

农村实用科技与技能培训丛书



主编：崔富春

Biology

生物

农药及其应用

SHENG WU NONG YAO JI QI YING YONG

曹挥 编著



农村实用科技与技能培训丛书

主编 崔富春

生物农药及其应用

曹 挥 编著

 中国社会科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物农药及其应用/曹挥编著. —北京: 中国社会出版社, 2006. 9

(农村实用科技与技能培训丛书/崔富春 主编)

ISBN 7-5087-1180-7

I. 生... II. 曹... III. 微生物农药—基本知识
IV. S482.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 098106 号

丛 书 名: 农村实用科技与技能培训丛书

主 编: 崔富春

书 名: 生物农药及其应用

编 著 者: 曹 挥

责任编辑: 夏丽莉

出版发行: 中国社会出版社 邮政编码: 100032

通联方法: 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦

电话: (010) 66051698 电传: (010) 66051713

邮购部: (010) 66060275

经 销: 各地新华书店

印刷装订: 北京市后沙峪印刷厂

开 本: 140mm×203mm 1/32

印 张: 5

字 数: 113 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版

印 次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 7.00 元

(凡中国社会出版社图书有缺漏页、残破等质量问题, 本社负责调换)

建设社会主义新农村书屋

总顾问：回良玉

编辑指导委员会

主任：李学举

副主任：翟卫华 柳斌杰 胡占凡 窦玉沛

委员：詹成付 吴尚之 涂更新 王英利

李宗达 米有录 王爱平

农村实用科技与技能培训丛书编辑委员会

主任：崔富春

副主任：左义河 宗颖生 弓永华

成员：（按姓氏笔画为序）

王金胜 孙泰森 邢国明 李生才

李生泉 李宏全 李国柱 杨 鹏

郭晋平 郭玉明 郝利平 武星亮

蔺良鼎 薛孝恩

总序 造就新农民 建设新农村

李学举

党的十六届五中全会作出了建设社会主义新农村的战略部署。在社会主义新农村建设过程中，大力发展农村文化事业，努力培养有文化、懂技术、会经营的新型农民，既是新农村建设取得进展的重要标志，也是把社会主义新农村建设不断推向前进的基本保证。

为落实中央的战略部署，中央文明办、民政部、新闻出版总署、国家广电总局决定，将已开展三期的“万家社区图书室援建和万家社区读书活动”由城市全面拓展到农村，“十一五”期间计划在全国三分之一以上的村委会开展农村图书室援建和读书活动，使两亿多农民由此受益，让这项造福城市居民的民心工程同时也造福亿万农民群众。中央领导同志对此十分重视，中共中央政治局委员、国务院副总理回良玉同志作出重要批示：“发展农村文化事业是新农村建设的重要内容，也是农村发展中一个亟待加强的薄弱环节。在农村开展图书室援建和读书活动，为亿万农民群众送去读得懂、用得上的各种有益书刊，对造就有文化、懂技术、会经营的新型农民，满足农民全面发展的需求，将发挥重要作用。对这项事关农民切身利益、事关社会主义新农村建设的重要活动，要精心组织，务求实效。”

中共中央政治局委员、中央书记处书记、中宣部部长刘云山

同志也作出重要批示。他指出：“万家社区图书室援建和万家社区读书活动，是一项得人心、暖人心、聚人心的活动，对丰富城市居民的文化生活、推动学习型社区建设发挥了重要作用。这项活动由城市拓展到农村，必将对丰富和满足广大农民群众的精神文化生活，推动社会主义新农村建设发挥积极作用。要精心组织，务求实效，把这件事关群众利益的好事做好。”

为了使活动真正取得实效，让亿万农民群众足不出村就能读到他们“读得懂、用得上”的图书，活动的主办单位精心组织数百名专家学者和政府相关负责人，编辑了“建设社会主义新农村书屋”。“书屋”共分农村政策法律、农村公共管理与社会建设、农村经济发展与经营管理、农村实用科技与技能培训、精神文明与科学生活、中华传统文化道德与民俗民风、文学精品与人物传记、农村卫生与医疗保健、农村教育与文化体育、农民看世界等10大类、1000个品种。这些图书几乎涵盖了新农村建设的方方面面。“书屋”用农民的语言、农民的话，深入浅出，使具有初中文化水平的人就能读得懂；“书屋”贴近农村、贴近农民、贴近农村生活的实际，贴近农民的文化需求，使农民读后能够用得上。

