

На правах рукописи



Мельченко Евгений Александрович

**ВЫРАЩИВАНИЕ ФУНДУКА И ЗЕМЛЯНИКИ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ
ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ 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 ботаники и общей экологии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Научный руководитель: **Криворотов Сергей Борисович**, доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Щеглов Сергей Николаевич**, доктор биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», профессор кафедры генетики, микробиологии и биохимии

Брюхина Светлана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», доцент кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»

Защита состоится «24» сентября 2026 года в 10 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 2026г.

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



Р. Ш. Заремук

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Плоды, ягоды и орехи являются ценными продуктами питания для здоровья человека и имеют важное значение. Почти все орехоплодные, семечковые, косточковые и ягодные растения – хорошие медоносы.

Качество получаемой продукции во многом зависит от состояния окружающей среды. В настоящее время человечество решает очень сложную проблему – повышения благосостояния и снижение загрязнения окружающей среды.

Рост благосостояния человека невозможен без промышленного и сельскохозяйственного производства, которые в свою очередь являются основными источниками загрязнения окружающей среды.

Загрязнение компонентов окружающей среды происходит по разным причинам – нарушение нормативов использования, так и, в результате нештатных ситуаций. В зависимости от вида промышленного производства спектр загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду, может сильно различаться.

Современное сельское хозяйство немыслимо без применения химии, это, всевозможные средства защиты растений от вредителей и болезней, удобрения, стимуляторы роста и т.д. С каждым годом кратность обработок насаждений увеличивается, что также приводит к загрязнению окружающей среды. Причем с течением времени негативное влияние на все живые организмы, в том числе и на растения увеличивается. В конечном итоге это сказывается не только на урожайности сельскохозяйственных культур, но и на их качестве.

Надо отметить, что фрукты, как источник минеральных элементов, органических кислот и самое главное витаминов играют огромную роль в нашем питании. К этому следует добавить, что фрукты обладают лечебными свойствами и способствуют профилактике многих заболеваний.

Для предотвращения загрязнения плодовой продукции, постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. № 554 были введены в действие санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01)», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06.11.2001 г. Данный документ определяет допустимые уровни загрязнения плодовой продукции, которые не должны превышать: токсические элементы 0,02 – 0,4 мг/кг, пестициды 0,05 – 0,1 мг/кг, радионуклиды 30 – 40 Бк/кг.

Тем не менее, промышленные, сельскохозяйственные и энергетические производства иногда производят не запланированные выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду. В этом случае в природные и искусственные экосистемы попадают химические, радиоактивные и биологические соединения, которые могут включаться в пищевые цепочки и таким образом попадать в организм любого живого существа, в том числе человека.

На случай возникновения подобных ситуаций должны быть предусмотрены конкретные мероприятия в области сельскохозяйственного использования загрязненных территорий.

Надо отметить, что приемы по снижению загрязнения растениеводческой продукции пестицидами и тяжелыми металлами активно разрабатываются многими научными учреждениями в различных регионах нашей страны (Дорошенко, Петрик, Онищенко, 2023, Дорошенко, Рязанова, Борисенко, 2024).

Исследования по возможной миграции радиоактивных веществ по трофическим цепям, в которых участвуют сельскохозяйственные растения, выполнялись ранее (Анохин, 1974, Алексахин, 1982, Маликов, Перепелятников, Алексахин, Листровая, 1983) и продолжают выполняться в настоящее время (Мельченко, Криворотов, Мельченко, Погорелова, 2024). Однако, изучение поступления радионуклидов в системе почва-растение в различных почвенно-климатических зонах исследованы недостаточно.

Почва является основным источником перехода радионуклидов в пищевые цепи наземного характера. При выпадении осадков радионуклиды в почвенном покрове аккумулируются, включаются в биогеохимические циклы миграции и становятся новыми компонентами почвы. Радионуклиды могут вертикально и горизонтально перемещаться в почве, они поглощаются корневыми системами растений и переходят в части растений, которые могут служить пищей для людей или кормом для животных. Sr-90 является одним из основных источников загрязнения почвы с периодом полураспада 29 лет.

Черноземные почвы – золотой фонд России. Но, к сожалению, возможны их значительные потери. Причин тому может быть несколько, одна из них – выброс загрязняющих веществ от промышленных объектов. В связи с тем, что сначала происходит загрязнение атмосферы поллютанты, которые оказались в ней, имеют возможность распространяться на большие расстояния. При этом происходит загрязнение гидросферы и литосферы. Так как атмосфера не имеет границ, загрязнение может коснуться территорий многих стран, которые окажутся на пути следования загрязненного воздуха.

Экспериментальные работы по изучению миграции и накопления радионуклидов из почвы в растения в условиях юга России уникальны и имеют актуальное значение. Полученный материал позволит принять обоснованное решение по использованию черноземных почв, если произойдет их радиоактивное загрязнение, для выращивания орехоплодной, ягодной и другой сельскохозяйственной продукции при решении программы по импортозамещению.

Известно, что именно с момента появления искусственных радионуклидов в окружающей среде в почве были впервые обнаружены радиоактивные элементы. Исследования миграции радиоактивных загрязнителей в условиях юга России выполнялись и раньше, но они носили отрывочный характер. Тем не менее радиоактивные вещества являются источниками искусственной радиоактивности почв, а в цепи питания начальным звеном в их накоплении в растениях.

Среди известных радиоактивных загрязнителей сельскохозяйственных угодий наиболее важную роль в биотическом цикле играют радиоактивные

изотопы ^{90}Sr и ^{137}Cs . Поэтому в исследовательских центрах мира этим радионуклидам уделяется первостепенное значение. Изучаются вопросы их накопления и поведения в почвах, поступление в растительные и животные организмы.

Актуальность работы заключается в возврате радиоактивно загрязненных почв для выращивания фундука и земляники, а также в составлении прогноза использования загрязненных почв на основе расчета коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в растения при известной плотности загрязнения почвы.

Степень разработанности темы. Проблема целесообразности использования радиоактивно загрязненных почв для получения орехоплодной и ягодной продукции соответствующего качества до настоящего времени остается открытой. Тем не менее, в основу принятия решения по данной проблеме должно быть положено здоровье населения, экономическое и нравственное положение. Для условий юга России эта проблема приобретает особо важное значение, так как здесь производится более 20 % различной сельскохозяйственной продукции для жителей нашей страны. И, если при радиоактивном загрязнении почв они будут утрачены для сельскохозяйственного производства, то в целом для народного хозяйства страны это будет ощутимой потерей пищевой продукции.

Вывод из сельскохозяйственного оборота черноземов может оказать серьезные последствия при решении продовольственной программы России. Конечно, степень радиоактивного загрязнения сельхозугодий в послеаварийный период будет различной. Уже в настоящее время эта актуальная проблема требует незамедлительного решения. Так, как только на основании многолетних полевых исследований можно принять решение, которое не будет нести в себе ошибок при выращивании орехоплодных и ягодных растений.

Анализ большого количества литературных источников позволил сделать заключение – этой проблеме и раньше уделялось внимание в различных регионах нашей страны. Исследования были осуществлены не только по изучению миграции радионуклидов в звене трофической цепи «растения-животные», но и в звене «почва-растения». Этой проблемой в свое время занимались – Молчанова, Куликов, 1972, Мазель, Рачинский, Фокин, 1980, Иванов, Кашпарова, Орешич, 1991, Алексахин, Моисеев, Тихомиров, 1992 и другие.

Но и в 21 веке актуальность этой проблемы не снижается. Исследования продолжают выполнять – Сафонов, 2006, Мельченко, 2007, Погорелова, 2022. Так же большое внимание было уделено и проблеме по снижению радиоактивного загрязнения в пищевой продукции.

Исследования, которые выполнены для различных регионов нашей страны, позволят специалистам сельского хозяйства принять обоснованные решения по выращиванию овощных, зерновых растений и применить приемы механической обработки почвы, снижающие накопление радиоактивного загрязнения в урожае.

Однако исследований по миграции и накоплению стронция-90 в землянике и орехоплодных растениях в условиях юга России ранее не проводилось, они выполняются впервые.

Цель и задачи исследования – изучить миграцию и накопление радионуклида в звене трофической цепи «почва-растение» и определить его

содержание в вегетативных и генеративных органах растений фундука и земляники в условиях юга России.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

1. Изучить влияние времени и предлагаемого приема механической обработки почвы на накопление радионуклида в вегетативных и генеративных органах фундука в возрасте 21 год и в период жизни сада 26 – 34 года.

2. Определить удельную активность ^{90}Sr в органах и частях фундука в зависимости от времени нахождения в почве и биологических особенностей сорта.

3. Изучить влияние глубины нахождения поллютанта в почве на его накопление в различных органах земляники.

4. Определить зависимость количественных параметров удельной активности ^{90}Sr от сортовых особенностей земляники.

5. Определить влияние предлагаемого приема механической обработки почвы и биологических особенностей фундука и земляники на накопление в них изучаемого радионуклида.

Научная новизна. Впервые для условий юга России определены количественные параметры содержания радионуклида в фундуке (в возрасте 21 год и в период жизни сада 26 – 34 года), в зависимости от времени, сортовых особенностей и глубины нахождения его в почве;

экспериментально доказано, что на количественные параметры содержания, исследуемого поллютанта в землянике, оказывает влияние глубина нахождения его в почве;

впервые установлены различия в накоплении изучаемого радионуклида в землянике в зависимости от сортовых особенностей;

впервые доказана зависимость накопления изучаемого радионуклида от биологического вида изученных растений.

Теоретическая и практическая значимость. Данные полевого эксперимента позволяют выполнить расчет коэффициентов перехода (K_p) радионуклида из почвы в растения и на основании K_p составить прогноз его накопления в изученных растениях. В результате полевого эксперимента определен прием механической обработки почвы для выращивания фундука и земляники с наименьшим накоплением нуклида на радиоактивно загрязненной почве чернозем выщелоченный. Определены закономерности переноса, изучаемого поллютанта из почвы в орехоплодные растения и землянику.

Практическое ее применение – разработаны предложения по возврату радиоактивно загрязненной почвы чернозем выщелоченный в сельскохозяйственное производство в условиях юга России. В полевых условиях изучен прием механической обработки почвы (заглубление радионуклида в почву на 50 см) при выращивании орехоплодных и ягодных культур, которые играют важную роль для сельского хозяйства юга России.

