论生物防治在生物多样性保护中的重要意义

陆庆光

(中国农业科学院生物防治研究所, 北京 100081)

摘要 外来种有害生物传入新区之后, 在适宜条件下, 往往严重干扰本地的生物多样性, 破坏生态平衡, 给人类带来巨大损失。传统生物防治学, 采用国外天敌引种的策略和技术防治有害生物, 常可获得持续控制的效果。文章概述国内外天敌引种研究情况, 并根据我国现状提出了尽快健全法规, 提高技术水平等若干建议。

关键词 天敌引种, 持续控制, 生态平衡, 生物多样性保护

The importance of classical biological control to biodiversity protection/Lu Qingguang// CHINESE BIODIVERSITY, —1997, 5 (3): 224~230

Exotic pests under certain conditions are able to threaten a native biodiversity, breaking down the ecological balance and bringing great economic losses. The science of classical biological control (or the Classical Biocontrol) has been demonstrated that the sustainable pest control can be obtained by the introduction of natural enemies from the pest home region into its invaded region. This is one of the strategy and tactics on biodiversity protection, it is: from biodiversity to biodiversity.

A general situation on classical biocontrol in China, including summary of the research history, current studies and discussions are presented in this paper.

Key words introduction of natural enemy, sustainable pest control, ecological balance, biodiversity protection

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

自然环境条件下, 一个生态系统通常处于相对稳定的状态, 系统内各成员之间维持着动态平衡的关系。然而, 外来种传入后, 在适宜条件下, 随着其种群增殖扩大, 原有的稳定状态就要受到干扰, 生态平衡就遭到破坏, 甚至给人类生产直接带来巨大的灾难。为了恢复被外来种破坏的生态平衡, 限制其种群增殖, 并达到持久的控制效果, 一门新兴学科——生物防治具有巨大的潜力。

1 外来种对中国生物多样性的威胁

“无烟的森林火灾”是对严重的森林病虫害十分形象的比喻。本世纪 80 年代, 由于一种外来害虫引起的“无烟大火”在我国广东林区蔓延成灾。松突圆蚧 (*Hemiberlesia pitysophila*) 属于蚧总科 (Coccoidea), 盾蚧科 (Diaspididae), 原产在日本的冲绳群岛和先岛群岛, 以及我国的台湾省。80 年代初经香港、澳门侵入我国广东省沿海地区, 迅猛扩散, 严重成灾。1983 年松林受害面积 $11 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 1986 年约 $31 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 1987 年增加到 $40 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 枯死松林面积约 $8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。到 1990 年年底, 发生面积达 $71.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$, $13 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的马尾松林枯

死^[1,2]。广东及我国南方各省的松林资源面临着巨大威胁。

70 年代末，一种叫美国白蛾的害虫传入我国，蔓延为害。美国白蛾（*Hyphantria cunea*）属于鳞翅目（Lepidoptera）灯蛾科（Arctiidae）秋幕毛虫属（*Hyphantria*），又称为秋幕毛虫（Fall webworm）。原产北美洲，1945 年传入日本。1958 年在南朝鲜发现，1979 年侵入我国辽宁省边境丹东、新金等地扩散成灾。20 年间，该虫向北扩展 700 Km，平均每年 35 Km。据在辽宁省的调查，该虫可危害果树，林木和农作物等 100 多种植物。在果园密集的地方以及游览区、林荫道，此虫造成的损失是惊人的，树叶被吃得精光，严重威胁养蚕业、林果业和城市绿化^[3]。

