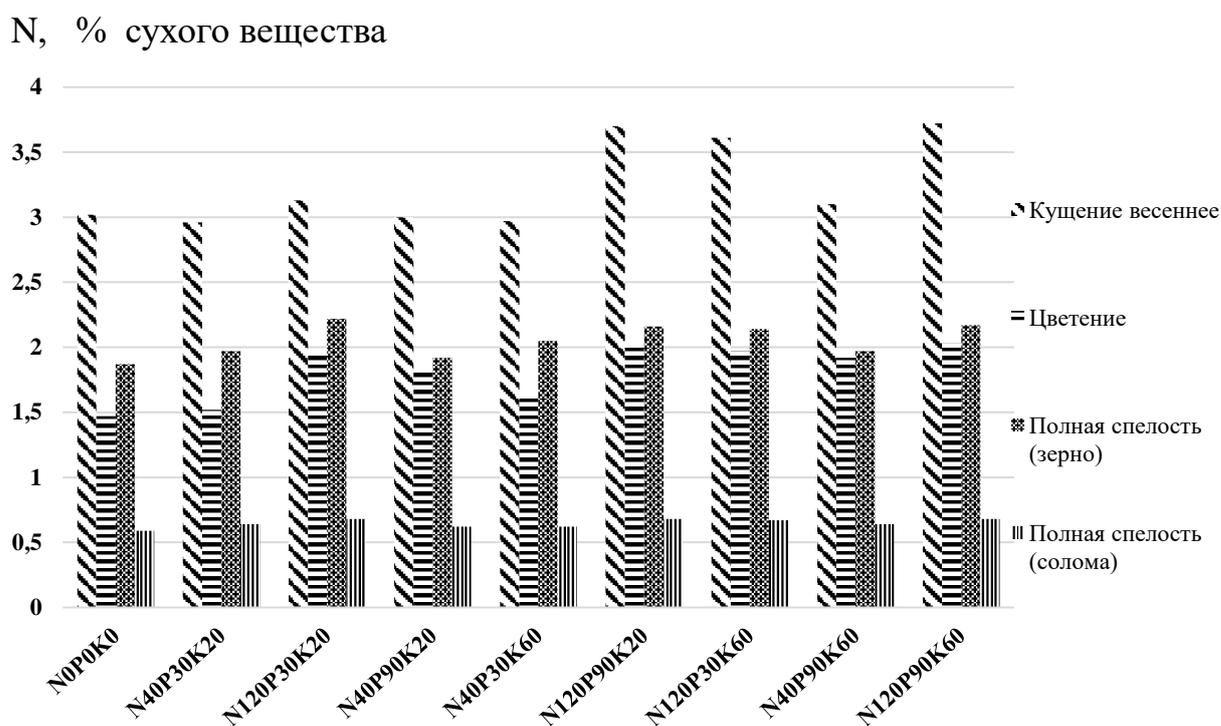


Рисунок 5 – Средневзвешенное содержание общего азота в растениях пшеницы озимой

В фазу полной спелости в соломе культуры содержание общего азота варьировало от 0,62 % до 0,68 % сухого вещества. Минимальное содержание общего азота на контроле – 0,59 %. В эту фазу в зерне пшеницы озимой показатель менее 2 % при применении  $N_{40}P_{30}K_{20}$  и  $N_{40}P_{90}K_{60}$ . Максимальные показатели определены при внесении  $N_{120}P_{30}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$ , которые были равны 2,14; 2,16 и 2,17 % сухого вещества. Наибольшее содержание элемента сосредоточилось в зерне на вариантах  $N_{120}P_{30}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$ , меньше его в листьях в период цветения растений. Содержание общего азота в растениях пшеницы озимой мягкой наибольшее определено на вариантах с сочетанием высоких норм азотных, фосфорных с низкими калийными удобрениями, а также сочетания высоких норм исследуемых удобрений –  $N_{120}P_{90}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$ . Максимальное увеличение содержания общего азота в зерне – 2,16 и 2,17 % сухого вещества на этих же вариантах  $N_{120}P_{90}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$ .

### 3.3.2 Фосфор

Содержание общего фосфора в зерне пшеницы озимой мягкой на удобренных вариантах от 0,84 до 0,92 %. Анализ растений по фазам роста и развития показал, что его концентрация элемента снижается от фазы весеннего кушения растений к цветению и полной спелости зерна. Содержание общего фосфора в растениях (соломе) в обозначенных фазах на контроле убывает в ряду – 1,19; 0,81 и 0,59 % сухого вещества, а в зерне показатель был равен 0,82 % сухого вещества (рисунок 6).

