

Насекомые, изотопы и излучения

Ожидается, что ядерные методы найдут более широкое применение в борьбе с вредными насекомыми

Дональд А. Линдквист

В мире насчитывается примерно 1 млн. видов насекомых, что превышает общее число всех видов животных и растений. К счастью для человечества, в абсолютном своем большинстве эти насекомые являются полезными или безвредными. Относительно небольшое число видов вредных насекомых (около 15000) служит причиной потери 15–20 % сельскохозяйственной продукции в мире. Эти потери — прямой результат ущерба, наносимого насекомыми растениям или животным, а также их заболеваний, переносчиками которых являются насекомые. Очень большие дополнительные потери сельскохозяйственной продукции происходят во время ее хранения, и это также результат деятельности насекомых. Кроме того, насекомые являются переносчиками таких заболеваний человека, как малярия, желтая лихорадка, лихорадка денге, а также онхоцеркоз, которые часто приводят к смертельному исходу.

Во времена, когда население земного шара было небольшим, потери пищевых продуктов в результате деятельности насекомых не имели такого большого значения, как в настоящее время, т.к. производимой продукции было достаточно для существования тогда населения. Конечно, кроме насекомых имелись и другие факторы, ограничивавшие производство пищевых продуктов. Однако с ростом населения и увеличением числа домашних животных и растений, которые шли в пищу человеку, значение насекомых резко возросло. Домашние животные и растения, разведение и выращивание которых сконцентрировано на ограниченных площадях (монокультуры), дают обильную пищу насекомым-вредителям, что, в свою очередь, приводит к резкому росту их численности. Однако для удовлетворения пищевых потреб-

Г-н Линдквист — руководитель Секции борьбы с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ по использованию атомной энергии (изотопов и излучений) в целях развития пищевой промышленности и сельского хозяйства.



Установка ловушек мух цеце в Нигерии. Проект борьбы с мухой цеце в Нигерии (сокращенно VICOT) дал обнадеживающие результаты.

(Фото Е. Оффори)

ностей населения земного шара необходимо именно такое производство сельскохозяйственной продукции, поэтому ее нужно защищать от насекомых как в процессе производства, так и во время хранения (в том числе и от других сельскохозяйственных вредителей, заболеваний, сорняков, нематод, крыс и птиц). В настоящее время общая площадь земли, используемой в сельском хозяйстве для того, чтобы прокормить примерно 5 млрд. человек населения земного шара, составляет значительно меньше одного гектара на человека.

После второй мировой войны быстрыми темпами шла разработка и производство современных инсектицидов, которые стали необычайно мощным средством борьбы производителей сельскохозяйственной продукции с насекомыми-вредителями. Применение инсектицидов — это основной метод борьбы с сельскохозяйственными вредителями, однако, их действие не является полностью удовлетворительным, поэтому возникла необходимость в альтернативных методах и средствах борьбы с насекомыми. К их числу относятся сопротивляемость растения-хозяина, аттрактанты насекомых, ловушки, массовое разведение растений и животных-паразитов, уничтожающих насекомых, биологические инсектициды и методы стерилизации насекомых, речь о которых пойдет ниже.

Комплексная борьба с сельскохозяйственными вредителями

Для более эффективного и интегрированного использования различных методов борьбы с насекомыми-вредителями, а также в целях уменьшения применения инсектицидов была разработана Комплексная программа борьбы с сельскохозяйственными вредителями (IPM), которая объединяет в себе различные тактики борьбы и применяется во многих частях земного шара. Используя как можно в больших масштабах природные средства борьбы, IPM в значительной степени зависит от наблюдений за численностью вредных насекомых; методы и средства борьбы с насекомыми-вредителями (почти исключительно инсектициды) применяются только в том случае, когда численность последних достигает критического уровня (экономический порог). Как правило, в основе IPM лежит обработка отдельных полей или ферм, в результате чего очень часто снижается количество применяемых инсектицидов и сопротивляемость к ним насекомых.

Борьба с сельскохозяйственными вредителями на больших площадях

При реализации IPM основное внимание уделяется борьбе с насекомыми-вредителями на отдельных полях и фермах, однако, контроль за ними может вестись и на больших площадях независимо от владельца земли или наличия урожая. В большинстве случаев цель „контроля на больших площадях” заключается в превентивной борьбе с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями в очагах их размножения до того, как они переместятся на поля фермеров.