外来种病原微生物，亦可给生产带来巨大的灾害，甘薯黑斑病是甘薯的一种主要病害，其病原菌为甘薯长喙壳菌（*Ceratocystis fimbriata*），属于子囊菌亚门。该病 1937 年由日本传入我国辽宁省，以后病区不断扩大，到 1980 年已蔓延到全国 26 个省市、自治区，引起烂窖和死苗，造成产量上的巨大损失。而且甘薯黑斑病菌能刺激甘薯使之产生甘薯黑斑酮（ipomeamarone）和甘薯黑斑霉二酮（ipomeanine）等对人畜有毒的物质，人食后引起头晕，以病薯喂牛可引起气喘病，甚至死亡。用病薯作发酵原料时，病菌的代谢产物能抑制酵母菌和糖化霉的活性，延缓发酵，酿酒时酒精产量低，质量差。若将近半个世纪来该病给中国带来的经济损失合并计算，将是一笔可观的数字。

国外传入的植物，有的人们仍在利用，有的则成为恶性杂草。水花生（*Alternanthera philoxeroides*），又名空心莲子草，是苋科（Amaranthaceae）多年生恶性杂草，原产南美洲，大约本世纪 30 年代传入我国。70 年代以来在我国南方各省泛滥成灾，主要在池塘、沟渠、菜地、稻田及果园发生危害，很难防除。普通豚草（*Ambrosia artemisiifolia*）和三裂叶豚草（*A. trifida*），菊科（Compositae），原产北美，传入我国后分布甚广，该草可产生大量花粉，引起人类花粉病，危害农作物。紫茎泽兰（*Eupatorium adenophorum*），原产墨西哥，传入我国西南地区后，蔓延危害十分严重。仅云南省发生面积已有 24 Km²，并以每年 10 Km 的速度向昆明以北方向扩展，给当地的农业、林业、畜牧业和交通运输带来一场灾难。践踏过该草的牲畜还会引起蹄部腐烂和气喘病，严重影响家畜健康^[4,5]。

仅从以上几例就可明显看出：外来种，无论是昆虫、植物、微生物，侵入新区之后，在一定条件下，均可迅速繁殖扩散成为新的优势种群，打破原来的生态平衡，造成严重危害。不言而喻，在生物多样性保护中，如何有效而持久地控制外来种的蔓延危害，是一个不容忽视的重要课题。

2 维持生态平衡的重要因素

为什么外来种在侵入新区之后，能够种群骤增暴发成灾？研究发现，在外来种的原产地有许多限制因子（将种群密度维持在某种数量之下的因子就叫做限制因子）。作为重要的限制因子，捕食的和寄生的天敌控制着它们的种群密度，并维持着相对平衡。为此，那些外来种在其原产地通常并不造成较大的危害。当它们侵入新区之后，之所以能够种群密度迅速增加并蔓延成灾，是由于它们逃脱了限制因子，失去了天敌控制的缘故。既然如此，由原产地引进天敌到新区释放，限制外来种的种群增殖以求建立新的平衡，是完全符合生态学原理的。这种由外国引进天敌防治外来种害虫（包括杂草等，下同）的技术，称为天敌引种，也被称为传统防治（classical biological control）。

在生物防治的实践中，天敌的应用通常有 3 种方式，即：天敌引种，天敌的保护利用，大

量繁殖与释放。表 1 简要地描述了这 3 种天敌应用技术对于生物多样性保护意义与作用。本文将重点讨论天敌引种，亦即传统生物防治。

表 1 天敌应用在生物多样性保护中的意义与作用

Table 1 Significance of the natural enemy utilization in biodiversity protection

应用方式 Methodology	意义与作用 Significance
天敌引种 Introduction	意义：物种多样性的保护和利用，由国外引进天敌，丰富本国的天敌物种资源 Significance：Protection and utilization of species diversity, enrichment of the native biological control resources by the introduction of natural enemies. 作用：建立种群，持久地控制外来种的蔓延为害，维持新的生态平衡。助增本地天敌群体功效 Practice：Establish permanent population of the natural enemies, gain sustained effectiveness in the control of exotic pests, restore and maintain the stability of ecological system in certain area.
保护利用 Conservation	意义：生态系统多样性的保护作用，发挥不同生态系统的特定功能 Singificance：Utilization of strategy and tactics on ecosystem diversity, improvement of the function of different ecosystem. 作用：一种或多种天敌的助增，在不同田间生态条件下，对防治目标进行自然控制 Practice：Directly or indirectly enhance the performance of natural enemies to keep target pests under control at different field conditions.
大量繁殖释放 Augmentation	意义：优良天敌种类（或品系）的选择属于物种多样性保护与利用之范畴 Significance：One of the species diversity utilizations: selection of the most effective species/strains of natural enemies. 作用：在特定的时间与空间范围内，较快地对防治目标发挥控制作用，将其种群压低到允许水平之下 Practice：Artificially produce and release the natural enemies, to suppress the pest population rapidly in a given field.