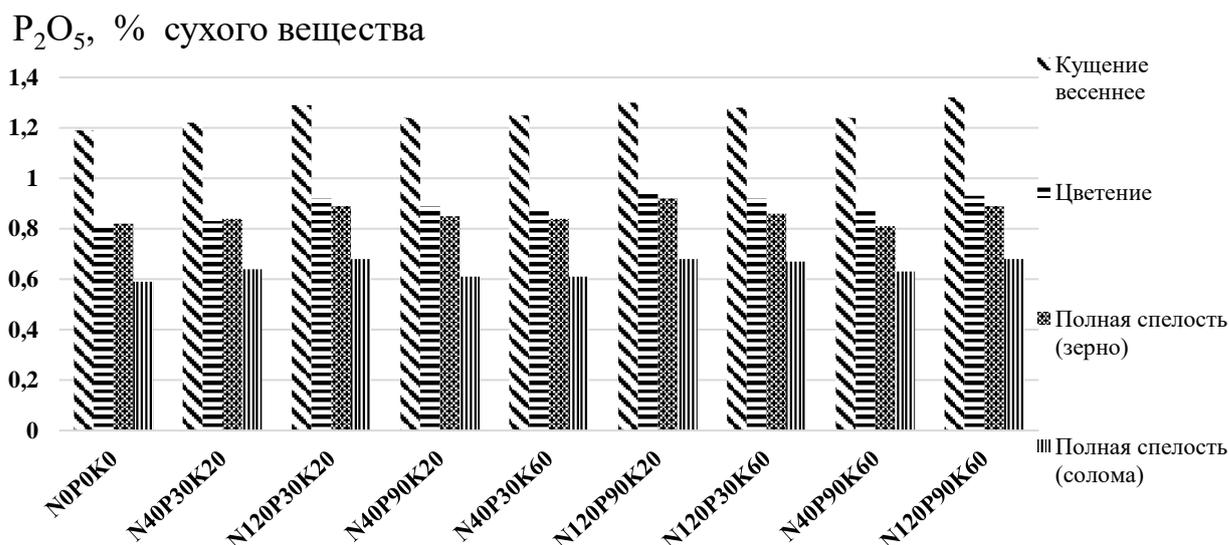


Рисунок 6 – Средневзвешенное содержание общего фосфора в растениях пшеницы озимой

В фазу весеннего кущения пшеницы озимой мягкой наибольшее содержание общего фосфора в растениях пшеницы озимой мягкой определяли высокие нормы фосфорных удобрений в сочетании с высокими азотными и калийными –  $N_{120}P_{90}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  – 1,30–1,32 % сухого вещества. Высокие нормы азотных удобрений в сочетании с низкими фосфорными и независимо от норм калийных имели близкие значения к максимально определенным:  $N_{120}P_{30}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{30}K_{20}$  – 1,28–1,29 % сухого вещества. В фазу полной спелости зерна пшеницы озимой мягкой обозначенные выше варианты –  $N_{120}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{20}$  имели максимально высокий в опыте показатель по содержанию общего фосфора, который варьировал от 0,89 до 0,92 % сухого вещества. Показатель средневзвешенного содержания общего фосфора в растениях пшеницы озимой наибольшее влияние оказывали высокие нормы фосфорных удобрений в сочетании с высокими азотными и калийными ( $N_{120}P_{90}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$ ), а также прослеживается положительное влияние азотных на фоне низких фосфорных и калийных  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{30}K_{20}$ .

### 3.3.3 Калий

Средневзвешенное содержание общего калия от фазы весеннего кущения (показатель варьировал от 4,01 % до 4,18 %), уменьшалось к фазе цветения (до 1,70–1,84) и полной спелости в зерне (до 0,51–0,54 %). Растения, выращенные без применения удобрений, в фазу весеннего кущения, цветения и полной спелости содержали общего калия 3,92; 1,68 и 1,26 % сухого вещества, а в зерне – 0,49 % сухого вещества. Калия в соломе во всех вариантах опыта обнаружено больше, чем в зерне (рисунок 7).

