

微生物与 害虫防治

万金精

编著

河南科学技术出版社

微生物与害虫防治

万金精 编著

河南科学技术出版社

内 容 简 介

本书是一部微生物防治害虫的专著。全书共分十一部分，在介绍昆虫病原微生物的基本知识和微生物防治害虫的基本原理的基础上，较详尽地叙述了昆虫病原细菌、病原真菌和昆虫病毒的形态结构、生理特性、分类、致病症状和机理；微生物杀虫剂的生产和应用；杀虫微生物的筛选和育种；病原微生物的研究方法等内容。

本书可作为农业院校植物保护专业师生的参考书，并可作为植物保护、微生物和农业科技工作者的实用手册。

微生物与害虫防治

万金精 编著

责任编辑 周本庆

※

河南科学技术出版社出版

河南巩县草店印刷厂印刷

委托出版

※

787×1092毫米 32开本 11印张 22.5千字

1985年12月第1版 1985年12月第1次印刷

印数，1—3,000

统一书号 162451·76 定价 1.85元

序

万金精先生在病中写成这本《微生物与害虫防治》书稿，未及出版，不幸而逝世，为我国农业微生物学在生物防治新领域的发展，留下了一份系统的学科基础理论和实践应用知识。现由河南科学技术出版社出版，以飨广大读者，是很值得庆幸的。

本书作者在河南农业大学从事这门学科的教学和科研将三十年，造诣较深，积累有丰富的国内外有关资料和实践应用中有成效的经验。编写此书，从昆虫病原微生物的基础知识和昆虫流行病发生发展的基本理论开始。深入微生物防治害虫的机理，并结合实际，着重微生物杀虫剂的生产、应用和研究方法的论述。最后，分析了微生物杀虫剂的现状，提出今后研究工作的任务。在微生物杀虫剂中，将我国资源丰富，应用广泛的苏芸金杆菌类和白僵菌类作了重点介绍，以反映我国微生物防治害虫的科研和实践成就。全书分11部分共23万字，章节有序，叙述详细，并附图65幅。可作为农业院校植物保护专业的参考书，微生物防治害虫的科研和农业科技工作者的实用手册。

樊庆笙谨识

一九八五年元月

前 言

自从微生物杀虫剂在我省推广应用以来就想写一本有关微生物与害虫防治方面的较为全面的小册子，由于种种原因，迟迟未能动笔。

事隔多年，微生物杀虫剂的应用日益广泛，也出现了一些有关害虫的微生物防治的书籍文献，但是从微生物学的观点来看，怎样应用与发展微生物杀虫剂方面的知识，似乎还嫌欠缺，因此，就不揣冒昧，写成了这样一本书。

我觉得，有关微生物与害虫防治的问题应该首先着眼于下列三点：

第一，根据微生物与害虫的生物学特性来研究与应用微生物杀虫剂。为此，就必须具备一定的微生物学和昆虫病理学的基本知识，才能根据流行病的特点正确使用微生物杀虫剂。

第二，根据微生物杀虫剂在害虫综合防治中的地位，正确估价微生物的作用。

第三，根据微生物分类学的知识和基本技术，为更广泛地发掘与利用昆虫病原微生物资源创造条件。

基于上述思想，本书重点介绍了昆虫病原微生物的类型、昆虫流行病的发生与发展规律、微生物在害虫防治中的应用以及研究方法、生产过程等有关问题，以期在理论上和实践上对于这方面的工作者可能有所裨益。当然，由于编著者水平的限制，要完全达到这一要求还有很大的距离，加之

编写匆忙，谬误甚多，尚祈有关同志不吝赐教，给予大力支持和指正。

在本书编写过程中，承蒙河南农学院植保系微生物学教研室的同志们提出不少有益的建议并给予工作上的方便，李应华同志代绘部分插图，仅致谢意。

本书读者对象主要是具有一定微生物学基本知识或作过微生物农药工作的同志，也可作为大专院校师生、农业和植保科技人员的参考书。如果本书能在害虫的微生物防治的研究和应用实践中起到一定的作用，则深感幸甚。