В борьбе с некоторыми видами насекомых, например, саранчой, мухой цеце, москитами, а также с другими сельскохозяйственными вредителями, например, *Lepidoptera* (которые наносят большой ущерб зерновым) целесообразней и экономичней применять методы „борьбы на больших площадях”, а не обработки отдельных полей. В некоторых случаях насекомые-вредители, прежде чем двинуться на фермерские поля, концентрируются на небольших площадях или диких растениях-хозяевах. Борьба с насекомыми-вредителями во время их скопления на небольших территориях экономически намного эффективнее, чем позднее, в сезон их миграции. К сожалению, вопросу превентивной борьбы с ними не уделялось должного внимания.

Полное уничтожение какого-либо вида насекомых-вредителей в каком-то определенном районе всегда ведется на больших площадях. И хотя этот метод применяется в относительно редких случаях, у него очень высокие экономические показатели. Метод половой радиационной стерилизации насекомых (МСН) особенно эффективен при реализации программ по уничтожению насекомых-вредителей.

Ученые-исследователи разрабатывают целый ряд новых или альтернативных методов борьбы с насекомыми. Большинство из них применяется только для борьбы с вредителями на больших площадях. К их числу относятся: МСН; использование феромонов насекомых (половых аттрактантов) в целях предотвращения спаривания, т.к. самцы и самки в таком случае не могут найти друг друга; другие типы химических аттрактантов; ловушки; массовое разведение и выпуск растений и животных-паразитов, уничтожающих насекомых. Кроме того, повышение сопротивляемости растений-хозяев на больших территориях также дает очень эффективные результаты.

Мелкие фермеры или производители сельскохозяйственной продукции сталкиваются с гораздо большими трудностями в борьбе с насекомыми-вредителями, чем крупные фермеры. Мелкому производителю очень часто не хватает ресурсов для такой борьбы, и он в значительной степени зависит от мер по борьбе с насекомыми-вредителями, предпринимаемыми его соседями. Если эти меры неэффективны, то мелкий производитель столкнется с очень серьезными проблемами.

Изотопы и излучения

Объединенный отдел ФАО/МАГАТЭ использует изотопы и излучения в борьбе с насекомыми-вредителями с 1964 г. Изотопы применяются в качестве индикаторов, которыми можно, например, метить химические молекулы, насекомых или растения. С помощью таких индикаторов можно, например, проследить судьбу инсектицида в организме насекомого или в окружающей среде; поступление питательных веществ в организм насекомого; передвижение насекомых в полевых условиях.

Симпозиум ФАО/МАГАТЭ в ноябре 1987 г.

МАГАТЭ и ФАО совместно финансируют проведение в ноябре 1987 г. крупного научного мероприятия — Международного симпозиума по современным методам борьбы с насекомыми: ядерные методы и биотехнология. Ожидается, что участники симпозиума представят данные о разработке новых технологий борьбы с насекомыми, а также важную информацию об изменениях в проблемах борьбы с насекомыми-вредителями в развивающихся странах. Обмен мнениями и научной информацией должен помочь идентифицировать новые проблемы, потенциальные решения и возможности передачи технологии в целях обеспечения более дешевого и надежного производства сельскохозяйственной продукции.

Симпозиум будет проходить в Вене с 16 по 20 ноября 1987 г. Более подробную информацию можно получить в Службе конференции МАГАТЭ или в Секции борьбы с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ, А-1400, Вена, Австрия.

С их помощью можно также метить растения, которыми питаются насекомые, а также измерить количество потребляемой пищи и провести прямую корреляцию с сопротивляемостью растения. Кроме того, их можно использовать для контроля за паразитами, уничтожающими насекомых, например, контролировать их передвижение, численность и способность оказывать помощь в борьбе с сельскохозяйственными вредителями.

Для половой стерилизации насекомых (МСН) используется ионизирующее излучение. Применение МСН составляет основу программы Секции борьбы с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ. Кроме того, излучения применяются для изучения насекомых, включая их генетику; генную инженерию; микробиологический контроль и установление карантина в отношении сельскохозяйственной продукции и товаров, а также выведение растений-мутантов для усиления их сопротивляемости.

