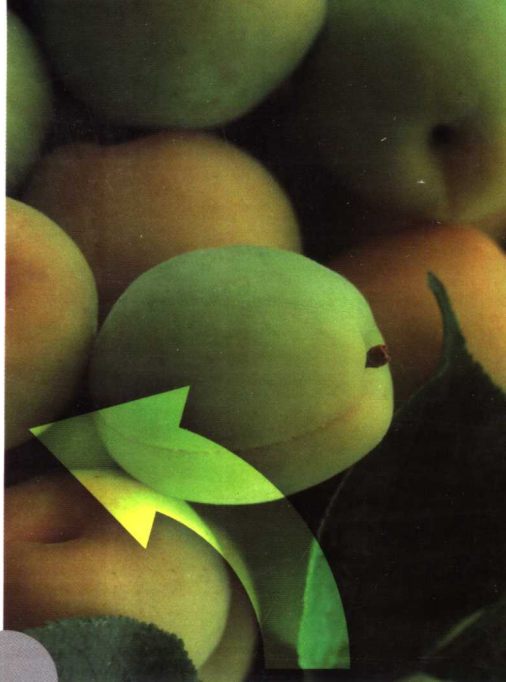


# 无公害农药



张兴 主编

# 农药无公害化

化学工业出版社

# 无公害农药·农药无公害化

张 兴 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书由作者经长期从事无公害农药科研、生产总结而成，详细阐述了农药与公害，无公害农药的特点、产品、药效评价、研制、生产、流通和使用的整套理论与实践，深入剖析了农药无公害化对可持续农业发展的影响，从而提出自己探索出的途径和办法。

本书适合广大农药研发人员、各级农药管理及决策人员阅读。也可供大专院校农药、植保等相关专业师生参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

无公害农药·农药无公害化/张兴主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-122-00891-6

I. 无… II. 张… III. 无污染农药 IV. X384 S482

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 114724 号

---

责任编辑: 杨立新  
责任校对: 郑捷

文字编辑: 刘军  
装帧设计: 关飞

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司  
850mm×1168mm 1/32 印张 4¼ 字数 108 千字  
2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 10.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

20世纪60年代以来,国际上植物化学保护理论出现重大进展。为了保护生态环境,保障食品安全,实现农业可持续发展,先后提出了有害生物综合防治(IPC)、有害生物综合管理(IPM)、农业综合生产与保护(IPP)等理论。本书的编者们有幸在这样的时代背景下,接受现代植物保护的系统教育,投身于农药学教学与科研。在30多年的理论研究与科学实践中,努力探索,认真思考,试图为现代农业绝对离不开而又不断遭受非议的“农药”找到一条切实可行的出路。经过长期的积累,逐渐形成了一套农药学新理念——“无公害农药”与“农药无公害化”。它植根于传统的农药学和植物保护实践,又有别于传统理念。它与国际现代植物保护理论相容,又独具中国特色。希望这一理念的提出,能引起关心农药的社会各界仁人志士的深入思考,密切合作,确定我国农药的正确发展方向,推进我国农药产业健康发展,服务现代农业,保护绿色环境,保障人民健康。

为便于读者系统了解本书主题概念的产生、发展和提出,可以参考本科研团队近年来发表的相关文章,如《害虫化学防治概念的新进展》、《试论无公害农药》、《生物农药评述》、《试论农药无公害化》等。

本书由“西北农林科技大学无公害农药研究服务中心”科研团队多位博士经过对主题思想、编写大纲、二级提纲、三级提纲,甚至编写内容进行了多次讨论和反复修改,再分头执笔撰写,最后统编成书。所以,奉献给读者的这部著作是科研团队多年科研实践的总结,是集体智慧的结晶。各章具体编写分工如下。

第一章 农业与农药(陈根强)

第二章 农药与公害(徐尊明)