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. В работе был применен метод полевых исследований, который включал в себя применение общепринятых агрохимических и радиационных методов для анализа почв и растений.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Накопление ^{90}Sr в фундуке (возраст 21 и 26 – 34 года) зависит от его возраста и приема механической обработки почвы;
2. Продолжительность нахождения радионуклида в почве и сортовые особенности фундука Луиза и Ата-баба находятся в тесной связи с накоплением его в их вегетативных и генеративных органах;
3. Количественные параметры содержания изучаемого радионуклида в землянике зависят от глубины его нахождения в почве;
4. Установлена тесная связь между накоплением ^{90}Sr в вегетативных и генеративных органах земляники и сортовыми особенностями изучаемых ягодных растений;
5. Установлено достоверное различие по удельной активности изучаемого радионуклида в вегетативных и генеративных органах растений в зависимости от их биологического вида.

Степень достоверности. В основу обработки полученного экспериментального материала положен метод дисперсионного анализа. Обработке была подвержена динамика перемещения нуклида из почвы в фундук с 2010 по 2023 гг; из почвы в землянику с 2014 по 2023 гг. 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 работы. Результаты исследований были доложены на: 13 Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2013г: Экологические проблемы «21века», Минск, 2013г; Международной научно-практической конференции и школе молодых ученых «Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона», Иваново, 2018г; 19 Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2019г: Экологические проблемы «XXI века», Минск, 2019г; Ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022г, Краснодар, 2023г; 79 Научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2023г, Научное обеспечение АПК. Краснодар, 2024г.

Публикации. Автором по теме диссертации опубликовано 17 научных работ (9 из которых, в журналах, рекомендованных ВАК).

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, предложений, библиографического списка из 206 наименований. В работе 175 страниц текста, 19 таблиц, 33 рисунка, 12 таблиц приложения.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные, сельскохозяйственные и энергетические производства иногда производят не запланированные выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду. В этом случае в природные и искусственные экосистемы попадают химические, радиоактивные и биологические соединения, которые могут включаться в пищевые цепочки и таким образом попадать в организм любого живого существа, в том числе человека. На случай возникновения подобных ситуаций должны быть предусмотрены конкретные мероприятия в области сельскохозяйственного использования загрязненных территорий.

1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по возможной миграции загрязняющих веществ по трофическим цепям, в которых участвуют сельскохозяйственные растения, выполнялись ранее и продолжают выполняться в настоящее время. Однако, изучение поступления радионуклидов в системе почва-растение в различных почвенно-климатических зонах исследованы недостаточно. Экспериментальные работы по изучению миграции и накопления радионуклидов из почвы в растения в условиях юга России уникальны и имеют актуальное значение. Полученный материал позволит принять обоснованное решение по использованию черноземных почв, если произойдет их радиоактивное загрязнение, для выращивания орехоплодной, ягодной и другой сельскохозяйственной продукции при решении программы по импортозамещению.

2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе представлены общие характеристики природных условий Краснодарского края: климат, физико-химические свойства чернозема выщелоченного. Приведено природное и сельскохозяйственное районирование земельного фонда России, район исследований относится к южной части России. Графически указана схема расположения вариантов полевого опыта. Приведены методики исследований с их описанием, оборудование, которое было использовано для выполнения эксперимента.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Влияние фактора времени и механической обработки почвы на снижение накопления поллютанта в фундуке

При радиоактивном загрязнении окружающей среды сельскохозяйственные растения будут главным источником попадания радиоактивного загрязнителя в организм человека.

Экспериментальные данные изменения удельной активности ^{90}Sr в коре

фундука по годам исследований приведены на рисунке 1.

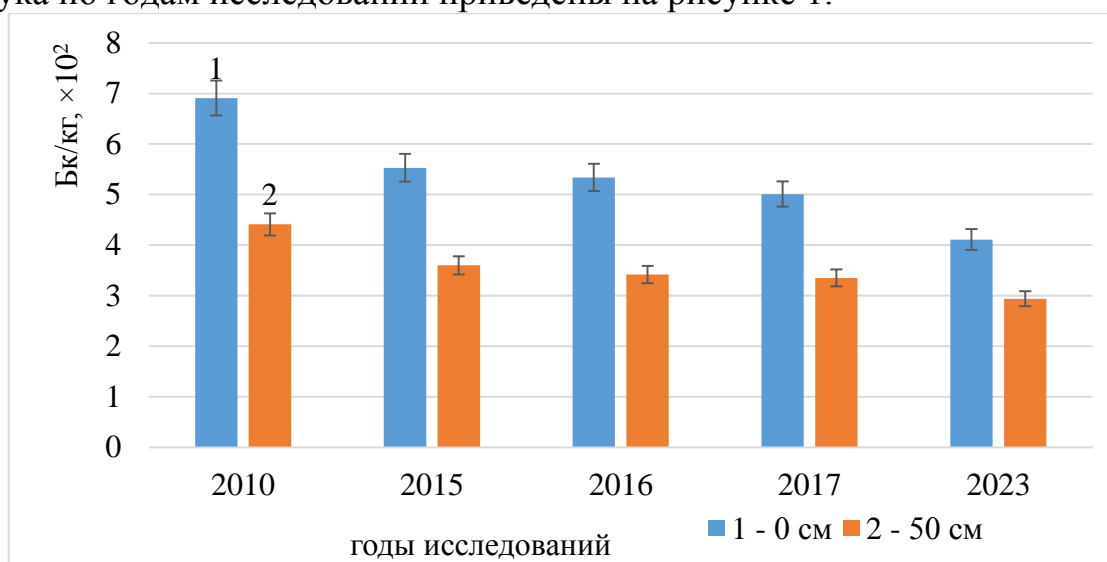


Рисунок 1. Удельная активность ^{90}Sr в коре фундука в разные возрастные периоды в зависимости от расположения радионуклида в почве, сорт Луиза

Исследуемый прием механической обработки почвы, согласно приведенным экспериментальным данным, влияет на удельную активность ^{90}Sr в орехоплодных культурах. Многолетние исследования, выполненные в полевых условиях, позволили прийти к заключению, что в коре фундука больше накопилось ^{90}Sr при расположении его на поверхности почвы.

Саженьцы фундука в первый год после посадки имеют корневую систему, которая расположена в основном в верхнем слое почвы. Это, конечно, не могло не сказаться на накоплении загрязнителя в изучаемой части растения. Причем эта разница по вариантам была от 1,6 раз (2010 г) до 1,4 раз (2023 г) (Рисунок 1). Кроме того, при поверхностном расположении нуклида на почве нельзя исключить вариант его попадания на кору растения при порывах ветра, которые могут срывать верхний загрязненный слой почвы и загрязнять им поверхность (кору) растения.

Накопление ^{90}Sr в коре фундука с течением времени постепенно уменьшается. За весь период исследований содержание нуклида снизилось в первом варианте в 1,7 раза, во втором – в 1,5 раза. Различие в интенсивности снижения содержания изучаемого загрязнителя в коре объясняется уменьшением миграционной скорости и глубиной расположения ^{90}Sr в почве. В начале, при попадании радионуклида в почву, он более мобилен и при расположении корневой системы в верхнем слое почвы он лучше накапливался в растениях особенно в первом варианте опыта. С течением времени уменьшается плотность радиоактивного загрязнения почвы, так как период полураспада стронция-90 – 29 лет.

В изучаемом сорте фундука определено содержание ^{90}Sr в древесине. Предложенный прием механической обработки почвы оказал влияние на накопление радионуклида в этой части растения. При проведении плантажной вспашки в древесине фундука ^{90}Sr оказалось меньше, чем, если бы этой операции

не было. После проведения сравнительного анализа оказалось, что в 2010 году различие было в 1,2 раза, к 2023 г оно практически нивелировалось и составило в 1,1 раза. В течение длительного времени нахождения техногенного загрязнителя в почвенной среде, происходит снижение его подвижности. По этой же причине уменьшается его накопление в изучаемом растении.

Одним из основных показателей в радиоактивном загрязнении фундука является содержание радионуклида в ядре ореха. Экспериментальные данные по накоплению ^{90}Sr в ядре фундука в зависимости от варианта расположения радионуклида в почве приведены на рисунке 2.

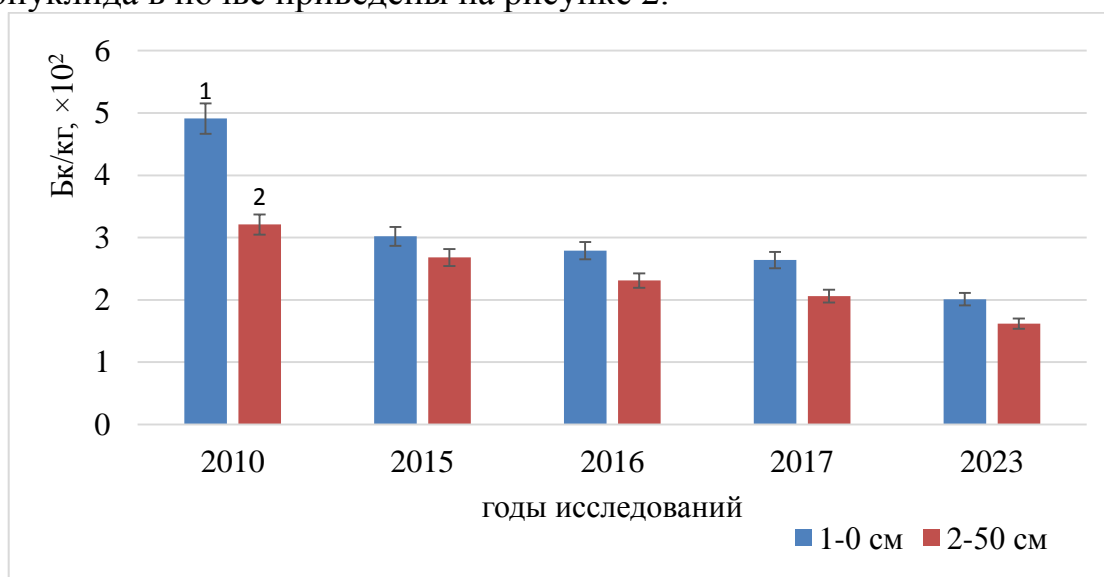


Рисунок 2. Динамика удельной активности ^{90}Sr в ядре фундука в зависимости от варианта расположения радионуклида в почве, сорт Луиза

Выполненный эксперимент и собранный материал позволили сделать заключение о том, что предложенный прием механической обработки почвы оказал влияние на накопление загрязнителя в ядре фундука. Больше в ядре ореха содержалось загрязнителя при первом варианте расположения радионуклида на почве. Различие, которое составило в 1,5 раз (2010 г) объясняется именно расположением ^{90}Sr в почве (Рисунок 2).

