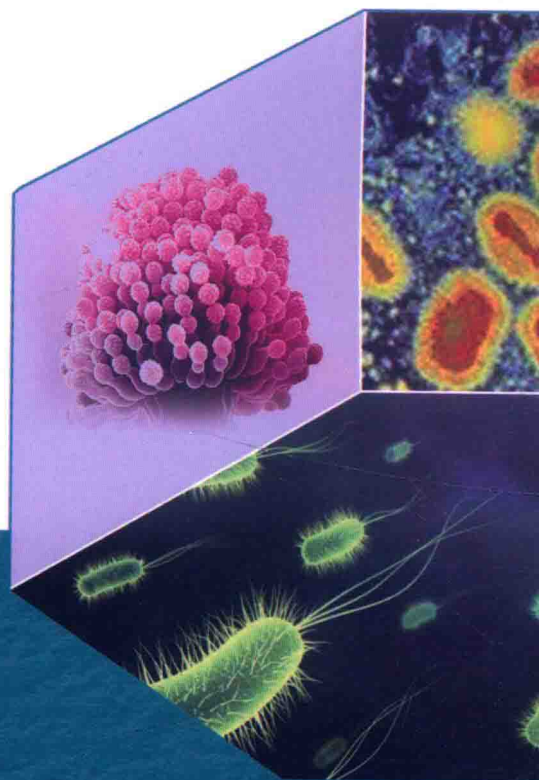


环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

微生物农药环境 安全性评价技术研究

卜元卿 刘常宏 单正军 主编



科学出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

微生物农药环境安全性 评价技术研究

卜元卿 刘常宏 单正军 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书为环保公益性行业科研专项经费项目成果。本书介绍了发达国家及国际组织微生物农药管理、环境安全评价技术的研究现状,建立了微生物农药对水生生物(鱼类、溞类、藻类)和陆生生物(鸟类、蜜蜂、家蚕)的最大风险剂量试验、环境繁衍试验、剂量效应试验及半田间试验,并对苏云金芽孢杆菌、球孢白僵菌、棉铃虫核型多角体病毒3种不同类型的微生物农药进行了环境安全性评价,建立了微生物农药的环境安全性评价技术。

本书可供从事微生物农药或其他微生物产品生产、教学、科研及管理的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生物农药环境安全性评价技术研究/卜元卿,刘常宏,单正军主编.
—北京:科学出版社,2015.10

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-03-045920-6

I. ①微… II. ①卜… ②刘… ③单… III. ①微生物农药-环境生态评价-研究 IV. ①TQ458②X826

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第239650号

责任编辑:陈岭啸 李嘉佳 王腾飞/责任校对:杜子昂

责任印制:徐晓晨/封面设计:许 瑞

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>

北京科印技术咨询服务公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2015年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年10月第一次印刷 印张:17

字数:410 000

定价:99.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书
编著委员会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

《微生物农药环境安全性评价技术研究》编写组

主编

- 卜元卿 环境保护部南京环境科学研究所
刘常宏 南京大学
单正军 环境保护部南京环境科学研究所

编写组

- 戴传超 南京师范大学
薛雅蓉 南京大学
程 燕 环境保护部南京环境科学研究所
谭丽超 环境保护部南京环境科学研究所
周军英 环境保护部南京环境科学研究所
续卫利 环境保护部南京环境科学研究所
梁鹏文 江西天人生态股份有限公司
王 滨 江西天人生态股份有限公司
贾 永 南京师范大学
陈 源 环境保护部南京环境科学研究所
沈 飞 环境保护部南京环境科学研究所
王小显 南京大学
韩美哲 南京大学
杜 威 南京师范大学

