

# 昆虫和螨类的微生物防治

〔英〕H. D. 伯吉斯 N. W. 赫西 主编

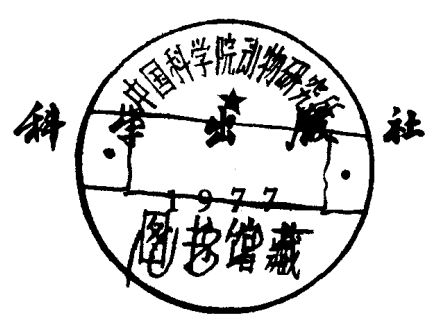
科学出版社

59.12.59

2K10/23

# 昆虫和螨类的微生物防治

[英] H. D. 伯吉斯 N. W. 赫西 主编  
广东农林学院林学系  
中国科学院北京动物研究所昆虫病理组 合译  
辽宁省林业土壤研究所生物杀虫剂组



## 内 容 简 介

本书共分三十章，较系统地介绍了昆虫病理学及微生物防治方面的经验。主要内容包括利用各种微生物(细菌、病毒、真菌、立克次体、原动物)和线虫等防治有害昆虫和螨类；苏云金杆菌及其他微生物的致毒物质——各种毒素的探讨；各种生态因子对微生物防除的影响；长期使用微生物农药昆虫产生抗性的可能性及对人、畜的安全；微生物杀虫剂的工业生产及从事昆虫病理学工作的各种技术操作等。

H. D. BURGES      N. W. HUSSEY  
MICROBIAL CONTROL OF INSECTS AND MITES  
Academic Press, 1971

## 昆虫和螨类的微生物防治

[英] H. D. 伯吉斯 N. W. 赫西 主编  
广东农林学院林学系  
中国科学院北京动物研究所昆虫病理组 合译  
辽宁省林业土壤研究所生物杀虫剂组

\*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1977年2月第一版      开本：787×1092 1/16  
1977年2月第一次印刷      印张：29 1/4  
印数：0001—5,950      字数：679,000

统一书号：13031·474

本社书号：709·13—7

定价：3.00元

## 译 者 的 话

《昆虫和螨类的微生物防治》一书基本上总结了近年来国外昆虫和螨类微生物防治的经验,其中以苏云金杆菌的材料为最多。本书着重于实际应用,并反映了微生物防治上的一些现代先进科学技术,如微生物发酵工艺、采收方法和剂型的改进、苏云金杆菌晶体的酶和其他化学成分的研究、苏云金杆菌外毒素的纯化、昆虫的人工培养基饲养及昆虫多角体病毒和颗粒体病毒的应用、真菌毒素的分离等。这些材料可供我国害虫防治工作者参考。

我们必须遵照毛主席提出的“洋为中用”的方针,把学习国外有用的经验、世界上最新科学技术成就和总结群众的发明创造结合起来。我们对本书中存在的唯心论和形而上学的观点以及资产阶级世界观的内容进行了删节。由于我们的马列主义、毛泽东思想水平不高,书中不免仍保留着一些不适当的内容,希望读者以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导思想,批判地接受外国的东西,并对我们的工作提出批评意见。

原书共有三十三章,我们删去了原书的第十八、二十六和三十二章,并重新编排了章序。广东农林学院林学系翻译了第一至八、十五、二十五至三十章,参加译校工作的有梁子超、伍建芬、王庄、方翠卿、雷普文、李国标、彭承植、苏星、王问学、黄健屏、李聘意、林孔勋、何等平等同志。中国科学院北京动物研究所昆虫生理室病理组翻译了第九至十四、十六、十七章,参加译校工作的有钦俊德、沙槎云、傅贻玲、刘珣、任改新、黄冠辉、丁翠、冯维熊和张书芳等同志。辽宁省林业土壤研究所第四研究室生物杀虫剂组翻译了十八至二十四章,由越石同志译;并由广东农林学院林学系伍建芬、梁子超同志进行校订。

## 序 言

昆虫和螨类的化学防治面临两个重大而难以解决的问题：一是农药对环境的污染引起人们越来越大的不安；一是害虫对农药产生抗性。因此，探索其他取代方法便成为刻不容缓的事。在探索的种种取代法中，微生物防治是最有价值的方法之一。近年来，对节肢动物疾病的研究进展很快，揭示了利用微生物防治害虫的可能性。本书试图对微生物防治的当前情况、过去成就及将来发展加以论述。

本书重点在于论述昆虫病理学的实际应用方面，至于基本原理，除非具有实用价值，否则不予讨论。这本书实际上包括了微生物学、昆虫学和蜱螨学的大多数分科的内容，其中许多是属于化学家、生物学家和生态学家的专业范围。

我们尽量使本书适应广泛的读者：不论是从事昆虫防治的实际工作者，普通昆虫学工作者，甚至那些工作深入要求引证原文出处的昆虫病理学家。一般的读者可以从概论(第一章)和结论(最后一章)中对微生物防治得到一个了解。这两章不仅概括了微生物防治的当前成就、将来展望，而且对未来的研究和发展提出了建议。为了适应较专门的读者的需要，本书内容分为许多课题，有些是一般的，有些是较专门的，他们可以根据自己的需要选择。我们尽量引用了未发表的研究成果，并注意将来的发展。我们希望本书能成为从事实际工作的昆虫病理学家的工作手册，并能对当前微生物防治的发展有所促进。

H. D. Burges

N. W. Hussey

1971. 1.

