

昆虫、同位素和辐射

预期核技术会在防治害虫方面 获得更广泛应用

Donald A. Lindquist

世界上有 100 多万种昆虫，超过所有其它动物与植物种类的总数。幸运的是，绝大多数昆虫对人类是有益的或无害的。只有少数（不多于 15 000 种）是有害的，它们给全世界农业（作物和牲畜）产量造成的损失为 15—20 %。这些损失来自害虫对作物和牲畜的直接伤害，也来自害虫传播的疾病对作物和牲畜的伤害。另一些甚为巨大的损失，是在农产品贮藏期间由害虫造成的。其它损失则来自害虫传播的人类疾病，例如疟疾、黄热病、登革热和盘尾丝虫病。

当世界上人口很少时，由于可利用的食物数量足够供给全体居民，因而由害虫造成食物损失一事的重要性较之今天为小。当然，害虫以外的一些因素也限制了食物的来源。然而，随着人口的增加和动植物被驯化以养活大大增加了的人口，害虫问题变得更加重要。如果在单一经营地区（单作）生产牲畜和作物，这些动植物同时也为害虫提供了丰富的食料，致使虫害次数大增。为了养活全世界众多的居民，又不得不依照这一方式生产食物。因此，必须在生产和贮藏期间不让农产品受到害虫的侵袭（也要防止其它病虫害，诸如病害、杂草、线虫、老鼠和鸟类）。今天可用来养活世界上近 50 亿人口的农业生产用地，总共还远远不到一公顷每人。

第二次世界大战后，新型杀虫剂获得迅速发展，为作物和牲畜生产者防治害虫提供了极其有效的手段。杀虫剂是防治害虫的主要手段。然而，杀虫剂并不是完全令人满意的。因此，需要有防治害虫的替代方法，包括利用寄主抗性、使用昆虫引诱剂、诱捕、



此图显示正在尼日利亚安装采采蝇诱捕器。尼日利亚的防治采采蝇项目，称为 BICOT，已取得了令人鼓舞的结果。（来源：E. Offori）

大量释放寄生物和天敌、施用生物杀虫剂以及昆虫不育技术（后者下面将专门讨论）。

虫害的综合治理

涉及不止一种防治战术的虫害综合治理方法（IPM），已在世界上许多地方开发并实施，目的是要以综合的方式更有效地利用各种害虫防治方法和减少对杀虫剂的过分依赖。在尽可能多地利用自然防治手段的同时，IPM 在很大程度上取决于对害虫存在数量的调查结果；当害虫数量达到临界值（经济阈值）时，才运用害虫防治方法（几乎总是用杀虫剂）。IPM 通常以个别农田或农场为基础，它是一种常常能减少杀虫剂用量，并减缓昆虫产生抗药性的速率的方法。

大面积防治

尽管 IPM 把重点放在以个别农田或农场为基础的害虫防治上，但害虫是能够在大面积范围内防治的。此时将不考虑土地所有权或土地上是否种植了作

Lindquist 先生是 FAO / IAEA 同位素和辐射应用于粮食和农业发展联合处虫害防治科科长。

物。在大多数情况下，“大面积害虫防治”的目标是预防性的，也就是说，在害虫迁移到农户的农田之前，就在它们的发源地把它们消灭掉。有些害虫，如蝗虫、采采蝇、蚊虫和某些有害的鳞翅目（能危害许多谷物）等，更适宜于大面积防治，其费用较逐块农田防治低。在某些情况下，害虫只在小范围内出现，而且在它们迁移到农户农田前常常栖息在野生的寄生植物上。害虫聚集在小面积范围内时施用防治手段，对降低本季节后期的防治费用是很有效的。遗憾的是，害虫预防性防治没有得到应有的重视。

根除指定地区内的某种害虫，总是采用大面积防治的做法。虽然根除只在少数情况下适用，但从经济上看十分有利。使用辐射使昆虫丧失生殖能力的昆虫不育技术（SIT），在根除工作中是特别有效的。

