

тельностью людей. В данном случае современные методы изучения живых объектов гармонично согласуются с классическими биологическими экспериментами.

Современный человек обязан не только знать, но и постоянно чувствовать личную ответственность за состояние окружающей среды. В связи с этим в Беларуси с учетом мирового опыта была разработана и внедряется Концепция образования в области окружающей среды. Она опирается на ведущие международные и отечественные документы и, соответственно, основой этого является биология.

Для обеспечения реализации на практике основных положений Концепции образования в области окружающей среды разработана Республиканская программа совершенствования в области окружающей среды, в которой сформулированы требования к содержанию образования, намечены основные пути достижения целей, стоящих перед системой образования в области окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крылова, Н. Б. Культурология образования / Н. Б. Крылова. – М. : Народное образование, 2000.
2. Левиева, С. Н. Мир профессий / С. Н. Левиева. – М. : Молодая гвардия, 1985.
3. Леонтьев, Д. Е. Профессиональное самоопределение как построение образов возможного будущего / Д. Е. Леонтьев. – М. : 2001.
4. Утешкалиева, А. М. Проблемы развития экологического образования в современной средней школе / А. М. Утешкалиева, Р. Х. Джамалетдинов // Вестник «Хабаршы» АГУ им Х. Досмухамедова. – 2009. – № 3 (14). – С. 88–91.
5. Еремина, О.А. Информационные технологии в экологическом образовании школьников / О. А. Еремина // Дополнительное образование. – 2006. – № 6. – С. 43–46.
6. Рахматуллаева, М. Д. Научные основы формирования экологического воспитания на основе метапредметного подхода в общеобразовательных учреждениях / М. Д. Рахматуллаева, Р. Кадырова // Молодой ученый. – 2010. – № 10. – С. 302–305.
7. Лях, Ю. Г. Роль биологии как общеобразовательного предмета в формировании экологического восприятия окружающей среды / Ю. Г. Лях, Я. А. Марченко // V Междунар. науч.-практ. конф. «Зоологические чтения – 2019» г. Гродно, 20–22 марта 2019. – Гродно, 2019. – С. 175–177.

## СОДЕРЖАНИЕ В ВЕГЕТАТИВНЫХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНАХ МАЛИНЫ (*RUBUS IDAEUS* L) <sup>90</sup>Sr ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ЕГО РАСПОЛОЖЕНИИ НА ПОЧВЕ THE CONTENT IN VEGETATIVE AND GENERATIVE ORGANS OF RASPBERRY (*RUBUS IDAEUS* L) OF <sup>90</sup>Sr AT ITS SURFACE LOCATION ON THE SOIL

**А. И. Мельченко, Т. Г. Гераськина, Е. А. Мельченко, М. А. Мазиров**  
**A. Melchenko, T. Geras'kina, E. Melchenko, M. Mazirov**

*Кубанский государственный аграрный университет, им. И. Т. Трубилина,  
г. Краснодар, Российская Федерация  
mail@kubsau.ru*

*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin,  
Krasnodar, Russian Federation*

В связи с увеличением численности населения на планете и ростом его благосостояния требуется производить все больше энергии. Существует довольно много различных источников ее получения, один из них – атомная энергетика. Реакторы, используемые на АЭС, модернизируются, однако аварийные ситуации были в прошлом, они возможны и в будущем. Актуальность научной работы – полученный в полевых условиях экспериментальный материал позволит принять решение об использовании радиоактивно загрязненных сельхозугодий для производства продукции. Установлено, что листва малины отличается наибольшим накоплением <sup>90</sup>Sr, ягоды – наименьшим, наблюдается тенденция к постепенному увеличению содержания <sup>90</sup>Sr в вегетативных и генеративных органах малины. На основе экспериментальных данных, после расчета коэффициентов перехода, появится возможность составить прогноз о накоплении <sup>90</sup>Sr в различных органах растений и дать рекомендации о дальнейшем использовании сельскохозяйственных площадей.