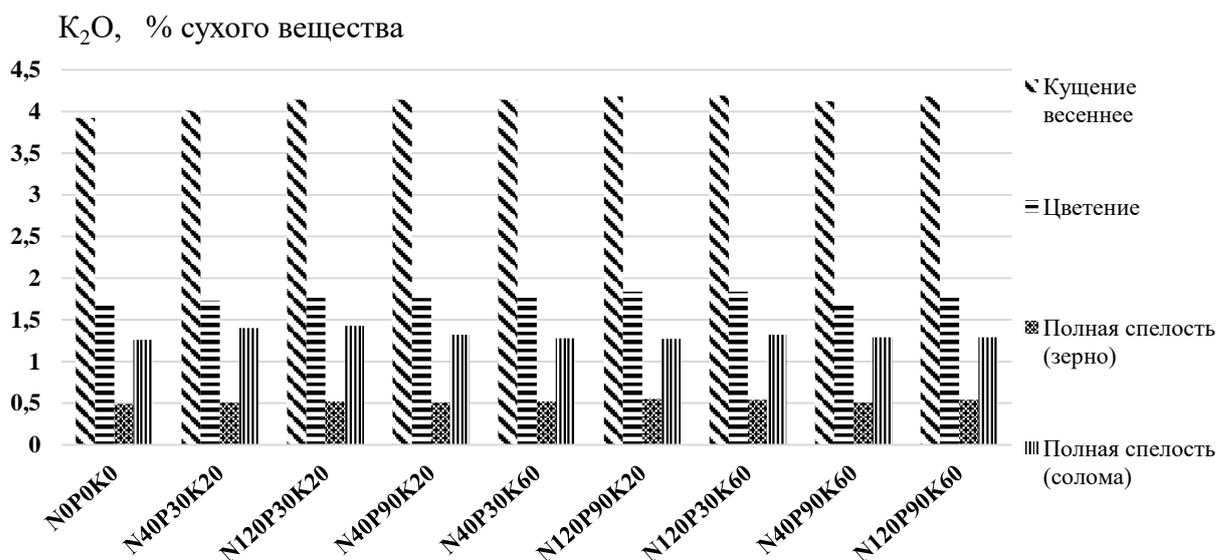


Рисунок 7 – Средневзвешенное содержание общего калия в растениях пшеницы

Концентрация калия выше в активно растущих органах растений пшеницы озимой, а меньшая в соломе и затем в зерне. Распределение элемента в растениях неравномерное. Средневзвешенное содержание общего калия в зерне пшеницы озимой мягкой, увеличивалось преимущественно на вариантах, где вносили  $N_{120}P_{30}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{20}$  – 0,54– 0,55 % сухого вещества. На всех удобренных вариантах относительно контроля в соломе накапливали больше калия, и его концентрация изменялась от 1,27 % до 1,43 % сухого вещества.

#### 4 УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ

Внесение различных норм и сочетаний азотных, фосфорных и калийных удобрений сформировало отличительные особенности условий минерального питания растений. Уровень урожайности зерна пшеницы мягкой озимой в среднем при применении азотных, фосфорных и калийных удобрений в одинарной норме ( $N_{40}P_{30}K_{60}$ ) был несколько выше контроля на 0,9 т/га (или на 17 %) и зерна получено 6,20 т/га. Сочетания тройных норм азота, фосфора и калия с одинарными фосфорно-калийными ( $N_{120}P_{30}K_{20}$ ), азотно-фосфорными ( $N_{40}P_{30}K_{60}$ ) и азотно-калийными ( $N_{40}P_{90}K_{20}$ ) повышали урожайность зерна на 1,35; 1,22 и 0,61 т/га (или 25,41; 23,02 и 11,45 %) соответственно (таблица 1).

Совместное внесение азотно-калийных и фосфорно-калийных в тройной норме на фоне одинарных фосфорных ( $N_{120}P_{30}K_{60}$ ) и азотных ( $N_{40}P_{90}K_{60}$ ) достоверно повышалась урожайность зерна на 1,28 и 1,03 т/га (или на 24,09 и 19,50 %). Максимальное увеличение урожайности зерна пшеницы мягкой озимой было при сочетаниях тройной нормы азотно-фосфорной с одинарной нормой калийных ( $N_{120}P_{90}K_{20}$ ) и полным удобрением в тройной норме –  $N_{120}P_{90}K_{60}$ . Прибавки были достоверны и составили 1,47 и 1,53 т/га (или 27,80 и 28,81 %) соответственно.

Таблица 1 – Урожайность зерна пшеницы мягкой озимой

Вариант	Урожайность, т/га			Среднее, т/га	Прибавка		Реализация генетического потенциала сорта, %	
	2018-2019	2019-2020	2020-2021		т/га	%	Память	Безостая <sub>100</sub>
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,91	5,33	5,66	5,30	–	–	52,5	53,5
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	6,24	6,21	6,16	6,20	0,90	17,04	61,4	65,9
N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	6,53	6,50	6,91	6,65	1,35	25,41	65,8	70,7
N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	6,64	6,23	6,68	6,52	1,22	23,02	64,6	69,4
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	6,22	6,09	5,41	5,91	0,61	11,45	58,5	62,9
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	6,70	6,65	6,97	6,77	1,47	27,80	67,0	72,0
N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	6,58	6,26	6,89	6,58	1,28	24,09	65,1	70,0
N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	6,67	6,30	6,03	6,33	1,03	19,50	62,7	67,3
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	6,73	6,76	6,99	6,83	1,53	28,81	67,6	72,7
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,27	0,28	0,05 – 0,28	–	–	–	–

