

В настоящее время в СССР рентгенорадиометрический каротаж применяется в опытно-производственной практике для определения в поисково-разведочных скважинах свинца, бария, вольфрама и олова.

Гамма-гамма-метод, существующий уже более 10 лет, применяется в интегральной модификации почти повсеместно при оперативном решении задач, связанных с оконтуриванием рудных тел по скважинам и оценкой содержания в рудах железа, свинца, сурьмы и других металлов. Этот метод используется также для опробования стенок горных выработок на свинец, для опробования отбитой горной массы на свинец, железо, сурьму на карьерах и в подземных условиях при выпуске ее из «магалинов».

Нейтронно-активационный метод наиболее целесообразно использовать при изучении элементного состава горных пород и руд в скважинах. Активационный каротаж успешно применяется для выделения в разрезах скважин бокситов, медных и марганцевых руд, флюорита, а в отдельных случаях — и для количественной оценки содержания фтора, алюминия, кремния, меди и марганца. Наиболее эффективно применение этого метода на месторождениях плавикового шпата, где он в настоящее время используется для подсчета запасов флюорита. Установлена возможность использования активационного каротажа для определения степени окварцованности пород по величине их силикатного модуля, что имеет важное значение для оценки золотоносности пород. Этот метод успешно начали применять на фосфоритовых месторождениях, что позволяет выделить в разрезе скважин фосфоритовую серию, дифференцировать породы серии по содержанию фосфора (по корреляции с фтором), кремния, алюминия и кальция, надежно идентифицировать в разрезе промышленные пласты и устанавливать их технологические свойства.

В практике поисков и разведки при исследовании скважин широкое распространение

получили также методы *нейтронной абсорбциметрии* при выделении и оценке содержания элементов с аномально высокими сечениями поглощения тепловых нейтронов (бор, ртуть, марганец, редкие земли). В последние годы проведены исследования по спектрометрии захватного γ -излучения, возникающего в результате радиационного захвата тепловых нейтронов ядрами порообразующих элементов. Благоприятными объектами для применения метода спектрометрии захватного γ -излучения являются руды никеля, хрома, меди, серы и других элементов.

В настоящее время разработана и опробуется методика определения в скважинах никеля для никелевых месторождений коры выветривания, решена задача выделения в скважинах хромитовых руд, успешно проводятся исследования по отработке методики определения в поисково-разведочных скважинах серы.

Для решения различных прикладных задач ядерной геофизики успешно используются новейшие достижения ядерной физики. Наиболее ярким примером может служить использование недавно открытого эффекта Мёссбауэра. На использовании этого эффекта основан метод ядерной резонансной флюоресценции, весьма перспективный для прямых определений олова, а также железа в пробах и горных выработках.

Несмотря на то что этот метод в СССР начал разрабатываться сравнительно недавно, в настоящее время он уже подготовлен для внедрения на геологоразведочных и горнодобывающих предприятиях.

Внедрение методов ядерной геофизики, особенно на горнодобывающих предприятиях, сопровождается значительными экономическим и техническим эффектами благодаря резкому повышению надежности и оперативности опробования и сокращению трудоемкости и дорогостоящих работ по отбору, обработке проб и при их последующем химическом анализе.

Итоги использования изотопов и ядерных излучений в исследованиях по сельскому хозяйству

С. В. НЕРПИН, В. М. ПРОХОРОВ; В. Н. САВИН

Замечательные достижения физики открыли широкие возможности применения изотопов и излучения в сельском хозяйстве.

История применения ионизирующих излучений в сельском хозяйстве в нашей стране

насчитывает несколько десятков лет. В 1925 г. впервые в мире советскими учеными Г. А. Надсоном и Г. С. Филипповым была показана возможность получения индуцированных мутаций, вызванных облучением ионизирующими

излучениями. Однако широкое использование излучений в сельскохозяйственных целях стало возможным лишь за последние 20 лет в связи с овладением ядерной энергией.

