

о хорошо обоснованной программе, связанной с исследованиями основных причин, сдерживающих продуктивность скота, с которыми сталкиваются их владельцы в развивающихся тропических и субтропических странах, и, во-вторых, о программе, которая явится попыткой самой суровой борьбы с этими причинами. Это программа скорее ориентирована на „проблему”, а не на „технику”, так как мы считаем, что скорее следует применять ядерные и другие методы для разрешения проблем, чем искать проблемы, для которых пригодны конкретные методы. Что касается разработки новых методов или приспособления существующих методов к

условиям развивающихся государств-членов, то этим занимается Лаборатория в Зайберсдорфе, входящая в состав Секции. Поэтому помощь Лаборатории, оказываемая программам исследовательских контрактов и технического сотрудничества, будет расширяться, и еще большее внимание будет обращено на связи между генотипами и питанием, воспроизводством и болезнями в целях достижения оптимизации воспроизводства животных в развивающихся государствах-членах на основе стратегии, требующей малых расходов или не требующей их совсем.

Химикаты для сельского хозяйства

Дж. Р. Плиммер*

Сельскохозяйственное производство в значительной степени зависит от искусственных химикатов, используемых в качестве удобрений и пестицидов, а также для регулирования роста растений. Пестициды вводятся в окружающую среду для борьбы с насекомыми, сорняками, болезнями растений и другими сельскохозяйственными вредителями, а также для борьбы с насекомыми, распространяющими болезни, опасные для человека. Пестициды играют хорошо известную роль в сельском хозяйстве и здравоохранении. Выгоды от их применения с точки зрения экономических доходов и улучшения здоровья и благополучия людей привели к быстрому распространению этой химической технологии во всем мире. Однако в передовых странах их применение регулируется и контролируется вследствие потенциальных проблем, связанных с их необходимым применением. К сожалению, во многих развивающихся странах отсутствуют опыт и контроль, необходимые для решения таких проблем.

Пестициды, которые не достигли намеченной цели, являются предметом беспокойства вследствие их возможного воздействия на человека и окружающую среду. По этой причине регулирование пестицидов требует представления данных о поведении любого данного пестицида в окружающей среде, а также его токсичности по отношению к различным объектам, для которых он не предназначался. Остаточные количества пестицидов в урожае или в других продуктах питания представляют собой осо-

бую проблему, их присутствие важно не только с точки зрения интересов человека, но и с точки зрения интересов международной торговли. Термин „остаточные количества” охватывает не только первоначальный пестицид, но также и те соединения, которые могут образоваться из него в результате метаболизма, химических превращений или других процессов. В развитых странах существует разработанная система регулирования, связанная с проблемой „остаточных количеств” пестицидов, установлены пределы максимальных допустимых количеств пестицидов в пищевых продуктах. Обычно при этом придерживаются указаний руководств, разработанных ФАО и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

ВОЗ предложила понятие „допустимого суточного поступления” „остаточных количеств” пестицидов в пищевых продуктах, „которое, исходя из всех известных в настоящее время фактов, в течение всей жизни не создаст, вероятно, заметного риска”. (Технический отчет ВОЗ серии 391, Всемирная организация здравоохранения, Женева, Швейцария, 1968, стр. 22).

Пестициды могут попадать в пищу человека различными путями, но подвергаются риску не только люди. Значительному риску подвергается также окружающая среда. Необходимо заботиться о почвенных и водных ресурсах. Объекты, на которые не нацелены пестициды, должны быть защищены от вредного воздействия их остаточных количеств.

Поэтому важно выявить пестициды в пищевых продуктах, урожае, воде, почве, воздухе, в животных, в рыбе и других компонентах окружающей среды и измерить их количества. Диапазон анали-

* Г-н Плиммер является руководителем Секции агрохимикатов и их остаточных количеств Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ.

тических методов выявления и количественного анализа остаточных количеств пестицидов широк. Однако становится очевидным, что возможны трудности аналитического характера, если учесть, что в октябре 1977 г. Агентство защиты окружающей среды США указало 1850 наименований опасных соединений и более 40 тыс. производных от пестицидов продуктов. В США в 1975 г. было произведено около 1,6 млрд. фунтов (727 тыс. т) пестицидов.

