

森林害虫生物防治论文集

中国林学会 编



中国林业出版社

森林害虫生物防治论文集

中国林学会编

森林害虫生物防治论文集

中国林学会编

中国林业出版社出版（北京朝内大街130号）
新华书店北京发行所发行 兰州部队八一印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 14印张 337千字
1981年8月第1版 1981年8月甘肃第1次印刷
印数 1—2,820册
统一书号 16046·1012 定价 1.45元

前 言

我国应用科学方法研究森林害虫的生物防治已有二十多年的历史。为了检阅研究成果，找出今后应该努力的方向，我们于1978年11月在湖北武昌召开了全国森林害虫生物防治学术讨论会议。

根据会议收到的论文以及同志们在会议上的报告，我们认为解放以来我国在森林害虫生物防治研究上的成绩是很大的。就天敌昆虫和益鸟来说，我们在赤眼蜂的分类、生物学、生态学以及应用方法的研究上都有了相当多的成就，特别是在赤眼蜂的大量繁殖上，研究出一套半机械化的方法，一个5—7人的繁蜂站，每天可繁蜂3—5亿头。在赤眼蜂中间寄主人工卵的研究上已初步能用人工卵将赤眼蜂培养到成虫。应用肿腿蜂防治青杨天牛的试验得到了良好的效果。在双条杉天牛上找到了一种矛茧蜂，对幼虫的寄生率可达80%。利用一种花螽控制松干蚧的种群，在这种害虫的防治研究上大大地前进了一步。在瓢虫和草蛉的人工饲料研究上也有了进展，用新鲜的8号饲料饲养异色瓢虫幼虫和大草蛉幼虫成活率接近于用蚜虫饲养的水平。利用螳螂防治害虫的研究也正在进行。在杨树林中设置心腐巢木和空心巢木招引大班啄木鸟防治光肩星天牛，效果良好。

就昆虫病原微生物来说，在白僵菌工业化生产研究上，确定了以深层发酵为基础的工艺方案，三级发酵，单罐培养，周期72小时，芽生孢子数为 $27.9 \pm 1.6 \times 10^8$ /毫升，湿物收率为6—10%，其对玉米螟的毒力与分生孢子无明显的差异。试验证明，白僵菌因寄主不同而存在不同的品系。林间使用以松毛虫为寄主的白僵菌品系对家蚕生产无害。在苏云金杆菌的研究上，早在1963年以前小型深层发酵试验产品质量就达到了340亿孢子/克。地面及航空喷雾防治马尾松毛虫，效果良好，水悬液浓度分别为1—2亿/毫升及10亿/毫升。近年来又找到了几个新变种，其中7404的毒力优于HD-1和7216，为防治松毛虫的优良菌株。对于昆虫病毒的研究已经在马尾松毛虫、木麻黄毒蛾、柳毒蛾、茶毛虫、杨天社蛾等11种害虫上找到了病毒。毒力测定表明这些病毒大多毒力良好。例如杨天社蛾颗粒体病毒50万倍水悬液杀虫率在80%以上。应用马尾松毛虫病毒防治马尾松毛虫的研究已进入林间试验阶段。

我们的成绩虽然不小，但与国际水平相比，还存在不小的差距。我们今后必须大力开展昆虫天敌资源的调查，培养鉴定昆虫天敌的人才；必须注重主要昆虫天敌的基础理论研究；开展昆虫病原微生物对人畜安全的研究；提高白僵菌、苏云金杆菌以及病毒的生产和使用技术；提高寄生性昆虫和捕食性昆虫繁殖和释放技术；大力保护益鸟；加强生物防治研究的协作，等等。

由于出版条件所限，只能出版论文选集。在论文选择方面，我们虽然成立了一个小型的编委会，并且定出了几条标准，但由于我们的水平有限，有些地方可能考虑得不够周到，请同志们多多原谅，并请提出宝贵意见，以便今后改正。

中国林业科学研究院 肖刚柔

一九七九年二月六日

目 录

前 言

1. 昆虫病毒与生物防治……………高尚荫 (1)
2. 天敌昆虫与生物防治的关系……………廖定熹 (6)
3. 赤眼蜂寄主人工模拟卵的研究……………湖北省赤眼蜂寄主人工模拟卵研究协作组 (13)
4. 赤眼蜂寄主营养物质的初步分析……………湖北省赤眼蜂寄主人工模拟卵研究协作组 (25)
5. 松毛虫赤眼蜂防治马尾松毛虫应用技术的研究……………吴矩文等 (32)
6. 天牛肿腿蜂生物学特性及其利用的初步研究……………山东省林业科学研究所 (50)
7. 天牛肿腿蜂繁殖和利用的研究……………张世权等 (56)
8. 矛茧蜂的初步研究……………广东省林业科学研究所 (64)
9. 枯叶蛾绒茧蜂生活习性观察及繁育试验……………刘振恒等 (69)
10. 应用黄纹平腹小蜂防治落叶松毛虫的初步研究……………黑龙江省林业科学研究所 (75)
11. 茶毒蛾黑卵蜂生物学及林间寄生习性研究……………王问学 (79)
12. 油茶枯叶蛾黑卵蜂初步研究……………童新旺等 (88)
13. 大腿蜂生物学及利用试验初报……………湖北省罗田县林业科学研究所 (95)
14. 草蛉饲养及其对松干蚧控制效果的初步试验……………高文呈等 (99)
15. 异色瓢虫和隐斑瓢虫的饲养及其对松干蚧控制效果的初步研究……………高文呈等 (103)
16. 异色瓢虫生物学特性及人工代饲料的研究……………山东省林业科学研究所 (110)
17. 利用蒙古光瓢虫防治松干蚧的研究……………山东省林业科学研究所 (118)
18. 异色瓢虫的饲养及利用的初步研究……………辽宁省林业科学研究所等 (123)
19. 白僵菌工业化生产工艺的研究……………黑龙江省应用微生物研究所等 (132)
20. 应用白僵菌防治松毛虫与家蚕僵病发生关系的研究……………白僵菌利用协作组 (142)
21. 白僵菌对昆虫有毒代谢产物的初步研究……………陈柏铨 (156)
22. 苏芸金杆菌“77-T8”的初步试验……………岳书奎等 (159)
23. 杨天社蛾颗粒体病毒病的研究……………中国林业科学研究院林业研究所等 (164)
24. 柳毒蛾核型多角体病毒的初步研究……………中国林业科学研究院林业研究所昆虫室等 (171)
25. 木麻黄毒蛾核多角体病毒病的研究……………福建林学院林学系森林保护教研组等 (176)
26. 舞毒蛾核型多角体病毒的研究……………东北林学院生物防治组等 (182)
27. 应用赤松毛虫质型多角体病毒感染马尾松毛虫的初步研究……………彭趋贤等 (188)
28. 大蓑蛾核型多角体病毒的生产性防治试验……………孙企农等 (192)
29. 折带黄毒蛾核型多角体病毒初报……………中国林业科学研究院林业研究所等 (195)
30. 茶毛虫一种新病毒的研究……………华中师范学院生物系昆虫病毒研究室 (197)
31. 彩节天社蛾核多角体病毒病的初步观察……………华中师范学院生物系昆虫病毒研究室 (201)
32. 利用大斑啄木鸟防治蛀干害虫的研究……………张仲信 (204)

