

На правах рукописи



Погорелов Александр Вячеславович

**ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
ТЫКВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ
В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ**

Специальность: 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство
и лекарственные культуры

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Краснодар, 2026

Работа выполнена на кафедре прикладной экологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Научный руководитель: **Чернышева Наталья Викторовна**, кандидат биологических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Тютюма Наталья Владимировна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»

Надежкин Сергей Михайлович, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторно-аналитическим отделом Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»

Защита состоится «24» сентября 2026 года в 14 часов на заседании диссертационного совета 35.2.019.08 при ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина 13 (главный корпус, 1 этаж, ауд. 106).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайтах: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» – <http://www.kubsau> и ВАК – www.vak.ed.gov.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: www.vak.minobrnauki.gov.ru

Автореферат разослан «20» июля 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, 35.2.019.08
доктор с.-х. наук, профессор



Р. Ш. Заремук

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Увеличение численности населения на планете требует соответствующего увеличения темпов развития сельскохозяйственного производства. Современные технологии, применяемые в промышленности и сельском хозяйстве, существенно снижают загрязнение окружающей среды, однако оно всё же происходит. В последние десятилетия загрязнение окружающей среды приобрело угрожающие масштабы. В атмосферу и гидросферу выбрасываются миллионы тонн разных видов загрязнителей. Кроме того, в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства происходит загрязнение сельскохозяйственных угодий, что в конечном итоге обязательно скажется на качестве и урожае сельскохозяйственных растений. Загрязняющие вещества, которые оказались в атмосфере или гидросфере в основном накапливаются в почве или донных отложениях. В дальнейшем их ждет миграция по соответствующим трофическим цепям, в которых часто одним из звеньев является человек.

В окружающей среде под действием природных факторов часть загрязняющих веществ быстро распадается, другая часть – переходит в труднодоступную для растений форму и долгие годы ждет своего часа для воздействия на сельскохозяйственные растения.

Среда, в которой мы живем, во времени изменяется в основном под действием антропогенного фактора. В целом можно утверждать, что эти изменения имеют продолжительный характер, а их проявления могут обнаруживаться, как через несколько дней или часов, так и через несколько десятилетий после попадания на объект.

«К таким опасным загрязнителям для сельскохозяйственного производства и окружающей среды относятся тяжелые металлы. Они в основном попадают в атмосферу в составе аэрозолей, значение которых в химическом загрязнении воздуха крайне велико» (Алексеев, 1987, Неделин, Чижевская, Фомина, 2013, Погорелов, Брантова, Мельченко, Князева, 2022).

Почва обладает высокой поглощательной способностью, она довольно хорошо может удерживать положительно заряженные ионы металлов. Постоянное поступление загрязнителей в различных количествах приводит в конечном итоге к их накоплению. На юге России сельскохозяйственное производство многие десятилетия является одним из основных видов деятельности человека. При этом в почву поступает огромное количество химических загрязнителей различного вида при использовании химических препаратов. Ну и, конечно, не малая часть загрязнителей поступает в почву из атмосферы и гидросферы. К сожалению воздействие тяжелых металлов в целом на биосферу будет со временем только увеличиваться. Проблема, связанная с изучением миграции тяжелых металлов по трофическим цепям в дальнейшем будет еще больше актуализироваться, так как техногенные геохимические аномалии будут постоянно увеличиваться в связи с тем, что будут возрастать масштабы и интенсивность хозяйственной деятельности человека.

«Таким образом, так называемый «металлический пресс» в целом на биосферу и в частности на сельскохозяйственные угодья будет увеличиваться, следовательно, он превращается в постоянно действующий мощный экологический фактор» (Ковальский, 1973, Кашулина, 2017).

Установить величину фитотоксичности металла для растений и микроорганизмов почвы, довольно трудно. Эту задачу приходится решать каждый раз для различных растений с учетом их чувствительности к металлам, а также на различных почвах для одного и того же вида растений.

Растительная пища в рационе человека занимает ведущее место. Содержание различных витаминов и питательных веществ делают ее не заменимой. Однако при выращивании сельскохозяйственных растений может происходить их загрязнение, которое в конечном итоге попадает в организм человека и оказывает негативное влияние на его здоровье. Поэтому исследования по возможному накоплению тяжелых металлов в различных сельскохозяйственных растениях имеют актуальное значение, которое в продолжении следующих лет будет увеличиваться.

В условиях юга России исследований по выращиванию тыквы на почвах, загрязненных тяжелыми металлами не проводилось. Определенный интерес при этом вызывают исследования по загрязнению этого замечательного растения при возможном аэральном выпадении загрязненных осадков.

Поэтому уже в 2020 году эти исследования на территории полей ВНИИ риса г. Краснодара были начаты с учетом различного использования почв, разных сортов тыквы и определенного спектра тяжелых металлов. В связи с тем, что это растение имеет большую вегетативную массу, которая к тому же располагается довольно близко к поверхности почвы, при изучении загрязнения растения от выпадающих осадков следует учитывать еще и фактор подъема почвы при ударе капли дождя.

На основе полученного экспериментального материала разработаны предложения по выращиванию тыквы на исследуемых почвах в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов. Актуальность работ в этом направлении в дальнейшем будет расти.

Изучена миграция тяжелых металлов в тыквенные растения в зависимости от сортовых особенностей, почвенных условий и концентрации тяжелых металлов в растворе атмосферных осадков для юга России.

Степень разработанности темы. Южные регионы России были и остаются важнейшими аграрными территориями, где выращивается большой спектр сельскохозяйственных растений. Плодородные почвы позволяют получать высокие урожаи качественной продукции. Поэтому черноземы всегда считались «золотым» запасом страны. Их надо охранять, беречь и использовать только по прямому назначению – выращивать сельскохозяйственные растения при высокой культуре земледелия. Однако использование многие десятилетия химических препаратов, привнесение загрязнителя воздушным путем или водным привело к снижению качественных показателей почвы. Произошло накопление различных загрязнителей в почвенном субстрате. В результате миграционных процессов из почвы в растения и при выпадении

загрязненных атмосферных осадков на растения возможно их накопление, что в конечном итоге может привести не только к утрате качества продукции, но и к потере самого урожая этой сельскохозяйственной культуры.

В настоящее время проблеме возможного использования загрязненных почв для выращивания тыквенных растений уделяется большое внимание. Кроме того, требуется изучить возможность снижения содержания загрязняющих веществ в продуктах питания сельскохозяйственного происхождения.

«Следует отметить, что подобные исследования выполнялись ранее в различных областях России» (Алексеев, 1987, Черников, Чекерес, 2000, Черников, Грингоф, Емцев, 2004, Мельченко, 2011, Воскресенская, Воскресенский, Алябышева, 2013, Аветисян, Колесников, Аветисян, 2017, Медведев, Деревягин, 2017, Chaplygin, Minkina, Mandzhieva, Burachevskaya, Sushkova, Poluektov, Kumacheva, 2018, Погорелов, Брантова, Мельченко, Князева, 2022 и др.). Однако исследований по возможному выращиванию тыквы на почвах, загрязненных тяжелыми металлами в условиях юга России ранее не выполнялись.

Цель и задачи исследования. Цель работы: изучить влияние техногенного загрязнения тяжелыми металлами тыквенных растений при выращивании их в условиях юга России и разработать предложения для производства тыквы на исследуемых почвах.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи: 1. Изучить накопление тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тыквы в зависимости от свойств чернозема выщелоченного и лугово-черноземных почв рисового севооборота.

2. Исследовать влияние загрязнителя на биометрические показатели и урожай тыквы на изучаемых почвах.

3. Определить содержание изучаемых тяжелых металлов в тыквенных растениях в зависимости от их сортовых особенностей.

4. Изучить влияние концентраций тяжелых металлов в атмосферных осадках на их накопление в изучаемых растениях.

5. Разработать предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов на изучаемых почвах.

Научная новизна. Впервые изучена миграция и накопление тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тыквы в зависимости от свойств чернозема выщелоченного и лугово-черноземных почв рисового севооборота. Впервые установлено влияние исследуемого загрязнителя на биометрические показатели и урожай тыквы на изучаемых почвах. Впервые определено содержание тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах тыквенных растений в зависимости от сортовых особенностей. Впервые изучено влияние концентраций тяжелых металлов в атмосферных осадках на их накопление в тыквенных растениях. Разработаны предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов на изучаемых почвах.

Теоретическая и практическая значимость. Научная работа имеет, как теоретическую, так и практическую значимость:

полученная в полевых условиях научная информация позволит объективно оценить влияние изучаемых факторов не только на биометрические показатели тыквенных растений, но и на качество и количество выращиваемого урожая. Изучены варианты выращивания тыквы с наименьшим накоплением тяжелых металлов. Определены сорта с наименьшим накоплением тяжелых металлов. Установлено влияние тяжелых металлов на урожай выращиваемого сельскохозяйственного растения. Определены наиболее подходящие (из изученных) почвы для выращивания тыквы при их загрязнении тяжелыми металлами.

Практическое ее применение – на основании экспериментального материала разработаны и практически в полевых условиях испытаны предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов.

