

林玉锁 龚瑞忠 朱忠林 编著

# 农药

## 与生态环境保护



化学工业出版社



(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

农药与生态环境保护/林玉锁等编著. —北京: 化学工业出版社, 2000  
(农用化学品与生态环境保护丛书)  
ISBN 7-5025-2707-9

I. 农… I. 林… III. 农药污染-污染防治  
IV. X592

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 63837 号

---

农用化学品与生态环境保护丛书

**农药与生态环境保护**

林玉锁 龚瑞忠 朱忠林 编著

责任编辑: 孙绥中 郑叶琳

责任校对: 李丽 郑捷

封面设计: 蒋艳君

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 7 字数 180 千字  
2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-2707-9/TQ·1188

定 价: 13.00 元

---

**版权所有 违者必究**

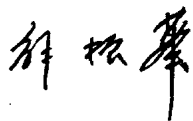
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 序

人口、资源、环境是当今人类社会面临的重大社会问题。在未来的 30 年内，我国人口估计可能达到 16 亿。随着人口的增加、耕地的减少和人们生活消费水平的提高，对粮食和其他农副产品的需求也会愈来愈大。因此，科学合理地施用化肥、农药、塑料农膜等农用化学品是保证粮食增产和粮食品质的重要措施。

随着化肥、农药、塑料农膜等农用化学品施用量的增加，如果不注意科学合理地施用，不但降低其使用效率，增加产品成本，而且将造成严重的环境污染和生态破坏。长期过量使用化肥、农药和塑料农膜将导致土壤板结、地力下降、水体污染和富营养化，破坏自然生态系统的结构和功能，最终危害人体健康，影响人类生存。

目前我国农村化肥、农药和塑料农膜面源污染日益严重，已引起全社会的广泛关注。为保证我国农业的可持续发展，不仅要科学合理地施用化肥、农药、塑料农膜等农用化学品，还要大力开发、研究清洁生产新工艺，研制高效、低毒、低残留的农药品种，推广利用生物肥料、生物农药、降解农膜及其他综合治理技术和措施。希望《农用化学品与生态环境保护丛书》的问世，能够为环保和农业战线的各级管理干部和广大科技人员提供理论和实践方面的指导。



一九九九年九月二十三日

## 内 容 提 要

《农药与生态环境保护》是《农用化学品与生态环境保护丛书》之一，是一本指导正确使用农药，保护生态环境的农药实用技术书。

本书在系统论述了农药对土壤、水体和大气的污染，农药对人体健康的影响与危害，农药对生物链、食物链的破坏等内容后，提出了环境保护的具体措施与方法，并对当今人们关心的生态环境保护与农药新品种的研究、开发问题，进行了介绍与探讨。内容充实，重点突出。

本书的作者是国内长期从事农药与环境保护的研究人员，汇集了多年的研究成果与经验，因此资料翔实、可靠，是一本实用性与可操作性较强的技术用书，适合从事农药科研、设计、生产、经营的工程技术人员，环保和农业战线的各级管理干部和广大科技人员，并可作为环保、农化专业有关师生的参考用书。

