生物防治

利用生物多样性保护生物多样性^{*}

丁建清 付卫东

(中国农业科学院生物防治研究所, 北京 100081)

摘 要 本文论述了生物防治与保护生物多样性的关系,提出生物多样性是生防作用物的必要来源,生物防治是保护生物多样性的重要措施。文中分析了自然界和农田生态系统中天敌的多样性和寄主专一性,并从来种治理、濒危物种和栖境的保护等几个方面探讨了生物防治对于保护生物多样性的作用。作者还强调应加强国际间天敌资源的交换,建立严格的天敌引种释放法规,以便开展更多的安全有效的生物防治项目。

关键词 生物防治,生物多样性,天敌

Biological control : using biodiversity to protect biodiversity/Ding Jianqing ,Fu Weidong //CHINESE BIODIVERSITY. —1996 4(4) 222 ~ 227

This paper discussed the relationship between biological control of pests and conservation of biodiversity , pointing out that biodiversity was the source of biological control agents , and in turn biological control of pests played an important role in conservation of biodiversity. It reported briefly the diversity of natural enemies and their host specificity in natural and agricultural ecosystem , and the roles of biological control in management of exotic species as well as conservation of endangered species and habitats. The authors also emphasized that international exchange of natural enemy resources should be widely supported and the code of conduct for the import and release of biological control agents should be earlier established in order to implement more safe and effective biological control programs.

Author 's address Institute of Biological Control , Chinese Academy of Agriculture Sciences , Beijing 100081

Key words biological control , biodiversity , natural enemy

生物防治(biological control)是指利用寄主专一性强的天敌(natural enemy)将有害的病、虫、草控制在经济、生态或美学可以容许的水平之下。生物防治所利用的天敌也称生防作用物(biological control agent) ,是指捕食性和寄生性节肢动物、病原线虫、病原真菌、细菌、病毒等 ,它们广泛存在于多样化的自然界和农田生态系统中。生物防治分为三种类型 (1)本地天敌的助增释放(augmentation) ,即利用本地天敌防治有害生物 (2)从原产地引进天敌防治外来有害生物 (3)天敌的淹没释放(inundation) ,指田间大规模施用生物农药或大量释放工厂化天敌昆虫。

很多危险性害虫、病菌或杂草往往对当地生物多样性构成巨大威胁 ,而利用这些有害生物的天敌控制其危害 ,往往可以达到持续、高效、对环境安全的防治效果。因而生物防治和生

收稿日期 :1995 - 04 - 05 ,接受日期 :1995 - 11 - 29
^{*} 中国农业科学院王韧博士对本文的写作给予了很大的支持和帮助 ,在此谨致谢意。

生物多样性是密切相关的。一方面,多样化的自然界和农田生物群落为生物防治提供了必须的天敌来源;另一方面,生物防治的实施结果又保护了自然界和农田中物种以及与之相关的生态系统的多样化。因而研究生物防治与生物多样性的关系具有重要意义。本文旨在讨论(1)自然界和农田生物群落中天敌的多样性(2)生物防治对于控制外来种的入侵、保护珍稀濒危物种和栖境的作用(3)如何健全生物防治法规、加强国际间天敌的交流,使之服务于保护生物多样性这一全球性的战略任务。

1 生防作用物的来源

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。它包括数以百万计的动物、植物、微生物和它们所拥有的基因,以及它们与生存环境形成的复杂的生态系统。它包含着物种多样性、遗传多样性、生态系统多样性和景观多样性四个层次^[1]。

物种多样性是生物多样性研究的基础^[2]。地球上究竟有多少个物种,现在无人能说得清楚。但正是这些数以百万计的物种为生物防治这门科学提供了大量的、必要的物质保证——多样性的天敌。

1.1 自然界中天敌的多样性及其寄主专一性

天敌在调节植物和植食生物(plant feeding organism)的种群数量中的作用,早已被生态学家所认识。在初级生产者(植物)-初级消费者(植食生物)-次级消费者(捕食性、寄生性生物,病原菌、线虫等)这一食物链的顶端,天敌起着保持寄主种群平衡、保护各种生物共存、防止任何一种生物数量过度丰富的作用,正是这种作用,才使得地球上物种呈现出多样化。在这些初级消费者和次级消费者中,植食性昆虫种类,包括取食杂草和作物的昆虫,加上它们的捕食性和寄主性天敌昆虫,其总数超过了地球上全部物种的50%,其中仅寄生蜂一类,就占地球上所有物种数的10%,个别属的种类超过了1000种^[3,4]。