万金精

一九七九年四月于河南农学院

目 录

绪 论	(1)
(一) 利用微生物防治害虫的发展简史	(2)
(二) 微生物杀虫剂的优点	(4)
(三) 发展微生物杀虫剂的科学技术任务	(5)
一、微生物的基本知识	(8)
(一) 微生物的类型及其特点	(8)
(二) 微生物在生物界中的地位	(12)
(三) 一般细菌	(13)
(四) 放线菌	(22)
(五) 真菌	(25)
(六) 病毒	(30)
(七) 原生动物	(38)
(八) 线虫	(40)
(九) 微生物的一般生理	(40)
二、昆虫流行病的发生与发展	(43)
(一) 微生物与昆虫的一般关系	(43)
(二) 微生物对昆虫的致病性	(45)
(三) 昆虫对病原微生物的抵抗性或免疫性	(50)

(四) 昆虫感病后的病征和病理	(54)
(五) 昆虫疾病的流行	(58)
三、昆虫病原细菌	(63)
(一) 昆虫细菌病的一般症状	(63)
(二) 昆虫病原细菌的分类	(63)
(三) 昆虫病原细菌的形态特征及致病机理	(66)
四、苏芸金杆菌	(79)
(一) 形态、生理和培养特性	(79)
(二) 分类及其特性	(82)
(三) 苏芸金杆菌所产生的杀虫毒素	(88)
(四) 苏芸金杆菌的致病机理 及感病昆虫的病症	(96)
(五) 寄主谱系和杀虫范围	(100)
(六) 对人和其他动物的安全性	(102)
五、昆虫病原真菌	(105)
(一) 昆虫真菌的一般特性	(105)
(二) 鞭毛菌亚门	(110)
(三) 接合菌亚门	(112)
(四) 子囊菌亚门	(118)
(五) 担子菌亚门	(125)
(六) 半知菌亚门	(126)
六、白僵菌和绿僵菌	(143)

(一) 白僵菌的形态和分类	(143)
(二) 白僵菌生理特性	(146)
(三) 致病机制	(153)
(四) 寄主谱系和应用范围	(158)
(五) 对人和其他动物的安全性	(159)

七、昆虫病毒 (161)

(一) 昆虫病毒病的一般特征	(161)
(二) 杆状病毒科——核多角体病毒	(166)
(三) 杆状病毒科——颗粒体病毒	(174)
(四) 质多角体病毒	(177)
(五) 昆虫痘病毒 (Entomopoxvirus 缩写EPV)	(180)
(六) 无包含体病毒	(181)

八、非病原微生物的代谢产物在害虫防治中的应用 (184)

(一) 抗菌素的杀虫性能	(184)
(二) 一般微生物产生的杀虫活性物质	(188)
1. 杀蝶素类 (Piericidins)	(188)
2. Avermectin (Ave)	(191)
3. Melbemycins (B-41)	(192)
4. 杀孢子的细菌毒素	(193)
5. 金链菌素 (Aureothin)	(194)
6. 聚醚类抗生素	(195)
7. 杀螨素 (Tetranactin)	(195)
8. 黄质霉素 (Flavensomycin) 和	

Prasinoxins	(198)
9. 抗霉素A (AntimycinA)	(200)
10. 露湿漆斑菌产生的杀虫素	(201)
11. 抗蠕霉素 (Anthelmynin)	(202)
12. 其他	(202)
九、研究昆虫病原微生物的基本方法	(204)
(一) 微生物染色制片法	(204)
(二) 昆虫病原微生物的分离培养法	(211)
(三) 细菌生理生化鉴定方法	(217)
(四) 血清学鉴定	(221)
(五) 接种试验和毒力测定	(224)
(六) 杀虫微生物菌种的选育和保存	(237)
1. 优良菌种的筛选	(237)
2. 通过人工诱变培育新菌种	(243)
3. 菌种毒力的减退、恢复与提高	(245)
4. 菌种的保藏	(248)
十、微生物杀虫剂的生产与使用	(254)
(一) 微生物杀虫剂的生产	(254)
(二) 微生物杀虫剂的质量鉴定	(273)
(三) 微生物杀虫剂的使用	(282)
1. 剂型	(282)
2. 使用方法	(284)
3. 微生物杀虫剂空气喷雾沾附量 的测定	(287)

