

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)



РЭСЭЙ ФЕДЕРАЦИЯ СЕНЕЦ АВЫЛ  
ХУЖАЛЫГЫ МИНИСТРЛЫГЫ  
югары белем биру федераль дөүләт  
бюджет мәгариф учреждениеесе  
«КАЗАН ДӨҮЛӘТ АГРАР  
УНИВЕРСИТЕТЫ»  
(ЮББ ФДБМУ Казан ДАУ)

420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 65, тел. +7 (843) 567-45-00, факс +7 (843) 567-45-99,  
E-mail: info@kazgau.com, Web-сайт: www.kazgau.ru  
ОКПО 00493635, ОГРН 1031622501789, ИНН 1655018875, КПП 165501001

29.08.2022г. № 01-899/Р  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО Казанский ГАУ  
доктор технических наук

А.Р. Валиев

«29» августа 2022 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» на диссертацию Чуриловой Вероники Вячеславовны «ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ МЕДИ В КАЧЕСТВЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО УДОБРЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СВЕКЛЫ И МОРКОВИ», представленную к защите в диссертационный совет Д 006.029.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» по специальности 06.01.04 – агрохимия на соискание ученой степени кандидата биологических наук.

**Актуальность темы.** В предыдущем веке растения получали необходимые элементы питания в виде поступающих в клетки ионов, которые возникали при растворении солей, вносимых в почву. Негативное влияние анионов солей на функционирование биосистем исключается путем применения нанопорошков для микроэлементного воздействия на клетки живых организмов. В результате длительных разносторонних исследований свойств нанотрубок, нанометаллов и наночастиц оксидов были получены некоторые результаты об экологических последствиях их использования в сельскохозяйственном производстве, как стимуляторов роста и развития сельскохозяйственных растений. Значительный вклад в решение этой проблемы вносят исследования Чуриловой В.В. В работе рассматривается вариант



применения наночастиц меди, оксида меди и нанокompозита меди для однократной предпосевной обработки семян культур в качестве микроэлементного удобрения.

**Научная новизна исследований и полученных результатов.** Автором изучено действие синтезированного нанокompозита, состоящего из наночастиц меди и водорастворимых полисахаридов. Показаны различия в биологических эффектах, связанных с особенностями структуры наночастиц на примере металла, оксида и нанокompозита. Определены условия и экспериментальная модель поступления наночастиц в биообъекты посредством создания водных суспензий. Показана связь «эффекта малых доз» (МД) с биологической активностью наночастиц и отсутствие эффекта МД для нанокompозита. Разработана и проведена комплексная оценка эколого-биологических эффектов с использованием представителей овощных культур в полевых условиях.

**Значимость для науки и производства.** Диссертантом впервые изучено действие синтезированного нанокompозита, состоящего из наночастиц меди и водорастворимых полисахаридов. Показаны различия в биологических эффектах, связанных с особенностями структуры наночастиц на примере металла, оксида и нанокompозита. Определены условия и экспериментальная модель поступления наночастиц в биообъекты посредством создания водных суспензий. Показана связь «эффекта малых доз» (МД) с биологической активностью наночастиц и отсутствие эффекта МД для нанокompозита. Разработана и проведена комплексная оценка эколого-биологических эффектов с использованием представителей овощных культур в полевых условиях.

Данные результаты исследований использованы для определения оптимальных концентраций наночастиц с целью повышения урожайности, накопления биологически активных соединений, повышения качества корнеплодов. Результаты исследований использовались при выполнении финансируемых НИР: - НИР в 2015 году по теме: «Совершенствование технологий производства и повышение эффективности использования средств возделывания, уборки и перевозки корне-клубне-плодов в условиях сельскохозяйственного производства Рязанской области»; - НИР в 2018 – 2020 гг. при поддержке РФФИ по теме: «Теоретические основы биологической активности наночастиц различных физико-химических свойств с учетом биоаккумуляции и эффекта «малых доз».

**Степень обоснованности и достоверности выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации.** Задачи, поставленные перед диссертантом, как свидетельствуют материалы исследования, выполнены, цель достигнута. Основные научные положения, рекомендации и выводы обоснованы, их достоверность подтверждена большим экспериментальным материалом и его статистической обработкой. Результаты исследований регулярно докладывались и обсуждались на IV Международная научно-практическая конференция «Наноматериалы и живые системы», 2016, Москва; Национальная научно-практическая конференция «Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России», ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016, Рязань; 68-ая Международная научно-практическая конференция



«Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве», ФГБОУ ВО РГАТУ 2017, Рязань; 69-ая Международная научно-практическая конференция «Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО РГАТУ, 2018, Рязань; IX Ежегодная Конференция Нанотехнологического общества России, НИТУ МИСИС, 2018, Москва; Юбилейная национальная научно-практическая конференция «Потенциал науки и современного образования в решении приоритетных задач АПК и лесного хозяйства», ФГБОУ ВО РГАТУ, 2019, Рязань; Научно-практическая конференция «Современные биотехнологии: от теории к коммерческому продукту», 2019, Тамбов и др. Работа является победителем многих конкурсов: победитель программы «УМНИК-2016»; победитель конкурса «Неорганические удобрения и технологии будущего» Министерства сельского хозяйства РФ в номинации: «Лучший проект в области создания новых видов неорганических удобрений» - 2017; молодежного конкурсного проекта, поддержанного РФФИ №18-33-00510 тема: «Теоретические основы биологической активности наночастиц различных физико-химических свойств с учетом биоаккумуляции и эффекта «малых доз» - 2018; победитель программы «СТАРТ» - 2019, серебряная медаль «За успешное внедрение инноваций в сельское хозяйство» - 2021.

По теме диссертации опубликовано 12 статей, из них 3 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 5 опубликованных статей, в зарубежных журналах, входящих в международную базу данных и систему цитирования WoS и Scopus. Имеется патент на изобретение №2735268 «Средство для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных растений и способ его применения».

**Личный вклад соискателя.** Автор участвовала в разработке программы исследований, постановке цели и задач к работе. Проведение лабораторных и полевых опытов, анализ и статистическая обработка полученных результатов, изложение полученного экспериментального материала в диссертации осуществлялось также непосредственно автором. Соискателем были подготовлены и опубликованы научные статьи, результаты исследований докладывались на конференциях, получен патент на изобретение.

**Структура и содержание работы.** Диссертационная работа Чуриловой Вероники Вячеславовны состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложений на 134 страницах. Она включает 28 таблиц, 38 рисунков, 9 приложений. Список использованной литературы содержит 177 источника, 43 из которых зарубежных авторов.

Во **введении** соискателем Чуриловой В.В. обоснована актуальность исследования, определены цель, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, изложены основные научные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе «Обзор литературы»** представлен критический анализ российской и зарубежной литературы, включающей монографии, опубликованные научные статьи, авторефераты диссертационных работ, нормативно-правовую документацию. Анализ, систематизация и обобщение



существующих литературных данных, послуживших научной основой диссертационной работы В.В. Чуриловой, свидетельствует о детальной и углубленной проработанности вопроса. Автором грамотно определена проблематика диссертации.

Во второй главе «Объект и методика исследования» диссертантом дана характеристика собранного и использованного в процессе исследований материала. Подробно описаны нормативные документы, на основании которых проводились лабораторные и полевые исследования. Диссертант проанализировал почвенно-климатические и метеорологические условия места проведения исследований в 2016-2018 гг., описала объекты экспериментов. В главе представлены агрохимическая характеристика почв перед закладкой опытов, схемы опытов, наблюдения и учеты на опытных посевах.

В результативных главах, автор выделяет 4 структурные части, последовательно раскрывающие вопросы, поставленные на изучение:

1. Изучить биологическую активность наночастиц на основе меди в зависимости от строения, размеров и концентрации на примере кормовой, столовой свекле и моркови в лабораторных условиях.

2. Исследовать наиболее действенные концентрации наночастиц для оценки урожайности и качества корнеплодов в полевых условиях.

3. Определить изменение содержания металлов в почве при выращивании свеклы и моркови с применением исследуемых препаратов.

4. Исследовать содержание меди в культурах в процессе роста после предпосевной обработки семян изучаемыми препаратами.

В главе 3 «Результаты проведенных исследований» подробно описываются и анализируются полученные данные лабораторных и полевых испытаний.

*Результаты лабораторных исследований.* Размер частиц является активной переменной, определяющей состояние системы. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что для практического внедрения необходимо использовать НЧ размером 30-60 нм. Однако, усиление эффекта влияния наночастиц с повышением концентрации идет до определенного предела. Наночастицы меньших размеров проявляют высокую физико-химическую активность при низких концентрациях, контролировать их оптимальное содержание проблематично в связи с малыми размерами и точностью применения концентраций. Также неэффективно применение наночастиц меди размером 100 нм и выше. Биологическая активность таких наночастиц низкая и практически не зависит от концентрации. Размер частиц 200 нм ограничивает их доступ к органеллам клетки. Для исследований был взят широкий диапазон концентраций в интервале от 0,01 г/кг до 50 г/кг из которого были определены действенные концентрации для дальнейшего использования в полевых опытах.