顾问

- 蔡道基 环境保护部南京环境科学研究所

序 言

我国作为一个发展中的人口大国,资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作,提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念、新举措。在科学发展观的指导下,“十一五”环境保护工作成效显著,在经济增长超过预期的情况下,主要污染物减排任务超额完成,环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长,资源环境约束进一步强化,环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减,环境质量改善的压力不断加大,防范环境风险的压力持续增加,确保核与辐射安全的压力继续加大,应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点,解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题,确保环保工作不断上台阶出亮点,必须充分依靠科技创新和科技进步,构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年,我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》(以下简称《规划纲要》),提出了建设创新型国家战略,科技事业进入了发展的快车道,环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求,原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会,出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》,确立了科技兴环保战略,建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来,在广大环境科技工作者的努力下,水体污染控制与治理科技重大专项启动实施,科技投入持续增加,科技创新能力显著增强;发布了502项新标准,现行国家标准达1263项,环境标准体系建设实现了跨越式发展;完成了100余项环保技术文件的制修订工作,初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目234项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了

重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011年10月

前 言

微生物农药是能够杀虫、灭菌、除草及调节植物生长等的微生物活体及其代谢产物。微生物农药具有环境残留小、抗药性低的优点，可在一定程度上替代化学农药。近年来，全球微生物农药开发和生产发展呈快速增长趋势，目前已报道的细菌、真菌、昆虫病毒等各类微生物农药超过 2500 种。然而，微生物农药是人为引入、释放到某一特定环境中的外源微生物，其进入环境后可能通过资源竞争或释放的毒素改变原有生态系统平衡。因此，建立全面、客观、科学的微生物农药环境安全管理技术，既有利于防止和减少微生物农药使用对生态系统安全的风险，也有助于促进微生物农药产业的快速健康发展。

我国在微生物农药的应用方面已有几十年的历史，是世界上微生物农药生产和使用最具潜力国家之一，但同美国、加拿大、日本等国家相比，我国微生物农药无论是产业规模、应用范围，还是管理体系都远远落后，微生物农药基础研究向应用转化不够，环境安全管理技术缺乏。鉴于此，“十二五”期间，环境保护部南京环境科学研究所等单位承担了环保公益性行业科研专项经费项目（201009023），开展微生物农药的环境安全性评价基础性研究，为促进微生物农药发展，维护生态安全提供技术支撑。

本书以为我国微生物农药环境安全管理提供技术依据、保障生物农药产业健康发展为目标，建立了微生物农药对环境水生生物（鱼类、溞类、藻类），以及陆生生物（鸟类、蜜蜂、家蚕）安全性测试方法；建立微生物农药在不同环境介质中繁衍能力的测试方法；首次系统评价了苏云金芽孢杆菌、球孢白僵菌在环境中的繁衍能力，以及施用后对土壤肥力、生物多样性、作物产量等多个指标的影响，建立了微生物农药使用环境风险评价方法。

本书是项目组对国内外微生物农药登记、生产，环境安全评价技术和管理工作的总结。围绕微生物农药登记管理和环境安全评价技术等主题，综合介绍了微生物农药登记、生产和使用现状，环境生物安全性测试技术，环境繁衍能力测试技术，微生物农药使用生态效应影响等方面研究的新进展。

全书共 10 章。第 1 章“微生物农药登记、生产及管理概况”，较为系统地介绍了美国、加拿大、欧洲联盟、澳大利亚、韩国等国家和组织的微生物农药登记、生产、使用及管理状况研究，总结了国外微生物农药环境安全管理的先进经验，同时也对我国微生物农药的生产和应用现状、管理部门、监管制度进行了剖析，对开展微生物农药环境安全评价和管理技术研究具有重要参考作用。

第 2 章“微生物农药环境安全性评价技术总则”，通过对不同国家微生物农药环境安全性风险识别程序的比较和研究，结合我国微生物农药管理要求，以及农药风险评价、微生物学技术水平等方面，提出了我国微生物农药环境安全性风险评价技术程序和测试技术建立原则，为微生物农药环境安全评价工作提供了技术路线指南。

第3~8章分别是微生物农药对鱼类、溞类、藻类、鸟类、蜜蜂和家蚕生物安全性测试方法研究,建立了微生物农药对不同环境生物最大剂量毒性试验、剂量效应毒性试验测试方法,利用苏云金芽孢杆菌农药、球孢白僵菌农药、棉铃虫核型多角体病毒农药对环境生物急性、慢性毒性测试方法进行了验证,为微生物农药环境生物毒性评价提供了支撑技术。