Методология и методы исследований. В основу методологии исследований положено изучение научной литературы ученых, занимающихся данной проблемой не только нашей страны, но и за рубежом. На основе изученного научного материала было определено актуальное направление, поставлена цель исследований и разработаны задачи для достижения этой цели. Для получения экспериментального материала был применен метод полевых исследований с использованием общепринятых агрохимических методов для анализа почв и растений.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. На лугово-черноземных почвах рисового севооборота в вегетативных органах и плодах тыквы меньше накапливается меди и кадмия, чем при выращивании на почве чернозем выщелоченный;

2. На лугово-черноземных почвах рисового севооборота кадмий оказал большее влияние на биометрические показатели тыквы, чем на почве чернозем выщелоченный. Урожай тыквы сортов Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный был выше, чем на лугово-черноземных почвах рисового севооборота;

На лугово-черноземной почве рисового севооборота произошло наибольшее снижение биометрических показателей тыквы под действием меди. При концентрации ее в атмосферных осадках в 5 ПДК снижение урожая сортов Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный соответственно составило на 10 % и 27 %, на лугово-черноземной почве рисового севооборота соответственно – на 30 и 43 %;

3. Сорт тыквы Мраморная отличается наибольшим накоплением меди в плодах в сравнении с сортом Прикубанская на изучаемых почвах. Наибольшим накоплением кадмия отличается сорт Ромашечка в сравнении с сортом Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземной почве рисового севооборота;

4. Накопление изученных тяжелых металлов в плодах сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка зависит от концентрации раствора, нанесенного на растение. Полученный в полевых условиях экспериментальный ма-

териал позволяет разработать предложения для выращивания тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов.

Степень достоверности. Исследования по изучению миграции и накоплению тяжелых металлов в тыкве сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на почве чернозем выщелоченный и на лугово-черноземной почве рисового севооборота проведены в период 2020 – 2022 гг. При обработке полученного экспериментального материала был применен метод дисперсионного анализа. Для обработки был применен Microsoft Office Excel 2007. В процессе обработки материала получены коэффициенты корреляции, выведены уравнения регрессии, оценена достоверность разницы сравниваемых величин. Принятый уровень $P = 0,95$, $F > 3$.

Личный вклад автора. Автор на основании проработанной научной литературы выбрал тему исследований и обосновал ее актуальность. Для постановки эксперимента автором разработана схема опыта, подобраны современные методы и методики для выполнения поставленных задач. Лично автором был заложен полевой опыт, отобраны образцы проб и проанализированы. Автор подготовил публикации в научных журналах и опубликовал накопленный им экспериментальный материал по теме исследований.

Апробация результатов работы. Результаты исследований были доложены на: Международной научно-практической конференции «Социально-гуманитарный аспект научного знания: современность и перспективы развития», Краснодар, 2021; Всероссийской научно-практической конференции «Экология и природопользование», Краснодар, 2022; Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в селекции и семеноводстве тыквенных культур. Традиции и перспективы», ВНИИССОК, 2022; Всероссийской научно-практической конференции «Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий», Краснодар, 2023; Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей «Российская цивилизация в эпоху глобальной эволюции: обеспечение безопасности и поиск путей решения проблем в условиях меняющегося миропорядка», г. Армавир, 2023; Международной научно-практической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологий», Тула, 2024.

Публикации. Автором по теме диссертации опубликовано 11 научных работ (4 из которых, в журналах, рекомендованных ВАК).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, предложений, библиографического списка из 201 наименования. В работе 161 страница текста, 18 таблиц, 39 рисунков, 12 таблиц приложения.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие сельскохозяйственного и промышленного производства неизбежно ведет к увеличению загрязнения окружающей среды. К опасным загрязнителям для сельскохозяйственного производства и окружающей среды относятся тяжелые металлы. Они в основном попадают в атмо-

сферу в составе аэрозолей, значение которых в химическом загрязнении воздуха крайне велико (Алексеев, 1987, Позняк, 2011, Неделин, Чижевская, Фомина, 2013, Погорелов, Лазько, Мельченко, 2022).

1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЯ

На юге России одним из основных видов деятельности человека является сельскохозяйственное производство. В связи с продолжающимся загрязнением выращиваемых овощных растений появились задачи, которые имеют тенденцию со временем все более актуализироваться. В условиях юга России исследований по выращиванию тыквы на почвах, загрязненных тяжелыми металлами не проводилось. Особый интерес при этом вызывают исследования по загрязнению этого растения при возможном аэральном выпадении загрязненных осадков. Однако до настоящего времени экспериментального материала по накоплению тяжелых металлов в тыквенных растениях нет.

2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе представлены общие характеристики природных условий территории, на которой проводились исследования: климат, физико-химические свойства чернозема выщелоченного. Приведено природное и сельскохозяйственное районирование земельного фонда России. Графически указана схема расположения вариантов полевого опыта. Приведены методики исследований с их описанием, оборудование, которое было использовано для выполнения эксперимента. Агротехника возделывания испытываемых культур – общепринятая для данного региона. Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Влияние свойств чернозема выщелоченного и лугово-черноземных почв рисового севооборота на накопление в вегетативных и генеративных органах тыквы тяжелых металлов при комплексном воздействии загрязнителей

Экспериментальные данные о накоплении меди в вегетативных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от изучаемых почв приведены на рисунке 1. Обнаружено существенное различие на 5 % уровне значимости, в накоплении меди в стеблях ($F_{\phi} > F_{T}; 59,4 > 4,96$) и листьях ($F_{\phi} > F_{T}; 27,0 > 4,96$) между изучаемыми вариантами при нанесении раствора в 5ПДК, которое соответственно составляет в 1,5 и 1,4 раза. При нанесении раствора меди в 1 ПДК так же обнаружено существенное различие на 5 % уровне значимости между изучаемыми органами растения (Рисунок 1).

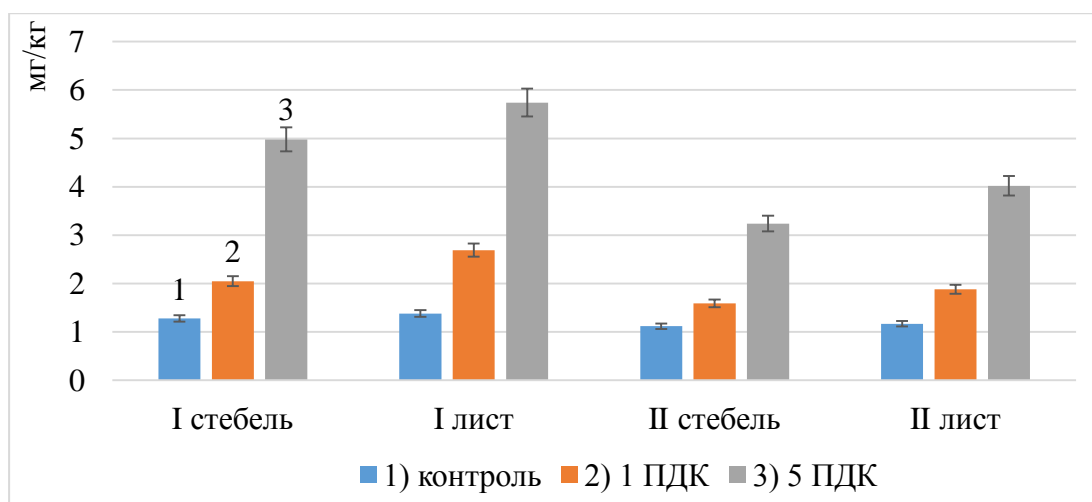


Рисунок 1. Накопление меди в вегетативных органах тыквы сорт Мраморная (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Для определения влияние исследуемых почв на накопление меди, как тяжелого металла, был включен сорт тыквы Прикубанская (Рисунок 2).

Установлена существенная разность на 5 % уровне значимости в накоплении изучаемого тяжелого металла в вегетативных органах тыквы, сорт Прикубанская, в первом и втором варианте опыта, в зависимости от изучаемых почв. Больше накопилось меди в стебле тыквы выращиваемой на почве чернозем выщелоченный, чем лугово-черноземной почве при нанесении концентрации меди в 1ПДК в 1,5 раз ($F_{\phi} > F_T$; $470 > 4,96$), а при нанесении концентрации меди в 5ПДК в 1,8 раз ($F_{\phi} > F_T$; $258 > 4,96$). Так же больше накопилось меди в листьях тыквы изучаемого сорта выращенной на почве чернозем выщелоченный, чем лугово-черноземной почве при нанесении концентрации 1ПДК – в 1,2 раза, при нанесении концентрации в 5ПДК – в 1,3 раза (Рисунок 2).

