



Хорхе Эндрихс и Алан  
Робинсон

# Уничтожить вредителя

**Использование излучений улучшает биологическую борьбу с насекомыми-вредителями.**

Гигантский взрослый наездник-ихневмонид бурит поверхность ствола ели, зараженной личинками рогохвоста. (Фотография: Борис Грасовец, факультет лесоводства, Bugwood.org)

**П**оддержка, оказываемая МАГАТЭ государствам-членам в области борьбы с насекомыми-вредителями, связана главным образом с методом стерильных насекомых (МСН), являющимся своего рода методом контроля рождаемости насекомых, в рамках которого разводимые в массовом порядке и систематически выпускаемые стерильные самцы целевого насекомого-вредителя спариваются с дикими самками в природных условиях, тем самым экологически безопасным способом нарушая воспроизводство популяции этого насекомого-вредителя. Этот подход позволяет эффективно сократить использование инсектицидов, и он с успехом использовался для регулирования численности и, в некоторых случаях, ликвидации популяций основных насекомых-вредителей. Тем не менее, имеются другие области, в которых государства-члены могут получать пользу от применения излучений в энтомологии. Одна из них – биологическая борьба.

## Что такое биологическая борьба?

Несмотря на столетия технологического развития, насекомые-вредители продолжают наносить весьма высокий ущерб производству сельскохозяйственной продукции и здоровью человека. Хорошо развитым, успешным подходом к этой проблеме является использование естественных врагов, называемых средствами биологической борьбы, для регулирования численности популяций вредителей. Средством биологической борьбы может быть хищник, паразитоид, бактерия, грибок или вирус. В настоящей статье мы сосредоточимся на хищниках, которые пожирают вредителей (добычу), и паразитоидах, которые заражают вредителя (хозяина) паразитами, жала его и при этом откладывая в него яйца.

Когда насекомые избавляются от своих природных естественных врагов, либо вторгаясь в новые страны

и уходя при этом от соответствующих средств биологической борьбы, либо в результате нарушения действия этих естественных врагов, они становятся насекомыми-вредителями. Как показано во врезке 1, при правильном применении биологическая борьба является одним из наиболее перспективных, экологически безопасных и устойчивых методов борьбы с такими насекомыми-вредителями. Однако расширение программ биологической борьбы сдерживают многочисленные ограничения, связанные с производством, перевозкой и выпуском средств биологической борьбы. Частный и государственный секторы промышленной биологической борьбы растут, но на них все еще приходится менее 3% объема продаж в сфере борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Связанные с регулированием, техническими и другие ограничения приводили к тому, что доля на рынке оставалась относительно небольшой. К проблемам относятся высокая стоимость производства, достижение надлежащего контроля качества и обеспечения качества, торговые ограничения и регулирующие положения, усложняющие перевозки.

Решить проблему этих ограничений с помощью ядерных методов можно несколькими способами, и в рамках совместной программы ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в продовольственной и сельскохозяйственной областях к настоящему времени завершен проект координированных исследований по этой теме с участием 18 исследовательских групп из 15 стран.

## Регулирование средств биологической борьбы

Отсутствие согласованности действий стран на международном уровне и разрешающих регулирующих положений является, вероятно, наиболее важным препятствием для более широкого осуществления биологической борьбы, "охранительные" регулирующие положения становятся преградами на пути эффективного внедрения и применения средств биологической борьбы. Однако Секретариатом Международной конвенции по защите растений Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) опубликован пересмотренный Международный стандарт фитосанитарных мер (МСФМ), содержащий "Руководящие принципы экспорта, перевозки, импорта, и выпуска в продажу средств биологической борьбы и других полезных организмов", которые должны помочь решить некоторые из этих проблем и расширить трансграничную торговлю средствами биологической борьбы.

## Защита биоразнообразия

Иногда выбранное для выпуска средство биологической борьбы является экзотическим видом для данной природной среды. Одним из ключевых вопросов при использовании этого подхода является вопрос специфичности средства биологической борьбы в его новой экосистеме, т.е. вопрос, останется ли введенное средство биологической борьбы связанным с вредителем или оно расширит сферу своего действия, воздействуя на другие виды в экосистеме, и тем самым

## Биологическая борьба с мучнистым червецом кассавы

Это насекомое стало опустошающим вредителем кассавы в Африке к югу от Сахары после того, как его ввезли в Конго из Южной Америки в 1970-х годах и оно быстро распространилось на остальную часть субконтинента. Кассава является главным источником углеводов, белков и витаминов для 200 млн. африканцев. Естественный паразитоид (фото на вставке) мучнистого червца кассавы был найден в Парагвае, стране происхождения вредителя в Южной Америке, и передан Международному институту тропического сельского хозяйства в Ибадане, Нигерия, где было организовано его массовое разведение. Был произведен его выпуск над 150 площадками в этом регионе, он адаптировался к новым условиям и обеспечил контроль над вредителем на 95% всех площадей.