Due to the increase in the number of people on the planet and the growth of its well-being, it is necessary to produce more energy. There are quite a few different sources of its production, one of them – nuclear power. The reactors used at nuclear power plants modernize, however, an emergency situation was in the past, they are possible in the future. Relevance of scientific work-the experimental material obtained in the field will allow to make

a decision on the use of radioactive contaminated farmland for production. It was found that raspberry leaves have the highest accumulation of  $^{90}\text{Sr}$ , berries-the lowest, there is a tendency to a gradual increase in the content of  $^{90}\text{Sr}$  in the vegetative and generative organs of raspberry. On the basis of experimental data, after calculating the transition coefficients, it will be possible to predict the accumulation of  $^{90}\text{Sr}$  in various plant organs and make recommendations on the further use of agricultural land

*Ключевые слова:* радионуклид, почва, растения, миграция, накопление.

*Keywords:* radionuclide, soil, plants, migration, accumulation.

Растущее благосостояние человечества требует увеличения производимой энергии. Одним из источников энергии, к которому сформировалось довольно противоречивое отношение, является атомная энергетика. Аварийные ситуации, случившиеся на Чернобыльской АЭС и Фукусима 1, у некоторой категории людей усилили негативное к ней отношение. Однако другая часть человечества склонна к утверждению, что атомная энергетика, энергетика будущего и ее надо развивать, строить новые АЭС, разрабатывать более совершенные и безопасные реакторы. Тем более, что атомные электростанции, в оптимальном режиме работы, не влияют на современные экологические глобальные проблемы человечества, такие как «парниковый эффект», «кислотные дожди» [1]. Одной из главных причин возникновения «парникового эффекта» считается выделение в атмосферу большого количества углекислого газа. Основным его источником при производстве электроэнергии на тепловых электростанциях является сгорание мазута, каменного угля, природного газа, которые не применяются в виде топлива для АЭС. То есть при работе АЭС эти выбросы в атмосферу отсутствуют. Так же при сжигании ископаемого топлива образуются оксиды серы и азота, которые при взаимодействии с влагой атмосферы выпадают в виде «кислотных дождей». Отрицательные последствия для гидросферы и литосферы от этих осадков огромны [2].

Эксплуатация атомной электростанции также таит в себе угрозы для окружающей среды. В случае аварийных ситуаций на предприятиях атомной энергетики последствия для окружающей среды могут быть трагичными. Возможно масштабное радиоактивное загрязнение различных территорий, в том числе и сельскохозяйственных угодий. При этом возникает много вопросов, касающихся дальнейшего использования этих площадей в сфере сельского хозяйства. Научные исследования, направленные на решение этих задач, актуальны в настоящее время и в дальнейшем их значимость будет увеличиваться [3].

Цель научной работы: определить накопление в вегетативных и генеративных органах малины  $^{90}\text{Sr}$  при его расположении на поверхности почвы.

Малина является одной из ведущих ягодных культур. В России площадь под этой культурой постепенно увеличивается, так как плоды ее являются ценнейшим продуктом питания. Ягоды этого растения всегда пользуются спросом у населения. Кроме того, что плоды малины привлекательны по внешним признакам, так они еще обладают и приятным вкусом, тонким неповторимым ароматом, тонизирующим действием на организм.

Ягоды малины содержат в среднем 0,8 % белков, 8–10 % сахаров, 5,5 % клетчатки, 1,7 % органических кислот. Из минеральных веществ в них присутствуют калий, кальций, фосфор, железо, из витаминов – А, С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР. Малина содержит салициловую кислоту и антибиотики, которые благоприятно действуют при простудных заболеваниях.

Опыты проводились в Краснодарском крае на почве – чернозем выщелоченный малогумусный, сверхмощный [4].

Все работы по подготовке территории проводились очень тщательно с соблюдением однородности условий [5]. С обеих сторон опытного участка расположены защитные растения. С учетом сказанного, полевые опыты заложены стандартным методом размещения вариантов.