# 目 录

译者的话 .....	i
序言 .....	ii
<b>第一章 概论 .....</b>	<b>1</b>
一、昆虫病理学的发展 .....	1
二、昆虫数量的制约 .....	2
三、微生物防治的可能性 .....	4
<b>第二章 病原体的鉴定 .....</b>	<b>8</b>
一、引言 .....	8
二、材料的处置 .....	8
三、患病昆虫和螨类的采集 .....	9
四、诊断标本的准备 .....	11
五、整体标本的一般检查 .....	11
六、寄主标本特殊组织的检查 .....	12
七、主要致病有机体类群的描述 .....	14
八、方法 .....	37
<b>第三章 细菌在昆虫微生物防治中的应用 .....</b>	<b>45</b>
一、引言 .....	45
二、昆虫病原细菌的特性 .....	45
三、现状 .....	48
四、影响效果的因素 .....	50
五、实际应用 .....	53
六、评价 .....	60
<b>第四章 病毒在昆虫微生物防治中的应用 .....</b>	<b>66</b>
一、引言 .....	66
二、叶蜂总科 .....	66
三、鳞翅目 .....	69
四、蜉蝣目：叶蜉科：桔全爪蜉 .....	80
五、提要、结论和对研究的建议 .....	81
<b>第五章 真菌在昆虫微生物防治中的应用 .....</b>	<b>85</b>
一、引言 .....	85
二、真菌病 .....	85
三、微生物防治 .....	93
四、结论 .....	98
<b>第六章 原生动物在昆虫微生物防治中的应用 .....</b>	<b>102</b>
一、引言 .....	102
二、原生动物病原体的一般特性和应用方法 .....	102
三、原生动物病原体的主要类型 .....	103

四、对作为防治因素的原生动物的评价 .....	108
五、利用原生动植物防治害虫需要进行的研究 .....	114
六、结论 .....	115
<b>第七章 立克次体在昆虫微生物防治中应用的可能性 .....</b>	<b>119</b>
一、立克次体微生物学的进展 .....	119
二、昆虫病原立克次体的繁殖 .....	119
三、昆虫病原立克次体的稳定性和抵抗力 .....	120
四、立克次体的昆虫病理学 .....	120
五、昆虫病原立克次体的流行病学 .....	121
六、立克次体在昆虫微生物防治上应用的概况 .....	122
七、与昆虫病原立克次体应用有关的医学上和兽医上的问题 .....	122
<b>第八章 线虫在昆虫微生物防治中的应用 .....</b>	<b>124</b>
一、引言 .....	124
二、线虫-昆虫联合的范围 .....	124
三、虫生线虫的生物学及其在自然界中的调节作用 .....	125
四、作为微生物媒介的虫生线虫 .....	129
五、线虫防治昆虫的试验 .....	131
六、影响虫生线虫效用的因子 .....	133
七、虫生线虫应用的实际考虑 .....	135
八、结论 .....	136
<b>第九章 毒素: 以微生物作为新杀虫药剂的来源 .....</b>	<b>140</b>
一、引言 .....	140
二、细菌毒素的分类 .....	140
三、昆虫病理学中的毒素问题 .....	144
四、对昆虫有害的细菌毒素 .....	144
五、真菌毒素 .....	148
六、应用的可能性和远景 .....	152
七、结论 .....	153
<b>第十章 苏云金杆菌的蛋白质晶体毒素: 生物合成与物理结构 .....</b>	<b>156</b>
一、引言 .....	156
二、苏云金杆菌的生长 .....	156
三、研究晶体的方法 .....	157
四、蛋白晶体的生物合成 .....	160
五、晶体的结构 .....	163
六、将来的发展 .....	166
<b>第十一章 苏云金杆菌的蛋白质晶体毒素: 生物化学和作用方式 .....</b>	<b>168</b>
一、引言 .....	168
二、制备芽孢与晶体的技术 .....	168
三、晶体蛋白质的血清学 .....	168
四、晶体蛋白质的生物化学 .....	171
五、晶体的稳定性 .....	179
六、晶体的作用方式和毒力 .....	180

