



普通高等教育“十三五”规划教材

植物保护专业

# 植物化学保护

贺字典 王秀平 主编

 科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

# 植物化学保护

贺字典 王秀平 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书不仅介绍了植物化学保护基础知识,还详细介绍了农药的研制与开发、农药安全性评价、农药剂型配制、农药登记与管理、农药的科学使用、杀菌剂的科学选用、除草剂的科学选用和植物生长调节剂的科学选用。本书打破了传统植物化学保护的学科知识体系,按照理实一体化的原则将实践能力融入理论知识中,并且紧密结合我国农药生产实际,参考了国内外同行研究成果,并融入编者多年的教学经验、科研成果与生产实践。

本书可供高等农林院校、高等职业院校的植物保护专业等本专科学生使用,也可作为其他专业学生的辅修教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

植物化学保护 / 贺字典, 王秀平主编. —北京: 科学出版社, 2017.3  
普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-052005-0

I. ①植… II. ①贺… ②王… III. ①植物保护-农药防治-高等学校-教材 IV. ①S481

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第044502号

责任编辑: 丛楠 刘丹 韩书云 / 责任校对: 彭珍珍 王瑞

责任印制: 张伟 / 封面设计: 黄华斌

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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年3月第一版 开本: 787×1092 1/16

2017年3月第一次印刷 印张: 31 1/8

字数: 808 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 教育部 财政部职业院校教师素质提高计划 职教师资培养资源开发项目专家指导委员会

主 任 刘来泉

副主任 王宪成 郭春鸣

成 员 (按姓氏笔画排列)

刁哲军 王继平 王乐夫 邓泽民 石伟平 卢双盈 汤生玲  
米 靖 刘正安 刘君义 孟庆国 沈 希 李仲阳 李栋学  
李梦卿 吴全全 张元利 张建荣 周泽扬 姜大源 郭杰忠  
夏金星 徐 流 徐 朔 曹 晔 崔世钢 韩亚兰

## 植物保护专业职教师资培养主干课程 教材编委会

主 任 王文颇

副主任 乔亚科 周印富 董金皋 马桂珍 陈瑞修

委 员 (按姓氏笔画排序)

于泉林 马桂珍 王文颇 王秀平 孔德平 史凤玉 朱英波  
乔亚科 齐慧霞 李桂兰 余金咏 陈瑞修 林 珺 周印富  
赵宝柱 赵春明 贺字典 高素红 董金皋 暴增海

## 《植物化学保护》编写委员会

**主 编** 贺字典 王秀平

**副主编** 胡林峰 王国君 刘雨晴 朱春玉 谢兰芬

**编写人员** (按姓氏汉语拼音排序)

陈华保 (四川农业大学)

陈井生 (黑龙江省农业科学院)

陈业兵 (山东省农业科学院)

韩立荣 (西北农林科技大学)

贺字典 (河北科技师范学院)

胡林峰 (河南科技学院)

李立梅 (吉林省林业科学研究院)

李修伟 (沈阳农业大学)

林 璘 (山东农业大学)

刘雨晴 (河南省科学院)

王国君 (信阳农林学院)

王秀平 (河北科技师范学院)

王艳红 (黑龙江八一农垦大学)

谢兰芬 (河南科技学院)

杨春平 (四川农业大学)

朱春玉 (辽宁大学)

朱红霞 (河南科技学院)

# 出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》颁布实施以来，我国职业教育进入到加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育，实现职业教育改革发展新跨越，对职业学校“双师型”教师队伍建设提出了更高的要求。为此，教育部明确提出，要以推动教师专业化为引领，以加强“双师型”教师队伍建设为重点，以创新制度和机制为动力，以完善培养培训体系为保障，以实施素质提高计划为抓手，统筹规划，突出重点，改革创新，狠抓落实，切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平，加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍，为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前，我国共有60余所高校正在开展职教师资培养，但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏，制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系，教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目，中央财政划拨1.5亿元，系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中，包括88个专业项目，12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头，组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发，一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过三年的努力，培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业（类）职教师资本科培养资源项目，内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案，以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源；二是取得了6项公共基础研究成果，内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等；三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述成果，共计800多本正式出版物。总体来说，培养资源开发项目实现了高效益：形成了一大批资源，填补了相关标准和资源的空白；凝聚了一支研发队伍，强化了教师培养的“校—企—校”协同；引领了一批高校的教学改革，带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程，是加强职教师资培养培训一体化建设的关键环节，也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践、教师教育研究能力的系统检阅。