Применяемые аналитические методы способны обнаружить малые концентрации веществ (относительная концентрация от $0,1 \cdot 10^{-6}$ до $0,01 \cdot 10^{-6}$ или менее). Методы должны быть избирательными, и часто исследователь вынужден прибегать к еще более чувствительным и избирательным методам для определения длительно сохраняющихся малых эффектов.

Для регистрации пестицидов часто бывают необходимы исследования процессов метаболизма в растениях, птицах, рыбе, млекопитающих и окружающей среде. Обычно для таких исследований изготовитель синтезирует молекулы с изотопными индикаторами (^{14}C , ^3H или другой радиоактивный атом). Применение таких индикаторов стало обычным для исследования поведения сложных молекул в биологических тканях, почве или других сложных композициях. Применение меченных молекул дает однозначные ответы на вопросы качественного и количественного анализа.

Накопление данных по остаточным количествам пестицидов, проводимое изготовителем, необходимо для обеспечения безопасности потребителя. Однако с точки зрения потребителя, изготовитель также должен показать эффективность продукта и снабдить его инструкцией по применению. Должен быть указан диапазон применения, а рекомендованные методы применения должны предотвращать сохранение вредных остаточных количеств пестицидов в урожае.

Таким образом, действенность и безопасность пестицидов тесно связаны между собой. Действенность применения подразумевает также экономическую выгоду. Пестициды дороги. Чрезмерное применение пестицидов не только экономически не выгодно, то также может ускорить развитие у насекомых или сорняков стойкости к пестицидам или снизить число полезных организмов.

Безопасность и действенность могут быть обеспечены только непрерывным контролем и постоянным совершенствованием способов применения пестицидов. Программа Секции агрохимикатов и их остаточных количеств Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ связана с изучением остаточных количеств пестицидов в ряде объектов, характера их поведения в окружающей среде, определением целей исследований и способов повышения целенаправленного действия пестицидов.

Потребности развивающихся стран

Во многих развивающихся странах интенсификация сельского хозяйства сопровождается увели-

чением импорта и применения пестицидов. Например, в Венесуэле годовой импорт активных ингредиентов увеличился с 4657 т в 1967 г. до 15710 т в 1976 г. и достиг в 1982 г. 26 600 т. Опыт Венесуэлы является типичным, так как многие нации борются за самообеспечение продуктами питания.

Большинство пестицидов было разработано в Европе, Северной Америке или Японии. Стоимость разработки какого-либо нового пестицида в США составляет в настоящее время около 20 млн. долларов, что делает маловероятным появление новых химикатов, за исключением химикатов для основных мировых культур. Поэтому приходится рассчитывать, главным образом, на имеющиеся в настоящее время препараты. Применение таких препаратов в сельском хозяйстве тропических стран увеличивается. Так как действенность препарата в принципе зависит от климатических условий и других факторов окружающей среды, важно разработать методы применения пестицидов применительно к разным культурам, климатическим условиям и вредителям различных районов мира. Факторы, повышающие действенность пестицидов, будут также влиять на тип их остаточных количеств. Скорость выведения пестицидов будет зависеть как от температуры, выпадения дождей и воздействия солнца, так и от характера сельскохозяйственных культур и почв.

К сожалению, многие развивающиеся страны не обладают соответствующим опытом применения синтетических органических пестицидов и не в состоянии решить проблемы, связанные с их применением. Персонал, подготовленный для проведения контрольных анализов качества и контроля урожая, почв и тому подобного, малочисленен, а его техническая оснащенность часто неудовлетворительна. ФАО осознала эту проблему и в 1961 г. рекомендовала расширить программы по пестицидам с целью выработки эффективного международного подхода к проблеме и обеспечения правительств соответствующими рекомендациями.

С этого момента ФАО все чаще стала привлекаться к подготовке рекомендаций экспертов по связанным с пестицидами вопросам, особенно в связи с регистрацией пестицидов (включая деятельность по обеспечению безопасности и контроль). Кроме этого, ФАО также приглашает для оказания технической помощи по многим проектам в развивающихся странах с целью достижения более безопасного и эффективного применения пестицидов. Эти программы предусматривают увеличение национальных кадров, подготовленных по различным аспектам применения и контроля пестицидов, и развертывание лабораторного оборудования для контроля качества пестицидов, а также для измерения остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах и окружающей среде.