昆虫病毒与生物防治

介绍“第六届国际无脊椎动物病理学学术讨论会”

高尚荫

(武汉大学、中国科学院武汉病毒研究所)

一九七八年九月十一至十七日，在捷克首都布拉格召开了第六届国际无脊椎动物病理学学术讨论会，我国有中国科学院动物研究所蔡秀玉、沙搓云和作者出席。这次会议主要是讨论昆虫病理和生物防治，有人提出，生物防治可分为两种，即大生物防治 (Macrobiological control) 和致病微生物防治，我参加了有关病毒方面的讨论，从这次讨论会中，可以知道目前国际上的一些研究动态。

无脊椎动物病理学是昆虫病理学的发展。1966年美国加州大学斯坦豪斯 (E. A. Steinhilber) 教授建议昆虫病理学扩大范围，包括其他无脊椎动物，命名“无脊椎动物病理学”，并发起成立国际性“无脊椎动物病理学会”。从1958年到1978年曾用不同的名称开过几次讨论会，但内容基本上相同。都是报道无脊椎动物病理学家在病毒、细菌、真菌和原生动物中的发现。

这次讨论会是以不同的形式同时进行的：(1) 专题报告会，邀请专家介绍某一方面或某个问题的现状，使参加者对这个问题有较全面和明确的认识；(2) 宣读论文，由工作者报告自己实验工作的结果，提出自己的看法；(3) 工作讨论会，有关专家交流自己进行的研究工作，参加的多为同行专业的几个人，可以深入讨论。也可以在自己的实验尚未结束前，与同行们讨论，大约半年开一次；(4) 海报展讲，是以图表贴于墙头上，工作者一边讲解，一边答问的方式进行的，这种讨论形式特点是机动灵活，各取所需，涉及面广，能够节省时间，参加者对自己感兴趣的课题可以与工作者自由畅谈；(5) 一般讨论会，也称“圆桌讨论”会，可以漫谈的方式互相交换意见。每个人仅能参加和自己专业有关的组进行讨论。

我参加无脊椎动物的病毒组和赘生物组。

专题报告共10次，包括论文71篇，每次的题目是：(1) 微生物防治制剂的安全评价；(2) 非昆虫病原的介绍；(3) 媒介无脊椎动物的生物防治；(4) 无脊椎动物赘生物；(5) 微孢子虫的超显微结构；(6) 集群 (Colonization) 的介绍；生物制剂的释放；(7) 生物制剂的作用方式——病理生理学；(8) 对环境保护的必需条件；(9) 无脊椎动物的免疫；(10) 生物制剂的标准。各专题报告的人数，3到12人不等。

论文宣读共190篇，包括11个题目：(1) 微生物防治制剂的安全评价；(2) 无脊椎动物病毒的应用；(3) 无脊椎动物病毒的生化；(4) 无脊椎动物的真菌；(5) 媒介无脊椎动物的防治；(6) 无脊椎动物的原生动物；(7) 病毒的动物流行病学；(8) 生物制剂的作用方式；(9) 无脊椎动物的细菌；(10) 蜜蜂的病；(11) 蠕虫病。每个题目的论文从4篇到32篇不等。

工作讨论会共两次：（1）真菌，（2）微孢子虫。

一般讨论会共两次：（1）生物防治制剂的安全评价；（2）生物制剂的生产和登记的国际现状。

大家知道，昆虫病毒分两大类：一类为封闭的病毒，如多角体病毒；另一类是非封闭的病毒，只有病毒粒子，没有包涵体，如大纹彩虹病毒。这两者都包括DNA和RNA病毒，人们把多角体病毒和颗粒体病毒放在一起，叫做Baculo-Virus，即杆状病毒。封闭的病毒在宿主外面往往是非常稳定的，有蛋白质外壳，可能存活几年、十年、二十年，在土壤中也能保持很长的时间。非封闭的病毒在自然条件下不太稳定，到现在为止已分离出不少，可鉴定的不多，宿主范围受到一定的限制。有些具有种的特异性，这一点与真菌不同。宿主的特异性可能对田间生物防治的使用有利，但也有一个不利的条件，即病毒必需在生活的细胞中才能复制，要大量培养就有困难。用细胞培养可能解决大量生产问题，但目前作为生物防治，大量生产病毒还没有很好地解决，一般还是用昆虫培养病毒。用细胞培养在经济上不合算，因此，现在国际上大多是用人工饲料养虫子生产大量病毒。然而，有些昆虫有相互残杀的习性，如棉铃虫就需要一条一条分别地饲养，使饲养上发生困难。总的说来，细胞培养仍是好办法。病毒的宿主范围比较窄，其他生物可不受其影响。在用病毒作生物防治时，必须注意到用纯病毒，要求制剂不含有其他有害物质。假若有其他有害物质，必然有其他不良的后果，在微生物防治中有危险性，主要是病原体的交互传播，有关昆虫之间或昆虫与其他动物之间的交叉程度如何，尚不清楚。例如，某些食虫真菌能感染脊椎动物，微孢子虫能感染脊椎动物与节足动物（包括昆虫）的现象比较普遍。某些细菌如铜绿色板毛杆菌（*Pseudomonas aeruginosus*）、粘赛氏杆菌（*Serratia marcescens*）和立克次体对脊椎动物肯定是有交叉感染的，从安全出发，大致不能利用这类细菌。

上面已经讲过，病毒的宿主范围是有限制的，到现在还没有发现脊椎动物被昆虫病毒所感染。但也不能说一切昆虫病毒在任何情况下都是安全的。许多无脊椎动物的病毒如痘类病毒（Poxviruses）、弹状病毒（Rhabdovirus）等，在形态上有许多地方很类似脊椎动物的病毒，所以，在生物防治上必须十分注意。