自2013年项目立项开题以来，各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员做了大量深入细致的工作，结合职教师资培养实践，研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果，有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时，专家指导委员会的各位专家以及

项目管理办公室的各位同志，克服了许多困难，按照两部对项目开发工作的总体要求，为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血，也为各个项目提供了专业的咨询和指导，有力地保障了项目实施和成果质量。在此，我们一并表示衷心的感谢。

教育部 财政部职业院校教师素质  
提高计划成果系列丛书编写委员会

2016年3月

## 丛书序 编写说明

为贯彻落实全国教育工作会议和《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》精神，加快推进面向农村的职业教育的发展，培养适应现代职业教育发展要求的“双师型”教师，2011年教育部、财政部联合下发的《教育部 财政部关于实施职业院校教师素质提高计划的意见》（教职成〔2011〕14号）中指出，2012~2015年，支持职教师资培养工作基础好、具有相关学科优势的本科层次国家级职业教育师资基地等有关机构，牵头组织职业院校、行业企业等方面的研究力量，共同开发100个职教师资本科专业的培养标准、培养方案、核心课程和特色教材，加强职业教育师资培养体系的内涵建设。

河北科技师范学院作为全国重点建设教师培养培训基地，牵头承担了教育部、财政部“职业院校教师素质提高计划——本科专业职教师资培养资源开发项目”中的“植物保护专业职教师资培养资源开发项目”。“植物保护专业职教师资培养资源开发项目”的实施内容包括：植物保护专业的基础资料调查研究报告，植物保护专业教师标准，植物保护专业教师培养标准，植物保护专业教师培养质量评价方案，课程资源（专业课程大纲、主干课程教材、数字化资源库）的编制、研发和创编工作。

本套教材即为教育部、财政部“职业院校教师素质提高计划——植物保护专业职教师资培养资源开发项目”的成果之一。

本套植物保护专业主干课程教材的开发过程中，以先进的现代职教理念为引领，以培养造就高素质专业化中等职业学校教师为目标，以切实提高植物保护专业教师专业知识水平和专业能力为本位，注重把“专业性”、“职业性”、“师范性”三者深度融合在一起，针对植物保护本科专业中等职教师资培养的核心课程，力争开发出基于工作过程系统化设计思想和体现问题导向、案例引导、任务驱动、项目教学等职业教育教学方法要求，突出“强能力”、“重应用”职业教育特色的课程教材。

1. 教材编委会在项目前期广泛调研、分析的基础上，根据项目总体要求，确定开发《植物虫害与防治》、《植物病害与管理》、《植物化学保护》、《植物保护专业教学法》、《植物保护专业综合实践》等5部植物保护专业主干课程教材。

2. 本套教材的开发以项目总体要求、植物保护专业基础资料调查研究报告、《植物保护专业教师标准》、《植物保护专业教师培养标准》和《植物保护专业相关课程标准》为依据。

3. 教材开发中力求体现以下三方面的特点。

1) 树立先进的职教理念，针对职业学校“教师专业化”的要求，聚焦于形成职业教育师范生的“职业能力”，既体现学科专业的基本要求，也体现培养教师专业精神、专业知识和专业能力的要求。

2) 注意突破学科自身系统性、逻辑性的局限，体现知识的结构性原则，密切与培养对象生活、现代社会、科技、职业发展的联系，突出体现服务对象综合素质和职业能力培养的功能。

3) 体现专业领域的最新理论知识、前沿技术和关键技能；内容综合化，涵盖植物保护各个技术领域的“四新”内容；强化岗位关键技能和生产实践能力的提高。



4. 针对专业类(《植物虫害与防治》、《植物病害与管理》、《植物化学保护》)、教育教学类(《植物保护专业教学法》)、实践类(《植物保护专业综合实践》)等三类课程教材的不同特点,确定了不同的开发原则。

