

Атомы в борьбе с сельскохозяйственными вредителями

Д.А. Линдквист*) и сотрудники Секции

Потери продукции сельского хозяйства, в том числе и животноводства, вызываемые насекомыми, составляют от 8 до 20 % во всех странах мира.

Секция по борьбе с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ, разрабатывающая методы по снижению таких потерь, в сотрудничестве с Секцией энтомологии сельскохозяйственной биотехнической лаборатории в Зайберсдорфе, принимает активное участие в создании проектов и проведении исследований для заинтересованных стран-членов.

Секция уделяет особое внимание методу стерилизации насекомых (МСН). Этот метод включает в себя стерилизацию и выпуск больших количеств насекомых определенных видов в районах, где с ними ведется борьба. Стерильные особи, спариваясь с дикими насекомыми, не дают потомства. Таким образом данный метод представляет собой очень специфическую форму „контроля рождаемости“. Он применяется в нескольких странах против целого ряда сельскохозяйственных вредителей.

Важное требование этого метода — разведение насекомых определенных видов в больших количествах. Поэтому одним из основных видов деятельности лаборатории является разработка методов массового разведения насекомых, которые должны подвергнуться стерилизации. Большая часть исследований, проводившихся за последние два десятилетия, была связана с исследованиями мухи цеце и средиземноморской плодовой мухи.

Другим направлением работы Секции является использование радиоизотопов и стабильных изотопов для изучения экологии и поведения насекомых. Пути иммиграции и миграции насекомых легко прослеживаются с помощью изотопных методов. Эти методы также играют очень важную роль в определении эффективности различных паразитов и хищников.

Муха цеце

Муха цеце является единственным переносчиком трипаносомоза (сонной болезни) среди животных и людей, заболевания, которое в течение многих лет оказывало огромное губительное действие на население и сельскохозяйственных животных Африки. В течение более чем 15 лет Секция по борьбе с насе-

комыми и сельскохозяйственными вредителями активно разрабатывает метод стерилизации насекомых (МСН) с целью уничтожения мухи цеце. Исследования ведутся в Лаборатории в Зайберсдорфе, а также по исследовательским контрактам в ряде государств-членов МАГАТЭ, включая Нигерию, где в настоящее время по инициативе Агентства осуществляется программа по уничтожению мухи цеце.

Массовое разведение двух наиболее важных в экономическом отношении видов мухи цеце (*Glossina morsitans* и *Glossina palpalis*) осуществляется в два этапа. На первом этапе были разработаны соответствующее оборудование и методы, изучалась биология репродукции насекомых в стандартных условиях окружающей среды с использованием в качестве поставщиков донорской крови живых местных животных — процедура, которую часто называют процедурой *in vivo*. Очень эффективная система *in vivo* была разработана в 1979 году.

Во время второго этапа программы массового разведения основное внимание уделялось разработке системы *in vitro*, которая могла бы заменить живых животных. Эта система предполагает использование силиконовых мембран, имитирующих кожу животных, закрывающих дефибрированную цельную кровь коров и свиней. Систематическое совершенствование подготовки диет и процедур кормления через искусственные мембраны в сочетании со строгим соблюдением критериев по определению пригодности крови, сохраняемой различными способами, сделали возможным массовое разведение методом *in vitro* нескольких видов мухи цеце. Эффективность и производительность метода *in vitro* сравнимы с методом *in vivo*.

Основные исследования по определению требований к корму мухи цеце показали, что совсем не обязательно иметь неповрежденные (целые) клетки и кровь с гемоглобином. Эти выводы позволили начать разработку диет на основе крови, высушенной методом сублимации. Совершенствование производства, испытаний и хранения высушенной сублимацией крови обеспечили подготовку очень дешевой крови, которую можно хранить по меньшей мере в течение года до момента использования, а также транспортировать в любую точку земного шара.

Разработанные в Зайберсдорфе метод и оборудование для разведения мух цеце методами *in vitro* и *in vivo* были переданы для проекта „VICOT“ в Нигерии, где они используются для осуществления

*) Г-н Линдквист — руководитель Секции по борьбе с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ.



Техник в Лаборатории в Зайберсдорфе проводит машинную сортировку куколок мухи цеце по размерам.

программы по применению метода стерилизации насекомых.