В течение периода исследований установлена тенденция снижения в содержании радионуклида в ядре ореха. В варианте с расположением радионуклида на поверхности почвы удельная активность в ядре ореха снизилась с 2010 г по 2023 г в 2,4 раза, при расположении нуклида в почве на глубине 50 см за этот же период времени она снизилась в 2,0 раз (Рисунок 2).

Обнаружено различие в содержании ^{90}Sr в околоплоднике фундука в зависимости от предлагаемого приема механической обработки почвы. Больше (в 1,4 раза) радионуклида содержалось в этой части плода при нахождении ^{90}Sr на поверхности почвы.

Содержание ^{90}Sr в листьях фундука в зависимости от приема механической обработки почвы приведено на рисунке 3.

Лист может участвовать в цепи питания животных, птиц, насекомых или при опадении оказаться на почве и загрязнять ее. Поэтому крайне важно знать содержание нуклида в этом органе, который может дать дополнительное

внутреннее облучение живого организма.

При изучении вариантов расположения нуклида в почве было установлено различие в накоплении ^{90}Sr в листьях. Больше его содержалось при расположении радионуклида на поверхности почвы, различие в 2010 г составило в 2,6 раза.

В течение периода исследований так же наблюдалось различие в накоплении стронция-90 в листьях фундука в диапазоне от 2,4 раза в 2015 г до 2,8 раз в 2023 году. На основании полученных экспериментальных данных было установлено, что предложенный прием механической обработки почвы оказал непосредственное влияние на удельную активность радионуклида в листьях изучаемого растения (Рисунок 3).

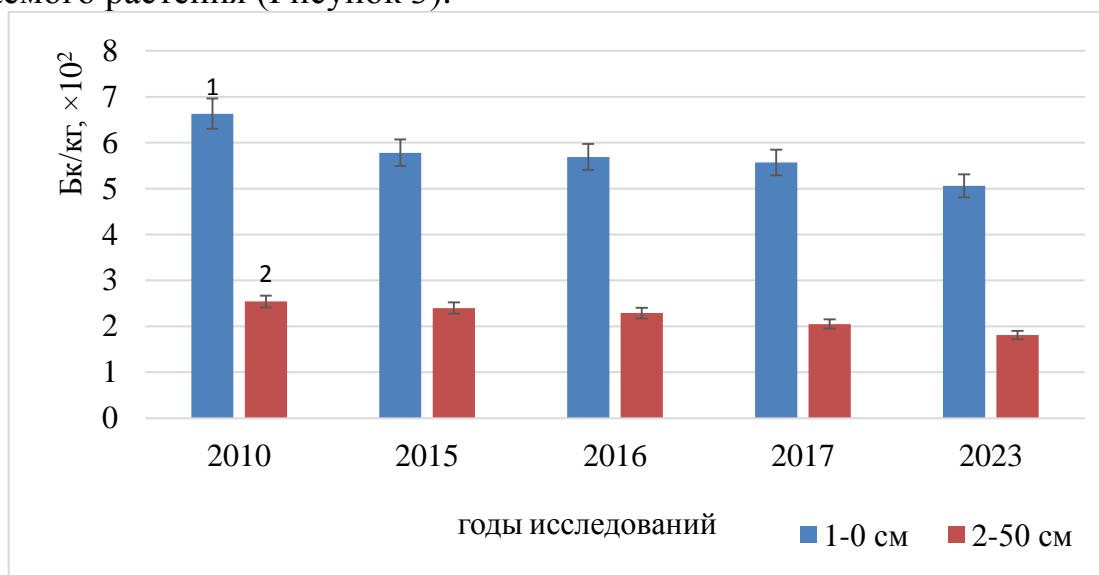


Рисунок 3. Динамика удельной активности ^{90}Sr в листьях фундука в зависимости от варианта расположения радионуклида в почве, сорт Луиза

В эксперименте участвовал сорт фундука Ата-баба. После выполненных исследований отмечена аналогичная закономерность в накоплении ^{90}Sr в коре, древесине, плодах, околоплоднике и листьях фундука. Больше накопилось ^{90}Sr в изучаемом растении при нахождении радионуклида на поверхности почвы, чем при заглублении на 50 см.

3.2 Накопление загрязняющего вещества в фундуке в зависимости от сортовых различий и времени нахождения его в почве

Эксперимент проведен на двух сортах фундука, которые наиболее часто используются для закладки орехоплодного сада на юге России. Результаты исследований по содержанию ^{90}Sr в коре изучаемых растений (радионуклид расположен на поверхности почвы) приведены на рисунке 4.

В результате выполненного эксперимента оказалось, что сорт Ата-баба отличается несколько большим накоплением нуклида в коре, чем сорт Луиза. Разница в содержании ^{90}Sr в коре между изучаемыми сортами в 2010 г составила на $0,27 \times 10^2$ Бк/кг, в 2015, 2016, 2017 и 2023 гг она была соответственно на $0,46 \times 10^2$; $0,34 \times 10^2$; $0,33 \times 10^2$ и $0,27 \times 10^2$ Бк/кг (Рисунок 4).

Различие в накоплении нуклида в коре фундука по изучаемым сортам можно объяснить сортовыми особенностями. Сорт Ата-баба отличается от сорта

Луиза по нескольким показателям: порослеобразовательной способностью, урожайностью, большей общей площадью листовой поверхности, созревает позже, чем сорт Луиза.

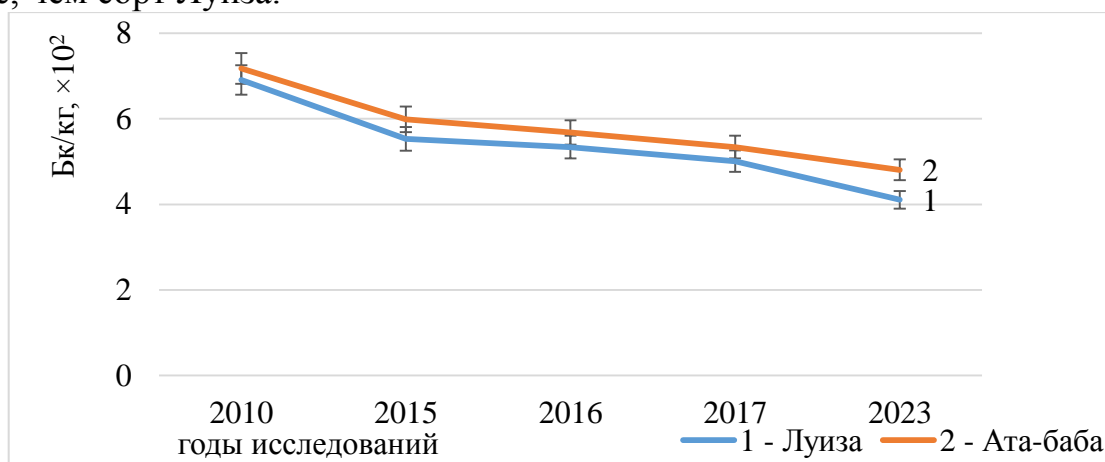


Рисунок 4. Содержание ^{90}Sr в коре фундука изучаемых сортов, в разные возрастные периоды

Общий объем листовой массы растения играет роль при накоплении нуклида в растении, так как больше питательных веществ поступает в него, а с ними и техногенного загрязнителя.

Сортовые особенности орехоплодного растения, как показали выполненные эксперименты, влияют на удельную активность стронция-90 в древесине. Сорт Ата-баба при расположении ^{90}Sr на поверхности почвы превзошел количественные показатели по накоплению в древесине для сорта Луиза. Различия весь период исследований составили от 1,1 (2010 г) до 1,5 раза (2023 г). При одинаковых условиях выращивания фундука и расположении изучаемого техногенного загрязнителя на поверхности почвы различие в его накоплении произошло из-за их сортовых различий.

Одной из задач в работе было определить содержание ^{90}Sr в ядре ореха фундука в зависимости от сортовых различий (радионуклид расположен на поверхности почвы) (Рисунок 5).

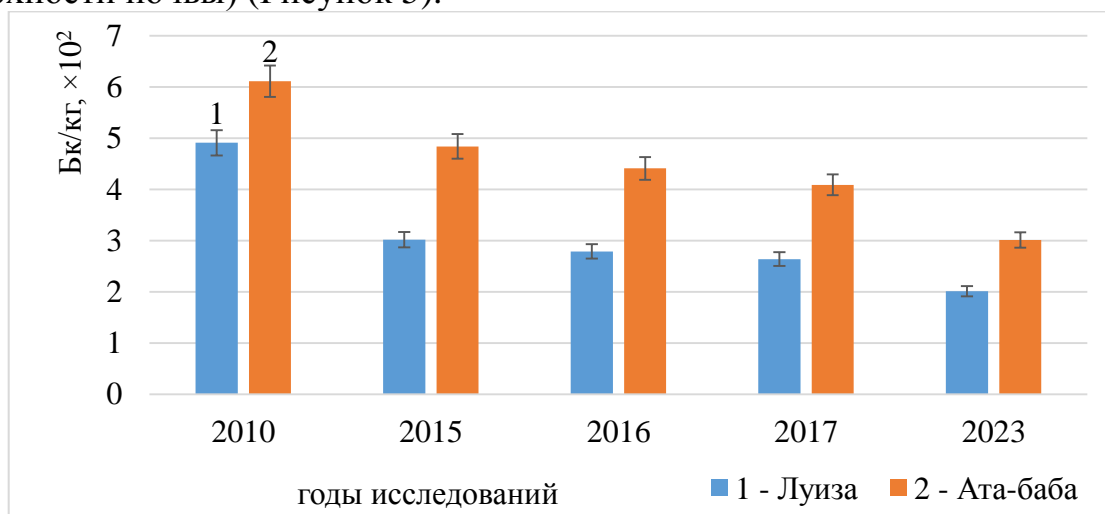


Рисунок 5. Удельная активность ^{90}Sr в ядре ореха фундука изучаемых сортов, в разные возрастные периоды

Ядро ореха фундук сорт Ата-баба больше содержит радионуклида, чем сорт Луиза. Накопление изучаемого техногенного загрязнителя различается по сортам в 2010 г в 1,2 раза, в 2015, 2016, 2017 и 2023 гг так же наблюдается различие соответственно в 1,6; 1,6; 1,5 и 1,5 раза. Исследования показали, что ядро ореха сорта Ата-баба окажет большее влияние на внутреннее облучение живого организма, находящегося в следующем звене трофической цепи. Исходя из полученного результата, в дальнейшем, после выполненного расчета коэффициента перехода, можно сделать выводы об использовании ядра ореха изученных сортов для народного хозяйства и составить прогноз по возможному созданию орехоплодного сада после радиоактивного загрязнения почвы.