1) 专业类课程教材依照“任务驱动”、“问题解决”的模式进行开发。教材内容的组织力求按照工作过程来进行序化,即以工作过程为参照系,将陈述性知识与过程性知识整合、理论知识与实践知识整合,一般以过程性知识为主,以陈述性知识为辅,根据工作过程确定教材体系结构。

2) 教育教学类课程教材开发中力求避免宽泛的、一般性的职业教育教学理论介绍,着重于植物保护专业教学的专门理论和方法,使学生能够理解和掌握对学科专业知识进行教学分析的方法,掌握选择采用妥善的教育教学模式和教学方法的技巧。

3) 实践类课程教材要重新整合各实践教学环节的教学训练内容,力求实践教学内容前后紧密衔接、由简单到复杂、由单项到综合,努力达到实践教学系统化、规范化;注重专业实践和教育教学实践的有机结合,注重选取专业教学方面的典型项目工作案例。

本套教材开发、编写过程中,王文颇、乔亚科、周印富根据项目专家指导委员会的意见,负责组织、协调各部教材的整体开发工作,并对各部教材的编写体例、编写大纲进行了最后修订。

本套教材在开发、编写过程中,得到了河北科技师范学院、淮海工学院、河北农业大学、沈阳农业大学、山东农业大学、四川农业大学、西北农林科技大学、云南农业大学、华南农业大学、河北大学、河北工程大学、北京林业大学、燕山大学、扬州大学、河南科技学院、河北省农业科学研究院植物保护研究所、河南省科学院、河北北方学院、保定职业技术学院、江苏农林职业技术学院、沧州职业技术学院、成都农业科技职业学院、黑龙江职业学院、黑龙江农业职业技术学院、黑龙江农业经济职业学院、安徽材料工程学校、河北省昌黎县职业技术教育中心、河北省宽城县职业技术教育中心、河北省围场满族蒙古族自治县职业教育技术中心、河北省怀来县职业技术教育中心、河北省武安市职教中心、河北省兴隆县职教中心、河北赞皇中学、安徽省濉溪县职业教育中心、甘肃省通渭县陇山职业中学、河北省农业广播电视学校兴隆分校、中央广播电视学校昌黎分校、广西田园生化股份有限公司、秦皇岛长胜农业科技发展有限公司等单位的领导和同志的大力支持,编写过程中参考和引用了大量的资料和成果,在此一并表示诚挚敬意和衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之教材体例上打破了传统“教科书”式的平铺直叙,重点突出了教材内容编排的工作过程系统化设计思想和体现问题导向、案例引导、任务驱动、项目教学等职业教育教学方法和“强能力”、“重应用”的职教特色,使得教材内容体系的构建难度极大。因此,教材中难免出现疏漏、不足和一些不成熟的看法,甚至偏颇的拙见,敬请指正。

植物保护专业职教师资培养主干课程教材编委会

2016年4月

# 前 言

在当前国家大力发展应用型大学的背景下，如何为中等职业学校培养出胜任的职教师资尤为重要。植物保护专业如何适应应用型教学的需要，为社会提供植物保护行业需要的应用型人才是当前面临的巨大挑战。因此，在遵循“项目任务和要求、项目理论、项目分析、项目路径和步骤、项目预案、项目实施、项目作业、项目拓展”理实一体化教材开发框架结构的基础上，教材编写组在教育部、财政部职业院校教师素质提高计划和河北科技师范学院重点教研课题的资助下，针对植物保护专业培养应用型人才中的一系列改革与实践活动进行了研究探索。为此，我们编写的《植物化学保护》教材，力求体现出植物保护专业理实一体化特色。

一、受教育部、财政部项目：职业院校教师素质提高计划——植物保护专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材开发项目组的委托，编委会成员编写《植物化学保护》这本教材。