Были также предприняты попытки для решения экономических и логистических проблем, связанных с существующими методами кормления мухи цеце. С этой целью проводятся поиски заменителей цельной крови, которые можно было бы использовать для диеты. Исследования, проведенные в Лаборатории в Зайберсдорфе, помогли разработать синтетическую диету, которая оказалась подходящей для разведения ряда видов мухи цеце. Диета, включающая коммерчески доступные ингредиенты, является первой синтетической диетой такого типа для кровососущих насекомых. В настоящее время продолжается работа по снижению сложности ингредиентов диеты, чтобы сделать ее намного дешевле. Решается задача разработки дешевой диеты, состоящей из простых ингредиентов, которые можно было бы легко стерилизовать, хранить и перерабатывать.

Практическая искусственная диета для мух цеце могла бы найти применение не только для массового разведения цеце, то также для изучения корма и метаболизма мухи цеце, при испытании физиологического воздействия различных составляющих, при исследовании развития трипаносом в мухе и разведении других кровососущих насекомых.

Проект „VICOT”

3 июня 1977 года Федеральное правительство Нигерии и МАГАТЭ подписали соглашение, в соответствии с которым была начата разработка проекта „Биологического контроля мухи цеце методом стерилизации насекомых” — широко известном как проект „VICOT”. Штаб-квартира проекта находится в Воле (Нигерия). Осуществление проекта началось с января 1979 года. К тому времени были подготовлены основные условия для создания колонии мухи цеце *Glossina palpalis palpalis*. Федеральный отдел службы по борьбе с сельскохозяйственными вредителями и Нигерийский институт по исследованиям трипаномоза выделили целый ряд сотрудников для участия в проекте. Федеральное правительство Нигерии обеспечило финансовую поддержку проекту. Специальные взносы поступили из ряда государств-членов: Бельгии, Италии, ФРГ, Швеции и Великобритании. Эти щедрые ассигнования обеспечили покупку необходимого оборудования, материалов и транспортных средств, а также позволили пригласить экспертов.

Основная цель проекта — исследование преимуществ, эффективности и экономичности метода стерилизации насекомых для уничтожения *Glossina*

palpalis palpalis и разработка протокола для применения метода во всех программах по борьбе с мухой цеце и трипаносомозом, проводимых в Нигерии и других африканских странах.

Район, выбранный для выпуска выведенных особей мухи, расположен примерно в 200 км южнее Вома, в пределах главного сельскохозяйственного района проекта, и охватывает территорию со сложной речной системой примерно в 1500 км². Области интенсивного земледелия по южной и восточной границам района обеспечивают барьер против возможной инфильтрации популяций мухи из внешних районов после ее уничтожения.

Для выполнения проекта потребовались значительные усилия по обеспечению массового разведения определенных видов мухи, проведению тщательного обследования района проекта, усилению естественных барьеров путем использования двухконусных ловушек, разумного и выборочного распыления инсектицидов по периферии, установки покрытых инсектицидами экранов на ключевых точках многочисленных притоков двух основных речных систем, находящихся в районе проекта.

Для создания колонии *Glossina palpalis palpalis*, которая в настоящее время насчитывает около 70 000 женских особей, использовались обе системы разведения насекомых *in vitro* и *in vivo*. Такая колония женских особей еженедельно обеспечивает примерно 5 000 новых мужских особей для облучения и выпуска в поле. Большая часть исследования для проекта „VICOT” проводится Лабораторией в Зайберсдорфе, где создана колония примерно в 50 000 женских особей. Каждые две недели мухи (в виде куколок) транспортируются из Зайберсдорфской Лаборатории в штаб-квартиру проекта „VICOT”, чтобы частично пополнить основную колонию, а также обеспечить дополнительное количество мужских особей для выпуска на поля. В большей части южных и центральных районов территории проекта, включающих свыше 50% „горячих точек”, в настоящее время уже осуществлены выпуски стерильных мужских особей с отличными результатами: на некоторых участках леса популяция мухи полностью уничтожена. К концу 1984 года эта операция будет проведена на всей территории в 1500 км².

Достижения по проекту „VICOT” и результаты аналогичных экспериментов в Верхней Вольте несомненно свидетельствуют о технической возможности уничтожения прибрежных видов мухи цеце с помощью метода стерилизации мужских особей насекомых, с применением ловушек и ограниченным использованием инсектицидов, нанесенных на экраны. Правда еще не определена конкурентоспособность стоимости операций проекта „VICOT” по сравнению с традиционными методами борьбы с мухой цеце; однако предварительные данные, полученные в аналогичном проекте в Верхней Вольте, показывают, что в уничтожении *Glossina palpalis gambiensis* данный метод является экономически конкурентоспособным с методом, основанным на инсектицидах.

Персонал проекта „VICOT” насчитывает 55 человек, из них только два международных эксперта, направленных МАГАТЭ. В настоящее время восемь сотрудников из Нигерии прошли стажировку в Лаборатории в Зайберсдорфе, специализируясь по массовому разведению мухи цеце и методам ее уничтожения.

