



不放过一只害虫

Jorge Hendrichs 和
Alan Robinson

辐射应用正在改进虫害的生物防治

国际原子能机构对成员国提供的害虫防治方面的支持主要集中于昆虫不育技术方面。这是一种控制昆虫出生率的技术，它利用辐照技术使大规模饲养的目标害虫雄性不育，然后系统性地将这些不育雄性害虫投放到野外与野生雌性交配，从而以一种环保的方式干扰害虫种群的繁殖。这种方法有效地减少了杀虫剂的使用，已经成功地用于管理甚至根除主要害虫的种群。然而，还有一些领域成员国也可以受益于辐射的昆虫学应用。其中一个领域是生物防治。

一只巨大的成年姬蜂正在寄生了树蜂幼虫的冷杉树干上钻孔。

（图片来源：林学院Boris Hrasovec, Bugwood.org）

何谓生物防治？

尽管经过了数个世纪的技术发展，但是虫害依旧不断地对农业生产和人类健康带来重创。解决这个问题的一种成熟、成功的方法是利用天敌也就是所谓的生物防治剂管理害虫种群。生物防治剂可以是食肉动物、拟寄生物、细菌、真菌或者病毒。在本文中我们将集中探讨可以捕食害虫（被捕食者）的食肉动物和通过针刺害虫并在其体内产卵从而寄生于害虫（宿主）体内的拟寄生物。

当昆虫逃离本土天敌时，要么由于

逃避生物防治剂而入侵新国家，要么由于受到这些天敌的干扰，它们就变成害虫。如第35页框中内容所述，生物学防治如果应用得当，可成为控制此类虫害的最有希望、最环保、最可持续的手段之一。然而，生物防治计划的扩展受到许多与生物防治剂生产、装运以及投放有关的限制。商用和公共生物防治行业正在增长，但是其害虫防治剂销售额所占比例还不到3%。监管、技术及其他限制因素使这一市场份额处于较低水平。面临的挑战包括高生产成本、充分的质量控制和保证、贸易壁垒以及复杂化的运输规则。

核技术可以以多种方式解决这些限制，而且在来自15个国家的18个研究小组的参与下，粮农组织/原子能机构粮农核技术联合计划目前已经完成了一个有关这个题目的协调研究项目。

调整生物防治剂规定

对扩大生物防治的实施范围来说，最大的障碍可能是各国之间缺乏国际协调和没有可利用的赋权规定；“守门人”规则为生物防治剂的高效推广和应用设置了障碍。然而，联合国粮农组织《国际植物保护公约》秘书处已经发布了关于“生物防治物和其它有益生物的输出、运输、输入和释放准则”经修订的“国际植物检疫措施标准”，它必将有助于解决其中的一些问题并增加生物防治剂的跨境贸易。

保护生物多样性

有时选定进行投放的生物防治剂对环境来说属于外来物种。采用这种方法时让人担忧的关键问题之一是生物防治剂在其新的生态系统中的特异性问题，即引进的生物防治剂将只与害虫有关，还是将扩大其范围以致影响到生态系统中的其它物种，从而影响生物多样性，甚至攻击有益物种或经济作物？引进生物防治剂“跨越物种”的实例有很多。因为这种

木薯粉蚧的生物防治

上 世纪70年代，木薯粉蚧被从南美洲引入刚果，此后迅速传播到非洲次大陆的其他地区，成为撒哈拉以南地区的一种破坏性木薯害虫。对2亿非洲人来说，木薯是碳水化合物、蛋白质和维生素的首要来源。木薯粉蚧的一种天然拟寄生物在巴拉圭即这种害虫在南美洲的原产地被发现并转送至尼日利亚伊巴丹的国际热带农业研究所，在那里进行了大规模饲养。然后，在该地区的150多个点投放了饲养的这些拟寄生物，在这些生物安顿下来之后，95%田地里的害虫得到了控制。

筛查外来生物防治剂以保护生物多样性

◆ 在美国，为了对一种被意外引进的杂草“巴西胡椒木”实施最终生物控制，对一种经过绝育的外来食草动物进行了野外评价。

◆ 此外，还评估了经过辐照的“仙人掌”蛾——一些地方不同本土仙人掌植物的一种害虫，亦即其他地方引入的仙人掌杂草的一种生物防治剂，以证实自然条件下的产卵偏好，从而预测宿主范围、幼虫存活和破坏相关本土植物的能力，并研究与天敌的可能相互作用。