现在，国际上一般认为任何病毒作为生物防治制剂，必须了解这种病毒对其他动物的致病性，必须注意病毒的纯度，在田间使用前必须证明病毒制剂不含其他有危害的和污染的致病体。在国外，生产细菌或病毒作为生物防治的制剂前，必须向国家登记，交上实验数据，批准合格后才能进行生产。

关于无脊椎动物病毒的应用这个课题，在分组会上共宣读21篇论文，内容大致可分下列几个方面：

（1）利用病毒进行防治病原的一般工作，包括与防治有关的条件研究，例如病毒剂量，虫龄、病毒在植物上保存的时间等。下面举几个具体的例子：①防治加拿大森林的红头松叶蜂（*Neodiprion lecontei*）的一种杆状病毒的研究比较深入，包括这种病毒对哺乳类或鸟类的影响，能否感染脊椎动物的组织培养，对水体无脊椎动物的影响，生物物理和生物化学的性质研究。这种核型多角体病毒用作生物防治，在生产方面比较经济，用在处理区可保持一年到数年，并能从处理区扩散，已在加拿大广泛地应用，据说效果很好。②苏联利用一种颗粒体病毒感染落叶松毛虫（*Dendrolimus sibiricus*）的幼虫，效果很好，但必须注意这种昆虫的发育阶段。日本引进苏联的一株质型多角体病毒，对落叶松毛虫（*Dendrolimus sibi-*

ricus)和欧洲松毛虫 (*Dendrolimus pini*) 的效果都很好。③黄地老虎 (*Euxoa segetum*) 的混合感染试验,即用一种多角体病毒和一种颗粒体病毒混合感染这种昆虫的幼虫,效果非常好,发现死亡率较单独感染的高,还可缩短其潜伏期,并且用电镜在患病幼虫的组织切片中观察到两种病毒在同一组织中存在,也在同一细胞内存在,这种感染很明显产生了协同作用。④用提纯的多角体病毒防治松黄叶蜂 (*Neodiprion sertifer*) 的田间试验指出:不加粘附剂或扩散剂进行小规模试验,每公顷用 3×10^{11} , 3×10^9 , 3×10^7 的不同的PIBs剂量,以观察幼虫死亡情况和树叶损坏程度,结果以 3×10^{11} /ha的剂量效果好,树叶损坏也较少。⑤有一篇论文是报告在植物表面杆状病毒的物理习性,观察病毒在植物表面消失的情况与气候等因子的关系,看病毒存在的时间。⑥在苹果蛀蛾 (*Codling moth*) 中发现潜伏性颗粒体病毒感染。潜伏性感染广泛地存在于昆虫,这意味着其遗传信息在细胞内未表达出来,病毒核酸与细胞染色体整合在一起,或以其他形式潜伏在昆虫细胞内,昆虫可以照样生长繁殖,如遇特殊的条件如紫外线照射就可能活化起来,正如溶原性细菌一样,噬菌体核酸整合在细菌核酸上,细胞照样生长繁殖,经紫外线照射后,噬菌体可脱离细菌核酸,自己表达出来。昆虫存在有病毒潜伏性的问题,经环境条件的改变,如温度、食物、紫外线照射等,病毒就可表现出来,引起昆虫的病毒病。他们是用血清学方法发现潜伏性病毒感染,不需要活化的技术;用凝胶沉淀法测出潜伏性病毒的存在,在实验室内可测出55%,而在田间可测出5.7%有潜伏性的问题。

在我与几位国外学者讨论中,加拿大的Faulker教授认为:潜伏性的问题在昆虫方面还没有得到解决,现在做的工作从昆虫虫体做的实验解决不了根本性的问题,要从分子水平上才能解决。如果说是病毒整合到细胞核酸中去了,但至今还没有人能够证明这一点。至少要有不带菌不带病毒的动物或昆虫做试验,并且要防止从昆虫卵传下去,美国的Goldbery氏就在做这类无菌无病毒的饲养。Max summer 教授认为病毒潜伏性的问题可用核酸分子杂交来观察,还可以用一种很灵敏的简单方法叫吸附技术 (Blotting technique) 来测定。

(2) 昆虫病毒病的调查和新病毒的发现。法国Plus和Veyrunes氏在新加坡的果蝇中的两个亚群 (Ananassae与Montium) 中分离到一种RS病毒,形如柠檬,大小为 $52\text{nm} \times 32\text{nm}$,这种RS病毒与G病毒混合存在于黄猩猩果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 中;都是致病性和传染性的病毒,RS病毒为RNA病毒,RS病毒粒子有两个衣壳多肽,其分子量分别为45,000和19,500。从电镜观察,RS病毒的形态与蜜蜂的CBP病毒很相似,但两者不存在血清学关系,RS病毒不能感染蜜蜂,CBP病毒也不能感染果蝇,但两者病毒的形态,大小都相似,并且都是RNA病毒,因此认为RS病毒与CBP病毒为同组病毒。

(3) 昆虫病毒的感染过程和昆虫病理学的研究。例如,①“棉铃虫中肠细胞被一种杆状病毒感染后的早期状况”。即从棉铃虫 (*Heliothis zea*) 核型多角体感染棉铃虫幼虫的中肠细胞的超显微结构中观察到过去从未发现的病毒进入细胞后脱壳的新现象,即病毒脱壳 (uncoating) 在核内,而不象其他昆虫杆状病毒 (Baculovirus) 脱壳在核孔,这个发现表明了这种基因组脱壳的新机理,也可能在其他昆虫的杆状病毒中发现。②两种杆状病毒在昆虫 *Scotogramma trifolii* 的比较组织病理学的论文中报道,从昆虫 *Scotogramma trifolii* 幼虫中分离到一种核型多角体病毒和一种颗粒体病毒,将这两种病毒分别感染这种昆虫的幼虫作比较组织病理学研究,发现两种病毒都能感染中肠表层,并在这表层作初步复制,但不是封闭式病毒,即不形成多角体或颗粒体病毒。多角体病毒感染中肠后还感染其他组织如气管

