

*На правах рукописи*



**Петрик Ярослав Богданович**

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА РИСА ПРИ  
ВКЛЮЧЕНИИ МЕДИ И ЦИНКА В СИСТЕМУ УДОБРЕНИЙ**

**4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

**Краснодар – 2023**

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

**Научный руководитель:** доктор биологических наук, профессор академик РАН  
**Шеуджен Асхад Хазретович**

**Официальные оппоненты:** **Тишков Николай Михайлович**  
доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», главный научный сотрудник лаборатории агрохимии агротехнологического отдела

**Каменев Роман Александрович**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», профессор кафедры экологии и агрохимии имени профессора Е.В. Агафонова

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»

Защита диссертации состоится «27» февраля 2024 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 35.2.019.06 на базе 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 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор сельскохозяйственных наук

 – Гуторова Оксана Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Один из ведущих факторов, влияющий на свойства почв рисовых полей, является длительное их затопление в течение 4-5 месяцев. Рисовый агроценоз – сложная агроэкологическая многокомпонентная система. Почвы, находящиеся под воздействием периодического затопления, отличаются от богарных, гетерогенностью и сложностью протекающих в них физических, химических, физико-химических и биохимических процессов. Своеобразный окислительно-восстановительный режим почв нарушает естественное равновесие условий, сформировавшихся в иной гидрологической обстановке, влияет на интенсивность миграции по ее профилю химических соединений, синтез и распад минеральных и органических веществ, скорость протекания микробиологических и биохимических процессов, которые, в значительной степени, определяют уровень их плодородия (Гуторова О.А., Шеуджен А.Х., 2020). Все это обуславливает необходимость комплексного изучения агрохимии микроэлементов в рисовом агроценозе и разработку экологически обоснованного и экономически оправданного регламента их применения. Кроме того, проблема недостатка микроэлементов для питания растений в рисоводстве с каждым годом приобретает всё большую актуальность, т. к. ежегодно значительное их количество отчуждается из почв рисовых полей с урожаем, а также со сбросными и фильтрационными водами. Положение усугубляется еще и применением высококонцентрированных безбалластных минеральных удобрений вместо простых туков, с которыми раньше в почву поступало определенное количество микроэлементов. Необходимость применения микроудобрений под рис диктуется также снижением в затопленной почве содержания подвижных форм микроэлементов в результате образования их труднорастворимых соединений – гидрокарбонатов, сульфидов, фосфидов.

Потребность растений риса в микроудобрениях особенно резко возросла в последние годы в связи с районированием на Кубани интенсивных высокоурожайных сортов особо требовательных к уровню и сбалансированности минерального питания. К числу необходимых и незаменимых для жизнедеятельности растений микроэлементов относятся медь и цинк. Они участвуют во многих биохимических реакциях и выполняют важные физиологические функции растений. Поэтому исследования по влиянию наиболее дефицитных для питания риса меди и цинка на рост и развитие растений, количество и качество урожая является актуальным для рисоводства Кубани (Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Хурум Х.Д., Петрик Я.Б., 2019).

**Степень разработанности проблемы.** История учения о микроэлементах насчитывает около 150 лет. Материалы, полученные А. А. Хализевым (1934), В. А. Зенюком (1937), М. Я. Школьником (1939);

1950; 1974), В. Стайлсом (1949), О. К. Добролюбским (1956), О. К. Кедров-Зихманом (1957), Я. В. Пейве (1961; 1981), Л. К. Островской (1961), Б. Я. Ягодиным (1964), М. В. Каталымовым (1965), П. А. Власюком (1969) и Г. Я. Жизневской (1972), при изучении физиолого-биохимической роли микроэлементов в жизни растений внесли основополагающий вклад в развитие агрохимии в нашей стране. Сейчас стала очевидна необходимость их включения в систему удобрения сельскохозяйственных культур.

Весомый вклад в теорию и практику применения микроудобрений в рисоводстве нашей страны внесли Е. В. Тонконоженко (1973), А. Б. Багдасаров (1977; 1991), А. Х. Шеуджен (1985; 1992) и И. И. Корсунова (2006). Результаты, полученные в ходе их многолетних исследований, обобщенные в виде докторских диссертаций, указывают на целесообразность включения микроэлементов в систему удобрения риса. Однако в процессе изучения литературы и проведения патентных изысканий, мы не обнаружили публикаций по агрохимии микроудобрений в рисоводстве, выполненных в условиях левобережья реки Кубань. Это послужило основой выбора направления исследований автора.

Исследование входило в тематический план научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» и было частью темы «Влияние различных агрохимических средств на агроэкологическое состояние черноземных почв Кубани, производство экологически безопасной продукции сельскохозяйственных культур». Номер госрегистрации 121032300129-6.

**Цель исследования** – агрохимическая оценка и разработка элементов агротехнологий применения медных и цинковых удобрений при выращивании риса в условиях левобережья реки Кубань.

**Задачи исследования:**

– изучить влияние медного и цинкового удобрений на агрохимический статус лугово-черноземной почвы;

– выявить влияние обработки семян риса медью и цинком на посевные их качества;

– оценить эффект предпосевной обработки семян риса микроэлементами на рост и развитие, фотосинтетический статус и минеральное питание растений;

– рассчитать хозяйственный вынос и коэффициенты использования растениями риса азота, фосфора и калия из удобрений при предпосевной обработке семян медью и цинком;

– определить влияние микроудобрений на количество и качество урожая риса;

– дать экономическую оценку применения медного и цинкового удобрений на посевах риса;

– разработать рекомендации производству по применению медного и цинкового удобрений при возделывании риса на лугово-черноземной почве левобережья реки Кубань.

**Объект исследования.** Сорта риса Рапан и Хазар, лугово-черноземная почва, микроэлементы медь и цинк.

**Предмет исследования** – агрохимические приемы, способствующие оптимизации системы удобрения риса, повышению количества и качества урожая, улучшению экологического состояния окружающей среды.

**Научная новизна.** Впервые в условиях левобережья реки Кубань изучено влияние вносимых под рис медных и цинковых удобрений на агрохимический статус лугово-черноземной почвы – динамику содержания обменно-поглощенного аммонийного азота, подвижных форм фосфора, калия, меди, цинка и формирование продуктивности рисового агроценоза. Выявлен положительный эффект предпосевной обработки семян риса микроэлементами на биометрические характеристики, фотосинтетическую деятельность, содержание и накопление биогенных элементов растениями. Установлено повышение коэффициентов использования растениями риса макроэлементов из удобрений под влиянием меди и цинка, то есть показано природоохранное значение применения микроэлементов в рисоводстве. Получены новые данные о хозяйственном выносе элементов питания с урожаем риса. Определены изменения количества и качества урожая при включении микроэлементов – меди и цинка в систему удобрения риса. Рассчитан экономический эффект применения микроудобрений на посевах риса в условиях левобережья реки Кубань.

**Теоретическая значимость.** Результаты исследований позволяют оценить агрохимический статус лугово-черноземной почвы в условиях рисосеяния левобережья реки Кубань. Установленные теоретические аспекты по минеральному питанию, фотосинтетической деятельности, росту и развитию растений, количеству и качеству урожая расширяют и углубляют агрохимические знания и демонстрируют целесообразность включения меди и цинка в систему удобрения риса.

**Практическая значимость.** С учетом агроэкологических условий левобережья реки Кубань экспериментально установлена высокая эффективность обработки семян риса микроэлементами – меди и цинка, а также возможность предпосевного внесения в почву одноименных удобрений. Результаты исследования в перспективе могут быть использованы в практике рисоводства при составлении агрохимических мероприятий по повышению плодородия почв, разработке системы удобрения, а также в учебном процессе – преподавании агрохимии бакалаврам и магистрам.