Наночастицы оксидов меди повышают морфофизиологические показатели в меньшей степени, чем наночастицы меди - происходит угнетение роста и развития проростков, поэтому высокие концентрации оксидов опасны, что связано с их накоплением во внутриклеточных органеллах, установленном с



помощью методов электронной микроскопии. Наночастицы меди и нанокompозита не образуют крупных агрегатов, не накапливаются в структуре растений, преобразуя свою и дополнительную энергию за счет их высокой восстановительной способности. Большей биологической активностью обладают нанокompозиты. Использование природных полисахаридных частиц в качестве восстановителей и стабилизаторов обеспечивает простой и технологически продвинутой способ создания уникальных наноразмерных композитов с широким спектром действия.

*Результаты полевых исследований.* В полевых исследованиях были использованы оптимальные концентрации наночастиц 0,05 г/кг и 0,1 г/кг. Одноразовая предпосевная обработка семян кормовой свеклы «Эккендорфская желтая» суспензией наночастиц оксида меди в концентрациях 0,05 г/кг и 0,1 г/кг оказала менее выраженное влияние на урожайность, чем в варианте с наночастицами меди, где в концентрации 0,05 г/кг и 0,1 г/кг составила соответственно 11,3 - 14,6% и 14,0 - 16,1% выше контроля. В опытном варианте с нанокompозитом меди урожайность корнеплодов была еще выше на 12,1 - 16,4%, максимально увеличилось количество сухого вещества на 32,5% и сахаров на 28,9%.

Активизация биохимических процессов в семенах столовой свеклы сорта «Детройт» под влиянием наночастиц меди способствовала увеличению урожайности корнеплодов соответственно на 12,4-14,3% и 11,4-13,8%. Применение нанокompозита, в тех же концентрациях, вызывало повышение урожайности на 17,5-23,7% и 19,8-28,4%. В опытном варианте с наночастицами оксида меди рост урожайности составил в зависимости от концентрации 2,2-4,5% при 0,05 г/кг и 0,8-3,9% при 0,1 г/кг.

Предпосевная обработка семян моркови изучаемыми препаратами вызывала наиболее высокие прибавки в опытных вариантах с нанокompозитом меди 17,6-23,4 % и только 4,3-12,3% наночастицами оксида меди. Содержание сухого вещества увеличилось в моркови на 17-21%, а при контакте с нанокompозитом на 15-24%, содержание каротина на 8,9 и 12,6% соответственно, витамин Е увеличился на 16,6% в варианте с наночастицами меди.

Полевые испытания по влиянию наночастиц оксида меди, меди и нанокompозита меди подтвердили возможность применения их в качестве стимуляторов роста овощных культур и повышение продуктивности корнеплодов на примере свеклы и моркови показали, что наиболее оптимальные концентрации для использования 0,05-0,1 г/кг, при размерах НЧ 30-60 нм. Следовательно, для применения наночастиц в качестве стимуляторов роста необходимо учитывать их физико-химические характеристики и строго контролировать концентрации. Большей биологической активностью обладают нанокompозиты.

**В главе 4 «Влияние наночастиц на основе меди на содержание металлов в серой лесной почве и культурах»** автором приведены данные исследования почвенных образцов на предмет степени загрязненности серой лесной почвы ТМ, в том числе после выращивания культур, семена которых



были обработаны перед посевом наночастицами меди и наночастицами оксида меди в максимальной концентрации 0,1 г/кг семян.

Обладая высокой адсорбционной способностью и малыми размерами, нанометаллы проникают в поры семян, не загрязняя почву. В процессе вегетации количество металлов в зависимости от органа растения изменяется, но их количество не выходит за рамки ПДК и в целом металлы не накапливаются ни в растениях, ни в почве. В 2017, 2018 году было проведено исследование почвенных образцов на предмет степени загрязненности серой лесной почвы ТМ, в том числе и после выращивания культур, семена которых были обработаны перед посевом наночастицами меди и наночастицами оксида меди в максимально оптимальной концентрации 0,1 г/кг семян.

Все значения вышеперечисленных элементов не превышали предельно допустимых концентраций. Валовое содержание, а также содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве не зависели от предпосевной обработки семян исследуемыми препаратами, а обуславливались их исходным содержанием.

В 2017, 2018 году была изучена аккумуляция меди в процессе онтогенеза в зелёной массе и корнеплодах столовой свеклы и моркови, обработанных наночастицами меди и оксида меди. При анализе ростков содержание меди в растениях столовой свеклы и моркови в контрольном варианте составило  $3,14 \pm 0,18$  мг/кг и  $2,07 \pm 0,02$  мг/кг соответственно. Применение исследуемых препаратов не повлияло на содержание меди в растении. В фазу образования 4 - 5 листьев содержание меди в надземной массе (листья, стебель) в контрольном варианте составило для столовой свеклы  $5,41 \pm 0,76$  мг/кг, для моркови  $4,70 \pm 0,26$  мг/кг. Содержание меди в надземной части растений столовой свеклы и моркови, семена которых были обработаны перед посевом наночастицами меди и НЧ оксида меди, укладывалось в диапазон погрешности. В фазу образования корнеплодов содержание меди в надземной части уменьшилось по сравнению с фазой 4 - 5 листьев. Это объясняется оттоком части меди из надземной части в корнеплоды. Таким образом, на примере столовой свеклы и моркови, можно сделать вывод о том, что микродозы наночастиц на основе меди существенно не влияют на динамику этого химического элемента, он не накапливается во время вегетации растений и в почве.