质体、脂肪体、上皮层、血细胞及肌肉；而颗粒体病毒则以感染中肠表层细胞为主要部位后，再感染脂肪体，而其他组织极少感染。这两种病毒都能使脂肪体肿大，多角体病毒引起脂肪体肿大主要是由于受感染细胞核扩大，而颗粒体病毒能引起脂肪体细胞肿大和细胞增殖。有丝分裂在颗粒体病毒感染后的脂肪体中常常发生，但在多角体病毒感染后不见有丝分裂现象。赘生物的发生可能与颗粒体病毒感染有关，一种病毒感染脂肪体后阻止另一种病毒的感染。

无脊椎动物病毒的生化方面的工作，宣读论文20篇，大致分为两个方面：

(1) 一般生化工作：①如“感染有核型多角体病毒(NPV)的昆虫细胞株的氧消耗”，发现感染病毒的与未感染病毒的细胞株对纯O₂的消耗水平不同，能应用于生产多角体，培养液中加入O₂能生产比加入空气的多角体增加2倍。②“两株颗粒体病毒蛋白质组成的比较”的论文中指出，感染一种毛虫的两株颗粒体病毒，它们的囊膜的蛋白质成分和衣壳蛋白质组成不同，虽然它们的蛋白质膜式(pattern)相似，一种仅含有结构蛋白质，另一种除结构蛋白质外，另有一种蛋白质。

(2) 生化理论方面的工作：①如“昆虫核型多角体蛋白质的初级结构”。他们用家蚕核型多角体的蛋白质为材料，测出其蛋白质包括一个多肽链，有244氨基酸残基，分子量为28,600，也测定了氨基酸残基在多肽链上的分布，蛋白质的多肽链的C-末端位置决定蛋白质与蛋白质之间的反应，N-末端提供与核酸之间的反应，报告者认为蛋白质部分，除有保护作用外，也可能有某些非结构的功能。②*Autographa californica*“核型多角体病毒形成包涵体的遗传控制”。报告者分离了温度敏感突变型五个，其中三个在25℃表现正常的表型(phenotype)，但在33℃则在蚀斑、形态和大小上都有所改变，1-型在25℃无包涵体，2-型在25℃含有少于10个包涵体/细胞，3-型在非允许温度(33℃)出现颗粒，4-型在25℃只有1—2个大的结晶体/细胞，在33℃出现颗粒，现正在检验其遗传控制。③用酶连结免疫吸收技术ELISA(Enzymelinked-Immunsorbent assay)，用这个新技术可检查核型多角体病毒和虹彩病毒的特异性。联合国世界卫生组织(WHO)曾派人到上海来开办训练班，传授这个新技术。

在专题讨论中，对微生物防治制剂的安全评价进行了讨论。在题为“以温度稳定性(Thermostable)苏云金杆菌外毒素为基础一种新的生物杀虫剂生产技术的发展”的论文中指出：目前苏云金杆菌(*Bacillus thuringiensis*)及其毒素的几种生物制剂，已在国际上应用于农业。莫斯科全苏兽医卫生研究所发展一种新的生物杀虫剂的技术，包括温度稳定性苏云金杆菌外毒素作为单独的有活性成分，这种制剂不包含苏云金杆菌孢子或温度稳定性晶体内毒素，所用菌种是苏云金杆菌(*Thuringiensis berliner*)变种，用液体酵母菌多糖培养基进行深层培养，可从培养液中提取外毒素，最后获得的杀虫剂为黄色粉末，易溶于水，目前正在苏联推广应用。

“昆虫病毒对脊椎动物的致病性的实验数据的评价”。系用舞毒蛾(*Lymantria dispar* L.)、甘兰夜蛾、松叶蜂的核型多角体病毒与美国白蛾的颗粒体病毒对脊椎动物的影响，用不同年龄的小白鼠、家鼠、家兔，通过不同途径(注射腹腔，静脉，皮下，鸡胚尿囊以及鼻腔)吸进，在30天内收集数据，每天测定体温，观察病态和死亡症状，并作尸体解剖检查，同时又用地鼠成纤维细胞接种病毒，看有否细胞病变现象。结果表明：没有潜伏性感染，没有其他病理现象，在鸡胚内没有病毒复制，在地鼠成纤维细胞上也没有病变。

在报告中也研究了昆虫病毒对哺乳动物细胞的突变作用。即以地鼠成纤维细胞株接种昆虫多角体病毒,以观察非致病昆虫病毒能否引起哺乳动物细胞遗传结构的变化,72小时内观察,结果没有细胞病变,不增殖、也没有染色体改变。

对环境保护、森林保护中的晶体微生物与环境污染问题也有论文。例如苏云金杆菌特别对落叶松毛虫 *Dendrolimus sibiricus* 的感染,已广泛应用于森林保护。用1千克杀虫剂(Insectin)于30立升水中稀释,可达到96—98%的昆虫死亡率。苏云金杆菌适用于森林环境,在森林中维持时间较长,并成为感染源,可使新的宿主昆虫被感染。喷射了细菌并不影响森林中正常的微生物群和生物群的平衡,对环境无害。

还讨论了生物制品的标准问题。例如对甘蓝夜蛾 (*Mamestra brassicae*) 多角体病毒的质量评价。用多角体病毒作田间防治效果,判别好坏,定出质量等级,鉴定病毒,测其活性和稳定性。对活性检查,用一种生物测定方法,把多角体加进半合成饲料中添食20天(二龄幼虫算起),记录死亡情况。对稳定性检查,用有机溶剂、去污剂(detergent),不同pH的缓冲液对多角体病毒进行测定。对多角体病毒的鉴定,包括从形态、生化和血清学数据以及宿主范围对病毒作出鉴定。

现在,再谈谈昆虫的肿瘤问题,不仅动物和人类产生肿瘤,就是植物和昆虫也有肿瘤问题,肿瘤是由于细胞增殖失去正常控制而来。我们在考虑能不能用昆虫作模型,用来作研究对象是一个十分重要的问题。无脊椎动物赘生物(neoplasm)近年来受到相当的重视,这可能与高等动物(哺乳类)赘生物研究的进展有关。会上就有12篇论文,其中有的很受启发,例如“病毒诱发昆虫的增殖失常”,意即由于病毒感染,细胞增殖失常,作者提出了是否由于病毒指挥的问题,可能是病毒基因组整合到细胞基因组,如同哺乳动物和细菌一样,或者细胞增生是宿主的一种退化反应(degenerative response),补充那些由于病毒感染而破坏的细胞。从这方面的工作着手,进一步深入到分子生物学研究,可以了解致癌作用,以及控制调节细胞分裂的机理。值得注意的是,昆虫由于病毒感染而诱发的增殖失常,使我们联想到某些在表面上观察无关的现象可能是有关的。