Для решения связанных с пестицидами проблем требуется множество методов. Умение применять ядерные методы в значительной мере расширяет возможности обычных лабораторий, занимающихся остаточными количествами пестицидов. В аналитических исследованиях метаболизма пестицидов и при решении проблем поведения пестицидов в окру-

жающей среде часто используются молекулы, помеченные радиоактивными изотопами. Объединенный отдел ФАО/МАГАТЭ помог ряду развивающихся государств-членов в постановке и осуществлении связанных с пестицидами проектов, включающих применение ядерных методов.

Деятельность Секции агрохимикатов и их остаточных количеств многообразна. Проекты в государствах-членах направлены главным образом на повышение безопасности и эффективности применения пестицидов, но существуют также программы, связанные с утилизацией сельскохозяйственных отходов.

Остаточные количества пестицидов

Исследования пестицидов с помощью радиоактивных изотопов в хранимых продуктах начались раньше других. Исследовательская работа Ф.П.В. Винтеринхама и его коллег в 50-х годах продемонстрировала типы остаточных количеств пестицидов, которые получились в зерне в результате применения галогенных гидрокарбонатных фумигантов, и их влияние на качество пшеничной муки. Применение соединений, меченных изотопом ^{14}C , явилось примером для многих подобных работ.

Запасы зерна представляют собой большую ценность, особенно в периоды обильных урожаев, однако потери, вызываемые вредителями, могут быть значительными, особенно в тропических районах.

Для борьбы с большими колониями насекомых используются фумиганты, а инсектициды могут применяться до обнаружения насекомых. Величина остаточных количеств пестицидов зависит от методов их применения, длительности перерыва между применением пестицидов и потреблением продуктов, характера хранимого продукта и природы активных ингредиентов. Так как для таких исследований радиоизотопные методы являются идеальными, то Секция агрохимикатов и их остаточных количеств начала скоординированную программу исследования остаточных количеств пестицидов в зерне. Целью этих исследований было определение характера и величины остаточных количеств пестицидов и демонстрация методов сведения до минимума остаточных количеств пестицидов путем изменения процедур их применения.

Применение пестицидов в животноводстве является установившейся практикой. Кормовые продукты животноводства и окружающая среда могут быть загрязнены остаточными количествами пестицидов. Для изучения уровня содержания пестицидов в мясе или молоке наряду со скоординированной программой были начаты исследования, часть которых касалась остаточных количеств хлорированных углеводородов и фосфоорганических инсектицидов, а также афлатоксинов природного происхождения.

В некоторых случаях проблемы связанные с применением пестицидов были незначительны или совсем отсутствовали. Например, в Египте в молоке были обнаружены столь малые остаточные количест-

ва метомила, что они не могут быть опасными для потребителя.

На поведение пестицидов оказывает влияние окружающая среда, поэтому предположили, что некоторые пестициды, хотя они с трудом разлагаются в условиях умеренного климата, могут быстрее разлагаться и обезвреживаться в тропических условиях. Это соображение особенно важно для развивающихся стран, так как многие из них расположены в тропических зонах земного шара, и многие из пестицидов, которые уже не применяются в зонах умеренного климата, могут оказаться вполне приемлемыми для тропических условий. В последнем случае время их существования в объектах окружающей среды или „стойкость” могут быть значительно ниже. Так как многие из этих пестицидов недороги и эффективны, то, вероятно, нет причин для того, чтобы отказываться от них, если риск для окружающей среды мал. Так как маркировка радиоактивными препаратами является идеальным способом измерения скорости разложения веществ и их рассеяния в тропических (или других) условиях, то такая работа проводится в настоящее время в рамках скоординированной программы исследований.

Остаточные количества связанных и входящих в состав соединений пестицидов

Существенное продвижение вперед в методах анализа пестицидов стало возможным благодаря применению меченных радиоактивными изотопами пестицидов. Обычный анализ, основанный на жидкой экстракции, дает количественные данные о пестициде и продуктах его разложения. Предполагалось, что доля пестицида, которая не может быть экстрагирована, распалась или подверглась процессу метаболизма и лежит за пределами научного интереса. О таких пестицидах говорят, что они находятся в „связанном виде”. Однако в 70-х годах начал дебатироваться вопрос об их обратимости. Оказалось, что „связанные” пестициды вступают в прочную связь с такой субстанцией, как почва, тогда как при входящих в состав соединений пестицидах образуются химические связи пестицидов с такими соединениями биологического характера, как аминокислоты или молекулы сахара. Возник вопрос об их значении с точки зрения токсикологии, и регулирующие органы были вынуждены заняться этой проблемой. Для изучения природы связанных и входящих в состав соединений пестицидов используются усложненные аналитические методы и исследования с помощью меченных радиоизотопами пестицидов.