天敌的多样性与其寄主的多样性有关。寄主的种类越多,分布范围越广,天敌的多样性便越大。其中的一个主要原因是很多天敌具有寄主专一性的特点。另外寄主自身组织系统的复杂性越高,天敌种类便越多。Price对蚜茧蜂科攻击潜叶蝇科的214个种类进行了食性分析,发现其中60%的种类只攻击一种潜叶蝇。另一项研究表明在514个北美的姬蜂科昆虫中,53%的种类具有寄主专一性。这些寄生性昆虫又具有多种寄生现象^[5]。它们可能只寄生在寄主的某一生活阶段,因此出现了卵寄生、幼虫寄生和蛹寄生等现象。寄生于昆虫和植物的病原菌的寄主专一性可能更高。鳞翅目昆虫病毒很多种类便具有较强的寄主专一性,真菌也是如此。例如,Laboulbeniaceae科的寄主主要局限于鞘翅目昆虫,相当一部分寄主是专一的。全世界已被描述的甲虫有25万种之多,在这些甲虫中寄生有成千上万种真菌^[6]至于植物病原菌,象锈菌,有相当一部分被用于杂草的生物防治。锈菌共有6000多种,是寄生于植物上的种类最多的一类病原菌。锈菌一般具有属或种水平上的寄主专一性^[7]。

上述这些多样化的天敌为生物防治提供了许多种生防作用物,同时自然界这些天敌所具有的寄主专一性则又为释放生防作用物、开展生物防治提供了安全保证。人们不必担心这些寄主专一的天敌会对其它非目标害虫(草)带来危害。

1.2 农田生态系统中天敌的多样性

一般说来,农田生态系统不象自然栖境那样复杂,因为它具有较少的植物种类,较少的初级消费者,也就具有较少的天敌种类。对于某一有害生物而言,农田中天敌的多样性要低于自

然栖境中的。例如 Carl 在地中海地区寻找害虫 *Helicoverpa armigera* 的寄生物时,发现在已知的 12 种寄生物中,只有 2 个攻击单一作物田中的害虫,其他种类均只发生于自然栖境中^[8]。

农田生态系统中天敌多样性较低,其原因通常是因为耕作、轮作、农药的使用等农事操作的影响。天敌难以在生活周期短的作物田中持续存在。化学农药的大量使用常常会减少天敌的种类^[9]。

在农田生态系统中,天敌的作用往往被忽视。其实没有这些天敌的抑制,许多本地害虫将成为主要害虫。化学农药的应用在消灭了原有的主要害虫的同时,也使得大量的天敌死亡,这样原有的次要害虫便上升为主要害虫,这已被稻田、棉花、蔬菜、咖啡、甜菜、可可和其它一些作物中的观察所证实。化学除草剂的应用结果也是如此,农田杂草群落的演替与食草昆虫的大量灭亡有关。因此保护农田中天敌的种类及丰富度,特别是保存好一些关键天敌种类的生存环境,减少化学农药的使用,降低化学农药对农田周围生物多样性的威胁,有利于农田生态系统的持续利用。

在农田进行病、虫、草害的防治中,将所有的有害生物作为整体考虑,研究杂草-食草昆虫-作物-害虫-害虫天敌以及其他有害生物及其天敌之间的相互联系,对于保护农田生物多样性,保护农田生态系统具有重要意义。单一强调某一害虫(草)的作用,并针对某一类害虫(草)大量施用化学农药必然会给农田天敌多样性带来严重结果,导致一系列次要害虫(草)的大爆发,并由此可能产生恶性循环。

2 保护生物多样性的重要措施

2.1 生物防治对于保护生物多样性的作用

生物多样性丧失的原因很多,但归纳起来主要有(1)栖息地的丧失和片段化(2)资源的过度利用(3)环境质量恶化(4)外来种的侵入^[10-12]。保护生物多样性,最直接的途径无疑于针对上述四个方面采取各种保护和防范措施,而生物防治至少可以在其中的(1)、(3)、(4)三个方面发挥重要作用。第一,通过天敌的作用,将大面积发生的有害生物控制在一定的密度之下,可以对栖息地的恢复起重要作用;第二,利用生物防治措施,减少化学农药的施用,对于提高环境质量,减少化学农药的污染其效果是不容置疑的;第三,传统的生物防治恰恰是针对外来有害生物而进行的。另外生物防治的生态学结果对于保护濒危植物也能发挥一定的积极作用。从上述几个方面不难看出,生物防治是保护生物多样性十分有效的途径。