4. 苏芸金杆菌制剂的使用效果·····	(290)
5. 白僵菌制剂的使用效果·····	(295)
6. 病毒制剂的使用效果·····	(299)
7. 影响微生物杀虫剂使用效果的因素···	(301)
8. 提高微生物杀虫剂使用效果的措施···	(304)
(四) 在综合防治中微生物杀虫剂的应用·····	(307)
1. 病原微生物的相互作用·····	(307)
2. 化学药剂的增效作用·····	(309)
3. 与其它防治措施的综合应用·····	(314)
4. 综合防治·····	(315)
十一、微生物杀虫剂的现状和研究任务·····	(320)
(一) 菌种毒力和杀虫范围问题·····	(320)
(二) 致病机理和疾病流行条件问题·····	(322)
(三) 生产方法的改进问题·····	(325)
(四) 研究有效的使用方法·····	(327)
主要参考文献·····	(328)
后 记·····	(333)

绪 论

昆虫与人类的生产和生活有着极为密切的关系，可以分为有益的和有害的两大类，对于有益的昆虫要加以保护和利用，对害虫则需要进行有效的防治。防治害虫有多种方法，利用微生物防治农林害虫则是良好的方法之一。

微生物防治害虫迄今已有一百年的历史，近数十年来受到世界各国的普遍重视，我国在最近十几年也有重大发展。特别是化学农药的大量不合理使用，导致一系列的副作用，例如引起害虫的抗药性，杀伤天敌，破坏自然生态平衡，引起害虫再猖獗或次要害虫大发生，污染环境，产生残毒等问题。为了避免和减轻化学防治所造成的各种危害，积极研究和推广生物防治是十分重要的。因而，有些国家正在把害虫防治研究的重点从化学药剂防治转到生物防治方面来。1955年美国有66%的昆虫学工作者从事化学杀虫剂的研究，到1967年下降到21%，而同期间生物防治工作者则由17%上升到42%。1955年美国的化学农药研究费用占植保研究费的42%，到1968年下降到16%，同期间生物防治的研究费则从20%增长到51%。

引起昆虫疾病的病原微生物包括细菌、真菌、病毒、原生动物、线虫及立克次体等许多种类。尽管它们致死的昆虫所表现出的症状不同，但对害虫的作用主要是寄生于害虫体，引起害虫发生严重的流行病，或者产生杀虫毒素，扰乱害虫的代谢平衡，从而引起害虫死亡。研究杀虫微生物的种

类、特性、杀虫机理以及生产和应用等问题，从而提高防治效果。这些是利用微生物防治害虫的主要研究内容。

(一) 利用微生物防治害虫的发展简史

微生物可以引起昆虫的疾病，最早是以引起家蚕和蜜蜂疾病中发现的，由此而发展到有害昆虫病原微生物的研究。从1879年俄国的梅契尼柯夫（МЫЧИНИКОВ）从英国金龟子上分离出绿僵菌，并用于防治小麦金龟子幼虫，这是利用微生物防治害虫的重要发展。1884年在俄国建立了一个大规模的实验室，生产绿僵菌用于防治甜菜象鼻虫，没有得到预期的效果。1888年在美国明尼苏达州和堪萨斯州都进行了用白僵菌防治麦长喙蛾的试验研究。1897年前后在其他地区曾用一种毛霉或一种侧孢霉（*Sporotrichum*）防治蝗虫。1912年用褐尾蛾虫霉（*Entomophora aulicae*）防治褐尾毒蛾。1924年在加拿大用一种虫霉（*Entomophthora erupta*）防治苹果绿椿象。1916年用真菌防治粉虱和介壳虫等都或多或少收到一些效果。