二、植物化学保护从 20 世纪 50 年代起就成为高等农林院校植物保护专业的主要专业课。目前不管是高等农林院校还是高等职教师资院校的植物保护专业，所用教材只有赵善欢先生编写的《植物化学保护》和徐汉虹教授编写的《植物化学保护学》。这两本教材均是按照农药学科体系的发展思路进行编写的，本教材编写过程中始终贯彻的核心观点是理实一体化，按照工作过程选取和组织教材的内容。以先导化合物为起点，以先导化合物的生物活性测定—环境安全测定—抗药性测定—剂型研制—农药登记与管理—农药的安全使用为主线，遵循理实一体化的教学体系，将理论知识与农药行业要求的实践能力交织在理论知识中。

三、本教材各章编写分工如下：贺字典编写前言，第一章第一节、第二节；王艳红编写第一章第三节（贾桂燕对本内容进行了校稿）；胡林峰、朱红霞编写第二章；林琏、韩立荣编写第三章；王秀平、谢兰芬编写第四章；韩立荣编写第五章；朱春玉编写第六章；刘雨晴和陈业兵编写第七章；王国君编写第八章第一节、第二节；李立梅和陈井生编写第八章第三节、第四节；李修伟编写第九章；杨春平、陈华保编写第十章。

四、本教材的编写由河北科技师范学院牵头，编委会成员主要为国内高等农业院校植物化学保护教学第一线的中青年教师和农林科学院工作在植物保护第一线的年轻学者，除了河北科技师范学院外，其他编者分别来自辽宁大学、沈阳农业大学、黑龙江八一农垦大学、黑龙江省农业科学院、山东省农业科学院、西北农林科技大学、河南科技学院、山东农业大学、吉林省林业科学研究院、河南省科学院、信阳农林学院、四川农业大学 12 个单位。

五、本教材在应用能力部分突出过程考核的标准和要求。这样既能提高学生的独立操作能力，又提高了团队协作能力；既强调了操作过程的必要性，又突出了实践结果的重要性；既充分调动了学生的学习积极性和主动性，又锻炼了学生的学习韧性和毅力。

在本教材编写过程中，得到项目主持人河北科技师范学院乔亚科教授、王文颇教授、周印富教授的大力支持和项目组其他专家的指导，也得到河北科技师范学院生命科技学院植物保护专业老师的大力协助，在此表示衷心的感谢！各位编写组成员在本教材的编写、统稿和编排工作中付出了辛勤劳动，特别是胡林峰、王国君、刘雨晴、谢兰芬和贾桂燕等教师在百忙之中承担了教材的校稿工作，在此一并表示感谢！

我们力求使本书成为一本有别于赵善欢、徐汉虹等老先生们编写的精品教材《植物化学保护》《植物化学保护学》的教材，并适用于高等职业师资院校的教学。同时，由于我们本身的知识能力有限，本教材难免有不足之处，读者在使用过程中如有发现，请及时与我们联系，在此表示衷心的感谢！

贺字典

2016年10月14日

# 目 录

<b>第一章 植物化学保护基础知识</b> .....	1
第一节 农药的定义和分类 .....	1
第二节 发展中的农药 .....	5
第三节 植物化学保护基本概念 .....	15
思维拓展 .....	27
主要参考资料 .....	28
<b>第二章 农药的研制与开发</b> .....	29
第一节 先导化合物的来源与开发 .....	29
第二节 农药的生物活性测定 .....	39
第三节 农药的小试和中试 .....	90
第四节 农药生物活性测定实例 .....	92
思维拓展 .....	102
主要参考资料 .....	103
<b>第三章 农药的安全性评价</b> .....	104
第一节 农药对环境的安全性评价 .....	104
第二节 农药在农产品中的残留分析实例 .....	138
第三节 农药对环境安全性评价实例 .....	153
思维拓展 .....	164
主要参考资料 .....	164
<b>第四章 农药剂型的配制</b> .....	166
第一节 农药原药 .....	166
第二节 农药助剂 .....	180
第三节 农药剂型 .....	199
第四节 农药剂型加工实例 .....	224
思维拓展 .....	237
主要参考资料 .....	237
<b>第五章 农药的登记与管理</b> .....	239
第一节 农药登记管理概况 .....	239
第二节 农药登记阶段及登记种类 .....	243
第三节 农药登记资料及流程 .....	244
第四节 登记后管理内容 .....	248