Сорт Безостая 100 превысил стандартный сорт по показателю «урожайность зерна». Установлено, что по урожайности зерна пшеницы мягкой озимой реализуемый генетический потенциал сорта Безостая 100 был несколько выше, чем у стандартного сорта Память. Наибольшее приближение к реализуемому потенциалу относительно стандартного сорта Память наблюдается на вариантах N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> – 70,7; 72,0 и 72,7 %. На этих же вариантах, и максимальная реализация генетического потенциала стандартного сорта Память, которая была равна 65,8; 67,0 и 67,6 % соответственно. Изучена возможность взаимосвязи урожайности пшеницы мягкой озимой с сочетанием различных норм азотных, фосфорных и калийных удобрений, вносимых в почву. Высокая корреляционная зависимость выявлена в 2018 – 2019 гг. Коэффициент множественной корреляции (R<sup>2</sup>) равен 0,7831. Реакцию растений пшеницы мягкой озимой на изменение условий питания характеризует коэффициент линейной регрессии. В опыте он варьировал от 0,0042 до 0,0063, что свидетельствует о слабой реакции культуры на изменение экологических условий. Показатель дисперсии (S<sup>2</sup>) характеризует стабильность урожая (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты регрессионного и двухфакторного дисперсионного анализа данных по урожайности зерна пшеницы мягкой озимой

Период исследований	$u + v_i$ n/uf	S <sup>2</sup>	Уравнения линейной регрессии	F <sub>actual</sub>	F <sub>theoretical</sub>	R <sup>2</sup>
2018-2019	5,43	0,66	Y = 0,0063x + 5,43	2642,2	5,32	0,7831
2019-2020	5,51	0,36	Y = 0,0042x + 5,51	26,4	3,44	0,8240
2020-2021	5,57	0,74	Y = 0,0061 x + 5,57	07,7	2,59	0,5682

Наиболее стабильным был урожай в 2019-2020 сельскохозяйственном году. Определены значимые эффекты условий питания растений по всем годам исследований: F<sub>факт</sub> > F<sub>теор.</sub>

Действие минеральных удобрений положительно сказалось на показателях качества зерна пшеницы мягкой озимой (таблица 3).

Таблица 3 – Качество зерна пшеницы озимой в зависимости от удобрений

Вариант	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее	
	Содержание белка, %	Сбор белка, кг/га						
000	9,2	451,7	9,4	517,0	9,7	566,0	9,6	508,8
111	9,4	586,6	9,6	596,2	10,3	634,5	9,8	607,6
311	13,3	868,5	13,9	708,5	13,1	767,0	13,4	891,1
131	12,5	830,0	12,5	778,8	12,0	861,7	12,3	804,1
113	12,6	783,7	12,1	797,9	12,5	730,4	12,4	732,8
331	13,8	924,6	13,9	924,4	13,8	961,9	13,8	934,3
313	13,0	855,4	12,9	808,0	13,2	861,3	13,0	855,4
133	12,6	840,4	12,7	858,5	12,9	777,9	12,7	806,0
333	13,8	928,7	13,9	939,6	13,8	964,6	13,8	942,5

Содержание белка в зерне пшеницы озимой в зависимости от норм и сочетаний удобрений по годам исследований различалось незначительно. В среднем на контроле 9,6 % на вариантах с высокой нормой удобрения и независимо от внесения фосфора и калия  $N_{120}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  варьирует от 13,03 до 13,08 %. Сбор белка на контроле – 508,8, а на вариантах  $N_{120}P_{30}K_{60}$  – 855,4 кг/га,  $N_{120}P_{90}K_{20}$  – 934,3 и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  – 942,5 кг/га окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений прибавкой зерна пшеницы мягкой озимой. Сочетание тройных норм азотно-калийных и азотно-фосфорных с одинарными нормами фосфорных ( $N_{120}P_{30}K_{60}$ ) и калийных ( $N_{120}P_{90}K_{20}$ ) удобрений дают примерно одинаковое значение показателя – 6,10 и 6,39 кг/кг д.в. N P K соответственно.

#### **5 ВЫНОС УРОЖАЕМ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ, ИХ БАЛАНС И КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЯМИ**

В агроценозе пшеницы озимой мягкой показал в приходных статьях баланса более высокое поступление с минеральными удобрениями оставляло внесение азота (от 40 до 120 кг д.в.). Основная статья расхода питательных веществ это вынос элементов питания с урожаем зерна культуры (таблица 4).