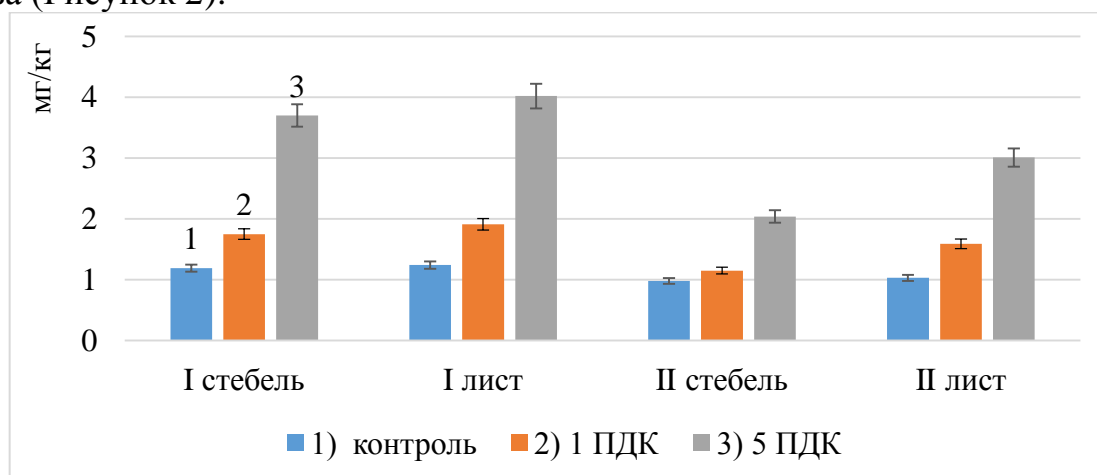


Рисунок 2. Накопление меди в вегетативных органах тыквы сорт Прикубанская (I – вариант – почва чернозем, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг

В настоящее время большая часть тяжелых металлов попадает на растения и почву в виде аэрозолей. При поступлении питательных веществ комбинированным путем, загрязнители проникают в растения через корневую

систему и листву.

Анализируя результаты эксперимента, которые приведены на рисунках 1 и 2 был сделан вывод, что на лугово-черноземных почвах рисового севооборота в вегетативной части тыквы меди накапливается меньше.

На лугово-черноземных почвах рисового севооборота после многолетнего их использования произошло уплотнение и разагрегатирование компонентов микроструктур, зафиксировано угнетение деятельности биоты. Происходит постепенная деградация гумусовых горизонтов, обнаружено различие в содержании ила и пыли на изучаемых почвах. Складываются неблагоприятные условия по выращиванию тыквы.

В результате эксперимента, выполненного в полевых условиях, был сделан вывод – в вегетативной части тыквы, выращенной на лугово-черноземной почве рисового севооборота, кадмия оказалось меньше, чем при выращивании на почве чернозем выщелоченный. Установлено существенное различие на 5 % уровне значимости по накоплению кадмия в вегетативных органах тыквы сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка в зависимости от изучаемых почв.

Экспериментальные данные о накоплении меди в плодах тыквы сорт Мраморная и Прикубанская в зависимости от изучаемых почв приведены на рисунке 3.

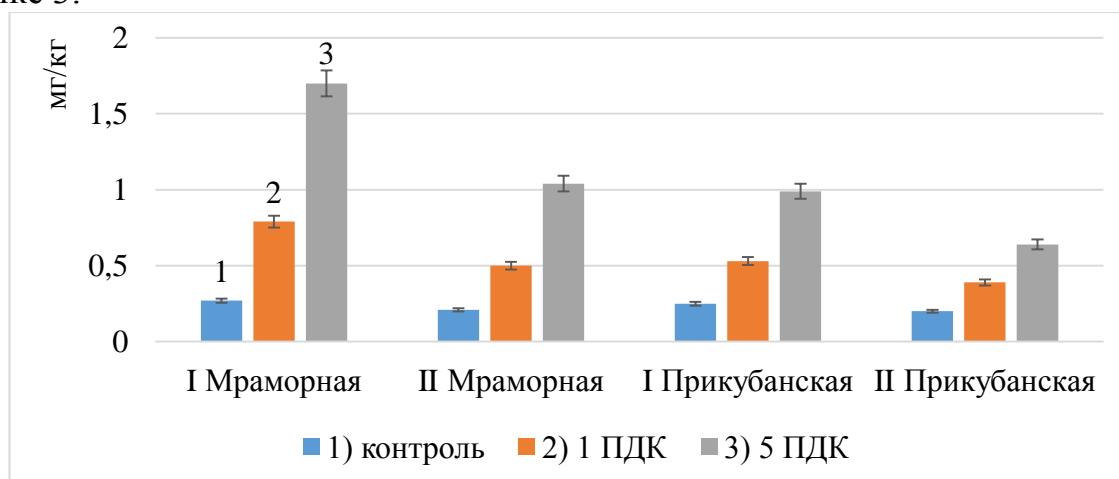


Рисунок 3. Содержание меди в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022 гг

В плодах тыквы сорт Мраморная, которые были получены на почве чернозем выщелоченный, меди накопилось больше, чем при выращивании на лугово-черноземной почве рисового севооборота. Установлена существенная разница в содержании меди в плодах тыквы сорт Мраморная между изучаемыми вариантами на 5 % уровне значимости, которая составила при нанесении раствора в 1 ПДК в 1,6 раз ($F_{\phi} > F_T$; $90 > 4,96$), при нанесении в 5 ПДК – в 1,6 раз ($F_{\phi} > F_T$; $110 > 4,96$) (Рисунок 3).

При выращивании тыквы сорт Прикубанская на изучаемых почвах была установлена аналогичная тенденция в накоплении загрязнителя в плодах. Больше меди содержалось в плодах, выращенных на почве чернозем выщелоченный, чем на лугово-черноземной почве рисового севооборота. Различие

при нанесении раствора меди в 1 ПДК составило в 1,4 раза, при нанесении в 5 ПДК – в 1,5 раза (Рисунок 3).

Существующие различия в изучаемых почвах оказали влияние на накопление кадмия в плодах тыквы исследуемых сортов. Больше этого загрязнителя содержалось в плодах тыквенного растения выращенного на почве первого варианта. Для сорта тыквы Мраморная различие между первым и вторым вариантом опыта составило при нанесении изучаемого тяжелого металла в 1 ПДК и в 5 ПДК соответственно в 1,4 и 1,5 раза, а для сорта Прикубанская соответственно – в 1,2 и 1,5 раз. Разница в накоплении кадмия в плодах тыквы сортов Мраморная и Прикубанская в зависимости от изучаемой почвы, на которой выращивали испытываемые растения существенная на 5 % уровне значимости.

3.2 Определение комплексного влияния тяжелых металлов на биометрические показатели и урожай тыквы на изучаемых почвах

Исследования по определению влияния изучаемых тяжелых металлов на рост и развитие тыквы проводили на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почве рисового севооборота.

Экспериментальные данные по биометрическим показателям сортов тыквы Мраморная и Прикубанская, фаза полного созревания, на почве чернозем выщелоченный, при нанесении раствора кадмия в 1ПДК и 5ПДК, приведены на рисунках 4 и 5. На изучаемых делянках первого и второго варианта опыта почвы чернозем выщелоченный произошло снижение изучаемых биометрических показателей сорта тыквы Мраморная по сравнению с контролем (Рисунок 4).

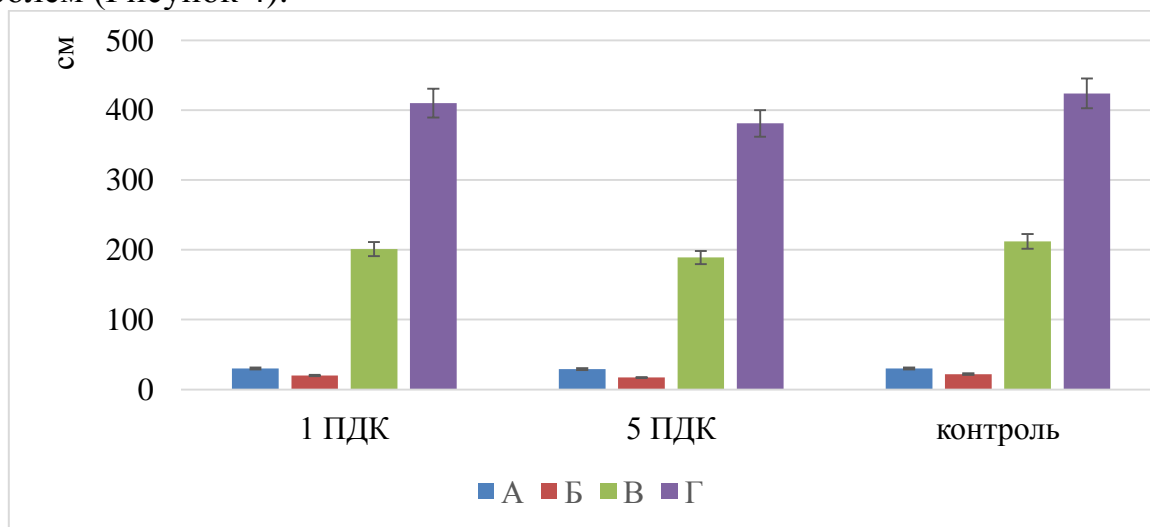


Рисунок 4. Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Мраморная, почва чернозем выщелоченный, 2020 – 2022гг (А – длина черешка листа, Б – длина главной жилки листа, В – площадь листа, см², Г – длина стебля)

На изучаемых делянках первого и второго варианта опыта произошло снижение изучаемых биометрических показателей сорта тыквы Мраморная по сравнению с контролем соответственно на: длина черешка листа во втором варианте на 1 см, длина главной жилки листа на 2 и 5 см, количество ли-

ствев на главном стебле на 1 и 3 шт, зеленое покрытие на 1,2 и 7 %, площадь листа на 11 и 23 см², длина стебля на 14 и 43 см (Рисунок 4). Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении зеленого покрытия между контролем и нанесением раствора кадмия при 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $48 > 7,7$), при 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $220 > 7,7$), снижение площади листа – соответственно при 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $54 > 7,7$), при 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $238 > 7,7$), уменьшении длины стебля – соответственно при 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $88 > 7,7$), при 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $832 > 7,7$) (Рисунок 4).