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....            | 1  |
| 一、农药的定义及分类 .....        | 1  |
| 二、世界农药发展概况 .....        | 3  |
| 1. 天然药物时代 .....         | 3  |
| 2. 无机农药时代 .....         | 3  |
| 3. 有机合成农药时代 .....       | 4  |
| 三、我国农药发展概况 .....        | 5  |
| 1. 我国农药发展历史 .....       | 5  |
| 2. 我国农药使用情况 .....       | 7  |
| 四、农药在农业生产中的地位和作用 .....  | 7  |
| 五、农药环境污染与生态环境保护 .....   | 9  |
| 第二章 农药对土壤、水和大气污染 .....  | 13 |
| 一、农药对土壤的污染 .....        | 13 |
| 1. 我国土壤农药污染的历史与现状 ..... | 13 |
| 2. 土壤污染的途径 .....        | 16 |
| 3. 农药在土壤中的环境行为 .....    | 16 |
| 二、农药对水体的污染 .....        | 21 |
| 1. 水体农药污染的途径 .....      | 21 |
| 2. 水体中农药污染的状况 .....     | 21 |
| 3. 水体中农药的迁移、降解 .....    | 32 |
| 三、农药对大气的污染 .....        | 33 |
| 1. 农药对大气污染的途径 .....     | 33 |
| 2. 农药对大气污染的状况 .....     | 34 |
| 3. 大气中残留农药的迁移、降解 .....  | 35 |
| 第三章 农药对人体健康的影响与危害 ..... | 38 |
| 一、概述 .....              | 38 |
| 1. 化学品与人体健康 .....       | 38 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 2. 环境优先污染物 .....            | 38 |
| 3. 各国公布的环境优先污染物中的农药品种 ..... | 40 |
| 二、人体对农药的吸收 .....            | 44 |
| 1. 作物中农药残留 .....            | 44 |
| 2. 畜禽产品、水产品中农药残留 .....      | 46 |
| 3. 农药在人体中的分布 .....          | 47 |
| 三、农药对人体的急性危害 .....          | 48 |
| 1. 农药的毒性 .....              | 48 |
| 2. 农药对人体中毒危害症状 .....        | 50 |
| 3. 我国农药中毒情况 .....           | 57 |
| 四、农药对人体慢性危害 .....           | 58 |
| 1. 对酶系的影响 .....             | 58 |
| 2. 组织病理改变 .....             | 58 |
| 3. 三致作用 .....               | 59 |
| <b>第四章 农药对水生生物的毒性</b> ..... | 60 |
| 一、概述 .....                  | 60 |
| 二、农药对水生生物毒性试验 .....         | 60 |
| 三、不同农药对水生生物的毒性 .....        | 61 |
| 1. 有机氯农药对鱼类的毒性 .....        | 61 |
| 2. 有机磷农药对鱼类的毒性 .....        | 64 |
| 3. 氨基甲酸酯类农药对鱼类的毒性 .....     | 72 |
| 4. 菊酯类农药对鱼类的毒性 .....        | 74 |
| 5. 除草剂对鱼类的毒性 .....          | 77 |
| <b>第五章 农药对陆生生物的毒性</b> ..... | 79 |
| 一、农药对鸟类的毒性 .....            | 79 |
| 1. 农药对鸟类的毒性试验 .....         | 79 |
| 2. 常用农药对鸟类的急性毒性 .....       | 80 |
| 二、农药对蜜蜂的毒性 .....            | 82 |
| 1. 农药对蜜蜂的毒性试验 .....         | 82 |
| 2. 常用农药对蜜蜂的急性毒性 .....       | 83 |
| 三、农药对赤眼蜂的毒性 .....           | 84 |
| 1. 农药对赤眼蜂的毒性试验 .....        | 84 |
| 2. 常用农药对赤眼蜂的急性毒性 .....      | 85 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 四、农药对家蚕的毒性 .....             | 86         |
| 1. 农药对家蚕的毒性试验 .....          | 87         |
| 2. 常用农药对家蚕的急性毒性 .....        | 88         |
| 五、农药对蚯蚓的毒性 .....             | 89         |
| 1. 农药对蚯蚓的毒性试验 .....          | 89         |
| 2. 常用农药对蚯蚓的急性毒性 .....        | 91         |
| 六、农药对植物的敏感性 .....            | 91         |
| 1. 药害类型 .....                | 91         |
| 2. 药害症状 .....                | 92         |
| 3. 产生药害的原因 .....             | 92         |
| 4. 对农药敏感的作物 .....            | 96         |
| 5. 药害调查指标 .....              | 99         |
| 6. 防止药害的措施 .....             | 100        |
| <b>第六章 农药对生物多样性的影响 .....</b> | <b>103</b> |
| 一、概述 .....                   | 103        |
| 二、农药对生态食物链的影响 .....          | 104        |
| 三、农药对鸟类种群的影响 .....           | 106        |
| 四、农药对昆虫种群的影响 .....           | 112        |
| 五、农药对土壤生态系的影响 .....          | 118        |
| 1. 农药对土壤无脊椎动物种群的影响 .....     | 118        |
| 2. 农药对土壤微生物生态系的影响 .....      | 120        |
| <b>第七章 病虫害综合防治 .....</b>     | <b>125</b> |
| 一、概述 .....                   | 125        |
| 二、生物防治技术 .....               | 126        |
| 1. 作物虫害的生物防治 .....           | 126        |
| 2. 作物病害的生物防治 .....           | 130        |
| 三、农业防治技术 .....               | 131        |
| 1. 合理利用土地 .....              | 132        |
| 2. 田园卫生 .....                | 133        |
| 3. 耕作措施 .....                | 133        |
| 4. 水肥管理 .....                | 134        |
| 5. 利用抗性品种 .....              | 134        |
| 6. 利用陪植植物 .....              | 135        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 四、物理及机械防治技术 .....            | 137        |
| 1. 隔离法 .....                 | 137        |