传统生物防治是一门新兴的学科。虽然迄今只有百余年的历史，但其卓著的成效，举世瞩目。传统生物防治的突出特点是：对环境安全，经济合算，效果持久。18 世纪 70 年代，吹绵蚧壳虫（*Icerya purchasi*）传入美国加利福尼亚州，威胁柑桔生产。最初用草木灰防治，毫无效果。1888 ~ 1889 年从澳大利亚引进了澳洲瓢虫（*Rodolia cardinalis*）129 头，获得成功，澳洲瓢虫很快建立了永久种群，并完全抑制了吹绵蚧的发生与危害，一举挽救了濒于毁灭的加州柑桔种植业。直到现在，不需要使用化学农药防治。这一成就曾轰动了国际昆虫界，认为这是一劳永逸的治虫方法，这是世界上第一个引进天敌防治外来种害虫的成功范例。19 世纪澳大利亚引进天敌防治从美洲传入的仙人掌（*Opuntia dillenii*）和 *O. stricta* 获得成功。这些仙人掌 1925 年已侵染 $2400 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 好牧场，其中 $1200 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 已不能放牧，并且还以每年 $40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的速度扩散。在美洲寻找天敌，发现 150 种取食仙人掌的昆虫，将其中 50 种引进澳大利亚进一步研究，以此释放了其中的 12 种，效果良好，尤以一种阿根廷蛾（*Cactoblastis cactorum*）有特殊效果。到 1935 年昆士兰州 95 % 和新南威尔士 75 % 的被侵染草场均恢复了正常。这是历史上第一个引进天敌防治外来种杂草获得成功的范例。传统生物防治从此越来越引起人们的重视。据联合国粮农组织 FAO 统计，上个世纪，全世界共有 5000 个引种项目，主要用于害虫和杂草的生物防治，也有部分用于哺乳动物，软体动物，螨类和其它非脊椎动物的防治^[6]。

3 我国天敌引种研究概况

到目前为止，我国的天敌引种研究大致可划分为三个阶段：40 年代以前为第一阶段，50 年代至 70 年代为第二阶段，第三阶段为 80 年代至今。

我国的国外天敌引种试验研究，始于本世纪初。1909 年，自美国加利福尼亚和夏威夷引入两批澳洲瓢虫到台湾省，先后释放 53 次，22 000 余头，控制吹绵蚧效果甚好，并在当地建立了种群。从此以后，不需要再施化学农药防治吹绵蚧壳虫。这是我国最早的国外天敌引种成功的记录^[7]。

50 年代到 70 年代中期，我国的天敌引种仍做得比较少。50 年代引进澳洲瓢虫在广东等地防治吹绵蚧，引进日光蜂 (*Apheinus mali*) 防治苹果绵蚜 (*Erioaoma lanigerum*)；引进孟氏隐唇瓢虫 (*Cryptolaemus montrouzieri*) 防治粉蚧 (*Paeudococcus* spp.)，均取得了较好的结果^[8]。

自 70 年代末，特别是进入 80 年代以来，我国天敌引种工作有了长足进展。1980 年，农业部颁发了“关于引进和交换农作物病虫、杂草天敌资源的几点意见”。此后，我国第一个天敌引进检疫实验室于 1984 年在中国农业科学院生物防治研究所建成，为进一步深入开展国外天敌引种创造了条件。这是我国的天敌引种工作纳入法制与规范管理的重要标志^[9]。

