



普通高等教育“十一五”规划教材

植物病害生物防治学

Biological Control of Plant Diseases

黄 云 主编



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

植物病害生物防治学

黄 云 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

植物病害生物防治学是 18 年来国内关于植物病害生物防治基础理论和实践的全新教科书。

全书由上、中、下三篇共 12 章和附录实验组成。上篇——基础理论介绍了植物病害生物防治的基本概念、生防机制、生防因子、生防途径和措施；分析了植物病害生物防治与植物病害系统、生物多样性、植物微生态系和植物-病原物互作体系的关系。中篇——实践应用介绍了各类病原物引起的主要植物病害生物防治的历史、现状和成就。下篇——研究开发介绍了植物病害生物防治的研究、开发和产业化。附录实验介绍了植物病害生物防治学基础实验。

本书重视继承与发展、理论与实践、研究与开发的有机结合，注重科学性、系统性、基础性、前沿性和实用性，不仅可作为全国高等院校植物保护、农学、林学、园艺、生物学等专业的本科生、研究生的教学用书，同时也可作为广大从事植物病害生物防治工作者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

植物病害生物防治学/黄云主编. —北京:科学出版社, 2010. 7
(普通高等教育“十一五”规划教材)
ISBN 978-7-03-028291-0

I. ①植… II. ①黄… III. ①植物病害-微生物防治-高等学校-教材
IV. ①S476

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 133449 号

责任编辑:席 慧 甄文全 刘 晶 / 责任校对:李 影
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市农林印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2010 年 7 月第一次印刷 印张: 26 1/2

印数: 1—4 000 字数: 640 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《植物病害生物防治学》编委会

主 编:黄 云

副主编:黄丽丽 李洪连 王 琦 高 洁 刘志恒 陈功友 王建明
胡先奇

编 委(以姓氏汉语拼音排序):

陈立杰 陈秀蓉 方羽生 高小宁 高永峰 高智谋 龚国淑
胡方平 景 岚 李安娜 李国庆 李社增 刘 勇 鲁红学
聂燕芳 申顺善 王海霞 王 靖 文才艺 肖启明 易 龙
易图永 袁虹霞 张笑宇 张作刚 郑爱萍

编写单位及人员(以学校拼音排序):

安徽农业大学:高智谋

长江大学:鲁红学

福建农林大学:胡方平

甘肃农业大学:陈秀蓉

河北省农科院:李社增

河南农业大学:李洪连 袁虹霞 申顺善 文才艺

湖南农业大学:肖启明 易图永

华南农业大学:方羽生 聂燕芳 高永峰

华中农业大学:李国庆

吉林农业大学:高 洁

内蒙古农业大学:景 岚 张笑宇

山东农业大学:李安娜

山西农业大学:王建明 张作刚

上海交通大学:陈功友

沈阳农业大学:刘志恒 陈立杰

四川农业大学:黄 云 龚国淑 郑爱萍 王 靖

四川省农科院:刘 勇

西北农林科技大学:黄丽丽 高小宁

西南大学:易 龙

云南农业大学:胡先奇

中国农业大学:王 琦 王海霞

序

生物防治是植物病害综合治理措施的重要组成部分。近年来,随着人们对生态环境和食品安全问题的高度关注,从事植物病害生物防治研究的人员队伍不断壮大,植物病害生物防治也从实验室基础研究逐渐走向田间实际应用,在农业生产和植物病害防治工作中扮演着日益重要的角色。

教材建设是本科和研究生教学的一项基础性工作。植物病害生物防治学作为高等农林院校植物病理及相关专业的一门重要选修课程,在多数农林高校均有开设。虽然国内外过去曾经编写过一些植物病害生物防治教材,但由于年代较早,且当时研究成果有限,故教材多偏重于理论阐述,对应用技术论述较少。近年来,随着植物病害生物防治研究的不断深入,新的研究成果不断出现,不仅在理论方面有许多突破,而且在应用技术和产品研发方面也进展很快,原有教材已很难满足教学工作需要。四川农业大学等国内 21 所高等院校和科研单位的数十位专家,在广泛吸收国内外大量文献资料和研究成果的基础上,编写出这本内容丰富、可读性强的教材,作为一名从事多年植物病害生物防治研究和教学工作的科技工作者,我对此感到十分欣慰。从教材的编写来看,作者颇具匠心,力求使全书具有系统的完整性和内容的创新性,有一定特色,值得一读。