Расчет выноса азота, фосфора и калия зерном пшеницы озимой мягкой показала на контрольном варианте – 88,5; 43,5 и 26,0 кг/га. Применение минеральных удобрений в различных нормах и сочетаниях повышало показатель различно. Наибольший вынос определился на вариантах с высокой нормой азота при совместном использовании фосфора и калия в различных сочетаниях. При применении  $N_{120}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  вынос азота был равен 154,3; 162,5; 148,7 и 163,8 кг/га соответственно. Слабо отрицательный баланс азота был на варианте  $N_{120}P_{30}K_{20}$ , который был наименее дефицитным и показатель равен -34,3 кг/га.

Таблица 4 – Вынос азота, фосфора и калия урожаем пшеницы в зависимости от норм и сочетаний элементов минерального питания

Вариант	Вынос, кг/га			Баланс, кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	88,5	43,5	26,0	-88,5	-43,5	-26,0	–	–	–
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	105,4	52,1	31,6	-65,4	-22,1	-11,6	38,0	57,6	63,3
N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	154,3	59,2	34,6	-34,3	-29,2	-14,6	77,7	50,7	57,8
N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	139,5	55,4	33,3	-99,5	34,6	-13,3	28,7	162,5	60,1
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	127,7	49,6	30,1	-87,7	-19,6	29,9	31,3	60,5	199,3
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	162,5	62,3	35,2	-42,5	27,7	-15,2	73,9	144,5	56,8
N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	148,7	56,6	36,2	-28,7	-26,6	23,4	80,7	53,0	165,7
N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	139,9	51,3	32,3	-99,9	33,7	27,7	28,6	175,4	185,8
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	163,8	60,8	36,9	-43,8	29,2	23,1	73,3	148,0	162,6

Интенсивность баланса азота на вариантах N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub> рассчитывалась в пределах 73,3 и 73,9 %. Наибольшее значение в опыте при использовании N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub> – 77,7 %, что позволяет с осторожностью отмечать о тенденции приближения на этих вариантах к сохранению содержания минерального азота в почве.

Вынос фосфора зерном культуры на вариантах N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub> был в пределах 49,6 и 52,1 кг/га, а с высокими нормами азота и фосфора на вариантах N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub> несколько выше – более 60,8 и 62,3 кг/га. При этом на контроле N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> – 43,5 кг/га, что ниже на 39,8 и 43,2 %, чем на ранее обозначенных вариантах.

С урожаем пшеницы озимой вынос калия был значительно ниже, чем вынос азота и фосфора и варьировал на удобренных вариантах от 31,6 кг/га до 36,9 кг/га. Вынос элемента повышался существенно (на 21,5 %) даже от внесения низкой нормы – N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>, увеличение нормы до N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> повышало вынос калия более чем в два раза (или на 41,9 %).

Применение минеральных удобрений в различных нормах и сочетаниях увеличивало не только урожай, но и вынос элементов. Вынос азота и фосфора был максимальным при внесении N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> – 163,8 и 62,3 кг/га, калия – 36,9 кг/га на варианте N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>. Минимальный вынос азота, фосфора и калия – на контроле – 88,5; 43,5 и 26,0 кг/га. Бездефицитный баланс по фосфору (+33,7 и +34,6 кг/га) и калию (+23,1 – +29,9 кг/га) только при применении высоких норм одноименных удобрений, по азоту баланс отрицательный (-88,5 до -99,9 кг/га). Внесение N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> не обеспечивало положительные значения показателя. Наилучшая интенсивность баланса по азоту – 80,7 % при применении N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>, по фосфору – 162,5 – 175,4 % N<sub>40</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub> и N<sub>40</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>, а также по калию – 185,8 и 199,3 % при внесении N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>40</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>.

Наилучшие балансовые коэффициенты (выноса) азота на вариантах N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub> – 123,9 и 128,6 %, фосфора при применении N<sub>40</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>;

$N_{40}P_{90}K_{20}$ ;  $N_{120}P_{90}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{20}$  – 57,0; 61,5; 67,6 и 69,2 %, а калия на вариантах  $N_{40}P_{30}K_{60}$ ;  $N_{40}P_{90}K_{60}$ ;  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  их значения были равны – 50,2; 53,8; 60,3 и 61,5 % (таблица 5).