据统计，1979 年至 1985 年间我国引进天敌 182 种（次）（不包括林业部所属各单位从国外引进的天敌种次；不包括台湾省的引种次数）。其中已显示良好效果的有：丽蚜小蜂 (*Encarsia formosa*)，西方盲走螨 (*Metaseiulus occidentalis*)，智利小植绥螨 (*Phytoseiulus persimilis*)，黄色花蝽 (*Xylocoris flavipes*) 等等。这一时间，引进天敌防治外来杂草的研究比较活跃。引进空心莲子草叶甲 (*Agasicles hygrophila*) 防治空心莲子草，引进豚草条纹叶甲 (*Zygogramma suturalis*) 防治豚草，引进水葫芦象甲 (*Neochetina bruchi*) 防治水葫芦等等，均取得一些新的进展。最近 10 年间 (1986~1995) 我国引进天敌的种类（批次）见表 2。

表 2 最近 10 年 (1986~1995) 中我国天敌引进 (批次) 统计*

Table 2 Natural enemy introductions during 1986~1995a in China

年份 year	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	合计
引进天敌种 (次) Introductions	27	16	7	8	4	10	12	4	4	9	101

* 台湾省引种未统计在内
Number of introduction in Taiwan is not included

80 年代，台湾省的天敌引种研究又取得了新的进展。椰子红胸叶虫 (*Brontispa logissima*) 于 1975 年 8 月初初次发现于屏东县佳东乡，由印度尼西亚随椰子苗木传入，当时被害苗木不过 400 多株。因未能立即采取有效措施，该虫很快传遍南部各县市如高雄、台南、嘉羲、云林、花莲、台东以及中部的彰化、台中、南投等县市。1983 年开始天敌引种。由关岛引进红胸叶虫釉小蜂 (*Tetrastichus brontispae*)，在室内不断应用其原寄主的末龄幼虫及蛹繁殖，于 1984~1986 年在上述各县市地区释放，每处释放 1~14 次不等，共释放 106 次，143 082 头成虫。现在这种小蜂已在释放区立足定居，对红胸叶虫的寄生率可高达 90 % 以上，无需其他方法防治害虫^[7]。

90 年代初期，我国天敌引种又获得了一项新的成功。为了控制松突圆蚧的严重危害，即本文开头所述“无烟森林火灾”，中国科学家赴该虫原产地——日本考察与采集天敌。在冲绳

县今归仁村首次发现了雌蚱寄生蜂，被定名为东氏花角蚱小蜂（*Coccobius azumai*），新种，又称为松突圆蚱花角蚱小蜂（下文简称花角蚱小蜂）。自 1986 年 7 月至 1989 年 10 月先后引进 16 批（次），总计 3650 头。经反复研究、试验，建立了林间蜂种基地 $106 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。1991 年放蜂防治松突圆蚱的面积达 $2.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，1992 年 $25.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。预计 3~5 年内，花角蚱小蜂通过助迁和本身的扩散，可覆盖整个松突圆蚱危害的林区。据广东省林业厅统计，全面采用生物防治技术后，每年可节约松突圆蚱的防治费用 4000×10^4 元（每年防治 1 次，每次 $60 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ），挽回木材生长量损失每年 182.6 m^3 ，价值 3.64×10^8 元，保留疫区边缘隔离带内的松林，年增值 3.5×10^8 元。以上三项合计受益 7.54×10^8 元，收到了明显的经济效益、社会效益和生态效益。

合理的天敌引进，有助于增加本地天敌的群体功能。在防治本地害虫方面，具有重要意义。除了天敌昆虫的引进以外，我国还引进了昆虫病原细菌（如苏云金杆菌 *Bacillus thuringiensis*），昆虫病原真菌（如绿僵菌 *Metarhizium anisopliae*，白僵菌 *Beauveria bassiana*），以及昆虫病原线虫和微孢子虫等等，其研究与应用也在不断取得进展。表 3 列举了我国近年来引进的部分天敌。