七、结论和未来的研究 .....	185
<b>第十二章 苏云金杆菌的热稳定性外毒素 .....</b>	<b>188</b>
一、引言 .....	188
二、有关热稳定外毒素的早期争议 .....	189
三、生测方法 .....	191
四、提纯 .....	193
五、化学 .....	195
六、微生物学 .....	200
七、外毒素的生物活性 .....	203
八、生物化学及作用方式 .....	204
<b>第十三章 苏云金杆菌寄主范围的测定及其意义 .....</b>	<b>207</b>
一、引言及敏感性的定义 .....	207
二、寄主范围的一般特性 .....	207
三、苏云金杆菌有效成分在确定寄主范围时的作用 .....	208
四、细菌分类和寄主范围 .....	214
五、试验与寄主范围 .....	215
六、寄主范围在应用病理学上的重要性 .....	217
七、讨论、结论和展望 .....	218
<b>第十四章 微生物和化学杀虫剂的增效作用 .....</b>	<b>222</b>
一、引言 .....	222
二、术语和分类 .....	222
三、增效和无效的实例综述 .....	228
四、讨论 .....	235
<b>第十五章 蜚螞的微生物防治 .....</b>	<b>241</b>
一、引言 .....	241
二、病毒病 .....	241
三、真菌病 .....	243
四、原生动物病 .....	246
五、自然控制 .....	247
六、微生物防治 .....	249
七、结论 .....	251
<b>第十六章 蚜虫和介壳虫的微生物防治 .....</b>	<b>254</b>
一、引言 .....	254
二、食虫真菌试验：一般原理 .....	255
三、培养与应用技术的进展 .....	256
四、结论 .....	258
<b>第十七章 白蚁的微生物防治 .....</b>	<b>261</b>
一、引言 .....	261
二、病原体的研究 .....	261
三、结论 .....	261
<b>第十八章 环境与近代农业经营的一些发展趋势对于微生物防治的影响 .....</b>	<b>263</b>
一、环境 .....	263

二、近代农业经营的某些发展趋势 .....	263
三、微生物防治 .....	264
四、微生物防治效果的检查 .....	265
五、农业经营和害虫的防治 .....	266
六、昆虫种群的抑制状态和猖獗状态 .....	268
七、物理因子 .....	269
八、栖息地 .....	272
九、生物因子 .....	274
十、农业经营 .....	276
<b>第十九章 害虫对微生物防治病原体产生抗性的可能性 .....</b>	<b>290</b>
一、引言 .....	290
二、抗性测定标准 .....	290
三、昆虫对微生物防治病原体的抗性 .....	292
四、哺乳动物对微生物病原体的抗性 .....	294
五、昆虫对大生物防治因子的抗性 .....	294
六、宿主与病原体演化的相互作用 .....	295
七、害虫对化学药剂产生抗性的有关参考事实 .....	295
八、结论与研究要求 .....	296
<b>第二十章 病原体的相互作用 .....</b>	<b>299</b>
一、细菌 .....	299
二、病毒 .....	301
三、病毒与细菌或立克次体 .....	302
四、其他病原体 .....	303
五、结论 .....	304
<b>第二十一章 昆虫病原体对于人类和脊椎动物的安全 .....</b>	<b>306</b>
一、引言 .....	306
二、微生物杀虫剂的登记 .....	306
三、细菌 .....	308
四、病毒 .....	311
五、原生动物 .....	314
六、真菌 .....	314
七、立克次体 .....	316
八、讨论、结论和研究要求 .....	316
<b>第二十二章 害虫的病原体对益虫的安全 .....</b>	<b>320</b>
一、引言 .....	320
二、害虫的病原体对益虫的影响 .....	320
三、病原体的专化性 .....	324
四、展望 .....	326
<b>第二十三章 病原体的人工培养基生产 .....</b>	<b>330</b>
一、引言 .....	330
二、微生物的发酵工艺 .....	330
三、苏云金杆菌的发酵 .....	333

四、金龟子芽孢杆菌的离体生产 .....	341
五、真菌病原的离体生产 .....	350
<b>第二十四章 节肢动物病原体的活组织繁殖 .....</b>	<b>353</b>
一、引言 .....	353
二、在完整有机体中的繁殖 .....	353
三、在鸟类胚胎中的繁殖 .....	368
四、在组织细胞系中的繁殖 .....	368
<b>第二十五章 微生物杀虫剂的标准化和测定 .....</b>	<b>381</b>
一、引言 .....	381
二、产品的预测：质量控制 .....	381
三、致病有机体和颗粒的计数 .....	382
四、血清测定 .....	388
五、生物测定 .....	389
六、讨论、结论和研究要注意的事项 .....	399
<b>第二十六章 微生物杀虫剂的剂型 .....</b>	<b>404</b>
一、引言 .....	404
二、杀虫剂的特性 .....	404
三、液剂 .....	406
四、粉剂 .....	407
五、辅助剂 .....	408
六、和其他杀虫剂的混合使用 .....	410
七、将来的研究 .....	413
<b>第二十七章 无病昆虫在实验室的连续饲养 .....</b>	<b>416</b>
一、引言 .....	416
二、饲养和管理设备 .....	416
三、群体的获得和疾病的消除 .....	418
四、群体的保持 .....	421
五、食物的研究 .....	421
<b>第二十八章 病原体品系的改良和致病力的保持 .....</b>	<b>428</b>
一、引言 .....	428
二、致病性和致病力 .....	428
三、品系的改良和致病力的保持 .....	429
四、结语和未来的研究 .....	437
<b>第二十九章 除共生——节肢动物的抗微生物防治的一种可能方法 .....</b>	<b>441</b>
一、共生的组合和除共生 .....	441
二、结论 .....	443
<b>第三十章 已取得的成就和未来的展望 .....</b>	<b>444</b>
一、成就 .....	444
二、展望 .....	450
三、研究 .....	453