Таблица 5 – Оценка состояния баланса элементов питания в агроценозе

Вариант	Вынос, кг/га			Балансовый коэффициент (выноса), %			Коэффициент возврата (возмещения)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
$N_0P_0K_0$	88,5	43,5	26,0	–	–	–	–
$N_{40}P_{30}K_{20}$	105,4	52,1	31,6	264,0	173,7	158,0	0,47
$N_{120}P_{30}K_{20}$	154,3	59,2	34,6	128,6	197,3	173,0	0,68
$N_{40}P_{90}K_{20}$	139,5	55,4	33,3	348,8	61,5	166,5	0,64
$N_{40}P_{30}K_{60}$	127,7	49,6	30,1	319,3	165,3	50,2	0,57
$N_{120}P_{90}K_{20}$	162,5	62,3	35,2	135,4	69,2	176,0	0,92
$N_{120}P_{30}K_{60}$	148,7	56,6	36,2	123,9	188,7	60,3	0,87
$N_{40}P_{90}K_{60}$	139,9	51,3	32,3	349,8	57,0	53,8	0,86
$N_{120}P_{90}K_{60}$	163,8	60,8	36,9	136,5	67,6	61,5	1,03

Коэффициент возврата (возмещения) выноса элементов минерального питания на варианте  $N_{120}P_{90}K_{60}$ , равный 1,03, показывает, что баланс здесь не только положительный, но наблюдается незначительное восполнение дефицитных питательных веществ. Близкие значения показателя к бездефицитному балансу на варианте  $N_{120}P_{90}K_{20}$ , где коэффициент возврата (возмещения) равен 0,92. Внесение  $N_{40}P_{90}K_{60}$  и  $N_{120}P_{30}K_{60}$  обеспечило мало дефицитный баланс, значения коэффициента возврата (возмещения) были примерно равны – 0,86 и 0,87. Острый дефицит элементов питания выявлен при применении  $N_{40}P_{30}K_{20}$  и  $N_{40}P_{30}K_{60}$ . Здесь вынос элементов восполнялся практически на половину.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследования в полевых условиях Северо-Западного Предкавказья проведены с 2019 по 2023 гг. в агроценозе пшеницы озимой сорта «Безостая 100» на стационарном опыте кафедры агрохимии 11-ного зернотравяно-пропашного севооборота. Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках имеет: мощность гумусового горизонта – 147 см; состав гумуса – гуматно-фульватный (содержание 3,42 %); кислотность актуальную –  $pH_{\text{водн.}} = 6,44–6,58$ ; обменную  $pH_{\text{сол.}} = 5,9–6,1$  и гидролитическую – 2,80–2,50 мг-экв./100 г почвы; характеризуется высокой емкостью поглощения – 33,9–38,1 мг-экв./100 г почвы; суммой поглощенных оснований – 31,1–35,6 мг-экв./100 г почвы, степенью насыщенности основаниями – 90,0–93,7 % (способствует высокой буферности); обеспеченность азотом – очень низкая и низкая; среднее и повышенное средневзвешенное содержание подвижного фосфора – 14,1–37,9 мг/кг почвы и обменного калия – 237,6–293,4 мг/кг почвы соответственно.

2. Микроудобрения, содержащие цинк ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) и медь ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) используемые при предпосевной обработки семян пшеницы

озимой мягкой водными растворами различной концентрации ( $10^{-1}$ ;  $10^{-2}$ ;  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  %), оказали разнонаправленное влияние на лабораторную всхожесть, скорость, энергию (активность) и дружность прорастания. Наилучшая активность прорастания семян пшеницы озимой мягкой (54,9 и 56,5 %) при обработке концентрацией  $10^{-3}$  %-ной Zn и Cu. Эта концентрация Zn и Cu благоприятно действовала на скорость прорастания семян до 3,2 и 3,4 сут., дружность прорастания до 8,7 и 9,2 шт./сут. соответственно. Предпосевная обработка водными растворами ( $10^{-3}$  %)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  позволяет улучшить посевные качества семян и полнее реализовать генетический потенциал высокоурожайного сорта Безостая 100.

2. Макроудобрения, содержащие азот, фосфор и калий в различных нормах и сочетаниях улучшали обеспеченность растений пшеницы озимой мягкой минеральным азотом, подвижным фосфором и обменным калием. От фазы весеннего кущения до полной спелости в почве содержится: минерального азота N-NH<sub>4</sub> – от 2,46-6,7 до 1,63-2,56 мг/кг, N-NO<sub>3</sub> – от 2,3–9,2 до 2,3–3,7 мг/кг; а также подвижного фосфора от 17,3–33,9 мг/кг до 12,4–25,9 мг/кг и обменного калия от 237,6–290,7 мг/кг до 202,2–240,2 мг/кг. В почве средневзвешенное содержание минерального азота в фазах весеннего кущения и цветения растений пшеницы озимой мягкой изменялось от очень низкого до низкого. Наименьшее значение показателя было равно к концу вегетации культуры. Обеспеченность растений азотом и фосфором наилучшая при сочетании тройных норм азотно-фосфорных и азотно-калийных с одинарными нормами калийных (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>) и фосфорных (N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>), а также на варианте с внесением полного удобрения в тройной норме – N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>. Обеспеченность растений подвижным калием в соответствии с группировкой была высокой на вариантах N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>.