第三章 无公害农药（冯俊涛，陈根强，徐敦明）

第四章 农药无公害化——农药学新理念（李广泽，江志利）

第五章 农药无公害化——农药学新实践（马志卿，潘立刚，冯俊涛，周一万）

第六章 农药无公害化与可持续农业（陈根强，李广泽）

全书由张兴统稿。这里特别要说明的是，全书由陈毓荃教授协助统稿和定稿。陈毓荃教授在统稿中，不但在文字加工、内容调整安排等方面做了大量、细致的工作，而且对书中的一些新概念，特别是“生物技术农药”的提出也作了详尽的叙述。在本书定稿之际，谨向陈毓荃教授表示最衷心的感谢！沈阳化工研究院康卓先生和化学工业出版社的编辑，对本书选题的确定给予了极大鼓励和支持，在很大程度上促成了本书的写作和完稿，在此表示诚挚谢意！

虽然本书的完稿因工作繁忙一拖再拖，但最后成书还是结束于繁忙之中。因此疏漏与不当之处在所难免，敬请农药学界各位前辈、同仁及关心农药事业的各位读者不吝赐教！尤其欢迎社会各界人士和我们建立密切联系，长期进行农药学方面的交流与探讨。这种互动机制不仅是学术上的需要，对推动农药事业的健康发展也是十分有益的。

张 兴

二〇〇七年五月

于杨凌西北农林科技大学

# 目 录

第一章 农业与农药 .....	1
第二章 农药与公害 .....	4
第一节 公害 .....	4
第二节 农药与公害 .....	5
一、农药与环境 .....	5
二、农药的环境行为 .....	7
(一) 农药的残留与降解 .....	7
(二) 农药的移动、扩散及转化 .....	8
三、农药的生态效应 .....	9
(一) 农药对天敌的影响 .....	9
(二) 农药对土壤生物的影响 .....	10
(三) 农药对蜜蜂的毒害作用 .....	10
(四) 农药对家蚕的影响 .....	10
(五) 农药对鸟类的影响 .....	11
(六) 农药对鱼类的影响 .....	11
(七) 生物富集 .....	12
(八) 除草剂对后茬作物的影响 .....	12
四、农药对人体健康的危害 .....	13
(一) 急性毒作用 .....	13
(二) 慢性毒作用 .....	13
(三) 在人体内蓄积 .....	13
(四) 对酶类的影响 .....	14
(五) 对神经系统的作用 .....	14
(六) 对免疫功能的影响 .....	14
(七) 对生殖机能的影响 .....	14
五、农药与公害 .....	15
(一) 农药的污染途径 .....	15

(二) 农药公害的现状 .....	16
(三) 食品的农药污染 .....	17
(四) 关注农药公害的原因 .....	17
<b>第三节 正确看待农药和农药公害 .....</b>	<b>22</b>
一、化学农药的功与过 .....	22
二、农药公害可以消除 .....	23
<b>第三章 无公害农药 .....</b>	<b>24</b>
<b>第一节 无公害农药的概念 .....</b>	<b>24</b>
<b>第二节 无公害农药的特点 .....</b>	<b>25</b>
一、对哺乳动物毒性较低 .....	26
二、对环境比较安全 .....	26
三、防治谱较窄，选择性较强 .....	27
四、对靶标生物作用缓慢 .....	27
五、对非靶标生物相对安全 .....	28
<b>第三节 无公害农药产品 .....</b>	<b>30</b>
一、无公害农药的类别 .....	31
(一) 矿物质农药 .....	31
(二) 动物源农药 .....	31
(三) 微生物农药 .....	31
(四) 植物源农药 .....	32
(五) 化学合成的无公害农药 .....	33
(六) 基因工程农药 .....	34
二、代表性无公害农药品种介绍 .....	35
(一) 无机或矿物性农药 .....	35
(二) 微生物农药 .....	35
(三) 植物源农药 .....	36
<b>第四节 无公害农药药效评价 .....</b>	<b>37</b>
一、昆虫行为干扰剂室内生物测定药效计算 .....	38
二、昆虫生长发育调节剂的室内生物测定药效计算和评价 .....	43
三、缓效性杀虫剂与速效性杀虫剂混用效果评价 .....	46
四、新型特异性杀虫剂的田间防治效果评价 .....	50
(一) 以作物被害程度为指标的计算方法 .....	50