Динамика удельной активности ^{90}Sr в листьях фундука в зависимости от сортовых особенностей, при отсутствии запахивания почвы, приведена на рисунке 6.

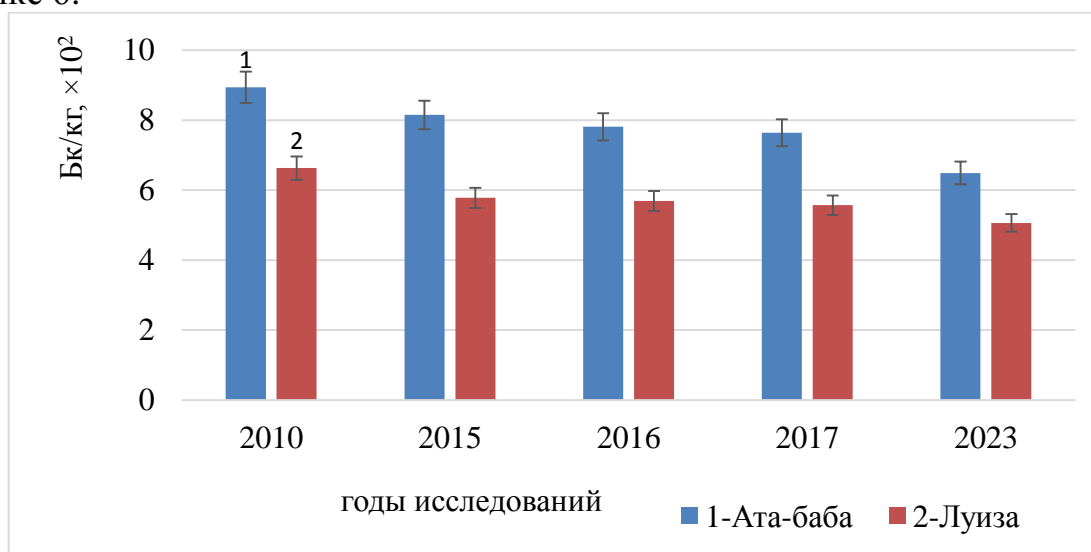


Рисунок 6. Динамика удельной активности ^{90}Sr в листьях ореха фундука в зависимости от сортовых особенностей

В листьях сорта фундука Ата-баба при поверхностном расположении нуклида на почве больше накапливается ^{90}Sr , чем в листьях сорта Луиза (Рисунок 6).

Наблюдается различие в содержании радионуклида в листьях в 2010 г в 1,3 раза. В следующие годы исследований также присутствует различие в накоплении ^{90}Sr : в 2015 г в 1,4, в 2016 г – в 1,4, в 2017 г – в 1,4 и в 2023 г – в 1,3 раза. Так же следует заметить, что на основании многолетних исследований удалось установить тенденцию в динамике снижения удельной активности ^{90}Sr в листьях и почках фундука обоих сортов (Рисунок 6).

Один из вариантов снижения удельной активности радионуклида в растении может быть проведение плантажной вспашки почвы.

Результаты исследований о накоплении ^{90}Sr в коре фундука после вспашки почвы и перемещении радионуклида на глубину 50 см приведены на рисунке 7.

В результате выполненного эксперимента установлено, что в коре фундука сорта Ата-баба содержалось нуклида больше, чем в коре сорта Луиза. Различие в удельной активности ^{90}Sr в коре между изучаемыми сортами в 2010, 2015, 2016, 2017 и 2023 гг составило соответственно в 1,2; 1,4; 1,4; 1,4 и 1,5 раза (Рисунок 7).

Различие в накоплении нуклида в коре фундука по изучаемым сортам можно объяснить сортовыми особенностями.

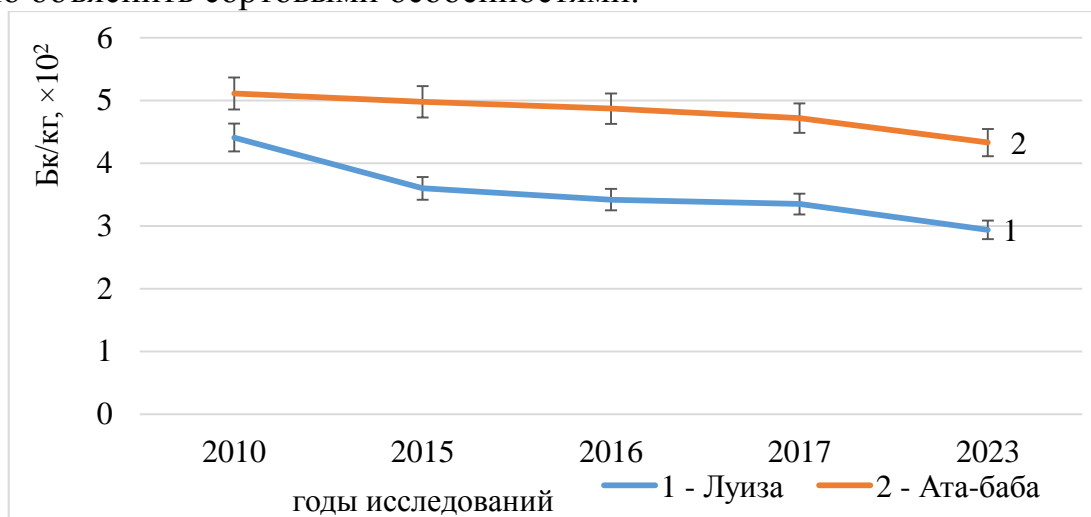


Рисунок 7. Содержание ^{90}Sr в коре фундука изучаемых сортов, в разные возрастные периоды

После выполненного в полевых условиях эксперимента, было установлено, что сортовые особенности фундука оказали влияние на удельную активность ^{90}Sr в древесине. Сорт Ата-баба при запахивании ^{90}Sr в почву на глубину 50 см превзошел количественные показатели по накоплению его в древесине для сорта Луиза. Различия за годы исследований составили от 1,1 (2010 г) до 1,6 раза (2023 г).

Одной из задач в работе было определить содержание ^{90}Sr в ядре ореха фундука в зависимости от сортовых различий, при расположении нуклида в почве на глубине 50 см (Рисунок 8).

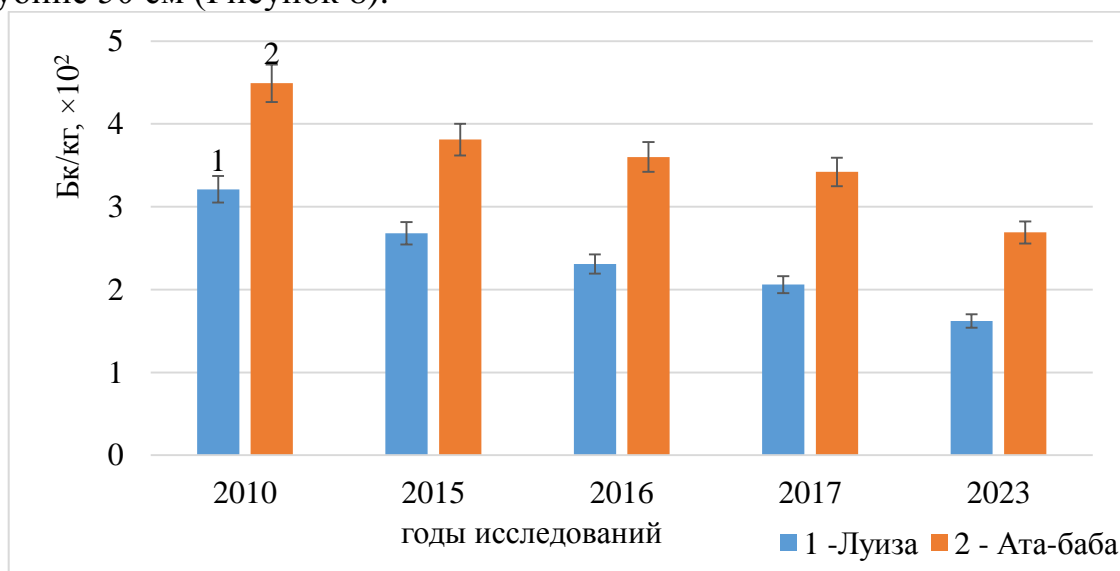


Рисунок 8. Содержание ^{90}Sr в ядре ореха фундука изучаемых сортов

Ядро ореха фундук сорт Ата-баба больше содержит радионуклида, чем ядро ореха сорта Луиза. Накопление изучаемого техногенного загрязнителя различается по сортам в 2010 г в 1,4 раза, в 2015, 2016, 2017 и 2023 гг так же наблюдается различие соответственно в 1,4; 1,6; 1,7 и 1,7 раза. Исследования показали, что ядро ореха сорта Ата-баба окажет большее влияние на внутреннее

облучение живого организма, находящегося в следующем звене трофической цепи.