**Методология и методы исследования.** Исследования основаны на общенаучных методах, включающих эмпирические и общелогические:

наблюдение, эксперимент, измерение, описание, анализ, синтез, конкретизация и обобщение. Методологической основой служили принцип диалектической взаимосвязи системы «почва – удобрение – растение» Д.Н. Прянишникова, системный подход Эрнста Геккеля и комплексный многофакторный подход Альбрехта Тэера.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Закономерности изменения агрохимического статуса лугово-черноземной почвы при внесении медного и цинкового удобрений под рис.
2. При предпосевной обработке семян риса медью и цинком улучшаются посевные качества и повышается их полевая всхожесть.
3. Микроэлементы медь и цинк оказывают положительное влияние на ростовые процессы, содержание и накопление биогенных элементов в растениях, фотосинтетический статус рисового агроценоза, количество и качество урожая риса.
4. Вынос элементов питания урожаем и коэффициенты их использования растениями риса из удобрений при предпосевной обработке семян медью и цинком.

**Степень достоверности результатов исследования** базируется на анализе многолетней научной информации, полученной с использованием классических методов на базе лабораторного и полевого опытов. Необходимый объем выборки экспериментальных данных обеспечен достаточным количеством повторностей в вариантах опыта. Достоверность результатов исследований подтверждается статистической оценкой экспериментальных данных. Выводы аргументированы и достоверны и не противоречат мнению известных ученых, специализирующихся по данному научному направлению.

**Апробация.** Результаты исследований по теме диссертации были доложены и получили положительную оценку на Всероссийской научно-практической конференции «Научно-практический и социально-экономический потенциал развития АПК Российской Федерации» (Нальчик, 2022), научно-практической конференции «Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год», посвященной 100-летию Кубанского ГАУ (Краснодар, 2022); Международной научно-практической конференции «Вектор современной науки» (Краснодар, 2022). Результаты работы были представлены на Российской агропромышленной выставке «Золотая осень» и оценены медалями различного достоинства – «За технологию предпосевной обработки семян риса медью» (Серебряная медаль, 2019); «Агрохимия цинка в рисовом агроценозе» (Золотая медаль, 2019); «За разработку инновационной технологии повышения эффективности использования микроэлементов» (Золотая медаль, 2022).

**Личный вклад.** Проведен критический анализ современного состояния изучаемой проблемы, спланированы и проведены лабораторные

и полевые эксперименты, выполнены учеты и наблюдения в полевых опытах, химический анализ почв и растений, осуществлена статистическая оценка экспериментальных данных, обобщены и интерпретированы результаты исследований. Автор принимал участие в подготовке и опубликовании научных статей по диссертационной работе.

**Публикации.** Материалы исследования опубликованы в 7 печатных работах, из них 4 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации. На основании материалов диссертационной работы получены 4 патента на изобретение Российской Федерации и опубликованы 2 монографии.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, рекомендаций производству, списка использованных источников и приложения. Работа изложена на 156 страницах, содержит 34 рисунка, 34 таблицы и 14 приложений. Список использованной литературы состоит из 257 наименований, из них 16 иностранных авторов.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКОВЫХ И МЕДНЫХ УДОБРЕНИЙ В РИСОВОДСТВЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Медь и цинк, необходимые и незаменимые элементы минерального питания растений, являются неотъемлемой частью многих ферментов и ферментативных систем, играют существенную роль в регуляции ростовых процессов. В почве преобладают соединения меди и цинка с железом и алюминием, глинистыми минералами и почвенным органическим веществом. Подвижность меди и цинка в почве, их потребление растениями определяются окислительно-восстановительным потенциалом, рН, содержанием других соединений. Особое значение медь и цинк приобретают для риса, что связано со спецификой возделывания этой культуры. В настоящее время имеется целый ряд нерешенных вопросов по технологии применения медных и цинковых удобрений в рисоводстве. В частности, слабо изучены сроки, формы, нормы и способы их внесения под рис в условиях левобережья р. Кубань, что и обусловило постановку исследований для установления целесообразности их применения. В обзоре литературы рассматриваются вопросы содержания цинка и меди в почвообразующих породах, почвах и растениях; участия этих микроэлементов в жизнедеятельности растений; эффективности медных и цинковых удобрений в рисоводстве.

## **УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследования включало лабораторные и полевые методы. В лабораторном эксперименте изучалось влияние обработки семян риса медью и цинком на их посевные качества (ГОСТ 12038-84). В схеме опыта

представлены варианты с обработкой семян дистиллированной водой (контроль), водными растворами цинка в концентрациях 0,025; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5 % и меди – 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5 %.

Полевые опыты были заложены в 2019-2022 гг. на лугово-черноземной почве рисовой оросительной системы Адыгейского научно-технического центра по рису (Тахтамукайский район, Республика Адыгея).

Агрохимическая характеристика опытного участка почвы (0-20 см): содержание гумуса – 3,7 %, общего азота – 0,29 %, общего фосфора – 0,16 %, общего калия – 1,50 %, подвижных форм фосфора и калия 50 и 220 мг/кг соответственно (по Чирикову), подвижной меди (ААБ с рН 4,8) – 0,38 мг/кг, подвижного цинка (ААБ с рН 4,8) – 4,9 мг/кг,  $pH_{\text{вод.}}$  – 6,8.

Объекты исследования – сорта риса Рапан и Хазар, лугово-черноземная почва, микроэлементы медь и цинк.

Площадь общей делянки – 144 м<sup>2</sup> (7,2×20,0), учетной – 80 м<sup>2</sup>; повторность – 4-х кратная; размещение вариантов – рендомизированное; предшественник – оборот пласта многолетних трав; способ посева – рядовой; норма высева – 7,0 млн. всхожих зерен на 1 га. Агротехника возделывания риса соответствовала рекомендациям ФГБНУ «ФНЦ риса». Минеральные удобрения применялись в норме N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>60</sub>. Азотные удобрения вносились в два приема: <sup>2</sup>/<sub>3</sub> до посева и <sup>1</sup>/<sub>3</sub> в подкормку в фазу кущения; фосфорно-калийные удобрения полной нормой до посева. Микроудобрения применялись путем обработки семян полусухим способом из расчета 10 л/т и непосредственного внесения в почву перед посевом риса. Схемы полевых опытов представлены в соответствующих таблицах и рисунках с экспериментальными данными.

Исследования сопровождались отбором почвенных образцов и растений, учетом фенологических фаз развития риса. Проводилось определение содержания в почве аммонийного азота в 0,1 Н КСl феноловым методом, подвижных форм фосфора и калия по Чирикову (ГОСТ 26204-91), цинка и меди путем их извлечения CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> (рН 4,8) с окончанием атомно-абсорбционным методом.

В отобранных растениях риса определяли: линейные параметры (высоту растений); сухую массу растений гравиметрическим методом после шестичасового их высушивания при температуре 105°С; площадь листьев растений путем измерения длины и ширины листовых пластинок с использованием поправочного коэффициента на кривизну листа 0,67; фотосинтетический потенциал рисового агроценоза рассчитывали по нарастанию площади листьев в межфазные периоды; содержание азота, фосфора и калия методом мокрого озоления растительных образцов по Куркаеву в модификации Щукина; цинка и меди – сухого озоления с атомно-абсорбционным окончанием (ГОСТ 30692-2000).



Перед уборкой по диагонали делянки отбирались 20 растений для проведения биометрического и структурного анализа урожая риса. Учет урожая проводился в фазе полной спелости с пересчетом массы зерна на стандартную влажность и чистоту. Биохимические и технологические показатели качества зерна определялись согласно ГОСТ 10843-76, ГОСТ 10987-76, ГОСТ 10846-91. Белок – путем пересчета общего содержания азота в зерне по коэффициенту 5,95, крахмал – колориметрическим методом по Х.Н. Починку.

Результаты исследований подвергались статистической (Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., 2015) и экономической оценкам (Шеуджен А.Х., Трубилин А.И. и др., 2017).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Питательный режим лугово-черноземной почвы при применении медных и цинковых удобрений на посевах риса.** Лугово-черноземная почва левобережья р. Кубань под рисом характеризовалась низкой обеспеченностью подвижным цинком – 4,9 мг/кг (ААБ, рН 4,8). Его содержание было снижено на минеральном фоне и варианте Zn<sub>2</sub>. Предпосевное внесение в почву цинкового удобрения (ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, содержащий 23,0 % д.в. Zn) в интервале 2-8 кг/га по д.в. не изменяло динамику содержания в ней аммонийного азота, подвижных форм фосфора, калия и цинка в период вегетации растений риса (рисунок 1).

