

## Применение изотопов и ядерных излучений в сельском хозяйстве

В. В. РАЧИНСКИЙ

Работы по применению изотопов в сельском хозяйстве были начаты в нашей стране в 1946 г. в Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (ТСХА). Большую помощь в организации этих работ оказали Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, Радиевый институт АН СССР и Институт биофизики АМН СССР, которые были первыми поставщиками радиоактивных изотопов. ТСХА в дальнейшем стала одним из ведущих учебно-научных центров по использованию изотопов и ядерных излучений в сельском хозяйстве, за прошедшие годы академия опубликовала около 400 работ, посвященных этим вопросам.

Итоги работ по применению изотопов и ядерных излучений в сельском хозяйстве за 20 лет были подведены на секции конференции.

Обзорный доклад на тему «Итоги использования изотопов и ядерных излучений в исследованиях по сельскому хозяйству» был сделан В. Н. Савиным. Автор отметил, что еще в двадцатые годы советские исследователи открыли мутагенное и стимулирующее действие ионизирующих излучений. В настоящее время с полным правом можно говорить о существовании новой науки — сельскохозяйственной радиобиологии. Ионизирующие излучения широко используются для получения радиомутаций у сельскохозяйственных растений, что дает возможность селекционерам быстро получать большое разнообразие новых форм для селекции. Около 10 сортов сельскохозяйственных культур, полученных на основе радиомутаций, переданы на государственные испытания. Развернулась широкая производственная проверка метода радиостимуляции, существенно повышающего урожайность культур и улучшающего качество сельскохозяйственной продукции. Радиобиологические методы применяются в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур и для увеличения сроков хранения продуктов.

В докладе «Итоги работ по предпосевному облучению семян и перспективы их дальнейшего развития» Н. М. Березина сообщила о теоретических исследованиях, объясняющих механизм радиостимуляционного действия ионизирующих излучений. Вскрыты некоторые причины, вызывающие неповторимость эффектов радиостимуляции, и показана возможность их преодоления. Накоплены многочисленные экспе-

риментальные данные, свидетельствующие о возможностях повышения путем предпосевного облучения семян содержания белков, аминокислот, углеводов, жиров, витаминов и других ценных веществ в сельскохозяйственных продуктах. До настоящего времени эти ценные биохимические изменения удавалось получать только путем длительных селекционных работ.

Физиологическим аспектам радиостимуляции растений был посвящен доклад В. Н. Савина. Автором получены интересные экспериментальные данные о радиобиологических эффектах при облучении вегетирующих растений.

Итоги работ по изучению хронического облучения растений на  $\gamma$ -поле были приведены в докладе В. М. Зезюлинского. Установлено, что радиочувствительность растений при хроническом облучении на  $\gamma$ -поле в течение всего периода вегетации значительно выше, чем при предпосевном облучении сухих семян. Использование хронического или пофазного облучения может служить важным дополнением к существующим методам направленного воздействия на растения. Благодаря применению этого метода получено большое число перспективных форм растений, обладающих улучшенными хозяйственно-полезными качествами.

Н. Ф. Батыгин сообщил о результатах исследований по облучению растений в различные периоды онтогенеза. Установлено, что наиболее радиочувствительны начальные стадии формирования зерна, прорастания семян, фаза перехода к формированию генеративных органов и спорогенез.

Е. Г. Комар и др. рассмотрели вопросы использования электронов с низкой энергией для повышения продуктивности и продления срока хранения картофеля. По данным авторов, при облучении клубней картофеля дозой 75 рад урожайность повысилась примерно на 15%. Кроме того, обнаружено увеличение содержания крахмала и сухих веществ.

К. И. Сукач сообщил новые данные об эффектах стимуляции растений кукурузы (МолдССР) под воздействием предпосевного облучения семян. В отдельные годы повышение урожайности зерна составляло 10—30%. При этом качество урожая стимулированных растений было лучше, чем контрольных.

Л. Г. Гольдшмид показала, что с увеличением сроков хранения облученных семян радиостимуляционный эффект снижается. При облучении семян угнетающими дозами угнетающее действие усиливается с увеличением срока хранения семян. В докладе Н. А. Пастушенко-Стрелец указано, что на проявление радиобиологического эффекта у растений оказывают влияние экологические условия. С. Н. Московец и В. М. Анохина отметили, что радиостимуляционное действие  $\gamma$ -облучения на рост и развитие картофеля сопровождается снижением концентрации и инфекционности X-вируса (один из вирусов морщинистой мозаики, поражающий клубни картофеля).