Иногда „связанные” остаточные количества пестицидов составляют значительную часть от общего количества, но не поддаются обнаружению обычными аналитическими методами. Связывание может быть обусловлено необычно сильной адсорбцией или образованием химических связей между пестицидом и компонентами тканей или почв. Секция аг-

рохимикатов и их остаточных количеств проводит скоординированную программу исследований для изучения некоторых проблем связанных пестицидов, чтобы определить природу и количество таких пестицидов и улучшить методы их измерения и распознавания.

Исследования с мечеными изотопом ^{14}C пестицидами показали объем проблемы. Например, 38 % наведенной радиоактивности остались связанными в течение 12 дней после введения малазона в почву. Для параквата, гербицида, не было снижения радиоактивности в почве в лабораторных условиях спустя год, тогда как в полевых условиях наблюдалось снижение активности на 26 % спустя 15 месяцев. Паракват является крайним случаем, но в ряде случаев сохраняется значительное количество радиоактивности.

Данная программа представляет собой попытку улучшения методологии и сравнения методов путем исследования одних и тех же химикатов в ряде сотрудничающих стран. При сравнительных исследованиях была показана ценность определенных методов, таких как высокотемпературная дистилляция.

Основным вопросом является определение токсического воздействия „связанных” остаточных количеств пестицидов и их биологические свойства. Данная программа создает важную основу для получения количественных и качественных данных, необходимых для решения проблем токсикологии.

Форма исполнения пестицидов

Доля пестицида, достигающая заданного организма, может быть чрезвычайно малой по сравнению с примененным количеством. Активные ингредиенты пестицидов подбираются таким образом, чтобы было легче их применять и чтобы обеспечить попадание в цель эффективной дозы пестицидов. Обычно необходимая эффективная доза мала, но большая часть используемого вещества рассеивается до того, как достигает цели. Существенная часть пестицида попадает в почву или в организмы, для которых пестицид не предназначался, где пестицид является „экономически” потерянными и создает потенциальное загрязнение окружающей среды.

Улучшение формы исполнения пестицидов повышает эффективность и может также повысить безопасность перевозки пестицидов или обращения с ними. Недавно достигнуты значительные успехи в технологии формы исполнения пестицидов, регулирующий его выделение. В этом случае пестицид содержится в некотором резервуаре и в определенное время выделяется, поддерживая заранее определенный уровень концентрации. Резервуар служит для защиты активных ингредиентов от потерь за счет улетучивания или разложения под воздействием окружающей среды и ограничивает их перемещение с мест применения.

Существуют разнообразные матрицы или устройства, регулирующие выделение пестицида, применимость конкретного метода зависит от его эффектив-

ности в конкретной ситуации и от его экономичности.

В рамках скоординированной исследовательской программы определенные типы полимерных резервуаров изучались несколькими исследователями. Для изучения поведения активных ингредиентов, скорости их выделения и их поведения в окружающей среде используются меченные радиоактивными веществами пестициды. В Сельскохозяйственной биотехнической лаборатории в Зейберсдорфе используются образцы из альгинейта, так как природные полимеры являются наиболее экономичными для форм исполнения пестицидов. Например, в Индонезии природный латекс используется для изготовления матриц для гербицидов, а проблема вулканизации была решена облучением латекса.

Более сложные методы изготовления матриц исследуются в Нейхерберге, ФРГ, где полимерная матрица, основанная на полиэтилене или этиленвинилацетатных сополимерах, может быть отформована или получена методом экструзии в виде нитей, пригодных для борьбы с водяными сорняками.

Ряд матриц был оценен в ходе предварительных лабораторных исследований. Такие формы исполнения, как эндосульфат, в матрице из альгинейта в настоящее время изучаются в полевых условиях против вредителей хлопка. В дальнейшем работы будут продолжаться в виде лабораторных экспериментов с радиоактивными веществами для оптимизации характеристик новых форм исполнения гербицидов.