在细菌方面，1911年左右，德勒尔（d'Herelle）在墨西哥从沙漠蝗虫的流行病，分离出一种革兰氏阴性小杆菌，取名为“蝗球杆菌”，在墨西哥、阿根廷和哥伦比亚等地用来防治蝗虫取得了一定成效，但是后来依法在别处试验大都失败。

1909—1911年贝林纳氏（Berliner）在德国苏芸金地方从一个仓库害虫地中海粉虱幼虫上分离到苏芸金杆菌（*Bacillus thuringiensis* Berliner），1928—1931年间胡兹（Husz）氏在匈牙利利用它的粉剂或液剂对玉米螟作

防治试验，使玉米螟的危害率从36%下降到14%。1930年在苏联用以防治舞毒蛾及其他鳞翅目害虫，达到100%的死亡率。在埃及棉田中用来防治红铃虫可使受害率减少40—50%。在法国用以防治葡萄细卷叶蛾，24小时可以完全扑灭。因而后来成为世界许多国家用作微生物杀虫剂的主要菌种。随后在美国又发现了金龟子乳状病菌，用来防治金龟子幼虫，还可收到长期防治的效果。

二十世纪初发现了昆虫病毒，1913年，龙斯伯雷（Lounsbury）用感染多角体病毒的一种粉蝶（*Colias electo*）和一种实夜蛾（*Heliothis obtectus*）连同污染的食物一并研成粉末，放入一桶水中，喷洒在紫苜蓿的害虫上，使害虫发病，但未获得再度证实。1944年，巴尔契（Balch）和柏德（Bird）从事欧州虎尾松锯蜂的多角体病毒的研究，证明这种核多角体病毒随同害虫一起从欧州引入加拿大和美国，控制了欧州虎尾松锯蜂的危害，并取得了长期性防治的效果。以后昆虫病毒不断发现，防治成功事例不断增多，被认为在微生物防治中将是最有希望的一类杀虫剂。

我国在长期封建社会和半殖民地社会中，科学发展十分缓慢。解放以前，虽有太湖一带桑农用自然感病死亡的野蚕在罩中制成水浆，防治危害桑树的桑蛾，颇有成效。但由于引起桑蚕死亡，未能广泛应用。解放后从1952年就开始进行利用绿僵菌防治金龟子的实验，以后，白僵菌、苏芸金杆菌、青虫菌、黄僵菌的应用试验也相继出现，六十年代建立了较好的基础，在防治应用上取得了一定的成效，七十年代又有了迅速的发展，我国已有了多种高效的菌株和毒株，微生

物杀虫剂的生产已有了年产千吨以上的规模，防治面积曾达3,810万亩，防治对象和效果逐步扩大和提高，致病机理和毒素的研究日益深入。

综上所述，二十世纪五十年代以前，微生物防治害虫的进展比较缓慢。二十世纪四十年代后，由于DDT等有机氯化学农药和有机磷农药的合成和大量使用，使得微生物防治害虫受到了一定的阻碍，因而，四十年代至五十年代初期显得沉寂。当然，化学杀虫剂的出现，无疑对于防治害虫和保证农业丰收，起到了积极作用，但由于过分地依赖化学农药的杀伤作用，加之缺乏生态系的整体概念，导致了一系列的恶果。这就在客观上对发展生物防治提出了要求，于是引起了世界各国和科学家们的重视，从五十年代中期开始，长期沉寂的微生物防治工作又再度兴盛起来。六十年代后是微生物防治害虫迅速发展的时期，至七十年代在深度和广度上有了更进一步的发展，当今微生物防治害虫已成了植物保护工作中的重要组成部分。