第9章“微生物农药环境繁衍安全性测试方法研究”,简要回顾了环境介质中微生物外源检测方法进展,建立了细菌、真菌等微生物菌株在土壤、水体和植物叶面上的宿存、生长和繁殖测试方法,为微生物农药环境繁衍能力评价提供了支撑技术。

第10章“典型微生物农药施用生物效应研究”,以苏云金芽孢杆菌、球孢白僵菌两种使用量大、范围广的微生物农药为典型代表,在田间试验模拟条件下,分别研究了两种农药施用后在土壤中的繁衍动态,对土壤微生物、土壤酶活力、生长作物等生态影响,为典型微生物农药的环境安全评价和科学使用提供了科学基础。

本书是环保公益性行业科研专项经费项目团队环境保护部南京环境科学研究所、南京大学、江西天人生态股份有限公司等单位的集体成果,同时得到了环境保护部科技标准司等单位领导和专家的关心和支持。在此致以衷心的感谢!

由于编者水平有限,本书难免存在不足之处,敬请读者批评指正!

《微生物农药生态环境安全性评价与安全使用技术研究》项目组

2015年3月

目 录

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书 序言

前言

第 1 章 微生物农药登记、生产及管理概况	1
1.1 美国微生物农药的管理概况	1
1.2 加拿大微生物农药的管理概况	5
1.3 欧盟微生物农药的管理概况	12
1.4 澳大利亚微生物农药的登记管理概况	16
1.5 韩国微生物农药的登记管理概况	19
1.6 中国微生物农药的管理概况	21
第 2 章 微生物农药环境安全性评价技术总则	28
2.1 国外微生物农药环境安全性评价程序研究进展	28
2.2 我国微生物农药环境安全性评价程序的建立	31
2.3 微生物农药对环境生物安全性测试方法建立原则	35
2.4 微生物农药环境繁衍安全性测试方法建立原则	43
第 3 章 微生物农药对鱼类生物安全性测试方法研究	47
3.1 微生物农药对鱼类毒性测试方法研究	47
3.2 典型微生物农药对鱼类毒性评价研究	58
第 4 章 微生物农药对溞类生物安全性测试方法研究	73
4.1 微生物农药对溞类毒性测试方法研究	73
4.2 典型微生物农药对溞类毒性评价研究	76
第 5 章 微生物农药对藻类生物安全性测试方法研究	83
5.1 微生物农药对藻类毒性测试方法研究	83
5.2 典型微生物农药对藻类毒性评价研究	85
第 6 章 微生物农药对鸟类生物安全性测试方法研究	89
6.1 微生物农药对鸟类毒性测试方法研究	89
6.2 典型微生物农药对鸟类毒性评价研究	94
第 7 章 微生物农药对蜜蜂生物安全性测试方法研究	99
7.1 微生物农药对蜜蜂毒性测试方法研究	99
7.2 典型微生物农药对蜜蜂毒性评价研究	103
第 8 章 微生物农药对家蚕生物安全性测试方法研究	107
8.1 微生物农药对家蚕毒性测试方法研究	107
8.2 典型微生物农药对家蚕毒性评价研究	110

第 9 章 微生物农药环境繁衍安全性测试方法研究	124
9.1 环境介质中外源微生物检测方法进展	124
9.2 土壤中微生物环境繁衍能力测试方法研究	127
9.3 水中微生物环境繁衍能力测试方法研究	136
9.4 叶面上微生物环境繁衍能力测定方法	139
第 10 章 典型微生物农药施用生物效应研究	142
10.1 苏云金芽孢杆菌农药施用生态效应研究	142
10.2 球孢白僵菌农药施用生态效应研究	155
参考文献	163
附录 I 微生物农药环境安全评价生物学基础数据库	177
附录 II 微生物农药环境风险评价试验准则	218