Метод стерилизации насекомых

В 20-х годах в результате работы, проведенной Х.Дж. Мюллером, было сделано открытие о том, что рентгеновское и гамма-излучение могут нанести репродуктивным системам насекомых достаточный генетический ущерб, в результате которого они становятся стерильными. За свою работу о генетическом воздействии излучения на организм насекомых Мюллер стал лауреатом Нобелевской премии. Ученые министерства сельского хозяйства США, которые в течение многих лет искали метод стерилизации насекомых, также обратили внимание на стерилизационный эффект излучений. Эти ученые теоретически обосновали идею о том, что после выведения в лаборатории больших количеств насекомых конкретного вида, их стерилизации и выпуска в определенном районе, стерильные самцы будут спариваться с дикими самками, но не смогут дать потомства, что приведет к уменьшению популяции этих насекомых. Они рассчитали, что в результате выпуска достаточного количества стерильных насекомых темпы воспроизводства дикой популяции резко упадут и станут равны нулю. Говоря простым языком, это проблема контроля за рождаемостью насекомых, решением которой стала радиационная стерилизация.

Впервые эта технология была продемонстрирована при уничтожении мясной мухи в 1954 г. на острове Кюрасао, принадлежащем Голландии.

Программу осуществляли ученые министерства сельского хозяйства США в сотрудничестве с голландским правительством. Таким образом, первый проект МСН был международным, и с того времени действующие проекты МСН по своему масштабу и целям в значительной степени остаются международными.

В настоящее время с помощью МСН ведется борьба примерно с 10 видами насекомых-вредите-

лей. Проводятся исследования и разработки и в отношении других видов насекомых, ожидается, что в будущем данная технология будет использоваться более широко. Ее можно применять для уничтожения насекомых на больших площадях, их изоляции и в некоторых случаях — контроля. Ее нецелесообразно применять для борьбы с насекомыми на отдельных полях или фермах, поэтому, как правило, программы МСН являются крупномасштабными, а в результате считаются дорогостоящими с точки зрения общих расходов на их реализацию. Однако, если данную технологию применять против насекомых, наносящих особенно большой ущерб и распространенных на больших территориях, расходы на единицу площади земли или зоны производства очень часто оказываются меньше расходов на обработку отдельных полей с помощью других технологий. Более того, во многих случаях с экономической точки зрения предпочтительней осуществлять полное уничтожение насекомых.

В силу того, что МСН применяется в отношении конкретного вида насекомых, основное значение приобретает селекция насекомых-вредителей или группы сельскохозяйственных вредителей, с которыми предстоит работать. Результаты применения МСН должны быть очень губительными для насекомых, а борьба или уничтожение (отдельного вида или группы видов) — принести прибыль фермерам. Если борьба ведется одновременно с несколькими видами насекомых, эти виды, как правило, очень тесно связаны друг с другом, поэтому для массового разведения таких насекомых используются почти аналогичные процедуры.

Более широкое применение МСН зависит от повышения его эффективности и улучшения экономических показателей. Практика показывает, что в случае его применения против соответствующего насекомого или насекомых данный метод оказывается более эффективным с точки зрения затрат, чем другие технологии. К числу дополнительных факторов, способствующих его применению, относится проблема роста популяций насекомых, которые обладают сопротивляемостью к воздействию инсектицидов, а также озабоченность в отношении ущерба, наносимого окружающей среде в результате непрерывного применения инсектицидов для борьбы с теми же видами насекомых.

Совместная программа ФАО/МАГАТЭ по борьбе с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями

Для применения МСН основное значение имеет проблема селекции вида насекомых. Процесс селекции и последующее действие ФАО и МАГАТЭ основываются на имеющихся в распоряжении агентств многочисленных средствах оказания помощи государствам-членам. Техническая секция является единственным организационным подразделением,

которое в целях передачи технологии для решения конкретной проблемы какого-либо государства-члена может объединить и скоординировать применение всех средств. В дополнение к передаче технического опыта диапазон услуг, предоставляемых секцией, колеблется от услуг консультативных групп до вспомогательных программ подготовки персонала и исследовательских контрактов.*

Кроме того, Объединенный отдел ФАО/МАГАТЭ имеет доступ к некоторым средствам ФАО, включая ее программу подготовки ассоциированных специалистов и проекты технического сотрудничества. В дополнение к этому государства-члены получают очень ценную помощь, имея доступ к накопленному опыту и сотрудничая с техническими отделами ФАО.