（二）微生物杀虫剂的优点

1. 有较强的致病力。通常可以将害虫控制在经济损失允许的水平以下，例如金龟子乳状病菌，一次施用，二年内可将金龟子幼虫减少到最低数。

2. 使用安全。一般微生物农药对脊椎动物无害，特别是病毒和苏芸金杆菌类。许多科学工作者进行了长期的安全性试验，包括一些工厂将每批产品注射兔的腹腔膜内，以检查有无有害微生物的混入，结论都肯定它们对人和高等动物是安全的。同样，绝大部分病原微生物对植物不会产生药

害，可以在植物生长发育的任何时期使用。

3. 选择性能强。微生物杀虫剂一般不伤害益虫，使昆虫天敌维持在较高水平，害虫则被压制在一个相当低的水准，从而不致造成重大的危害。

4. 害虫不易产生抗性。根据生物学基本原理，存在着昆虫对病原微生物产生抗性的可能性，实践证明这种抗性的增长是非常缓慢的。苏芸金杆菌制剂大量使用已有二十多年，至今尚未发现因昆虫抗性增加而影响防治效果的事实。实验室中对微生物杀虫剂在高剂量下连续处理某一害虫30—40代，才会产生微小的抗性。相反，在对害虫施用化学农药的情况下，经过20代左右，即可产生明显的抗性。因此，可以认为昆虫对于病原微生物的抗性是极其微小的，且抗性增长是缓慢的。

5. 病原微生物有较强的扩散能力和自然传播的感染能力。微生物杀虫剂对昆虫种群的影响比单纯死亡率数字所标明的要大得多，除了当时的防治效果外，也可能将疾病传染给后代，当害虫后代也受到感染时，便开始出现长期的防治效果，最后形成害虫的地方病。这一现象在昆虫病毒、金龟子乳状病菌和多种虫生真菌中表现最为明显。

当然，害虫的微生物防治也有它的缺点，其最主要的缺点是见效慢或受环境条件的影响较大，因而，微生物防治通常比化学防治作用更为缓慢或不稳定，对其迅速发展受到一定的限制，所以，必要的和合理的化学防治仍然是很重要的。

（三）发展微生物杀虫剂的科学技术任务

微生物杀虫剂是一种生物农药，在害虫综合防治中具有巨大的潜力，进一步发展和扩大利用，要做好以下三方面的工作。

1. 发掘选育新菌种，深刻了解它们的属性和效能。在利用微生物防治害虫的实践中，有时效果较好，有时效果较差，表现出效果不稳定。这主要是没有深刻了解微生物农药的特性与当时当地的有利使用条件。因此，对在试验或应用的害虫病原微生物，要很好研究它们的生理特征、致病机理、寄主谱系和它们最适宜的生活条件，以及产生的代谢产物的有效成分，然后根据需要，选择使用的对象。同时还应对昆虫流行病的发生和发展规律性有所认识，包括昆虫生理学和昆虫病理学的一些知识，探索影响昆虫疾病流行的环境因素，并设法控制和利用，使其防治效果稳定。

没有一种微生物农药是万能的，一种病原菌只能防治一种或几种害虫。因此调查研究微生物资源状况，不断发掘和选育新的病原菌，研究它们的生活习性和效能是一项方兴未艾的科学任务。我们应该以昆虫学和微生物学的基本理论为指导，着重研究目前还没有特效的微生物制剂能够防治猖獗危害农林害虫，并注意与其他防治措施相结合，收到综合防治的效果。

昆虫病原微生物的遗传工程对于发展更富有潜力的毒力菌株，以及扩大寄主范围都带来很大希望。如通过简单的转化或重组DNA技术，可创造出多种高效而广谱的杀虫菌品系，在可望的将来，有可能人工合成某些对人畜无害而又具有很高杀虫活性的微生物毒素，从而提高防治效果。

2. 不断改进生产工艺。有了昆虫病原菌新品种，还必