第1章 微生物农药登记、生产及管理概况

微生物农药是指能够杀虫、灭菌、除草及调节植物生长等的微生物活体及其代谢产物。微生物农药在环境和作物中残留量低，同时可缓解害虫对化学农药的抗药性问题，替代部分化学农药的使用，减少化学农药对环境和生态的危害，逐渐成为农业病虫害防治的重要产品。随着微生物农药产品的增加，世界上许多国家已建立了微生物农药安全管理体系，指导本国微生物农药的登记、生产、销售、储存和使用的各个环节，完善微生物农药环境安全管理体系，有力地促进了微生物农药产品开发和产业健康发展。

本章较为系统地介绍了美国、加拿大、欧洲联盟（简称欧盟）、澳大利亚、韩国等国家和组织的微生物农药登记、生产、使用及管理状况研究，总结了国外微生物农药环境安全管理的先进经验，同时也对我国微生物农药的生产和应用现状、管理部门、监管制度进行了剖析，对开展微生物农药的环境安全评价和管理技术研究具有重要作用。

1.1 美国微生物农药的管理概况

1.1.1 微生物农药登记和生产状况

美国是较早开展微生物农药环境安全管理研究的国家之一，其管理制度较为完善。与传统化学农药相比，美国微生物农药登记程序较为简单，评审周期较快（评审时间一般为1年），花费也较少，这在很大程度上促进了美国微生物农药行业的发展（王以燕等，2009a）。截至2011年7月，美国国家环境保护署（United States Environment Protection Agency, USEPA）公布的已登记的微生物农药有效成分有326种，其中，活体微生物有效成分89种，包括39个细菌种类，38个真菌种类，11个病毒种类和1种原生动物。表1-1列出了美国已登记的部分微生物农药。

表 1-1 美国已登记的微生物农药（部分）

品种	类别	产品	防治对象
杀细菌剂			
放射土壤杆菌 K84	细菌	Galltrol-A	冠瘿病
成团泛菌 C9-1	细菌	BlightBan C9-1	火疫病
成团泛菌 E325	细菌	Bloomtime	火疫病
丁香假单胞菌番茄变种噬菌体	病毒	AgriPhage	细菌性叶斑病
野油菜黄单胞菌噬菌体	病毒	AgriPhage	细菌性斑点病
杀真菌剂			
地衣芽孢杆菌 SB3086	细菌	EcoGuard	真菌病

续表

品种	类别	产品	防治对象
蕈状芽孢杆菌分离株 J	细菌	BacJ	尾孢属
短小芽孢杆菌 GB34	细菌	GB34	苗病，腐霉，丝核菌
短小芽孢杆菌 QST2808	细菌	Sonata Ballad Plus	白粉病，霜霉病，锈病
枯草芽孢杆菌 GB03	细菌	Companion Kodiak	镰刀菌，腐霉，丝核菌
枯草芽孢杆菌 M43I600	细菌	Histick N/T	立枯病
		Pro-Mix with Biofungicide	
解淀粉枯草芽孢杆菌 FZB24	细菌	Taegro	镰刀菌，丝核菌，枯萎病
金色假单胞菌 Tx-1	细菌	Spot-Less	地盘真菌疾病
绿针假单胞菌 63-28	细菌	At-Eze	土壤和种子中的真菌
丁香假单胞菌 ESC10	细菌	Biosave 10LP	采后疾病
丁香假单胞菌 ESC11	细菌	Bio-Save 11LP	采后疾病
<i>Streptomyces griseoviridis</i> K61	细菌	Mycostop Biofungicide	导致立枯病，茎腐烂病的真菌
		Mycostop Mix	
利迪链霉菌 WYEC108	细菌	Actinovate Actino-Iron	导致立枯病，茎腐烂病的真菌
白粉寄生孢 M10	真菌	Powdery Gon	白粉病
黄曲霉 AF36	真菌	Aspergillus flavus AF36	产黄曲霉素的黄曲霉菌
黄曲霉 NRRL21882	真菌	Afla-guard	产黄曲霉素的黄曲霉菌
盾壳霉 CON/M/91-08	真菌	Contans	小核盘菌，核盘菌
链孢粘帚霉 J1446	真菌	Prestop	土传疾病
<i>Muscodor albus</i> QST20799	真菌	Arabesque	采后疾病
<i>Pseudozyma flocculosa</i> PF-A22 UL	真菌	Sporodex	白粉病
棘孢木霉 ICC012 和哈茨木霉 (gamsii) ATCC080	真菌	Tenet Bioten Remedier	土传疾病
哈茨木霉 ATCC20476	真菌	Binab	促进植物伤口愈合
哈茨木霉 Rifai T-22	真菌	PlantShield RootShield T-22 Planter box	种子和叶片疾病
哈茨木霉 T-39	真菌	Trichodex	土壤和叶的疾病
多孢木霉 ATCC20475	真菌	Binab T	土壤和叶的疾病
奥德曼细基格孢 U3	真菌	BOTRY-Zen	葡萄孢菌和核盘菌
黄萎病菌 WC S850	真菌	DutchTrig	荷兰榆树病
丁香假单胞菌的噬菌体	病毒	AgriPhage	番茄叶斑点病
嗜油假丝酵母 O	酵母	NEXY	采后果实霉病
杀真菌剂/杀细菌剂			
枯草芽孢杆菌 QST713	细菌	Serenade	叶面真菌和细菌疾病