| 2. 消除法 .....                 | 137        |
| 3. 热处理 .....                 | 137        |
| 4. 捕杀 .....                  | 138        |
| 5. 诱杀 .....                  | 138        |
| 五、其他防治方法 .....               | 139        |
| 1. 昆虫性激素治虫 .....             | 139        |
| 2. 声波干扰与脉冲电击 .....           | 139        |
| 3. 利用天敌 .....                | 139        |
| <b>第八章 农药新品种的开发 .....</b>    | <b>141</b> |
| 一、概述 .....                   | 141        |
| 二、新农药研究开发的趋势 .....           | 143        |
| 1. 新农药研究开发面临的困难 .....        | 143        |
| 2. 新农药开发的动向 .....            | 143        |
| 三、新农药研究开发的程序 .....           | 147        |
| 1. 新农药研究开发概述 .....           | 147        |
| 2. 化学化工系列 .....              | 147        |
| 3. 生物活性与药效系列 .....           | 149        |
| 4. 毒性与环境系列 .....             | 151        |
| 5. 评价系列 .....                | 153        |
| 6. 其他系列 .....                | 153        |
| <b>第九章 农药生产过程中污染控制 .....</b> | <b>155</b> |
| 一、概述 .....                   | 155        |
| 二、农药生产过程中污染分析 .....          | 155        |
| 1. 一般调查 .....                | 155        |
| 2. 污染影响因素分析 .....            | 155        |
| 3. 环保措施方案分析 .....            | 157        |
| 4. 厂区布置合理性分析 .....           | 157        |
| 5. 工程分析 .....                | 157        |
| 三、废气污染控制与处理 .....            | 159        |
| 1. 农药废气处理 .....              | 161        |
| 2. 废气中粉尘除尘处理 .....           | 163        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 四、农药废水污染控制与处理 .....                  | 165        |
| 1. 物理方法 .....                        | 165        |
| 2. 化学方法 .....                        | 166        |
| 3. 物理化学方法 .....                      | 166        |
| 4. 生物处理法 .....                       | 167        |
| 五、固体废渣污染控制与处理 .....                  | 167        |
| 1. 填埋法 .....                         | 168        |
| 2. 固化法 .....                         | 168        |
| 3. 化学处理法 .....                       | 168        |
| 4. 生物处理法 .....                       | 168        |
| 5. 焚烧处理法 .....                       | 168        |
| 六、与国外的差距及建议 .....                    | 169        |
| 1. 与国外的差距 .....                      | 169        |
| 2. 建议 .....                          | 169        |
| <b>第十章 土壤中农药生物降解与污染土壤的生物修复 .....</b> | <b>171</b> |
| 一、概述 .....                           | 171        |
| 二、土壤中农药的生物降解 .....                   | 171        |
| 1. 生物降解的概念 .....                     | 171        |
| 2. 土壤中农药降解的基本过程 .....                | 173        |
| 3. 微生物代谢农药的方式及途径 .....               | 174        |
| 4. 有关农药降解的酶学研究 .....                 | 176        |
| 5. 根际环境中的农药降解 .....                  | 178        |
| 6. 影响农药生物降解的因素 .....                 | 180        |
| 三、污染土壤的生物修复 .....                    | 180        |
| 1. 意义 .....                          | 180        |
| 2. 生物修复的概念及原理 .....                  | 182        |
| 3. 生物修复的技术方法 .....                   | 184        |
| 4. 生物修复技术的特点及今后的发展 .....             | 185        |
| <b>第十一章 农药环境污染事故调查诊断 .....</b>       | <b>189</b> |
| 一、概述 .....                           | 189        |
| 二、农药环境污染事故类型、特点及等级 .....             | 190        |
| 1. 类型和特点 .....                       | 190        |
| 2. 污染事故等级 .....                      | 191        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 三、农药环境污染事故调查诊断一般程序 .....        | 193 |
| 1. 原则和要求 .....                  | 193 |
| 2. 调查诊断工作程序和步骤 .....            | 194 |
| 四、污染（暴露）途径分析 .....              | 197 |
| 五、环境污染事故调查诊断中的因果关系分析 .....      | 199 |
| 1. 环境污染事故处理中因果关系的特点 .....       | 199 |
| 2. 环境污染事故因果关系分析确定的基本原则和内容 ..... | 200 |
| 3. 环境污染事故因果关系分析的基本步骤 .....      | 201 |
| 4. 环境污染事故因果关系推定 .....           | 202 |
| 六、污染事故现场采样监测 .....              | 204 |
| 1. 事故现场采样监测的特点 .....            | 204 |
| 2. 对样品采集、固定及保存的要求 .....         | 204 |
| 3. 农药污染物检测 .....                | 206 |
| 参考文献 .....                      | 211 |