## Отбор экзотических средств биологической борьбы с целью сохранения биоразнообразия

◆ В США проведена полевая оценка экзотического травоядного животного в стерилизованной форме, потенциально пригодного для биологической борьбы с бразильским перечным деревом, широко распространенным сорным растением, случайно завезенным в страну.

◆ Кроме того, проводится оценка облученной огневки кактусовой, вредителя различных местных видов кактуса в некоторых местах и средства биологической борьбы с завезенными сорняками кактуса в других, с тем чтобы подтвердить предпочтительные параметры яйцекладки в естественных условиях с целью прогнозирования круга хозяев, способности личинок к выживанию и причинению ущерба родственными природным растениям, а также изучения возможных взаимодействий с естественными врагами.

повлияет на биоразнообразие или даже атакует полезные виды или товарные культуры? Имеются многочисленные примеры, когда внедряемые средства биологической борьбы "перепрыгивали" на другие виды. Поскольку подобные ошибки постоянны во времени и пространстве, целесообразность такого внедрения необходимо тщательно оценивать заранее, до внедрения любого средства биологической борьбы. Одной из самых известных подобных ошибок является случай с жабой-ага в Австралии, которая была первоначально внедрена с целью борьбы с насекомыми-вредителями сахарного тростника, но очень быстро начала питаться другими видами и быстро размножаться, став в конце концов сама вредителем. После того, как средства биологической борьбы выпущены, они не могут быть вновь



Вверху: оса-хищник *Mucidifurax* на пупарии мухи. Как только самка выбирает подходящего хозяина-пупария, она откладывает в него одно яйцо. Яйцо созревает, и личинка осы пожирает куколку мухи.

(Фотография: Фотогруппа Службы сельскохозяйственных исследований МСХ США, Служба сельскохозяйственных исследований МСХ США, Bugwood.org)

Внизу: осы Braconid: паразитоиды на бражниках. (Фотография: Дэвид Капперт, Мичиганский государственный университет, США. Bugwood.org)

изъяты, и поскольку они фертильны, они имеют возможность воспроизводиться и увеличивать свою численность. Хорошо, если они остаются "ориентированными" на виды-вредители, но если они находят новых хозяев, не являющихся вредителями в новой экосистеме, это может стать бедствием.

Излучение может играть важную роль в безопасной оценке потенциального круга хозяев средства биологической борьбы в новой экосистеме. Оно позволяет стерилизовать и выпускать средства биологической борьбы в полевых условиях без внедрения их на постоянной основе и без воздействия на их поведение, а также оценивать, что они едят и что не едят, на каких хозяевах они паразитируют и куда перемещаются. Неоднократные выпуски стерилизованных средств биологической борьбы позволяют получать без риска крайне важную информацию в естественных условиях с целью принятия более правильных решений относительно окончательного выпуска фертильных особей.

### Улучшение массового разведения

Поскольку средство биологической борьбы охотится или паразитирует на другом виде насекомого, из

### Улучшенное массовое производство средств биологической борьбы

- ◆ В Болгарии облученный поддельный хозяин используется для разведения ос, паразитирующих на моли, являющейся насекомым-вредителем на мельницах и складах зерна.
- ◆ В Пакистане облученные яйца моли используются в качестве замены добычи для кормления хищников в программе борьбы на больших площадях с насекомыми-вредителями хлопка и сахарного тростника.
- ◆ В Польше излучение успешно используется для продления сроков хранения паразитоидов при борьбе с зерновой молью, причиняющей ущерб на складах зерна.
- ◆ В Турции облученный поддельный хозяин используется для массового разведения паразитоида мухи маслиной с целью использования в пилотном проекте борьбы на больших площадях в районах возделывания оливок.

этого следует, что для получения этого средства биологической борьбы с целью его выпуска должны разводиться оба вида, иными словами, это – двухкомпонентная биологическая система. В этом заключается отличие от МСН, где должен разводиться только один вид. Повышенная сложность делает массовое разведение средств биологической борьбы более трудно осуществимым в материально-техническом отношении и более дорогостоящим.