Экспериментальный участок был заложен в полевых условиях в 2016 г. На опытных делянках проведена посадка саженцев малины. Радионуклид ( $^{90}\text{SrCl}_2$ ) расположен на поверхности почвы. Площадь питания малины 2,0×0,5 м. Уровень загрязнения составил 500 МБк/м<sup>2</sup>. Повторность опыта 6-кратная. После отбора проб растения разделяли на органы и части, высушивали при температуре 105 °С, взвешивали и измельчали на мельницах МРП-1 или ЭМ-3А.

Испытания продукции по признаку радиоактивного загрязнения выполнен на приборе УСК «Гамма Плюс» по методике измерения активности бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах с применением программного обеспечения «Прогресс». Методика разработана ГП ВНИИФТРИ и утверждена Госстандартом России 05.05.1996 г. Настоящая методика является основной в определении значений активности бета-излучающих радионуклидов в счетном образце и позволяет выполнить расчет погрешности каждого измерения. Для регистрации бета-излучения от счетного образца используется бета-спектрометрический тракт со сцинтилляционным блоком детектирования (СБД). Для экспонирования счетных образцов применяются специальные алюминиевые кюветы (Комплекс универсальный спектрометрический «Гамма Плюс», 1995).

При контроле содержания стронция-90 в почвах и растениях, применяли методические указания (Методические указания по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях, ЦИНАО, 1985), ГОСТ Р 50801-95, а также ОСТ Р 10070-95 Почвы. Методика определения стронция-90 в почвах сельхозугодий (ОСТ Р 10070-95). Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики по Б. А. Доспехову [5].

Малина (*Rubus idaeus* L.) является ценнейшим продуктом питания человека, кроме того она используется в пищу птицами и животными. То есть это растение активно участвует в трофических цепях природных и агро-экосистем. Однако до настоящего времени исследований о накоплении  $^{90}\text{Sr}$  в вегетативных и генеративных органах этого растения не выполнялись. Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в коре и древесине малины приведено на рис. 1.

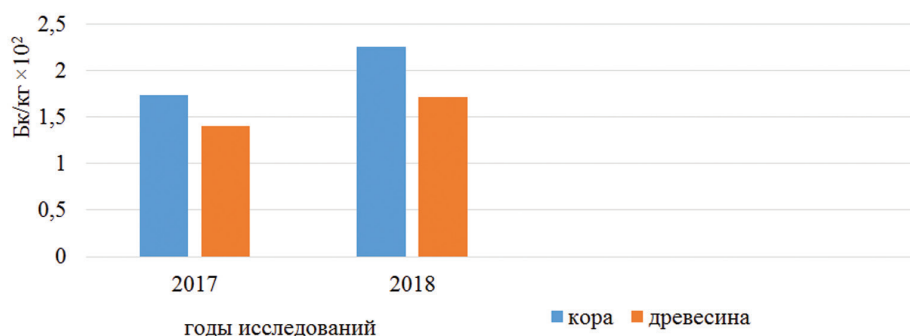


Рисунок 1 – Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в коре и древесине малины

В результате проведенных исследований (2016–2017 гг.) определено различие в накоплении изучаемого радионуклида в коре и древесине малины (*Rubus idaeus* L.), которое составило соответственно в 1,2 и 1,3 раза.

При расположении нуклида на поверхности почвы загрязнение коры изучаемого растения может происходить различными вариантами: один из них – через корневую систему вместе с питательными веществами, второй – за счет сорванной порывами ветра радиоактивно загрязненной пылевой фракции почвы. Возможен вариант загрязнения коры растения и в случае выпадения дождевых осадков. Падающие капли дождя подбрасывают мелкие фракции почвы, по этой причине она может оказаться на нижней или даже средней части коры растения.

В результате выполненной экспериментальной работы нами обнаружена тенденция постепенного увеличения содержания  $^{90}\text{Sr}$  в коре и древесине малины. Различие в накоплении нуклида в коре между 2016 г. и 2017 г. исследований составило в 1,3 раза, в древесине за этот же временной период различие составило в 1,2 раза. Объяснение установленной тенденции заключается в следующем. Корневая система малины в основном расположена в верхнем слое почвы до 40 см. При расположении радионуклида на поверхности почвы происходит тесный контакт нуклида и корневой системы изучаемого растения, что способствует накоплению его как в коре, так и в древесине. При увеличении массы корней малины соответственно увеличивается количество поступающих в растение питательных веществ и изучаемого нуклида. В дальнейшем процессе роста и развития изучаемого растения будет происходить наращивание наземной и подземной частей растения, что скажется на накоплении  $^{90}\text{Sr}$  в коре и древесине. Поэтому исследования должны быть продолжены для уточнения динамики накопления радионуклида.