表 3 近年我国引进的部分天敌

Table 3 Some natural enemies introduced into China in recent years

名 称 Common name	学 名 Scientific name	供种国家 Export country	引种单位 Receiver
丽蚱小蜂	<i>Encarsia formosa</i>	英国、德国（前西德）	中国农科院生防所
黄色花螭	<i>Xylocoris flavipes</i>	美国	华中农学院植保系
微红绒茧蜂	<i>Apanteles rubecula</i>	加拿大	浙江农大植保系
广赤眼蜂	<i>Trichogramma evanescens</i>	德国（前西德）	广东昆虫研究所
澳洲赤眼蜂	<i>T. australicum</i>	美国	广东昆虫研究所
微小赤眼蜂	<i>T. minutum</i>	墨西哥	吉林省林业研究所
刺兵螭	<i>Podisus maidiventris</i>	美国	中国农科院生防所
空心莲子草叶甲	<i>Agasicles hygrophila</i>	美国	中国农科院生防所
豚草条纹叶甲	<i>Zygogramma isuturalis</i>	俄罗斯（前苏联）	中国农科院生防所
凤眼莲象甲	<i>Neochetina bruchi</i>	美国，阿根廷	中国农科院生防所
花角蚱小蜂	<i>Coccobius azumai</i>	日本	广东森林保护站
西方盲走螨	<i>Typhlodromus occidentalis</i>	美国，澳大利亚	中国农科院生防所
智利小植绥螨	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	瑞典， 英国，澳大利亚	广东昆虫研究所 中国农科院生防所
虚伪钝绥螨	<i>Neoseiulus fallax</i>	美国	中国农科院生防所
苏云金杆菌以色列变种	<i>Bacillus thuringiensis</i>	美国	湖北农科院植保所
乳状菌	<i>B. popilliae</i>	美国	中国农科院生防所
白僵菌	<i>Beauveria bassiana</i>	澳大利亚	吉林农科院植保所
微孢子虫	<i>Nosema helinus</i>	英国	中国农科院生防所
昆虫病原线虫	<i>Steinernematid feltiae</i>	澳大利亚	中国农科院生防所 广东昆虫研究所

4 建议与展望

我国的天敌引种研究虽然起步较晚，但是已取得了一些显著的成绩^[10]。尽管如此，在这些方面做的还远远不够，仍有大量的工作要做。为了进一步提高水平，促进这项工作的发展，据

作者在实际工作中的亲身体会提出以下几点建议，供有关方面参考。

4.1 建立健全天敌引种的法规

随着天敌引种全球性的展开，为了促进引种成功，又做到安全引种，联合国粮农组织（FAO）于 1993 年颁布了“生物防治引种与释放法”（草案），供世界各国尤其是发展中国家参照制订本国的法规。目前，我国的天敌引进法规正在起草之中^[10]，希望能尽快颁布实施。同时，与之配套的有关规章，也应逐步完善。

4.2 严格执行引种程序

天敌引种必须遵守特定的程序。其中关键之一是实施检疫，遵守国家检疫法。引种程序是在长期实践中探索和总结的，也是国际惯例。这是实施引种法规的重要内容。目前，我国尚未建立具有法律效力的天敌引种检疫操作规程，这还是一项空白。应立即着手制订，越早越主动，防患于未然。

4.3 专业队伍与机构建设

我国天敌引种检疫的专业技术队伍和机构设施，目前仍然很薄弱。国家投资兴建的天敌引种检疫实验室只有一个，设在中国农科院生物防治研究所。这个所是国家授权进行天敌引种审批的机构。在现有引种检疫设施的基础上，应尽快建立国家天敌引种检疫中心，设在北京。随着工作的开展，要在华南、华东等地设立分支天敌引种检疫室。加强专门人才的培养，既精通技术，又熟悉法规，逐步建立起全国的天敌资源引种利用的专业队伍。只有这样，才能做到以法规为准则，以组织为保证，系统而科学地开展天敌资源的研究与应用。