Зачастую массовое разведение особей видов, являющихся естественной добычей или хозяином, также оказывается трудным или дорогостоящим, и может оказаться более выгодным использование более легкодоступных замещающих видов – так называемых искусственных видов. Однако виды этих типов не всегда столь же приемлемы, как естественная добыча или хозяин; это особенно имеет место в случае средств биологической борьбы, откладывающих яйца в живых хозяев, на которые тогда воздействует их иммунная реакция. Излучение может использоваться для подавления иммунной реакции хозяина, что делает его более подходящим для паразитизма.

Хозяин зачастую пригоден для паразитизма только в пределах очень маленького временного окна в период развития, и излучение может использоваться для увеличения этого окна посредством снижения скорости развития хозяина. Ограниченный срок годности хозяев и добычи также ограничивает их использование во время массового производства, и для определенных видов излучение может использоваться для задержки развития, позволяя таким образом хранить и создавать запасы хозяев или добычи для использования по требованию клиентов (фермеров, теплиц, зерновых мельниц, птицеферм и т.д.).

Используется также спорное явление, известное как “радиационный гормезис”, т.е. применение весьма малых доз излучения для стимуляции биологических процессов. Согласно некоторым предварительным данным, этот процесс может увеличивать скорости паразитизации и воспроизводства.

## Содействие обработке, перевозке, торговле и выпуску

Основной проблемой производителей средств биологической борьбы является постоянное развитие и появлением в массе производимых естественных врагов некоторых новых насекомых-вредителей в виде не зараженных паразитами хозяев и неиспользованной насекомыми добычи. Это “загрязнение” конечного продукта биоконтроля может создать серьезные проблемы для эффективности процесса массового производства. Оно требует дополнительных этапов обработки, включающих удаление значительного числа не зараженных паразитами хозяев или неиспользованных являющихся добычей организмов из процесса разведения перед их отгрузкой клиентам, с тем чтобы они не поступили в качестве насекомых-вредителей к фермерам, использующим средства биологической борьбы. Излучение может использоваться для стерилизации добычи, хозяев и искусственных хозяев, с тем чтобы предотвратить дальнейшее развитие насекомых-вредителей и, таким образом, избавиться от необходимости выполнения трудоемких процедур разделения.

При отправлении средств биологической борьбы в другие страны, факт возможного присутствия в грузах фертильных насекомых-вредителей, являющихся как добычей, так и хозяевами, создает реальный или осознаваемый риск того, что это может приводить к внесению на новые территории или в новые страны чужеродных, стойких к пестицидам или вообще новых линий насекомых-вредителей. Этот риск может приводить к введению еще более строгих карантинных правил и разрешений, требуемых для их перевозки. Облучением хозяев и добычи можно добиться того, что даже в случае, когда не все хозяева были заражены паразитами и не вся добыча съедена, клиенты получают отправления, не содержащие фертильных насекомых-вредителей.

Необходимо также обеспечивать безопасную перевозку хозяев и добычи между различными установками; например на больших установках по производству может быть принято решение о перемещении хозяев/добычи на меньшие сателлитные установки, специализирующиеся на выращивании только средств биологической борьбы, а не хозяев или добычи. Безопасность этой операции может быть достигнута посредством облучения материала перед перевозкой, как это сегодня на постоянной основе делается в программах МСН, где стерильных куколок отгружают на большие установки по выращиванию и выпуску. Подобное использование излучений позволяет повысить эффективность производства средств биологической борьбы и помогает стандартизировать использование линий материала хозяина/добычи для обеспечения качества продукции.

## Применение средств биологической борьбы в полевых условиях

- ◆ В Китае облученную моль выпускали с целью воздействия на полевые культуры, и ее стерильные яйца служили в качестве хозяев для диких паразитоидов, что приводило к увеличению популяции паразитоидов.
- ◆ В Чешской Республике облученные яйца моли рассеивались на природе в лесу, и они становились хозяевами для диких средств биологической борьбы.
- ◆ В Чешской Республике стерильных личинок моли выпускали в лесах с целью контроля плотности и типа паразитоидов и патогенов.
- ◆ В Пакистане облученных хозяев выпускали на природу в начале сезона для увеличения популяции паразитоидов с целью эффективной борьбы с насекомыми-вредителями сахарного тростника на площади 40 000 гектаров.