# 第一章 概 论

H. D. BURGESS      N. W. HUSSEY

## 一、昆虫病理学的发展

自古以来,人类就已经知道昆虫罹病。这种认识以日益加快的速度发展成为昆虫病理学这门学科。昆虫疾病的定义就是昆虫处于不健康状态,这种情况首先是在人工饲养的昆虫中注意到的。在欧洲,亚里斯多德是第一个提到蜜蜂罹病的人。1853年 Agostino Bassi 发现白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 是引起家蚕白僵病 (muscardine disease) 的病原,从而证明动物疾病能由微生物引起。

在那些为昆虫疾病性质及其在昆虫生态学中的作用的早期工作奠定基础的研究中,起初的观察主要是集中在蜜蜂和家蚕这两种人工饲养的昆虫身上。后来,这种研究逐渐扩展到害虫。于是就产生了利用疾病来防治害虫的设想。1879年,俄国人 Metchnikoff 利用绿僵菌 (*Metarrhizium anisopliae*) (Steinhaus, 1949) 感染奥国金龟子 (*Anisoplia austriaca*) 幼虫的方法,进行了用微生物消灭害虫的第一次意义深远的实验。第一种微生物商品制剂 Sporeine (含有苏云金杆菌 *Bacillus thuringiensis*) 在1938年以前即已生产了 (Jacobs, 1950)。第二次世界大战以后,美国有几家厂商开始生产这种细菌。在这方面,目前我们可以列举下列成就: 1965年和1966年在加利福尼亚州南部用苏云金杆菌防治甘蓝假尺蠖 (*Trichoplusia ni*) 保护了50%以上的芸苔属蔬菜 (*Brassicacae*) (Angus, 1968), 该细菌商品制剂的投入生产及十种含有昆虫病毒的试制商品的试验 (Ignoffo, 1967)。在这些实际可能性的鼓舞下,从1945年加利福尼亚大学的昆虫病理实验室成立开始,很多专业化的昆虫病理实验室相继成立。有关文献也相应增加 (Rothman 和 Woodhead, 1968)。昆虫病理学家开始认为他们研究的科目是一门独立的学科,并于1958年在布拉格召开了第一届国际昆虫病理学会议。在1959年出版了昆虫病理学的专门性期刊。1967年和其他无脊椎动物病理学的研究人员联合成立了一个学会。昆虫病理学者的人数从1948年的321人左右 (包括1948年以前死亡者在内) 发展到1967年从事工作的有551人左右,如果包括所有无脊椎动物病理学家在内则约为728人。1966年 Steinhaus 看出比较病理学 (即对各种生活有机体疾病的研究) 可以被认为是脊椎动物病理学、无脊椎动物病理学和植物病理学三者的统一 (Steinhaus, 1967)。最近他还主张成立一些研究中心,把这三种学科合并为病理生物学 (pathobiology) (Steinhaus, 1968)。1969年他在加利福尼亚州的 Irvine 成立了第一个这样的研究中心。在无脊椎动物病理学中,昆虫微生物防治是从病理生物学的基本工作中得到助益的最为活跃的一个研究领域。

评价下列问题的时机显然业已成熟: (1) 微生物所引起的疾病在害虫防治中能起何

等作用，(2)目前的尝试方向是否正确，(3)未来的发展如何。早期的研究工作已由 Steinhaus 等人的文献详加记载。因此集中论述最近十年来的发展，只有在阐述原理和指明应该避免的错误的时候，才提到早期工作，这样作似乎最为有益。

## 二、昆虫数量的制约

要对害虫进行有效防治，必须首先了解这些昆虫之所以被认为是害虫的原因，以及确定其为害虫的因素。这一原则对于微生物防治和对于别种防治方法是同样地适用的。因此，有必要对害虫的起源和非微生物防治方法的使用加以分析，以便确定在试图充分利用微生物防治方法时所必须注意的一般原则。在目前的讨论中，一种有害生物将被认为是一种对人类造成经济损失和麻烦或危害人类健康的昆虫和螨类。