思维拓展 .....	250
主要参考资料 .....	250
<b>第六章 农药的科学使用 .....</b>	<b>252</b>
第一节 农药的鉴别 .....	252
第二节 农药的配制 .....	257
第三节 农药的施用 .....	264
思维拓展 .....	283
主要参考资料 .....	283
<b>第七章 杀虫剂的科学选用 .....</b>	<b>284</b>
第一节 认识杀虫剂 .....	284
第二节 合理选用杀虫剂 .....	291
第三节 科学使用杀虫剂 .....	340
第四节 常见农业害虫的化学防治实例 .....	342
思维拓展 .....	346
主要参考资料 .....	346
<b>第八章 杀菌剂的科学选用 .....</b>	<b>347</b>
第一节 认识杀菌剂 .....	347
第二节 合理选用杀菌剂 .....	356
第三节 科学使用杀菌剂 .....	396
第四节 常见农业病害的化学防治实例 .....	400
思维拓展 .....	414
主要参考资料 .....	414
<b>第九章 除草剂的科学选用 .....</b>	<b>416</b>
第一节 认识除草剂 .....	416
第二节 除草剂的合理选用 .....	424
第三节 科学使用除草剂 .....	451
第四节 常见农田杂草的化学防治实例 .....	454
思维拓展 .....	463
主要参考资料 .....	463
<b>第十章 植物生长调节剂的科学选用 .....</b>	<b>464</b>
第一节 植物生长调节剂的发现 .....	464
第二节 植物生长调节剂的作用 .....	466
第三节 植物生长调节剂的科学使用 .....	470
第四节 植物生长调节剂的应用 .....	483
思维拓展 .....	485
主要参考资料 .....	485

## 【知识能力要求】

1. 了解农药发展的历史进程；
2. 掌握农药分类的依据及类型；
3. 掌握农药的基本概念及重要的测定指标。

## 【导语】

2015年统计的世界人口数量为7 315 294 411人，已超过70亿人，2025年将达到80亿人，2050年将达到90亿人。随着世界人口的急剧增长，人类对粮食的需求不断增加，农业生产发展的紧迫性不言而喻。除了培育优良品种、改良耕作栽培制度外，加强植物保护，减少病虫害对粮食生产造成的损失至关重要。农药作为粮食丰产丰收的保障，其发展与农业种植效率和产量的提高有着紧密的联系。植物化学保护课程是应用化学农药防治害虫、害螨、病害、杂草及其他有害生物，保护农林业生产的一门实用学科。

## 第一节 农药的定义和分类

### 一、农药的定义

农药 (pesticide) 是指用于预防、消灭或者控制危害农业、林业的病、虫、草和其他有害生物，以及有目的地调节、控制、影响植物和有害生物代谢、生长、发育、繁殖过程的化学合成的或者来源于生物、其他天然产物及应用生物技术生产的一种物质或者几种物质的混合物及其制剂。

农药的含义和范围，古代和近代有所不同，不同国家也有差异。古代主要是指天然的植物性、动物性、矿物性物质，近代主要指人工合成的化工产品。美国称为“经济毒剂”(economic poison)，欧洲称为“农用化学品”(agrochemicals)、“生物合理农药”(biorational pesticide)和“环境和谐农药”(environmental acceptable pesticide and environmental friendly pesticide)。

农药包含下列几层含义：①预防、消灭或控制危害农林作物、农林产品和环境中的病、虫、草、鼠等有害生物的化学物质及有目的地调控植物的植物生长调节剂；②提高这些药剂药效的辅助剂、增效剂；③包括一些特异性农药，如不育剂、拒食剂、驱避剂、昆虫生长发育抑制剂、保幼激素、蜕皮激素等；④包括来源于生物和其他天然物质的生物源农药和用天敌活体生物商品防治有害生物的生物体农药（也称天敌农药）。