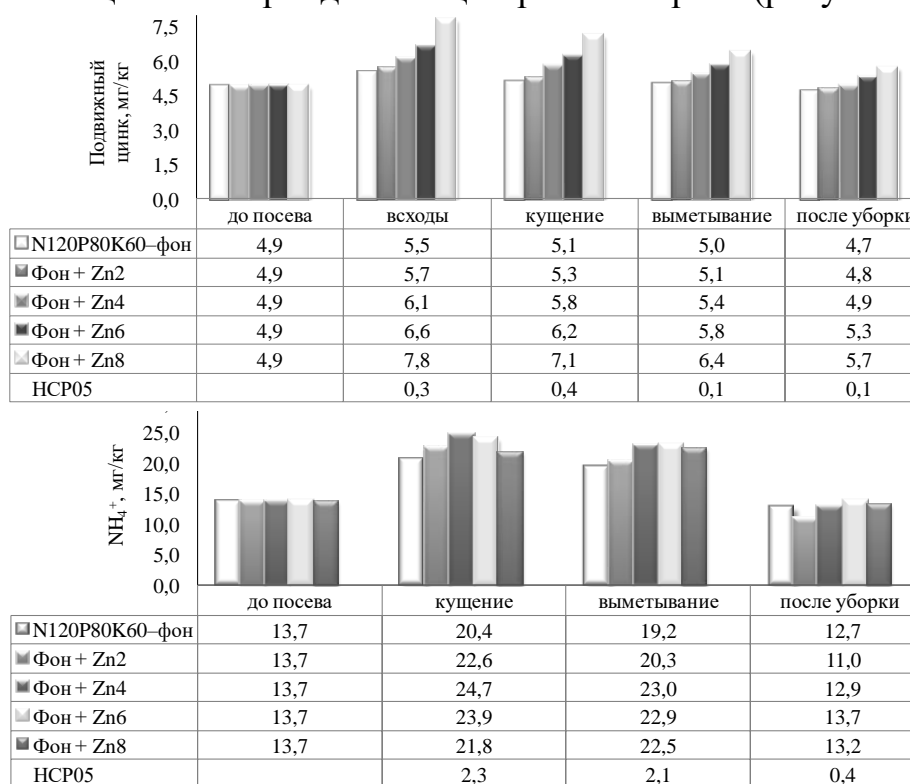


Рисунок 1 – Содержание подвижного цинка и аммонийного азота в лугово-черноземной почве при предпосевном внесении цинкового удобрения, мг/кг

Под влиянием цинкового удобрения повышалось содержание в почве подвижного цинка и аммонийного азота, снижалось количество доступного растениям фосфора, не влияя при этом на калийный режим. Бездефицитный цинковый и наиболее благоприятный азотный режимы лугово-черноземной почвы складывались из расчета внесения цинкового удобрения 4 кг д. в./га.

Лугово-черноземная почва левобережья р. Кубань среднеобеспеченна для растений риса медью – 0,38 мг/кг (ААБ, рН 4,8). Предпосевное внесение медного удобрения в почву ( $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ , содержащий 25 % д.в. Cu) не оказывало влияние на характер динамики содержания биогенных элементов, но сказывалось на их количестве (рисунок 2).

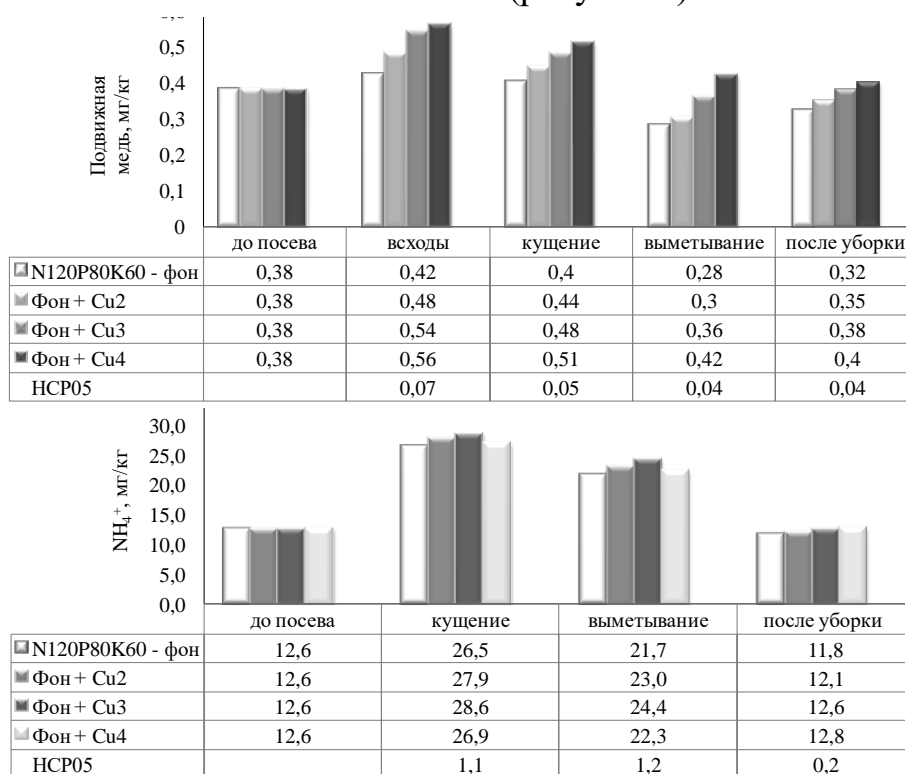


Рисунок 2 – Содержание подвижной меди и аммонийного азота в лугово-черноземной почве при предпосевном внесении медного удобрения, мг/кг

При внесении меди из расчета 3 кг/га по д.в. возрастало содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в почве, подвижных форм фосфора, калия и меди. Более высокие нормы медного удобрения хотя и способствовали накоплению в почве подвижной меди, но не оказывали положительного воздействия на азотный, фосфорный и калийный режимы.

**Посевные качества семян риса при их обработке микроэлементами.** Действие цинка и меди при обработке семян риса на их энергию прорастания и всхожесть зависело от формы, нормы и способа применения.

При замачивании семян энергия прорастания и всхожесть под воздействием цинка повышались значительно, чем при смачивании.

Наибольший эффект при замачивании семян проявлялся при использовании 0,5 %-ного водного раствора цинка, а при смачивании – 1,0 %-ного. При применении низкоконтрированных растворов цинка (0,025-0,50 %) как для замачивания, так и смачивания семян наибольшее положительное влияние оказывал сульфат цинка, а при более высоких концентрациях – хелат цинка на основе ЭДТА.

Смачивание семян риса 1 %-ным водным раствором цинка увеличивало дружность прорастания на 8,9 шт./сутки и уменьшало скорость прорастания одного семени на 7,2 ч. При обработке этой концентрацией высота ростка, сухая масса корешка и ростка превосходили контроль на 70,8, 95,4, 66,7 и 31,0 % соответственно.

При смачивании семян риса медью наибольшие показатели энергии прорастания и всхожести отмечены при обработке 0,5 %-ным водным раствором, при замачивании – 0,1 %-ным в форме сульфата. Максимальный эффект от использования хелатной формы достигался при более высоких концентрациях микроэлемента: при смачивании от 1,0 %-ной, замачивании от 0,5 %-ной концентрации.

Наибольшее влияние на дружность и скорость прорастания семян оказывало смачивание меди 0,5 %-ным водным раствором микроэлемента, при которой проросших семян за одни сутки было на 2,6 шт./сутки больше, чем на контроле, а скорость прорастания одного семени на 12 ч меньше. При этой концентрации показатели силы первоначального роста семян увеличивались: длина и сухая масса корешка на 33,4 и 100 %, высота и сухая масса ростка на 27,8 и 23,7 % соответственно.