希望农村图书室援建和农村读书活动深入持久地开展下去，使活动成为一项深受欢迎的富民活动，造福亿万农民。希望“书屋”能为农民群众提供一个了解外界信息的窗口，成为农民学文化、学科技的课堂，为提高农民素质，扩大农民的视野，陶冶农民的情操发挥积极作用。同时，也希望更多有识之士参与这项活动，推动农村文化建设，关心支持社会主义新农村建设。

值此“新农村书屋”付梓之际，以此为序。

二〇〇六年九月

目 录

第一章 生物农药概述

- 第一节 农药与生物农药 /1
- 第二节 生物农药及其特点 /6
- 第三节 生物农药分类 /7

第二章 生物杀虫剂

- 第一节 微生物杀虫剂 /13
 - 一、微生物杀虫剂的特点 /14
 - 二、微生物杀虫剂的种类 /16
 - 三、微生物杀虫剂的发展方向 /16
 - 四、真菌杀虫剂 /20
 - 五、细菌杀虫剂 /25
 - 六、病毒杀虫剂 /35
- 第二节 微生物源杀虫剂 /41
 - 一、微生物源杀虫剂的特性 /41
 - 二、商品化品种 /41
 - 三、其他研究较多的杀虫杀螨抗生素 /46
- 第三节 植物源杀虫剂 /46

- 一、植物源农药的特点 /47
- 二、植物杀虫剂的研究进展 /50
- 三、产业化的植物源杀虫剂品种 /56
- 四、其他重要的植物源杀虫活性物质 /69

第四节 线虫杀虫剂 /72

- 一、线虫杀虫剂的特点 /72
- 二、病原线虫产品介绍 /72

第三章 生物杀菌剂

第一节 微生物源杀菌剂 /75

- 一、商品化产品 /75
- 二、正在研发中的品种 /92

第二节 植物源杀菌剂 /94

- 一、产业化的植物源杀菌剂 /97
- 二、其他植物源杀菌活性物质 /98

第四章 生物除草剂

第一节 微生物除草剂 /101

- 一、微生物除草剂的特点 /101
- 二、生物除草剂的研究现状 /102
- 三、商品化的微生物源除草剂 /104
- 四、其它微生物除草剂活性物质 /106

第二节 植物源除草剂 /108

第五章 昆虫信息素

第一节 昆虫信息素概述 /111

第二节 昆虫信息素类型 /111

一、性信息素 /111

二、聚集素 /112

三、报警信息素 /112

四、追踪素 /114

五、主要产品 /115

第六章 生物源杀线虫剂

第一节 线虫生物防治资源种类 /122

一、线虫天敌真菌 /122

二、线虫天敌细菌 /123

三、具有杀线虫作用的植物 /124

第二节 商品化的生物杀线虫剂 /126

第七章 生物杀鼠剂

第一节 商品化产品 /129

第八章 生物农药的合理使用

- 一、对症用药 /135
- 二、合理贮存 /135
- 三、注意用药时的环境条件 /135
- 四、适当提前用药 /136
- 五、采用正确的施药方法 /137

第九章 天敌的利用和保护

- 第一节 天敌的种类 /139
- 第二节 天敌的保护及利用 /140

参考文献 /143

后记 /145

第一章 生物农药概述

第一节 农药与生物农药

农药是指用于预防、消灭或者控制危害农业、林业的病、虫、草害等有害生物，以及有目的地调节植物、昆虫生长的化学药品，或者来源于生物、其他天然物质的一种物质或者几种物质的混合物及其制剂。根据其来源大致可分为矿物农药、化学合成农药和生物农药三大类。矿物农药是指具有杀虫、杀菌、杀鼠作用的天然矿物质，如硫酸铜、升汞、石灰乳等；化学合成农药是指通过人工合成的、能够工业化成批生产的农药，如有机氯类、有机磷类、拟除虫菊酯类和氨基甲酸酯类等；生物农药来源则包括了整个生物界的所有生物类群。