# 第一章 绪 论

## 一、农药的定义及分类

目前在讨论农药的环境污染问题时，主要是指化学农药。所谓化学农药，一般是指用于防治农、林、牧业病，虫，草，鼠害和其他有害生物（含卫生害虫）以及调节植物生长的药物及加工制剂。

按照农药的主要防治对象、作用方式、来源和化学结构可以将农药分为不同的类型（见图 1-1）。主要使用的农药品种（见表 1-1）。

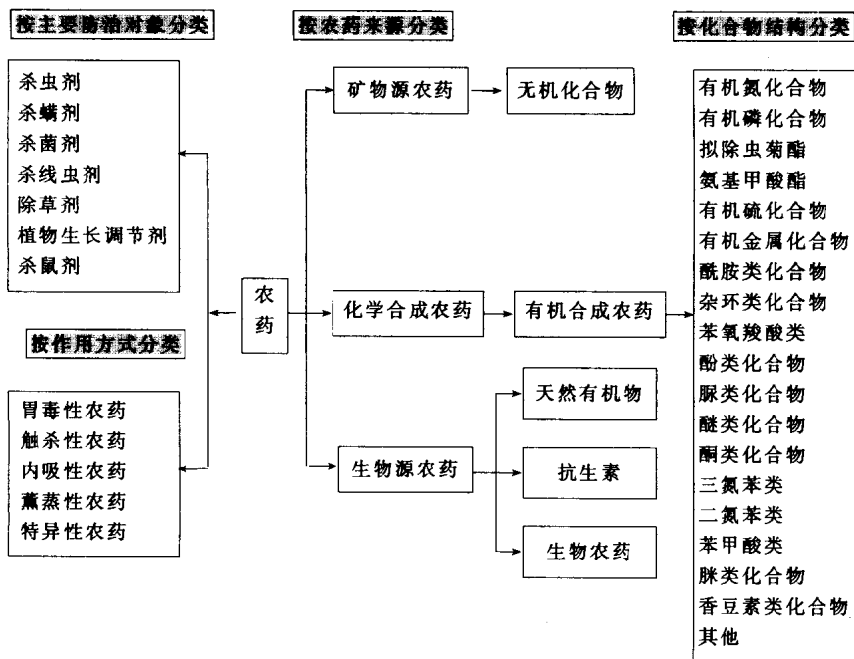


图 1-1 农药分类

人们常说的农药一般有原药和农药剂型之分。农药原药是指没有经过加工的农药，如果是固体粉状，就叫原粉；如果是油类液体就叫

表 1-1 主要使用的农药品种

| 杀虫、杀线虫剂                                                                                                                        | 杀菌剂                                    | 除草剂                                         | 其他                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 有机氯:六六六、滴滴涕、林丹、毒杀芬、硫丹                                                                                                          | 杂环类:多菌灵、噻菌灵、叶枯净、十三吗啉、乙烯菌核利、敌菌灵、萎锈灵、稻瘟灵 | 苯氧类:2,4-滴、2甲4氯、2,4-滴丁酯                      | 杀螨剂:三氯杀螨醇、克螨锡、哒螨灵、华光霉素、单甲胍、三环锡、三唑锡、四螨嗪                                  |
| 有机磷:敌敌畏、敌百虫、乐果、氧乐果、磷胺、对硫磷、甲基对硫磷、甲胺磷、马拉硫磷、水胺硫磷、久效磷、甲基异柳磷、杀螟磷、辛硫磷、杀虫畏、毒死蜱、甲基毒死蜱、皮蝇磷、伏杀磷、啶啉氧磷、倍硫磷、乙酰甲胺磷、哒嗪硫磷、啉硫磷、甲拌磷、治螟磷、亚胺硫磷、二嗪磷 | 三唑类:三唑酮、三环唑、烯唑醇                        | 酰胺类:甲草胺、丁草胺、乙草胺、异丙甲草胺、敌稗                    | 杀鼠剂:安妥、敌鼠钠盐、磷化锌、灭鼠优、杀鼠灵、杀鼠迷、溴敌隆、鼠甘伏                                     |
| 氨基甲酸酯:克百威、甲萘威、叶蝉散、涕灭威、丁苯威、残杀威、速灭威、灭多威、恶虫威、乙硫苯威、硫双灭多威                                                                           | 苯类:甲基硫菌灵、五氯硝基苯、百菌清、敌克松                 | 甲苯胺类:氟乐灵                                    | 薰蒸剂:溴甲烷、氯化苦、二氯乙烷                                                        |
| 拟除虫菊酯:胺菊酯、吡啶菊酯、氰戊菊酯、戊菊酯、氯菊酯、二氯苯醚菊酯、甲醚菊酯、甲氰菊酯、溴氰菊酯、炔戊菊酯、氟氯菊酯                                                                    | 有机磷类:稻瘟净、异稻瘟净、克瘟散、三磷铝                  | 磺酰胺类:绿麦隆、绿磺隆、甲磺隆、绿啉磺隆、啉磺隆、胺苯磺隆、苯磺隆、吡啶磺隆     | 增效剂:增效磷                                                                 |