错误在时间和空间上是永久性的，所以在引进任何生物防治剂之前，需要谨慎地评估此类引进需求的可行性。在这些错误当中，最著名的当属澳大利亚的蔗蟾蜍。为了控制甘蔗害虫，澳大利亚引进了这种动物，但是它立即开始以其它物种为食，而且数量猛增数倍，直至蔗蟾蜍本身变成一种害虫。一旦生物防治剂被释放出来，就无法收回，因为它们是可以繁殖的，所以有可能繁殖并扩大数量。如果它们一



顶图：落在蝇蛹壳上的Mucidifurax食肉蜂。雌蜂一旦选中一个合适的蛹壳宿主，就会在蛹体内产一颗卵。这颗卵孵化后，幼蜂就以蝇蛹为食。

（图片来源：美国农业部农业研究所摄影组，Bugwood.org）。

底图：Braconid黄蜂：天蛾身上的拟寄生物。

（图片来源：美国密执安州大学David Cappaert，Bugwood.org）。

直“锁”在害虫物种上还好，但是如果它们在新的生态系统中发现了新的非害虫宿主那就糟了。

在对生物防治剂在新的生态系统中的潜在宿主范围的安全评价中，辐射发挥着重要的作用。利用辐射使生物防治剂不育，将其投放到野外，但不使它们永久性驻留并且不影响其行为，并且评价它们吃什么和不吃什么，寄生于何种宿主及其去向。不育生物防治剂的重复投放将在不产生风险的情况下提供自然条件下的关键信息以改进与最终投放有关的决策。

改进大规模生产

因为生物防治剂会猎食或寄生于另一种昆虫，所以可以断定，为了生产投放用

改进生物防治剂的大规模生产

◆ 在保加利亚，一种经过辐照的人工宿主被用于培育可寄生于面粉厂和谷物仓库的蛾虫体内的黄蜂；

◆ 在巴基斯坦，经过辐照的蛾卵被用作一种猎物替代品来供养食肉动物以对棉花和甘蔗害虫实施地区性控制。

◆ 在波兰，辐照被用于成功地延长拟寄生物的寿命以抑制储粮蛀虫对储粮仓库造成损失。

◆ 在土耳其，一种经过辐照的人工宿主被用于大量饲养橄榄实蝇的拟寄生物，以用于一个橄榄生产区的地区试验项目。

的生物防治剂，两种生物都必须培养，换句话说，它是一个双组分生物系统。相比之下，昆虫不育技术只需培养一个物种。复杂性的增加使生物防治剂的大规模培养需要耗费大量的物力和财力。

天然猎物或宿主本身往往难以大规模培养或者耗资巨大，因此使用更多的现成替代品即所谓的人工物种将是一种优势。然而，这类物种并不总是像天然猎物或宿主那样被接受；这种情况在生物防治剂身上尤其突出，它们在活宿主体内产卵，而这些活宿主会出现免疫反应。辐射可用于抑制宿主的免疫反应，使其更适于寄生。

在成长过程中，宿主常常只在一个非常短的时间窗口期内适于寄生，而辐射可通过降低宿主的成长速度来延长这个窗口期。宿主和猎物的有限寿命也使其无法在大规模生产期间使用，而对某些物种而言，辐射可用于阻止成长，从而可以储备宿主或猎物，以待客户（农民、温室、磨坊、禽舍等）需要时使用。

此外，有的地方还利用存在争论的被

称作“辐射兴奋效应”的现象，即使用极低剂量的辐射刺激生物过程。有些初步证据表明，这种方法可增加寄生物感染率和繁殖。

促进处理、装运、贸易和投放

让生物防治剂生产商头疼的一个主要问题是，在大批量生产的天敌当中，有些害虫以未寄生宿主和未用猎物昆虫的形式继续成长和出现。最终生物防治产品的这种“污染”会严重影响大规模生产效率，需要增加处理步骤，包括在装运并作为害虫供使用生物防治剂的农民使用之前，消除饲养中存在的大量未寄生宿主或未用猎物个体。利用辐射可使猎物、宿主和人工宿主失去生育能力，以阻止害虫的进一步发展，从而消除对劳动密集型分离方法的需求。

当生物防治剂被运往其他国家时，货物常常包含可繁殖的害虫，要么是猎物，要么是宿主，这个事实带来了一个实际的或可察觉的风险，即它可能导致将非本土、具有抗药性的新害虫品系引入新地区或国家。由于这种风险，装运所需的检疫规定和许可更为严格。对宿主和猎物进行辐照可以确保即使不是所有的宿主被寄生或者不是所有的猎物被吃掉，客户也不会收到含有可繁殖害虫的货物。