Динамика удельной активности ^{90}Sr в листьях фундука в зависимости от сортовых особенностей, при запаховании радионуклида в почву на глубину 50 см, приведено на рисунке 9.

В фундуке сорт Ата-баба при запаховании радионуклида в почву на глубину 50 см больше накапливается ^{90}Sr в листьях, чем у сорта Луиза. Различие по удельной активности ^{90}Sr в листьях наблюдается в 2010 г в 1,6 раза. В продолжении следующих лет исследований также присутствует различие в накоплении ^{90}Sr : в 2015 г в 1,5; 2016 г в 1,4; в 2017 г – в 1,5; в 2023 г – в 1,4 раза.

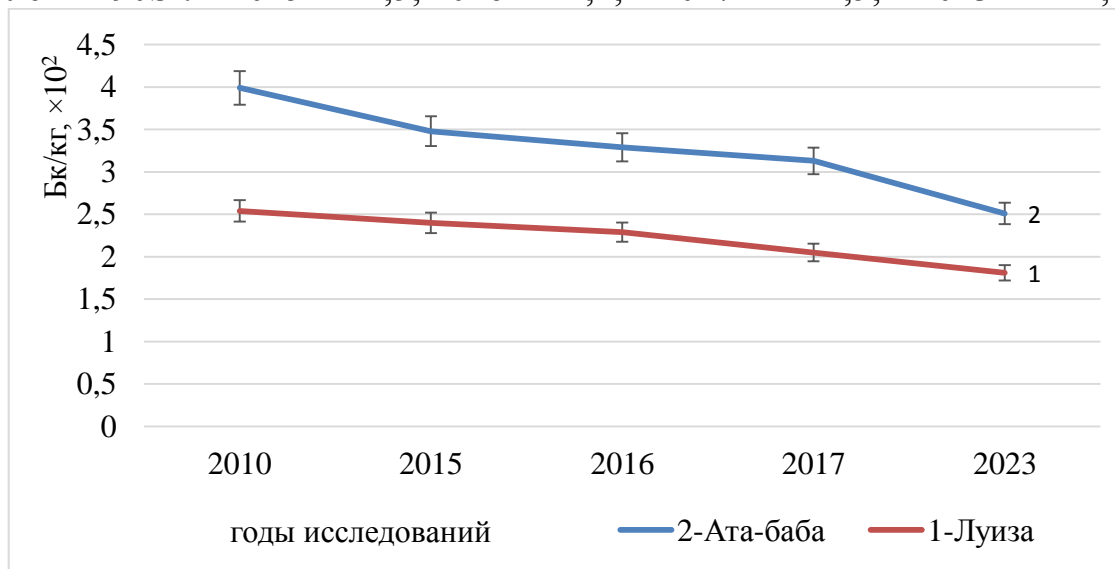


Рисунок 9. Динамика удельной активности ^{90}Sr в листьях фундука в зависимости от сортовых особенностей

В течение многих лет эксперимента происходит постепенное нивелирование, в сторону уменьшения, удельной активности ^{90}Sr в листьях обоих сортов (Рисунок 9).

3.3 Накопление ксенобиотика в землянике в зависимости от расположения его в почве

В опыте по изучению накопления ^{90}Sr в землянике, при радиоактивном загрязнении почвы использован сорт Клери раннего срока созревания. Плоды долго хранятся, хорошо переносят транспортировку, дает высокий урожай, вес отдельной ягоды достигает 40 г.

Удельная активность радионуклида была определена в листьях, побегах (усах) и ягодах. Динамика удельной активности ^{90}Sr в листьях земляники, в зависимости от изучаемых вариантов в опыте, приведена на рисунке 10.

Предложенный прием механической обработки почвы оказал влияние на динамику удельной активности ^{90}Sr в листьях земляники. Установлено, что без обработки почвы накопление изучаемого поллютанта в листьях было больше, чем после выполненной вспашки с перемещением верхнего загрязненного слоя почвы вглубь. Различие за период исследований составило: в 2015 г – в 9,5 раз, в 2016, 2017 и 2023 г соответственно – в 8,7; 9,2 и 9,0 раз (Рисунок 10).

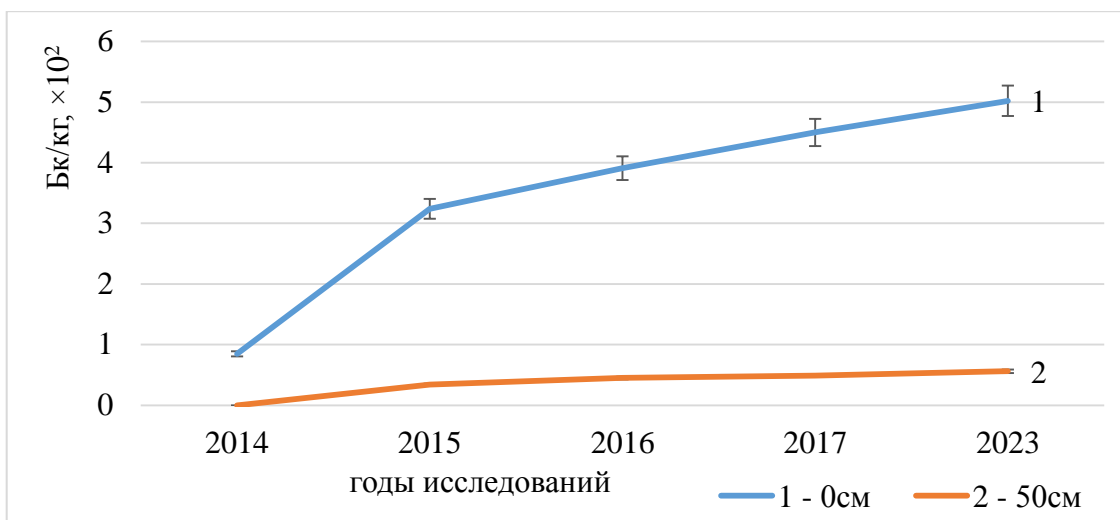


Рисунок 10. Динамика удельной активности ⁹⁰Sr в листьях земляники, в зависимости от расположения радионуклида в почве

Уже на второй год после посадки земляника дает побеги размножения. При уходе за ней эти побеги или удаляются, или используются для размножения. Одной из задач было определить содержание изучаемого радионуклида в побегах размножения земляники при различных вариантах расположения его в почве.

На рисунке 11 приведена динамика удельной активности ⁹⁰Sr в побегах земляники в зависимости от изучаемых вариантов в опыте.

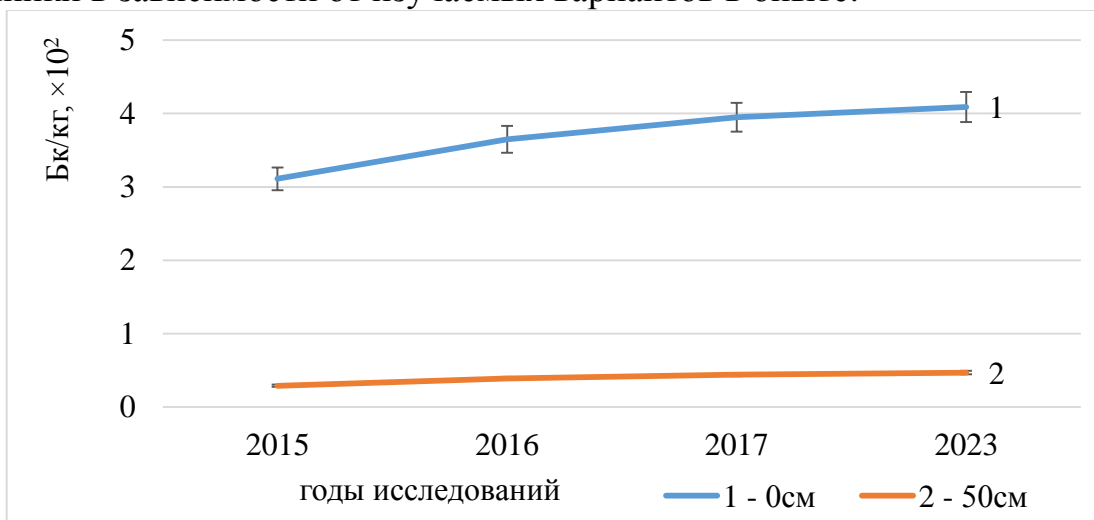


Рисунок 11. Содержание ⁹⁰Sr в побегах земляники, в зависимости от расположения радионуклида в почве

Предлагаемый прием механической обработки почвы при выращивании земляники оказал влияние на динамику удельной активности ⁹⁰Sr в побегах. В варианте без оборота пласта почвы содержание стронция-90 в побегах (усах) была больше, чем во втором варианте опыта, различие по годам исследований составило: в 2015 г – в 10,7 раз, в 2016, 2017 и 2023 г соответственно – в 9,4; 9,0 и 8,7 раз (Рисунок 11).

Конечно, земляника выращивается для получения урожая ягод. По этой причине очень важно иметь информацию о радиоактивном загрязнении ягод и возможном снижении этого загрязнения. Удельная активность ⁹⁰Sr в плодах

земляники, при различных вариантах нахождения его в почве, приведена на рисунке 12.

Удельная активность ^{90}Sr в плодах земляники была выше в варианте без обработки почвы. Различие в накоплении изучаемого поллютанта за период исследований составило: в 2015 г – в 21,2 раз, в 2016, 2017 и 2023 г соответственно – в 20,2; 19,8 и 19,2 раза.

Установлено, что предложенный прием механической обработки почвы оказывает влияние на динамику удельной активности ^{90}Sr в ягодах земляники (Рисунок 12).