这次会议专题讨论和宣读的论文共有216篇。研究对象包括病毒、细菌、真菌、原生动物和蠕虫。内容有病原调查、病原性质、病变发生、致病过程和生物防治在各方面有关的条件。还有少数有关分子生物学的论文。这次会议的论文的质量不能说很高,为什么呢?因为:①昆虫生物防治队伍小,涉及面窄,防治效果有待进一步探索;②昆虫病毒研究的广度和深度远不及植物病毒、动物病毒和细菌病毒。今后昆虫病毒的研究要大发展,因为在整个动物中80%为无脊椎动物,而在无脊椎动物中70—75%为昆虫,从数量上讲是十分可观的。

从这次会上得到的印象,无脊椎动物病理学的发展趋势可能有下列几方面:①进一步研究和利用病原的防治、扩大范围和有效防治的有关条件,联系到环境保护的安全研究,以及从经济上考虑生物制剂的生产;②病理学研究的重点放在致病过程和机理,不仅限于细胞水平,还必须深入到分子水平(分子病理学);③病原本身的研究,特别要加强对昆虫病毒的基础研究,包括生物物理和生物化学等方面。

天敌昆虫与生物防治的关系

廖定熹

(中国科学院动物研究所)

一、害虫猖獗与天敌的关系

凡是到过原始森林或自然保护区的同志，都会发现在森林茂密、植被完美而安静的自然环境里，很不容易发现大量的害虫，更不容易见到某种害虫猖獗成灾的现象。这是什么原因呢？这是因为在这样的环境里，虽然存在着各种昆虫，但它们和天敌之间存在着相互制约的关系，因而得以维持在一个相对平衡的统一体中。在这样的环境里，害虫和天敌的数量虽然也有此起彼伏不断波动的情形，但由于它们相互制约，双方的数量都保持一个比较低的水平。这样的一种现象我们称之为自然的相对平衡现象。

森林生态体系的这种自然相对平衡现象，一旦由于自然条件的突然巨变，遭受人类或其他生物活动的破坏，害虫失去其天敌因子的制约便会猖獗起来。

自有机农药在本世纪四十年代问世以来，对农林害虫的防治确实立下了丰功伟绩，但由于使用不当或用量过多，也带来了很多的问题。谷物、蔬、果、茶叶、药材、肉类、蛋品的农药残毒一天天增高，土壤变坏，鱼类鸟类及其他动物产生畸形或死亡的现象，人畜健康遭到直接或间接的摧残，而害虫本身则产生了抗药性。原来的一些害虫不但没有因用农药而减轻其危害程度，反而变得更加猖獗，一些次要或本来并不为害的昆虫，在大量使用农药的情况下也变成了重要害虫。美国生防专家(DeBach)认为，由于滥用农药而促进了害虫的发生是有一定道理的。因此，欧美及日本等一些先进国家已明文规定禁止生产和使用许多有机农药。我国情况虽不能和这些国家相比，但是他山之石可以攻玉，别人走过的弯路或犯过的错误，我们必须认真研究，引以为戒。这些国家目前已走上利用多种方法，其中包括利用天敌昆虫的生物防治法，来进行害虫的管理或综合防治，以期少用农药或不用农药而能达到防虫治虫、减轻虫害的目的。

二、利用天敌昆虫进行生物防治的一些问题

1. 生物防治的理论根据 一种害虫和它的天敌是居于矛盾统一体中矛盾的两个方面，它们是相互矛盾的对立面，彼此相互斗争又相互制约。所以在相对稳定、相对平衡的条件下害虫不会猖獗为害。一旦这种相对平衡状态遭到外力的破坏，则害虫就失去了制约的因子而会猖獗起来，在此情况下只有用人为的力量来扶持、恢复、提高或加强其固有的天敌因子，以抑制害虫的猖獗，使农林作物遭受的损害在经济许可的水平以下。这就是对本地害虫进行生物防治的理论根据。至于外来的害虫则由于天敌未随着害虫到来，所以害虫在新环

境里失去了其固有的天敌的制约作用因而猖獗发生。典型的生物防治是引进害虫在其本土固有的天敌来控制害虫，以达到防治的目的，这就是引进天敌进行生物防治的理论根据。

2. 对天敌昆虫评价的标准 优良的天敌昆虫必须具备以下各项条件：

(1) 寻找寄主的能力强。(2) 繁殖能力或产卵数量大。(3) 选择性强。(4) 与寄主的生活史、世代数相吻合或能紧密配合。(5) 对环境的适应力强。

符合以上各项的就是好的天敌，缺少一两项或有一、二项差者为比较好的，此外则为较次的天敌。

3. 天敌昆虫的两种类型（根据其生物学及其在自然界中的作用） 1967年Macorthur及Wilson发表一篇对海岛地理的理论（The theory of Island geography）提出所谓r-及K-型的理论，后来又经过 Pianka (1970)、Gudgil 及 Solbrig (1972) 以及其他一些作者的补充分析，又经美国 Torce, D.C. 对一种植物上的植食性、寄生性及次寄生种类的研究，得出比较一致的结论。他们把天敌归纳为r型及K型两大类。简单地说r型常生存于不可预测的环境里，具有很大的繁殖能力（r高价），而对虫口增加缺乏竞争能力。至于K型则恰好相反，它们常生存于优越稳定的自然环境里，具有相对小的繁殖能力和与别的种类竞争的能力。

Pianka把脊椎动物归入相对的K型而把昆虫的大多数以及其他陆栖动物归入相对的r型。

其他学者（Gadgil 及 Bossert 1970）则建议r型存在于资源较为丰富、容易利用的环境里，而K型则存在于不易具备这样优越条件的环境里。

根据以上所说性能，可以把天敌分为两大类型，但要严格划分还是很困难的。如果我们把我国常用的天敌昆虫加以区分，澳洲瓢虫应该属于K型，而赤眼蜂则应属于r型。K型的天敌只要经过引种、释放、定居、驯化、恢复的过程就可以达到控制害虫的目的，而r型则必须大量繁殖不断释放，才能收到预期的效果。