### 1. 人类农业活动出现以前的昆虫数量

根据我们目前所知道的情况可以推断，在人类进行干预之前，一种昆虫的数量决定于它的繁殖能力和在一定程度上多少制约昆虫数量的自然力的总和二者之间的平衡。所谓自然力包括气候、天气、食料资源的分布、竞争者、天敌和病原体。

许多繁殖力强的害虫种类以植物为食料，而它们本身又形成食物链中的动物的起点。它们本身数量本来就是众多的，其中有些所造成的损害肯定和某些当前盛行的害虫同样地严重，例如原始针叶林的那些害虫。有些害虫增长得这样快，以至于能够暂时毁灭自己的食料来源，好象目前松尺蠖 (*Bupalus piniarius*) 对欧洲松林有时为害的情况那样。许多昆虫的数量随着每年气候和食料资源季节性的变化而变动。食物链从来不是静止的，有些昆虫种类经历着若干年一次的周期性的饱食和饥饿。当然，甚至曾经出现过大到数百万年的大的周期性的气候变迁和演化。

有很多昆虫的数量一直不多，这是由于它们与在气候的巨大影响下起作用的天敌复合体之间相互制约的结果。所有这些相互制约作用都是复杂的，并受包括天气、生境和动、植物区系组成在内的许多次要因素的影响。

制约某种昆虫数量的力量是生物和非生物因子的总和，它们对于差别很大的虫口水平发生作用。所有这些力量综合起来产生自然的制约。在一个生活周期终结时，单单一雌虫的后代中，只要有两条以上能够成活繁殖时，虫口就会增加；因此一种昆虫总数的增加或减少往往随着死亡率的变动而定。以一个产卵数为 100 的一化雌虫为例，如果要求虫口保持不变，那么子代在繁殖前的死亡率必须为 98%。死亡率的 0.5% 的变动就可以在来年造成昆虫数量 25% 的增加或减少。

### 2. 人类农业活动的影响

人类利用植物和动物作食物和其他用途，但人类本身却成为一系列寄生性昆虫的受害者。于是这些寄生性昆虫以及影响植物产品的质量和数量的昆虫便被认为是害虫。由于这些昆虫能够超越自然制约的力量而在数量上增长到足以造成危害，因此，要遏制它们的数量也只有通过在自然环境中引入新的制约因子才能成功。坐待自然力的自发增长是无用的。

人类自己还把一系列更复杂的因素强加给自然界。为了提高作物产量和利用特殊的生境来种植特定的作物，单一作物的种植面积越来越大。这种单一种植的趋势除了更加集中和扩大昆虫的食料来源之外，还降低了动、植物区系的复杂性。这样由于缺乏一个很

容易由别的因子补偿的防治因子而增加了虫口不平衡的机会。随着人类对于作物品种差异的认识的提高,人们选择了那些稳产高产的作物品种。这些现代高产植物品种抗虫力比它们的野生祖先越来越低,因而害虫得以在这些农作物上更迅速地增殖。

在杀虫药剂出现之前,唯一有效的害虫防治方法是依靠耕作技术的安排,比如提早或推迟播种。然而,即令能使害虫致死的化学药剂也并不是万灵丹。广谱杀虫剂往往产生杀死很多益虫的讨厌的副作用,因此不仅消除了对主要害虫的自然遏制,而且也消除了一些次要昆虫的自然遏制。结果使主要害虫再增猖獗,并且使次要昆虫数量增加,反而变为害虫。近二十年来,叶螨(tetranychid mites)之所以成为严重问题,就是由于广泛使用有机氯杀虫剂而引起的。化学杀虫剂还带来其他新的困难,如对敏感的作物造成药害,以及通过毒性残留物给人类和野生动物带来危害。这些困难限制了适当的杀虫剂的选用。昆虫抗药品系的出现,使杀虫剂的选用进一步受到局限,即以受保护的植物为例(如受温室、保护罩、蘑菇形保护室保护的植物),由于昆虫抗药品系的出现,使得很多新的化学药剂的有效经济生命在两、三年内即告结束。

然而,有些昆虫最严重的大发生,是因为昆虫的偶然迁移,没有充分的天敌复合体而引起的。这种不平衡可以通过从其他地方引入天敌的方法来加以克服,其结果往往是显著的。例如,在加拿大欧洲虎尾枫叶蜂 [*Gilpinia (Diprion) hercyniae*] 的情况就是如此(虽然病毒的引进是偶然的)。

### 3. 害虫的化学防治

化学药剂的广泛使用,给昆虫病理学家揭示了在采用微生物防治方法时所必须注意的一些原则。对于下列简述原则的忽视曾导致过某些失败的经验:

- ① 化学药剂对防治对象必须具有高效。
- ② 对植物应无药害。
- ③ 致死量必须以适当的剂型接触害虫体。
- ④ 施用时期必须选择在害虫的薄弱期,以及在不致给作物造成经济损失的时候。
- ⑤ 必须继续观察害虫抗药性的发展。
- ⑥ 对天敌的伤害必须减少到最低限度。
- ⑦ 必须选择对使用者和野生动物无不可忍受的伤害的化学药剂。必须避免在植物上和土壤中保存危险残留物。
- ⑧ 化学药剂在使用前贮藏期必须具有稳定性。

害虫抗药性的发展是目前引起大家对生物防治感兴趣的主要原因。制造新的杀虫药剂成本的增高,迫切要求杀虫药剂能适用于种植面积大的重要作物——这种成本的增高,在很大程度上是因为要进行精密的试验以保证残留物不具有任何有害的副作用而造成的。这种成本的增高,严重地影响了高度集约的耕作制,因而延长现有化学药剂的经济生命极为重要。

生物防治是代替化学防治的一种有发展前途的方法,但是在一定的害虫复合体之内,有效的自然因素只能防治少数几种害虫。这一局限打开了通向综合利用一切可资利用的方法以防治整个害虫复合体的道路。制定综合防治计划的重大困难之一在于缺乏选择性的化学药剂,以及使用广谱杀虫剂在选择性上存在的问题。很多病原体的寄主范围有限,使得病原体适宜在综合防治计划中采用。

#### 4. 生物防治

在本书中,“生物防治”这个词将以它最通常的意义用以表示人类引入或使用捕食者、寄生物、病原体的影响,有些权威人士把自然发生的生物因素的活动也包括在这一名词之内,但在本书中这些活动将称为“自然生物防治”以示区别。传统的生物防治方法主要包括捕食者和寄生性节肢动物的利用,因此为了方便起见,我们提出一个新的名词“大生物防治”(macrobial control),把它与“微生物防治”(microbial control)——即微生物的活动——区别开来。“自然的”(natural)这个限定词对这两个名词也可以使用。

大生物防治害虫的研究揭示了可资微生物防治利用的大量资料。这些资料如此丰富,以致本书从头至尾都对这两种方法的对比进行了鼓励。有防治效果的大生物防治作用物(macrobial control agent)必须具备下列属性:

- ① 在害虫虫口中有扩散的能力。
- ② 在害虫环境下有持续生存的能力。
- ③ 足够的搜索寄主的能力。
- ④ 引入得当时,能将害虫数量压低到不能对作物造成经济损失的水平。
- ⑤ 可能生产或收集足够数量的、健康的样本。
- ⑥ 这些作用物必须不致消灭其他生物作用物(除非能完全取代其他生物作用物)。
- ⑦ 有预期的防治效果。

如果没有防治作用物引入前情况的资料或原始数据,则实际达到的防治程度通常难于确定,有时往往无法确定。因此,必须得到充分的原始数据。

防治作用物的精确鉴定极关重要,即使是品系和生物型水平的鉴定也是重要的,这些品系和生物型,可能具有不同的气候要求、不同行为型和对被猎物或寄主有不同的反应。这些作用物本身还可能被捕食者或寄生性节肢动物所取食,或者也可能感染疾病,因此,在施放前必须加以检查,以确保施放的作用物是健康的。

### 三、微生物防治的可能性

以上的概括论述表明,必须使微生物作用物需要对防治自然界大量发生的害虫具有高效,并且通常需要在人类创造的高度人为的环境中见效。这些微生物作用物必须成为这一环境里的新的致死因子,或者成为引入害虫新侵入地理区的自然因素,或者成为不受化学杀虫剂影响,因而在综合防治计划中极有价值的因素。

这样的微生物作用物可以用来作微生物杀虫剂,或用来作为在新环境中形成地方病和病原体持续留存的引入物。这种区分牵涉到微生物的能力。作为引入物的微生物,必须能从较小的引种体散布开,并能在自然界中保留下去、持续生存。那些不能散布或保留的,就必须定期大量用来作微生物杀虫剂。

根据大生物防治和化学防治的经验,以及微生物作用物的已知属性,我们可以指出准备用于防治计划的病原体必须具备的几种属性(表 1.1)。遗憾的是,没有一种微生物具备所有这些属性。然而,有不少微生物还是具有适合于作引入物的某几种属性;而另外一些则具有适合于作微生物杀虫剂的另外的某些属性(表 1)。第二次世界大战以前,力量更多地集中在引入物方面,但是以后重点就转移到微生物杀虫剂方面来了。这一发展趋势也许并不令人感到惊讶。微生物的引入物也许极其类似传统的大生物防治,特别是在把