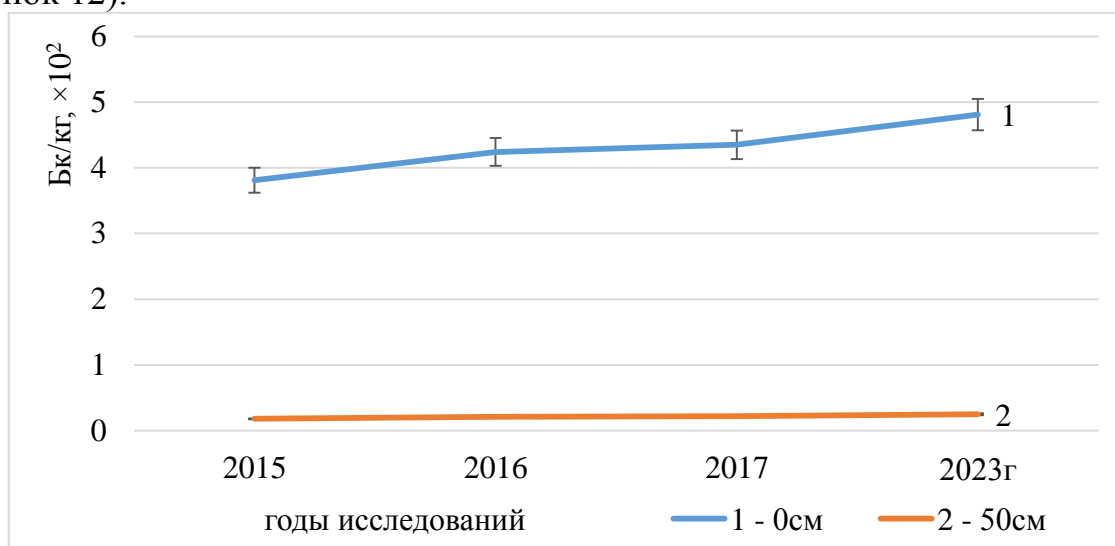


Рисунок 12. Удельная активность ^{90}Sr в ягодах земляники, при различной глубине его расположения в почве

3.4 Влияние сортовых различий на содержание поллютанта в растениях земляники

Для изучения различий удельной активности ^{90}Sr в землянике по характеристике особенностей сортов выбор был остановлен на сортах Клери и Пандора. Содержание стронция-90 в листьях разных сортов земляники приведено на рисунке 13.

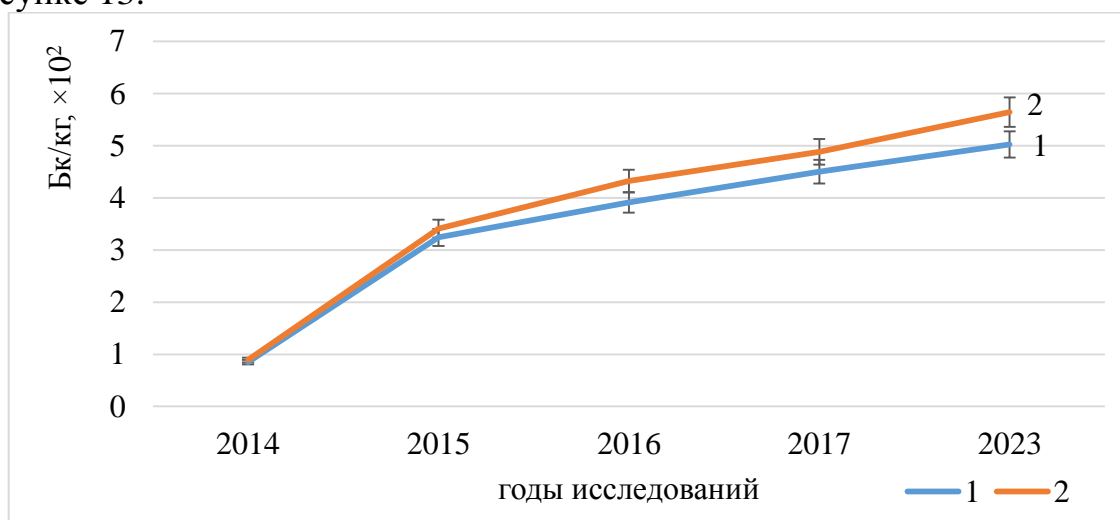


Рисунок 13. Содержание ^{90}Sr в листьях земляники, при его расположении на поверхности почвы: 1 – сорт Клери, 2– сорт Пандора

В листе сорта Пандора содержание ^{90}Sr больше, чем у сорта Клери, вариант опыта – без вспашки. Если в первый год, сразу после посадки, различий практически не было, то уже начиная с 2015 г они определены. Большее накопление нуклида в листьях сорта Пандора объясняется не только мощностью куста, но и продолжительностью вегетационного периода в сравнении с сортом Клери.

Размножается земляника побегами (усами). В связи с тем, что усы могут быть посадочным материалом для восстановления плантации или для создания других плантаций, требуется знать содержание в них радионуклида.

Многолетний полевой эксперимент позволил сделать заключение, что при отсутствии запахивания ^{90}Sr в почву, в побегах земляники сорт Пандора накапливается его больше, чем во втором изучаемом сорте. В следующем году после высадки кустов земляники в почву (2015 г) разница по удельной активности ^{90}Sr между сортами составляла на $0,24 \times 10^2$ Бк/кг, в 2016; 2017 и 2023 гг она увеличилась соответственно – на $0,58 \times 10^2$; $0,49 \times 10^2$ и $0,53 \times 10^2$ Бк/кг (Рисунок 14).

То есть сортовые особенности – срок созревания, мощность куста и общая площадь листьев, оказали влияние на различие в накоплении нуклида.

Важнейшим показателем в накоплении ^{90}Sr в землянике является его содержание в плодах. Результаты полевого эксперимента, по содержанию нуклида в ягодах в зависимости от сорта, приведены на рисунке 15.

В ягодах земляники сорта Пандора содержание радионуклида было выше, чем в ягодах сорта Клери. Разница в накоплении по годам исследований составляла на $0,21 \times 10^2$; $0,44 \times 10^2$; $0,66 \times 10^2$ и $0,68 \times 10^2$ Бк/кг соответственно в 2015, 2016, 2017 и 2023 гг (Рисунок 15).

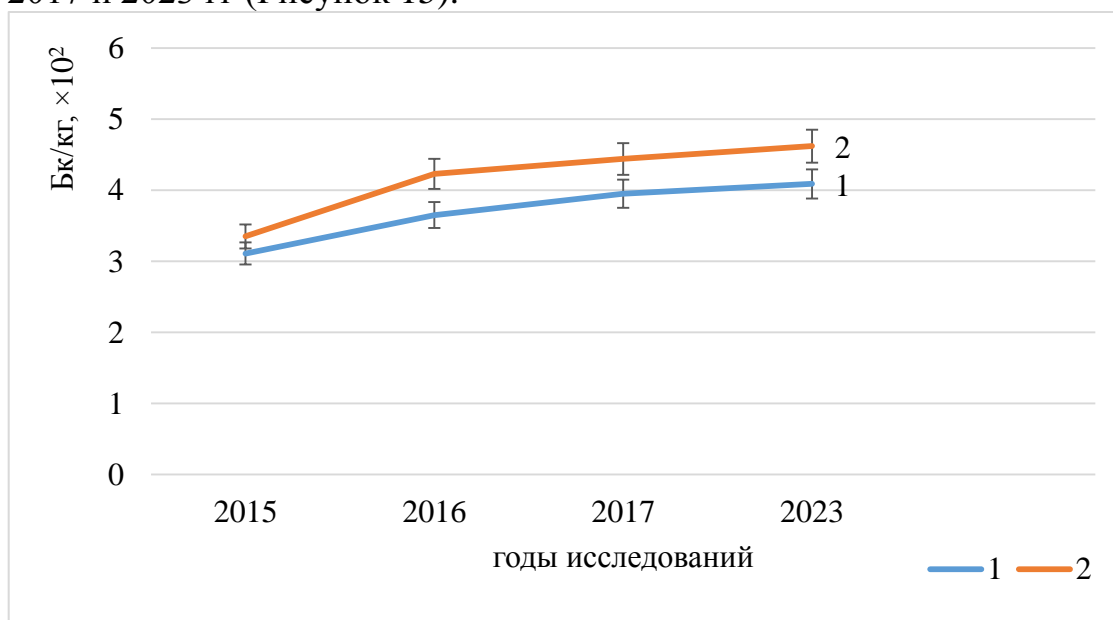


Рисунок 14. Содержание ^{90}Sr в побегах (усах) земляники, без оборота почвенного пласта: 1 – сорт Клери, 2– сорт Пандора

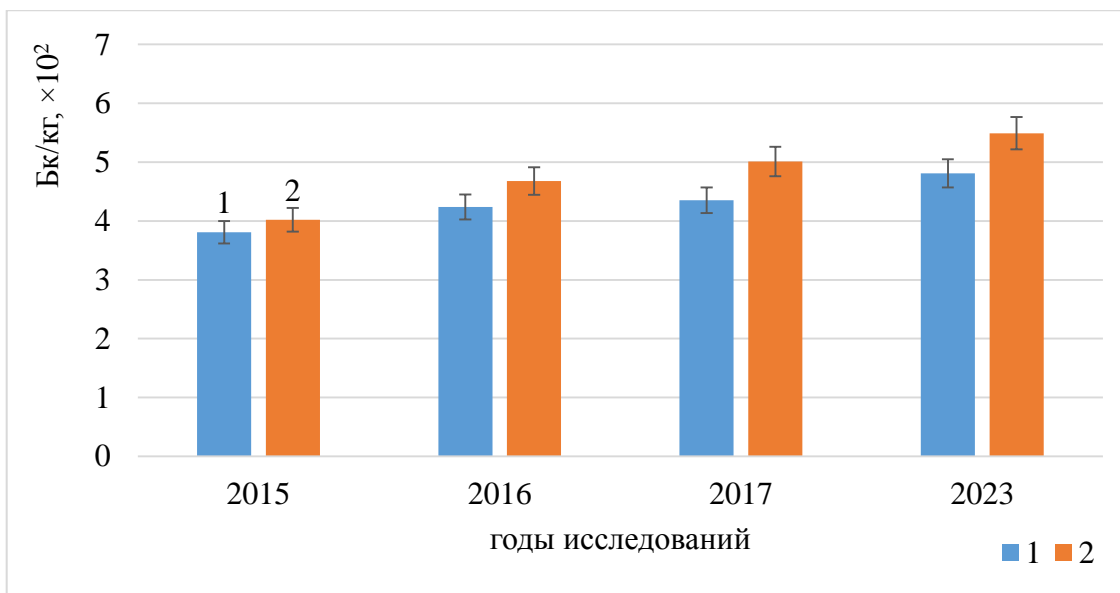


Рисунок 15. Содержание ^{90}Sr в ягодах земляники, при расположении его на почве: 1 – сорт Клери, 2– сорт Пандора

Проведение плантажной вспашки дает возможность переместить верхний загрязненный слой почвы на глубину. В результате многолетнего периода исследований было установлено, что удельная активность ^{90}Sr в листьях земляники, после выполненной вспашки и перемещением верхнего загрязненного слоя почвы на глубину 50 см невысокая, от $0,34 \times 10^2$ до $0,79 \times 10^2$ Бк/кг. Тем не менее, различие в накоплении нуклида между изучаемыми сортами установлено, в 2015, 2016, 2017 и 2023 гг – соответственно в 1,2; 1,4; 1,5 и 1,4 раза. Причиной этому являются сортовые особенности сорта Пандора и сорта Клери.