(二) 以害虫数量为指标的计算方法 .....	51
(三) 用“虫日”和“累积虫日”评价药效 .....	53
<b>第四章 农药无公害化——农药学新理念</b> .....	59
<b>第一节 农药无公害化的概念与内涵</b> .....	59
一、农药无公害化的概念 .....	60
二、无公害农药与农药无公害化的关系 .....	61
<b>第二节 农药无公害化的理论体系</b> .....	62
一、实现农药无公害化的系统要素及其相互关系 .....	62
二、技术因素在实现农药无公害化中的地位和作用 .....	62
(一) 现代化学与“农药无公害化” .....	63
(二) 现代生物学与“农药无公害化” .....	64
(三) 现代制剂加工技术与“农药无公害化” .....	66
(四) 现代农药使用技术与“农药无公害化” .....	67
<b>第五章 农药无公害化——农药学新实践</b> .....	69
<b>第一节 农药的创制</b> .....	69
一、农药创制的新理念 .....	69
二、农药创制的新方向 .....	71
三、农药创制的新途径 .....	74
(一) 新农药的发现 .....	74
(二) 新农药的创制 .....	77
四、农药创制的新技术 .....	78
(一) 化学合成新技术 .....	78
(二) 生物合成新技术 .....	80
<b>第二节 农药的生产</b> .....	80
一、农药生产中的公害 .....	80
(一) 农药生产过程中对环境的污染 .....	80
(二) 职业危害 .....	81
(三) 火灾爆炸 .....	81
(四) 中毒 .....	82
二、农药生产中的无公害化控制 .....	82
(一) 安全生产 .....	82
(二) 清洁生产 .....	82



(三) 调整和优化农药剂型 .....	83
(四) 提高农药包装品质量 .....	84
<b>第三节 农药的流通</b> .....	<b>85</b>
一、农药流通中的公害 .....	85
二、农药流通中的无公害化控制 .....	86
<b>第四节 农药的使用</b> .....	<b>88</b>
一、农药使用策略 .....	88
(一) 根据有害生物的特点合理用药 .....	88
(二) 根据作物种类和生育期对症适法施药 .....	94
(三) 针对环境因子灵活用药, 以降低农药对环境的污染 .....	95
(四) 熟悉药剂本身特性, 充分发挥和利用农药的禀性 .....	98
二、施药器械及施药技术 .....	101
(一) 研制施药器械 .....	101
(二) 规范施药技术 .....	104
三、农药使用新技术 .....	110
(一) 种子包衣技术 .....	110
(二) 树干注药技术 .....	112
<b>第六章 农药无公害化与可持续农业</b> .....	<b>116</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>119</b>

# 第一章 农业与农药

农业是人类文明的标志，农产品是人类赖以生存的物质基础。人类在 21 世纪面临诸多挑战，其中最首要的就是人口与粮食问题。到目前为止，全球人口已有 60 多亿，并且还以每年 7000 万的速度在增长，预计 2050 年将超过 100 亿。人口的增加使得食品不足和缺乏营养成为当今全世界面临的重大问题。据联合国统计，目前尚有 58% 的人缺乏营养，在某些不发达国家，缺乏营养的人达 79%。因此有位社会活动家曾说过“世界上关心食品的人比关心其他东西的人更多”。要解决人类的食物问题，寄希望于耕地的增加是不现实的，因为扩大耕地的可能性有限，事实上世界上的耕地面积正在逐年减少。我国拥有 13 亿人口，发展农业保证以占世界 7% 的耕地面积养活占世界总数 22% 的人口，更是国民经济的首要任务。

然而，农作物在整个生长过程中会不断遭受各种有害生物的侵扰，造成的损失是惊人的。一般年份，全世界由于病虫草害造成的损失约 1250 亿美元，占全部潜在收获量的 30% 以上（其中虫害约 13%，病、草各约 10%）。植物病虫害的爆发流行更是在人类历史上造成了无数次重大灾难。1845 年，爱尔兰马铃薯晚疫病爆发流行，造成全国 800 万人口中的 100 万饿死，另外 150 万人背井离乡。1986 年以来，全非洲因蝗灾损失的农作物约占年产量的 30%，如此严重的蝗祸，犹如雪上加霜，使得刚刚复苏的非洲又陷入了困境之中。我国自古也是一个蝗灾频发的国家，受灾范围、受灾程度堪称世界之最。建国以来，小麦吸浆虫、锈病、赤霉病、稻瘟病、稻飞虱、棉铃虫等都曾在我国爆发流行，对我国农业生产造成毁灭性的打击。这些病虫害最终得到有效控制，化学农药功不可没。因为在化学农药出现和使用之前，人类防治农业有害生物的手段多是预防性的，效果并不十分显著，尤其对有害生物的爆发流行更是无