Одну из наиболее важных областей практического использования ядерных излучений в сельском хозяйстве представляет радиационная генетика и селекция.

Научно-исследовательскими институтами АН СССР, институтами ВАСХНИЛ, отраслевыми институтами, селекционными и опытными станциями проводятся исследования как по теоретическим вопросам мутагенеза, так и по использованию мутаций в селекции растений. Исследования по радиационному мутагенезу, проводимые в нашей стране под руководством акад. Н. П. Дубинина и В. В. Хвостовой, позволили установить многие важные закономерности, имеющие большое значение как для теории индуцированного мутагенеза, так и для практики мутационной селекции. Получены новые данные о механизмах действия радиации на генетические структуры клетки, эффектах комбинированных воздействий излучений и химических мутагенов, влиянии внешних и внутренних факторов на мутагенный эффект радиации.

Практическую работу по использованию радиационных мутантов в селекции проводят многочисленные отраслевые институты и селекционные станции. Этим исследованиям подвергаются все важнейшие сельскохозяйственные растения: пшеница, рожь, ячмень, гречиха, кукуруза, горох, бобы, фасоль, люпин, соя, клевер, вика посевная, томаты, баклажаны, редис, картофель, хлопчатник, табак, подсолнечник, сахарная свекла, плодовые и ягодные растения. У этих видов растений получены многочисленные мутантные формы с различными улучшенными показателями, имеющими селекционное значение. По некоторым культурам получены перспективные сорта, проходящие производственные и государственные испытания; несколько сортов уже районировано.

Выведение новых сортов за столь короткий срок, несомненно, является большим достижением радиационной генетики и селекции. Если до последнего времени основное внимание уделялось получению как можно большего разнообразия хозяйственно-полезных мутантов у различных видов сельскохозяйственных растений, то в настоящее время все большее внимание уделяется разработке методов мутагенеза для решения тех вопросов селекции, кото-

рые трудно решаются или не могут быть решены другими методами (например, разрыв нежелательных групп сцепления, получение мутантов с цитоплазматической мужской стерильностью и т. п.).

Разрабатываются методы получения и выделения мутаций по количественным признакам, таким, как длина вегетационного периода, содержание клейковины и др. Важные в теоретическом и практическом отношении исследования в этом направлении проводят П. К. Шкварников с сотрудниками. В этих работах было показано значительное увеличение размаха изменчивости по содержанию и качеству клейковины, по числу колосков и числу зерен в колосе у пшеницы при воздействии мутагенными факторами.

За последнее 10-летие накоплен огромный экспериментальный материал по изучению возможности повышения урожайности растений, ускорения их развития, улучшения качества полученной продукции путем непосредственного облучения растений. Из различных способов такого воздействия наибольшее распространение получил метод предпосевного облучения семян.

В обширных исследованиях, проводимых в Институте биофизики АН СССР А. М. Кузным и Н. М. Березиной, в Агрофизическом институте Н. Ф. Батыгиным и В. Н. Савиным, и во многих других институтах было изучено влияние дозы и ее мощности, условий внешней среды во время облучения и условий выращивания растений, физиологического состояния семян на проявление эффекта радиостимуляции.

Однако, несмотря на многократную проверку этого метода в производственных условиях, показавшую его эффективность, метод предпосевного облучения семян пока не нашел большого распространения в практике сельского хозяйства. Главное препятствие к этому — отсутствие стабильных результатов.

В последние годы в ряде исследований было показано, что при облучении вегетирующих растений открывается возможность управлять их ростом, развитием и повышать устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды. Так, в Агрофизическом институте В. Н. Савиным, О. Г. Степаненко разработан новый метод повышения засухоустойчивости, основанный на облучении растений в дозах, незначительно тормозящих рост главного побега.

Известно, какое громадное значение в наше время в биохимических и биологических иссле-

дованиях получило использование радиоактивных и стабильных изотопов.

