



院士科普书系

农家书屋精选本

国家重点图书

修订版

农药化学

陈茹玉 杨华铮 徐本立 编著



清华大学出版社
暨南大学出版社

院士科普书系——农家书屋精选本

农药化学(修订版)

陈茹玉 杨华铮 徐本立 编著

清华大学出版社
暨南大学出版社

内 容 简 介

本书是第1版的修订和补充。农药是植物保护的中心环节,是减少病虫害、保证农业增产的重要手段。本书介绍了农药杀虫、除草的机理,解释了为什么除草剂能保护农作物,提出了防止农药对环境的污染,以及保证获得健康食品的重大问题。本书通俗易懂,面向中学文化程度的广大读者,特别适合农村读者阅读。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

农药化学/陈茹玉,杨华铮,徐本立编著. —修订本. —北京:清华大学出版社, 2009.12

(院士科普书系. 农家书屋精选本)

ISBN 978-7-302-21823-4

I. ①农… II. ①陈… ②杨… ③徐… III. ①农药—应用化学—普及读物
IV. ①TQ450.1-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第233600号

责任编辑:宋成斌 蔡鸿程

责任校对:刘玉霞

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

暨南大学出版社

<http://www.jnu.edu.cn>

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

地 址:广州天河

邮 编:510630

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:140×203 印 张:4.875

字 数:123千字

版 次:2009年12月第1版

印 次:2009年12月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:19.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:034622-01

《院士科普书系》编委会(第一届)

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (按姓氏笔画排序)

王佛松	王 越	王 夔	方智远	卢永根
母国光	旭日干	刘大响	刘元方	刘鸿亮
关 桥	汤钊猷	许根俊	孙鸿烈	李大东
李廷栋	李依依	杨 乐	吴有生	吴德馨
何凤生	何鸣元	汪旭光	汪品先	陆建勋
陈可冀	陈运泰	陈建生	陈厚群	范维唐
季国标	金怡濂	周干峙	周永茂	周 恒
郑健超	赵忠贤	胡仁宇	钟万勰	钟南山
洪德元	姚福生	秦伯益	顾诵芬	钱七虎
徐冠华	殷瑞钰	黄志镗	龚惠兴	梁栋材
郭传杰	葛能全	钱文藻	罗荣兴	

编委会执行委员

编委会办公室主任 罗荣兴(科学时报社)

副主任 何仁甫(中国科学院学部联合办公室)

冯应章(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 策 划 罗荣兴 周继武 蔡鸿程

总 责 任 编 辑 蔡鸿程 周继武 宋成斌

《院士科普书系》编委会(第二届)

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (两院各学部主任、副主任)

陈佳洱	杨 乐	闵乃本	陈建生	周 恒
王佛松	白春礼	刘元方	朱道本	何鸣元
梁栋材	卢永根	陈可冀	匡廷云	朱作言
孙 枢	安芷生	李廷栋	汪品先	陈 颀
王大中	戴汝为	周炳琨	刘广均	杨叔子
钟万勰	关 桥	吴有生	刘大响	顾国彪
陆建勋	龚惠兴	吴 澄	李大东	汪旭光
陆钟武	王思敬	朱建士	郑健超	胡见义

	陈厚群	陈肇元	崔俊芝	张锦秋	刘鸿亮
	方智远	旭日千	周国泰	王正国	赵 铠
	钟南山	桑国卫			
编委会执行委员	郭传杰	常 平	钱文藻	罗荣兴	
编委会办公室主任	罗荣兴	(科学时报社)			
副主任	周先路	(中国科学院学部联合办公室)			
	白玉良	(中国工程院学部工作部)			
	蔡鸿程	(清华大学出版社)			
	周继武	(暨南大学出版社)			
总 策 划	罗荣兴	周继武	蔡鸿程		
总 责 任 编 辑	周继武	蔡鸿程	宋成斌		

《院士科普书系》编委会(第三届)