经过几代人的努力,植物病害生物防治已有很好的基础,也展现出旺盛的生命力,想必在编者和广大读者的共同努力下,一定会得到不断的发展壮大和完善,也将在植物病害的防控工作中发挥更大的作用。借此,与大家共勉。

中国农业大学教授
澳大利亚工程院院士
国际植物病理学会荣誉会员

唐九华

2010 年 2 月

前 言

植物病害生物防治学隶属植物病理学科,有其自身的理论基础,与生态学、微生物学和分子生物学等学科相联系,具有多学科综合性的特点。近年来,伴随人们对生态环境安全、食品安全和农业可持续发展的日益重视,植物病害生物防治从应用基础研究到实践应用都有了飞速的发展,在当今植物病害防治中占有重要的地位,并发挥重要的作用,成为植物病理学日益活跃的分支学科。

植物病害生物防治学是植物保护及相关专业本科学生的选修课,也是植物病理学科研究生的重要课程。但迄今为止,除 1993 年出版植物病害生物防治学本科生教材外,尚无相关教材出版,这对该学科本科生和研究生的教学及培养工作非常不利。为此,我们联合了国内 21 所高等院校和科研单位的专家,编写了这本教材。为确保教材的质量,编委会曾先后在云南昆明和四川成都召开了两次教材编写讨论会,制订、修改和完善了教材大纲。

植物病害生物防治学已成为当今世人关注、研究和应用的热点和前沿。因此,教材的内容应体现继承和发展、理论与实践、研究与开发的关系,注重科学性、系统性、基础性、前沿性和实用性的特点。在编写过程中,作者力求注重知识的系统性、逻辑性,从理论到应用,从实验到产业化,力求体现学科的全貌;注重广泛搜集国内外大量文献资料,反映开创性领域、发展过程和现状;注重新成果的研发与应用,展示前景和发展趋势;介绍大量生防原始应用实例,激发学生的创新思维。

全书由三篇共 12 章和附录实验组成。上篇——基础理论(共 5 章)介绍了植物病害生物防治的定义、性质、内容、基本概念、生防机制、生防因子、生防途径和措施,分析了植物病害生物防治与植物病害系统、生物多样性、植物微生态系和植物-病原物互作体系的关系,以奠定植物病害生物防治的理论基础;中篇——实践应用(共 5 章)在广泛搜集国内外植物病害生物防治研究和应用成果的基础上,介绍了按病原物分类的各类重要植物病害生物防治的历史、现状和成就,以展示前景和发展趋势;下篇——研究开发(共 2 章)介绍植物病害生物防治研究、开发的基本方法,以促进植物病害生物防治产品的研发和产业化;附录实验作为本书的配套内容。每章后附有小结和复习思考题,以便掌握要点和思考;并列出相关参考文献,以供读者查阅原文,进一步了解、拓宽、深化学习内容。