Одним из важнейших органов для жизни растений является лист. Функции, которые он выполняет, известны: в нем происходят процессы фотосинтеза, транспирации и газообмена. Продуктивность и интенсивность фотосинтеза изменяются в зависимости от площади листовой поверхности, освещенности, обуславливающей количество поглощенной ими солнечной энергии. Радиоактивное загрязнение малины, как и многих других растений, может происходить, как корневым путем, так и через лист.

В садоводстве малину выращивают для получения ягод, которые используются в пищу как в свежем виде, так и в виде варенья, сиропов, джемов, соков. В связи с возможным выращиванием этого ягодного растения на радиоактивно загрязненной территории возникает вопрос о содержании радиоактивных веществ в плодах. При расположении  $^{90}\text{Sr}$  на поверхности почвы следует учитывать различные варианты загрязнения ягод: через корневую систему и внешнее загрязнение путем попадания радиоактивной пыли с поверхности почвы на ягоды. Если ягоды выращены на загрязненной территории, то содержание в них радиоактивных веществ регламентируется нормативными документами и обязательно проводится радиационный контроль. После выполненного алгоритма мониторинговых работ принимается решение о дальнейшем использовании ягод.

Исследований по накоплению  $^{90}\text{Sr}$  в листьях и ягодах малины в условиях Краснодарского края до настоящего времени не выполнялись. Экспериментальные данные о содержании изучаемого радионуклида в листьях и плодах малины приведены на рис. 2.

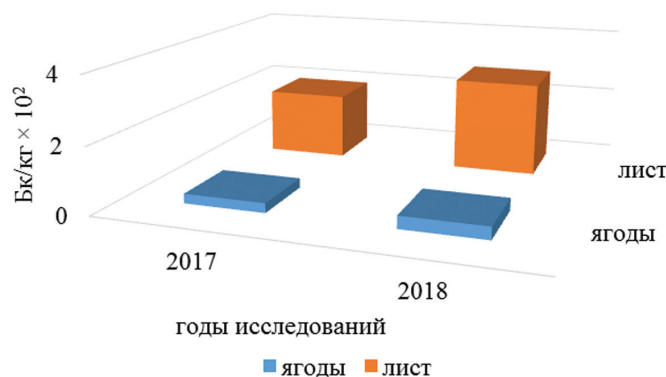


Рисунок 2 – Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в листьях и ягодах малины

За период исследований (2016–2017 гг.) определено различие в накоплении изучаемого радионуклида в листьях и ягодах малины (*Rubus idaeus* L.), которое составило в 6,9 и 7,5 раза соответственно. В результате эксперимента, выполненного в полевых условиях, было установлено, что интенсивность накопления радионуклида в листьях изучаемого растения была выше, чем в ягодах. Объяснить этот факт можно, во-первых, большей продолжительностью нахождения на растении листовой, чем ягод. То есть по этой причине продолжительность накопления загрязняющих веществ в листьях выше, чем у ягод. Во-вторых, за счет большей общей поверхности листья могут больше загрязняться радиоактивной почвенной пылью. В-третьих, ягоды малины находятся под листвой, что также способствует меньшему их внешнему загрязнению.