编委会名誉主任	周光召	宋 健	朱光亚			
编委会主任	路甬祥	徐匡迪				
编委会委员	(两院各学部主任、副主任)					
	贺贤土	张恭庆	白以龙	艾国祥	甘子钊	白春礼
	朱道本	张礼和	佟振合	周其凤	陈宜瑜	许智宏
	朱作言	强伯勤	唐守正	孙 枢	吴国雄	张弥曼
	苏纪兰	陈 颢	周炳琨	王阳元	戴汝为	刘永坦
	徐建中	朱 静	张 泽	杨叔子	周锡元	程耿东
	张彦仲	顾国彪	王兴治	杜善义	李国杰	毛二可
	陈良惠	李德毅	周 廉	于 勇	汪燮卿	薛群基
	陈毓川	何多慧	何继善	杨奇逊	陈肇元	宁津生
	傅熹年	韩其为	石玉林	周国泰	魏复盛	戴景瑞
	赵 铠	桑国卫	顾玉东	高润霖	殷瑞钰	郭重庆
	王礼恒					
编委会执行委员	郭传杰	沈保根	白玉良	罗荣兴		
编委会办公室主任	罗荣兴	(科学时报社)				
副主任	陈 丹	(中国科学院院士工作局)				
	刘峰松	(中国科学院院士工作局)				
	高中琪	(中国工程院学部工作局)				
	李仁涵	(中国工程院学部工作局)				
	蔡鸿程	(清华大学出版社)				
	周继武	(暨南大学出版社)				
总 策 划	罗荣兴	周继武	蔡鸿程			
总 责 任 编 辑	蔡鸿程	周继武	宋成斌			

提高全民族的科学素质

——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有 6000 余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起，是人类文明的发源地。

15 世纪之前，以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期，中国的科学技术在世界上一直领先长达 14 个世纪以上。在那个时期，影响世界文明进程的重要发明中，相当部分是中华民族的贡献。

后来，中国逐渐落后了。中国为什么落后？近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题。但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了惟一正确的回答：中国落后，是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌，更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打。所以要进行革命，通过革命从根本上改变旧的生产关系和政治上层建筑，为解放和发展生产力开辟道路。于是，就有了 80 多年前孙中山先生领导的辛亥革命，就有了 50 年前我们党领导的新民主主义革命的胜利，以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革，都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识,深刻总结以往科学技术发展的历史经验,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果,但也有不足,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系,科学技术没有取得应有的社会地位,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现,而未能在中国出现,这可能是原因之一吧。而且,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统,但相对说来,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来,继承以往的优秀文化,弥补历史的不足,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发展中大国里,再用 50 年的时间基本实现现代化,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉的目标,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国,全社会都要参与,科学家和教育家更应奋勇当先,在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书,就是一项基本建设,对于提高全民族的科学素质,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际,写了上面这些话,是为序。

江泽民

1999 年 12 月 23 日

人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是 20 世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还将渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的大事。

对于我们科技工作者来说,我们的工作应当包含两个方面:发展科技与普及科技;或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作,不仅是普及科学知识,更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的“十五大”更是

把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下,1998年春由科学时报社(当时叫“中国科学报社”)提出创意,暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划,会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部,共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998年6月,中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子,《院士科普书系》编委会正式成立,各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出150个“提议书目”,在“两院”院士大会上向1000多名院士发出题为《请科学家为21世纪写科普书》的“约稿信”,得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里,有176名院士同编委会办公室和出版社签订了175本书的写作出版协议,开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题,普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物,于科技知识中融入人文教育,不是一件容易的事。不少院士反映:写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中,科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题，科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言，指出科普是科教兴国的基础工程，勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神，传播科学思想，倡导科学方法，普及科学知识”，充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视，对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程，成熟一批出版一批；另一方面随着科学技术的进步和创新，不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此，《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。这一庞大的工程，不但需要院士们积极投入，还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议，帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量，使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面，我们也要以此为起点为开端，参与国际竞争与合作，勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000年1月8日

目 录

1 绪言	1
1.1 农药在国民经济发展中的地位	1
1.2 农药国内外现状与发展趋势	4
1.3 农药与环境保护	7
2 杀虫剂	9
2.1 引言	9
2.2 杀虫剂的演进	13
2.3 杀虫剂的作用机理	15
2.4 杀虫剂的种类	21
3 杀菌剂	49
3.1 杀菌剂的发展	50
3.2 杀菌剂的分类	52
3.3 杀菌剂的作用原理	54
3.4 杀菌剂的代谢	60
3.5 杀菌剂的抗性	61
3.6 常用的杀菌剂品种	63
4 除草剂	71
4.1 除草剂的发展	73
4.2 除草剂的作用原理	75