В заключительной части диссертации представлены наиболее ценные и значимые выводы, соответствующие полученным результатам.

Диссертация и автореферат полностью соответствуют требованиям Положения о присуждении учёных степеней ВАК Министерства образования и науки РФ. Материал, изложенный в автореферате, согласуется с диссертацией по всем разделам, включенным в её структуру, и соответствует специальности 06.01.04 – агрохимия.

В целом, оценивая диссертационную работу Чуриловой В.В. положительно, необходимо отметить недостатки и сделать замечания:



1) большинство овощных и кормовых культур возделывается с применением орошения. Применялся ли данный элемент технологии в ваших исследованиях;

2) как повлияла обработка препаратами на структуру урожая (размер и масса корнеплодов) и выход товарной продукции, а также влияют ли наночастицы на основе меди на распространение и развитие фитопатогенов?

3) к упущению в работе, можно отнести отсутствие данных об экономической эффективности и производственных опытах.

4) так как овощеводство высокоинтенсивная отрасль сельского хозяйства, где применяются высокие дозы минерального удобрения, применялись ли в ваших опытах удобрения и в каких дозах?

5) в подглаве 3.1.1. приводятся фотографии с просвечивающего электронного микроскопа (рис. 8-10) и на их основании делается вывод о том или ином размере агрегатов разных наночастиц, но не приводится статистическое обоснование. Считается, что размерность агрегатов наночастиц – величина крайне неустойчивая и требующая для обсуждения и выводов большого количества данных. Также судя по этим фотографиям, не представляется совсем убедительно, что наночастицы находятся именно внутри структуры растения, а не на его поверхности. Вероятность такая безусловно есть, но в данном случае требуется дополнительная верификация;

6) фраза «Наночастицы рассматриваются как стимуляторы и регуляторы роста овощных культур», требует дополнительных исследований, учитывая свободную миграцию наночастиц определенных размеров через все виды биологических барьеров;

7) Каким образом и как проводили обработку семян наночастицами. Изучали ли действие наночастиц в разные сроки роста культур?

8) Рассматривались ли при получении нанокомпозитов другие биополимеры и наночастицы других металлов?

Отмеченные выше недостатки не снижают высокой значимости выполненной работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации, представленной к защите.

### **Заключение**

В диссертации собран большой экспериментальный материал, он математически обработан и представлен на высоком научном уровне. Полученные результаты формируют новое научное знание в рамках указанной автором тематики. Сделанные автором выводы обоснованы полученным в полевых экспериментах материалом. В целом, диссертационная работа **Чуриловой Вероники Вячеславовны** на тему «**Влияние наночастиц на основе меди в качестве микроэлементного удобрения на рост и развитие свеклы и моркови**» является завершенной научно-квалификационной работой, которая вносит существенный вклад в теорию и практику агрохимии и решает вопросы по изучению влияния и оценки эффективности использования наночастиц на основе меди разных физико-химических свойств при

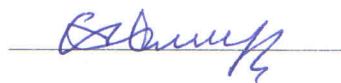
выращивании свеклы и моркови на серой лесной почве.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости исследований, объёму выполненных исследований, апробации и публикациям, а также внедрению разработок в производство соответствует требованиям, установленным п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени, а её автор Чурилова Вероника Вячеславовна заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 06.01.04 – агрохимия.

Отзыв на диссертацию и автореферат Чуриловой Вероники Вячеславовны обсужден на расширенном заседании кафедры «Растениеводство и плодовоовощеводство» ФГБОУ ВО Казанский ГАУ, протокол № 1 от «26» августа 2022 г.

Отзыв подготовили:

Амиров Марат Фуатович,  
доктор сельскохозяйственных наук  
(06.01.09 – растениеводство),  
профессор, заведующий кафедрой  
растениеводства и плодовоовощеводства



Абрамов Александр Геннадьевич,  
кандидат сельскохозяйственных наук  
(06.01.05 - селекция и семеноводство  
сельскохозяйственных растений),  
доцент кафедры растениеводства  
и плодовоовощеводства

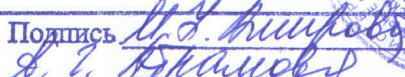


«26» августа 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ)

420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 65  
Тел. +7(843)567-45-00, +7(843) 567-45-99, e-mail: info@kazgau.com



Подпись   
**ЗАВЕРЯЮ:** начальник отдела  
делопроизводства Казанского ГАУ  