限于编者的水平和可借鉴的参考书目较少,书中难免存有错漏和不足之处,敬请各位读者批评指正,以便进一步修订完善。

《植物病害生物防治学》编委会

2010 年 3 月

目 录

序 前言

上篇 基础理论

第一章 绪论	3
第一节 植物病害生物防治的定义及其学科的性质、任务和内容	3
一、植物病害生物防治的定义	3
二、植物病害生物防治学的性质	4
三、植物病害生物防治学的任务	4
四、植物病害生物防治学的内容	5
第二节 植物病害生物防治的简史与成就	5
一、国外植物病害生物防治的简史与成就	5
二、中国植物病害生物防治的简史与成就	8
第三节 植物病害生物防治的重要性和展望	12
一、植物病害生物防治的重要性	12
二、植物病害生物防治存在的问题和展望	15
小结	17
复习思考题	17
主要参考文献	18
第二章 植物病害生物防治与植物体生态系	19
第一节 植物病害系统	19
一、自然植物病害系统	19
二、农田植物病害系统	20
三、设施植物病害系统	21
四、贮藏植物病害系统	22
第二节 植物病害生物防治与生物多样性	22
一、生物多样性	22
二、生物多样性与植物病害生物防治	23
第三节 植物病害生物防治与植物微生态系	24
一、植物微生态系	24
二、植物微生态系与植物病害生物防治	28
第四节 植物病害生物防治与植物-病原物互作体系	29
一、植物病原物的致病性和诱导抗病性	29

二、植物非寄主抗性与先天免疫	31
三、生防微生物在植物-病原物互作中的作用	33
小结	36
复习思考题	36
主要参考文献	36
第三章 植物病害生物防治的机制	38
第一节 抗生作用	38
一、有益微生物的拮抗作用	38
二、具抗生作用的植物提取物	40
三、拮抗作用和植物提取物的生防机制	42
第二节 竞争作用	44
一、竞争作用	44
二、竞争作用的生防机制	44
第三节 重寄生作用	45
一、重寄生作用	45
二、重寄生作用的生防机制	46
第四节 捕食作用与溶菌作用	47
一、捕食作用及其机制	47
二、溶菌作用及其机制	48
第五节 诱导抗病性	49
一、诱导抗病性及诱导因子	49
二、诱导抗病性的生防机制	50
第六节 生物多样性与植物微生态调控	51
一、生物多样性及其生防机制	51
二、植物微生态及其生防机制	53
小结	54
复习思考题	54
主要参考文献	54
第四章 植物病害生物防治因子	56
第一节 生防因子与其他生物的关系	56
一、生防因子与微生物	57
二、抑菌植物提取物中的生防因子	59
三、生物多样性与生防因子	59
第二节 生防真菌	60
一、木霉属	60
二、粘帚霉属	62
三、腐霉属	64

四、盾壳霉属	66
五、锈菌寄生孢	69
六、锈生座孢属	71
七、其他锈菌的重寄生菌	78
八、白粉寄生孢	80
九、毛壳菌属	84
十、酵母菌	86
十一、淡紫拟青霉	88
十二、厚壁轮枝菌	90
十三、植物内生真菌	91
第三节 生防细菌	93
一、生防细菌的种类	94
二、生防细菌的机制	108
第四节 生防放线菌	111
一、放线菌的形态特征	111
二、生防放线菌的来源及种类	113
三、生防放线菌的作用机制	119
第五节 生防病毒	121
一、真菌病毒	121
二、细菌病毒	123
三、线虫病毒	124
第六节 微生物代谢产物	124
一、抗生素	124
二、抗菌蛋白类	132
三、诱抗剂	138
四、细菌素	141
第七节 植物的提取物	144
一、抑菌植物	145
二、抗菌、杀菌有效成分在植物体中的分布	149
三、植物中抗菌、杀菌主要有效成分	149
四、天然抗菌物质作用机理	150
第八节 生物多样性和植物微生态调控	150
一、植物物种多样性及遗传多样性的控病机理	150
二、植物微生态调控剂	152
小结	156
复习思考题	157
主要参考文献	157

第五章 植物病害生物防治的途径和措施	163
第一节 植物病害生物防治的途径	163
一、利用生防因子直接作用病原物	163
二、保护、促生及诱导抗病性	167
三、利用生物多样性和植物微生态的调控作用	171
第二节 植物病害生物防治的措施	176
一、种苗处理	176
二、土壤处理	180
三、喷雾处理	182
四、诱导处理	184
五、其他措施	185
第三节 植物病害生物防治与其他防治措施的结合运用	186
一、生物防治与农业防治	186
二、生物防治与化学防治	187
三、生物防治与物理防治	189
小结	189
复习思考题	189
主要参考文献	190