Такая же тенденция отмечена по вариантам и для делянок опыта почвы чернозем выщелоченный сорта тыквы Прикубанская (Рисунок 5).

По химическим свойствам кадмий близок к цинку, что объясняет его высокую фитотоксичность. Кадмий, как аналог цинка, может участвовать во многих биохимических процессах, при этом он нарушает работу ферментов (карбоангидраза, различные дегидрогеназы, фосфатазы), которые связаны с дыханием, а также протеиназ и лептидаз, которые участвуют в белковом обмене, ферментов нуклеинового обмена. При замещении цинка в растениях на кадмий, в растительном организме постепенно наступает цинковый голод. Этот процесс вызывает угнетение растения или даже его гибель.

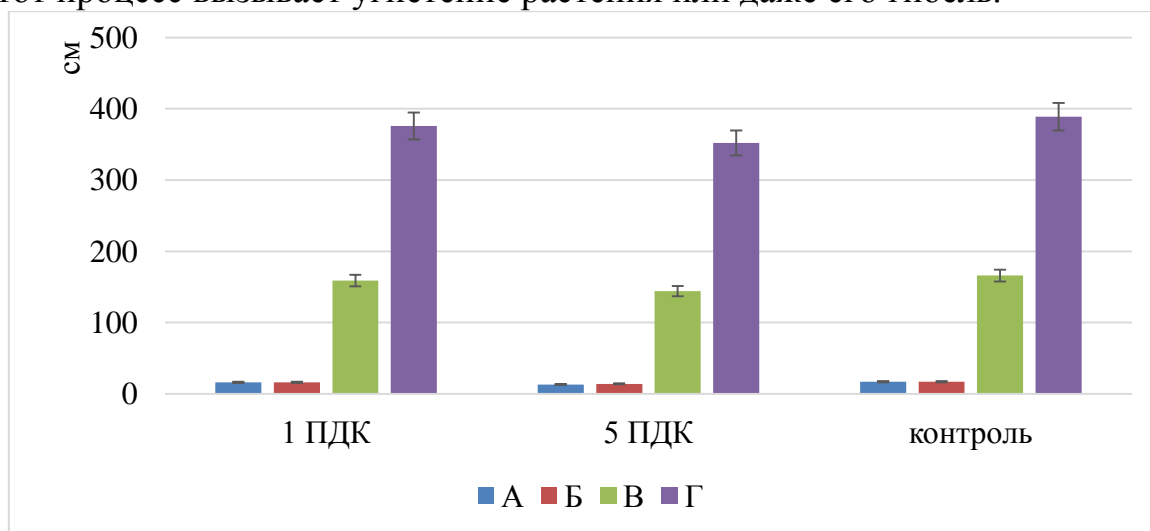


Рисунок 5. Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Прикубанская, почва чернозем выщелоченный, 2020 – 2022гг (А – длина черешка листа, Б – длина главной жилки листа, В – площадь листа, см², Г – длина стебля)

Исследования по определению влияния растворов концентраций кадмия в атмосферных осадках на рост и развитие тыквы проводили на лугово-черноземной почве рисового севооборота, при участии 3 сортов.

В результате выполненного полевого эксперимента было установлено, что концентрации раствора кадмия, находящегося в атмосферных осадках, оказывают влияние на биометрические показатели сорта тыквы Мраморная, на лугово-черноземной почве рисового севооборота (Рисунок 6).

На изучаемых делянках первого и второго варианта опыта лугово-черноземной почвы рисового севооборота произошло снижение изучаемых биометрических показателей сорта тыквы Мраморная по сравнению с кон-

тролем соответственно на: длина черешка листа во втором варианте на 3 см, длина главной жилки листа на 1 и 2 см, количество листьев на главном стебле на 0 и 4 шт, зеленое покрытие на 3 и 8 %, площадь листа на 5 и 21 см², длина стебля на 19 и 53 см (Рисунок 6). Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении зеленого покрытия между контролем и нанесением раствора кадмия при 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{\tau}$; $40 > 7,7$), при 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{\tau}$; $288 > 7,7$), снижение площади листа – соответственно при 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{\tau}$; $112 > 7,7$), при 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{\tau}$; $198 > 7,7$), уменьшении длины стебля – соответственно при 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{\tau}$; $162 > 7,7$), при 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{\tau}$; $864 > 7,7$) (Рисунок 6).

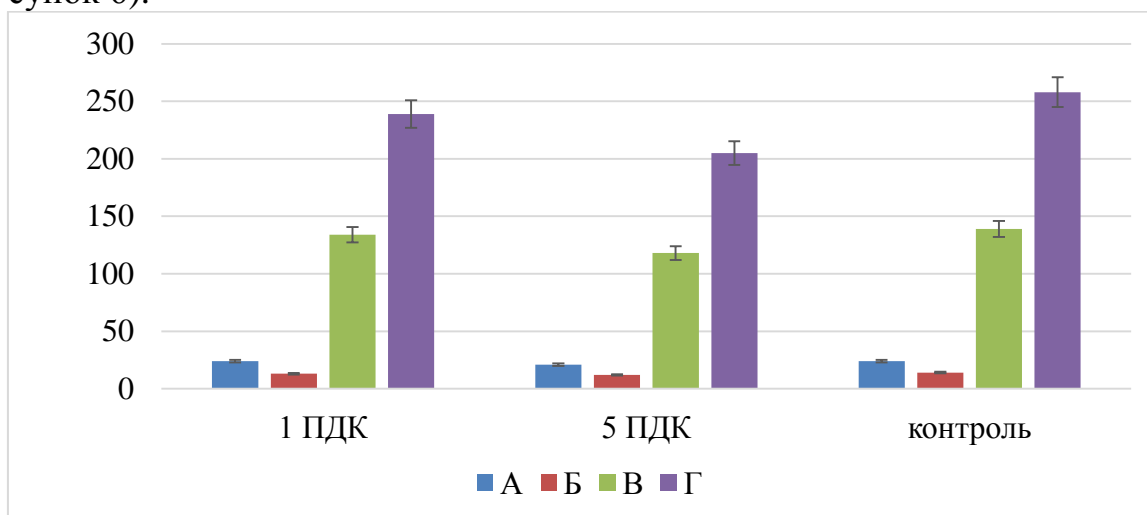


Рисунок 6. Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на биометрические показатели сорта Мраморная, лугово-черноземная почва рисового севооборота, 2020 – 2022гг (А – длина черешка листа, Б – длина главной жилки листа, В – площадь листа, см², Г – длина стебля)

За период исследований под влиянием изучаемых концентраций раствора кадмия произошло постепенное снижение изучаемых биометрических показателей на делянках первого и второго варианта опыта по сравнению с контролем для сортов Прикубанская и Ромашечка. Установлено существенное влияние, на 5 % уровне значимости, изучаемого фактора для исследуемых сортов тыквы.

В результате эксперимента доказано, что при возможной концентрации в атмосферных осадках раствора кадмия 1 ПДК и 5 ПДК урожай тыквы сорт Мраморная снижается (Рисунок 7).

На опытных делянках почвы чернозем выщелоченный разница между контролем и первым вариантом составила – 1000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 6000 кг/га, для лугово-черноземной почвы рисового севооборота разница соответственно составила – 2000 и 10000 кг/га. Установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в снижении урожая между контролем и концентрацией кадмия при нанесении раствора в 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{\tau}$; $162 > 7,7$), на почве чернозем выщелоченный (Рисунок 7).

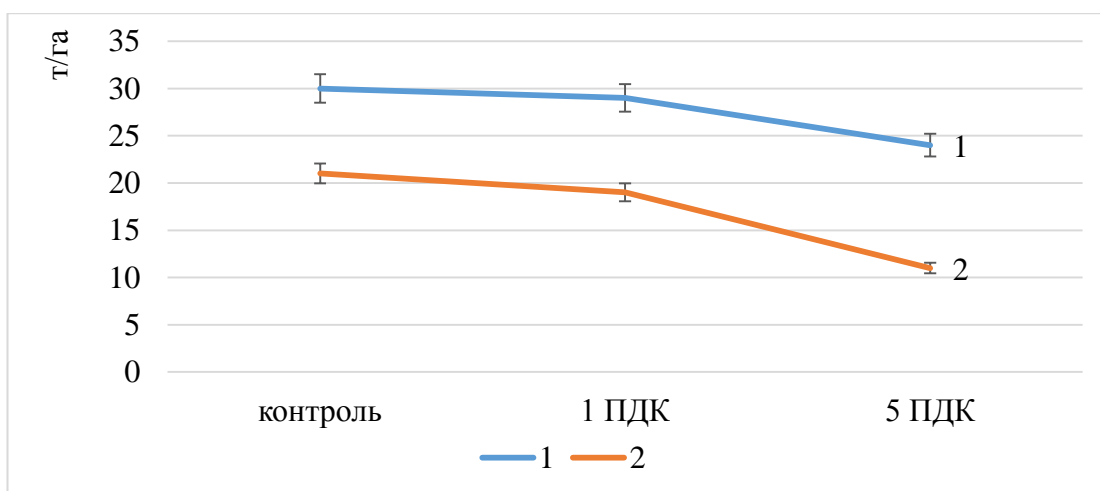


Рисунок 7. Влияние концентраций раствора кадмия в атмосферных осадках на урожай тыквы сорт Мраморная (I вариант – почва чернозем выщелоченный, II вариант – лугово-черноземная почва рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Однако на урожай тыквы сорт Мраморная влияет не только тяжелый металл – кадмий, но и почва, на которой выращивается это растение. При сравнении урожая тыквы сорт Мраморная, который был получен на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почвы рисового севооборота было определено, что на лугово-черноземной почве рисового севооборота урожай тыквы был ниже, чем на почве чернозем выщелоченный, даже без внесения тяжелого металла – кадмия (Рисунок 7).