续表

品种	类别	产品	防治对象
除草剂			
蜡质芽孢杆菌 BP01	细菌	Mep Plus	植物生长调节剂
损毁链格孢菌 059	真菌	Smolder	除草剂, 菟丝子
<i>Chondrostereum purpureum</i> PFC 2139	真菌	Chontrol Paste	除草剂-树桩发芽抑制剂
胶孢炭疽菌 f. sp. <i>aeschynomene</i> ATCC 202358	真菌	Lock Down	除草剂-northern jointvetch
<i>Puccinia thlaspeos</i> woad (Dyer's woad rust)	真菌	Woad Warrior	除草剂-Dyer's woad
杀虫剂			
波林杆菌芽孢	细菌	Milky Spore Powder	日本甲虫幼虫
球形芽孢杆菌血清型 H5a5b 菌株 2362 ATCC 1170	细菌	Vecto Lex	蚊子幼虫
苏云金芽孢杆菌鲎泽亚种 NB200	细菌	Florbac	蛾类幼虫
苏云金芽孢杆菌以色列亚种	细菌	BMP	蚊子和黑蝇
苏云金芽孢杆菌以色列亚种 EG2215	细菌	Gnatrol Aquabac	蚊子, 苍蝇
苏云金芽孢杆菌鲎泽亚种 δ 外毒素在 杀死的荧光假单胞菌中	细菌	M-Trak	马铃薯甲虫
苏云金芽孢杆菌鲎泽亚种 GC-91	细菌	Agree WG Thuricide Thuricide Forestry Wilbur-Ellis BT 320 Dust Dipel Deliver Biobit HP	小菜蛾
苏云金芽孢杆菌库斯塔克亚种	细菌	Foray Javelin WG Green Light Hi-Yield Worm Spray Ferti-Lome Bonide Britz BT Worm Whipper Security Dipel Dust	鳞翅目幼虫
苏云金芽孢杆菌库斯塔克亚 种 BMP123	细菌	BMP123	鳞翅目幼虫
苏云金芽孢杆菌库斯塔克亚 种 EG2348	细菌	Condor	鳞翅目幼虫
苏云金芽孢杆菌库斯塔克亚 种 EG7841	细菌	Crymax	鳞翅目幼虫