中篇 实践应用

第六章 植物真菌病害的生物防治	195
第一节 根和根茎部真菌病害的生物防治	195
一、镰刀菌根腐病的生物防治	196
二、猝倒病的生物防治	197
三、立枯病和纹枯病的生物防治	198
四、疫病的生物防治	200
五、小麦全蚀病的生物防治	202
六、玉米青枯病的生物防治	206
七、菌核病的生物防治	207
第二节 地上部真菌病害的生物防治	210
一、锈病的生物防治	210
二、白粉病的生物防治	217
三、灰霉病的生物防治	220
四、稻瘟病的生物防治	224
五、赤霉病的生物防治	227
第三节 系统性真菌病害的生物防治	230
一、黑粉病	230

二、黄萎病	231
三、枯萎病	235
第四节 采后和贮藏期真菌病害的生物防治	238
一、贮藏期真菌病害生物防治现状	239
二、贮藏期真菌病害的生物防治	240
小结	241
复习思考题	242
主要参考文献	242
第七章 植物细菌病害的生物防治	246
第一节 植物根部细菌病害的生物防治	246
一、果树根癌病的生物防治	246
二、茄科蔬菜青枯病的生物防治	250
第二节 地上部细菌病害的生物防治	255
一、水稻细菌性白叶枯病的生物防治	256
二、柑橘溃疡病的生物防治	261
小结	264
复习思考题	264
主要参考文献	264
第八章 植物线虫病害的生物防治	266
第一节 植物线虫病害生物防治研究概述	267
一、食线虫真菌	267
二、食线虫细菌	269
三、杀线虫植物提取物	271
四、其他线虫生防生物	273
第二节 植物线虫病害生物防治的途径和方法	274
一、生防制剂的引入	275
二、自然控制	275
小结	277
复习思考题	277
主要参考文献	277
第九章 植物病毒病害的生物防治	279
第一节 植物病毒病害生物防治研究概述	280
一、交叉保护	280
二、植物源抗病毒活性物质	283
三、微生物源抗病毒活性物质	285
第二节 烟草花叶病毒病(TMV)的生物防治	286
一、烟草花叶病毒病概述	286

二、烟草花叶病毒病的生物防治	287
第三节 黄瓜花叶病毒病(CMV)的生物防治	288
一、黄瓜花叶病毒病(CMV)简述	288
二、黄瓜花叶病毒病(CMV)的生物防治	288
小结	289
复习思考题	289
主要参考文献	289
第十章 寄生性种子植物及原生动动物病害的生物防治	290
第一节 寄生性种子植物病害的生物防治	290
一、寄生性种子植物病害	290
二、寄生性种子植物的生物防治	290
第二节 原生动动物病害的生物防治	291
一、根肿病生防研究现状	292
二、生物防治的方法	292
小结	292
复习思考题	293
主要参考文献	293

下篇 研究开发

第十一章 植物病害生物防治产品的研发	297
第一节 实验设施和试验场地	297
一、实验室设施	297
二、温室及试验农场	297
第二节 标样采集和处理	298
一、生防材料的来源	298
二、标样采集和处理	298
第三节 生防因子的分离和获取	300
一、土壤中生防菌的分离和培养	300
二、植物地上部生防菌的分离和培养	304
三、植物体内生防菌的分离和培养	305
四、其他生境中生防菌的分离和培养	306
五、线虫生防菌的分离和培养	307
六、生防病毒的获取	310
七、微生物代谢产物获取	312
八、植物提取物的获得	315
第四节 生防因子的检测和筛选	319
一、活体微生物抑菌效果的室内测定	320