Более надежным для оценки эффективности предпосевной обработки семян риса цинком и медью является их полевая всхожесть, которая показала увеличение этого показателя на 0,8-3,8 и 2,0-6,6 % соответственно. Наибольшая густота стояния растений в агроценозе получена при обработке семян 1,0 %-ным рабочим раствором цинка и 0,5 %-ной медью.

**Рост и развитие растений риса при предпосевной обработке семян микроэлементами.** Результаты полевого эксперимента показали, что при обработке семян цинком ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , содержащий 23,0 % д.в. Zn) всходы риса вследствие повышения энергии прорастания появлялись быстрее, кущение проходило дружнее, фаза выметывания наступала на 4-8 дней раньше, период созревания зерна увеличивался на 2–4 дня. В целом, продолжительность вегетационного периода растений сокращался на 2-4 дня. Вследствие предпосевной обработки семян медью ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , содержащий 25 % д.в. Cu) вегетативный период развития растений сокращался до 7 дней, а генеративный, наоборот, увеличивался до 4 дней. В общем, период вегетации у растений риса уменьшался на 3 дня.

Улучшение обеспеченности растений цинком и медью сопровождалось усилением биосинтеза сухого вещества и увеличением их сухой массы. В

наибольшей мере на накопление сухой массы растениями риса повлияла обработка семян 1,0 %-ным раствором цинка. При посеве такими семенами этот показатель возрастал по сравнению с фоном в фазы кущения, выметывания и созревания на 0,14, 0,25 и 7,00 г соответственно. При этом наиболее благоприятные условия для роста и развития растений риса создавались в фазе кущения при обработке семян 0,5 % раствором, а с фазы выметывания – 1,0 %. На накопление сухой массы растениями при обработке семян медью повлияла 0,5 %-ная концентрация раствора. Превышение фона в фазы кущения, выметывания и полной спелости зерна составляло 0,35, 0,63 и 0,67 г/растение соответственно (рисунок 3).

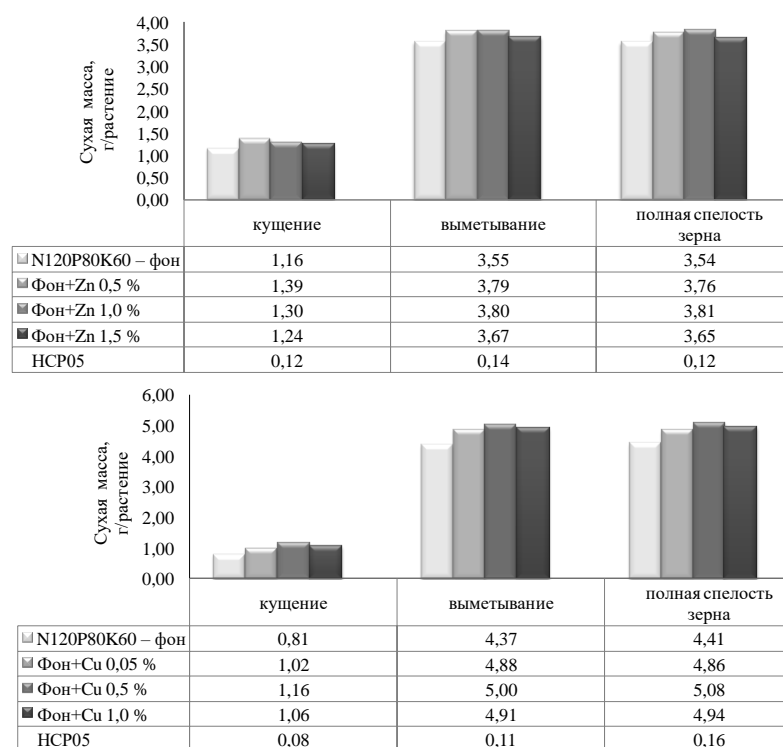


Рисунок 3 – Сухая масса растений риса при предпосевной обработке семян цинком и медью, г/растение

Под воздействием цинкового и медного удобрений за вегетацию риса увеличивались скорость роста растений в высоту на 4,2-9,7 и 5,4-14,9 %, а также среднесуточный прирост сухой массы – 2,3-11,2 и 10,9-17,9 % соответственно.

**Фотосинтетическая деятельность растений риса при предпосевной обработке семян микроэлементами.** Включение цинка и меди в систему удобрений риса не отразилось на динамике площади ассимиляционной поверхности листьев, но способствовали ее увеличению в период вегетации растений. В зависимости от концентрации водного раствора цинка площадь листьев одного растения возрастала в фазы кущения, выметывания и созревания на 5,9-14,7, 17,1-33,3 и 3,3-6,4 см<sup>2</sup> соответственно. Обработка семян риса медью также повышало площадь ассимиляционной поверхности

листьев в эти фазы на 13,0-21,9, 47,6-52,1 и 1,4-3,0 см<sup>2</sup> соответственно. Лучшие условия для формирования ассимиляционного аппарата у растений создавались при предпосевной обработке семян 1,0 % и 0,5 %-ным водными растворами цинка и меди соответственно.

Предпосевное обогащение семян риса цинком способствовало увеличению фотосинтетического потенциала рисового агроценоза в межфазные периоды всходы–кущение, кущение–выметывание и выметывание–полная спелость зерна на 9,2-31,0, 5,2-7,1 и 8,1-15,0 % соответственно. Максимальные значения отмечены при обработке семян 1,0 %-ным водным раствором цинка. Под влиянием обработки семян риса медью фотосинтетический потенциал рисового агроценоза повышался в фазы кущения, выметывания и созревания на 3,9-15,0, 1,8-10,8 и 8,5-17,2 % соответственно. Наибольшие значения достигались при обработке семян 0,5 %-ным водным раствором меди. Нарастание фотосинтетического потенциала рисового агроценоза под воздействием микроэлементов происходило из-за ускоренного нарастания и увеличения размеров и удлинения жизненного цикла активного функционирования листьев, а также повышения густоты стояния растений.

Цинк и медь не только способствовали увеличению площади ассимиляционной поверхности листьев и фотосинтетического потенциала рисового агроценоза, но и оказывали положительное влияние на чистую продуктивность фотосинтеза. В зависимости от концентрации водного раствора цинка эта величина увеличивалась по сравнению с фоном в фазы кущения, выметывания и созревания на 9,8-17,6, 4,2-8,4 и 1,9-3,8 % соответственно; при обработке семян медью – на 7,4-22,2 %, 8,2-21,4 и 11,9-18,8 % соответственно. Наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза была у растений, выращенных из семян, обработанных 1,0 % и 0,5 %-ным водными растворами цинка и меди соответственно.

**Минеральное питание растений риса при предпосевной обработке семян микроэлементами.** Результаты исследования по динамике содержания цинка в растениях риса показали, что максимальные значения в вегетативных органах зафиксированы в фазе кущения, минимальные – полной спелости зерна. В конце онтогенеза риса отмечено перемещение цинка из вегетативных органов в зерновки риса. Потреблённый рисом микроэлемент практически в равном количестве распределялся между вегетативной массой и зерном с небольшим преимуществом в последнем. С повышением концентрации рабочего раствора при обработке семян цинком содержание одноименного элемента в растениях возрастало в фазы кущения на 9,2-17,0 %, выметывания – 11,3-18,2 %, созревания – 14,3-21,1 % в вегетативных органах и 6,4-8,6 % в зерне (рисунки 4).

Наилучшие условия для накопления меди в растениях отмечены в фазе кущения риса. Затем ее содержание в вегетативных органах снижалось. С

увеличением концентрации меди в растворе при обработке посевного материала количество микроэлемента в растениях повышалось в фазы кущения, выметывания и полной спелости на 5,1-16,7 %; 4,3-15,7 и 7,5-20,0 % соответственно. В зерне риса – на 6,2-12,5 % (рисунок 4).