Метод меченых атомов открыл широчайшие возможности для исследования важных для сельского хозяйства процессов обмена веществ питания и удобрения растений. Это относится прежде всего к такому фундаментальному процессу, как фотосинтез. Акад. А. П. Виноградовым впервые было показано, что кислород, выделяющийся в процессе фотосинтеза, происходит не из углекислоты, а образуется в результате фотоллиза воды.

Метод меченых атомов позволил подойти к решению важного вопроса о первичных продуктах фотосинтеза. В работах проф. А. А. Ничипоровича и О. В. Заленского с сотрудниками при использовании радиоактивного углерода и тяжелого изотопа N^{15} было показано, что прямыми продуктами фотосинтеза являются не только углеводы, как это считалось ранее, но и белки. При этом было обнаружено, что в зависимости от вида растений, их возраста и условий выращивания состав первичных продуктов существенно меняется. Особенно на этот процесс влияют спектральный состав света и его интенсивность. Результаты этих исследований представляют не только теоретический, но и большой практический интерес, так как указывают пути управления синтезом первичных веществ в растениях. Акад. АН БССР Т. Н. Годневым с сотрудниками были получены новые данные по биосинтезу хлорофилла и каротиноидов.

Метод меченых атомов оказался весьма удобным для изучения передвижения пластических веществ в растениях. Здесь прежде всего необходимо отметить обширные работы школы акад. А. Л. Курсанова. Данные, полученные с использованием этого метода, значительно изменили наши представления о медлительности совершающихся в растениях процессов. Было показано, например, что продукты фотосинтеза передвигаются в растениях со скоростью 70—100 мм/ч.

В последние годы метод меченых атомов используется для изучения генетических аспектов физиологии и биохимии растений. Акад. АН УССР П. А. Власюком и Д. М. Гродзинским с сотрудниками (Институт физиологии растений АН УССР) были исследованы сортовые различия метаболизма у контрастных по типу продуктивности сортов озимой пшеницы и сахарной свеклы. У озимой пшеницы для сортов, отличающихся высоким качеством белка, отмечены интенсивное включение радио-

углерода в фонд аминокислот, в то время как у сортов с меньшим накоплением белка радиоуглерод преимущественно включается в фонды веществ углеводной природы. У более сахаристых сортов свеклы углерод с большей интенсивностью включается в состав сахаров. Эти исследования представляют большой практический интерес, так как они доказывают возможность проведения отбора растений при селекции на повышение качественных показателей выводимых сортов.

Проблема питания растений и системы удобрений играет первостепенную роль в подъеме производительности сельского хозяйства. В решении этих задач метод меченых атомов имеет важнейшее значение. Уже в первоначальных обстоятельных работах акад. ВАСХНИЛ В. М. Ключковского, И. Н. Антипова-Караева, А. В. Соколова и др. были получены результаты, важные для обоснования наиболее эффективных приемов внесения фосфорных удобрений и химической мелиорации почв.

Метод меченых атомов сыграл большую роль при изучении взаимодействия почв с удобрениями, установлении механизма этих процессов, определении запасов питательных веществ и коэффициентов использования удобрений растениями.

Благодаря получению радиоактивных изотопов кобальта, цинка, меди, молибдена, марганца, железа, открылась возможность использования метода меченых атомов при изучении поведения этих микроэлементов в почвах и их роли в жизнедеятельности растений.

Чрезвычайно плодотворным оказалось применение метода стабильных изотопов в агрохимии при изучении проблемы азота в земледелии. Агрохимические исследования с тяжелым изотопом азота, проведенные в научном институте по удобрениям и фунгицидам проф. Ф. В. Турчиным, а также работы Всесоюзного института удобрений и агропочвоведения, Тимирязевской сельскохозяйственной академии, Института сельскохозяйственной микробиологии совершенно по-новому осветили вопрос о потерях азота и влиянии удобрений на усвоение растениями азота почвы.