续表

品种	类别	产品	防治对象
苏云金芽孢杆菌拟步甲亚种	细菌	Novodor	马铃薯甲虫
苏云金芽孢杆菌库斯塔克亚种 EG7826	细菌	Lepinox WDG	鳞翅目幼虫
球孢白僵菌 447	真菌	Baits Motel Stay-a-while	蚂蚁
球孢白僵菌 ATCC74040	真菌	Naturalis L	多种昆虫
球孢白僵菌 GHA	真菌	Mycotrol ES	多种昆虫
		Mycotrol O	
		Botanigard 22WP	
		BotaniGard ES	
球孢白僵菌 HF23	真菌	balEnce	家蝇
金龟子绿僵菌 F52	真菌	Tick-Ex	蜚和幼虫
玫烟色拟青霉 Apopka 97	真菌	Apopka 97	虱和蓟马
蝗虫微孢子虫	原核生物	Nolo-Bait Semaspore Bait	蝗虫和蟋蟀
芹菜夜蛾核型多角体病毒	病毒	CLV-LC	鳞翅目幼虫
苹果蠹蛾颗粒体病毒	病毒	CYD-X	苹果蠹蛾
舞毒蛾核型多角体病毒	病毒	Gypchek	舞毒蛾
玉米夜蛾核型多角体病毒	病毒	Gem Star	棉铃虫, 烟蚜夜蛾
印度粉螟核型多角体病毒	病毒	Fruit Guard	印度粉螟
蓓带夜蛾核型多角体病毒 (107308)	病毒	Virosoft	柏莎夜蛾
甜菜夜蛾核型多角体病毒	病毒	Spod-X	甜菜夜蛾
酿酒酵母	酵母	Bull Run	飞诱食剂
杀线虫剂			
坚强芽孢杆菌 I-1582	细菌	Bio Nem	线虫
巴氏杆菌	细菌	Econem	线虫
疣孢漆斑菌	真菌	Di Tera	线虫
淡紫拟青霉 251	真菌	Melo Con WG	线虫
杀病毒剂			
小西葫芦黄花叶病毒-弱毒力株	病毒	Agro Guard-Z	小西葫芦黄花叶病毒

1.1.2 美国微生物农药环境安全管理概况

1. 农药管理部门与登记制度

美国微生物农药登记管理制度的建立经历了漫长的历程,美国国家环境保护署负责农药的登记管理,美国国家环境保护署农药项目办公室(Office of Pesticide Programs,

OPP) 专门设立了负责生物农药登记管理的部门, 即生物农药与污染防治处 (Biopesticides and Pollution Prevention Division, BPPD)。美国微生物农药管理涉及的法规有: 《联邦食品、药品和化妆品法》(Federal Food, Drug and Cosmetic Act, FFDCA 1938)、《联邦杀虫剂、杀菌剂和灭鼠剂法》(Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act, FIFRA 1947)、《食品质量保护法》(Food Quality Protection Act, FQPA 1996) 和《农药登记改进法》(Pesticide Registration Improvement Act, PRIA 2004)。

美国农药管理分为常规登记和特殊登记两种, 其中常规登记的有效期为 5 年, 特殊登记的有效期为 1 年。美国不要求对天敌昆虫进行登记。此外, 促进植物生长的根际细菌、固氮菌或类似功能的微生物只要它们不用做害虫控制就不需要登记。美国执行资料补偿或成本共同承担原则, 对相同产品的登记实施资料补偿, 一般由企业间协调, 也可以进行仲裁裁决, 资料拥有者也有权请求美国国家环境保护署撤销其相同产品的登记 (王以燕等, 2009a)。

2. 微生物农药的登记要求

美国微生物农药登记需要提供 5 个方面的数据: ①产品分析; ②残留; ③毒理学; ④非靶生物毒性评价; ⑤环境行为。产品分析数据包括产品特性、生产程序、成分结构、产品理化性质、样品分析方法等; 微生物农药残留数据很难定量描述, 在实际登记中通常免除了这部分数据的要求; 微生物农药毒理学数据通过急性经口毒性和致病性、皮下急性毒性试验、吸入、注射和细胞培养试验获得; 非靶生物毒性评价依据《微生物农药试验导则》(Microbial Pesticides Test Guidelines OPPTS 885.5, 1996) 进行测试, 包括鸟类经口、鸟类呼吸、野生哺乳动物、淡水鱼和水生无脊椎动物、河口和海洋动物、非靶标植物和昆虫、蜜蜂等测试试验。