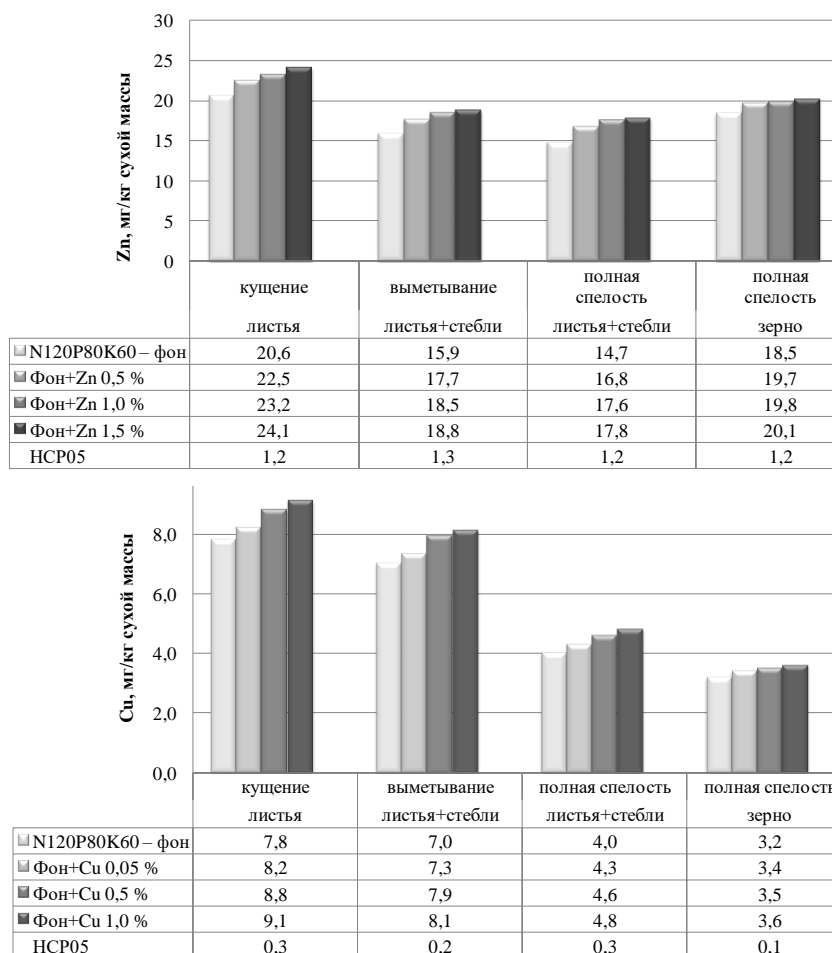


Рисунок 4 – Содержание цинка и меди в растениях риса при предпосевной обработке семян одноименными микроудобрениями, мг/кг сухой массы

В наибольшей степени азот накапливался в растениях, из обработанных семян 1,0 %-ным водным раствором цинка. Его содержание в вегетативных органах растений было больше в фазы кущения и выметывания на 0,15 и 0,16 % сухой массы соответственно, чем на фоне. При этой концентрации аттракция азота из вегетативной части в зерновку риса проходила интенсивней. Вследствие этого азота содержалось в надземной вегетативной массе растений меньше на 0,04 % относительно фона, а в зерне на 0,08 % сухой массы больше (рисунок 5).

Оптимизация питания риса медью благоприятным образом отразилась на содержании азота в растениях, особенно при предпосевной обработке семян 0,5 %-ным водным раствором микроэлемента. В этом варианте азота в растениях содержалось больше в фазах кущения на 0,23 %, выметывания – 0,13 %, полной спелости – 0,03 % в вегетативной массе и 0,10 % сухой

массы в зерне, чем на фоне. Эффективность данного агроприема заметно уменьшалась, если применялись пониженные или повышенные концентрации микроэлемента в рабочем растворе (рисунок 5).

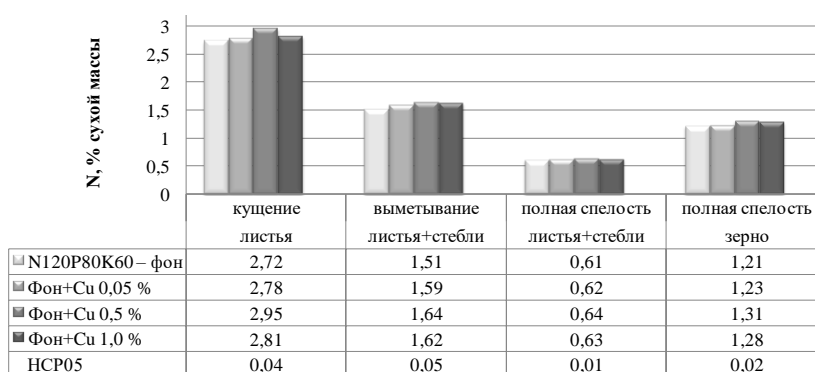
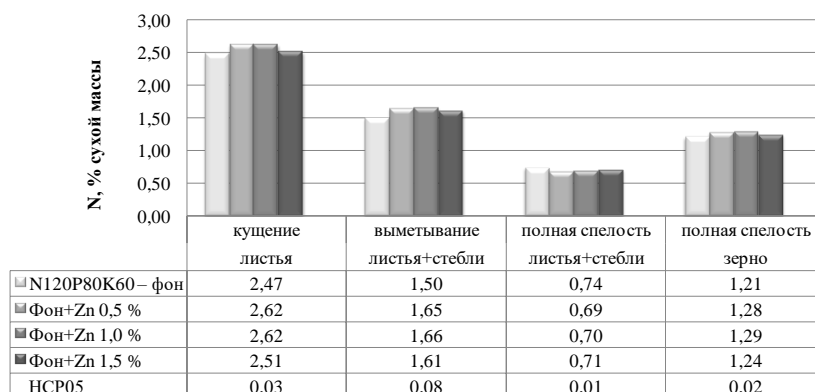


Рисунок 5 – Содержание азота в растениях риса при предпосевной обработке семян цинком и медью, % сухой массы

Максимальное содержание фосфора в растениях риса отмечалось в вегетативный период развития, а в генеративный – оно снижалось. Заметное количественное уменьшение фосфора в листостебельных органах растений наблюдалось к фазе полной спелости, что объясняется его аттракцией в зерновки (рисунок 6).

Цинк при обработке семян оказывал антагонистическое воздействие на поглощение растениями фосфора. Его содержание в надземной вегетативной массе растений уменьшалось. Чем выше концентрация микроэлемента для обработки семян, тем чаще наблюдался ингибирующий эффект в отношении фосфора. В то же время прослеживалось положительное влияние цинка на перемещение фосфора из вегетативных органов в генеративные – зерновки. Фосфор интенсивней накапливался в зерне риса, чем в листостебельной массе растений. При этом в зерне его содержалось больше на 0,01-0,06 % сухой массы, чем на фоне.

Предпосевная обработка семян риса медью повышало содержание фосфора, относительно фона, в надземных вегетативных органах в фазы кущения на 0,04-0,06 %, выметывания – 0,05-0,09 % и полной спелости – 0,01-0,03 % сухой массы. При этом содержание фосфора в зерне риса возрастало на 0,04-0,08 % сухой массы (рисунок 6).