研究人员正在开发一些新的或可供选择的害虫防治方法，其中多数仅适用于大面积防治。这些方法中有 SIT；使用昆虫信息素（性引诱剂）迷惑昆虫，使雄性和雌性不能在一起，达到阻止其交配的目的；其它类型的化学引诱剂；诱捕；以及大量释放寄生物或天敌等。寄主植物抗性用于大面积防治也是非常有效的。

拥有很少资产的农户和生产者，与拥有大量资产的农户和生产者相比，他们在防治害虫方面的困难多得多。小生产者常常缺乏防治害虫的资源，在很大程度上只能任凭邻居们所采取的害虫防治措施的摆布。如果邻居们不采取有效的防治措施，那么小生产者将遭受严重的虫害之苦。

同位素和辐射

自 1964 年以来，原子能机构（IAEA）和粮农组织（FAO）的联合处一直在参与使用同位素和辐射防治害虫的工作。例如，把同位素用作化学分子、害虫或植物的标记或标志。人们利用这些标记就能够跟踪杀虫剂在害虫和环境中的遭遇，害虫吸取营养的情况，以及在野外条件下害虫的迁徙情况。同位素还能标记害虫以之为食的植物，这样，我们就能测定被吃掉的食物数量，并据之比较各种植物的抗性。我们同样能利用同位素跟踪害虫的寄生物和天敌，例如跟踪它们的迁移规律、数量和帮助防治害虫的能力。

在昆虫不育技术（SIT）的操作中，利用辐射使昆虫不育。SIT 是 FAO / IAEA 联合处虫害防治科计划中最大的项目。还可利用辐射研究害虫，其中包

括研究遗传学、遗传工程、微生物防治、农产品检疫处理以及诱发植物变异以培育有抗力的品种。

昆虫不育技术

X 射线或 γ 辐射能够使昆虫生殖系统产生足够大的遗传损伤，从而造成不育，这一发现是 H. J. Muller 从 20 年代开始的长期研究的结果。Muller 因他的昆虫辐照遗传效应研究而获得了诺贝尔奖。这种辐照不育效应受到美国农业部科学家的注意，他们多年来一直在寻找一种使昆虫不育的方法。这些科学家曾提出一种理论，认为如果人工饲养大量的目标昆虫，使其不育并释放到野外，不育昆虫会与野生昆虫交配。这种交配不会生育后代，这样一来昆虫的数量就会减少。他们计算过，如果释放足够数量的不育昆虫，野生群体的繁殖率将迅速下降并达到零。简言之，若要控制昆虫的生育，辐照不育就是出路。

这种技术的首次示范是 1954 年根除荷兰库拉索岛的螺旋蠕虫。此项计划是在荷兰政府的合作下由美国农业部的科学家实施的。因而，最初的 SIT 项目就是国际性的，自那以后，实施过的 SIT 项目从范围上讲大多是国际性的。

目前，将近 10 种害虫正在用 SIT 进行治理。防治其它害虫的研究发展工作也在进行。期望这项技术在今后将获得更广泛的应用。SIT 适用于大面积根除害虫和检疫，有时也用于防治。这种技术不宜于单块农田或单个农场使用。因此，SIT 计划趋向于搞大的，从该计划的总费用角度看，它很费钱。但当应用这种技术来消灭危害性极大和分布范围很广的害虫

FAO / IAEA 专题讨论会, 1987 年 11 月

1987 年 11 月，IAEA 和 FAO 将联合举办一次大型的科学集会——现代害虫防治国际专题讨论会：核技术和生物工艺学。预期与会者将提供新出现的害虫防治技术方面的资料，并提供发展中国家虫情变化方面的重要信息。观点和科学情报的交流将会有助于提出新问题、提出可能的解决办法和提供技术转让的机会——这一切的总目标是使农业生产花钱少而又能持续下去。