1.2 加拿大微生物农药的管理概况

1.2.1 微生物农药登记和生产情况

2004 年以前, 加拿大政府对微生物农药持谨慎态度, 高度重视对人类健康和环境安全的影响。在自由贸易市场推动下, 加拿大微生物农药产业得到迅速发展, 2004 年加拿大登记的微生物有效成分只有 13 种, 2010 年加拿大登记的有效成分已达 40 种, 产品 76 个 (表 1-2), 其中, 细菌种类 17 个, 产品 30 个; 真菌种类 12 个, 产品 14 个; 线虫种类 6 个 [不需要注册, 但需得到加拿大食品监察部 (Canadian Food Inspection Agency, CFIA) 批准], 产品 26 个; 病毒种类 4 个, 产品 5 个; 原生动物 1 种, 产品 1 个。根据英国 2010 年的统计, 微生物农药销售额达到 740 万美元, 占农药市场销售总额的 0.5%, 其中 88% 为苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis*) 产品 (主要用于森林和农业防治), 6.7% 为其他细菌农药, 0.65% 为病毒农药, 0.65% 为真菌农药, 4% 为线虫类农药。

表 1-2 2010 年加拿大获得登记的微生物农药

品种	类别	产品	防治对象
杀细菌剂			
放射土壤杆菌 K84	细菌	Dygal	冠瘿病
成团泛菌 C9-1	细菌	BlightBan C9-1 ^①	火疫病
荧光假单胞菌 A506	细菌	BlightBan A506 ^①	火疫病, 果锈
杀真菌剂			
			曲霉, 镰刀菌, 丝核菌, 腐霉
枯草芽孢杆菌 MBI600	细菌	HiStick N/T Subtilex	霜霉病 (展青霉), 果实腐烂霜霉病 (柑橘青霉), 干枯病 (<i>Fusarium sambucinum</i>),
丁香假单胞菌 ESC-10	细菌	Integral ^① Bio-Save 10 LP ^②	果实腐烂绿霉 (指状青霉), 果实腐烂灰霉病, 毛霉菌致果实腐烂, 银屑病 (长蠕孢菌), 酸腐 (白地霉), 贵腐灰霉菌 (灰霉病)
灰绿链霉菌 K61	细菌	Mycostop	冠腐病, 立枯病, 早期根部腐烂, 镰刀菌萎蔫病, 疫霉, 丝核菌, 根部腐烂 (镰刀菌, 疫霉, 腐霉), 种子立枯病, 种子腐烂 (镰刀菌, 交链孢霉, 拟茎点霉), 上传立枯病, 茎腐病 (镰刀菌), 蒂腐病 (拟茎点霉), 枯萎病
灰绿链霉菌 WYEC108	细菌	Actinovate	交链孢, 炭疽病, 葡萄孢菌, 霜霉病, 欧文氏菌, 油斑, 链核盘菌属, 白粉病, 菌核病, 上传植物疾病 [腐霉, 丝核菌, 疫霉, 轮枝孢菌, 镰刀菌], 棉根腐病 (<i>Phytophthora omnivorum</i>), 丝囊霉, 蜜环菌属, 菌核病, 地霉]
盾壳霉 CON/M-91-05	真菌	Contans	核盘菌, 小核盘菌, 三叶草核盘菌
链孢粘帚霉 J1446	真菌	Prestop	立枯病 (腐霉, 丝核菌), 叶面疾病 (葡萄孢菌, 丝核菌, 腐霉, 疫霉, 镰刀菌, 轮枝孢菌, 交链孢, 枝孢菌, 长蠕孢霉, 青霉), 蔓枯病 (<i>Didymella</i>), 灰霉病 (葡萄孢菌), 根部腐烂, 种子腐烂, 茎部腐烂, 储藏疾病 (长蠕孢霉, 丝核菌), 枯萎病 (交链孢, 枝孢菌, 镰刀菌, 青霉, 疫霉, 腐霉, 丝核菌, 轮枝孢菌)
<i>Ophiostoma piliferum</i> D97	真菌	Sylvanex	木材产品抗树叶污染