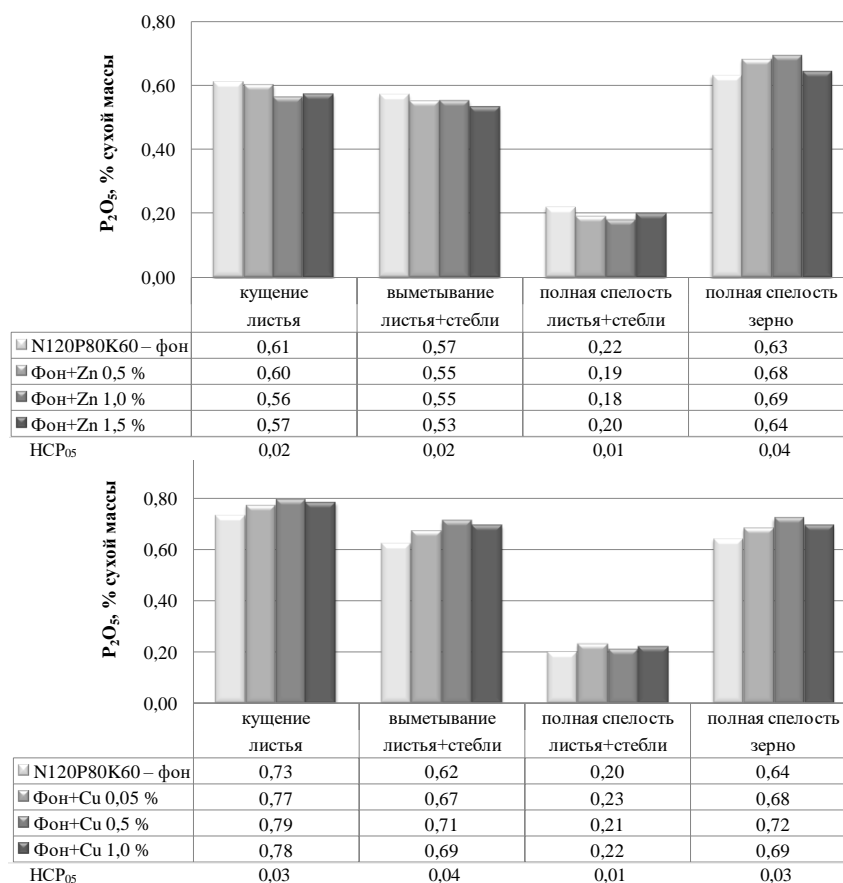


Рисунок 6 – Содержание фосфора в растениях риса при предпосевной обработке семян цинком и медью, % сухой массы

Обработка семян цинком перед посевом стимулировала поглощение калия растениями во все фазы вегетации риса. Наибольшее его накопление в надземных вегетативных органах растений наблюдалось в фазе кущения риса с постепенным снижением в дальнейшем. Зерно риса отличалось от надземной вегетативной массы меньшим, почти в 6 раз, количеством калия. Его содержание повышалось в растениях, по отношению к фону, в фазы кущения, выметывания и полной спелости на 0,06-0,08; 0,09 и 0,05-0,08 % соответственно, а в зерне – 0,02 % сухой массы. Различия в содержании калия между фоном и опытными вариантами были незначительными (рисунок 7).

Обработка семян медью не отразилась на динамике содержания калия в растениях в период вегетации риса. Однако, в зависимости от концентрации меди в рабочем растворе его количество в фазы кущения, выметывания и полной спелости зерна повышалось, по сравнению с фоном, в надземной вегетативной массе растений на 0,02-0,08 %, 0,14-0,16 и 0,04-0,06 % соответственно. В зерне риса превышение составило 0,01-0,05 % сухой массы. Наибольшее его накопление в растениях отмечалось при обработке семян 0,5 %-ным водным раствором меди полусухим способом (рисунок 7).



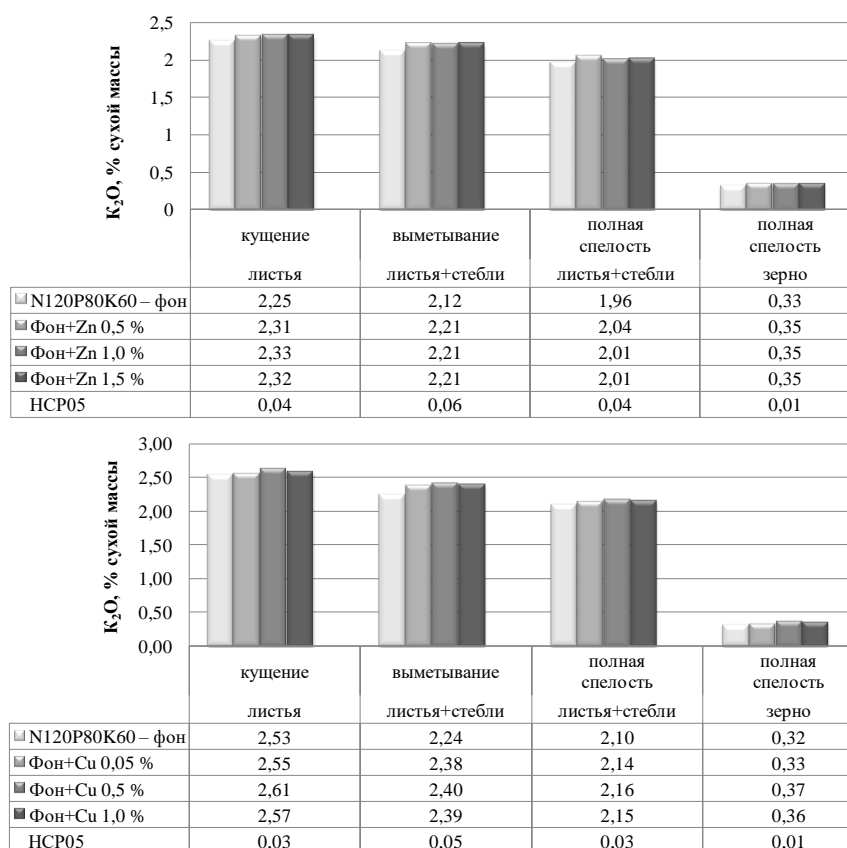


Рисунок 7 – Содержание калия в растениях риса при предпосевной обработке семян цинком и медью, % сухой массы

Потребление микроэлементов растениями риса возрастало в процессе их роста и развития. Предпосевная обработка семян риса цинком и медью сопровождалась увеличением поглощения одноименных элементов на 19,8 и 25,0 %, азота – 10,3 и 23,6, фосфора – 11,1 и 27,9, калия – 11,0 и 22,9 % соответственно. Под их воздействием за вегетационный период риса среднесуточная интенсивность потребления азота растениями возрастала на 14,2 и 26,9 %, фосфора – 14,8 и 31,3, калия – 21,1 и 24,1 % соответственно, а также цинка и меди на 22,0 и 16,1 % соответственно.

Предпосевная обработка посевного материала цинковым удобрением повышало хозяйственный вынос цинка урожаем риса относительно фона на 37,23-46,65 г/га или на 17,14-21,5 %, азота, фосфора и калия – на 6,95-14,73, 2,45-7,10 и 11,36-16,25 кг/га или на 5,4-11,4, 4,2-12,3 и 8,3-11,9 % соответственно. Затраты биогенных элементов на формирование агроценозом единицы урожая зерна и соответствующего количества побочной продукции возрастали незначительно, а использование азота, фосфора и калия растениями риса из удобрений увеличивалось на 5,79-12,28 %, 3,06-8,88 и 18,33-27,08 % соответственно.

Семена риса, обработанные медью, отличались от фона высоким выносом урожаем одноименного элемента 4,80-10,17 г/га или 11,0-23,4 %, азота 6,48-19,77 кг/га или 5,6-17,1 %, фосфора 6,64-11,51 кг/га или 12,2-

21,2 %, калия 8,26-19,72 кг/га или 6,1-14,5 %. Затраты биогенных элементов на образование единицы урожая не сильно увеличивались, но повышались коэффициенты использования растениями из внесенных удобрений азота на 5,40-16,48 %, фосфора – 7,38-12,79 и калия – 9,18-21,91 %.

Наибольшим выносом элементов питания из почвы урожаем риса отличались варианты с обработкой семян 1,0 % и 0,5%-ным растворами цинка и меди соответственно.