农药作为一种毒剂 (toxicant)，与其他毒剂有着很大的不同，应具备下列条件。

1) 使用极少量，加上人为的技术措施（所谓人为的技术措施就是指合理的使用方法，最佳的用药时期，选择适宜的农药剂型，这也称为化学防治技术），造成有机体死亡，或者干扰和破坏生理生化各系统的正常功能。

2) 低残留，不污染环境，对高等动物无积累中毒作用，没有致癌、致畸、致突变作用。

在人们对环境质量要求不断提高的今天，对农药的要求越来越严格，同时也促进了农药的迅猛发展。农药学科不断吸取近代生物化学、分子生物学和基因工程等学科的最新成就，用有机

化合物影响、控制和调节各种有害生物的生长、发育和繁殖过程。在保障人类健康和合理生态平衡的前提下,使有益生物得到有效的保护,有害生物得到较好的控制,以促进现代农业向可持续农业方向发展。因此,在这个过程中所使用的具有特殊生物活性的有机物质都可统称为农药。

## 二、农药的分类

根据农药的定义可知,农药种类繁多。为了便于认识、研究和使用农药,可根据农药的用途、成分、防治对象、作用方式和作用机制等进行分类。

### (一) 根据农药原料来源分类

1) 无机农药 (inorganic pesticide): 由天然矿物质原料加工、配制而成的农药,如硫黄、石灰、硫酸铜、磷化铝等。

2) 有机合成农药 (synthetic-organic pesticide): 有机化学合成的主要由碳、氢元素组成的农药。目前大多数农药都属于有机合成农药,如敌敌畏、多菌灵、烟嘧磺隆。

3) 生物源农药 (biogenic pesticide): 利用生物活体或生物产生的天然活性物质作为农药,以及按照天然活性物质的化学结构或类似衍生结构人工合成的农药。其与环境兼容性好,对靶标生物相对安全,在环境中易降解,如植物性农药(烟草、除虫菊、印楝等)、微生物农药(苏云金杆菌、农用抗生素等)。

### (二) 根据作用对象分类

1) 杀虫剂 (insecticide): 对昆虫机体有直接毒杀作用,以及通过其他途径可控制其种群形成或可减轻害虫为害程度甚至消除害虫为害的药剂。

2) 杀菌剂 (fungicide): 对病原菌能起到杀死、抑制或中和其有毒代谢物,因而可使植物及其产品免受病菌为害或可消除病症的药剂。

3) 除草剂 (herbicide): 可以用来防除杂草的药剂。

4) 杀螨剂 (acaricide, miticide): 可以防除植食性有害螨类的药剂。

5) 杀鼠剂 (rodenticide): 用于毒杀多种场合中各种有害鼠类的药剂。

6) 杀线虫剂 (nematocide, nemacide): 用于防治农作物线虫病害的药剂。

7) 植物生长调节剂 (plant growth regulator): 对植物生长发育有控制、促进或调节作用的药剂。

8) 杀软体动物剂 (molluscicide): 用来防治蜗牛、蛞蝓、田螺、钉螺等有害软体动物的药剂。

### (三) 杀虫剂根据作用方式分类

1) 触杀剂 (contact poison): 杀虫剂与虫体接触后,经过虫体体壁渗透到体内,引起虫体中毒的杀虫剂,如辛硫磷、异丙威。目前使用的杀虫剂大多数属于此类,对各类口器的害虫都适用,但对体被蜡质等保护物的害虫(如蚧、粉虱等)防治效果不佳。

2) 胃毒剂 (stomach poison): 杀虫剂经害虫口腔进入虫体,被消化道吸收后进入体内,到达靶标才可起到毒杀作用的药剂,如辛硫磷。胃毒剂适用于防治黏虫、蝗虫、蝼蛄等咀嚼式口器的害虫,以及防治虹吸式和舐吸式等口器的害虫。

3) 内吸剂 (systemic poison): 杀虫剂能被植物的根、茎、叶或种子吸收并传导到其他部位,使害虫吸食或接触后中毒死亡的药剂,如吡虫啉。内吸剂对刺吸式口器害虫效果较好。