2.2 外来有害物种的生物防治

由于外来种的入侵所造成严重的生态学后果的例子不胜枚举,目前我国南方普遍发生的空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)和水葫芦(*Eichhornia crassipes*)就十分典型^[13,14]。外来种入侵后,在合适的环境条件下,易于迅速扩散蔓延,排挤本地物种,这与其传入后缺乏原产地天敌的控制有重要关联。而生物防治这门学科从其诞生的那天起,便被赋予了从原产地引入安全的天敌防治外来有害生物的历史使命。早在 1888 年,美国农业部为解决加州柑桔吹绵蚧严重危害问题,从该虫原产地大洋洲引进了澳洲瓢虫,成功地控制了吹绵蚧的危害。据统计,100 多年以来,全世界共有 500 多种天敌昆虫被引进后建立种群防治外来害虫,成功率大约为 40%;引进后建立种群防治外来杂草的天敌昆虫有 100 多种,成功率为 30%。世界自然基金会在最近公布的全世界范围内的 121 种外来有害植物中有 46 种已成为生物防治的目标害草^[15]。一般来说生物防治外来物种的工作程序包括:有害生物原产地天敌考察及采集-天敌生物生态学习性研究-天敌的引进-仔细的安全性测定及检疫-释放天敌及效果评价。

由于成功地控制了外来有害生物,生物防治所带来的经济效益是惊人的。澳大利亚曾从地中海地区引进一种寄主专一的锈菌防治牧场和农田外来害草粉苞菌(*Chondrilla juncea*),该项目成功后每年节省防治费用 2596 万美元,收益与费用的比值为 117.1:1^[16]。生物防治带来的经济效益是可以计算的。但当外来生物得以长久的控制后,由此带来的生态价值则是无法估计的。槐叶萍(*Salvinia molesta*)原产南美,传入斯里兰卡后排挤了大量的本地植物和动物。该国利用南美象甲成功地控制槐叶萍后,在水稻、渔业及节省防治成本等方面,每年增加的经济效益为 2300~5200 万美元,但生物防治槐叶萍,对于恢复当地的大面积水生植被,保护本地植物和动物所带来的价值则是持续并难以估计的^[17]。

2.3 生物防治与濒危物种和栖境的保护

在适宜的条件下,一些物种演变为优势种,危及其他具有生态价值的物种和濒危物种,侵占其它物种的栖息地,构成对当地生物多样性的威胁,这时就应考虑采取有效措施控制这一优势种的扩散。通过利用本地天敌,或引入外来的天敌,可有效地控制这类有害物种。在南大西洋岛屿 St Helena 上生长着一种胶树(*Commidendrum robustum*),该树种曾广布该岛,覆盖了很大面积的较高的地带,但如今该岛上只有 2 片胶树林地,共有 2000 棵。这是因为自 80 年代以来,该树受到了一种从南美传入的介壳虫(*Orthezia origiaotes*)的危害。St Helena 岛上拥有 10 个濒危属,50 个濒危物种。而该虫食性很广,实验室寄主测定表明,一些濒危树种也将处于此害虫的威胁之下。除此之外,那些依赖于这种胶树的许多濒危的、寄主专一的植食性昆虫,也面临着寄主消亡的危险。生物防治是该岛上唯一可以持续控制介壳虫的方法。化学防治除会威胁本地昆虫种类外,由于岛上坡度很陡,还常常出现大风天气,因而喷洒农药几乎是不可能的。在世界上其他一些地区,这种介壳虫已被从其原产地引入的寄主专一的瓢虫(*Hyperaspis pantherina*)所控制,当介壳虫密度下降后,这种瓢虫的种群密度也保持在低水平,没有产生任何不良的生态后果。因此,在 1993 年和 1994 年,这种甲虫被引入在 St Helena 岛上释放。随之在受介壳虫侵染的胶树上,甲虫的数量急剧增加,显示了成功控制介壳虫危害的前景^[15]。

生物防治在有效地降低了有害物种的种群密度后可对栖息地的恢复和物种的多样化产生积极的生态学结果。例如在美国加州的 Loftus,对牲畜有毒的克拉马斯草(*Hypericum perforatum*)一度占据大片牧场和耕地,排挤了多种牧草、作物和本地植物,通过引进释放一种甲虫(*Chrysolina quadrigemina*)成功地控制了该草后,当地的植物种类数至少增加了 35%^[18]。