Каковы перспективы проекта „VICOT”? Успешное уничтожение определенных видов мухи цеце на площади 1500 км² не должно рассматриваться как завершение проекта, скорее всего его следует считать началом более широкой программы. То, что область проведения проекта расположена на территории сельскохозяйственного района Лафия площадью 9400 км² вблизи потенциальных пастбищ для выпаса скота, является существенной причиной для расширения деятельности по проекту „VICOT” после даты его официального окончания в декабре 1984 года. Потенциальные выгоды такого расширения работ очевидны. Кроме того, проект „VICOT” мог бы выполнять важную роль центра подготовки национальных кадров для все более увеличивающегося числа африканских стран, желающих применить метод стерилизации мужских особей насекомых в качестве компонента национальной и региональной программ по борьбе с мухой цеце. В случае реализации этих последних планов проект „VICOT” смог бы выполнить гораздо более широкие задачи, чем было задумано первоначально.

Средиземноморская плодовая муха

Средиземноморская плодовая муха (*Ceratitis capitata*) является одним из наиболее опасных насекомых для цитрусовых, косточковых и многих других фруктов, а также определенных видов овощей. Некоторые страны, где нет этого вредителя, отказываются импортировать фрукты и овощи из стран, на территории которых распространена средиземноморская муха. Они строго соблюдают правила карантина, и таким образом это может оказать значительное влияние на экспорт фруктов.

В течение многих лет Секция по борьбе с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями активно поддерживала использование метода стерилизации насекомых в борьбе против средиземноморской мухи. Полевые испытания метода были проведены в Италии, Испании и других странах Средиземноморского бассейна. Когда средиземноморская плодовая муха наводнила Мексику и соседнюю Гватемалу, Агентство получило запрос об оказании помощи в передаче технологии метода стерилизации насекомых в Мексику. Этот запрос был выполнен в сотрудничестве с США; программа по уничтожению средиземноморской плодовой мухи была успешно проведена в Мексике, что предотвратило потери согласно расчетам на сумму более 500 млн. долларов США в год. Работы по мексиканской программе продолжаются с целью ликвидации этого сельскохозяйственного вредителя в Гватемале. Аналогичная, но в меньших масштабах программа, финансиру-

емая Италией, была начата в 1982 году в Перу. Основная цель программы — уничтожение средиземноморской мухи на территории двух долин на юге Перу, где в основном выращиваются фрукты.

Программа Египта MISR-MED

После успешного завершения программы по уничтожению средиземноморской мухи в Мексике аналогичная программа была разработана в Египте. 16 октября 1983 года МАГАТЭ подписало соглашение с правительством Египта, в котором были определены задачи по уничтожению средиземноморской мухи в этой стране. Комплексная программа борьбы с сельскохозяйственными вредителями включает использование приманочных распылителей, соответствующих карантинных процедур и выпуск стерильных мужских особей средиземноморской мухи. Штаб-квартира программы MISR-MED размещена в Александрии (Египет). Метод стерилизации насекомых (МСН) является идеальной системой, составившей основу Комплексной программы в связи с его экономической доступностью, приемлемостью для окружающей среды и эффективностью уничтожения насекомых-вредителей. Дополнительные ассигнования по финансированию программы выделили Австрия и Италия.

В течение первых 18 месяцев осуществления проекта будет построена установка по разведению до 1000 млн. средиземноморских мух в неделю, разработаны методы стерилизации, упаковки и выпуска мух, завершены экологические исследования и создана соответствующая инфраструктура для выполнения программы по уничтожению. Уже подготовлена программа обучения персонала процедурам метода стерилизации насекомых.

Опыт, полученный в результате осуществления программы по уничтожению средиземноморской мухи в Египте, будет доступен странам Средиземноморского бассейна и Среднего Востока.

Программа Зайберсдорфской Лаборатории по средиземноморской мухе

Программа Зайберсдорфской Лаборатории по исследованиям, связанным со средиземноморской плодовой мухой, включает в себя несколько направлений, задача которых — определить условия разведения мухи для программы в Египте. В настоящее время проводятся исследования таких ингредиентов из Египта, как отруби, дрожжи и черная патока с целью определения их пригодности для разработки диеты для личинок мухи. После того, как будет определена пригодная для личинок диета, необходимо будет точно определить такие факторы, как текстура кожи, содержание воды и глубина среды, ибо они оказывают влияние на скорость развития личинок и распространение тепла в среде. Чрезвычайно важное значение имеет контроль температуры в диете личинок. За последние несколько месяцев была разработана усовершенствованная

диета, при которой температура поддерживается на определенном уровне и это обеспечивает высокий процент выхода хороших куколок.