二、微生物代谢物和植物提取物的拮抗检测	322
三、温室盆栽试验	325
四、田间小区及多点试验	327
五、大田应用试验	329
六、生防效果的评估	329
第五节 发酵、制剂及货架期	331
一、发酵工艺	331
二、制剂配方	337
三、货架期	340
第六节 植病生防微生物的遗传和分子改良	340
一、揭示生防机制	341
二、生防微生物有益基因的利用与遗传改良	342
三、新一代微生物农药的分子设计与开发	343
四、基因工程生防微生物的安全性评价	345
第七节 专利申请和产品登记	348
一、专利申请	348
二、植物病害生防产品的登记	350
小结	353
复习思考题	353
主要参考文献	354
第十二章 植物病害生防产品的产业化	356
第一节 植物病害生防产品的种类及特性	356
一、植物病害生防产品的种类	356
二、植物病害生防产品的特性	360
第二节 植物病害生防真菌产品的产业化	361
一、生防真菌产品产业化概况	361
二、生防真菌产品产业化的一般程序	362
第三节 植物病害生防细菌产品的产业化	365
一、植物病害生防细菌产业化概况	365
二、生防细菌菌剂产业化的主要步骤	365
第四节 植物病害生防放线菌产品的产业化	371
一、生防放线菌的来源及筛选	371
二、生防放线菌菌剂生产的主要步骤	374
第五节 植物病害生防病毒产品的产业化	379
一、生防病毒的种类及弱病毒筛选	379
二、生防病毒制剂生产的主要步骤	380
第六节 植物源生防制剂的产业化	381

一、植物源生防制剂的来源及筛选	381
二、植物源生防制剂研究和生产工艺	387
小结	391
复习思考题	391
主要参考文献	391
附录 植物病害生物防治学基本实验	394
实验一 植物病害生防菌的分离与培养	394
实验二 生防菌的形态特征观察	397
实验三 生防菌生防机制的检验	401
实验四 生防菌的温室田间生防效果测定	403
实验五 生防菌的发酵与扩繁	405

上篇 基础理论

第一章 绪 论

第一节 植物病害生物防治的定义及其学科的性质、任务和内容

一、植物病害生物防治的定义

植物病害生物防治(biocontrol of plant disease)是指利用有益生物对植物病害进行防治。然而,定义的内涵是什么?从利用有益生物角度,有益生物是活体的直接利用或还应包含其代谢产物及抑菌植物的提取物?从植物-有益生物互作体系的角度,有益生物的诱导抗病性和促生作用是否应属定义的内涵?从生态系统角度,是否应包含生物多样性及植物微生态系的自然调控作用?从生物源农药的角度考虑,通过对代谢产物和抑菌植物的提取物有效成分的确定,利用人工合成而形成的制剂是否属生物防治内涵?对于上述问题的回答,目前尚无定论。不同的人从不同的角度,对其定义内涵的认识也不尽相同。伴随着植物病害生物防治学这一分支学科不断发展,定义的内涵也日臻完善。

植物病害生物防治是一个专业术语(或一个概念,或一个定义),其内涵和外延包含了那些属于生物防治的范畴。因而科学地对其定义具有十分重要的意义。国内外植物病理学家对“植物病害生物防治”曾有以下代表性定义。

(1) 英国土传病害学者 Garratt(1965)的定义为:“是在任何条件下或借助于任何措施,通过其他生物(人除外)的作用来减少病原物的生存和活动,从而减少病原物所致病害的发生。”并认为:“生物防治可借引进或增加一种或几种用于防治的生物数目或借改变环境,使其利于这些生物的活动或将两种措施结合使用。”

(2) 美国植病生防专家 Baker 和 Cook(1974)在他们合著的《植物病原物的生物防治》一书中定义为:“是减少病原菌或寄生物在活动期或休眠期的接种体密度或致病力。是借自然的作用或借调节环境、寄主或拮抗物(菌)或借施用一种或多种拮抗物来完成的。”此后,他们又在《植物病原物生物防治的本质与实践》(1983)一书中进一步将其阐述为:“通过栽培措施建立一个有利于拮抗菌、寄主植物或者有利于两者的环境;通过培育增进对病原物的抗病性,或者促进寄主植物对拮抗菌的适应,以及通过引进拮抗菌、非致病菌系(株)、有益生物的群体等措施。”Baker(1987)则将其定义为:“以一种或多种生物(包括寄主植物,但人除外)来减少病原菌数量或病害的发生和发展,以实现病害防治的方法。”

(3) 我国植物病理学家陈延熙(鲁素芸,1993)认为:“是农业生态系统中调节寄主植物的微生物环境,使其利于寄主而不利于病原物,或者使其对寄主与病原物的相互作用发生利于寄主而不利于病原物的影响,从而达到防治病害的目的。”