Современное состояние работ по экспериментальному мутагенезу у растений и его использованию в селекции освещено в докладе В. В. Хвостовой и С. А. Валеовой. Отмечено, что работы по радиомутационной селекции ведутся в широком масштабе. Получены сотни хозяйственно-перспективных форм сельскохозяйственных культур. В настоящее время районированы четыре сорта фасоли и кормового люпина, уже прошедшие государственные испытания, и восемь сортов проходят испытания.

Широкие исследования по радиомутагенезу хлопчатника проводятся в УзССР и АзССР. В докладах М. И. Ибрагимова, Р. И. Ковальчук, а также М. К. Гулимова и др. приведены данные по испытанию перспективных форм радиомутантов хлопчатника. В. Г. Володин и Б. И. Авраменко показали, что для сохранения выявленных радиомутаций размножение мутантных форм пшеницы необходимо проводить в условиях строгой изоляции или принудительного опыления.

Несколько докладов было посвящено результатам работ по созданию гамма-облучательных установок для сельскохозяйственной радиобиологии. А. В. Бибергаль и др. сообщили о создании серийных гамма-установок ЛМБ, МРХ, «Стебель», РК, ГУБЭ, «Колос» и др. Л. С. Лурье и др. доложили, что во Всесоюзном научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства создана установка с источником  $\text{Co}^{60}$  активностью  $11 \text{ кг} \cdot \text{экв Ra}$ , которая эксплуатируется с 1965 г. В. С. Савицкий и др. сообщили о том, что во Всесоюзном научно-исследовательском институте радиационной техники созданы две установки предпосевного облучения семян. О проекте универсальной передвижной гамма-установки для стерилизации насекомых-вредителей доложили А. В. Бибергаль и др. Установка состоит из

двух роторных колец — грузовых камер емкостью 20 л каждая. Между роторами размещается плоскостной облучатель с источником из  $\text{Cs}^{137}$  активностью  $21 \text{ кг} \cdot \text{экв Ra}$ .

При разработке конструкций облучательных установок большое значение имеет точное определение распределения доз в зонах облучения сельскохозяйственных объектов. Этому вопросу был посвящен доклад А. М. Афанасьева и др.

Р. А. Страпеняц сообщил о внедрении методов радиационной техники в автоматизацию технологических процессов сельскохозяйственного производства. В частности, в 1967 г. созданы и успешно прошли предварительные испытания опытные образцы картофелеуборочных комбайнов с радиометрическими сепарирующими устройствами.

В Институте физиологии растений АН УССР в течение 20 лет используются радиоактивные изотопы и ядерные излучения при изучении физиологии растений. Результаты этих многолетних исследований освещены в докладе П. А. Власюка. С помощью метода меченых атомов выяснены закономерности питания и обмена веществ растений, которые положены в основу разработки методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Большой научный интерес представляют работы, проводимые в БССР под руководством Г. Н. Годнева и А. А. Шлыка. С помощью изотопа  $\text{C}^{14}$  показано, что синтез пигментов у хвойных протекает в течение всего года, в том числе и в осенне-зимний период. Приведены новые данные о метаболизме хлорофилла А и В в зеленых листьях в зависимости от освещенности. Установлены два фонда хлорофилла А, различающиеся своей метаболической лабильностью.

А. Б. Рудой дал математическое описание кинетики биохимических превращений в связи с использованием метода двойной метки для оценки кинетических параметров метаболизма веществ в биологических системах.

Большой вклад в изучение химизма фотосинтеза с применением  $\text{C}^{14}$  внесен работами Н. Г. Домана, в докладе которого подведены итоги многолетних исследований в этой области. Изучены природа и последовательность образования продуктов ассимиляции  $\text{C}^{14}\text{O}_2$  у высших растений, водорослей, фотосинтезирующих и хемосинтезирующих бактерий. Показано единство пути ассимиляции меченого углерода у всех высших растений в соответствии с общей схемой восстановительного пентозофосфатного цикла ассимиляции углерода.