能为力，只能坐以待毙。随着规模化种植、保护地栽培、复种指数提高，有害生物的发生频率和危害程度将越来越高。可以毫不夸张地说，农业生产没有农药，如同人类没有医院医药，其后果是难以想象的。

农药的使用不仅可以挽回农作物损失，而且还可以节省劳力，降低农产品成本，提高单位面积的产量和经济效益。其次，农药在植物生长调节、收获、储存、保鲜、运输、加工等过程中均起到重要的作用。因此，农药是农业的重要生产资料，是20世纪各国农业现代化中出现的一项重要科技成果，在国民经济发展中扮演着举足轻重的角色。农用化学品（农药、化肥等）的投入已经为世界农业的发展做出了巨大贡献，联合国粮农组织（FAO）在对20世纪50年代以后粮食增产因素评价时认为，农用化学品（农药、化肥等）的投入为世界农业贡献约40%。

人类需要农药，特别是杀虫剂，还因为农药在控制某些人类疾病方面极为重要。有20多种严重威胁人类健康的疾病是由昆虫、蜱螨传播的，如疟疾、黄热病、流行性出血热、斑疹伤寒等。特别在热带和亚热带地区，农药曾挽救了千百万人的生命，为保护人类健康起着决定性的作用。

我国是农业大国，农业有着悠久历史，农业至今仍是国民经济的基础。建国以来，农药从无到有，在农业的发展中做出了巨大贡献。可以说，没有农药就没有现今的农业成就。但一分为二地看，由于农药自身的特点，长期使用特别是被滥用之后，暴露了其负面作用，引起了世人的关注。人类为了促进农业生产发明并应用了农药，人类一定也能通过自己的努力，降低乃至消除农药的负面影响。这不仅已成为人类的共识，也早已成为人类的伟大实践。应该有充分的理由相信，通过人类的不懈努力，这一目标一定能够实现。

笔者长期从事农药科学研究，对农药的功过有充分的了解，特别是对其负面影响高度重视，竭尽全力探索解决途径。经过长期的实践，逐渐形成了一套农药学新理念，这就是撰写本书要表达的核

心内容——无公害农药与农药无公害化。提出这一理念，介绍在这一理念指导下所取得的研究进展，也会述及农药学同仁的有关成就，目的在于引起关心农药的各位志士仁人深入思考，密切合作，共同探讨我国农药的发展方向，推进我国农药产业健康发展，服务现代农业，保护绿色环境，保障人民健康。

## 第二章 农药与公害

### 第一节 公 害

“公害”一词最早出现在日本 1896 年的“河川法”中，当时指河流侵蚀、妨碍航行等危害。1967 年，日本在“公害对策基本法”中，对“公害”下了明确的定义，专指由于工业和人类其他活动造成的损害，包括大气污染、水质污染、土壤污染、噪声、振动、地面沉降以及恶臭等。关于公害的成因已经有了不少认识，进一步大规模的科学研究会使人类了解更多的公害成因，寻找预防和消除公害的有效途径。但公害不包括自然灾害所造成的损害，如地震、火山爆发、台风、雷电、冰雹、泥石流等造成的危害。

公害对人类具有急性和慢性甚至长远的危害。一旦对人体健康带来明显的损害，引起特殊的疾病，并被法律确认，就称为“公害病”。1967 年到 1969 年，日本曾发生“四大公害起诉”案，水俣病、疼痛病以及污染性支气管炎患者控告了对这些病的发生应负责任的工业公司。1970 年仲裁机关宣布了“原告胜诉，被告有责”的判决，“公害病”一词便为人熟知。“公害病”不同于其他疾病，它必须由人类的生产和生活活动带来的环境污染直接造成，且必须被法律确认才能成立。“公害病”具有法学意义，不能随意把某种疾病自认为是“公害病”。