| 其他:杀虫双、鱼藤酮、苏云金杆菌、藜芦碱、杀虫环、三氯杀虫酯                                                                                                 | 硫类:硫黄、石硫合剂、代森锌、代森锰锌、代森铵、福美双、福美铵、甲基硫双灵  | 氨基甲酸酯类:氯苯胺灵、灭草灵、甜菜宁、甜菜安、燕麦敌、野草畏、灭草猛、禾草丹、草达平 | 植物生长调节剂:矮壮素、赤霉素、多效唑、氯吡脞、复硝酚钾、复硝酚钠、甲哌隆、 $\alpha$ -萘乙酸、三十烷醇、烯效唑、乙烯利、芸苔素内酯 |
|                                                                                                                                | 铜汞类:波尔多液、硫酸铜、碱式碳酸铜、络铜铜、抗枯灵、毒克星         | 酚类:五氯酚钠                                     | 解毒剂:解草安                                                                 |
|                                                                                                                                | 有机锡砷类:福美肿、福美甲肿、苏化-911                  | 二苯醚类:乙氯氟草醚、除草醚                              |                                                                         |
|                                                                                                                                | 抗菌素类:井冈霉素、春雷霉素、链霉素、氯霉素、灭瘟素             | 三氮苯类:莠去津、西玛津、氟草津、西草净、扑草净                    |                                                                         |
|                                                                                                                                | 其他:复硝酚钠、敌磺钠、琥珀酸                        | 杂环类:毒莠定、敌草快、百草枯、野燕枯、杀草松                     |                                                                         |
|                                                                                                                                |                                        | 其他类:茅草枯、草甘膦、禾草灵、啉禾灵、恶唑灵                     |                                                                         |

原油。农药剂型是指把一定数量的农药原药，根据不同的要求，按一定比例配进一定数量的填充剂、湿润剂或溶剂、乳化剂等，经过机械的粉碎或混合、混溶、干燥等加工处理后制成符合一定规格质量的加工产品，这种加工产品所表现的形态称之为农药的剂型。通常情况下，绝大多数的原药都需经过加工制成一定的剂型后才能使用。