这次专题讨论会将于 11 月 16—20 日在奥地利维也纳举行。详细资料可从原子能机构会议服务科获得，或向 FAO / IAEA 联合处虫害防治科函索。

时，则每单位土地面积或每单位耕地面积分摊的费用，常常低于用其它技术一块一块地治理农田的费用。再者，在许多情况下，根除在经济上是有利的。

由于 SIT 有很强的针对性，选准要进行防治的虫害或害虫群，是头等大事。它们必须是破坏性极大的，对它的防治或根除（一种或多种害虫）必须有利于农户的收入。当同时治理不止一种害虫时，它们通常都应是密切相关的，并且大量饲养它们的方法也应是相当类似的。

SIT 将由于功效提高和经济性的改善而获得更多的采用。这将会进一步表明，当用 SIT 来消灭一种或多种适用的害虫时，这项技术比其它技术更经济更有效益。另一些有利于 SIT 的因素包括，对杀虫剂有抵抗力的害虫数量在不断增加，连年使用杀虫剂防治同一种害虫所引起的环境破坏也令人担心。

FAO / IAEA 联合的虫害防治计划

选准准备施用 SIT 的害虫种类（问题）是头等大事。这一选择过程，以及随后由 IAEA 和 FAO 采取的行动，均以这两个机构已掌握的可用于帮助成员国的许多手段为基础。技术科仅仅是起组织作用的单位，该单位可以把一切手段均汇集起来，并能够为技术转让牵线，以解决成员国的某个特殊问题。除了可以从技术科获得技术知识外，其他渠道也很多，如咨询机构、培训支助计划、直至研究合同。^{*}

FAO / IAEA 联合处也可利用 FAO 的某些手段，其中包括它的通讯专业官员计划和技术合作项目。此外，与 FAO 各技术处的专业人才交往并与他们合作，是十分有价值的。

在所有这些手段中，由技术科直接掌管的寥寥无几。因而，该科必须提前几年订计划，并随时向许多人报告一个一个项目的进展情况、需求和存在问题。就联合处来说，这种计划的制订和情报交流都涉及 IAEA 和 FAO 两家。

^{*} 在这种情况下可利用的各种手段的明细表如下：单个顾问人员、顾问组、咨询组、休假人员、培训（供个人进行专业培训用的培训金培训）、培训班、参观考察、科学访问、研究合同、研究协议、技术合同、研究协调会议、专题讨论会、研究会、技术合作项目（专家服务、顾问、设备）、免费专家、以及机构设在奥地利塞伯斯多夫的实验室的支助。



原子能机构塞伯斯多夫昆虫学实验室正在支助根除虫害的昆虫不育技术的研究与开发。图中是来自赞比亚的一位访问科学家正在检查实验中所用的采采蝇。

尼日利亚的项目

在 IAEA、FAO 和尼日利亚之间有一个合作项目，它被称为昆虫不育法生物防治采采蝇项目（BICOT），该项目试图开发防治舌蝇（须舌蝇）用的 SIT。舌蝇是动物锥虫病的媒介，是采采蝇中的一种。非洲锥虫病或称动物锥虫病是非洲许多地方发展农业的主要威胁。根除采采蝇是防治这种病害的一种极好方法。通过对这个项目的大规模研究与开发工作，这一目标物种已从实施该项目的尼日利亚中部以北 1500 平方公里的几乎全部地区内根除。

上面所述的所有手段，其中包括 FAO 所提供的那些手段，在开发和实施 BICOT 中都已用上。在本项目中，培训起了重要作用。至少部分原因是进行了这种培训和尼日利亚政府对受过培训的与本项目有关的尼日利亚人员的信任，现在尼日利亚政府已请求将本项目扩大，以便把总面积为 12 000 平方公里的高原州的全部农业开发和家畜放牧规划包括进去。这一扩大计划，即 BICOT-II，将再次需要利用从机构

和 FAO 得到的手段，以便成功地付诸实施。

原子能机构塞伯斯多夫实验室的支助

机构的塞伯斯多夫实验室昆虫学股，为现场的项目和协调研究计划提供了宝贵的研究与开发支助。此外，为支助 SIT 项目和同位素在昆虫学中的应用，该股借助于 IAEA 和 FAO 所提供的设施，不断地提供了在其它地方无法得到的重要培训。