Исследования в полевых условиях позволили сделать вывод о том, что изучаемые концентрации 1 ПДК и 5 ПДК раствора кадмия в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сорт Прикубанская.

Для почвы чернозем выщелоченный разница в урожае тыквы между контролем и первым вариантом составила – 2000 кг/га, а между контролем и вторым вариантом – 7000 кг/га, для лугово-черноземной почвы рисового севооборота разница соответственно составила – 3000 и 9000 кг/га. Математические расчеты показывают, что потери урожая в изучаемых вариантах существенны на 5 % уровне значимости.

В результате эксперимента, проведенного на тяжелом металле – меди, установлено, что исследуемые концентрации 1 ПДК и 5 ПДК раствора меди в атмосферных осадках оказали влияние на урожай тыквы сортов Мраморная и Прикубанская на изучаемых почвах.

Во всех исследуемых вариантах опыта существенной разницы в накоплении тяжелых металлов в семенах обнаружить не удалось.

На лугово-черноземной почве рисового севооборота плоды тыквы изучаемых сортов в основном были сильно угнетены, не имели оптимального размера и веса, что сказалось на урожае исследуемых сортов и, конечно, на состоянии семенного материала.

3.3 Влияние сортовых особенностей тыквы на накопление меди и кадмия при выращивании на почве чернозем выщелоченный

При нанесении меди в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в стебле и листе тыквы сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская соответственно на 20 и 29 %, а при нанесении 5 ПДК – на 10 и 30 %. Различия в накоплении меди между изучаемыми сортами существует и, оно достоверно на 5 % уровне значимости.

Экспериментальные данные по содержанию меди в плодах изучаемых сортов тыквы приведены на рисунке 8.

В результате эксперимента установлена разница, на 5 % уровне значимости, в содержании меди в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК. Разница в содержании меди в плодах между сортом Мраморная и Прикубанская при нанесении раствора в 1 ПДК и в 5 ПДК составила соответственно на 33 % и 42 %, на почве чернозем выщелоченный (Рисунок 8).

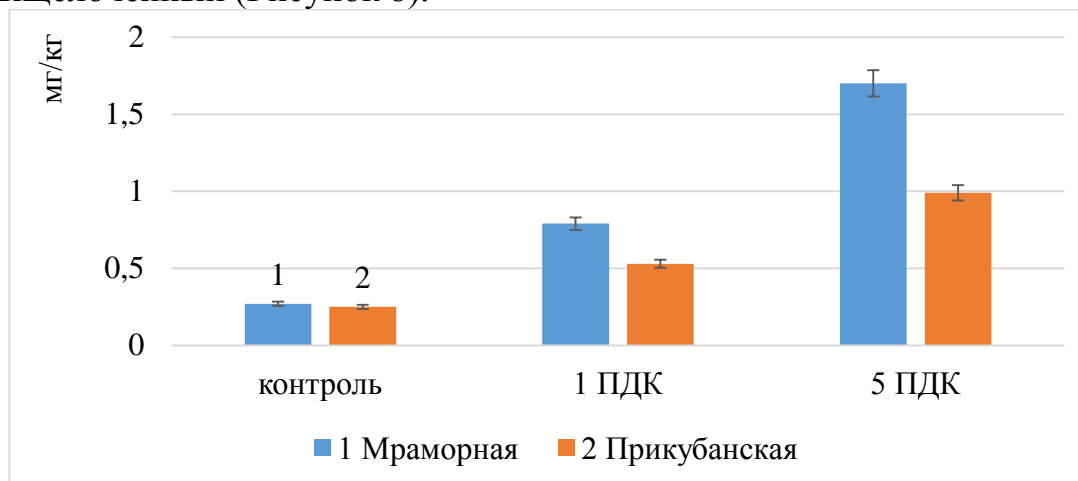


Рисунок 8. Содержание меди в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022гг

При нанесении раствора в 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $101 > 4,96$), 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $290 > 4,96$), на почве чернозем выщелоченный.

Содержание меди в семенах обоих изучаемых сортов было не значительным, на уровне контроля.

При нанесении кадмия в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в стебле и листе тыквы сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская соответственно на 11 и 17 %, а при нанесении 5 ПДК – на 19 и 18 %.

Плоды тыквы используются в пищу человеком, собственно для этого она и выращивается. Содержание кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный приведено на рисунке 9.

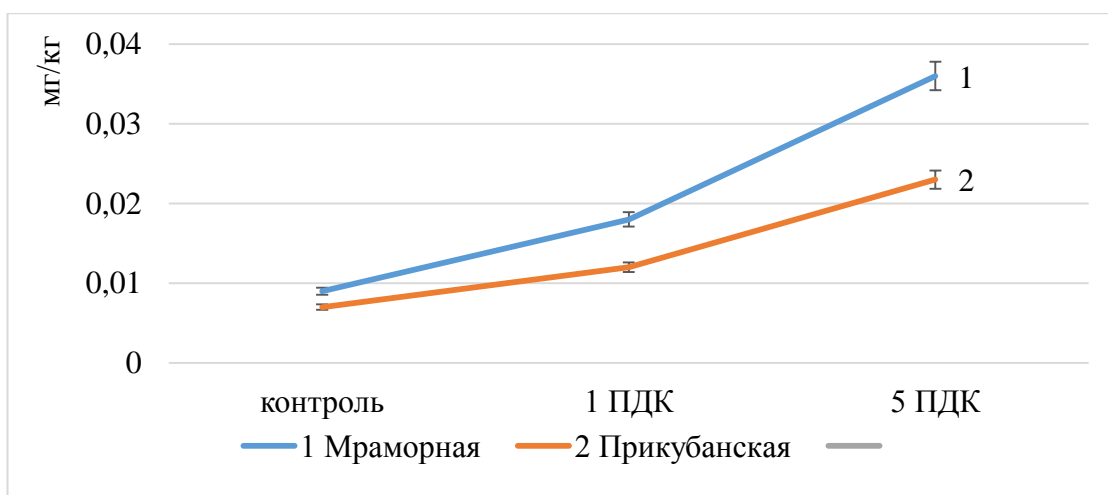


Рисунок 9. Динамика содержания кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный, 2020 – 2022гг

Наибольшим накоплением кадмия в плодах тыквы отличается сорт Мраморная. При нанесении раствора кадмия на растения в 1 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Мраморная над сортом Прикубанская составило на 34 %. При нанесении раствора кадмия на растения в 5 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Мраморная над сортом Прикубанская составило на 37 %. В результате эксперимента установлена разница, на 5 % уровне значимости, в содержании кадмия в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК (Рисунок 9).

При нанесении раствора кадмия в 5 ПДК на растения тыквы накопление загрязнителя в плодах сорта Мраморная превысило значение допустимых концентраций для употребления их в пищу. ПДК содержания кадмия в плодах тыквы для возможного употребления их в пищу составляет 0,03 мг/кг.

Содержание кадмия в семенах тыквы в обоих изучаемых сортах было не значительным, практически на уровне контроля.

3.4 Накопление меди и кадмия в тыкве при выращивании на лугово-черноземных почвах рисового севооборота в зависимости от сортовых особенностей

Выполнены исследования по изучению накопления тяжелых металлов в трех сортах Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота.

При нанесении меди в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в стебле и листе тыквы сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская соответственно на 28 и 26 %, а при нанесении 5 ПДК – на 37 и 25 %. Различие в накоплении меди между изучаемыми сортами существует, и оно достоверно на 5 % уровне значимости.

Экспериментальные данные по содержанию меди в плодах изучаемых сортов тыквы приведены на рисунке 10.