4.3	除草剂的选择性机理	77
4.4	除草剂的分类	78
4.5	除草剂的解毒剂	94
5	植物生长调节剂	96
5.1	生长素类	99
5.2	赤霉素	100
5.3	细胞分裂素	101
5.4	脱落酸	103
5.5	乙烯	103
5.6	油菜素内酯	104
5.7	人工合成生长抑制剂	105
6	杀鼠剂	108
6.1	经口急性药物	109
6.2	抗凝血药物	111
6.3	熏蒸剂	112
6.4	驱避剂	113
7	农药的剂型与使用技术	114
7.1	农药剂型的重要性	114
7.2	农药的助剂	116
7.3	农药常用剂型	117
7.4	农药新剂型的发展	120
7.5	种衣剂	121
7.6	农药的使用技术	122

8 农药与环境	128
8.1 农药在环境中的行为	129
8.2 农药的毒性	131
8.3 农药的残留	132
8.4 有关农药安全使用的法规	133
《院士科普书系》总书目	135
再版说明	140

1

绪言

农药是指那些具有杀灭农作物病、虫、草害和鼠害以及其它有毒生物或能调节植物或昆虫生长,从而使农业生产达到增产、保产作用的化学物质。它们可来源于人工合成的化合物,也可来源于自然界的天然产物,它们可以是单一的一种物质,也可以是几种物质的混合物及其制剂。

1.1 农药在国民经济发展中的地位

农业是国民经济的基础,农药在农业现代化进程中具有十分重要的地位。据联合国粮农组织(FAO)统计,2000 年世界人口已超过 60 亿。今后的趋势是 2010 年达 72 亿,2025 年达 76 亿,而 2050 年将达到 98 亿。也就是说,在今后的 50 年内,世界人口将增长 0.6 倍,如何才能生产出足够的粮食,以满足世界人口不断增长的需要,这是全

球面临的一个严峻问题。据估计,粮食的生产必须以每年 1.5% 的速度增长,才能满足人口增长对粮食的需求。对我国来说,形势也很紧迫,目前我国人口已超过 13 亿,并且每年以 1700 万的速度增长,但耕地面积却日益缩小,我国现有人口占世界总人口的 22%,而耕地面积只占世界耕地面积的 7%,人均耕地仅 1.4 亩(1 亩=1/15 公顷),居世界人均占有耕地面积的倒数第三位。如何在有限的耕地上满足对粮食不断增长的要求,将是我国现代化进程中一个极为重要的问题。

经过科学家的有关统计和计算,由于人口增长所需的粮食,有 1/3 是靠耕地获取,而有 2/3 是靠提高农作物的单位面积产量来解决。农业的增产主要依赖于肥料、机械化、杂交品种、灌溉等农业技术的革新。近年来虽发展了生物技术即利用生物工程使农作物具备抵抗病虫害的基因,然而,防治病虫害对农业生产的危害,挽回它们所造成的损失,化学农药仍是植物保护的中心环节,它在农业生产中的作用不容低估,到目前仍具有不可替代的作用。据报道,目前世界农药年销售量已接近 320 亿美元,而其中化学农药约占 99%,这是由于:化学防治作用快,可以迅速控制病虫害灾情的蔓延和发展;农药的品种多,可以根据防治的对象选用不同的对口农药;可以采用高效率的喷洒机械等。所以说,农药是植物保护中的一个强有力的手段。

据有关资料统计,世界谷物生产量每年因虫害的损失约为 14%,病害约为 10%,草害约为 10%~20%,总计竟可达 35%~40%之多;而受到理想病虫害防治同不进行防治相比较,两者产量几近相差一倍,这是何等可观的数字!使用农药使我国每年可挽回粮食损失近 3000 万吨。美国每年所用农药约占世界农药年销售额的 30%,可见农药在其农业现代化过程中所起的作用。此外,农药在林业、畜牧业、控制卫生害虫及严重危害人类传染病(如疟疾、血吸虫病、鼠疫等)方面也做出了重要的贡献。