В докладе Н. С. Бацанова и др. обобщены работы Научно-исследовательского института картофельного хозяйства по применению изотопов и ядерных излучений в агрохимических, физиологических и биохимических исследованиях. Так, например, с помощью радиоактивных индикаторов был экспериментально обоснован метод послыйного внесения суперфосфата под картофель, который сейчас широко внедряется в производство. Разработаны также рекомендации по внекорневой подкормке картофеля.

Серия докладов была посвящена применению стабильного изотопа  $N^{15}$  в агрохимических исследованиях. В докладе Н. А. Сапожникова показано, что азотные минеральные удобрения увеличивают использование растениями азота почвы. Удалось провести более точный учет баланса азота минеральных удобрений. В. Б. Замятина и др. сообщили, что растения используют 30—40% азота, часть меченого азота (11—25%) улетучивается, остальной остается в почве. С помощью метода изотопного разведения были определены запасы доступного растениям азота почвы. И. П. Мамченков и Р. М. Ташева установили, что потери азота из почвы осуществляются не только в процессе восстановления нитратов до элементарного азота и его летучих окислов, но и в результате окисления аммиачного азота. Эти потери за 6—9 месяцев достигают 40% и больше.

Б. В. Бельский и А. А. Федорчук исследовали передвижение меченого фосфора в торфяно-болотных почвах в зависимости от глубины заделки удобрений и условий водного режима. Изучению фосфатного режима почв Северного Казахстана с использованием  $P^{32}$  был посвящен доклад В. С. Гусака и др. Н. Г. Кварцхелия и Г. Г. Глонти показали, что использование меченых микроэлементов позволило констатировать большую подвижность меченого цинка и кобальта в кислых почвах по сравнению с карбонатными.

Обзор работ по применению изотопов в изучении фосфорного питания многолетних (плодовых) растений приведен в докладе В. С. Семина и А. П. Филиппа. Авторами разработаны различные методы введения меченых веществ в многолетние растения. В опытах с виноградом показано, что наибольшей синтезирующей способностью обладают листья, находящиеся несколько выше середины побега.

М. А. Нарышкин и др. рассмотрели основные направления и задачи использования радиоактивных изотопов и ионизирующих излучений в лесоведении и лесном хозяйстве.

Основные задачи радиационной биогеоценологии освещены в докладе Н. В. Тимофеева-Ресовского и др.

Применение радиоактивных изотопов и ядерных излучений для защиты растений — одно из весьма перспективных направлений использования атомной техники в сельском хозяйстве. Интенсивные работы по этой проблеме ведутся во Всесоюзном институте защиты растений. С. В. Андреев сообщил об исследованиях, проведенных в этом институте, по разработке метода лучевой стерилизации применительно к вредителям зерно-бобовых культур — фасолевой и гороховой зерновок, а также доложи интересные данные об устойчивости инсектицида севина, меченого  $C^{14}$ , в зависимости от условий среды. А. А. Евлахова и др. показали, что ионизирующие излучения могут успешно использоваться в селекции вирулентных форм грибов, вызывающих болезни и гибель вредных насекомых.

В последние годы в нашей стране широко проводятся исследования по применению изотопов и ядерных излучений в почвоведении и мелиорации.

М. К. Мельникова сообщила о результатах исследований, проводимых в Агрофизическом институте. В частности, получены новые данные о передвижении солей в результате диффузии и конвекции, исследовано передвижение влаги в почвах под влиянием градиента температуры. Изотоп  $Mn^{54}$  использован для изучения влияния органического вещества почвы на усвоение растениями марганца из почвы.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации в результате многолетних исследований разработаны полевые радиометрические приборы для определения плотности и влажности почвогрунтов и организовано их серийное производство (В. А. Емельянов). Большое практическое значение для механизации сельского хозяйства имеют исследования по разработке радиометрических методов определения перемещения частиц почвенного пласта (Ю. Б. Горский и др.).

Л. А. Ленский дал экспериментальное обоснование возможности использования меченой тритием воды в почвенно-гидрологических исследованиях, В. А. Дементьев и А. О. Фурман сообщили о принципах конструирования радиометрических установок для измерения малых активностей.