目前我国常用农药剂型主要有粉剂、颗粒剂、乳油。粉剂是一种药剂和填充料加工配制而成的；可湿性粉剂是在加工过程中除药剂、填充料外，还要加入一定数量的湿润剂，如茶枯饼、皂角、洗衣粉等，这种粉剂加水后能被水所湿润，并能均匀地悬浮在水中，可作喷雾之用；乳油是农药（原油）溶解在溶剂中，再加入乳化剂混溶调制成均匀透明的油状液体；颗粒剂是将药剂加工成一种颗粒状剂型；油剂是将定量药剂溶解在定量的溶剂中而加工成的。此外，还有烟剂、雾剂、微粒剂、胶囊剂、片剂、水剂等，但这些剂型使用尚不普遍。

## 二、世界农药发展概况

农药的使用可追溯到公元前 1000 年。在古希腊，已有用硫黄熏蒸害虫及防病的记录。中国也在公元前 7~5 世纪用莽草、蜃炭灰、牡蛎等灭杀害虫。但作为农药大规模发展的历史，大致可从 20 世纪 40 年代来划分：在 20 世纪 40 年代以前，以天然药物及无机化合物农药为主的天然和无机药物时代；从 20 世纪 40 年代初期开始进入有机合成农药的时代。

### 1. 天然药物时代

早期人类在生产实践中逐渐认识到一些天然物具有防治农牧业中有害生物的性能。到 17 世纪，已发现了某些真正具有实用价值的农用药物。他们把烟草、松脂、除虫菊、鱼藤等杀虫植物加工成制剂作为农药使用。1763 年，法国人用烟草和石灰粉防治蚜虫，这是世界上首次报导的杀虫剂。1800 年，美国人发现除虫菊粉杀灭虱、蚤，并于 1828 年将除虫菊花加工成防治卫生害虫的杀虫粉。这类药剂的普遍使用，是早期农药发展历史的重大事件，并至今仍在使用。

### 2. 无机农药时代

开发最有代表性的无机农药是铜制剂和砷制剂等。1882 年法国的 P. M. A. Millardet 在波尔多地区发现用硫酸铜与石灰水混液有防治葡萄霉病的效果，由此出现了波尔多液，并从 1885 年起作为保护性杀菌剂广泛应用，直到目前仍在广泛使用。在无机杀虫剂中，砷酸钙、砷酸钠等被大量用作杀虫剂，亚砷酸盐、硼酸盐、氯酸盐等则被用作灭生性除草剂，亚砷酸、黄磷、硫酸铊、碳酸铜、磷化锌被用作杀鼠剂。

### 3. 有机合成农药时代

有机合成农药时代又可分成两个时期：有机合成农药的前期和当代有机合成农药时期。

有机合成农药前期：首先是从有机氯开始，在 40 年代初出现了滴滴涕、六六六。第二次世界大战后，出现了有机磷类杀虫剂。50 年代又发展了氨基甲酸酯类杀虫剂。这三类农药成了当时杀虫剂的三大支柱。此外，有关杀菌剂、除草剂、植物生长调节剂等农药也得到了发展。在这一时期，是有机合成农药迅速发展的阶段。到 70 年代中期，世界农药产品已达 1300 种，年产达 5000 吨（折纯）的大吨位产品达 30~40 个，农药产量达 200 万吨（折纯）。