4) 熏蒸剂 (fumigant poison): 以气体状态通过昆虫的呼吸器官进入体内而引起昆虫中毒死亡的药剂, 如敌敌畏、磷化铝、氰氨化钙等。使用时应在密闭条件下, 如氰氨化钙防治地下害虫、土传病原菌和磷化铝片剂防治温室害虫和果树蛀干性害虫等。

5) 拒食剂 (insect antifeedant): 农药所挥发的蒸气可影响昆虫的味觉器官, 使昆虫厌食, 不再取食, 最后因营养衰竭而死亡的药剂, 如拒食胺、印楝素、川楝素等。印楝素浓度为  $0.02 \sim 0.1 \mu\text{g}/\text{mL}$  时对多种害虫如鳞翅目、直翅目等有效。

6) 引诱剂 (rodents attractant): 使用后依靠其物理化学作用 (颜色、气味、光、微波信号、信息素等) 可将害虫诱聚而利于歼灭的药剂。例如, 糖、醋加敌百虫做成毒饵, 以诱杀黏虫。

7) 驱避剂 (insect repellent): 农药所挥发的蒸气使昆虫感到不快而起到驱避作用, 一般对昆虫无毒杀作用, 如避蚊油、卫生球 (樟脑丸)、避蚊胺等。

8) 昆虫生长调节剂 (insect growth regulator): 通过昆虫胃毒或触杀作用, 进入昆虫体内, 阻碍几丁质形成, 影响内表皮生成, 使昆虫蜕皮变态时不能顺利蜕皮、卵的孵化和成虫的羽化受阻或虫体发育成畸形而发挥杀虫效果, 如灭幼脲、噻嗪酮等。

#### (四) 杀虫剂根据化学结构分类

- 1) 有机氯杀虫剂, 如滴滴涕 (DDT)、六六六 (666) 等。
- 2) 有机磷杀虫剂, 如敌敌畏、辛硫磷、丙溴磷等。
- 3) 氨基甲酸酯类杀虫剂, 如抗蚜威、丁硫克百威等。
- 4) 拟除虫菊酯类杀虫剂, 如氰戊菊酯、甲氰菊酯、氟溴氰菊酯等。
- 5) 沙蚕毒素类杀虫剂, 如杀虫双、杀螟单等。
- 6) 氯化烟酰胺类杀虫剂, 如吡虫啉、啉虫脒等。

#### (五) 杀菌剂根据作用方式分类

1) 保护性杀菌剂 (protective fungicide): 在病害流行前施用于植物体表或体外直接与病原菌接触, 杀死或抑制病原、保护植物免受其害, 如波尔多液、速克灵、百菌清等。

2) 治疗性杀菌剂 (therapeutic fungicide): 在植物已经感病以后施药, 可渗入植物组织内部, 杀死萌发的病原孢子、病原体或中和病原的有毒代谢物以消除病症与病状的药剂。

3) 铲除性杀菌剂 (eradication fungicide): 对病原菌有直接强烈杀伤作用的药剂。可以通过熏蒸、内渗或直接接触杀来杀死病原体而消除其危害。一般用于播前土壤处理、植物休眠期或种苗处理。常见的有甲醛、五氯酚、高浓度的石硫合剂等。

4) 免疫性杀菌剂 (immune fungicide) 或诱抗剂 (resistance inducer): 施药后可使植物产生抗药性能, 不易遭受病原菌的侵染和危害, 如诱抗剂等。

#### (六) 杀菌剂根据化学结构分类

- 1) 铜制剂, 如波尔多液、王铜、壬菌铜、噻菌酮等。
- 2) 无机硫杀菌剂, 如硫黄、石硫合剂等。
- 3) 有机硫杀菌剂, 如代森锰锌、福美双、克菌丹等。
- 4) 芳烃类杀菌剂, 如五氯硝基苯、百菌清等。
- 5) 苯并咪唑类杀菌剂, 如多菌灵、噻菌灵、甲基硫菌灵、乙霉威等。
- 6) 羧酰替苯胺类杀菌剂, 如萎锈灵、氧化萎锈灵、戊菌隆等。
- 7) 甾醇生物合成抑制剂, 如咪鲜胺、三唑酮、烯唑醇、腈菌唑、苯醚甲环唑等。