就 BICOT 来说，7 名尼日利亚人在塞伯斯多夫受到了培训，另外若干名在其它地方受到了培训。在塞伯斯多夫研制和加工了专业设备，并已送往尼日利亚。采采蝇的饲养方法已大大改进，这是在塞伯斯多夫开发的并已转让给尼日利亚，这些方法显著地降低了采采蝇饲养费用。在塞伯斯多夫还研制出了一种用于估量根除进展情况的生物学评价方法，这种方法目前正在 BICOT 和其它现场项目中使用。在塞伯斯多夫保留了采采蝇备用群体。余下几十万只采采蝇已送往尼日利亚，作为就地繁殖采采蝇的补充。

昆虫学股还积极支助根除地中海果蝇的 SIT 现场计划。一些行动计划要求饲养为数极多的地中海果蝇。墨西哥塔帕丘拉大饲养厂每星期繁殖 5 亿多只地中海果蝇，其中一半是雄性。人们曾利用 SIT 根除了墨西哥的地中海果蝇，目前，正在危地马拉释放不育蝇，以便根除该国的这种害虫。饲养费用（饲料配料、器材和工资）大约 100 美元每百万只果蝇。

在塞伯斯多夫，重点放在开发遗传变异的地中海果蝇品系。在这种品系中，能够在卵或幼的最初阶段有选择性地杀死雌蝇。地中海果蝇的雌蝇对于 SIT 没有用。利用性遗传品系，也许能在塔帕丘拉用与目前饲养 2.5 亿只雄蝇大致相同的费用，饲养 5 亿只雄蝇。这样，利用性遗传品系，就能够大量节省地中海果蝇的饲养费（约 40%）。此外，只释放不育雄蝇，而不是象现在那样雌雄两种蝇都释放，将提高这种技术的功效。飞机投放不育蝇的费用也将降低。

为了进一步节省费用，正在进行的开发研究包括地中海果蝇幼虫饲料的再利用（在保证育成昆虫的数量

和质量情况下看来是可能的）。在塔帕丘拉，用于饲养地中海果蝇的幼虫饲料费用约 25 美元每百万只。幼虫饲料的再利用将使这部分费用节约约 40%，也就是节约 260 000 美元每年。

当采用 SIT 来根除地中海果蝇时，出于经济原因，常常需要在释放不育蝇前设法减少野生地中海果蝇的数量。目前的方法是航空喷洒一二次杀虫剂饵喷雾剂。虽然杀虫剂（马拉硫磷）是十分安全的，但它仍有短暂的轻度环境影响。大面积喷洒会引起人们的担心，有时这种担心会使计划的实施遇到严重困难。塞伯斯多夫现在设立了一个项目，确定能否用生物防治剂的一种菌株，即 *Bacillus thuringiensis* 杆菌 (B.t.) 来代替饵喷雾剂中的马拉硫磷。实验室数据是十分有利的。这是一个比较好的机会，得以开发有效的 B.t. 品系，以代替在释放不育蝇前用于减少地中海果蝇数量的饵喷雾剂中的马拉硫磷。

结果和新问题

原子能机构和 FAO 把 SIT 技术转让给发展中国家的工作是相当成功的。技术效果极佳。BICOT 这样一类项目的一个重要优点，是提高了当地一些组织和工作人员操办大面积害虫防治计划的能力。这种能力不仅对于一个国家内的害虫防治，而且对于与农产品出口有关的检疫问题，都变得越来越重要。由于进口国要对农产品检疫，所以害虫问题经常妨碍出口。随着农产品贸易的增加，消灭新出现的虫害正在变得越来越重要。当地组织在 SIT 项目方面获得的经验，可直接用来解决这一问题。

在技术转让过程中需要显著改进的一个方面是管理。发展中国家几乎没有 SIT 计划所需的那种管理的经验和培训机会。然而在 SIT 项目的实施中，管理同技术知识是同样重要的。

需要改进的另一方面是为已接受过机构培训的一些个人开设进修班。应当把培训视作一个连续过程。费用也许看来比较高，但不参加进修培训的代价会更高。