## Обработка, перевозка средств биологической борьбы, торговля ими и их выпуск

- ◆ В Аргентине: облучение куколок мухи комнатной, используемых для массового разведения яиц и кукольных паразитоидов с целью использования их в курятниках и откормочных хозяйствах крупного рогатого скота.
- ◆ В Мексике: облучение плодовых мух на ранних стадиях развития в рамках массового разведения приблизительно 100 млн. паразитоидов плодовой мухи еженедельно с целью выпуска паразитоидов на обширных территориях.
- ◆ В США: облучение добычи для производства хищных клещей с целью борьбы с насекомыми-вредителями растений в теплицах.

## Применение средств биологической борьбы в полевых условиях

В полевых условиях, как насекомые-вредители, так и средства биологической борьбы с ними проходят популяционные циклы. К сожалению, эти циклы зачастую не синхронизированы, и популяции средств биологической борьбы обычно отстают от популяций вредителей. Если бы численность средств биологической борьбы можно было увеличивать заранее, до увеличения численности вредителя, то можно было бы добиться намного более эффективного контроля. Этого можно добиться посредством выпуска в полевых условиях добычи или хозяев, стерилизованных излучением, в начале сезона, с тем чтобы численность средств



Розовая пятнистая божья коровка-хищник, питающаяся яйцами колорадского жука. (Фотография: Уитни Крэншоу, Колорадский государственный университет, Bugwood.org)

биологической борьбы на выпущенных насекомых-вредителях могла быть увеличена заранее.

В программах биологической борьбы необходимо контролировать средство биологической борьбы в полевых условиях, с тем чтобы оценить уровни численности его популяции, выживаемость, распределение и т.д., и это также может оказаться весьма трудной задачей, поскольку численность хозяев в эффективной программе может быть низкой. Однако радиационно-стерилизованные хозяева могут безопасно выпускаться на целевой территории в качестве стражей с целью увеличения вероятности правильной оценки присутствия и уровней численности средства биологической борьбы и тем самым повышения эффективности программы.

Исследование и сбор новых экзотических средств биологической борьбы в странах происхождения могут

представлять собой весьма трудную задачу, поскольку хозяева могут встречаться редко, может быть трудно определить их местонахождение, или и то и другое. Радиационно-стерилизованные хозяева могут выпускаться в полевых условиях в стратегических местах, что увеличивает вероятность сбора новых средств биологической борьбы.

## Интеграция биологической борьбы с МСН

Много лет тому назад первооткрыватель МСН Э.Ф. Книплинг выдвинул идею, что было бы целесообразно объединить выпуск стерильных насекомых с выпуском средств биологической борьбы. Он предложил воспользоваться синергическим эффектом с целью сокращения размера целевой популяции в результате того, что при спаривании стерильных самцов с взрослыми самками в природных условиях не образуется потомства, в то время как средства биологической борьбы нацелены на другие стадии развития насекомого-вредителя, т.е. стадии яйца, личинки или куколки.

Такая интеграция стерильных насекомых и других полезных организмов теперь достигнута применительно к ряду сельскохозяйственных культур и вредителей, и имеются большие возможности расширения этого комплексного и полностью экологически безопасного биологического подхода. 

*Хорхе Эндрикс - руководитель Секции борьбы с насекомыми-вредителями МАГАТЭ. Эл. почта: J.Hendrichs@iaea.org.*

*Алан Робинсон работал в качестве консультанта в той же секции. Эл. почта: alan.robinson@chello.at*

## Интеграция средств биологической борьбы и метода стерильных насекомых

В Мексике выпуск стерильных плодовых мух и паразитоидов производился одновременно в рамках большой национальной кампании по ликвидации плодовых мух в северо-западной Мексике и их эффективному подавлению в других регионах.

В Сирии одновременные выпуски паразитоидов яиц и стерильной моли привели благодаря синергическому эффекту к сокращению полевых популяций картофельной моли.

В Южной Африке одновременные выпуски паразитоидов яиц и стерильной моли привели благодаря синергическому эффекту к сокращению полевых популяций ложной

плодожорки яблонной на citrusовых плантациях. Эти результаты способствовали созданию частной компании южноафриканской промышленностью по производству citrusовых культур.

В Индии с целью борьбы с насекомыми-вредителями хлопка энтомопатогенные нематоды выпускаются совместно с облученной молью.

В Израиле побочные продукты массового разведения насекомых используются для производства хищников парниковых насекомых-вредителей и паразитоидов комнатных мух.