当代有机合成农药时期：值得提出的是，这一时期的标志是因为环境保护已受到了特别的关注。由于高残留农药的环境污染问题的出现，从 70 年代开始，许多国家陆续禁用滴滴涕、六六六等高残留的有机氯农药和有机汞农药，并建立了环境保护机构以加强对农药的管理。特别是美国于 1970 年制定了环境保护法，并把农药登记审批工作由原来农业部划归为环境保护局管理。同时把慢性毒性和对生态环境影响列为考察农药的首位因素。从此，人们把新农药的开发目标转向易降解、低残留、高活性及对环境有益生物比较安全的方向发展。在杀虫剂方面，仿生农药如拟除虫菊酯类、沙蚕毒素类的农药被开发和应用，尤其是拟除虫菊酯类杀虫剂的开发，被认为是杀虫剂农药的一个新的突破。另外还开发了不少能抑制昆虫生长的调节剂（又称之为第三代杀虫剂）和昆虫行为调节剂（称之为第四代杀虫剂）。在杀菌剂方面，开发出许多含氮杂环化合物，其中以三唑类杀菌剂的开发最为突出。在除草剂方面，高活性的磺酰脲类和唑啉酮类除草剂的开发，可谓是除草剂领域的一大革命。在这一时期，植物生长调节剂的发展也十分引人注目。

目前，世界农药总产量（以有效成分计）达 200 多万吨，生产和使用的主要农药原药达 100 多种。在总产量中，大吨位的品种主要是有机氯、有机磷、氨基甲酸酯类化合物。其中除草剂 80 万吨，占 40%；杀虫剂 70 万吨，占 35%；杀菌剂 40 万吨，占 20%；其他约 10 万吨，占 5%。

### 三、我国农药发展概况

#### 1. 我国农药发展历史

我国是使用农药最早的国家之一，有着十分悠久的历史。但是作为当代农药发展来说，我国农药工业发展却落后于世界较发达国家，主要是从解放后才真正开始起步的。1950年开始生产六六六。1957年中国建成了第一家有机磷杀虫剂生产厂，开始了有机磷杀虫剂的生产。在60年代和70年代，主要发展有机氯、有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂品种，同时杀菌剂和植物生长调节剂也得到了发展。1973年，我国停止使用汞制剂，并开发了稻瘟净、多菌灵等杀菌剂以替代汞制剂。自70年代后期到80年代，高效、安全的农药新品种不断得到开发。1983年，我国停止使用了高残留有机氯杀虫剂六六六、滴滴涕等品种，替代农药品种不断发展，扩大了有机磷和氨基甲酸酯类农药的产量，并开发了拟除虫菊酯类及其他杀虫剂。同时，杀菌剂农药和除草剂农药也得到发展和应用。回顾我国农药发展历史，具有以下几个特点：

(1) 起步晚，但发展速度快。表现在农药工业从无到有，据1995年统计，国内已申请登记的厂家近1000家，其中县级以上的农药生产企业有200多家，国家重点骨干企业15家；农药生产品种由少到多，表1-2反映了我国各阶段主要农药品种变化情况。1986年我国农药原药品种只有75个，1995年发展到218个，制剂也从1985年的102种

表 1-2 我国各阶段主要农药品种情况

| 年 代         | 农 药 品 种                                                                                                                                                      |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1949 年以前    | 砷酸钙、砷酸铅、硫酸铜、硫磺、鱼藤酮、除虫菊等                                                                                                                                      |
| 1949~1960 年 | 滴滴涕、六六六、敌百虫、对硫磷、代森锌、福美双、2,4-滴、禁乙酸等                                                                                                                           |
| 1960~1983 年 | 乐果、马拉硫磷、敌敌畏、杀螟硫磷、甲胺磷、甲基对硫磷、久效磷、甲萘威、杀虫脒、异丙威、敌鼠钠、杀鼠灵、稻脚青、稻瘟净、井冈霉素、多菌灵、除草醚、绿麦隆、莠去津、西玛津、草甘膦、赤霉素、乙烯利、矮壮素等                                                         |
| 1983~1994 年 | 甲基对硫磷、辛硫磷、三唑磷、啶硫磷、水胺硫磷、氧乐果、溴丙磷、克百威、灭多威、胺菊酯、氯菊酯、氰戊菊酯、氯氰菊酯、甲氰菊酯、杀虫双、双甲脒、速螨酮、四螨嗪、阿维菌素、粉锈宁、克瘟灵、甲霜灵、代森锰锌、甲基硫菌灵、百菌清、丁草胺、禾草丹、草除啉、乙草胺、氯磺隆、甲磺隆、溴敌隆、溴鼠隆、多效唑、芸苔素内酯、助壮素等 |