病原体引入新的地理区时,更是如此。从不同虫体上取来的病原体(它在外地寄主身上致病力可能更强)以及经过实验室选择改进了的现存病原体也都可以用这种方法使用。近来,作物保护的进展证明了对特定的生境引入新的致死因子的重要性。微生物作用物的价值往往在很大程度上取决于它们是否受化学杀虫剂的影响。随着化学时代的到来,必须把注意力转向与化学杀虫剂有许多共同特点的微生物杀虫剂方面,这是完全可以理解的。我们现在的打算,就是要把微生物杀虫剂摆在与引入物同等重要的地位。

每种主要的病原体群在微生物防治中都具有不同的潜能。每种病原体都可以根据表 1.1 所列举的属性尽可能地用比较法予以鉴定。因此,对现有的自然微生物防治的研究有助于展望应用微生物防治的预期成果。

病原体引入物可与病原体微生物杀虫剂相比较,最后,微生物杀虫剂又可与化学杀虫剂相比较。有效的微生物包括细菌、病毒、真菌、原生动物和立克次体。严格说来,线虫不算微生物,但常常包括在病原体范畴之内,特别是由于有些线虫是与昆虫病原细菌组合的。在某一种情况下,在某些方面,例如在它们生命周期的某一时期搜索寄主的能力上,线虫可以被认为介于典型的微生物作用物和大生物防治物之间的中间作用物。

由于昆虫可以被各种不同的微生物作用物侵袭,不同的昆虫生态群所受不同类型微生物作用物的影响的程度也有差异。例如表面取食的食植性蠹类、特别是如蛾类和叶蜂这类群集性害虫,很容易从它们取食的带菌的叶子上受到细菌和病毒疾病的感染。一般说来,它们不大易于感染真菌病,这是由于它们取食生境不大可能提供真菌孢子发芽所需的长期高湿度的缘故。另一方面,不大喜欢取食表面受细菌和病毒感染的树皮小蠹虫却很容易染上虫生真菌病而死亡,这些真菌在蛀道潮湿的环境里滋生。对流行病的人工利用的生态障碍广泛发生,打算在任何特定环境条件下采用微生物防治之前,都必须充分认识这一点。本书将特别重视两个类群的害虫,即吸食植物的昆虫和白蚁,把它们作为昆虫生物学在确定微生物防治的易感染性方面可能起着特殊重要作用的昆虫类群的例证。此外,还将特别重视螨类,因为螨类通常总是同害虫一起发生,并在使用广谱杀虫剂时表现出带有麻烦的明显趋势。

越来越多的昆虫病原体被发现能产生毒素,这是新近研究中一个显著的特点,当然有可能合成和单独使用这些毒素作为专门杀虫剂。这样一来微生物杀虫剂便可分为两类:一类含有生活有机体,另一类仅含毒素。本书将有三章专门论述毒素。毒素或胃毒剂有许多共同的特性。

变异是微生物防治中遇到的一个特殊问题,这个问题比在大多数其他防治方法中遇到的更为严重。除开所有防治方法所共同遇到的变异(如昆虫感病性变异、药剂分布不均匀)之外,微生物防治还遇到由于寄主——病原体相互关系的复杂性而产生的变异,毒素

表 1.1 微生物作用物和线虫必须具备的属性

属 性	作用物使用方法
传播迅速	引入物
有搜索寄主的能力	
存效期长	
安全而不得美观	
能将害虫口密度压低在造成经济损失以下的水平	
可以获得预期防治效果	微生物杀虫剂
具致病力	
容易生产	
成本低	
贮藏性能良好	
使用方便	

产生的变异,以及病原体由于是生活有机体,因而产生变异等。这种变异性不但使病原体制剂的标准化成为十分困难,而且成为十分重要(如果要收到预期防治效果的话)。

用病原体作微生物杀虫剂需要量很大,因此生产必须比较容易,储藏性能必须良好。病原体作引入物用份量要求比较少。病原体的生产取决于有机体能否在人工培养基(即在体外)上生长。如果可能,通常可以利用制造医用抗生素时采用的现代先进发酵技术来生产。否则病原体必须在有机体内培养,即在活的寄主或别的可以代替寄主的有机体内培养。这种培养方法包含极端困难的技术问题,因而将另作考虑。这种在有机体内生产病原体的方法之所以成为可能,主要是由于无病昆虫连续繁殖的现代方法的结果,这种昆虫通常是在饲养鳞翅目幼虫的人工食物上培养的。

无论采用那种生产方法,都有剂型和品系保存的问题。制造化学杀虫剂剂型的方法和原理大部分可以适用于微生物,虽然由于忽视若干这些原则已经造成过惊人的错误。此外,病原体还有一些特殊的剂型问题,这是因为病原体必须存活和受到对大多数化学药剂不产生影响的因素的伤害,如紫外线、磨成粉剂时的温度和压力等。品系保存当然极关重要,对于在体外反复培养时可能失去致病力的病原体尤为重要。病原体的变异性、突变性和有时对遗传操纵的顺从性,提供了化学药剂所不具备的优越性,因为它能改进有效成分。此外,微生物防治的生命力还在于新菌种和新品系的不断发现。这些新菌种和品系必须作为可普遍适用的物料而储存起来。幸而很多保存微生物的新方法近来已经研究成功。