(4) 《普通植物病理学》(谢联辉,2006)一书中定义为:“利用有益生物拮抗、破坏病原物和(或)利用有益生物促进作物生长、提高作物的抗病性能,从而控制病害的措施。”并认为,“植物病害生物防治的定义有广义和狭义两种。广义的植物病害生物防治定义指利用有益生物的活

体及其代谢产物,而狭义的定义则指直接利用有益生物的活体。”

上述关于植物病害生物防治的种种定义,反映了不同时期、不同人对植物病害生物防治概念的认识。Garratt(1965)、Baker 和 Cook(1974)及 Baker(1987)的定义,强调利用活体生物,其防治的目标是直接作用病原物,通过控制病原物而达到防治病害的目的,同时也重视改善环境的重要性。陈延熙(1993)认为通过调节寄主植物的微生物环境,通过植物微生态的调控作用而实现控病,强调植物微生态在植物病害生物防治中的重要作用。谢联辉(2006)则认为利用有益生物拮抗、促生、提高作物的抗病性能,从而控制病害。

通过对上述定义的介绍和分析,我们认为植物病害的发生和发展是植物、病原物和环境三要素相互作用(病害三角, disease triangle)和影响的结果,植物病害的防治策略和途径应从三要素和“病害三角”入手,植物病害生物防治作为防治方法之一也应如此。因而,我们认为植物病害生物防治的定义应包含以下内涵:引入或利用自然界对植物有益的生物,利用其抗菌(包括微生物代谢产物的拮抗作用和抑菌植物的代谢产物)、重寄生、竞争、捕食和溶菌等作用,直接作用于病原物,影响或抑制病原物的生存或活动;或利用有益生物的保护、诱导抗病性及促生,增强植物的抗病性;或利用生物多样性和植物微生态系的调控作用,改善生态环境,从而实现绿色、可持续控制植物病害的目的。

二、植物病害生物防治学的性质

从学科角度,植物病害生物防治学隶属植物病理学科,有其自身的理论基础,与生态学、微生物学和分子生物学等学科相联系,具有多学科综合性的特点。从应用上看,植物病害生物防治又是植物病害综合防治的重要方法之一,具有应用性和理论性相结合的特点。伴随人们对生态环境安全、食品安全的日益重视,近年来植物病害生物防治从应用基础研究到实践应用都有了飞速的发展,并将在 21 世纪植物病害防治中占有重要的地位和发挥重要的作用,成为植物病理学的分支学科。

植物病害生物防治的原理基于自然生态系统的物种多样性间生物与生物(包含病原物)之间的“营养链”(trophic chain)关系[即“寄生链”(parasitic chain)(包括重寄生、捕食)],即重寄生(hyperparasitism)作用、相生相克的抗生(antibiosis)作用、竞争(competition)作用、溶菌(lysis)作用、捕食(predation)作用、生物和非生物的诱导抗病性(induced resistance)、植物提取物的抑菌作用,生物多样性(biodiversity)和植物微生态调控(control of micro-ecology of plant)。其控病特点是与生态环境友好相融、不污染环境、无残留。在控病理念上倡导绿色植保、自然调控,从而实现植物病害控制的可持续发展。

三、植物病害生物防治学的任务

生物防治与生态环境安全(包括资源安全、环境安全、生物安全)有密切联系。在人类日益关注赖以生存的生态环境安全的今天,植物病害生物防治已成为热点领域。伴随当代生物科学的快速发展,生态学、微生物学、生物化学、植物分子生物学、植物病理学和分子植物病理学领域的最新进展,正在不断地加深我们对生物防治应用基础理论和实践的认识,促进植物病害生物防治方法的更新和提高。因此,植物病害生物防治学必须与相关学科紧密联系,与保护生态环境安全、食品安全相结合,全面、重新认识生物防治在植物病害综合防治中的地位和作用,促进植物病害生物防治的理论研究和实践应用,充分发挥植物病害生物防治在植物病害防治