4. 利用天敌昆虫来进行生物防治的一般方法和步骤。

(1) 调查研究作为进行生物防治的目标昆虫（Target species）所在林区的害虫种类和天敌的种类以及了解其自然环境。

(a) 关于害虫是外来种或本地种的调查和判断

I. 害虫的历史标准（Historical criterion）：应用于引种历史已经明白的虫种，例如，舞毒蛾传到北美的历史很清楚。II. 地理判断：是局部的还是广泛的分布种。III. 生态学的判断：对邻近地区及生态条件相似的生态环境加以分析判断。如蟑螂，它们经常随人类的活动而活动。IV. 生物学的判断：观察一种害虫，如果它食性很专一，而且是专吃外来植物种的，则可确定这种害虫必然也是外来种。如果能够从这样的生物学观点找到害虫及其寄主植物的来源，也就有可能到害虫原产地去找它的天敌。例如英国的落叶松害虫都不是英国本地产，而是从大陆（或日本）传去的。V. 分类学的判断：这项判断适用于一种害虫在某一地区在分类学上找不到近缘种而是一个孤立的种。例如欧洲云杉叶蜂（*Gilpinia hercyniae*）及引进的松叶蜂（*Diprion similis*）均属于Diprionidae，这几个属都起源于整个欧亚地区（Eurasia）。VI. 寄生物学学的判断：缺少一个典型的寄生物复合体（Parasite complex）常代表寄主种类在当地还不清楚。而且不存在一些特有的天敌种类。

以上所说的判断或评价标准的数字愈大，则害虫外来的或然率就愈高。

下一步是找出目标种类（害虫）的发源地。因为找出林木害虫的传播途径比农业害虫容

易。后者自古代即已被人类传遍全球。如果是单食性的则这种寄主植物的发源地也就是害虫的发源地，但寡食性的就比较困难一些，而分类学的和进化的（即出现近缘种）或寄生学的证据（即出现一个丰富的、饱和的寄生物复合体）可以提供有价值的线索。

详细地研究广泛分布种的种间变异，可以帮助缩小引进种分布地区的范围。例如，落叶松叶蜂 (*Pristiphora erichsonii*) 在美国共有 4 个品系，经研究及证实有两个是自白令海峡传入的，而另外两个则是 1913 年由英国传来的，弄清害虫的来源后，找它的天敌就有了线索和办法。

以上是为了判明目标害虫的。

(b) 关于天敌及自然环境的调查研究

I. 须查明目标害虫当地天敌的种类及原产地天敌的种类，比较其异同。II. 须查明害虫各期的寄生物复合体，包括卵幼寄生、纯幼寄生、幼蛹寄生、纯蛹寄生、过寄生、多寄生、重寄生等。III. 须查明当地的目标害虫和天敌原产地的植被、气候、地形、地貌等条件，并进行对比分析。

如果国外有目标害虫的分布而我们又无法去调查，则须搜集国外有关该虫及其所在环境的生态地理的文献资料，和本国本地调查所得的结果对照分析。查明彼此间有无关系。找出国外的有效天敌，探索有无可供生物防治的种类，至于比较世界各地气候的情况可参考 Klimadiagram—weltatlas of walter & Lieth vols. 1, 2. (1964, 1967)。它包括全世界 8000 多个气象站的气候图。

(2) 天敌利用的几种方式：

(a) 利用本地天敌防治本地害虫 例如用赤眼蜂防治甘蔗螟、玉米螟、松毛虫，平腹小蜂防治荔枝，金小蜂防治仓库内红铃虫（属 *r* 型），以及用白虫小茧蜂 (*Bracon greeni*) 防治紫胶白虫 *Eublemma amabilis*。

(b) 从国外或外地引进天敌以防治本地害虫 例如欧洲和北美由国外引进大蛾卵跳小蜂 (*Ooencyrtus kuwanae*) 防治舞毒蛾 (*Lymantria dispar*) 收到成效。这种小蜂原产日本，我国也有。此蜂首先传播到西班牙 (1923)，再而摩洛哥 (1924)、葡萄牙、法国、南斯拉夫。1957 年在西班牙 El pardo 有 20—25% 的寄生率，而在无竞争者的其他地区寄生率高达 40%。救活了 500,000 公顷的栓皮栎。又如我国引进澳洲瓢虫防治木麻黄及柑桔树上的吹绵蚧收到很好的效果。从苏联引进日光蜂 (*Aphelinus mali*) 和本地品系进行杂交提高其活力，使青岛李村的苹果棉蚜得到控制，1962 年几乎连棉蚜标本都找不到了。

Pimental 1963 年总结 66 种害虫进行生物防治的结果，有 39% 获得成功，都是由于引进外来天敌所致。

(c) 利用本地天敌防治外来害虫 欧洲松梢小卷蛾 [*Rhyacionia buoliana* (Schiff.)] 原产欧洲，以后传入北美。加拿大及美国对这种害虫的许多寄生天敌进行研究后，用船运载了一部分到北美。虽则所引天敌已在美国定居，但结果这些天敌并不能把欧洲松梢小卷蛾的虫口数量减少到一个低水平。显然这是由于外来天敌参加竞争降低了本地天敌对松梢小卷蛾虫口的抑制效果 (Schroder 1974)。

与此相反，又将北美产的能寄生欧洲松梢小卷蛾的天敌引入欧洲，其中幼虫外寄生蜂 *Hyssopus thymus* Gir (Eulophidae) 及蛹寄生蜂 *Itoplectis conquisitor* (Say) (Ichneumonidae) 引起了欧洲研究工作者极大的兴趣，它们加入了欧洲天敌的行列，对松

梢小卷蛾起了有益的作用，而且不增加种间竞争的复杂性(Syme 1970, Canada 1971)。此项工作尚在进行中。

(d) 引进害虫原产地的天敌以防治外来害虫 这是典型的生物防治，例如美国从我国引入 *Aphytis lingnanensis*，用以防治加州柑桔红圆蚧 (*Aonidiella aurantii*) (Maskell)。另外，还引入我国原产的 *Pteroptrix chinensis* 用以防治加州红圆蚧。但这种蚜小蜂的历史很长，美国人花了五、六十年的时间动员了20世纪最有名的昆虫学家参加这种小蜂的引种工作，其中包括 Compere, Flanders, Gressit及意大利最有名的昆虫学家Silvestri。解放前在广州岭南大学即现在的中山大学长期设点研究，直到解放后还在香港继续设点进行，到1958—1959年才宣告结束。

最近有一位澳洲金龟子专家来我国引种牛粪金龟，以消除澳洲过多的牛粪，也都是因为我国自古以来就有牛，有若干种吃牛粪的金龟子之故。

在经过天敌昆虫优劣的评价与选择之后，认为是优势种的可以引进，但还须经过一系列的观察、试验，证明确属有效无害的才能作稍大的繁殖及传播，以至进行小规模田间试验，都能得到良好效果，然后方可大量繁殖释放，以达生物防治的目的。