即使在培育高产优质品种及改良栽培方法的实施过程中,如果缺少农药的辅助,其目的也是无法实现的。例如,目前我国农村广泛使用的地膜培育技术,对增产有明显的效果,但若没有农药的配合,就很难发挥这一技术的优势。同时,我国幅员广阔,气候条件差异很大,病虫害种类繁多,对农药的需要就更为迫切了。

历史证明,农药的使用对农作物的增产起着至关重要的作用。自古以来,人类就开始使用农药,在古代中国人们就用燃烧植物的方法来阻止害虫的蔓延,如用艾菊、烟草等作驱避剂和杀虫剂。19世纪80年代,波尔多液出现后才开始科学地使用农药。第二次世界大战后是现代植物保护的起点,当时由于粮食缺乏,许多国家致力于农药的研究,摆脱了过去只会使用简单的无机毒物(如砷化物、硫化物)的状况,开拓了使用有机农药的新篇章。在当时所使用的DDT、六六六等有机氯杀虫剂及以后所发展起来的有机磷杀虫剂(该类化合物起源于二次大战中战争毒剂的研究)成为与虫害争夺粮食的有力武器。它们具有效果好、用量少、对人畜毒性较低等特点,使最早采用的无机农药以及某些天然的粗提物的农药相形见绌而被逐渐淘汰。许多有机磷杀虫剂具有内吸作用,它们可以被植物吸收,但对植物无害,而昆虫食用这种带毒性的植物后会很快中毒而死亡,因而表现出其极大的杀伤力。这些杀虫剂的广泛应用,使得战后许多国家的粮食生产率有了较大幅度的提高。所以许多科学家认为,DDT是一种了不起的杀虫剂,它对病虫害防治的进展起过极重要的作用。而除草剂的作用不仅可以大大减少防除杂草的时间和成本,还可以使广大农民从拔草这一繁重的体力劳动中解放出来。从日本最有代表性的作物——水稻田的杂草防除效果来看,使用除草剂后取得了明显的经济效益:1949年末不用除草剂时,防除稻田杂草所需时间为505.6小时/公顷。使用除草剂后,1970年为130小时/公顷;1985年则降低到43小时/公顷。另外,在财力上也大为节省,与人工除草相比,1983年每公顷水稻田可节省

开支 37 万日元,水稻产量因用除草剂后迅速增加,其生产水平 1940 年为 3000 千克/公顷,1960 年为 4000 千克/公顷,而 80 年代已达到 5000 千克/公顷以上。

当时日本水稻种植面积只占世界水稻种植面积的 1.4%,而水稻的产量却占了 2.9%,超出了平均产量的一倍以上,单位面积产量是世界第一。从世界农业生产率的变化来看,20 世纪下半叶以来,其增长速度比工业生产率快三倍多。也就是说,当今农民在单位面积土地上生产的产品要比其父辈多 80% 左右,其中农药的广泛使用也是极为重要的因素之一。此外,农药在林业、畜牧业及防治卫生害虫,特别是控制对人类危害严重的传染病(如疟疾、血吸虫、鼠疫等)上也起了决定性的作用。根据联合国粮农组织统计,1948—1970 年间,使用 DDT 防治疟疾,挽救了 5000 万人的生命。农药在我国农业现代化的过程中,也具有十分重要的地位。据有关资料统计,使用农药防治病虫害后,每年能为我国挽回粮食近 3000 万吨,其经济效益及社会效益十分显著。由于农药在农业生产中所起的巨大作用,世界上每年农药的销售额已达到 320 亿美元。

1.2 农药国内外现状与发展趋势

各发达国家历来对农药的科研、开发、生产和使用都十分重视,它们所垄断生产的农药年销售额已接近 320 亿美元,保障了他们的农业对农药的需求,美国生产农药产值高达 80 亿美元(其中 96% 为化学农药)。

几十年来农药迅速的发展表现在如下方面。

(1) 化学农药的效率水平大幅度提高。例如,拟除虫菊酯类杀虫剂比有机磷杀虫剂的毒力提高了一个数量级,用药量已降至 150 克/公顷以下,甚至到 15 克/公顷。新发现的许多除草剂用量不足 15 克/公顷,就能使其对多种杂草苗后处理的效果达 80% 以上。三