В результате многолетних исследований было определено содержание нуклида в побегах (усах) земляники в зависимости от сортовых особенностей, при расположении ^{90}Sr в нижних слоях почвы. Установлено различие в накоплении ^{90}Sr в 2015, 2016, 2017 и 2023 гг, которое составило соответственно в 1,2; 1,3; 1,3 и 1,3 раза. Причинами разного накопления нуклида в побегах земляники были их сортовые особенности, которые приведены выше.

Ягоды земляники, при радиоактивном загрязнении почвы, так же могут быть загрязнены. Содержание ^{90}Sr в ягодах изучаемых сортов земляники, при перемещении его в нижние слои почвы, приведена на рисунке 16. Отмечена разница в накоплении ^{90}Sr по изучаемым сортам, однако она была очень малой, на $0,05 \times 10^2$ Бк/кг. В дальнейшем – 2016, 2017 и 2023 гг разница в содержании нуклида в ягодах по сортам увеличилась соответственно на $0,12 \times 10^2$; $0,18 \times 10^2$ и $0,19 \times 10^2$ Бк/кг (Рисунок 16). Объяснить эту разницу в накоплении можно именно сортовыми особенностями земляники, которые уже были приведены выше.

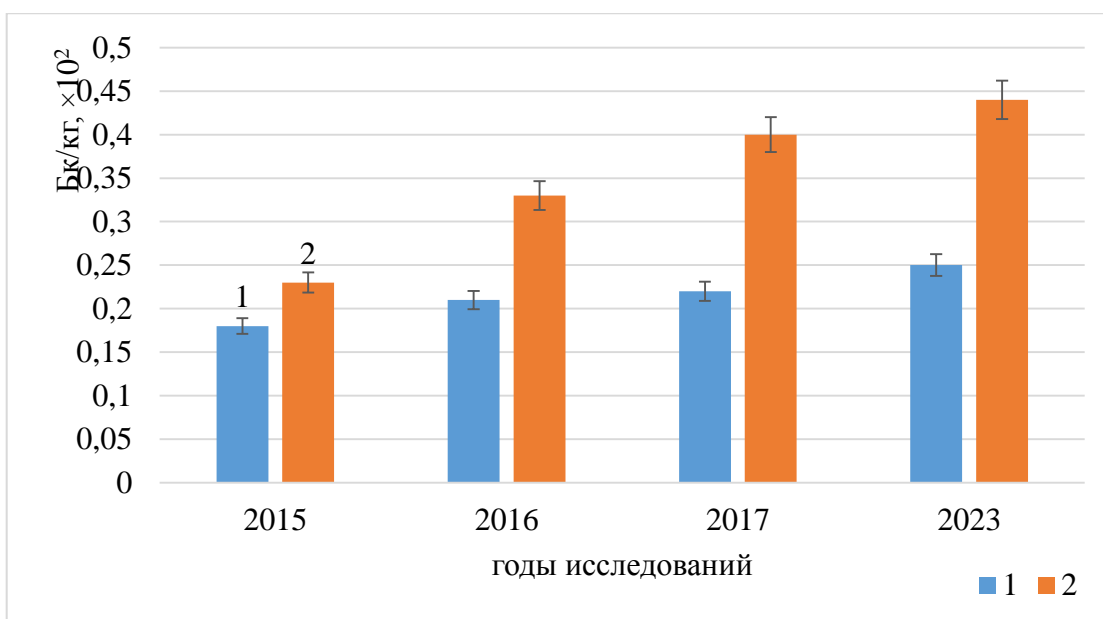


Рисунок 16. Содержание ^{90}Sr в ягодах земляники, при перемещении его вглубь почвы на 50 см: 1 – сорт Клери, 2 – сорт Пандора

3.5 Зависимость содержания ксенобиотика в фундуке и землянике от их биологических особенностей при расположении его на поверхности почвы

Для определения влияния биологических особенностей фундука и земляники на накопление в них радионуклида, при расположении его на поверхности почвы, были выбраны соответственно сорта – Ата-баба и Пандора. В результате исследований, которые представлены выше, было установлено, что эти сорта фундука и земляники отличаются высокой интенсивностью в накоплении нуклида, поэтому именно им отдано предпочтение при проведении сравнительной оценки в накоплении радионуклида.

Важнейшим показателем, характеризующим сельскохозяйственное растение с точки зрения его возможного использования для питания человека, является содержание нуклида в плодах (рис. 17).

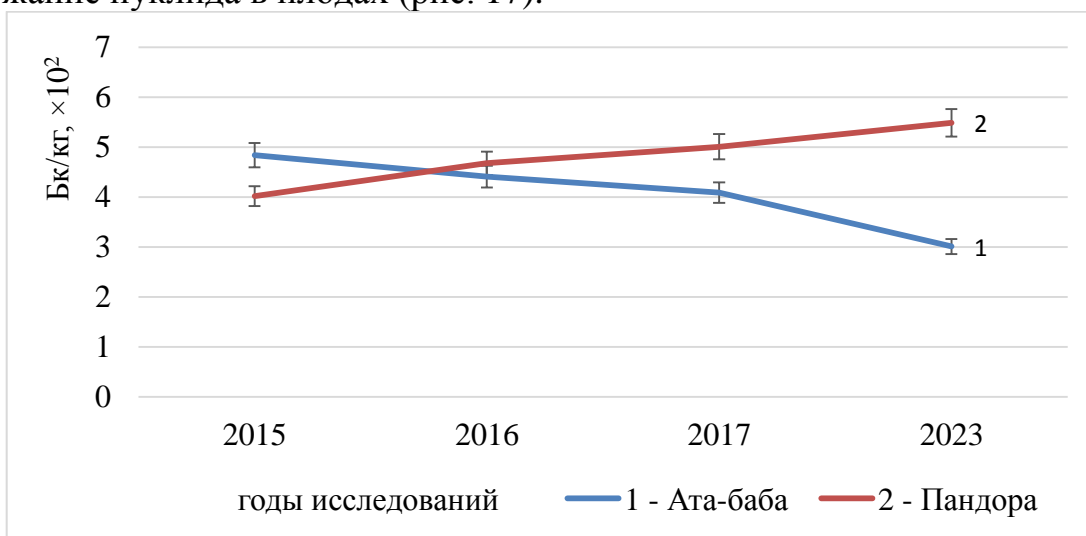


Рисунок 17. Удельная активность ^{90}Sr в плодах фундука и земляники, при расположении его на поверхности почвы

В результате исследований было установлено, что содержание поллютанта в плодах фундука с течением времени уменьшается. За период выполнения работы (2015 – 2017, 2023 гг) содержание изучаемого техногенного загрязнителя в ядре ореха снизилось на $1,83 \times 10^2$ Бк/кг.

В процессе наблюдений было установлено, что за этот же период исследований содержание нуклида в плодах земляники увеличилось на $1,47 \times 10^2$ Бк/кг. Для земляники можно указать очень важную особенность – это расположение плодов непосредственно на поверхности почвы. В связи с тем, что ^{90}Sr в почве обладает миграционной способностью более длительной во времени, по сравнению с ^{137}Cs , он продолжает накапливаться в плодах земляники с поверхности почвы длительное время. Кроме того, одной из биологических особенностей земляники является расположение корневой системы в верхнем слое почвы, радионуклид так же находится на поверхности почвы, что способствовало хорошему контакту корневой системы с радионуклидом.

3.6 Накопление ксенобиотика в фундуке и землянике в зависимости от их биологических особенностей при расположении его в почве на глубине 50 см

Выполнены исследования по миграции ^{90}Sr в звене пищевой цепи «почва-растение» при расположении его в почве на глубине 50 см. Эксперимент выполнен на орехоплодном растении – фундук и ягодной культуре – землянике. Содержание радионуклида в плодах фундука и земляники при расположении его в почве на глубине 50 см приведено на рисунке 18.

За период исследований было установлено различие в накоплении радионуклида в ядре ореха и ягодах земляники, которое в 2015, 2016, 2017 и 2023 гг составляло соответственно в 16,6; 10,9; 8,6 и 6,1 раз (Рисунок 18).

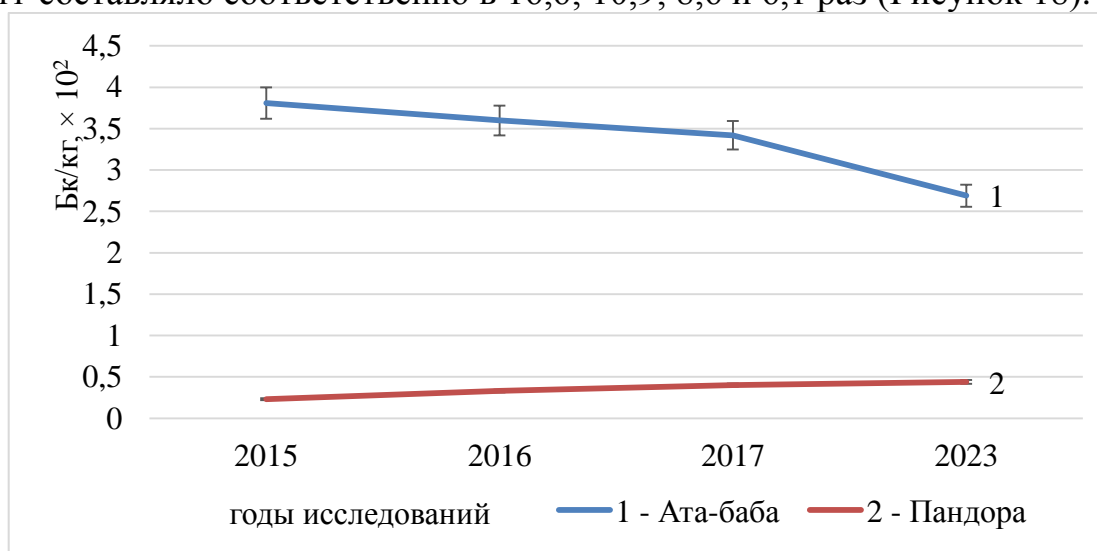


Рисунок 18. Удельная активность ^{90}Sr в плодах фундука и земляники, при расположении его в почве на глубине 50 см,

Причиной этого различия является в первую очередь биологическая особенность изучаемых растений, одной из них является расположение корневой системы в почве.