- 8) 苯基酰胺类杀菌剂, 如甲霜灵、精甲霜灵、噁霜灵等。
- 9) 噻唑/噻二唑类杀菌剂, 如三环唑、烯丙苯噻唑、叶枯唑等。
- 10)  $\beta$ -甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂, 如嘧菌酯、醚菌酯、肟菌酯等。
- 11) 苯吡咯类和苯胺基嘧啶类杀菌剂, 如咯菌腈、嘧霉胺等。
- 12) 氨基甲酸酯类、异噁唑类、取代脲类和甲氧基吗啉类杀菌剂, 如霜霉威、恶霉灵、霜脲氰、氟吗啉、烯酰吗啉等。
- 13) 抗生素, 如井冈霉素、中生菌素等。
- 14) 无杀菌毒性化合物, 如活化酯等。
- 15) 有机磷和二甲酰亚胺类杀菌剂, 如异稻瘟净、乙烯菌核利、腐霉利、异菌脲等。

### (七) 除草剂根据作用方式分类

1) 灭生性除草剂 (sterilant herbicide): 对植物缺乏选择性或选择性小的除草剂, 又称非选择性除草剂 (non-selective herbicide)。它对杂草和作物均有伤害作用, 如百草枯、草甘膦等。主要用于田边、公路和铁道边、水渠旁、仓库周围、休闲地、果园、林下。

2) 选择性除草剂 (selective herbicide): 在一定环境条件与用量范围内, 能够有效地防治杂草而不伤害作物, 只杀某一种或某一类杂草的除草剂。例如, 敌稗只杀死稗草, 对水稻无害; 苯磺隆用于小麦田防除双子叶杂草; 莠去津是玉米地杂草的有效除草剂, 对玉米无毒。农业生产中应用的除草剂大多是选择性除草剂。

### (八) 除草剂根据施用方式分类

1) 土壤处理剂: 通过杂草的根、芽鞘或胚轴等部位进入植物体内发生毒杀作用, 一般是在播种前或播种后出苗前施药, 也可在果树、桑树、橡胶树等林下施药, 如氟乐灵、恶草酮、异丙甲草胺等。

2) 茎叶处理剂 (postemergence herbicide): 以喷洒方式将药剂施于杂草茎叶的除草剂, 利用杂草茎叶吸收和传导来消灭杂草, 也称苗 (期) 后处理剂, 如苄嘧磺隆、烟嘧磺隆、精喹禾灵、精吡氟禾草灵、精噁唑禾草灵、烯禾啶等。

3) 茎叶、土壤处理剂: 可做茎叶处理, 也可做土壤处理, 如莠去津等。

### (九) 除草剂根据化学结构分类

- 1) 苯氧羧酸类, 如 2, 4-二氯苯氧乙酸 (2, 4-滴, 2, 4-D)、二甲四氯 (2 甲 4 氯) 等。
- 2) 芳氧苯氧基丙酸酯类除草剂, 如精喹禾灵、高效氟吡甲禾灵、精吡氟禾草灵等。
- 3) 二硝基苯胺类除草剂, 如氟乐灵、二甲戊乐灵等。
- 4) 三氮苯类除草剂, 如莠去津、扑草净、嗪草酮等。
- 5) 酰胺类除草剂, 如乙草胺、异丙甲草胺、丁草胺等。
- 6) 二苯醚类除草剂, 如氟磺胺草醚、三氟羧草醚丁草胺等。
- 7) 磺酰脲类除草剂, 如氯磺隆、苯磺隆、苄嘧磺隆、烟嘧磺隆等。
- 8) 有机磷类除草剂, 如草甘膦、草铵膦、莎稗磷等。
- 9) 联吡啶类除草剂, 如百草枯等。
- 10) 咪唑啉酮类除草剂, 如咪唑乙烟酸等。
- 11) 磺酰胺类除草剂, 如唑嘧磺草胺等。
- 12) 三酮类除草剂, 如硝磺草酮等。