由于“公害”和“公害病”起源于环境污染，引起世界各国对环境保护的极大关注，为防止“公害”及“公害病”的发生和扩大

做了大量工作。中国在宪法中明确规定了“国家保护环境和自然资源，防治污染和其他公害”的环境保护任务，并颁布《中华人民共和国环境保护法》（1989年12月26日），对防治污染和其他公害做出具体规定。

## 第二节 农药与公害

前已述及，为了控制有害生物和其他不利条件危害农业生产，作为农业保证物资的农药，得到了广泛使用。现代农业已经离不开农药的保护。由于农药自身的特点和人为的使用失当，其负面影响日益暴露，逐渐受到人类的注意。1962年R. Carson发表了《寂静的春天》，对化学污染问题进行了夸张的描述，从此引起了各国政府对环境保护的重视，加强了对农药的管理。几乎一时之间农药与公害被画上了等号。农药对环境的污染、农药的公害，成为人们广泛谈论的话题，农药被不恰当的列为公害的罪魁祸首。

农药的使用是产生环境污染和公害的因素之一，但不是产生公害的唯一因素或最主要因素。农药公害就是指由于农药本身或是由于农药不正确的使用而引起的公害。对农药公害问题不能回避、掩盖、漠视，也不能夸大、渲染、单纯指责，甚至不经深入研究就提出摒弃农药的结论。一切片面的、错误的甚至极端的观点有碍对农药公害问题的认识和解决。因此，有必要对农药的环境行为及农药的公害进行多方位的考察。

### 一、农药与环境

环境，简而言之是指人类赖以生存的空间、土地和水域。环境问题之所以成为一个重要议题，是因为自从人类开始有了生产活动以后，逐渐对环境引发出一系列可能不利于人类持续发展的负面影

响，特别是工业革命以后由于城市大气污染、工业废水污染、汽车废气污染等所引起的一些典型事例，提高了人们的警惕。不幸的是，还有原来认为对人畜十分安全的滴滴涕及其相关的有机氯杀虫剂的污染以及后来氯氟烃类化合物对臭氧层的破坏作用。特别是有机磷的一些高毒、剧毒品种在使用中发生的中毒事件等，引起了人们的极大恐惧，因为这种中毒是直接发生在人体身上。由此进一步引起了对食用农产品的安全性、农药残留、对有益生物的危害等问题的重视。农药对环境的影响问题于是被突出地提到议程上。近年甚至发展到对于棉花这类非食用作物农产品也要求禁止使用农药和化肥，担心农药、化肥会通过织物污染人体。

农药是一类生物活性物质，可能会对特定环境中生物群落的组成和变化引起某种冲击；同时农药又是一类化学活性物质，能够同环境中的某些其他物质或物体发生相互作用，或在特定的环境中扩散分布，最后也表现为对生物的影响。有许多学者对于农药在环境中的扩散分布进行了大量研究并用各种图式来表示这种情况，其中Edward的图被引用得最多。此图显示的是滴滴涕从土壤、大气、雨水等多种不同渠道通过各种方式和途径辗转迁移到人体中，可被富集到很高的浓度。这种生物富集过程已有许多学者利用模型试验加以证实。“生物富集理论”所提供给人们的主要信息是，农药能够在很大的环境内漫游并广泛扩散分布，从而危及人类的生存环境和人类的健康以及其他生物的正常发展。另外一个问题是有些农药在环境中的沉积，可能使环境受到污染，包括土壤、大气和水，特别是作为饮用水源的地下水中的农药渗入量已引起了人们的高度重视。在土壤中的沉积是田间喷洒农药时的药液流失、土壤药剂处理或化学灌溉、使用后所抛撒的废弃农药及包装所造成。上层土壤中的农药沉积物如果继续向下层移动即可能进入地下水。进入大气的农药可能有两个来源：一是农药的超细微粒，在大气中能飘悬很长时间难以降落；二是蒸气压较高的农药所散发的蒸气可以混存在大气中。