На установках по массовому разведению средиземноморской мухи в настоящее время используются две различные системы отделения созревших личинок от диеты. В первой системе созревшие личинки механическим путем отделяются от диеты, в то время как во второй системе созревшие личинки отсекаются по мере того, как они сами выпрыгивают из кормушек. Предполагается сравнить эти две системы, чтобы определить, какая из них дает куколки лучшего качества и больше подходит к условиям в Египте.

Проводится большая работа по разработке „стартовой диеты“. В соответствии с этой системой созревшие яички помещаются на два дня в небольшое количество высоко питательного корма, а молодые появившиеся личинки затем переносятся в кормушки с обычным кормом на основе отрубей. Успешное решение проблемы стартовой диеты высвободит большие площади на установке в Египте и может также иметь большое значение для осуществления разрабатываемой в настоящее время программы по механизму генетического разделения полов. Успехи здесь более чем значительные. Они свидетельствуют о том, что стартовая диета скоро найдет практическое применение в Египте.

В программе выпуска стерильных насекомых только стерильные мужские особи имеют значение для сокращения потенциала воспроизводства имеющейся в стране популяции насекомых. Выпуск стерильных женских особей насекомых нецелесообразен, так как несмотря на стерилизацию, они „прокусывают“ фрукты, пытаясь отложить яички, и тем самым причиняют серьезный ущерб. Поэтому предпочтительнее выпускать только стерильные мужские особи. Кроме того, возможность разводить и выпускать только мужские особи значительно снизила бы стоимость разведения.

Учитывая все эти факторы, в апреле 1983 года в Лаборатории была инициирована программа исследований по механизму генетического разделения полов для средиземноморской плодовой мухи. Одно направление исследований связано с определением температурной толерантности наследственности плодовой мухи; идея заключается в использовании определенной температуры с тем, чтобы исключить появление женских особей.

После определения чувствительных к температурным факторам необходимо будет перенести их в определяющую мужскую особь хромосому и затем проверить новую наследственность на массовом разведении.

Применение изотопных методов в борьбе с сельскохозяйственными вредителями

Начиная с 1982 года, Секция по борьбе с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями

активно участвует в проекте по Программе развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) и МАГАТЭ в Индонезии, предполагающем применение изотопных и радиационных методов для увеличения продукции сельского хозяйства. Под руководством эксперта, выделенного для осуществления проекта, в течение года была создана радиоизотопная лаборатория в штаб-квартире проекта в Батане (Джакарта) для изучения экологии и поведения при кормлении насекомых-вредителей риса и других культур. В течение этого периода успешно завершилось обучение индонезийских энтомологов в области планирования, получения и интерпретации результатов экспериментов, связанных с использованием изотопов, а также были осуществлены разработка и испытание новых изотопных методов, подходящих к местным условиям в Индонезии. Так, например, были запланированы эксперименты с целью упрощения мечения риса-падди путем мечения фосфором-32 масла зерна. Методами автордиографии были определены структуры питания коричневого (brown plant hopper) и зеленого (green leaf hopper) кузнечиков. Задачей этих исследований было определение причины устойчивости различных сортов риса к этим вредителям. Указано, что устойчивость в обоих случаях объясняется ухудшением питания.

Значительным достижением в этом отношении была разработка нового сцинтилляционного счетчика с твердым кристаллом, который оказался более совершенным по эффективности счета по сравнению со стандартным счетчиком Гейгера-Мюллера.

После окончательной доработки метод можно будет рекомендовать для всеобщего применения — это большой успех местных энтомологов и эксперта проекта.

Подготовка кадров

В течение последних 20 лет основным видом деятельности Секции по борьбе с насекомыми и сельскохозяйственными вредителями была подготовка кадров энтомологов из развивающихся стран с целью повышения их квалификации как специалистов по применению ядерных методов для борьбы с сельскохозяйственными вредителями. В настоящее время свыше 150 ученых из 42 стран прошли подготовку по регулярной программе Агентства в области энтомологии, а, начиная с 1963 года, 179 энтомологов из 67 стран прошли специальную подготовку на восьминедельных учебных курсах, организуемых раз в два года ФАО и МАГАТЭ в сотрудничестве с Университетом штата Флорида, министерством энергетики США и министерством сельского хозяйства США. Кроме того, более 40 ученых, принимающих участие в программах с применением метода стерилизации насекомых, окончили краткосрочные курсы при Лаборатории энтомологии в Зайберсдорфе.