农药的使用可追溯到公元前 3000 多年，古希腊《荷马史诗》中已有用硫磺熏蒸杀虫防病的记载。我国是最早应用杀虫剂、杀菌剂防治植物病虫害的国家之一，公元前 5—7 世纪已有用嘉草、莽草、牡菊、蜃炭熏杀虫的记述，以后的《山海经》、《齐民要术》、《本草纲目》、《天工开物》等古籍中，均有使用植物性、动物性、矿物质药物防治农业有害生物的记载。其中生物体和源于生物的天然产物应当是最原始的生物农药。直到 20 世纪 40 年代初，植物性农药和无机农药仍是防治病虫害的有利武器。

20 世纪 40 年代发明有机化学农药之后，极大地增强了人类控制

病虫害危害的能力，为我们挽回农作物产量损失作出了重大的贡献。自从化学农药问世以来，农业生产发生了巨大的变化。农药不仅使农作物增产了，而且成功地预防和控制了人类的传染病。联合国粮农组织（FAO）的历年统计资料表明，全球每年因病虫害损失的谷物占收成的 20%~30%，由此造成的经济损失达 1200 亿美元。过去一百多年中，农药和化学防治法为世界农业生产作出了重大贡献。甚至连 DDT 也挽救了数以千万计疟疾患者的命，尽管在农业害虫防治上它已被禁用，但 DDT 至今仍被联合国世界卫生组织（WHO）特许在疟区使用。1949 年以来，我国农业生产量的大幅度增长与大力扶持发展农药生产，采用化学防治法有效控制病虫害是密不可分的。在全国病虫害防治中，化学防治法约占全部防治面积的 90% 多。特别是在一些重大病虫害的防治中，如水稻螟虫、稻飞虱、棉花蚜虫和棉铃虫、小麦锈病和小麦蚜虫、地下害虫，以及飞蝗、黏虫、禾谷类作物的种传病害等，发挥了巨大的作用。

化学农药和化学防治法是病虫害防治中的一支“快速反应部队”，这也是化学防治法的重要特点和优势所在，是任何其他防治方法所不可能具有的，也正是一百多年来世界各国政府一直把农药作为重要生产资料的原因。而病虫害灾害的重要特征正是蔓延迅速，而且有许多病虫害在开始入侵为害时就已经对农作物造成经济损失，特别是食叶类蔬菜和水果，一旦发病或遭受虫害，其食用价值和商品价值就已经受损而无可挽回，如韭菜灰霉病、苹果食心虫等。林木也是如此，例如受小蠹虫、松材线虫病危害的松树，其木材使用价值即显著降低甚至不能成材。因此，要确保农林病虫害不造成重大损失，农业生产能够保持强劲的持续增长势头，农药与化学防治法是必不可少的手段。美国赫逊世界粮食问题研究所的阿弗雷指出，

自 1960 年以来, 在没有增加耕地面积的情况下, 世界农业生产提高了三倍, 因此得以养活已猛增了 80% 的世界人口, 这主要是依靠了农作物新品种, 化肥和农药的使用所作出的贡献。

尽管化学农药目前还是防治有害生物的主要手段, 但是它带给人类的破坏也是趋严重。直接的危害是引起人畜中毒。据统计, 全世界每年约有 200 万人农药中毒, 其中约有 4 万人死亡。其次, 长期使用化学农药使害虫产生抗药性, 50 年代有抗药性的害虫 10 种, 而目前已增加到 447 种, 我国农民也发现, 害虫产生抗药性越来越快, 使化学农药 (包括某些进口化学农药) 杀虫效率降低, 为此不得不加大农药用量。加之化学农药杀死害虫的同时, 也杀死害虫的大敌, 破坏了生态平衡, 形成恶性循环。更让人担忧的是, 残存的农药散布在田野上, 渗透到土壤里, 侵入作物的秸秆和果实中, 并由此进入生物链循环, 这种长期的慢性积累构成了对子孙后代的潜在威胁, 面对这一严重问题, 有识之士发出了“绿色革命”的呼吁, 因此我国和世界各国都逐渐停止某些化学农药的使用, 美国从 1964 年开始, 至今已停止使用 50 种化学农药。我国也已经于 1983 年开始全面禁止使用有机氯农药, 但以往积累的农药仍然在相当长的时间内发挥作用。