Изотопы и ядерные излучения в области почвоведения и мелиорации применяются главным образом в двух направлениях: 1) использование изотопных меток для изучения передвижения в почве влаги и солей; 2) использование нейтронного и γ -излучения для измерения влажности и плотности почв и грунтов.

В Тимирязевской сельскохозяйственной академии была выполнена серия работ по изучению динамики сорбции солей в почвогрунтах, а в Калининском политехническом институте — серия работ по изучению процессов тепломассопереноса и структурообразования. Успешно используются радиоактивные индикаторы для изучения процессов засоления и рассоления почв и их осушения. Такие работы проводятся в Агрофизическом институте, Московском гидромелиоративном институте, Институте гидротехники и мелиорации и др.

Перспективным, хотя еще малораспространенным, является использование меченых глинистых и илистых частиц для изучения таких процессов, как проникновение тонкодисперсных частиц в грунты, подстилающие русло оросительных каналов, и перемещение частиц коллоидного размера по профилю почв. Такие работы, в частности, проводятся в Агрофизическом институте.

Использование гамма-плотномеров и нейтронных влагомеров прочно вошло в практику почвенно-мелиоративных исследований.

Приборы, основанные на использовании ядерной техники, применяются в самых различных областях науки и техники. Возрастает оснащенность сельскохозяйственных научно-исследовательских институтов радиометрическими и радиоизотопными приборами. Появились как лабораторные, так и полевые приборы, разработанные специально для сельскохозяйственных и биологических целей.

Институтом гидротехники и мелиорации совместно с Всесоюзным научно-исследовательским институтом радиационной техники разработан комплект полевой радиометрической аппаратуры для полевых измерений влажности и плотности почв, а также для измерения радиоактивности почв и других объектов. Эти приборы можно использовать также и в стационарных условиях.

Несомненно, что нейтронный активационный анализ найдет применение в исследованиях по сельскому хозяйству. Однако пока в этом направлении сделаны лишь первые шаги. Работы с применением этого метода были начаты в Тимирязевской сельскохозяйственной академии. В настоящее время в Институте электрификации сельского хозяйства создается автоматизированная поточная линия для массовых экспресс-анализов почв, удобрений, растений и кормов с помощью активационного анализа. В том же институте разработано радиометрическое сепарирующее устройство

для автоматизации отделения клубней картофеля от твердых примесей и для сортирования картофеля по линейным размерам на картофелеуборочных машинах.

В настоящее время в СССР создана целая серия гамма-установок для биологических и сельскохозяйственных целей, имеются передвижные гамма-установки большой производительности для предпосевного облучения семян.

Одной из задач сельскохозяйственной науки является выяснение судьбы долгоживущих радионуклидов в биогеоценозах.

За последние годы проведена большая работа по определению адсорбции почвой Sr^{90} , Cs^{137} , Ce^{144} , Ru^{106} и других радионуклидов. Изучено влияние на адсорбцию механического состава основных типов почв СССР, pH, засоленности и других свойств почвы. В способности радионуклидов мигрировать по почве не менее важную роль, чем химическая сущность нуклида, играют состав и свойства почвы. Было показано, что миграция Sr^{90} сквозь почвенную толщу в гораздо большей степени обусловлена ионной диффузией, чем считалось раньше.

Обширный экспериментальный материал накоплен и относительно перехода радионуклидов из почвы в растения. Установлено, что наилучшую корреляцию с поглощением растениями Sr^{90} обнаруживает содержание в почве обменного кальция. Поступление нуклидов в растения сильно зависит не только от свойств почвы, но и от видовых и индивидуальных особенностей растений.

Изучены некоторые закономерности накопления и распределения Sr^{90} и Cs^{137} в организмах домашних и диких животных. Установлено, что на концентрацию Sr^{90} в костях влияют структура и функция костной ткани, возраст животных, их видовые особенности и, естественно, состав рациона и уровень его загрязнения нуклидами. Следует отметить, что изучение поведения радионуклидов в почве, растениях и животных привело к установлению ряда существенных закономерностей в области экологии и биогеоценологии.