至于引种天敌，应注意下列事项：

(1) 引进天敌的自然环境及气候条件应与天敌原产地的大致相似，否则很容易遭到失败。

(2) 在长距离引入过程中，最好沿途设置中间站，使天敌昆虫逐步适应新环境，否则也很容易失败。

(3) 所引天敌的原来寄主应该和目标害虫同种或是近缘种，否则也容易失败。

(4) 害虫和天敌的种类都必须鉴定正确，否则会造成错误的结果，浪费人力、时间、物力，收不到预期效果。即使引种成功也还须继续和分类工作者保持联系，密切注视寄主和天敌间关系，如寄生率、寄生物与寄主彼此间生活周期的配合和吻合情况以及种内的变异和发展情况等。

(5) 引进天敌须先在室内进行严格的观察试验，证明有益无害，然后方得进行释放，所要进行的观察试验事项为：

(a) 引进天敌的生物学习性观察试验——生活史、世代、寄生范围、寄生率，在不同温、湿、光、寄主的综合条件下进行各种组合比较观察试验，找出最适合发育的环境因子。

(b) 在正常的室温及变温变湿条件下，观察引进的天敌种类与其本地近缘种间相互间的关系。

(c) 搜集天敌本地近缘种及其次生天敌种类，进行对引进天敌种类种间竞争及有无次寄生的复杂寄生现象出现的试验。

经过以上所举观察试验，证明所引进的天敌确实有效无害才能进行小规模释放，再经较长的田间观察试验，得到相同的效果，然后才可以大量繁殖释放。

三、天敌昆虫的识别与生物防治的关系

天敌昆虫种类繁多，如何正确辨别它们是进行生物防治不可缺少的一环。

1. 正确的分类鉴定是以生物学与形态学为基础的，特别是当人类把一种天敌从甲地迁到

乙地以作为节肢动物的生物防治手段时，寄主及天敌名称的鉴定正确与否非常重要，尤其是一些容易混淆的隐种 (cryptic species) 或生理小种 (sibling species) 的正确鉴定更为重要。由于鉴定的错误造成重大损失的事例往往是有的。

我们知道天敌昆虫选择性强的，如单食性或寡食性的 (narrowly oligophagous) 在生物防治中是有很有效的。例如，澳洲瓢虫防治吹绵蚧是举世闻名的。在我国荔枝卵平腹小蜂防治荔枝也是如此。但是由于鉴定的错误，生物防治长期收不到效果也是屡见不鲜的。例如美国加州红圆蚧 [*Aonidiella aurantii* (Mask.)] 在本世纪初叶，曾多方设法从远东引入天敌到加州，但黄圆蚧 [*Aonidiella citrina* (Coquillett)] 及 *Anoidislla* 属的虫种当时均被认为是红圆蚧，因此它们的天敌均被引进加州，对红圆蚧进行生物防治试验，而均告失败。这些失败在30年代曾引出一些错误的结论，认为在远东红圆蚧没有有效的天敌，直到Mckenzie (1937) 重新对加州红圆蚧进行分类鉴定，后来若干研究天敌的学者才找到远东的有效天敌 (Compere 1961, DeBach, Rosen & Kenett 1971)。

由于早期对红圆蚧错误地认为是 *Chrysomphalus*，而此属蚧曾一度被认为原产于南美洲，因此把很多学者的注意力引向南美洲去找红圆蚧的天敌。1934—1935年曾进行了一系列自南美洲引入天敌的研究工作，但毫无效果，徒然浪费了很多人力物力，只是在把红圆蚧正确鉴定为 *Aonidiella* 属，而此属系原产东洋区之后才又把注意力集中到远东地区，而在这一地区确实最终找到并引进了它的有效天敌 (至北美)。

另外，害虫种类的正确鉴定对生物防治的成功与否也有着极其重大关系。例如，1923年咖啡粉蚧 [*Planococcus kenyae* (Le Pelley)] 这一严重害虫传入肯尼亚，迅速传播危害咖啡及当地其他作物，开始被误定为柑桔粉蚧 [*P. citri* (Risso)]，继而误定为可可粉蚧 [*P. lilacimus* (Cockerell)]。当时，从四大洲引进了许多的天敌，用以防治此种害虫，但均告失败。在太平洋地区花了整整一年时间寻找这种蚧的天敌，结果劳而无功，只是在这一害虫得到正确鉴定为一个新种之后，才减轻了盲目性，而确定其原产地就在与肯尼亚相邻的乌干达及坦桑尼亚等咖啡产区，随之将其天敌引入肯尼亚，结果完全控制了这一害虫的危害。

在天敌昆虫早期调查研究时需要和分类学家密切协作，即使在释放、定居、大量繁殖的过程中以及以后的时间里，也要经常和分类工作者取得联系。在欧洲为了防治梨圆蚧 [*Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock)]，德国曾大量引进一批重要的寄生蜂，一种蚜小蜂 (*Prospaltella perniciosi* Tawer)，与此同时，这属蚜小蜂的另一个种 *P. fasciata* Malenohi 进入了德国，而且在实验室表现很好，寄生率及寄生能力均很大，于是错误地大量繁殖了近400万的 *P. fasciata* 把它当成 *P. perniciosi* 释放到Heidburg 地区田间去防治梨圆蚧，从1956—1958年连续进行了三年，但直到证明其为 *P. fasciata* 为止，*P. fasciata* 始终未能定居下来，当然效果也就谈不到了。

本世纪早期美国曾引进 *Aphytis hispanicus* (Mercet) 用以防治外来的糠片蚧 (*Parlatoria pergandii* Comstock)，过了不久糠片蚧是被压到很低的水平，人们当时确信 *A. hispanicus* 取得了全胜，但经过在高倍显微镜下检查的结果，证明 *A. hispanicus* 并未定居，而糠片蚧之所以被控制住乃是侥幸定居下来一种类似的蚜小蜂 (*Aphytis masculicornis*)。直到如今，美国加州虽利用了后一种寄生蜂，但其来历至今不明。在波斯湾地区也有难于区别的此种寄生蜂，加州的是它的杂交种呢，还是别的来源，仍不清楚。