Техническая секция непосредственно контролирует предоставление лишь небольшого числа перечисленных услуг, поэтому она должна осуществлять долговременное планирование и информировать большое количество людей о достигнутых успехах, потребностях и проблемах, с которыми сталкиваются отдельные проекты. Что касается Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ, то в таком планировании и обмене информацией участвуют как ФАО, так и МАГАТЭ.

Проект в Нигерии

Цель проекта сотрудничества между МАГАТЭ, ФАО и Нигерией (сокращенное название VICOT) заключается в разработке МСН для борьбы с *Glossina palpalis palpalis* — одной из разновидностей мухи цеце, являющейся переносчиком трипаносомоза животных. „Нагана” или трипаносомоз животных — это фактор, сдерживающий развитие сельского хозяйства во многих странах Африки. Полное уничтожение мухи цеце — прекрасный метод борьбы с этой болезнью. Благодаря крупномасштабным исследованиям и разработкам данный вид мухи цеце был уничтожен почти на всей площади осуществления проекта на севере центральной части Нигерии.

При разработке и реализации проекта VICOT были использованы все вышеперечисленные виды оказания помощи, включая услуги, предоставленные ФАО. В реализации проекта VICOT основную роль сыграла подготовка персонала. Частично

* В данном случае подробный перечень имеющихся средств оказания помощи охватывает направление отдельных консультантов, консультативных групп и групп экспертов; оплату годичного отпуска для ведения научной работы; подготовку персонала (предоставление стипендий для индивидуальной специализированной подготовки); учебные курсы; ознакомительные поездки; научные командировки; исследовательские контракты; соглашения о научных исследованиях; технические контракты; совещания по координации научных исследований; симпозиумы; семинары; проекты технического сотрудничества (услуги экспертов, консультантов; оборудование); бесплатные услуги экспертов; поддержку со стороны Лаборатории МАГАТЭ в Зейберсдорфе, Австрии.



Секция энтомологии Лаборатории МАГАТЭ в Зейберсдорфе оказывает поддержку научным исследованиям и разработкам в области применения метода половой стерилизации насекомых для уничтожения насекомых-вредителей. Ученый из Замбии проверяет мух цеце, используемых в эксперименте.

благодаря этой подготовке и уверенности правительства Нигерии в обученном нигерийском персонале, который был связан с этим проектом, правительство Нигерии обратилось с просьбой о его расширении и включении в него всего проекта развития сельского и пастбищного хозяйства в штате Плато площадью 12 000 квадратных километров. Для успешного осуществления этого расширенного проекта (VICOT-II) снова потребуются использовать все имеющиеся в распоряжении Агентства и ФАО средства оказания помощи.

Поддержка Лаборатории МАГАТЭ в Зейберсдорфе

Секция энтомологии Лаборатории МАГАТЭ в Зейберсдорфе оказывает неоценимую поддержку проектам и программам координированных исследований. Кроме того, она непрерывно ведет необходимую подготовку кадров, которую нельзя получить в других лабораториях, используя в этих целях установки, предоставленные МАГАТЭ и ФАО для поддержки проектов МСН и применения изотопов в энтомологии.

В рамках проекта ВИСОТ семь нигерийцев прошли подготовку в Зейберсдорфе, а еще несколько нигерийских ученых обучались в других лабораториях мира. Лаборатория в Зейберсдорфе разработала и изготовила специализированное оборудование, которое было направлено в Нигерию. Кроме того, она создала усовершенствованные методы разведения мухи цеце и передала эту технологию Нигерии, что значительно сократило расходы на разведение мухи цеце. Лаборатория в Зейберсдорфе разработала также систему биологической оценки результатов уничтожения насекомых, которая используется в настоящее время в проекте ВИСОТ и некоторых других проектах. В Зейберсдорфе содержится резервная колония мух цеце, несколько сот тысяч насекомых было отправлено в Нигерию в дополнение к мухам цеце, разведенным в самой стране.