В результате выполненной экспериментальной работы нами обнаружена тенденция постепенного накопления  $^{90}\text{Sr}$  в листьях и ягодах малины. В 2016 г. содержание изучаемого радионуклида в листьях малины составляло  $2,01 \times 10^2$  Бк/кг, в 2017 г. оно увеличилось на  $0,83 \times 10^2$  Бк/кг и составило в итоге  $2,84 \times 10^2$  Бк/кг. В ягодах малины (*Rubus idaeus* L.) так же отмечается тенденция некоторого увеличения содержания нуклида в ягодах. Интенсивность накопления  $^{90}\text{Sr}$  в генеративных органах ниже. В 2016 г. содержание изучаемого радионуклида составило  $0,29 \times 10^2$  Бк/кг, в 2017 г. –  $0,38 \times 10^2$  Бк/кг. Объяснение установленной тенденции заключается в следующем. Корневая система малины в основном расположена в верхнем слое почвы – до 40 см. При расположении радионуклида на поверхности почвы происходит тесный контакт нуклида и корневой системы изучаемого растения, что способствует накоплению его как в листьях, так и в ягодах. При увеличении массы корней малины соответственно увеличивается количество поступающих в растение питательных веществ и изучаемого нуклида. В первый год нахождения малины на радиоактивно загрязненной территории произошло загрязнение за счет поступления нуклида из почвы через корневую систему и за счет почвенной пыли. На второй год по тем же причинам загрязнение коры и древесины растения продолжается, что в конечном итоге приводит к большему загрязнению листовой и ягод малины. В дальнейшем процессе роста и развития изучаемого растения будет происходить наращивание наземной и подземной части, что также скажется на накоплении  $^{90}\text{Sr}$  в листьях и ягодах.

При выращивании малины на одной и той же территории в течение нескольких лет следует учитывать новый источник радиоактивного загрязнения биоты – растительный опад. Загрязненный опад служит питательным субстратом для многих почвенных беспозвоночных, то есть из этой среды радионуклид непосредственно включается в пищевые цепи экосистем. Образующийся опад разлагается, поэтому связанные в нем радионуклиды имеют возможность переходить в легкодоступную для растений форму. В дальнейшем через корневую систему они опять имеют возможность аккумулироваться в растении. Кроме того, в растительном опаде находятся микро- и макроорганизмы, участвующие во многих трофических цепях экосистем, они также могут быть радиоактивно загрязнены. Для полноты исследований перераспределения радионуклида, находящегося на поверхности почвы, обязательно следует провести анализ содержания нуклида в растительном опаде. В дальнейшем эта работа также будет выполнена.

В результате выполненных в полевых условиях исследований были сделаны следующие выводы:

- установлено, что листва малины отличается наибольшим накоплением радионуклида. Различие в содержании  $^{90}\text{Sr}$  между листьями и корой, древесиной и плодами ягодного растения составило в 1,2; 1,4 и 6,9 раз в 2016 г., в 2017 г. различие было в 1,3; 1,7 и 7,5 раз;
- накопление изучаемого радионуклида в ягодах малины оказалось минимальным в сравнении с другими органами растения;
- исследованиями установлена тенденция к постепенному увеличению содержания  $^{90}\text{Sr}$  в вегетативных и генеративных органах малины. Причем накопление радионуклида в листьях происходит более интенсивно, чем в других органах изучаемого растения.

Исследования в данном направлении следует продолжать для уточнения динамики накопления радионуклида в вегетативных и генеративных органах растения. Итак, собранный экспериментальный материал позволит сделать расчеты коэффициентов перехода радионуклида из почвы в растение. На основании этих расчетов можно будет составить прогноз о накоплении нуклида в вегетативных и генеративных органах растения, что позволит дать рекомендации о возможном выращивании этого растения на загрязненных почвах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стерман, Л. С. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для вузов / Л. С. Стерман, В. М. Ладыгин, С. Г. Тишин. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с.
2. Современные глобальные изменения природной среды: в 2 т. / Т. А. Акименко; МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская акад. естественных наук. Т. 4: Факторы глобальных изменений. – М.: Научный мир, 2012. – 539 с.
3. Алексахин, Р. М. Проблемы радиоэкологии / Р. М. Алексахин. – М.: РАСХН-ГМУ ВНИИСХРАЭ, 2006. – 880 с.
4. Симакин, А. И. Агрохимическая характеристика кубанских черноземов и удобрения / А. И. Симакин. – Краснодар, 1969. – С. 16.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1968. – 336 с.