我国利用赤眼蜂防治多种害虫取得了很大的成就，但蜂种存在一些问题，值得我们密切

注意。

研究寄生蜂成虫及幼虫期的形态、生物学特性是区分同种、隐种的方法，利用生理及杂交的方法可以判定是否是生理小种或是彼此有无亲缘关系而互相独立存在的种。

昆虫分类最基本的是利用外部形态，但如果专靠形态有时还不易区分种间的差别，因此应结合生理、生态及生物学习性，包括成虫、幼虫期，利用电子显微镜、扫描电镜等手段以扩大视野来辅助解决一些比较困难的问题，其他如数值分类、遗传分类、古生物学等也值得参考。

四、天敌昆虫的调查研究

天敌昆虫的调查研究也和其他动植物的调查研究一样，可以分为区系调查或某种害虫的天敌种类调查。

1. 区系调查：某一地区的天敌区系调查，应该结合当地的地理、古地理、地形、地貌、土壤、植被、气候、其他动物等环境因子同时进行，最好能在不同季节进行三年以上的连续调查，然后根据所得标本资料加以系统整理、归纳、分析、总结，写出区系调查的报告或论文。

2. 某种森林害虫的天敌复合体的调查：针对某种森林害虫进行其天敌昆虫的种类、寄生关系的调查。首先要了解害虫的自然地理分布，调查的地区应该包括害虫各分布地区中比较有代表性的一些地区，如果这种害虫在国外也有分布而又不能去进行实地调查，则需搜集国外有关该虫天敌调查的文献资料，汇总后和本国所调查得到的结果互相对照，加以分析比较，找出彼此间的异同，找出国内外的有效天敌（参照天敌昆虫评价标准及寄生率来考虑）。探索有无可供研究利用作为生物防治手段的种类。

3. 天敌昆虫的生物学研究：

(1) 生活史观察研究；(2) 生活习性的观察研究；(3) 寄主范围的调查研究；(4) 寄生现象的调查研究：(a) 有无次寄生的调查研究；(b) 有无以其他益虫为寄主的调查研究；(c) 有无多寄生现象；(d) 有无过寄生现象；(e) 与近缘种间竞争的研究；(5) 遗传性状研究，染色体及基因研究；(6) 寄生行为及习性的观察研究；(7) 感觉器官的功能与结构的研究；(8) 人工培养方法的试验研究；(9) 其他。

五、天敌保护

天敌昆虫在自然界中对害虫的控制是无声无息的，不断地起着巨大的作用，这一事实从正面不容易为人们所注意，但从反面则可以说明问题。一些原始森林和自然保护区，由于没有遇到人为破坏，天敌昆虫和害虫处于相对稳定状态，害虫虫口经常保持在一个低水平，这在前面已经提到。但一旦森林遭到破坏，或大量使用农药，使天敌昆虫遭到严重摧残。害虫在失去天敌因子控制下，虫口数量剧增，很快会造成害虫的大发生。这些例子到处都有。目前我国一些森林害虫比以前（指用有机杀虫剂防治以前）不是减少而是更多了，更严重了，例如松干蚧、松毛虫等；而另外一些原先危害并不严重的害虫成灾了。生物防治的目的就是利用生物因子的作用或与其他防治方法的综合作用使害虫虫口降低到不会造成经济损失的低水平。生物防治是直接或间接地利用生物因子恢复其原有的控制害虫的作用，使害虫虫口降低

到原来的或更低的水平。在自然界每种生物包括森林害虫本身就存在着复杂的生物因子，互相制约。害虫在自然界受其天敌因子制约作用称为自然控制，正是由于天敌昆虫在自然界经常地发挥着自然控制的作用，所以害虫在正常情况下和天敌处于相对平衡状态时，害虫不能猖獗成灾。我们在采用生物防治时也要注意自然控制，那么效果就会更加显著。因此，大家都要重视天敌的保护。具体保护措施：（1）设立自然保护区，每省区至少有一个；（2）严禁乱砍滥伐森林；（3）严禁纵火烧山；（4）严禁毁林开荒；（5）大力植树造林；（6）林区不要随便放牧，以免践踏，破坏幼树幼林；（7）加强林木种子检疫工作，防止危险性病虫害的传播；（8）尽量避免大面积应用剧毒农药，以免杀灭天敌。自然保护区严禁使用农药。

参 考 文 献

- 〔1〕 蒲芸龙，1978，害虫生物防治的原理和方法，261页，73图、6图版，科学出版社。
- 〔2〕 中国科学院动物研究所、浙江农业大学，1978，天敌昆虫图册，科学出版社。
- 〔3〕 赵修复，1976，姬蜂分类纲要，科学出版社。
- 〔4〕 Clausen, C.P. 1940, Entomophagous Insects Mc Graw Hill Book Company, Inc, New York & London. 688p.257figs.
- 〔5〕 DeBach, P. (ed) 1964, Biological control of Insect pests and weeds Chapman and Hall Ltd. 24+884p. 123figs.
- 〔6〕 DeBach, P. 1974, Biological control by Natural enemies 323p. Cambridge univ. Press London.
- 〔7〕 Frank Wilson, 1960, A review of the biological control of insects and weeds in Australia and Australian Guinea Tech. Commn. No.1 Commonwealth Inst. Biol. control Trinidad, West Ind, 102p.
- 〔8〕 Frank Wilson, 1963, Australia as a source of beneficial insects for biological control Ibid No.3, 28p.
- 〔9〕 Force, D.C. 1972, r-and K-strategists in Endemic Host-parasitoid communities Bull. Ent. Soc. Amer. 18 (3) :135—137.
- 〔10〕 Greathead, D.J. etc. 1971, A review of Biological control in the Ethiopian Region Tech. comm. No.5, Common. Inst. Biol.control Trinidad, West Ind. 162p.
- 〔11〕 Greathead, D.J. 1967, A review of Biological Control in Western and Southern Europe Ibid No.7,182p.
- 〔12〕 Hubert Pschorn-Walcher 1977, Biological Control of Forest insects. Ann. Rev. Ent. 1977, 22: 1—22.
- 〔13〕 Huffaker, C.B.1971, Biological control A plenum/Rosetta Edition New York 511p.
- 〔14〕 Huffaker, C.B. & P.S. Messenger (eds) 1976, Theory and Practice of Biological Control, Academic press. New York Sanfrancisco London 788p.
- 〔15〕 Rao, V.P. et al. 1971, A reviw of the Biological control of insects and other pests in South-East Asia and Pacific Region Techn. Common. No 6. Common. Inst. Biol & Control Trinided West Ind. 149p.
- 〔16〕 Rosen, D.& P. DeBach 1973, Systematics, morphology and biological control. Entomophaga, 18 (3) :215—222.