3. Наибольшее содержание общего азота, фосфора и калия в растениях пшеницы озимой мягкой отмечено на вариантах с сочетанием тройных норм азотно-фосфорных, азотно-калийных с одинарными нормами калийных (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>) и фосфорных (N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>), а также при внесении азота, фосфора и калия в тройной норме – N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>. При внесении N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> содержания общего азота, фосфора и калия в фазу весеннего кущения были равны 3,70; 1,30; 4,18 % и 3,61; 1,28 4,19 %. В фазу цветения эти показатели несколько снизились – 2,01; 0,94; 1,84 и 1,97; 0,92; 1,84 %, но по-прежнему максимальное содержание в растениях пшеницы определяем калия, затем азота и фосфор. К полной спелости зерна на этих вариантах содержание азота максимальное – 2,14–2,16 %; фосфора – 0,86–0,92 % и калия наименьшее – 0,54–0,55 %. Содержание калия в соломе – 1,27–1,32 %. Этот показатель значительно выше определяемого показателя в зерне.

4. Максимальное увеличение урожайности зерна пшеницы озимой мягкой было при сочетаниях тройной нормы азотно-фосфорной с одинарной нормой калийных (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub>) и полным удобрением в тройной норме – N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>. Прибавки были достоверны и составили 1,47 и 1,53 т/га соответственно. Действие минеральных удобрений положительно сказалось на показателях качества зерна пшеницы озимой мягкой. Содержание белка в

зерне на вариантах  $N_{120}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{60}$  варьирует от 13,23 – 14,03 %, тогда как на контроле 10,47 %.

5. Выноса азота, фосфора и калия с зерном пшеницы озимой без удобрений – 88,5; 43,5 и 26,0 кг/га. Использование  $N_{120}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  существенно повышало вынос азота до 154,3; 162,5; 148,7 и 163,8 кг/га соответственно. Баланса азота в агроценозе пшеницы озимой на всех изучаемых вариантах был дефицитным и варьировал от -88,5 до -99,9 кг/га. Баланс азота на варианте  $N_{120}P_{30}K_{20}$  был наименее дефицитным -34,3 кг/га. Интенсивность баланса азота при  $N_{120}P_{90}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{20}$  определялась в пределах 73,3 и 73,9 %, а использование нормы  $N_{120}P_{30}K_{20}$  – 77,7 %. Следует здесь отметить тенденцию приближения к сохранению минерального азота в почве.

6. Вынос фосфора с зерном культуры при применении  $N_{40}P_{30}K_{60}$  и  $N_{40}P_{30}K_{20}$  – 49,6 и 52,1 кг/га. Высокие нормы азота и фосфора  $N_{120}P_{90}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{20}$  увеличивали показатель более 60,8 и 62,3 кг/га. На контроле  $N_0P_0K_0$  – 43,5 кг/га, что ниже на 39,8 и 43,2 %. Баланс фосфора положительный при внесении высоких норм фосфорных удобрений при различных сочетаниях азота и калия.

7. Вынос калия с урожаем зерна пшеницы озимой ниже, чем вынос азота и фосфора и изменялся от 31,6 кг/га до 36,9 кг/га. Низкие нормы –  $N_{40}P_{30}K_{20}$  вынос элемента повышался на 21,5 %, высокие –  $N_{120}P_{90}K_{60}$  увеличивали на 41,9 %. Баланс калия отрицательный (-14,6 и -15,2 кг/га), если норма калийных удобрений низкая –  $N_{120}P_{30}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{20}$ . Высокие нормы калия  $N_{120}P_{90}K_{60}$  и  $N_{40}P_{30}K_{60}$  обеспечивали бездефицитный баланс рассчитывался в диапазоне 23,1–29,9 кг/га. Интенсивность баланса по калию наилучшая при внесении  $N_{40}P_{30}K_{60}$  и  $N_{40}P_{90}K_{60}$  – 185,8 и 199,3 %.

8. В агроценозе пшеницы озимой незначительное восполнение дефицитных питательных веществ при применении  $N_{120}P_{90}K_{60}$ . Коэффициент возврата (возмещения) выноса элементов минерального питания равен 1,03. Близкие значения к бездефицитному балансу при внесении  $N_{120}P_{90}K_{20}$ . Коэффициент возврата равен 0,92. Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая зерна пшеницы озимой мягкой при применении  $N_{120}P_{30}K_{60}$  и  $N_{120}P_{90}K_{20}$  наибольшая – 6,10 и 6,39 кг/кг д. в. азота, фосфора и калия соответственно.

#### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Выращивание пшеницы озимой мягкой в условиях Северо-Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном слабогумусном, имеющем значительную мощность гумусового горизонта, содержание в пределах – 3,0 %, слабокислую реакцию почвенной среды, высокие показатели емкости поглощения и степени насыщенности почвы основаниями при низкой обеспеченности минеральным азотом, средней подвижным фосфором и повышенным обменным калием необходимо допосевное внесение минеральных удобрений в норме  $N_{120}P_{90}K_{20}$ . В условиях повышенного содержания подвижного фосфора в почве норму можно уменьшить до

N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>. Прибавки зерна составили 1,47 и 1,53 т/га (или 24,1 и 27,8 %). Содержание белка в зерне более 14 %.

Длительное сельскохозяйственное использование почвы без применения медь- и цинксодержащих удобрений, снижает уровень обеспеченности ними сельскохозяйственных культур. Низкое содержание в почве доступного цинка и меди повышает положительное воздействие высокоэффективного приема – предпосевной обработки семян пшеницы озимой мягкой. Водные растворы 10<sup>-3</sup> % микроудобрений, содержащих цинк (ZnSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O) или медь (CuSO<sub>4</sub>\*5H<sub>2</sub>O). Повышали активность прорастания семян (54,9 и 56,5 %), скорость прорастания семян до 3,2 и 3,4 сут., дружность прорастания до 8,7 и 9,2 шт./сут. соответственно.

В перспективе планируется продолжение научно-исследовательской работы в направлении поиска оптимальных концентраций микроудобрений для проведения некорневой подкормки пшеницы озимой мягкой с целью повышения устойчивости растений к неблагоприятным условиям окружающей среды и получения стабильных урожаев зерна с хорошим качеством.

#### СПИСОК РАБОТ, В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

1. Действие медного и цинкового удобрений на посевные качества семян озимой пшеницы / Л. М. Онищенко, В. К. Голубова, В. А. Газгулин, **Али Али Кадем Али** // Масличные культуры. 2022. № 3 (191). С. 43-49.

2. **Али Али Кадем Али**. Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья / Али Али Кадем Али, Л. М. Онищенко, К. А. Гноевская // Известия Горского государственного аграрного университета. 2023. Т. 60. № 2. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-68-2-29-33>.

##### *Публикация в международной базе данных Scopus:*

1. Ali AK, Onishchenko LM, Shalyapin VV (2023). Soft winter wheat yield grown on leached chernozem of the Western Ciscaucasian Region. SABRAO J. Breed. Genet. 55(6): 1920-1929. <http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.6>.

##### *Публикации в сборниках материалов региональных, национальных и международных конференций*

1. Онищенко Л. М. Оценка влияния макро и микроудобрений в условиях Кубани / Л. М. Онищенко, **Али Али Кадем Али** // В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сб. тез. по мат. III Международной конференции. Отв. за вып. А. Г. Коцаев. 2019. С. 34.

2. Онищенко Л. М. Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы / **Али Али Кадем Али** Л. М. Онищенко, В. В. Шалыпин // В сб.: Энтузиасты аграрной науки. Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых

агрохимиков Коренькова Дмитрия Александровича и Тонконоженко Евгения Васильевича. Отв. за выпуск А.Х. Шеуджен. 2020. С. 188-199.

3. **Али Али Кадем Али** Сравнение выноса растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных нормах удобрения / **Али Али Кадем Али**, Л. М. Онищенко // В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам V Международной конференции. Краснодар, 2020. С. 5.

4. **Али А. К. А.** Урожайность пшеницы озимой в зависимости от применения минеральных удобрений и предшественников в аграрных ландшафтах Кубани / **А. К. А. Али**, Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин, С. А. Лакиза // В сборнике: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. Составитель Л. С. Новопольцева. Под редакцией И. С. Белюченко. – 2020. – С. 32-34.

5. **Али А. К. А.** Минеральный азот чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в условиях Азово-Кубанской низменности / **А. К. А. Али**, В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, С. А. Лакиза // В сб.: Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем, материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала. – Иркутск. – 2021. – С. 216 - 219. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46564470> (дата обращения: 01.11.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

6. Шаляпин В. В. Питательный режим чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в учхозе «Кубань» / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, С. А. Лакиза, **Али Али Кадем Али** // В сб.: Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сб. докладов XVI Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной 175-летию со дня рождения В. В. Докучаева. – Курск. – 2021. – С. 497-502.

**Али Али Кадем Али**

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА  
ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

---

Подписано в печать \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2024. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Усл. печ. л. – 1,0. Тираж 100. Заказ № \_\_\_\_  
Типография Кубанского государственного аграрного университета.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13