Трипаноцидные препараты

Около 10 млн. квадратных километров территории Африканского континента заражены мухой цеце, которая разносит трипаносомоз, паразитарную болезнь животных и человека. Эта болезнь снижает производительность животноводства и уменьшает пригодность значительных пространств для ведения сельского хозяйства. Борьба с мухой цеце и производство подходящих вакцин несколько улучшает ситуацию. Однако в настоящее время это технически неосуществимо, и единственным практическим решением проблемы трипаносомоза животных является хемотерапия. Было установлено, что в Африке ежегодно используется более 25 млн. доз трипаноцидных препаратов. Однако за последние 25 лет не было внедрено новых препаратов, вероятно, существует твердая уверенность в возможностях ограниченного числа имеющихся препаратов.

Хотя эти препараты продолжают применяться, специалисты считают, что способ их действия неизвестен и что их применение можно было бы оптимизировать, если бы ясно осознавалась связь между дозой препарата и его лечебным или защитным действием.

Для получения необходимой информации при изучении животных в Кенийском исследовательском институте трипаносомоза должны применяться помеченные радиоактивными веществами препараты. Будет получена информация о зависимости

биологического эффекта приема животными препарата от величины содержания препарата в тканях организма. В лаборатории биометодов для сельского хозяйства были разработаны чувствительные методы анализа трипаноцидных препаратов, которые будут применяться при практических исследованиях в Кении.

Утилизация биомасс (сельскохозяйственных отходов)

Энергия, извлекаемая из источников ископаемого топлива, является главным фактором при производстве и распределении сельскохозяйственной продукции. Современные методы ведения сельского хозяйства находятся в большой зависимости от источников энергии, и увеличение стоимости энергии является основным сдерживающим фактором для производства сельскохозяйственной продукции как в развитых, так и в развивающихся странах. В настоящее время предпринимаются широкие исследования по использованию новых источников энергии. В частности, применение возобновляемых ресурсов (навоз, остатки урожая, „энергетические” культуры и тому подобное) для производства энергии, кормления животных и подкормки растений является той областью исследований, в которой ядерные методы могут играть ценную роль.

Из целлюлозных отходов ферментацией можно получить энергию в виде метана или этилена. Процессы ферментации также широко применяются при производстве пищевых продуктов и напитков, основным направлением расширения области применения биотехнологии является внедрение и улучшение процессов ферментации, использующих „сшивающие” биологические катализаторы.

Отсутствие понимания основ используемых процессов ограничивает применение распространенных методов производства энергии. Генерация метана с помощью ферментации (биогаз) является относительно новым способом получения энергии из таких отходов, как навоз животных. Хотя научные основы находятся в зачаточном состоянии, уже выявлено

много трудностей, таких как ограниченная способность микроорганизмов перерабатывать лигноцеллюлозные субстанции (древесину, солому и тому подобное). Ферментация может быть замедлена или прекращена присутствием определенных микроорганизмов или избытком определенных промежуточных веществ в процессе переработки. К тому же процессы ферментации осуществляются только в узком диапазоне температурных условий или кислотности (параметр pH).

Поэтому процессы производства энергии исследуются в многочисленных лабораториях во всем мире. В этих исследованиях применяются ядерные методы и Объединенный отдел ФАО/МАГАТЭ оказывает поддержку ряду исследовательских проектов. Исследования процессов, происходящих в генераторах метана в сельских районах, и влияние условий эксплуатации на эффективность генерации метана проводятся с помощью добавления в сельскохозяйственные отходы, при ферментизации меченных радиоизотопами веществ.

Представляется возможным увеличить скорость переработки лигноцеллюлозы и скорость ферментации при пониженных температурах применением новых культур микроорганизмов. Выращены вызванные радиоактивным облучением мутанты в поисках путей повышения способности разложения сельскохозяйственных отходов, таких как выжатый сахарный тростник, или фруктовых отходов, остающихся после ферментизации и дистилляции спиртов.

Тот факт, что африканские термиты могут использовать в качестве источника пищи древесные материалы, наводит на мысль, что микрофауна, имеющаяся в кишечнике термитов, обладает уникальной способностью разлагать лигноцеллюлозу. В настоящее время в Сельскохозяйственной биотехнической лаборатории начинается исследовательская программа по выделению, идентификации и использованию таких организмов. Организмы, разлагающие целлюлозу, были выделены для мутационных исследований, и ученые из Найроби (Кения) сотрудничают в рамках этого проекта с учеными из Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ.