



世界农药新进展

(四)

张一宾 徐晓勇 张恽 编

世界农药新进展

(四)

张一宾 徐晓勇 张恽 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书作为 2007 年出版的《世界农药新进展》、2010 年出版的《世界农药新进展（二）》和 2014 年出版的《世界农药新进展（三）》的续篇，保持了内容的连贯性和形式的统一性。本书针对当前世界农药发展的新情况和新特点，按农药的各大类、各地区和主要国家、主要适用作物、主要农药公司市场和新品种做了全面而又系统的介绍，并对新农药品种、专利期已过或即将到期的重要品种，特别是其合成方法进行了重点阐述与分析。此外，还专门介绍了农药剂型加工及研究进展。

本书主要供从事农药研发、管理、教学、生产、应用和贸易的相关人员阅读，也可供大专院校农药、植保等专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

世界农药新进展 (四)/张一宾, 徐晓勇, 张恽编. —北京:
化学工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-122-30240-3

I. ①世… II. ①张…②徐…③张… III. ①农药-进展-世界
IV. ①TQ45-11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 167521 号

责任编辑: 刘 军

文字编辑: 向 东

责任校对: 王素芹

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 刷: 三河市延风印装有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{1}{4}$ 字数 334 千字 2017 年 11 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: 80.00 元

版权所有 违者必究

前言

2007年、2010年、2014年相继出版了《世界农药新进展》《世界农药新进展(二)》《世界农药新进展(三)》三本介绍世界农药发展的专业书。此三本书既各自独立,又互相呼应关联。现应广大读者的要求,又撰写了《世界农药新进展(四)》。

以上4本书,犹如电视连续剧,有联系,又有侧重。这几本书均介绍了近年来世界农药发展特点,并分别从作物、地区、国家、公司及品种等方面对各年份全世界农药市场进行了详尽的阐述。在此几本书中,第一本以三个章节的篇幅介绍了当今世界农药开发的特点和创制新农药的方法。第二本着重介绍了各类农药的作用机制和靶标,以及近年国外报道的新农药品种和结构特点。第三本则提及了农药研究、开发中的相关基础理论,以指导新农药的研制,从而提高开发效率;进而又介绍了农药与其他领域相关性,提出了农药与医药的双向开发,以及某些特殊化学元素在农药研发中的作用等,同时还介绍了几十个最新农药品种及合成方法。

本书[即《世界农药新进展(四)》]除了从上述各方面继续介绍世界农药进展情况外,还专门介绍了农药剂型加工及研究进展。

本书以与钱旭红院士等合作撰写的“农药,是天使还是魔鬼”为开篇章,旨在纠正人们对农药的偏见和误解,为农药正名。

与已出版的前几本一样,本书可作为从事农药管理、研发、教学、生产、应用和贸易等相关工作的人员的参考书。

本书涉及的农药品种中文名主要参照冯坚、顾群、柏亚罗等编写的《英汉农药名称对照手册》(第三版)、刘长令先生主编的《世界农药大全——杀虫剂卷》《世界农药大全——杀菌剂卷》《世界农药大全——除草剂卷》。

赵平等同志为本书提供了部分资料,华东理工大学李忠教授研究组对书稿录入工作做了大量工作,孙慧玲对编者写作提供了大力支持,《世界农药》编辑部杨国璋、张翼翹、何秀玲在书稿编写过程中付出了大量辛勤劳动。另外,化学工业出版社也对本书给予了大力支持,在此一并表示感谢。

鉴于编者水平有限,疏漏与不当之处在所难免,请广大读者不吝指正。

编者

2017年7月

目 录

1 农药，是天使还是魔鬼/1

1.1	翩翩起舞的蝴蝶——农药是天使还是魔鬼	1
1.1.1	认识的提高，使一些原为“天使”的农药沦为“魔鬼”	1
1.1.2	必须认知和利用一些农药品种“天使”和“魔鬼”的双重性	2
1.1.3	不断开创新农药，培育新的“天使”	3
1.2	农药与医药的比较	4
1.3	必须纠正对农药的错误认识与偏见，为农药正名	6
1.3.1	错误认识之一——“农药都是有毒的”	6
1.3.2	错误认识之二——“农药会致癌”	7
1.3.3	错误认识之三——“使用农药会影响环境和产生事故”	7
1.4	农药正在脱胎换骨	7
1.5	假如没有农药	8
1.5.1	人们必须清楚，假如没有农药就会引起“天下大乱”	9
1.5.2	农药的作用	9
1.5.3	农药发展的方向	10

2 世界农药市场的发展趋势及特点/11

2.1	超级农药公司影响力凸显	11
2.1.1	上天之“龙”的形成	11
2.1.2	上天之“龙”的特点	12
2.2	第二集团重要性日益增强	13
2.3	中国农药企业快速提升	14
2.4	新颖农药成为主旋律	15
2.5	其他类农药成为新重点	16
2.5.1	植物生长调节剂	17
2.5.2	熏蒸剂	17
2.6	通过使用方法和对象的变化，农药越来越在众多领域发挥作用	18
2.7	世界农药市场中心转向第二世界的地区和国家	18
2.8	农药非农用途市场保持稳定增长，成为当今农药市场一大特色	19

2.8.1	全球非农用途农药概况	19
2.8.2	非农用途农药的主要应用范围及品种	20
2.9	种子处理剂已成为当今农药发展的重要方向, 必须予以重视	21
2.9.1	目前作为种子处理剂的农药品种	23
2.9.2	种子处理剂的市场发展方向	24

3 2012 年世界农药市场及品种/25

3.1	2012 年全球各大洲农药市场	25
3.1.1	亚洲地区	25
3.1.2	欧洲地区	25
3.1.3	南美地区	26
3.1.4	北美地区	26
3.1.5	中亚和非洲地区	26
3.2	2012 年全球前 5 位国家和地区农药市场情况	26
3.2.1	巴西	27
3.2.2	美国	28
3.2.3	日本	30
3.2.4	法国	30
3.3	2012 年的世界农药品种	31
3.3.1	除草剂	32
3.3.2	杀虫剂	42
3.3.3	杀菌剂	48
3.3.4	其他类农药	55
3.3.5	2007~2012 年年均增长率 >10% 的农药品种及其销售额和五年 年均增长率	56

4 2013 年世界农药市场及全球主要作物的农药市场/60

4.1	2013 年各大类农药的市场概况	60
4.2	2013 年全球各地区的农药市场概况	61
4.2.1	亚洲地区	61
4.2.2	南美地区	61
4.2.3	欧洲地区	62
4.2.4	北美地区	62
4.2.5	中亚和非洲地区	63
4.3	2013 年世界主要国家的农药市场	64
4.4	2013 年全球主要作物的农药市场	64
4.4.1	果树和蔬菜	65
4.4.2	谷物	69

4.4.3	玉米	71
4.4.4	大豆	73
4.4.5	水稻	74
4.4.6	棉花	76
4.4.7	甜菜	78
4.4.8	油菜	78
4.4.9	甘蔗	79
4.4.10	向日葵	80

5 2013 年全球主要农药公司及其农药市场/81

5.1	先正达 (Syngenta) 公司	82
5.2	拜耳作物科学 (Bayer Crop Science) 公司	83
5.3	巴斯夫 (BASF) 公司	85
5.4	陶农科 (Dow Agro Science) 公司	86
5.5	孟山都 (Monsanto) 公司	88
5.6	杜邦 (Du Pont) 公司	88
5.7	阿达玛 (Adama) 公司	90
5.8	纽发姆 (Nufarm) 公司	91
5.9	富美实 (FMC) 公司	92
5.10	住友化学 (Sumitomo Chemical)	92
5.11	联合磷化 (UPL) 公司	94
5.12	爱利思达生命科学 (Arysta Life Science) 公司	95
5.13	科麦 (Cheminova, 即凯米诺瓦) 公司	96
5.14	西珀凯姆 (Sipcam Oxon) 公司	97
5.15	石原产业 (Ishihara, ISK) 公司	98

6 2014 年世界农药市场概况/100

6.1	2014 年各大类农药的销售市场	100
6.2	2014 年全球各地的农药市场	100
6.3	2014 年世界主要作物的农药市场	101
6.4	2014 年全球主要国家的农药市场	101
6.5	2014 年全球非农用市场的市场	102
6.6	2019 年全球农药市场估测	102

7 2015 年世界农药市场概况/104

7.1	概况	104
7.2	从作物看全球农药市场	105

7.3	从品种看全球农药市场	107
7.4	从地区看全球农药市场	111
7.5	从跨国公司看全球农药市场	112
7.6	未来市场预测	113

8 全球新农药研究开发概况/115

8.1	全球农药研究开发简况	115
8.2	2010年以来具农药活性的化合物	116
8.3	正在研发的具农药活性的化合物	119
8.4	一批新农药化合物的合成	123
8.4.1	除草剂	124
8.4.2	杀虫剂	125
8.4.3	杀菌剂	128
8.4.4	其他类	130

9 农药剂型研究开发与应用/132

9.1	为什么要把农药加工成各种剂型	132
9.2	农药药剂的组成	133
9.3	农药剂型的分类	134
9.4	主要农药剂型及代码	134
9.4.1	乳油	134
9.4.2	粉剂	134
9.4.3	可湿性粉剂	134
9.4.4	颗粒剂	135
9.4.5	微乳剂	135
9.4.6	水乳剂	135
9.4.7	悬浮剂	135
9.4.8	水分散粒剂	135
9.4.9	微胶囊剂	136
9.4.10	农药剂型代码	136
9.5	农药剂型的发展方向	136
9.6	农药剂型的设计	137
9.7	必须重视农药剂型加工中的稀释	138
9.8	表面活性剂在农药及植物上的作用特性及功能	139
9.8.1	表面活性剂在农药中的作用特性	140
9.8.2	由表面活性剂引发的作用	140
9.8.3	表面活性剂的增效作用	141
9.8.4	表面活性剂在主要农药剂型中的应用及配方例	143

9.9	全球农药新品种的剂型	145
9.9.1	杀虫剂	146
9.9.2	杀菌剂	147
9.9.3	除草剂	148
9.9.4	全球农药新品种的剂型	148
9.9.5	世界农药剂型的发展与特点	150
9.9.6	全球农药超级大公司新老农药品种的剂型比较	150
9.9.7	农药剂型优点归纳	156

10 世界农药的研发决策及动向/157

10.1	农药涉及范围越来越广，新的问题将不断产生，对其要求也将更高	157
10.2	农药喷施后的环境行为也是当今农药研发的重大课题	158
10.3	对残留农药的检测和消除是农药研究的重要内容	158
10.4	增效、减量是当前农药发展方向	158
10.5	采用新方法、开发新药剂是农药发展的关键点	159
10.5.1	化学农药与生物农药携手发展，是当今新农药研发的主旋律	159
10.5.2	农药开发务必注意药剂的选择性	159
10.6	世界农药研发趋势	159
10.6.1	杀虫剂、杀螨剂	160
10.6.2	杀菌剂	162
10.6.3	除草剂	163
10.6.4	植物生长调节剂	187
10.6.5	具农药活性的生物源物质	189
10.7	未来的农药	190
10.7.1	用昆虫独有的信息素来调控昆虫	191
10.7.2	从“异株克生物质”开发新除草剂	191
10.7.3	抗病激活——未来杀菌剂之方向	191
10.7.4	利用生物特有的功能作为开发新农药的方向	191
10.8	全球开发的各种杀菌剂品种的作用位点	192

11 结语/193

11.1	开发超高效品种是实现“减量”的关键	193
11.2	开发能最大程度发挥药剂作用的农药制剂	197
11.3	深化农药的科学化合理使用，加强对农药使用的指导和管理	198
11.4	归纳	199

参考文献/200

1

农药，是天使还是魔鬼

纵观世界农药，可以毫不夸张地说，它是在不断肯定和质疑声中发展的。世界不能没有农药，在人类的生产、生活及与自然的斗争中，农药是不可或缺的有力武器，也是重要的生产、生活资料。长年来，农药为人类作出了重大的贡献。然而，由于科技的持续进步、社会的迅速发展和认识的不断提高，农药亦因为它的某些不良作用的显现而受到谴责。然而，世界的发展终究离不开农药。

1.1 翩翩起舞的蝴蝶——农药是天使还是魔鬼

蝴蝶当其展开五彩缤纷的翅膀，在花丛中跳着轻盈、动人的舞姿时，令人迷恋，使人陶醉。蝴蝶由于其美丽而高贵，常常让人爱不释手，有的人将其制成标本，作为摆设或观赏物、收藏品。然而，人们亦会忘了它还会产仔生虫，危害植物。农药即为人们心目中的蝴蝶。人们不禁要问，农药，是天使还是魔鬼。

人们把农药誉为“天使”，因为它有效地控制了人类生产和生活中的众多害物；但是，几十年来，也有人把农药比作“魔鬼”，这是因为一些农药的毒性和残留对人类环境带来了不少不良影响，受到怀疑和指责。

1.1.1 认识的提高，使一些原为“天使”的农药沦为“魔鬼”

一个农药问世之时，多为“天使”。如20世纪40~50年代上市的有机氯类杀虫剂是人类历史上最早出现的有机合成农药。典型产品为六六六和滴滴涕。滴滴涕最早在1874年就被合成，在1939年缪勒才发现它的杀虫活性，于1942年上市。第二次世界大战时期和战后，滴滴涕在世界各地对防治疟疾、伤寒和霍乱的主要病媒——蚊子和苍蝇作出了重大贡献。当时，这类杀虫剂在人类历史上对害虫防治，特别在卫生防疫上发挥了重大作用。由于此类杀虫剂活性高、杀虫谱广、对哺乳动物毒性较低、持效期长、价格低廉，在一定时间内被人们誉为“天使”。后来，因它们不易分解，长期残留而严重污染环境及易产生抗性等原因，以及这类化合物有很高的亲脂性，会经食物链在生物体脂肪中富集、积累，对人类健康及环境产生危害而被禁用。有人做过试验，在北冰洋50m深的冰层中也发现这类杀虫剂残留。

对此，美国海洋生物学家卡尔逊女士在《寂寞的春天》一书中向人们提出了警示。她揭

露了人们为追逐利润而滥用农药，从而对生物环境造成严重危害。该书的出版为人们敲响了警钟，激发了人们对环境安全的认识。为此，一批对环境有不良影响的农药在全球内被禁用或限制使用。这些农药由“天使”沦为“魔鬼”。

随着具有不良影响的“魔鬼”不断被驱除，为了确保农业收成、环境安全，人们又开发了不少农药，孕育了新的“天使”。当发现原使用的农药对人类和环境产生不良作用时，又立即予以停止或限制使用。如除草剂 2,4,5-涕和杀虫剂杀虫脒，就因有致畸和致突变问题，很快就被禁用，这些“天使”也沦为了“魔鬼”。随后，又有一些高毒、高残留的农药被判定为“魔鬼”而被禁/限用，如甲胺磷、甲基对硫磷、对硫磷、磷胺、久效磷、毒鼠强、磷化钙、磷化锌等。

在我国，几十年来使用的一些“高污染、高环境风险”农药产品或其工艺，也被列入“魔鬼”的禁限行列。表 1-1 即为我国被禁限停的农药品种。

表 1-1 我国被禁限停的农药品种

目前状态	产品名称
禁用品种	福美肿、甲基硫环磷、磷化钙、特丁磷、滴滴涕、氯月、七氯、灭蚁灵、狄氏剂、六六六、林丹、甲胺磷、甲基对硫磷、对硫磷、久效磷、磷胺、沿螟磷、10%草甘膦水剂、蝇毒磷、苯硫磷、硫线磷、含汞农药、2,4,5-涕、杀虫脒、百草枯水剂
限制使用品种	水胺硫磷、甲拌磷、甲基异柳磷、滴灭威、灭多威、克百威、溴甲烷、杀扑磷、硫丹、氧乐果、三氯乙酰氯法工艺生产的毒死蜱

在表 1-1 所列的品种中，有的因高毒被禁用，如甲胺磷等；有的因致癌等而禁用，如灭蚁灵；有的因对环境生物的不良影响而不准使用，也有由于在生产工艺中会产生对环境不利的物质而遭淘汰。近年来，我国实施了一系列的驱“魔”行动，为保护环境和食品安全起了很好的推动作用。

1.1.2 必须认知和利用一些农药品种“天使”和“魔鬼”的双重性

任何认识都会有一个过程，对于农药亦如此。一些农药品种有很好的效果，对人畜十分安全，是美丽的“天使”。但经过一段时间后，发现其有某些不足，这些农药具有“天使”和“魔鬼”的双重性。例如，现居各类杀虫剂市场之首的新烟碱类杀虫剂，其中的噻虫嗪和吡虫啉是在杀虫剂市场中位列前二的品种。它们为灭除害虫，确保农业丰收作出了重大贡献，在杀虫剂领域中起着举足轻重的作用。但是最近，由于它们对蜜蜂的不良影响，不利于生态环境，在欧盟被暂禁、限用三年。其中，在荷兰和澳大利亚先后被禁用，在印度亦考虑禁用。对于这类具有双重性的农药，一方面人们正充分利用它们“天使”的一面，尽量发挥它们的有效作用；另一方面也千方百计遏制它们的不利之处。例如对于对蜜蜂等生物影响较大的一些新烟碱类杀虫剂噻虫嗪、吡虫啉及氟虫腈，将它们加工成种子处理剂及作为宠物、家畜等用药剂，以使其与蜜蜂的接触程度降至最低。目前，此类杀虫剂已成为种子处理用主要杀虫剂之一。又如著名的杀菌剂吡唑醚菌酯。该药剂具有极高的杀菌活性，同时又有极佳的促进作物增产的作用。但是，由于该药剂对一些水生动物毒性较高，无法在水稻上使用。对此，巴斯夫公司正在开发专用于水田的颗粒剂，其在渗水时，由于颗粒包衣有很好的疏水性，药剂十分稳定，有效成分不会释出；当为晒田需要田中水被排出时，由于光照等作用，药剂则可释放，并从湿润的稻秆渗入稻株茎叶中而发挥杀菌活性。此即为通过制剂加工技术来掩避其“魔鬼”的一面，又成为“天使”。在我国，氟虫腈由于对水生生物毒性较高，禁止在农田，特别是水田中喷施，但允许作为玉米等旱田作物的种子处理药剂及在非农领域应

用。现氟虫腈也已是宠物治虫的重要药剂。

现今，开发一种新农药的难度越来越大，成本越来越高。如最早开发上市的鱼尼汀受体抑制剂类杀虫剂氟虫双酰胺，日本农药公司于1993~1996年设计、合成并筛选了成千上万个化合物，最后在1998年发现了氟虫双酰胺。此工作历时5年，以后又经历了9年才于2007年上市，也就是说，从研究至商品化共花了14年才得以完成。总之，一种新农药研发到上市通常要耗时15~20年，花费1.5亿美元以上。一种新农药的诞生往往要付出很大的代价。为此，一种农药上市后必须充分发挥应有的“天使”价值，尽可能规避或解决其“魔鬼”的副作用。同时，亦应不断开发新的“天使”，以适应社会发展的需要。

1.1.3 不断开创新农药，培育新的“天使”

随着社会的发展，科技的进步，某些原先并未察觉有不良作用的农药亦会逐渐显露其缺陷；同时，农药长期使用害物也会产生抗性；更者，由于人类对自然界有些害物目前尚无有效的解决方法，只能使用一些明知有不良影响的药剂进行防治。这些极需要有新的农药品种予以替代，并不断孕育新的“天使”。1997~2012年，全球销售市场位居前6位的超级农药公司共开发88个农药新品种。其中，拜耳公司32个，平均每年2.13个；巴斯夫公司19个，年均1.27个；陶农科公司16个，年均1.07个；先正达公司12个，年均0.8个；杜邦公司7个，年均0.47个；孟山都公司共2个，年均0.13个。另外，日本的农药公司共开发了39个新农药品种，其中住友化学公司开发了14个，其他公司25个。

同时，我国的农药科技工作者也积极从事新农药的开发，并不断孕育新的“天使”，表1-2为截至2013年的10余年中，我国登记具有自主知识产权的新农药品种。

表 1-2 10 余年我国登记的具有自主知识产权的新农药品种

类别	品种
杀菌剂(16个)	氟吗啉、氯啉菌酯、丁香菌酯、唑菌酯、唑胺菌酯、烯炔菌酯、烯炔菌胺、啉菌噁唑、噻菌铜、氰烯菌酯、丁苯吗啉、毒氟磷、苯醚菌酯、金核霉素、申嗪霉素、常川霉素
杀虫剂(8个)	丁虫腈、硝虫硫磷、呋喃虫酰肼、硫脲醚、氯胺磷、啉虫啉、倍速菊酯、氯氟醚菊酯
除草剂和植物生长调节剂(9个)	单啞磺隆、单啞磺酯、丙酯草醚、异丙酯草醚、双甲胺草磷、氯酰草膦、甲硫啞磺隆、苯哒嗪内酯、氯苯硫脲

另外，还有几个品种正在登记中。

为了更好地抚育“天使”，并使我国成为农药生产和研发的“强国”，我国的农药科技人员正从理论、机制上进行深入研究，以能培育出更多、更符合时代要求的新“天使”。其中值得一提的是国家基础研究规划“973”计划项目——分子靶标导向的绿色化学创新研究。该项目汇集了我国农药研发的精英，他们以生态环境友好为宗旨，从我国农林植物保护的实际需求出发，以候选农药的化学多样性与生物合理性、候选靶标的生物特异性及化学成药性为切入点，通过高活性先导与候选靶标间相互验证，进行分子靶标为导向的绿色化学农药创制研究。历经10年左右的不懈努力，开发出一批具有自主知识产权、对环境安全的超高效农药。其中有的达到了国际水平。

再加之国家“863”“十二五”科技支撑计划等其他有关农药项目的研究、开发，使我国在新型害物靶标的探索和对新农药分子的设计和创制上打下了坚实的基础，在全球产生了相当影响，已逐渐成为新农药创制的主要国家之一。经过努力，也已培育或正在培育一批美丽的“天使”。

1.2 农药与医药的比较

有不少人认为，农药是有毒的，是“魔鬼”；医药品是为人类治病的，是“天使”。

农药与医药，两者都是“药”。它们有不少相通性，但也有很大的区别。虽然这2种药都具有灭害、治病的功能，但医药品针对的是“人”，农药则以植物为对象。它们都保护生物免受其他危害物的侵袭。

由于医药品直接对人，故尤为人们所关注。为此，人们对医药品的研究开发投入也大大高于农药，两者之差达一个数量级，并且医药品的售价也远高于农药。2013年，全球位列前10位的医药公司的销售额共为3459亿美元；而全球位列前10位的农药公司销售额为519.97亿美元。而位居全球医药公司首位的诺华公司，其2013年的销售额为505亿美元，为同年全球农药销售市场的97.12%之多。列全球农药公司销售额第一的为先正达公司，其2013年市场为114.13亿美元。同样，2013年位列医药公司全球第10位的依里·礼来公司销售额为230亿美元；而在农药公司中位居第10位的FMC公司仅为17.64亿美元。

另外医药品是接触某个或某部分人，而农药则几乎涉及全球所有的人。一定程度上，农药是群体的行为，医药品是个体人的行为。故人们对农药的要求更高。同时农药也会使人们形成更多的误解。但是事实上，医药品中也有“天使”和“魔鬼”。也有一些医药品中的“天使”，同样会演变成“魔鬼”。就毒性而言，许多医药品的毒性远高于农药。一定程度上，由于医药品直接对人，其危险度更高而被禁限被淘汰。表1-3即为近年新上市的热点农药品种与常用医药品或食品的毒性比较。

表 1-3 近年新上市的农药品种与常用医药品或食品的毒性比较

物质 ^① (上市年份)	大鼠急性经口毒性 LD ₅₀ /(mg/kg)
除草剂:	
五氟磺草胺(2005年)	>5000
甲酰胺磺隆(2002年)	8865
硝磺草酮(2001年)	>5000
唑啉草酯(2007年)	>5000
杀虫剂:	
噻虫胺(2002年)	>5000
氯虫苯甲酰胺(2008年)	>5000
螺螨乙酯(2003年)	>2500
杀菌剂:	
吡唑醚菌酯(2002年)	>5000
啶酰菌胺(2003年)	>5000
表面活性剂:	
烷基苯基磺酸钠	2000
霉变谷类、豆类:	
黄曲霉毒素	7
霉变苹果果汁:	
棒曲霉素	15
烟草组分:	
烟碱	50~60
辣椒的辛辣成分:	
辣椒辣素	60~75
医药品、茶的组分之一:	
咖啡因	174~210

物质 ^① (上市年份)	大鼠急性经口毒性 LD ₅₀ /(mg/kg)
日用品: 牙膏(平均)	250
医药品: 阿司匹林	1000
调味品: 食盐	3000
砂糖	29000
酒: 乙醇	7000

① 本栏括号内为该农药上市年份。

由表 1-3 可见, 近年开发的绝大多数农药的急性毒性远低于很多常用医药品及食品和日用品, 而这些农药品种的急性毒性大大低于现已禁用的农药 (数值越小毒性越大)。如甲胺磷为 20mg/kg, 甲基对硫磷 9~25mg/kg。

另外, 世界卫生组织 (WHO) 对农药的审查也远比医药严格。对于医药品主要要求是对人及其相关器官及生殖、遗传等安全性。而对农药, 则不仅要进行与医药品相同的毒性试验, 而且还必须进行对蜂、鸟、鱼、蚕及土壤生物、水生生物等众多生物的毒理试验, 同时还必须进行其代谢物对环境的影响等试验。此外, 还要求尽力避免水、光等环境因素对其有影响。

再有, 任何药物都要加工成各种制剂, 方能方便应用及改变或提高药剂的性能。而农药的制剂加工比医药品难度更高, 其必须将少量的药剂 (通常每亩为几克至几十克, 1 亩 = 667m²) 均匀地分布在广阔的农田中, 故要求更高。

农药的制剂对时间、场所、传送量等的要求与医药制剂有很大不同, 且难度更大, 特别是输送系统。表 1-4 为农药输送系统 (pesticide delivery system, PDS) 与医药品输送系统 (drug delivery system, DDS) 的比较。

表 1-4 农药输送系统与医药品输送系统的比较

项目	PDS	DDS
对象状态	开放体系	封闭体系
环境条件	变化大	固有(体内)
材料、技术	不得使用高价材料	可使用高价材料
传送媒介	无	有(血液、体液)
对环境的影响	有	无

总之, 对于医药, 以治病救人为根本; 而对于农药, 则以保证生态环境健康, 确保农作物收成为目的。故如今对农药要求为: 减轻环境负荷, 降低空中飘移, 避免对水系及地下水影响。为达到此目的, 对于农药制剂, 要求人们不断从释放技术、表面化学技术等各种高功能性农药制剂进行开发, 这也是不同于医药品的根本点。现今, 具有这些功能的新颖材料不断问世并被利用。对此应先实施检定目标 (即传感功能, Sensor Function)。接着选择所需农药; 随后为控制释放 (即调节器功能, Actuation Function)。这些功能将会在农药上得以应用。届时, 农药将会向更安全、有效、省力的方向迈进。

1.3 必须纠正对农药的错误认识与偏见，为农药正名

现今，由于缺乏客观的宣传和教育，也因确有一些农药存在一些不良作用和影响，以致人们一提及农药就认为是“有毒、有害”，将其视为“洪水猛兽”，是十恶不赦的“魔鬼”。然而事实上人们通过几十年的努力，已使如今的农药有极大的改观。而今，一旦发现确有不良作用的农药，就会立即予以禁/限用，并努力开发新的安全、环保农药予以替代。目前，我们使用的农药都必须经过各种相关的毒性试验和环境安全评价，其复杂和严格程度绝不亚于医药。表 1-5 即为与安全性、残留及环境相关的试验项目，只有确认其对人类和环境十分安全后方可上市。但是，由于长期以来片面的宣传和偏激的指责，使人们对农药存在不当认识和偏见，对此，除了不断驱赶“魔鬼”、孕育“天使”外，也必须向广大百姓进行宣传和普及农药相关知识，及时纠正人们对农药的认识。

1.3.1 错误认识之一——“农药都是有毒的”

在我国，把农药分为剧毒、高毒、中等毒、低毒和微毒。以急性口服为例，LD₅₀ ≤ 5mg/kg 为剧毒，LD₅₀ 在 5~50mg/kg 为高毒，LD₅₀ 在 50~500mg/kg 为中等毒，LD₅₀ 在 500~5000mg/kg 为低毒，LD₅₀ > 5000mg/kg 为微毒。历经几十年的努力，一些高毒农药的品种逐步被取代，一批新开发的农药品种进入市场，这些品种的毒性越来越低。表 1-5~表 1-7 即为当今新农药开发所要求的毒性试验项目。

表 1-5 确保农药安全的毒性试验

急性毒性： (1)急性经口毒性(大鼠、小鼠、狗) (2)急性经皮毒性(大鼠) (3)急性吸入毒性(大鼠) (4)眼刺激性试验(兔) (5)皮肤刺激性试验(兔) (6)皮肤致敏性试验(豚鼠) (7)急性神经毒性试验(大鼠) (8)急性迟发型神经毒性试验(鸡)	长期毒性(慢性毒性)： (14)一年内反复经口喂饲试验(大鼠、狗) (15)致癌性试验(大鼠、小鼠)
	生殖毒性： (16)第二代繁殖毒性试验(大鼠) (17)致畸试验(大鼠、兔)
	遗传毒性： (18)回归变异性试验(细菌) (19)染色体异常试验(哺乳类动物培养细胞) (20)微粒体试验(大鼠、小鼠)
亚急性毒性试验： (9)90 天内反复经口喂饲试验(大鼠、小鼠、狗) (10)21 天内反复经皮毒性试验(大鼠) (11)90 天内反复吸入毒性试验(大鼠) (12)反复经口喂饲神经毒性试验(大鼠) (13)28 天内反复喂饲迟发型神经毒性试验(鸡)	特殊试验： (21)生殖功能影响试验(大鼠、小鼠、狗、豚鼠) (22)与解毒、治疗相关的试验(大鼠、狗)
	动物代谢试验： (23)与动物体内行为相关的试验

表 1-6 与农药代谢和分解及残留相关的试验项目

1. 植物代谢试验：根据适用植物群，选择试验作物 2. 土壤代谢试验：喜气深水土壤中行为试验，喜气或厌气土壤中行为试验 3. 水中分解行为试验：水解行为试验，水中光分解试验 4. 残留分析方法：所有使用作物和 2 种以上土壤 5. 作物残留试验：对于所有适用农作物，2 例以上 6. 土壤残留试验：农场试验(各 2 例以上) 后茬作物中残留试验 7. 水质污染试验

表 1-7 农药对环境和生态系统影响评价的有关试验项目

1. 有效成分的性状、稳定性、分解性有关试验：
色泽、形状、臭味、光谱、熔点、蒸气压、水及有机溶剂中溶解度、土壤吸附性、辛醇/水分配系数、密度、水解性、解离常数、对热稳定性、水中光分解性
2. 对水生动、植物影响的有关试验：
对鱼类急性毒性
对水蚤类急性游动阻碍和繁殖毒性
对藻类生长阻碍
3. 对水生动植物外有益生物的影响相关的试验：
对蜜蜂和蛋的影响试验
对天敌昆虫等影响的试验(于双翅目、膜翅目、鞘翅目、鳞类等中选 2~3 种)
对鸟类影响试验(强行经口或混入饵料喂饲试验)

1.3.2 错误认识之二——“农药会致癌”

这又是绝对错误的看法，是人们对农药缺乏基本认识，引起担忧的又一原因，导致谈“农药”色变。目前，一个农药在开发过程中（包括已上市的农药，一旦怀疑有三致可能性），就必须要进行大量的各种毒性试验，包括致癌、致畸、致突变等，如果发现有问题即不予开发，更不能成为商品。例如，上海市农药研究所在进行新的微生物农药开发中，发现了一抗生物质——变构霉素，它对众多植物病原菌有极高的杀菌活性，为此进行了深入的研究开发，同时也进行了细致的毒性测试。结果发现，该物质对大鼠在若干世代后会致胚胎突变，为此中止了研发。曾有人进行过随机调查。结果 100% 的癌病专家认为，现今允许在市场上使用的农药均不会致癌；但在调查中 24% 的家庭主妇却认为农药会致癌。

1.3.3 错误认识之三——“使用农药会影响环境和产生事故”

现今，只要严格按照规定和标签上推荐的对象、作物、使用量、使用浓度、方法和时间施用农药，就不会发生不良事故。导致事故发生，使某些农药沦为“魔鬼”，通常有两大原因。一是“违法”，二是“违规”。兜售假药、劣药、禁药和掺入“隐性成分”就是违法现象，必须依法惩处；乱用药、错用药则为违规，对此必须进行科普，进行宣传教育。如几年前出现的“毒豇豆事件”即为违法；而“西瓜膨大剂事件”即为违规的典型事例。

无论是“违法”或“违规”，管理和教育是关键，同时对“违法”现象必须运用法律武器严加惩处。对于农药的管理应从“摇篮”到“坟墓”，自始至终予以管理。生产、流通、应用各个环节，都必须加强监管。随着我国新的《农药管理条例》的诞生，届时对农药的管理将更加深化、实在，农药市场的秩序将更加健康。

同时，对农药科技知识的教育也须进一步普及和加强，人们对农药的认识也会不断提高，对农药的偏见和误解也会逐渐纠正和消逝。届时可以深信，更美好、善良的“天使”将会持续出现，而各种“魔鬼”将会被驱除，被永远关在“魔瓶”中。这样，世界的粮食供应才能得以保证，健康的生态环境才能实现。

人们希望，蝴蝶继续美丽而高贵，它仍可产仔生虫，但不影响人类的生存和生态的持续。人们也希望农药亦可成为这样没有生态危害的新蝴蝶。

1.4 农药正在脱胎换骨

2015 年是美国海洋生物学家蕾切尔·卡尔逊女士逝世五十周年，也是她的著名环境

科普读物——《寂静的春天》出版五十二周年。卡尔逊女士历时四年完成了这本书。在书中她揭露了美国的农业、商业为追逐利润而滥用农药，对环境生物及人畜造成严重危害。这本书对美国，甚至整个世界产生极大震动，也对以后世界农药的发展起了十分积极的作用。它为整个农药界敲响了警钟。如今，卡尔逊女士在该著作中提及的绝大多数农药已被禁用，如六六六、滴滴涕、氯丹、七氯、狄氏剂、艾氏剂等。由此，激发了人们对环境的关注。几十年来，一些对环境有不良影响的农药不断被禁用、限用，如甲胺磷、甲基对硫磷、2,4,5-涕、杀虫脒、灭多威、涕灭威等。农药的毒性和对环境的安全已引起普遍关注。

然而，在自然界中，真菌引起植物病害达 1500 多种；线虫引起的病害 1000 多种；危害植物的昆虫有数千种。此外还有几百种杂草，几十种鼠等啮齿类和其他脊椎类有害生物，它们对农作物造成极大的损失。有人做过对比试验，结果表明，由于病、虫的侵害引起减产率为 53.42%；因杂草引起减产率 21.33%，共计 74.75%。据估计，如果不使用农药，全球将有一半左右的人会因为饥饿而死亡，同时农药在帮助人类预防疾病中也起着不可磨灭的作用。

为了保证环境安全，也为了农作物的稳产、丰产，确保全球的粮食供应，亦为了抵御抗性，几十年来，人们在努力禁止或限制那些对人类、对环境有不良影响及已产生严重抗性农药的同时，也不断努力开发符合社会需求的新农药。如今，随着社会的发展，科技的进步，人们对新农药的开发也不再满足于高效、低毒的基本要求，而是以环境安全为首要条件。经过十几年的努力，已成功开发了一批对环境十分友好的超高效农药，如甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂、琥珀酸脱氢酶抑制剂类杀菌剂及昆虫鱼尼汀受体作用剂类杀虫剂等。这些农药不仅高效、安全，而且对环境也非常友好。这些新颖的药剂不少以具有农药活性的天然物质为先导，或以害物特有的生理物质或结构为靶标进行“仿生”合成而得，故对人畜和环境十分安全。

通过脱胎换骨的变化和优美转身，今后的农药不会再是污染环境、有损人类的祸首。反之，它们正成为保护环境、灭除害物、保障人类和环境健康的有力武器。当然，环境和食品安全是一个长期的、多因素的课题。特别是人们对食品安全的认识，也由诸多因素所影响。这些因素亦为人们所关注。

据 2012 年日本 Myvoice 公司对食品安全的调查，在其 15 项调查中，在 11649 人中有 54% 的人对食品的放射性物质污染、农药残留影响、食品添加剂使用表示担心；其中有 44.6% 对进口食品安全表示担心；38.8% 对禽流感、口蹄疫等畜、禽病有担忧。较之 2008 年，对农药的担心程度从 88.5% 下降到 54%。此亦表明，人们对农药的偏见和认识也有很大提高。

1.5 假如没有农药

农药是人类与大自然斗争的产物。人们在农业生产中，为了抵御自然环境中虫、菌、草等害物的侵袭，4000 多年前人们就发明了农药。农药的发明、开发和应用，是人类进步的表现，也是人类与大自然斗争，改造大自然的需要。曾记否在 20 年前，我国曾有人发表了洋洋大文，说“化学农药可以休矣！”结果遭到人们严厉的批判，并经事实证明，这种观点是极端偏激的，他们片面地提出全部要以生物农药替代化学农药，但他们却忘却了生物农药中的抗菌素也是化学物质，结果这种观点不久就偃旗息鼓了。