人类常常在不同程度上和昆虫及其疾病共处。寄生在人类和温血动物身上的昆虫和那些生长在人类居住地方的昆虫(如蝇类)是人类疾病的重要媒介。这些病菌有些可以在昆虫体内繁殖,因此,也可以认为是昆虫的病原体。为了目前讨论的方便,所有正常由昆虫传播给温血动物的致病有机体,将被认为是大寄主疾病的病原体;而那些引起昆虫疾病但并不正常在高等动物引起疾病的有机体,将被认为是昆虫的病原体。经由昆虫传播的植物病害,也可作出类似的区分。害虫的微生物防治,对人类和有益动物的安全的一切方面,都必须从致病性和毒性两方面来考虑。在有益动物中,人工饲养的昆虫和大生物防治作用物最易受害。因此这种受害的可能性必须严加防止。

微生物防治可能引起一些相互作用。疾病的产生,可能是由几种微生物引起的,特别是当兼性病原体(即不具有初次侵入能力的病原体)由于初次病原体的活动而找到立足点时。病原体还可以和化学药剂起增效作用。另一种可能相当巧妙的微生物防治方法就是用抗生素从害虫体中除去其不可少的共生微生物。

从对化学药剂经常产生抗药性的方面来考虑,害虫对微生物制剂产生抗性的可能性一定不能忽视,尤其因为“抗病性”(resistance to disease)这个字眼已经成为病理学家和流行病学家在病理学各个领域的一句口头禅。

生态学对于微生物防治和对大生物防治一样,有同等重要性,尤其在确定原始资料的时候,它比对于化学防治更为重要。疾病在昆虫的每一发育阶段,都影响到昆虫生活的很多方面;包括昆虫取食能力,繁殖力和对不利气候因子的抵抗力。昆虫防治通常必须将环境条件或作物需要当作最重要的考虑因素。对某些作物来说,少数残存的害虫很可能造成巨大的危害;而对另一些作物(或森林)来说,则能经受相当大的虫口侵袭。如果要使引入的病原体存留下来,有时甚至还需要保留一部分害虫。鉴于大生物防治领域的进展,这

一概念还可以进一步推广。这些进展认为,在对价值高、集约种植的保护作物使用化学药剂必须加以限制的地方,最有效的办法是首先引入害虫以便使大生物防治因素的平均分布。随后,整个作物虫口的消长,就可以取得预期效果 (Gould, Hussey, Parr, 1969) 尽管这一技术表现出了惊人的力量,但在英国,种植者们还是不大愿意采用。在某些情况下,这一技术也可能应用于微生物防治,但种植者能否接受,仍然是个问题。

不论微生物防治未来的作用如何,它都必须以对病原体的精确鉴定为依据。病原体的鉴定,正如大生物防治中对防治作用物的鉴定一样具有同等重要性,甚至更重要,因为在感染不同种类的寄主,以及在人工培养基上培养时,病原体可能发生变化。关于微生物鉴定的大量资料已经收集,但未整理;这些资料大部分是关于微生物主要类群的主要部分的,并散见于各专门报告中。全面归纳起来很有必要。其目的是为了帮助非专业人员确定他们观察到的昆虫疾病的病因,以及帮助某一微生物类群方面的专家去解决别的类群的鉴定问题 (因为很少专家熟悉较多类群)。这样,使专家们得以在他们各自的领域里作出有益的贡献。大量的鉴别性状的技术,依靠第一手的专门技能,本书将尽可能将这些材料包括进去。由于病原体鉴定的理论论述牵涉到昆虫和螨类整个病原有机体的复合,因此将把它作为下一章的题目。

### 参 考 文 献

- Angus, T. A. (1968). *Widl. Rev. Pest Control* 7, 11—26.
- Gould, H. J., Hussey, N. W. and Parr, W. J. (1969). *Proc. 2<sup>nd</sup> Congr. Acarol.* 1967, 383—388.
- Ignoffo, C. M. (1967). In "Insect Pathology and Microbial Control" (P. A. van der Laan, ed.), pp. 91—117. North-Holland Publ. Co., Amsterdam.
- Jacobs, S. E. (1950). *Proc. Soc. appl. Bact.* 13, 83—91.
- Rothman, H. and Woodhead, M. (1968). *Nature, Lond.* 220, 1053—1054
- Steinhaus, E. A. (1949). "Principles of Insect Pathology". McGraw-Hill, New York. Reprinted, 1967. Hafner Publ. Co. London.
- Steinhaus, E. A. (1967). *J. Invertebrate Path.* 9, i—v.
- Steinhaus, E. A. (1968). *J. Invertebrate Path.* 11, i—iv.