Вариант заглубления радионуклида в почву на 50 см исключил возможность поверхностного загрязнения плодов, особенно земляники и на первый план

вышла особенность в расположении корневой системы в почве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Наименьшая удельная активность ^{90}Sr в вегетативных и генеративных органах фундука определена при расположении радионуклида в почве на глубине 50 см.

2. Установлено, что накопление ^{90}Sr в органах и частях фундука для сорта Ата-баба выше, чем для сорта Луиза.

3. Установлено, что накопление радионуклида в вегетативных и генеративных органах земляники выше при расположении радионуклида на поверхности почвы, чем при его заглублении в почву на 50 см. Наибольшее различие в содержании ^{90}Sr между вариантами достигало в 2015 г: для листьев – в 9,5 раз, побегов (усов) – в 10,7 раз, ягодах – в 21,2 раза. За годы исследований происходит постепенное увеличение содержания нуклида во всех органах растения, но более интенсивное, при расположении нуклида на поверхности почвы.

4. Установлено, что биологические особенности изучаемых сортов земляники оказали влияние на накопление радионуклида в вегетативных и генеративных органах. Наибольшее накопление ^{90}Sr отмечено для сорта Пандора. Различие в содержании нуклида в плодах между сортами по вариантам составило соответственно к 2023 г – в 1,2 и 1,8 раз.

5. Выявлено, что при расположении нуклида на поверхности почвы и на глубине 50 см наибольшему загрязнению подвержены листья земляники, в сравнении с ягодами и побегами. При расположении радионуклида на поверхности почвы удельная активность ^{90}Sr в листьях составляет $5,02 \times 10^2$, побегах – $4,09 \times 10^2$, ягодах – $4,81 \times 10^2$ Бк/кг. При расположении радионуклида в почве на глубине 50 см удельная активность ^{90}Sr в листьях составляет $0,56 \times 10^2$, побегах – $0,47 \times 10^2$, ягодах – $0,25 \times 10^2$ Бк/кг.

6. Определено, что содержание ^{90}Sr в листьях и побегах фундука в 2017 г было выше, чем у земляники при расположении его на поверхности почвы соответственно в 1,6 и 1,2 раза, а при перемещении радионуклида в почву на глубину 50 см соответственно в – 4,3 и 8,1 раз

7. В плодах фундука в 2017 г накопление нуклида было ниже, чем у земляники при расположении ^{90}Sr на поверхности почвы в 1,2 раза, в 2023 г – 1,8 раз. При заглублении радионуклида в почву на 50 см в плодах земляники его накапливалось меньше, чем в плодах фундука в 2017г – в 8,6 раз, а в 2023 г – в 6,1 раз.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В условиях техногенного загрязнения территории юга России при выращивании ореха фундук (возраст 21 год и период 26 – 34 года) и земляники рекомендуется:

- при выращивании фундука провести плантажную вспашку, в этом случае накопление нуклида в вегетативных и генеративных органах будет меньше;
- при создании сада фундука использовать сорт Луиза, который обладает не высоким, в сравнении с сортом Ата-баба, накоплением нуклида в обоих вариантах его выращивания;
- при создании плантации земляники провести плантажную вспашку, накопление загрязнителя в вегетативных и генеративных органах в этом случае будет меньше;
- созданию плантации земляники рекомендуется сорт Клери, так как при техногенном загрязнении почвы в обоих вариантах этот сорт меньше накапливал изучаемого радионуклида.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

В изданиях из списка ВАК

1. Мельченко, А. И. Оценка влияния биологических особенностей семечковых и орехоплодных пород на накопление радионуклидов в различных их органах и частях / А. И. Мельченко, Б. И. Жуков, **Е. А. Мельченко**, В. А. Мельченко, В. В. Курбатова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2007. – 2(6). – С.71 – 74. EDN: JUGXDD
2. Мельченко, А. И. Накопление ^{90}Sr в органах орехоплодных пород в зависимости от их сортовых особенностей / А. И. Мельченко, В. А. Яковук, **Е. А. Мельченко** // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2008. – 2(11). – С.154 – 159. EDN: JHASF
3. Мельченко, А. И. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах в зависимости от времени их контакта с растениями / А. И. Мельченко, **Е. А. Мельченко**, В. А. Мельченко // Труды кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2011. – 4 (31). – С.157 – 161. EDN: MXVALU
4. Мельченко, А. И. Влияние температуры воды на поступление радионуклидов в растения при поливе посевов способом – дождевание / А. И. Мельченко, Н. В. Чернышева, В. А. Погорелова, **Е. А. Мельченко** // Труды кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2014. – 2 (47). – С.88 – 93. EDN: TGTVGD
5. Мельченко, А. И. Динамика накопления ^{90}Sr в вегетативных и генеративных органах различных сортов фундука / А. И. Мельченко, А. Н. Кравченко, **Е. А. Мельченко** // Проблемы региональной экологии. – 2016. – №3 – С.51 – 55. EDN: WKBIYT
6. Погорелова В. А. Накопление ^{90}Sr в растительном опаде плодового ценоза / В. А. Погорелова, Б. С. Ципинова, **Е. А. Мельченко**, Ю. Н. Ашинов // Новые технологии / New technologies. 2022. – №18(4). – С.201 – 209. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-201-209>

7. **Мельченко, Е. А.** Содержание техногенного загрязнителя в вегетативных и генеративных органах земляники в зависимости от сорта / Е. А. Мельченко, С. Б. Криворотов, А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2024. – № 2 (75). – С.6 – 13. DOI: 10.34655/bgsha.2024.75.2.001

8. **Мельченко, Е. А.** Глубокая вспашка почвы, как агротехнический прием в снижении накопления ^{90}Sr в землянике // Е. А. Мельченко, В. А. Погорелова, С. Б. Криворотов, А. И. Мельченко // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2024. – № 2 (54). – С.34 – 42. EDN: OABJWN

9. **Мельченко, Е. А.** Накопление стронция-90 в землянике в зависимости от расположения его в почве // Е. А. Мельченко, С. Б. Криворотов, М. А. Мазиров, А. И. Мельченко // Агротехнический вестник. 2024. – № 1. – С.55 – 58. DOI: 10.24412/1029-2551-2024-1-010

Публикации в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных

10. Мельченко, А. И. Заглубление ^{90}Sr в почву, как вариант снижения его накопления в вегетативной и генеративной части кустарниковых растений / А. И. Мельченко, М. В. Татарин, **Е. А. Мельченко** // Biogeosystem Technigue. 2016. – №.1(7). – С.65 – 76. DOI: 10.13187/bgt.2016.7.65

11. Мельченко, А. И. Накопление стронция-90 в землянике (сорт «Пандора») в зависимости от глубины залегания его в почве / А. И. Мельченко, **Е. А. Мельченко**, О. П. Неверова // Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2018. – Т. 4. – №. 3. – С.23 – 31. DOI: 10.22406/aabs-18-4.3-23-31

Статьи в других изданиях

Международные и Всероссийские конференции и симпозиумы

12. **Мельченко, Е. А.** Накопление ^{90}Sr в землянике (сорт «Клери») в зависимости от глубины залегания его в почве / Е. А. Мельченко, В. А. Погорелова, А. И. Мельченко // Международная научно-практическая конференция и школа молодых ученых. «Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона». Коллективная монография в 2 томах. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский аграрный научный центр». Иваново, 2018. – С.449 – 459. EDN: YUVZGP

13. Мельченко, А. И. Содержание в вегетативных и генеративных органах малины (*Rubus idaeus* L) ^{90}Sr при поверхностном его расположении на почве / А. И. Мельченко, Т. Г. Гераскина, **Е. А. Мельченко**, М. А. Мазиров // Сахаровские чтения 2019 года: Экологические проблемы XXI века Материалы 19-й Международной научной конференции. Минск, 2019 – С.177 – 180. ISBN 978-985-7224-33-3.

14. **Мельченко, Е. А.** Накопление радионуклидов в листовом опаде ягодных растений в зависимости от агротехники их выращивания / Е. А. Мельченко, А. И. Мельченко // В сборнике: Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии. Материалы ежегодной научно-практической

конференции преподавателей по итогам НИР за 2022 г. Краснодар, 2023. – С.41 – 43. EDN: MLPWIW

15. Хорунжая, С. А. Состояние садозащитных лесных полос на территории 1-го отделения учхоза «Кубань» / С. А. Хорунжая, **Е. А. Мельченко**, В. А. Погорелова, А. В. Погорелов // В сборнике: Российская цивилизация в эпоху глобальной эволюции: обеспечение безопасности и поиск путей решения проблем в условиях меняющегося миропорядка. Сборник статей по материалам II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей. 2023. – С.135 – 137. EDN: КОМНЗК

16. **Мельченко, Е. А.** Особенности накопления техногенного загрязнителя в орехоплодных культурах / Е. А. Мельченко, В. А. Погорелова // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 79-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2023 год. В 2-х частях. Краснодар, 2024. – С.56 – 58. ISBN 978-5-907906-00-6

17. **Мельченко, Е. А.** Миграция радионуклида в орехоплодном саду / Е. А. Мельченко, А. Г. Максименко // В сборнике: Приоритетные направления развития науки и технологий. Сборник XXXIV Международной научно-практической конференции. Тула, 2024. – С.29 – 32. ISBN 978-5-7679-5455-1