4.4 外来种基本情况调查

到目前为止，我国究竟有多少外来种（包括动物、植物等），其分布范围，经济重要性，亦即有害或无害，危害程序如何，等等。只有在查清这些基本情况的前提下，选定防治目标，开展天敌引种才可以做到有的放矢。

4.5 释放后的研究

引进天敌释放之后，其自然种群动态如何？与当地天敌关系如何？是否有杂交现象？能否影响防治效果？等等。如果引种失败，原因如何？若成功，效果怎样？是否可以再改进？

4.6 开展“预防引种”研究

一些发达国家的天敌引种，已进入“预防引种”的新阶段，即在外来种入侵为害之前引进天敌。经过认真地考察与研究，引进天敌在外来种可能入侵的地区提前释放，使其建立永久种群，形成一道防线，阻止或延缓外来种的入侵与蔓延。

4.7 引进天敌防治国内本地种害虫

利用国外引进的天敌防治本地种害虫（包括杂草，病原微生物等）一般比较困难。但国外已有成功的经验，我们应很好地借鉴，适当开展研究。

4.8 广泛开展国际合作

图 1 国外天敌引种程序示意图
Fig. 1 General procedure of natural enemy introduction

天敌引种, 最鲜明的专业社会特征之一就是其国际性。没有密切的国际合作, 几乎就不可开展天敌引种。我国已经和 26 个国家建立了天敌交换的关系, 但是发展并不均衡, 远远不能适应需求。为此, 还要积极扩大合作范围, 促进技术交流, 更利于借鉴经验, 提高效率, 为我国经济建设服务。

5 小结

传统生物防治在生物多样性保护中, 尤其在控制外来种的扩散危害方面, 可获得持久的控制效果, 是任何别的方法都不能替代的, 能够取得最佳的生态效益、经济效益和社会效益。合理地利用生物资源, 是人类社会持续发展的根本保证。《生物多样性公约》的第一条就明确规定, 该《公约》的目标是保护和可持续地利用生物多样性及其组成部分, 公平分享利用遗传资源所带来的惠益^[11]。显而易见, 天敌生物资源的研究与利用是生物多样性保护中不可或缺的重要组成部分。

参 考 文 献

- 1 潘务耀, 唐子颖, 谢国林, 连俊和, 胡金林. 我国南方一种新的林业大害虫——松突圆蚧的研究(蚧总科: 质蚧科). 昆虫学研究集刊, 1987, (7): 117~189
- 2 潘务耀, 唐子颖, 谢国林, 连俊和, 丁德诚. 松突圆蚧角蚜小蜂引进和利用的研究. 森林病虫通讯, 1993, (1): 15~18
- 3 曹骥, 李学书, 管良华, 李先誉. 植物检疫手册. 北京: 科学出版社, 1988, 218
- 4 王韧, 万方浩, 王远. 国外引种天敌昆虫防治外来恶性杂草水花生、豚草的研究. 全国生物防治学术讨论会论文集, 1991
- 2 林冠伦. 生物防治导论. 南京: 江苏科学技术出版社, 1988, 308
- 6 FAO. Code of conduct of the import and release of biological control agents. 1993
- 7 陶家驹. 台湾省昆虫学研究之过去与现在. 江苏省昆虫学通讯, 1993, (4): 10~12
- 8 蒲哲龙主编. 害虫生物防治的原理和方法(第二版). 北京: 科学出版社, 1984
- 9 陆庆光. 动植物检疫法与生物防治. 植物检疫, 1994, 8 (4): 228~229
- 10 陆庆光. 害虫生物防治和天敌引种. 大自然, 1991, (4): 46~47
- 11 白长波. 《生物多样性公约》介绍(之一). 生物多样性, 1995, 3 (1): 52