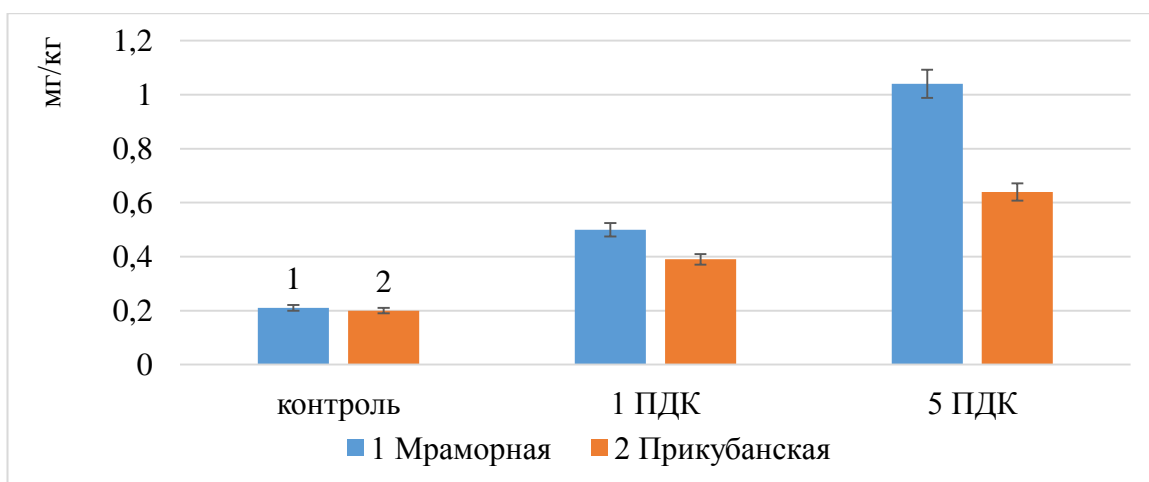


Рисунок 10. Динамика содержания меди в плодах тыквы сорта Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022гг

В результате эксперимента установлена разница в накоплении меди в плодах в зависимости от сорта тыквы. Больше содержится меди в плодах тыквы сорта Мраморная, чем Прикубанская, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК, которая составила соответственно на 22 % и 38 %. В результате эксперимента установлена разница, на 5 % уровне значимости, в содержании меди в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК, лугово-черноземных почвах рисового севооборота. При нанесении раствора в 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $82 > 4,96$) и 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $631 > 4,96$), на лугово-черноземной почвы рисового севооборота (Рисунок 10).

Содержание меди в семенах изученных сортов тыквы было не значительным, на уровне контроля.

На лугово-черноземных почвах рисового севооборота были заложены опыты по определению влияния сортовых особенностей тыквы при нанесении кадмия. В исследовании приняли участие 3 сорта – Мраморная, Прикубанская и Ромашечка.

При нанесении раствора кадмия на вегетативную часть тыквы в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в стебле и листьях сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская соответственно на 10 и 9 %, но ниже, чем в сорте Ромашечка на 13 и 21 %. При нанесении раствора кадмия в концентрации 5 ПДК так же наибольшим накоплением в стебле и листьях отличается сорт Ромашечка, превышение над сортом Мраморная составило соответственно на 22 и 24 %, а для сорта Прикубанская соответственно – на 36 и 30 %.

Результаты содержания кадмия в плодах тыквы изучаемых сортов приведены на рисунке 11. Наибольшим накоплением кадмия в плодах тыквы отличается сорт Ромашечка. При нанесении раствора кадмия на растения в 1 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Ромашечка над сортом Мраморная составило в 1,4 раза, а над сортом Прикубанская – в 1,8 раз. При нанесении раствора кадмия на растения в 5 ПДК превышение содержания загрязнителя в плодах тыквы сорт Ромашечка над сортом Мра-

морная составило в 1,4 раза, а над сортом Прикубанская – в 2,2 раза (Рисунок 11).

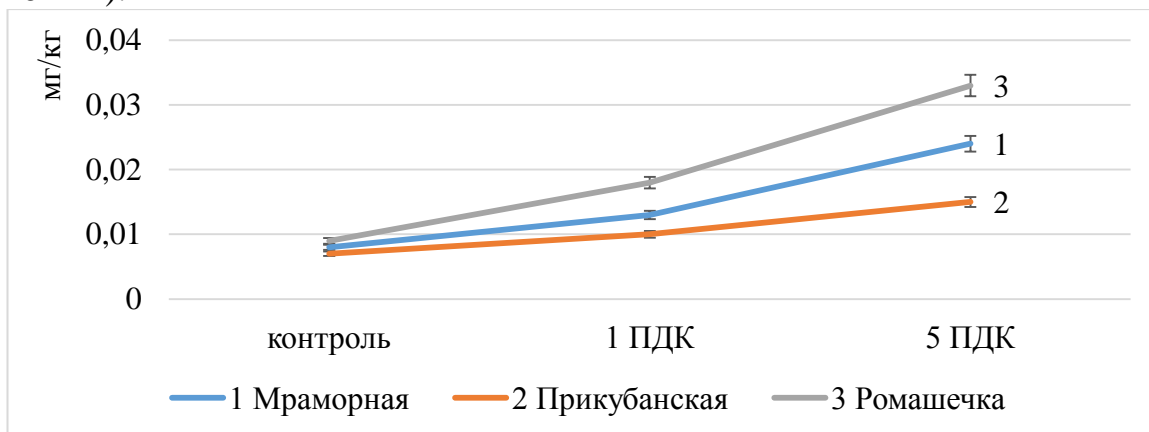


Рисунок 11. Накопление кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота, 2020 – 2022гг

В результате эксперимента установлена существенная разница, на 5 % уровне значимости, в содержании кадмия в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК (Рисунок 11).

При нанесении раствора кадмия в 5 ПДК на растения тыквы накопление загрязнителя в плодах сорта Ромашечка превысило значения допустимых концентраций для употребления их в пищу. ПДК содержания кадмия в плодах тыквы для возможного употребления их в пищу составляет 0,03 мг/кг.

Содержание этого тяжелого металла в семенах было не значительным, практически на уровне контроля в обоих изучаемых сортах.

3.5 Содержание в тыкве тяжелых металлов в зависимости от их концентрации в атмосферных осадках при выращивании ее на почве чернозем выщелоченный

Экспериментальные данные о накоплении в вегетативных и генеративных органах тыквы меди в зависимости от концентрации в осадках приведены на рисунке 12.

Содержание тяжелого металла в стебле тыквы сорт Мраморная при нанесении раствора меди в концентрациях 1 ПДК и 5 ПДК увеличилось в сравнении с контролем соответственно в 1,6 и 3,2 раза. Различие в содержании меди в листе тыквы при нанесении загрязненного раствора в 1 ПДК и 5 ПДК составило соответственно в 1,9 и 4,2 раза, в сравнении с контролем. Установлено различие в содержании меди в плодах тыквы сорт Мраморная в зависимости от концентрации нанесенного раствора на растение в 1 ПДК и 5 ПДК, которое составило соответственно в 2,9 и 6,3 раз в сравнении с контролем (Рисунок 12).

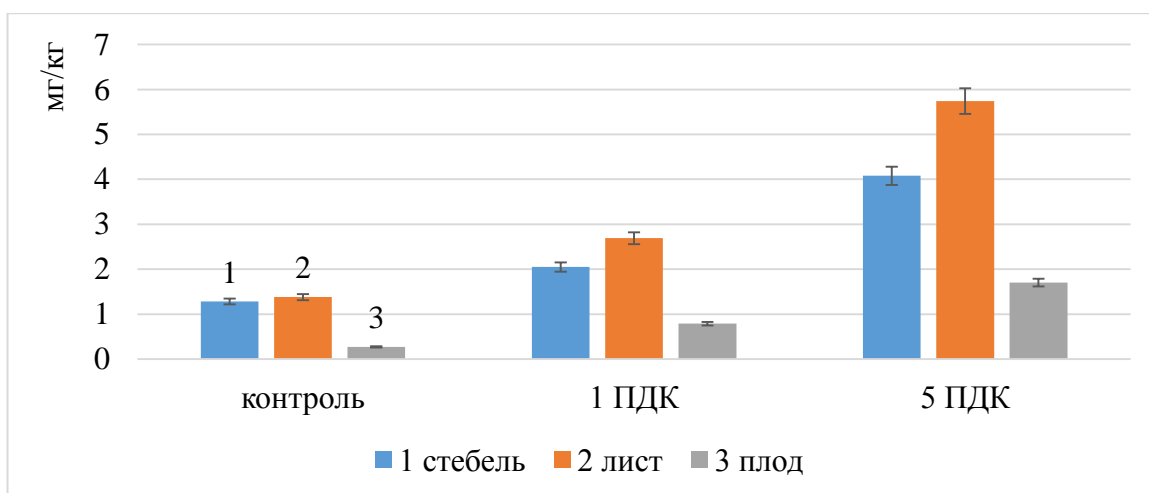


Рисунок 12. Накопление меди в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций её в атмосферных осадках (на почве чернозем выщелоченный), 2020 – 2022гг

Установлено различие в накоплении меди в стебле тыквы сорт Прикубанская – при нанесении в 1 ПДК оно составило в 1,4 раза в сравнении с контролем, а при нанесении в 5 ПДК – в 3,1 раза. Определено различие в накоплении меди в листьях и плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем, которое составило соответственно для листьев в 1,5 и 3,2 раза, а для плодов – в 2,1 и 4,0 раза на почве чернозем выщелоченный.

Было установлено, что концентрация меди в нанесенном растворе, оказывает влияние на накопление ее в вегетативных и генеративных органах тыквы.

Кадмий в сравнении с медью отличается большей мобильностью в почве и накоплением в изучаемых растениях. Для определения влияния изменения концентраций кадмия в растворе на его накопление в тыкве был заложен опыт, результаты которого приведены на рисунке 13.

Содержание кадмия в стебле и листе тыквы сорт Мраморная зависит от концентрации наносимого на растение раствора. Различие между контролем и изучаемыми вариантами в накоплении кадмия в стебле составило соответственно в 1,4 и 2,1 раза, для листьев это различие составило соответственно по вариантам в 1,6 и 2,5 раза. Накопление кадмия в плодах оказалось выше контроля в первом варианте в 2,0 раза, а во втором варианте – в 4,0 раза (Рисунок 13).