农药对环境的这几种污染途径和污染方式，在生命科学、环境

科学、卫生科学中都引起了社会各界的高度关注和重视。尤其值得注意的是在广大人民群众中已经造成了很大的影响，可以说达到了“谈药色变”的地步。农药对环境的污染虽然客观存在，但是它对人类贡献功不可没，我们不能把农药看成威胁人类生存的恶魔。目前在国家有关部门的大力引导下，农药科研已经稳步向着高效、低毒、与环境相容等方向健康发展。据报道，新型除草剂啶嘧磺草胺、杀菌剂噻菌铜等的毒性比食盐还低。农药对人类的贡献是有目共睹的。多年来，农药在促进农业增产、农民增收方面发挥了应有的作用，其不仅在农业生产中挽回了病虫害造成的严重损失，而且为人类带来了更多的食物，提高了食物数量供求的安全度。随着科学研究的不断深入和农业技术的不断进步，农药的负面影响逐渐被人们所认识，尤其是不合理的用药而危害食品安全的种种事例已引发人们高度的重视。社会上要求高效无毒绿色农药的呼声越来越强烈了，这不但反映人们对绿色农业新技术的渴望，更体现了民众对绿色农药新理念的追求。

## 二、农药的环境行为

农药的环境行为是农药在环境中发生的各种物理和化学作用的统称，包括农药在环境中的化学行为和物理行为。化学行为主要是指农药在环境中的残留性及其降解与代谢过程；物理行为是指农药在环境中的移动性及其迁移扩散规律。

### （一）农药的残留与降解

农药的残留性是指农药施用后在环境及生物体内残存时间与数量的行为特征。它主要决定于农药的降解性能，但也与农药的物理行为移动性有一定关系。农药残留期的长短一般用降解半衰期或消解半衰期表示。降解半衰期是指农药在环境中受生物或化学、物理等因素的影响，分子结构遭受破坏，有半数的农药分子已改变了原有分子状态所需的时间。消解半衰期是指除农药的降解作用外，还包括农药在环境中通过扩散移动，离开了原施药区在内的、农药的



降解和移动总消失量达到一半时的时间。

农药的降解又分生物降解与非生物降解两大类。在生物酶的作用下，农药在动植物体内或微生物体内外的降解属生物降解；农药在环境中受光、热及化学因子作用引起的降解现象，称为非生物降解。农药在环境中的降解方式主要有氧化作用、还原作用、水解作用、裂解作用等。一般情况下，降解产物的活性与毒性逐渐降低消失。但也有些农药降解产物的毒性与母体化合物相似或更高，如涕灭威的降解产物涕灭威亚砷和涕灭威砷的毒性都很大，而且在环境中稳定性比母体化合物更高。

农药在环境中残留期的长短，受农药性质、环境条件与施药方式三种因素共同作用的影响。不同的农药品种在环境中的稳定性差异很大。汞制剂与神制剂类农药，在环境中只能通过形态转变与移动作用，从一处向另一处缓慢移动，因此在土壤中的残留期很长。有机氯农药如艾氏剂、狄氏剂、滴滴涕、六六六等虽都有较好的杀虫效果，但其残留期长，且易在生物体内富集。氨基甲酸酯类与拟除虫菊酯类农药属低残留或中残留类农药。残留期一般只有几天或数星期不等。

农药的降解与气候、土壤条件密切相关，通常在高温、多雨、有机质含量高、微生物活性强、偏碱性的土壤中容易降解。施药方式和农药剂型对残留的影响，通常为地面喷施、撒施，比在土壤中条施或穴施易于降解；颗粒剂在土壤中的残留期比粉剂和乳油长；一次性高剂量施用，比分次施用易于在土壤中残留，在高温多雨季节施用比在干寒季节施用易于降解。

农药残留期的长短，是评价农药对环境影响的重要指标。残留期愈长危害性愈大，但要达到有效的防治病虫害的目的，又要求有一定的残留期，两者必须兼顾。理想农药的半衰期以半个月到1个月左右为宜。

## （二）农药的移动、扩散及转化

农药在环境中的移动性与农药的水溶性（S）和蒸气压（P）