

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 Беларусь 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. Досмухamedова. – 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*) ^{90}Sr ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ЕГО РАСПОЛОЖЕНИИ НА ПОЧВЕ

THE CONTENT IN VEGETATIVE AND GENERATIVE ORGANS OF RASPBERRY (*RUBUS IDAEUS L*) OF ^{90}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 листья малины отличается наибольшим накоплением ^{90}Sr , ягоды – наименьшим, наблюдается тенденция к постепенному увеличению содержания ^{90}Sr в вегетативных и генеративных органах малины. На основе экспериментальных данных, после расчета коэффициентов перехода, появится возможность составить прогноз о накоплении ^{90}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}Sr , berries-the lowest, there is a tendency to a gradual increase in the content of ^{90}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}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 гидросфера и литосфера 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}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, В₁, В₂, РР. Малина содержит салициловую кислоту и антибиотики, которые благоприятно действуют при простудных заболеваниях.

Опыты проводились в Краснодарском крае на почве – чернозем выщелоченный малогумусный, сверхмоющий [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/м². 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-ЗА.

Испытания продукции по признаку радиоактивного загрязнения выполнены 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 сцинтиляционным 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}Sr в вегетативных и генеративных органах этого растения не выполнялись. Содержание ^{90}Sr в коре и древесине малины приведено на рис. 1.

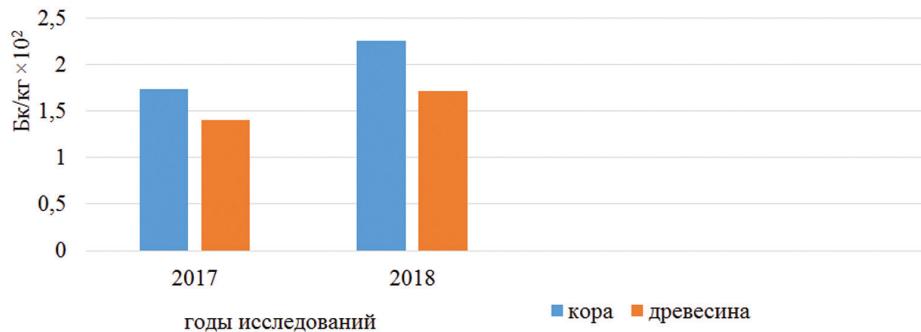


Рисунок 1 – Содержание ^{90}Sr в коре и древесине малины

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 сорванных 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}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}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}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}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}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 растений была выше, чем в ягодах. Объяснить этот факт можно, во-первых, большей продолжительностью нахождения на растении листвы, 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}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}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 листвы и ягод малины. В дальнейшем процессе роста и развития изучаемого растения будет происходить наращивание наземной и подземной части, что также скажется на накопление ^{90}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 листья малины отличаются наибольшим накоплением радионуклида. Различие в содержании ^{90}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}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, Российской 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.