Математический расчет установил существенную разницу в содержании кадмия в плодах тыквы сорт Мраморная между контролем и концентрацией в 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}$; $162 > 4,96$) (Рисунок 13).

В результате выполненного в полевых условиях эксперимента установлено существенное различие в накоплении кадмия в стебле и листе тыквы сорт Прикубанская в зависимости от концентрации нанесенного на растение раствора.

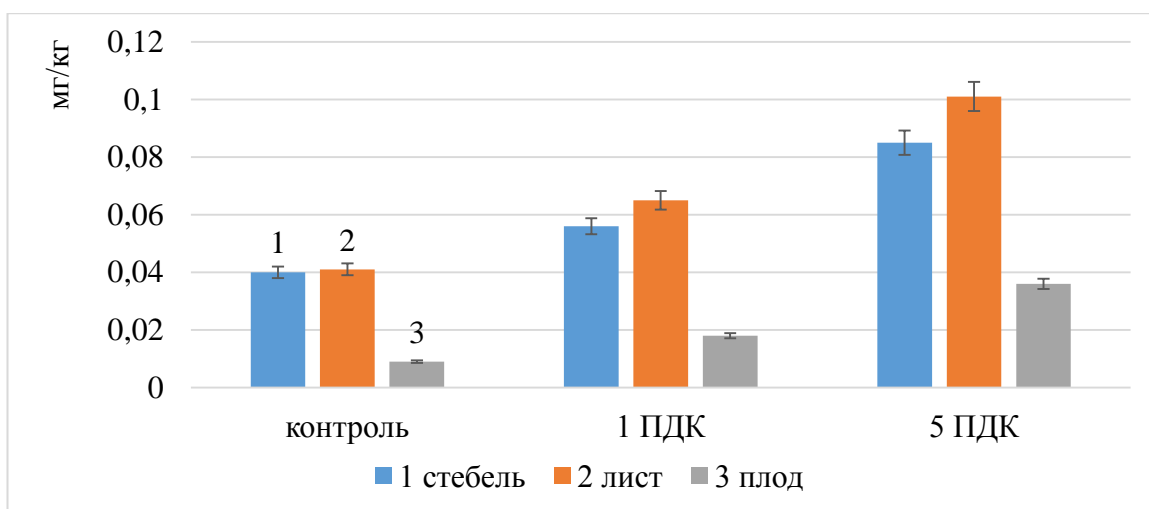


Рисунок 13. Накопление кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций его в осадках (почва чернозем выщелоченный), 2020 – 2022гг

При нанесении изучаемых растворов в 1 ПДК и 5 ПДК различие в накоплении кадмия в стебле по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,3 и 1,8 раз, в листьях это различие составило соответственно – в 1,4 и 2,1 раза. Различие в содержании кадмия в плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,7 и 3,3 раза.

Установлена существенная разница в содержании кадмия в плодах тыквы сорт Прикубанская выращенной на почве чернозем выщелоченный в зависимости от нанесенной концентрации раствора, на 5 % уровне значимости. Математический расчет установил существенную разницу в содержании кадмия в плодах тыквы между контролем и концентрацией в 1 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}; 18 > 4,96$) и 5 ПДК ($F_{\phi} > F_{T}; 112 > 4,96$).

Было установлено различие в накоплении кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы в зависимости от концентрации нанесенного на растение раствора.

3.6 Накопление в вегетативных и генеративных органах тыквы тяжелых металлов в зависимости от концентраций в атмосферных осадках при выращивании на лугово-черноземных почвах рисового севооборота

Экспериментальные данные о накоплении в вегетативных и генеративных органах тыквы меди в зависимости от концентрации в осадках приведены на рисунке 14.

Содержание тяжелого металла в стебле тыквы сорт Мраморная при нанесении раствора меди в концентрации 1 ПДК и 5 ПДК увеличилось в сравнении с контролем соответственно в 1,4 и 2,9 раза.

Различие в содержании меди в листе тыквы при нанесении раствора меди в концентрации 1 ПДК и 5 ПДК составило соответственно в 1,6 и 3,4 раза, в сравнении с контролем. Установлено существенное различие в содержании меди в плодах тыквы сорт Мраморная в зависимости от кон-

центрации нанесенного раствора на растение в 1 ПДК и 5 ПДК, которое составило соответственно в 2,4 и 5,0 раз в сравнении с контролем. Математический расчет установил существенную разницу в содержании меди в плодах тыквы между контролем и концентрацией в 1 ПДК ($F_{\phi} > F_T$; $90 > 4,96$) и 5 ПДК ($F_{\phi} > F_T$; $312 > 4,96$) (Рисунок 14).

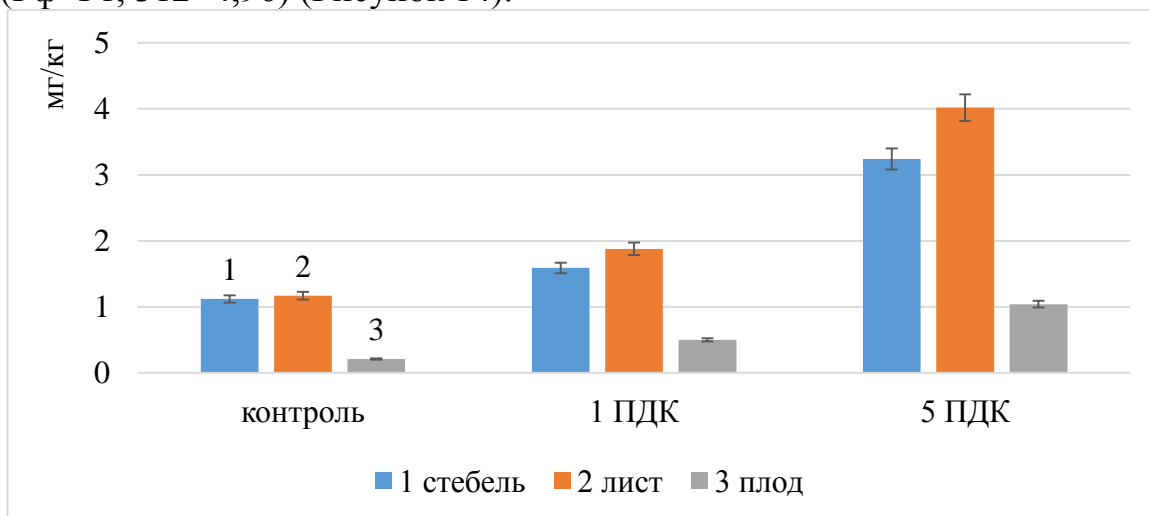


Рисунок 14. Динамика накопления меди в стебле, листьях и плодах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций в осадках (лугово-черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Определено различие в накоплении меди в стебле тыквы сорт Прикубанская при разных концентрациях нанесенного раствора на растение. При концентрации нанесенного раствора в 1 ПДК различие с контролем составило в 1,2 раза, а при нанесении в 5 ПДК – в 2,1 раза. Определено различие в накоплении меди в листьях и плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем, которое составило соответственно для листьев в 1,3 и 3,0 раза, а для плодов – в 2,0 и 3,2 раза. Математический расчет установил существенную разницу в содержании меди в плодах тыквы между контролем и концентрацией в 1 ПДК ($F_{\phi} > F_T$; $120 > 4,96$) и 5 ПДК ($F_{\phi} > F_T$; $347 > 4,96$). Было установлено, что концентрация меди в нанесенном растворе, оказывает влияние на накопление ее в вегетативных и генеративных органах тыквы.

Для определения влияния концентраций кадмия в растворе на его накопление в тыкве был заложен опыт, результаты которого приведены на рисунке 15.

Содержание кадмия в стебле и листе тыквы сорт Мраморная зависит от концентрации наносимого на растение раствора. Различие между контролем и изучаемыми вариантами в накоплении кадмия в стебле составило соответственно в 1,1 и 1,5 раза, для листьев это различие составило соответственно по вариантам в 1,2 и 1,7 раза. Накопление кадмия в плодах оказалось выше контроля в первом варианте в 1,6 раза, а во втором варианте – в 3,0 раза (Рисунок 15).