Секция энтомологии активно поддерживает программы применения МСН в полевых условиях для уничтожения плодовой мухи (средиземноморской). Для реализации действующих программ необходимо массовое разведение этого вида насекомых. Лаборатория массового разведения насекомых в Тапачуле, Мексика, производит свыше 500 млн. плодовых мух в неделю. Около половины особей — самцы. МСН использовался для полного уничтожения плодовой мухи в Мексике, а в настоящее время стерильные мухи выпускаются в Гватемале для уничтожения данного вредителя в этой стране. Издержки массового разведения насекомых (рацион, материалы, зарплата) составляют около 100 долл. США на миллион мух.

В Зейберсдорфе основной акцент делается на разведение генетически измененной линии средиземноморской плодовой мухи и возможное селективное уничтожение самок в яйце или на ранней личиночной стадии. Самки средиземноморской плодовой мухи очень мало или совсем не влияют на повышение эффективности МСН. С помощью такой технологии в Тапачуле можно будет разводить 500 млн. самцов примерно при тех же издержках, которые в настоящее время требуются для выведения 250 млн. самцов, т.е. можно будет добиться значительной экономии средств (около 40 %), расходов на массовое разведение средиземноморской плодовой мухи с генетически измененной линией. Выпуск одних лишь самцов (а не насекомых обоих полов, как это делается в настоящее время) также повысит эффективность этой технологии. Кроме того, будут уменьшены расходы на выпуск стерильных мух в окружающую среду.

Ведутся исследования и разработки, направленные на достижение дополнительной экономии за счет повторного использования рациона личинок средиземноморской плодовой мухи (что кажется возможным и не приведет к уменьшению количества или ухудшению качества разводимых насекомых). Стоимость рациона личинок при разведении средиземноморской плодовой мухи в Тапачуле составляет примерно 25 долл. США на миллион личинок. Повторное использование рациона позволило бы сэкономить около 40 % этих средств или 260 000 долл. США в год.

При уничтожении средиземноморской плодовой мухи с помощью МСН в силу экономических причин очень часто возникает необходимость уменьшить популяцию диких плодовых мух до выпуска стерильных мух. В этих целях в настоящее время осуществляется одноразовое или двухразовое распыление инсектицида-приманки, и хотя используемый инсектицид — малатион — безопасен, он все же оказывает слабое кратковременное воздействие на окружающую среду. Необходимость обработки малатионом очень больших площадей вызывает некоторое беспокойство, что приводит иногда к серьезным проблемам в реализации программы. Цель проекта в Зейберсдорфе заключается в определении возможности замены малатиона при обработке территорий агентом биологического контроля *Bacillus thuringiensis* (B.t.). Получены весьма обнадеживающие лабораторные данные, поэтому есть основания надеяться, что будет разработан эффективный штамм B.t., который заменит малатион в борьбе со средиземноморской плодовой мухой до выпуска стерильных насекомых.

Результаты и проблемы

Усилия МАГАТЭ и ФАО по передаче технологии МСН в развивающиеся страны были довольно успешными. Получены превосходные технические результаты. Одним из наиболее важных преимуществ проектов типа ВИСОТ является повышение возможностей местных организаций и персонала в осуществлении программ борьбы с насекомыми-вредителями на больших территориях. Эти возможности приобретают еще большее значение не только с точки зрения борьбы с сельскохозяйственными вредителями внутри какой-либо страны, но и с точки зрения проблем введения карантина при экспорте сельскохозяйственной продукции. Очень часто страна-получатель вводит карантин, чтобы предотвратить проникновение насекомых в страну, а это ограничивает экспорт. Проблема уничтожения завезенных насекомых-вредителей приобретает все большее значение по мере расширения торговли продуктами сельского хозяйства. Опыт, приобретенный местными организациями в области реализации проектов МСН, имеет непосредственное отношение к решению этой проблемы.

Одним из аспектов процесса передачи технологии, который необходимо значительно усовершенствовать, является вопрос управления. Развивающиеся страны имеют очень скудный опыт возможности (или не имеют их совсем) подготовки персонала в области управления на уровне, требуемом для осуществления программ МСН. А ведь управление играет такую же важную роль в реализации проектов МСН, как и технический опыт.

Другой областью, в которой необходимы усовершенствования, являются курсы повышения квалификации специалистов, которые уже прошли подготовку в МАГАТЭ. Подготовку нужно рассматривать как непрерывный процесс. Расходы могут показаться высокими, однако издержки отказа от поддержки и проведения курсов повышения квалификации еще выше.