我国每年农药使用量达 30 多万吨, 集约化农区施用水平低则 20kg/亩, 高则超过 50kg/亩, 除 30~40% 被作物吸收外, 大部分进入了水体和土壤及农产品, 使全国 1.4 亿亩耕地遭受了不同程度的污染。据农业部门 1992—1993 年对全国主要农畜产品质量 (化学农药残留) 调查分析表明, 上海近郊常年蔬菜中敌敌畏最大检出值为 $8.53\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 超标 8.53 倍。部分地区生产的蔬菜、水果中的硝酸盐、农药和重金属等有害物质残留量超标, 农药残留污染已经对

人类健康造成极大危害。并且随着环保因素在国际贸易中日趋重要,我国农产品出口因农药残留受到严重影响,仅 1998 年因此被退货即达 74 亿美元。1995 年, WTO “农药应用与健康”工作会议上,我国被判定为农药急性中毒非常严重的国家之一。

随着国际市场和国内消费者对农副产品的品质和质量要求的提高,人们对应用有毒化学品造成农副产品污染所导致的直接或间接的危险和潜在的危害越来越重视。同时,由于地球人口不断增加,而可耕地面积不断减少,粮食问题仍是 21 世纪的突出问题。只有不断提高农作物产量,减少农作物损失,才能满足人类的需要。要实现人类可持续生存发展,又要保证人类生活的质量提高,作为人类生存和发展不可缺少的救灾物资的农药,其生产和应用领域必然产生某些变化,高效、安全、经济、使用方便是农药追求的目标和发展方向,符合健康、环保、持续发展概念的农药开发成为当今以及今后农药研究的主题。因此,寻找和开发效益和环境合理型生物农药已经迫在眉睫。

生物农药是指利用生物活体或其代谢产物对害虫、病菌、杂草、线虫、鼠类等有害生物进行防治的一类农药制剂,或者是通过仿生合成具有特异作用的农药制剂。关于生物农药的范畴,目前国内外尚无十分准确统一的界定。按照联合国粮农组织的标准,生物农药一般是天然化合物或遗传基因修饰剂,主要包括生物化学农药(信息素、激素、植物调节剂、昆虫生长调节剂)和微生物农药(真菌、细菌、昆虫病毒、原生动物,或经遗传改造的微生物)两个部分。我国生物农药按照其成分和来源可分为微生物活体农药、微生物代谢产物农药、植物源农药、动物源农药四个部分。按照防治对象可分为杀虫剂、杀菌剂、除草剂、杀螨剂、杀鼠剂、植物生长调节剂

等。就其利用对象而言,生物农药一般分为直接利用生物活体和利用源于生物的生理活性物质两大类,前者包括细菌、真菌、线虫、病毒及拮抗微生物等,后者包括农用抗生素、植物生长调节剂、性信息素、摄食抑制剂、保幼激素和源于植物的生理活性物质等。

生物农药的出现和发展是和生物防治研究的发展及化学农药的使用分不开的,经历了曲折的过程。Agostino Bassi 于 1853 年首次报道由白僵菌引起的家蚕传染性病害“白僵病”,证实了该寄生菌在家蚕幼虫体内能生长发育,采用接种及接触或污染饲料的方法可传播发病;俄国的梅契尼可夫于 1879 年应用绿僵菌防治小麦金龟子幼虫;1901 年日本人石渡从家蚕中分离出一种致病芽孢杆菌——苏云金芽孢杆菌;1926 年 G. B. Fanford 使用拮抗体防治马铃薯疮痂病。这些都是生物农药早期的研究基础,当时并未形成产品。化学农药发展到 20 世纪 60 年代,“农药公害”问题日趋严重,在国际上引起了震动,使农药发展发生了转折,引出了生物农药。1972 年,我国规定了新农药的发展方向:发展低毒高效的化学农药,逐步发展生物农药。20 世纪 70~80 年代,我国生物农药的发展呈现出蓬勃发展的景象。但是,由于化学农药高效快速,人们仍寄希望于化学农药防治病虫害,对生物农药的研制和应用曾一度漠视忽略。进入 20 世纪 90 年代,随着科学技术不断发展进步,减少使用化学农药,保护人类生存环境的呼声日益高涨,研究开发利用生物农药防治农作物病虫害,发展成为国内外植物保护科学工作者的重要研究课题之一。生物农药具有安全、有效、无污染等特点,与保护生态环境和社会协调发展的要求相吻合。因此,近年来我国生物农药的研究开发也开始呈现出新的局面,目前,已发展成为具有几十个品种、几百个生产厂家的队伍。生物农药在病虫害综合防治中的地位和作用显得

愈来愈重要。

近几年来,虽然生物农药的销售额每年仅约为3亿美元,占整个农药市场的1%,但却以10%~20%的速度上升,发展势头迅猛。在人类越来越关注环境质量的今天,发展和应用生物农药已逐渐成为—种趋势。另外,从某种意义上讲,生物农药是生态系统的调节者,生态系统的协调发展是保证农业可持续发展的前提,所以发展生物农药是环境及农业可持续发展的需要。

第二节 生物农药及其特点

与化学农药相比,生物农药在有效成分来源,工业化生产途径,产品的杀虫防病机理和作用方式等诸多方面,有着许多本质的区别。生物农药更适合于扩大在未来有害生物综合治理策略中的应用比重。概括起来生物农药主要具有以下几方面的特点。

1. 选择性强,对人畜安全。目前市场开发并大范围应用成功的生物农药产品,它们只对病虫害有作用,一般对人、畜及各种有益生物(包括动物天敌、昆虫天敌、蜜蜂、传粉昆虫及鱼、虾等水生生物)比较安全,对非靶标生物的影响也比较小。

2. 对环境安全。生物农药的有效活性成分完全存在和来源于自然生态系统,极易被日光、植物或各种土壤微生物分解,是一种来自于自然,归于自然的物质循环方式。因此,它们对自然生态环境安全、无污染。

3. 作用机理不同于常规农药。生物农药的作用机理特别,不同于常规农药,因此病虫不易产生抗药性,可以连续作用,不易造成残留而污染作物和农产品。

4. 材料易得，来源广泛。目前国内生产加工生物农药，一般主要利用天然可再生资源（如农副产品的玉米、豆饼、鱼粉、麦麸或某些植物体等），原材料的来源十分广泛、生产成本比较低廉。因此，生产生物农药一般不会产生与利用不可再生资源（如石油、煤、天然气等）生产化工合成产品争夺原材料的矛盾，有利于人类自然资源保护和永久利用。

5. 产品改良的技术潜力大。对传统生物农药产品，可以利用常规技术、基因工程技术和微生物发酵工程技术改良菌株的生产性能；优化发酵工艺流程；提高单位体积有效生物活性成分的发酵水平；缩短发酵生产周期；减少原材料消耗；降低生产使用成本；改进产品性能及提高防治效果的稳定性、速效性和持效性等。技术改进的途径多，发展潜力巨大。

生物农药虽然具有目前许多化学农药难以具备的优点，但是，生物农药产品与化学农药相比也存在许多本身固有的弱点，简要概括起来主要包括以下几点：防治效果一般较为缓慢；有效活性成分比较复杂；控制有害生物的范围较窄；易受到环境因素的制约和干扰；产品有效期短、质量稳定性较差等。因此在生物农药的使用过程中应科学合理的使用，以达到最佳防治效果。

第三节 生物农药分类

生物农药的种类较多，有不同的分类系统，大体有以下两种分类方法：

一、按开发对象和来源

可分为生物体农药和生物化学农药（见表 1-1）。