Значительная часть докладов была посвящена применению изотопов и ядерных излучений в животноводстве и ветеринарии. В докла-

де Е. М. Берковича дан обзор работ, проводимых на кафедре физиологии сельскохозяйственных животных Львовского зооветеринарного института. Радиоактивные изотопы были использованы при изучении молокообразования, его регуляции нервной системой и гуморальными факторами, проницаемости молочной железы, процессов всасывания в пищеварительном аппарате, включения разных аминокислот в белки куриного яйца и процессы фосфорилирования. А. Е. Кожух сообщил, что им установлено активное включение  $S^{35}$ -метионина и  $C^{14}$ -лизина в альбумины сыворотки крови и овоальбумины яиц у кур-несушек. Э. П. Скородинский и др. рассказали о применении  $S^{35}$ -метионина для изучения роли стенок тонкого отдела кишечника крупного рогатого скота и овец во взаимосвязи процессов всасывания аминокислот из полости кишечника и выделения их из крови в кишечную полость. Ю. И. Раецкая и др. изучили распределение витамина  $B_{12}$ , меченного  $Co^{58}$ , у беременных кроликов и эмбрионов.

Серия докладов была посвящена применению метода меченых атомов в изучении обмена веществ у овец. Исследовались усвояемость овцами фосфора из кормовых фосфатов (В. Л. Мадисон и др., А. А. Пташкин и В. Г. Волик), обмен белка в организме овец с помощью  $S^{35}$ -метионина (Ю. П. Фомичев и др.), роль стенок пищеварительного тракта овец в обмене  $I^{131}$ -альбумина (Н. В. Курилов и А. А. Пташкин), всасывание и экскреция меченого фосфора в пищеварительном тракте у овец (А. П. Минахин и др.). Заслуживает внимания работа Г. Г. Черепанова, посвященная математическому моделированию функции пищеварительного тракта животных с помощью радиоактивных изотопов. В докладе А. Г. Шуровского и И. В. Журавлева представлены данные по синтезу РНК в ткани молочной железы беременных коз.

В. И. Георгиевский сделал обзор работ кафедры физиологии животных ТСХА. Метод радиоактивных индикаторов использовался при изучении обмена веществ у сельскохозяйственных птиц. Например, разработаны простые «изотопные» тесты определения эффективности разных источников витамина D. Н. Ф. Кисленко применял меченый  $S^{35}$  сернокислый натрий и белый стрептоцид в изучении проницаемости барьерной функции тканей молочной железы коз и ее регуляции. И. Л. Каланатар использовал меченый фосфор в исследовании регуляции биосинтеза отдельных фракций казеина в изолирован-

ных клетках молочной железы коз. О включении меченых аминокислот и летучих жирных кислот в белки молока и крови у коз доложили Р. М. Ступницкий и М. Д. Ильиченко. Как сообщили А. Л. Падучева и др., в опытах с мечеными сульфатными подкормками обнаружено интенсивное накопление серы в щитовидной железе овец и крупного рогатого скота. С помощью  $C^{14}$ -оротовой кислоты установлено, что скармливание курам глицина в избытке вызывает в их организме усиление биосинтеза пиримидинов, как свободных нуклеотидов, так и цитоплазматических фракций РНК (В. С. Малышева). Е. Г. Гаузер и М. А. Мехтиев разработали методику определения  $I^{131}$  в щитовидной железе овец в полевых условиях.  $Cr^{51}$  был использован при изучении выживаемости эритроцитов у крупного рогатого скота (Н. Н. Исавов и В. М. Богданов).

Г. Г. Воккен сообщил, что за последние годы в Ленинградском ветеринарном институте при исследовании глобальных радиоактивных выпадений и их включений в продуктивных животных обнаружены некоторые новые факты. Например, у молодых и полновозрастных животных  $Sr^{90}$  больше депонируется в компактном веществе кости, у более старых он распределен по скелету равномернее.

Интересные данные об источниках поступления и накопления  $Cs^{137}$  в организме некоторых представителей семейства оленьих (в условиях ЛатвССР) приведены в докладе Б. П. Кругликова.

Подводя итоги работы секции «Применение изотопов и ядерных излучений в сельском хозяйстве», необходимо отметить, что в целом ее участники продемонстрировали большое разнообразие различных областей успешного применения атомной техники в сельскохозяйственных исследованиях и производстве. За последние годы значительно расширились масштабы этих исследований, существенно повысился их технический уровень.