发展到1995年的839种；农药生产能力由小到大，目前具有年产40多万吨纯药的生产能力，产量位居世界第二。我国近几十年农药生产情况（见表1-3）。

表 1-3 我国农药生产量、施用量、进口量/10kt

| 年 份  | 生产量  | 施用量   | 进口量 | 粮食作物总产量 |
|------|------|-------|-----|---------|
| 1981 | 48.4 |       | 1.7 | 32502   |
| 1982 | 45.7 |       | 1.6 | 35450   |
| 1983 | 33.1 |       | 6.1 | 38728   |
| 1984 | 29.9 |       | 5.9 | 40713   |
| 1985 | 21.1 |       | 1.6 | 37911   |
| 1986 | 20.3 |       | 0.7 | 39151   |
| 1987 | 16.1 |       | 1.0 | 40298   |
| 1988 | 17.9 |       | 3.4 | 39408   |
| 1989 | 20.8 |       | 3.7 | 40755   |
| 1990 | 22.8 |       | 2.8 | 44624   |
| 1991 | 25.5 | 76.1  | 3.2 | 43529   |
| 1992 | 28.1 | 79.5  | 3.9 | 44266   |
| 1993 | 25.7 | 84.9  | 2.4 | 45649   |
| 1994 | 29.0 | 87.1  | 3.2 | 44510   |
| 1995 | 41.7 | 108.7 | 3.4 | 46662   |
| 1996 | 44.8 | 114.1 | 3.2 | 50454   |
| 1997 | 55.2 | 119.5 | 4.9 | 49417   |

注：资料来源于中国农业发展报告 1998。

(2) 我国农药发展与世界农药发展潮流相一致，即总的趋势大致上由高毒、高残留农药品种向高效、低毒、低残留农药品种变化（见表1-4和表1-5）。

表 1-4 不同毒性农药品种数量变化

| 农 药  | 占总农药品种的百分数/% |        |
|------|--------------|--------|
|      | 1983 年       | 1992 年 |
| 高毒农药 | 25           | 16     |
| 中毒农药 | 34           | 27     |
| 低毒农药 | 41           | 57     |

表 1-5 不同用量农药品种数量变化

| 使用量/(g/hm <sup>2</sup> ) | 占总农药品种的百分数/% |        |
|--------------------------|--------------|--------|
|                          | 1982 年       | 1992 年 |
| 150                      | 2            | 30     |
| 150~750                  | 45           | 36     |
| 750~1500                 | 34           | 18     |
| >1500                    | 19           | 16     |

(3) 经过几十年的努力,我国农药工业已形成了一个协同发展的体系,从活性结构的合成筛选、田间效应、环境评价、制剂加工、安全评价到生产工艺设计等,形成了一支研究、生产、应用、监测和销售队伍。农药产品不仅能满足国内需要,并且打入了国际市场。目前,我国正在加强农药新产品开发研制工作,可以相信,我国农药必将有广阔的发展前景。

## 2. 我国农药使用情况

农药是农业生产十分重要的生产资料。解放后,随着我国农业生产的飞跃发展,农药使用量也相应增加。我国幅员辽阔,各地的自然条件、耕作制度和作物品种差异很大,病虫害发生和分布具有明显的区域性。所以,就全国来说,全国平均用量为 2.33 kg/hm<sup>2</sup>,各地用药水平极不平衡,农药用量的地带性分布和区域性特点十分明显,由表 1-6 可以看出,农药用量水平与区域社会经济发达程度和农业生产水平密切相关,呈现出从西到东、从北到南逐渐递增的分布特征。

## 四、农药在农业生产中的地位和作用

大量事实表明,农药的作用是不容置疑的。从不使用农药的自然农业发展到使用农药的现代农业,农药作出了积极的贡献。表 1-7 给出了世界粮食产量因病、虫、草害损失的估计数据。由此可见,如不施用农药,因受病、虫、草害的影响,人均粮食将损失 1/3。

有关调查资料表明,如果农业生产上不使用杀虫剂,而用非化学防治方法来替代,估计由害虫引起的作物损失还要增加 5%;停止使用杀菌剂,作物的损失估计将增加 3%;如果限制使用除草剂,作物损失将增加 1%。据报道,在美国,不使用农药,农作物和畜产品减产 30%,