**Урожай и качество зерна риса при включении микроэлементов в систему удобрения.** При посеве семенами, обработанных Zn 0,5 %, урожайность риса за годы исследований увеличивалась относительно фона на 0,38-0,47 т/га, или на 5,33-6,27 %; Zn 1,0 % – 0,49-0,67 т/га, или на 6,88-9,67 %; Zn 1,5 % – 0,41-0,49 т/га, или на 5,75-6,53 %. Наибольшая урожайность риса формировалась при предпосевной обработке семян 1,0 %-ным водным раствором цинка, которая в среднем за 3 года превышала фон на 0,61 т/га, или на 8,50 % (таблица 1). Высокий уровень урожайности достигнут вследствие увеличения числа зерен на главной метелке на 15,5 шт., массы зерна – 0,35 г, уменьшения пустозерности – 1,6 %. В структуре урожая риса наблюдалось повышение массы зерна и соломы с одного растения соответственно на 0,33 и 0,26 г и массы 1000 зерен на 0,68 г.

Таблица 1 – Урожайность риса при предпосевной обработке семян цинком

Вариант	Урожайность по годам, т/га				Прибавка	
	2019	2020	2021	средняя	т/га	%
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> – фон	6,93	7,50	7,12	7,18	–	–
Фон + Zn, 0,5 %	7,31	7,97	7,50	7,59	0,41	5,71
Фон + Zn, 1,0 %	7,60	8,15	7,61	7,79	0,61	8,50
Фон + Zn, 1,5 %	7,38	7,99	7,53	7,63	0,45	6,27
НСР <sub>05</sub>	0,44	0,48	0,39	–	–	–

Предпосевная обработка семян риса 1,0 %-ным водным раствором цинка повышала в зерне риса содержание белка на 0,19 %, выход крупы – 4,0 %; уменьшала трещиноватость, пленчатость и зольность – 1,2 %, 1,3 и 0,7 % соответственно.

При посеве семенами, обработанных медью, урожайность риса за годы исследований возрастала относительно фона на 0,22-0,45 т/га, или на 2,07-6,40 % при концентрации Cu 0,05 %; 0,41-0,72 т/га, или на 6,41-10,24 % – Cu 0,5 %; 0,32-0,53 т/га, или на 5,00-7,84 % – Cu 1,0 %. В среднем за 4 года она увеличилась на 0,26-0,62 т/га. Максимальная прибавка урожайности получена при применении 0,5%-ного водного раствора меди полусухим способом (таблица 2). Рост урожайности риса обусловлен увеличением числа зерен и массы зерна с главной метелки на 13,1 шт. и 0,21 г соответственно, массы зерна с одного растения – 0,49 г, массы 1000 зерен – 1,7 г и снижением пустозерности – 1,2 %.

Таблица 2 – Урожайность риса при предпосевной обработке семян медью

Вариант	Урожайность по годам, т/га					Прибавка	
	2019	2020	2021	2022	средняя	т/га	%
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> – фон	7,01	6,40	6,76	7,03	6,80	–	–
Фон + Cu, 0,05 %	7,23	6,62	6,90	7,48	7,06	0,26	3,82
Фон + Cu, 0,5 %	7,65	6,81	7,47	7,75	7,42	0,62	9,12
Фон + Cu, 1,0 %	7,34	6,72	7,29	7,53	7,22	0,42	6,18
НСР <sub>05</sub>	0,28	0,31	0,35	0,47	–	–	–

При обработке семян медью 0,5 %-ным раствором в зерне риса увеличивались содержание белка на 0,24 %, крахмала – 1,4 %, а также возрастали стекловидность на 4,0 %, выход крупы – 2,5 % и количество в ней целого ядра – 2,2 %, снижались зольность, пленчатость и трещиноватость зерновок на 0,8; 0,7 и 2,0 % соответственно.

Предпосевное внесение в почву цинка в интервале 2-8 кг/га по д.в. повышало урожайность риса во все годы исследований (таблица 3). Достоверное воздействие микроэлемента наблюдалось с нормы внесения в почву 4 кг/га. На этом варианте достигалась наибольшая урожайность риса, превышающая фон в среднем за 4 года на 0,71 т/га. Повышение урожайности связано с увеличением массы зерна с главной метелки на 0,10 г, массы 1000 зерен – 1,3 г и уменьшением стерильных зерен – 2,6 %.

Таблица 3 – Урожайность риса при внесении в почву цинкового и медного удобрений

Вариант	Урожайность по годам, т/га					Прибавка	
	2019	2020	2021	2022	средняя	т/га	%
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> – фон	7,20	7,10	6,85	6,59	6,94	–	–
Фон + Zn <sub>2</sub>	7,46	7,36	7,11	6,84	7,19	0,25	3,60
Фон + Zn <sub>4</sub>	7,69	7,58	7,33	8,01	7,65	0,71	10,23
Фон + Zn <sub>6</sub>	7,60	7,51	7,30	8,04	7,61	0,67	9,65
Фон + Zn <sub>8</sub>	7,52	7,39	7,22	7,01	7,28	0,34	4,90
НСР <sub>05</sub>	0,30	0,28	0,36	0,40	–	–	–
N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> – фон	7,04	6,52	7,30	–	6,95	–	–
Фон + Cu <sub>2</sub>	7,40	6,80	7,65	–	7,28	0,33	4,75
Фон + Cu <sub>3</sub>	7,58	7,14	7,94	–	7,55	0,60	8,63
Фон + Cu <sub>4</sub>	7,51	6,99	7,73	–	7,41	0,46	6,62
НСР <sub>05</sub>	0,42	0,30	0,36	–	–	–	–

При внесении в почву меди в нормах 2, 3 и 4 кг/га по д.в. урожайность риса по годам исследования увеличивалась. В среднем за 3 года она повышалась на 0,33, 0,60 и 0,46 т/га соответственно. Наибольшая прибавка урожая зерна риса была получена из расчета внесения на один гектар почвы 3 кг медного удобрения по д.в. (таблица 3). Повышение

урожайности обусловлено увеличением массы зерна с главной метелки на 0,12 г, массы 1000 зерен – 1,9 г и снижением пустозерности – 1,5 %.

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МИКРОУДОБРЕНИЙ В РИСОВОМ АГРОЦЕНОЗЕ**

Наиболее высокий чистый доход (42210 руб./га) достигался при предпосевной обработке семян риса 1,0 % водным раствором цинка. Использование раствора этой концентрации обеспечивало максимальную рентабельность и окупаемость затрат – 70 % и 1,70 руб./руб. соответственно.

Наиболее экономически эффективным способом применения медного удобрения на посевах риса оказалась предпосевная обработка семян 0,5 %-ным раствором меди. При этой концентрации получен наибольший чистый доход (54160 руб./га), а окупаемость затрат и рентабельность составили 2,05 руб./руб. и 105 % соответственно.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Бездефицитный цинковый и медный режимы лугово-черноземной почвы левобережья реки Кубань под рисом складываются при внесении одноименных удобрений из расчета 4 и 3 кг д. в./га соответственно. При внесении в почву цинкового удобрения повышается содержание в ней подвижных форм цинка и аммонийного азота, снижается количество доступного растениям фосфора, при этом на калийный режим цинк не оказывает существенного влияния. При внесении в почву медного удобрения возрастает содержание в почве обменно-поглощенного аммонийного азота, подвижных форм фосфора, калия и меди.

Обработка семян риса микроэлементами цинком и медью оказывает положительное воздействие на энергию, дружность, скорость и бонитет прорастания семян риса, всхожесть и силу их первоначального роста – высоту и массу ростка, длину и массу корешка. Лучший эффект достигается при обработке семян 1,0 %-ным водным раствором цинка и 0,5 %-ной медью полусухим способом.

При предпосевной обработке семян медью и цинком интенсивно протекают ростовые процессы у растений риса, что выражается в увеличении их высоты и сухой массы. Под воздействием цинка и меди среднесуточная скорость роста растений риса за вегетационный период повышается на 4,2-9,7 и 5,4-14,9 %, а среднесуточный прирост сухой массы – 2,3-11,2 и 10,9-17,9 % соответственно. Микроудобрения оказывают позитивное влияние на величину и фотосинтетическую активность ассимиляционного аппарата растений. Лучший эффект достигается при обработке семян 1,0 % и 0,5 %-ным водными растворами цинка и меди соответственно полусухим способом.