В настоящее время практически нет ни одной отрасли сельскохозяйственной науки и производства, где бы не применялись изотопные и радиобиологические методы.

Основные достижения в области использования атомной техники в сельском хозяйстве можно кратко сформулировать следующим образом:

1. Метод изотопных индикаторов стал одним из основных методов изучения питания сельскохозяйственных растений и животных. На основе результатов применения изотопных

методов даны практические рекомендации сельскохозяйственному производству по рациональным способам внесения удобрений и составлению рационов питания животных. Эти рекомендации внедряются в сельскохозяйственное производство.

2. Последние годы характеризуются интенсивным развитием работ по применению радиобиологических методов в сельском хозяйстве. Дано экспериментальное обоснование нового метода повышения урожайности сельскохозяйственных культур и увеличения выхода ценных продуктов путем предпосевного облучения семян и вегетирующих растений. Успешно ведется работа по выведению новых сортов растений на основе использования радиомутагена. Все это создает новые резервы и перспективы увеличения продуктивности и совершенствования сельскохозяйственного производства.

3. Разработан ряд приборов для контроля среды (влагомеры, плотномеры). Организовано их серийное производство. Эти приборы облегчают и совершенствуют труд специалистов сельского хозяйства. В области механизации сельского хозяйства созданы конструкции установок для автоматизации некоторых технологических процессов (например, радиометрические сепараторы картофеля).

Однако необходимо отметить, что в целом широкие возможности, которые представляет нам наша отечественная атомная наука и техника, в сельском хозяйстве используются не в полную меру. Нам предстоит решить в ближайшие годы многие кардинальные организационные и технические проблемы.

Необходимо прежде всего навести порядок и установить большую четкость и организован-

ность в координации работ по использованию атомной техники в сельском хозяйстве. На смену разобщенности, а подчас и кустарщины должна прийти хорошо организованная, централизованная система научно-технического руководства этой новой отраслью сельскохозяйственной науки и производства. Необходимо существенно расширить сеть радиоизотопных лабораторий в научных и учебных сельскохозяйственных институтах, опытных учреждениях, агрохимических и зооветеринарных станциях и лабораториях. В принципе в каждом опытном учреждении должна быть организована радиоизотопная лаборатория.

Наряду с развитием исследований по применению изотопов и источников ядерных излучений следует приступить к работам по использованию непосредственно «малой» и «большой» ядерной энергетики в сельском хозяйстве: атомное энергоснабжение сельскохозяйственного производства, создание атомных агроиндустриальных комплексов и другие мероприятия.

Не терпит больше отлагательства решение вопроса об организации Института атомной техники в сельском хозяйстве. В этом отношении сельское хозяйство отстает от медицины и промышленности, где уже созданы специальные институты, занимающиеся проблемами использования атомной техники в медицине и промышленности.

Для решения поставленных задач благоприятные возможности создает новое постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему улучшению научно-исследовательских работ в области сельского хозяйства».

## Радиационная обработка пищевых продуктов

В. И. РОГАЧЕВ

Различные способы применения ионизирующей радиации для обработки пищевых продуктов нашли отражение в 41 докладе, обсужденном на заседаниях соответствующей секции конференции. Обобщая итоги работы секции, можно отметить дальнейшее расширение и углубление научных исследований.

Разработка отдельных исследований проведена так, что их результаты могут быть реализованы в народном хозяйстве. Это прежде всего относится к такой важной проблеме, как радиационные методы борьбы с потерями картофеля и овощей при хранении. Результаты иссле-

дований, проведенных в этом направлении Институтом биохимии им. Баха АН СССР, Всесоюзным научно-исследовательским институтом консервной и овощесушильной промышленности (ВНИИКОП) и другими институтами, были обобщены в докладе Л. В. Метлицкого. Рассмотрев механизм действия облучения на клубни картофеля, докладчик сообщил об оптимальных условиях облучения при практическом применении этого метода. Доза облучения для картофеля 0,007—0,01 *Мрад*, для лука — 0,006 *Мрад*. Облучение картофеля следует проводить через две недели, а лука —