В кратком обзоре не представляется возможным осветить все направления использования изотопов и излучений в исследованиях по сельскому хозяйству. Отметим только, что в области животноводства и ветеринарии метод меченых атомов нашел широкое применение при исследованиях обмена веществ у сельскохозяйственных животных и разработке рационов кормления.

В области защиты растений можно отметить следующие важнейшие направления исследований с использованием изотопов и излучений: изучение биологии вредных насекомых, изучение токсикологии насекомых, грызунов и интоксикации растений, разработка метода стерилизации самцов вредных насекомых.

Таким образом, исследования прошедших двух десятилетий показали, что применение изотопов и ионизирующих излучений открыло широкие возможности для проникновения в сущность разнообразных жизненных процессов и для воздействия на эти процессы с целью повышения производительности сельского хозяйства.

Радиационная обработка пищевых продуктов — эффективный способ их сохранения для увеличения ресурсов питания человечества

В. П. РОГАЧЕВ

В решении проблемы обеспечения человечества пищей значительная роль должна быть отведена изысканию и использованию рациональных способов борьбы с потерями ресурсов питания. В самом деле, можно ли мириться с тем, что в 1962—1963 гг. из собранного пищевого сырья было недополучено около 400 млн. т пшеницы, риса, картофеля, мяса и рыбы [1]. Потери этих продуктов составляют во многих странах от 30 до 60%.

К числу причин, вызывающих столь большие потери, относятся: поражение зерновых культур насекомыми-вредителями, прорастание клубней картофеля и лука при хранении, микробиологическая порча плодов, овощей и картофеля, бактериальная порча мяса, рыбы и птицы.

Применяемые в настоящее время методы борьбы с этими видами порчи несовершенны и не способны полностью решить проблему количественного и качественного сохранения пищевых продуктов. Так, химические способы часто трудоемки, не всегда эффективны и, самое главное, при химической обработке в продуктах сохраняются остаточные количества химикатов, иногда приносящие вред здоровью человека и ухудшающие качество продукции. Замораживание мяса, рыбы, плодов и овощей снижает их пищевую ценность, ухудшает качество, особенно консистенцию, и приводит к существенным потерям при дефростации. Консервирование нагреванием не позволяет сохранить пищевые продукты в натуральном виде, сырыми.

Обработка пищевых продуктов ионизирующими излучениями позволяет во многих случаях преодолеть эти недостатки. С помощью радиационной обработки можно продлить сроки

хранения многих продуктов, сделать их более транспортабельными и существенно уменьшить потери при почти полном сохранении нативных качеств сырья. Это объясняется тем, что поглощение продуктами ионизирующих излучений происходит почти без выделения тепла. Ни один из применяемых в настоящее время методов не дает возможности сохранить сырые мясо, рыбу, битую птицу, свежие плоды, овощи и другие продукты без денатурации их естественных свойств.

Эти обстоятельства и высокая эффективность ионизирующих излучений в подавлении многих факторов биологической порчи сырья привели к тому, что на первых порах прогнозы в отношении областей применения нового метода и его простоты были неоправданно оптимистичны. По мере развития исследований выяснилась необходимость комплексного решения некоторых вопросов, обусловленных специфичностью и сложностью действия ионизирующих излучений на пищевые продукты и биологические объекты.

В настоящее время значительное число задач решено, многие находятся еще в стадии исследования. Однако уже накоплен достаточный опыт, позволяющий более точно определить перспективные пути использования ионизирующей радиации для обработки пищевых продуктов.

В проблеме использования ионизирующих излучений для обработки пищевых продуктов важное место занимают вопросы, связанные с проверкой облученных продуктов на их безвредность для питания человека. В Советском Союзе к этой работе привлечены такие компетентные специализированные организации, как Институт питания АМН СССР и Институт