此外，还需要在不同设施之间安全地运输宿主和猎物；例如，大型生产设施可以决定将宿主/猎物运往较小的专门饲养生物防治剂而不是宿主或猎物的卫星设施。这个程序可通过在启运之前进行材料辐照来安全地实施，就像昆虫不育技术计划目前经常实施的那样，在这项计划中不育蛹被运往大规模饲养和投放设施。这种辐射利用将提高生物防治剂的生产效率，并将有助于实现宿主/猎物原料利用的标准化以确保产品质量。

补充野外的生物防治剂

◆ 在中国，经过辐照的蛾被释放到农作物中，其无精卵可作为野生拟寄生物的宿主，从而使拟寄生种群增加。

◆ 在捷克共和国，经过辐照的蛾卵被投放到一片天然森林，作为野生生物防治剂的宿主。

◆ 在捷克共和国，不育蛾幼虫被投放到森林中以监测拟寄生物和病原体的密度和类型。

◆ 在巴基斯坦，经过辐照的宿主在季节初期被投放到野外以增加拟寄生物的种群，从而在一片4万公顷的面积上有效地管理甘蔗害虫。

生物防治剂的处理、

装运、贸易和投放

◆ 在阿根廷，辐照家蝇蛹被用于大规模培育卵和蛹拟寄生物，以投放到鸡舍和牛圈中。

◆ 在墨西哥，作为拟寄生物地区性投放的一部分，辐照未成熟果蝇被用于每周大量培育约1亿只果蝇拟寄生物。

◆ 在美国，辐照猎物被用于生产食肉螨，以控制温室中的植物害虫。

补充野外的生物防治剂

在野外，昆虫害虫像其生物防治剂一样经历种群循环。不幸的是，这些循环常常不同步，生物防治剂种群一般落后于害虫种群。如果在害虫种群增加之前能够增加生物防治剂的数量，那么取得的控制效果将会好得多。做到这一点的方法是，在季节初期向野外投放经过辐照绝育的猎物或宿主，以便能够根据已经投放的害虫安全地增加生物防治剂的数量。



图：粉点瓢虫正在捕食科罗拉多薯虫卵

（图片来源：科罗拉多州大学 Whitney Cranshaw。Bugwood.org）。

在生物防治计划中，必需监测野外的生物防治剂以评价其种群水平、存活率、分布等，这同样会证明是十分困难的，因为在一项有效的计划中，宿主的数量可能较低。然而，经过辐射绝育的宿主可以像守卫一样安全地布置在目标位置上，以增加正确评价生物防治剂存在状况和水平从而提高计划效率的机会。

在原产国寻找并收集新的外来生物防治剂可能是一项非常艰难的任务，因为宿主可能稀少或难以定位，或者两个问题同时存在。经过辐射绝育的宿主可以部署在

野外的战略位置上，从而增加收集新的生物防治剂的机会。

生物防治与昆虫不育技术的结合

许多年前，昆虫不育技术之父 E.F.Knipling 就认为，将不育昆虫投放与生物防治剂投放相结合，结果会很好。他认为，在削减目标种群规模方面可以实现协同响应，因为不育雄性与野外成年雌性交配肯定不会产生后代，而生物防治剂把害虫的其他生长阶段，即卵、幼虫或蛹阶段作为目标。

目前，不育昆虫与其他有益生物体的这种结合已经成功地用于许多农作物和害虫防治中，而且这种综合的、完全环境友好型生物方法存在着巨大的推广潜力。✿

Jorge Hendrichs 是国际原子能机构病虫害防治科科长。电子信箱：J.Hendrichs@iaea.org。

Alan Robinson 是该科顾问。电子信箱：alan.robinson@chello.at。

生物防治剂与不育昆虫的结合使用

在墨西哥，作为一项大规模全国运动，不育果蝇和拟寄生物被同步释放，这项运动已经根除了来自墨西哥西北部的果蝇并且有效地将其限制在其他地区。

在叙利亚，卵拟寄生物和不育蛾的同步释放在协同作用下降低了马铃薯茎蛾的野外种群。

在南非，卵拟寄生物和不育

蛾的同步释放在协同作用下降低了柑橘园的异形小卷蛾种群。在这些成果的鼓励下，南非柑橘专家界已经建立了一家私营公司。

在印度，昆虫致病线虫和辐照蛾一同释放以控制棉花害虫。

在以色列，大规模昆虫培育的副产品被用来生产温室害虫的捕食者和家蝇的拟寄生物。