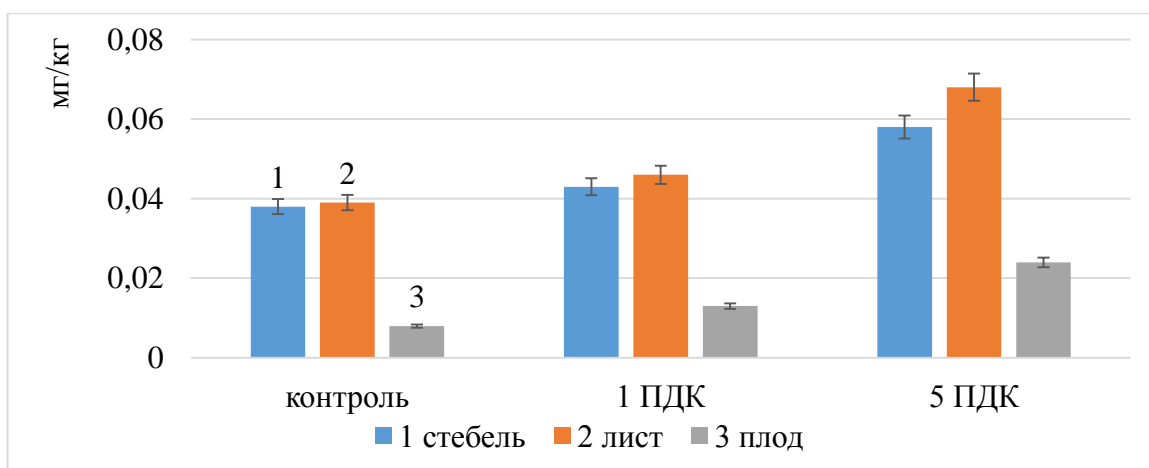


Рисунок 15. Накопление кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы сорт Мраморная в зависимости от различных концентраций его в осадках (лугово-черноземные почвы рисового севооборота), 2020 – 2022гг

Исследования для определения различий в накоплении кадмия, в зависимости от концентрации его в растворе, проведены на тыкве сорт Прикубанская, лугово-черноземные почвы рисового севооборота. При нанесении изучаемых растворов в 1ПДК и 5 ПДК различие в накоплении кадмия в стебле по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,1 и 1,2 раза, в листьях это различие составило соответственно – в 1,1 и 1,6 раза. Различие в содержании кадмия в плодах тыквы по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно составило в 1,4 и 2,1 раза.

Содержание кадмия в стебле и листьях изучаемого сорта тыквы Ромашечка на лугово-черноземной почве рисового севооборота различалось в зависимости от исследуемых вариантов. Различие в накоплении тяжелого металла в стебле между контролем и изучаемыми вариантами соответственно составило в 1,3 и 1,9 раза, для листы эти показатели соответственно – в 1,5 и 2,3 раз. В плодах тыквы так же обнаружено различие в накоплении тяжелого металла по изучаемым вариантам в сравнении с контролем соответственно – в 2,0 и 3,7 раза. Было установлено различие в накоплении кадмия в вегетативных и генеративных органах тыквы в зависимости от концентрации нанесенного на растение раствора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что при выращивании тыквы на почве чернозем выщелоченный в плодах больше накапливается меди и кадмия, чем при выращивании на лугово-черноземной почве рисового севооборота соответственно – в сорте Мраморная в 1,4 и 1,5 раза, в сорте Прикубанская – в 1,3 и 1,5 раз. Аналогичная тенденция по накоплению изучаемых тяжелых металлов в зависимости от почвенных разностей определена для вегетативных органов тыквы.

2. На лугово-черноземной почве рисового севооборота наибольшее влияние на биометрические показатели тыквы оказал кадмий – снижение биометрических показателей для сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка соответственно составило – длины черешка листа на 3; 4 и 4 см, длина

главной жилки листа на 2; 3 и 4 см, количество листьев на главном стебле на 4; 5 и 3 шт, зеленое покрытие на 8; 16 и 18 %, площадь листа на 21; 46 и 38 см², длина стебля на 53; 55 и 29 см по сравнению с контролем.

3. Под влиянием концентрации меди в осадках в 5 ПДК снижение урожая тыквы сортов Мраморная и Прикубанская на почве чернозем выщелоченный соответственно составило на 10 % и 27 %, на лугово-черноземной почве рисового севооборота соответственно – на 30 и 43 %.

4. Сорт тыквы Мраморная отличается наибольшим накоплением меди в плодах в сравнении с сортом Прикубанская на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почве рисового севооборота, различие в содержании этого тяжелого металла при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно составило на 33 и 22 %, в 5 ПДК – на 42 и 38 %.

5. Сорт тыквы Ромашечка отличается наибольшим накоплением кадмия в плодах в сравнении с сортом Мраморная и Прикубанская на лугово-черноземной почве рисового севооборота, различие в содержании тяжелого металла при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно составило в 1,4 и 1,4 раза, в 5 ПДК – в 1,8 и 2,2 раза.

6. В зависимости от концентрации нанесенного раствора на растение в 1 и 5 ПДК установлено различие в содержании меди в плодах тыквы сорта Мраморная, которое составило соответственно в 2,9 и 6,3 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 2,1 и 4,0 раза, на почве чернозем выщелоченный. На лугово-черноземной почве рисового севооборота для сорта Мраморная, различие составило соответственно в 2,4 и 5,0 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 2,0 и 3,2 раза.

7. В зависимости от концентрации нанесенного раствора на растение в 1 и 5 ПДК определено различие в содержании кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная, которое составило соответственно в 2,0 и 4,0 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 1,7 и 3,3 раза, на почве чернозем выщелоченный. На лугово-черноземной почве рисового севооборота для сорта Мраморная, различие составило соответственно в 1,6 и 3,0 раз в сравнении с контролем, для сорта Прикубанская это различие составляет в 1,4 и 2,1 раза, для сорта Ромашечка – в 2,0 и 3,7 раза

8. Разработаны предложения по выращиванию тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

По выполненным исследованиям разработаны предложения по выращиванию тыквы в условиях юга России при комплексном влиянии тяжелых металлов:

- При выращивании тыквы на почве чернозем выщелоченный, при отсутствии дополнительных факторов загрязнения (аэральный путь) рекомендуется сорт Прикубанская, так как при соблюдении агротехники выращивания возможно получить оптимальный урожай;

- Не рекомендуется выращивать изученные сорта тыквы на лугово-черноземной почве рисового севооборота, так как происходит большая потеря урожая даже без аэрального их загрязнения тяжелыми металлами. Наибольшая потеря урожая отмечена для сорта Ромашечка – до 67 % от заявленной по сорту;

- При выпадении осадков, загрязненных изучаемыми тяжелыми металлами, в пищу для человека рекомендуется использовать плоды сорта Прикубанская, в связи с меньшим в них накоплением меди и кадмия, на почве чернозем выщелоченный;

- Содержание изученных тяжелых металлов в вегетативных органах тыквы исследованных сортов растений не превышает ПДК, поэтому после сбора урожая, выращенного на почве чернозем выщелоченный и лугово-черноземной почве рисового севооборота, не требуется дополнительных мероприятий по ее утилизации;

- При составлении рекомендаций по использованию тыквы в пищу, следует учитывать, что в плодах сорта Мраморная больше накапливается меди при выращивании ее на почве чернозем выщелоченный, наибольшим накоплением кадмия в плодах отличается сорт Ромашечка.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

В изданиях из списка ВАК

1. **Погорелов, А. В.** Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на сельскохозяйственные растения / А. В. Погорелов, В. Э. Лазько, В. И. Шматок, А.И. Мельченко // Рисоводство. 2021. – № 4 (53). – С. 54 – 61.

2. **Погорелов, А. В.** Содержание в вегетативной массе тыквенных растений тяжелых металлов при нанесении их способом дождевания / А. В. Погорелов, М. М. Брантова, А. И. Мельченко, Т. В. Князева // Новые технологии (New technologies). 2022. – №18(4). – С.192 – 200.

3. **Погорелов, А. В.** Влияние сорта на накопление меди в плодах тыквы при аэральном загрязнении / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. – № 6 (110). – С. 67 – 72.

4. **Погорелов, А. В.** Накопление кадмия в тыквенных растениях в зависимости от сорта и концентрации его в атмосферных осадках / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2025. – №1. – С. 82 – 90.

Статьи в других изданиях

Международные и Всероссийские конференции и симпозиумы

5. **Погорелов, А. В.** Тяжелые металлы в сельскохозяйственном производстве / А. В. Погорелов, Ж. Ншимиримана, А. И. Мельченко // I Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина «Со-

циально-гуманитарный аспект научного знания: современность и перспективы развития». Армавир, 2021. – С. 370 – 373.

6. **Погорелов, А. В.** Миграция тяжелых металлов в почве чернозем обыкновенный / А. В. Погорелов // II Всероссийская научно-практическая конференция «Экология и природопользование». Краснодар, 2022г. – С. 252 – 256.

7. **Погорелов, А. В.** Содержание тяжелых металлов в листовом аппарате тыквенных растений сортов Мраморная и Ромашка при выращивании на лугово- черноземной почве рисового чека / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко, В. Э. Лазько // IX Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции в селекции и семеноводстве тыквенных культур. Традиции и перспективы. ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» Одинцовский округ, поселок ВНИИССОК. 2022г. (стендовый доклад).

8. **Погорелов, А. В.** Содержание тяжелых металлов в овощных растениях в зависимости от их сортовых особенностей / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко // Ежегодная научно-практическая конференция преподавателей по итогам НИР за 2022 г. «Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии». Краснодар, 2023. – С. 51 – 53.

9. **Погорелов, А. В.** Миграция тяжелых металлов в почве чернозем обыкновенный / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // III Всероссийская научно-практическая конференция «Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий». Краснодар, 2023. – С. 174 – 177.

10. **Погорелов, А. В.** Накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях / А. В. Погорелов, Ж. Ншимиримана, А. И. Мельченко // II Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, преподавателей «Российская цивилизация в эпоху глобальной эволюции: обеспечение безопасности и поиск путей решения проблем в условиях меняющегося миропорядка». Краснодар, 2023. – С. 149 – 151.

11. **Погорелов, А. В.** Накопление в тыквенных растениях меди в зависимости от концентрации в атмосферных осадках / А. В. Погорелов, А. И. Мельченко // XXXIV Международная научно-практическая конференция «Приоритетные направления развития науки и технологий. Тула, 2024. – С. 35 – 38.