3 利用生物多样性保护生物多样性

3.1 保护栖境,保存多样性的天敌

由于天敌是地球上物种的重要组成部分,因此影响全球生物多样性的每一个生态过程都会影响天敌的多样性。保护栖境,对于保存多样性的天敌尤为重要。

保存多样性的天敌对于生物防治是至关重要的。目前,生物杀虫剂、生物除草剂的发展正引起人们高度重视,而每个成功的生物农药的研制都离不开自然界大量的菌种、菌株筛选。地球上丰富的昆虫或其他有害生物的病原真菌、细菌和病毒是宝贵的生物农药资源。在热带雨林和其他一些自然栖境,每年有成千上万种病原菌被采集和分离出来。任何一个有害生物原产地的天敌昆虫或病原菌,都可能成为该生物传入地的很有效的生防作用物。经验告诉我们,很多成功的生防作用物来自于未来可能遭破坏的栖境。因此,保护好今日的栖境,也就可能为明天的生物防治提供很有用的天敌。

世界资源研究所的一个热带森林项目曾在杂志上刊出一些地区热带雨林自然保护区受

保护的生物名录。其中包括一些有潜在价值的植物、一些作物的野生种、药用植物、美丽的鸟类,还有一种与前面物种有些不相一致甲虫(*Agasicles hydrophica*),而这种甲虫正是现在世界上很多国家危害严重的空心莲子草的天敌^[4,19]。

3.2 生物防治和遗传资源的交换

《生物多样性公约》就缔约方之间在遗传资源的交换问题上做出了某些规定。生防作用物也是一种遗传资源。由于生物防治需要国家(或地区)之间持续的、有效的天敌交换,生防的未来将会受到《公约》的影响。而事实上在过去的 100 多年间,很多国家之间成功的天敌资源的交换已为《公约》所提及的遗传资源的交换提供了很好的范例。已经有 121 个国家分别进行了不只一次的引种,至少有 98 个国家曾经为其他国家的生防项目提供天敌^[15]。《公约》规定了在引进和应用之前,采集方和拥有方共同负责天敌的采集等工作。有关这方面的条款意味着国家之间在提供和接受生防作用物方面存在着很大的合作可能性。每一个国家都应当认识到,本国的生物多样性就是另一国家开展未来外来有害生物防治的天敌的资源。因此,生物防治也是另一个很好的促进国家或地区内部保护遗传资源的原因。

3.3 健全生物防治法规,确保天敌的安全性

生物防治引种的历史可以追溯到 18 世纪。当时,一些脊椎动物被引入防治外来有害生物,但由于它们食性不专一,结果自己反倒成为有害物种。一些种引入后,人们只考虑它们是否成为农业害虫,却忽略了它们对具有保护价值的非目标本地物种的影响。尽管如此,自 1888 年以来所进行的 5000 多次引种中,只有极个别种类产生明显的影响本地种的结果^[20,21]。

今后的生防项目必须仔细评价天敌对于非目标种和整个生态系统的影响。但生态学结果有时却是难以捉摸的。一种生物在一个地方有益,但在另一个地方却变得有害。这种利益冲突常常导致许多纠纷,甚至诉诸法律^[22]。澳大利亚和新西兰等国已专门立法来解决此类争端,美国和加拿大也成立了一些组织来评价每一个引种项目,决定是否该释放一种外来天敌。自 70 年代以来,杂草生物防治学科已日渐形成一套较为完备的寄主专一性测定的工作程序。在释放一种植食性天敌以前,必须选择如下种类的植物作食性测定(1)与目标杂草同属的种类(2)与目标杂草同科的近缘属的种类(3)与目标杂草近缘科的代表种(4)本地的重要的经济、观赏植物(5)形态上或物候期上与目标杂草相似的种类(6)本地的具有重要生态价值的物种(7)本地濒危的植物种类^[23,24]。

最近,联合国粮农组织在国际生物防治研究所的帮助下,已拟定了“生防作用物引种和释放行动法规”草案,该法规既鼓励成员国之间互相支持天敌的引种和释放工作,同时又强调对每一个候选的生防作用物,必须作出较为系统和准确的评价,其中包括(1)准确的分类(2)有关其原产地、分布、生物学、天敌和对当地环境的影响(3)寄主专一性和可能的对非目标寄主危害的分析^[15]。只有在得到较为完备的信息、资料及进行必要的试验后,才可考虑释放生防作用物。