Предпосевная обработка семян риса медью и цинком положительно отражается на статусе биогенных элементов растения. В фазе созревания

риса под воздействием меди содержание азота в листостебельных органах увеличивается на 0,01-0,03 %, фосфора – 0,01-0,03, калия – 0,04-0,06 %, меди – 0,3-0,8 мг/кг сухой массы, соответственно в зерне – на 0,02-0,10 %, 0,04-0,08, 0,01-0,05 %, 0,2-0,4 мг/кг. При обработке семян цинком происходит аттракция азота и фосфора из вегетативных органов в зерновки риса, а содержание калия возрастает на 0,05-0,08 %, цинка – 2,1-3,1 мг/кг сухой массы. В урожае зерна риса содержание азота под влиянием цинка повышается на 0,03-0,08 %, фосфора – 0,01-0,06, калия – 0,02 %, цинка – 1,2-1,6 мг/кг. При этом увеличивается среднесуточное потребление и накопление растениями названных биогенных элементов. Наибольшие значения рассматриваемых показателей минерального питания растений получены при предпосевной обработке семян 0,5 %-ным водным раствором меди и 1,0 %-ным – цинка полусухим способом.

Предпосевная обработка семян цинком повышает хозяйственный вынос одноименного элемента урожаем на 17,14-21,50 %, азота, фосфора и калия – на 5,4-11,4; 4,2-12,3 и 8,3-11,9 % соответственно. При обработке семян медью вынос одноименного элемента урожаем возрастает на 11,0-23,4 %, азота – 5,6-17,1, фосфора – 12,2-21,2 и калия – 6,1-14,5 %. Коэффициенты использования растениями риса элементов питания из удобрений увеличиваются – азота на 5,40-16,48 %, фосфора – 7,38-12,79, калия – 9,18-21,91 % под влиянием меди и на 5,79-12,28 %, 3,06-8,88, 18,33-27,08 % соответственно – цинка.

Обработка семян медью и цинком перед посевом риса позитивно сказывается на продуктивности рисового агроценоза. Урожайность риса возрастает на 0,26-0,62 и 0,41-0,61 т/га в зависимости от концентрации меди и цинка в рабочем растворе соответственно. Максимальный эффект получается при обработке семян 0,5 % и 1,0 %-ным водными растворами меди и цинка соответственно полусухим способом. Повышение урожайности обусловлено увеличением числа фертильных зерен и их массы в метелке, а также массы 1000 зерен.

На лугово-черноземной почве в условиях рисосеяния левобережья реки Кубань культура риса положительно отзывается на внесение микроудобрений. Установленные оптимальные нормы медного – 3 кг/га и цинкового – 4 кг/га удобрений при предпосевном внесении в почву позволяют получить дополнительные прибавки урожая зерна риса 0,60 т/га и 0,71 т/га или 8,63 и 10,23 % соответственно.

Экономический эффект достигается при предпосевной обработке семян риса 0,5 % и 1,0 %-ным водными растворами меди и цинка соответственно полусухим способом.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

При выращивании риса на лугово-черноземной почве левобережья реки Кубань с содержанием подвижных форм меди – 0,28-0,42 мг/кг и

цинка – 4,7-5,5 мг/кг рекомендуется предпосевное внесение одноименного микроудобрения:  $Cu_3$  и  $Zn_4$ . Урожайность зерна повышается соответственно на 0,60 и 0,71 т/га. Эффективность микроудобрений проявляется на фоне полного обеспечения растений дефицитными для риса элементами – азотом, фосфором и калием, установленной на основе почвенной диагностики.

Высокоэффективным агроприемом применения микроудобрений в рисовом агроценозе является предпосевная обработка семян. Обработка семян медью и цинком позволяет повысить урожайность на 0,26-0,62 и 0,41-0,61 т/га соответственно. Технология этого агроприема имеет ряд принципиальных агрохимических, физиологических и экологических преимуществ перед внесением в почву и ей должна отводиться приоритетная роль при выборе способа внесения микроудобрений. Обработку семян риса проводят непосредственно перед севом 0,5 % водным раствором меди, 1,0 % – цинка полусухим способом (10 л рабочего раствора на 1 тонну посевного материала). Это мероприятие достоверно увеличивает урожай риса, без опасения загрязнения окружающей среды микроэлементом.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Основное содержание и результаты исследования отражены в следующих публикациях:

*Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России*

1. Шеуджен, А.Х. Подбор технологии применения цинковых удобрений в рисовом агроценозе // А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, **Я.Б. Петрик** // Рисоводство. – 2020. – № 3 (48). – С. 67-77.

2. Шеуджен, А.Х. Потребление и вынос биогенных элементов растениями риса при посеве обогащенными цинком семенами // А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, **Я.Б. Петрик** / Рисоводство. – 2020. – № 4 (49). – С. 28-38.

3. Шеуджен, А.Х. Медные удобрения в рисовом агроценозе // А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, **Я.Б. Петрик** // Плодородие – 2021. – № 3 (120). – С. 62-65.

4. Шеуджен, А.Х. Влияние микроэлементов на интенсивность фотосинтеза и фотосинтетическую активность хлорофилла листьев риса // А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, П.Н. Харченко, **Я.Б. Петрик** // Рисоводство. – 2023. – № 1 (58). – С. 23-28.

*Публикации в других научных изданиях*

**1. Петрик, Я.Б.** Необходимость применения медных и цинковых удобрений в рисовых агроценозах Кубани / Я.Б. Петрик, А.Х. Шеуджен // Сборник тезисов по материалам Международной научно-практической

конференции «ВЕКТОР СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ». – Краснодар, 2022. – С. 274-275.

2. Шеуджен, А.Х. Медные удобрения и продуктивность рисового агроценоза / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, **Я.Б. Петрик** // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Научно-технический и социально-экономический потенциал развития АПК РФ». – Нальчик, 2022. – С. 325-328.

3. Шеуджен, А.Х. Потребление биогенных элементов растениями риса / А.Х. Шеуджен, **Я.Б. Петрик** // Материалы юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию КубГАУ «Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год». – Краснодар: КубГАУ, 2022. – С. 120-122.

#### *Монографии*

1. Шеуджен, А.Х. Агрохимия цинка в рисовом агроценозе / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Х.Д. Хурум, **Я.Б. Петрик**. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2019. – 164 с.

2. Шеуджен, А.Х. Агрохимия меди в рисовом агроценозе / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, **Я.Б. Петрик**. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2021. – 144 с.

#### *Патенты*

1. Способ подготовки семян риса к предпосевной обработке цинком в условиях Краснодарского края / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, **Я.Б. Петрик**, Г.Ф. Петрик, Х.Д. Хурум // Патент на изобретение 2726553 С1, 14.07.2020. Заявка № 2019123237 от 19.07.2019.

2. Способ повышения эффективности предпосевной обработки семян риса медью в условиях Краснодарского края / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, **Я.Б. Петрик**, Г.Ф. Петрик, Х.Д. Хурум // Патент на изобретение 2733902 С1, 08.10.2020. Заявка № 2019138099 от 25.11.2019.

3. Способ предпосевного внесения в почву под семена риса цинковых удобрений в условиях Кубани / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, Г.Ф. Петрик, Х.Д. Хурум, **Я.Б. Петрик** // Патент на изобретение 2793364 С1, 31.03.2023. Заявка № 2022112555 от 05.05.2022.

4. Способ предпосевного внесения в почву под семена риса медных удобрений в условиях Кубани / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, Г.Ф. Петрик, Х.Д. Хурум, **Я.Б. Петрик** // Патент на изобретение 2795835 С1, 12.05.2023. Заявка № 2022112557 от 05.05.2022.

**Петрик Ярослав Богданович**

**Продуктивность и качество зерна риса  
при включении меди и цинка в систему удобрений**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

---

Подписано в печать \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 20\_\_ г. 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