参 考 文 献

- 1 马克平,钱迎倩. 生物多样性研究的现状及发展趋势. 生物多样性研究的原理和方法,北京:中国科学技术出版社,1994,1~12
- 2 马克平. 试论生物多样性的概念. 生物多样性,1993,1(1):20~22
- 3 Strong D R, J H Lowton, T R E Southwood. Insects on plants: community patterns and mechanisms. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1984

- 4 Wagge J K. Biodiversity as a resource for biological control. In :Hawksworth D L(ed.) ,*The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates : its Role in Sustainable Agriculture*. CAB International : Wallingford , 1991 :149 ~ 163
- 5 Price P W. The evolutionary biology of parasites. Princeton :Princeton University Press , 1980
- 6 Hawksworth D L. The fungal dimension of biodiversity : magnitude , significance and conservation. *Mycological Research* ,1991 ,**95** :441 ~ 452
- 7 Hart J A. Rust fungi and host plant coevolution : do primitive host harbour primitive parasites ? *Cladistics* , 1988 ,**4** :329 ~ 336
- 8 Carl K P. Attributes of effective natural enemies including identification of natural enemies for introduction purposes. In :King E G , R D Jackson (eds.) , *Proceeding of the Workshop on Biological Control of Heliothis* , New. Far Eastern Regional Research Office. USDA , New Delhi ,1985 ,11 ~ 15 , 351 ~ 362
- 9 万方浩 ,陈常铭. 综防区和化防区稻田害虫-天敌 ,群落组成及多样性的研究. 生态学报 ,1986 ,**6**(2) :159 ~ 170
- 10 张知彬. 生物多样性保护的若干理论基础. 生物多样性研究的原理和方法 ,北京 :中国科学技术出版社 , 1994 , 36 ~ 54
- 11 黄建辉. 生态系统内的物种多样性对稳定性的影响. 生物多样性研究的原理和方法 ,北京 :中国科学技术出版社 ,1994 , 179 ~ 191
- 12 王献溥 ,刘玉凯. 生物多样性的理论和实践. 北京 :中国环境科学出版社 ,1992 , 30 ~ 36
- 13 王韧 ,王远. 我国南方水花生发生危害及生物防治调查. 杂草学报 ,1988 ,**2**(1) 38 ~ 40
- 14 谭万忠. 空心莲子草在我国的水平和垂直分布. 杂草学报 ,1994 ,**8**(2) 30 ~ 34
- 15 C A B International. Using biodiversity to protect biodiversity. Wallingford :Nicholas Publicity , 1994
- 16 Cullen J M. Evaluating the success of the program for biological control of *Chondrilla juncea* L. In :Freedman (ed.) ,*Proc. IV. Inter. Symp. Biol. Control. Weeds*. 1978 ,117 ~ 121
- 17 Doeleman J A. Biological control of *Salvinia molesta* in Sri Lanka :an assessment of costs and benefits. *ACIAR Technical Report* 12. Canberra :Australian Centre for International Agricultural Research ,1989
- 18 Harris P. Environmental impact of weed-control insects. *Bioscience* ,1988 ,**38**(8) 542 ~ 548
- 19 Julien M H. Biological control of weeds , a world catalogue of agents and their target weeds (second edition.). Wallingford :CAB International , 1992
- 20 Howarth F G. Environmental impacts of classical biological. *Annual Review of Entomology* , 1991 ,**36** :485 ~ 509
- 21 Simberloff D. Conservation of pristine habitats and unintended effects of biological. In :Kauffman W C , J R Nichols(eds.) , *Section Criteria and Ecological Consequences of Importing Natural Enemies*. Maryland :Entomological Society of America , 1992 ,103 ~ 117
- 22 丁建清 ,万方浩. 杂草生物防治中的利益冲突. 昆虫生态学研究 ,北京 :中国科学技术出版社 ,1993 , 102 ~ 106
- 23 Zwolfer H ,P Harris. Host specificity determination of insects for biological control of weeds. *Annual Review of Entomology*. 1971 ,**16** :159 ~ 178
- 24 万方浩. 杂草生物防治的传统方法及理论. 生物防治通报 ,1992 ,**8**(3) :131 ~ 136