

吴春笃 王 泽 著

农药的安全 使用技术



中国环境科学出版社

国家自然科学基金资助项目
江苏省自然科学基金资助项目
中国环境科学出版社资助

农药的安全使用技术

吴春笃 王 泽 著

图书在版编目 (CIP) 数据

农药的安全使用技术/吴春笃, 王泽著. —北京: 中国环境科学出版社, 2001
ISBN 7-80163-332-6

I. 农... II. ①吴... ②王... III. 农药施用—安全技术 IV. TQ450.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 045239 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京联华印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

2001 年 12 月第一版	开本 850 × 1168 1/32
2001 年 12 月第一次印刷	印张 6 1/4
印数 1—3000	字数 162 千字

定价: 20.00 元

前 言

环境污染和水资源短缺是当今世界面临的两大难题，我国将环境保护作为一项国策来抓，把节水农业作为现代农业的发展方向，可见我国政府对这两个问题的高度重视。中央领导人曾经就如何科学使用农药，降低农药对环境的污染，减少水资源浪费作过重要指示，并责成农业部和机械工业部所属有关科研院所和高等院校以及农业机械学会、农业工程学会和化学学会专门就这个问题召开研讨会，商讨对策。

化学防治是植物病虫害防治中最有效、最经济、应用最广，而且较少受地区限制的方法，长期以来也是病虫害防治中最主要的方法。可以预见，在今后相当长的时间内仍将如此。我国从引进施药器械开始，便采用了叶面喷洒的施药方法。后经几十年的发展，现在生产中使用的施药方法，除喷雾外，还有弥雾、喷粉和喷烟等，这便形成了常规的施药方法。长期以来，常规的施药技术为人类在植物保护方面做出了巨大贡献，同时也带来了诸多不良效应：

1) 由于飘移和流失，造成农药的浪费，并严重污染环境。据统计，我国每年以各种方式用于农业生产中的商品农药已逾 100 万吨，折算成 100% 的有效成分约为 40 万吨，而所用的药剂大部分流失、挥发或迁移至水、土和大气之中，由此造成了严重的污染，对人类的安全和生态平衡造成严重危害。此外，使用过程中，操作人员较长时间处于被污染的环境中导致中毒、死亡的事件时有发生，且常有牲畜和有益生物被误杀。

2) 大量消耗水资源。目前，常规喷雾所用的药液都为上千倍

的水释液，若以每年喷雾所用的农药占总消耗农药的 $\frac{3}{4}$ 计，则相应的耗水量为 8 亿吨以上。而我国是一个水资源严重缺乏的国家，水资源的总量仅为 2.8 万亿吨，人均占有 2700 吨。

3) 对于高大的树木，防治效果欠佳，对于蛀干害虫则几乎没有防治效果。常规的喷洒农药方法，扬程有限，而喷烟又需要严格的气候条件，所以高大树木的冠层上部很少有农药沉积。另一方面食叶性害虫大都具有趋上性，更多地取食冠层上部枝叶，这就导致了地面喷洒的防治效果差。森林病虫害防治常使用飞机喷药的方法。但飞机喷洒成本高，有严重的重喷、漏喷等现象，同时雾液难以沉积于冠层中下部。对于蛀干害虫，一方面由于其本身表皮的保护作用，对农药具有很强的抗性(如蚧壳虫等)；另一方面，由于其取食植株茎部，喷洒的农药不能到达，对其也就无能为力了。我国

化学防治是植物病虫害防治中最有效、最经济、应用最广，而且较少受地区限制的方法，长期以来也是病虫害防治中最主要的方法。可以预见，在今后相当长的时间内仍将如此。我国从引进施药器械开始，便采用了叶面喷洒的施药方法。后经几十年的发展，现在生产中使用的施药方法，除喷雾外，还有弥雾、喷粉和喷烟等，这便形成了常规的施药方法。长期以来，常规的施药技术为人类在植物保护方面做出了巨大贡献，同时也带来了诸多不良效应：

1) 由于飘移和流失，造成农药的浪费，并严重污染环境。据统计，我国每年以各种方式用于农业生产中的商品农药已逾 100 万吨，折算成 100% 的有效成分约为 40 万吨，而所用的药剂大部分流失、挥发或迁移至水、土和大气之中，由此造成了严重的污染，对人类的安全和生态平衡造成严重危害。此外，使用过程中，操作人员较长时间处于被污染的环境中导致中毒、死亡的事件时有发生，且常有牲畜和有益生物被误杀。

2) 大量消耗水资源。目前，常规喷雾所用的药液都为上千倍

微粒的输送及沉积过程，静电喷药防止虫害的生产实践，植株茎部施药技术概述，植株体内农药的输送、积累和衰减，植株茎部施药技术的效果试验和生产应用等。书中所述为低污染施药技术方面的最新研究成果，具有较高的学术水平，可供植保技术、农业生物环境工程、农业机械等方面的科研技术和管理人员、高校教师、研究生及大学生等参考。该书的出版将有利于我国低污染技术的发展，促进我国农业的持续发展，具有较大的学术价值和社会意义。

吴春笃 王 泽

2001 年 12 月

目 录

第一章 农药使用的安全问题	1
1 农药进入环境的途径	1
2 常规施药技术的安全卫生问题	3
3 常规施药技术及其存在的问题	7
4 低污染施药技术的原理	8
第二章 静电喷药技术概述	10
1 静电喷药机具的研制	10
2 雾化机理的研究	11
3 充电系统的研究	11
4 荷质比的测量	12
5 输运流场的测量	12
6 沉积性能的研究	13
第三章 微粒的充电及电场计算	15
1 微粒的带电机理	15
2 几种常用电极型式及电场计算	19
3 三种常用电极的比较	28
4 微粒的荷电性能	30
第四章 静电喷雾的雾化过程	33
1 静电对液体雾化的影响	33
2 静电作用下液体物理特性对雾化的影响	41
3 静电对射流的作用	42
第五章 荷电微粒输送和沉积过程	51

1 荷电微粒的受力分析·····	51
2 荷电微粒输送的基本方程·····	55
3 荷电两相流流场计算·····	63
4 荷电两相流流场测量·····	70
5 荷电微粒沉积过程·····	81
第六章 静电喷药防治病虫害的生产应用 ·····	86
1 静电喷雾室内杀灭笼蚊蝇·····	86
2 静电喷雾杀灭草原蝗虫·····	95
第七章 植株茎部施药技术概述 ·····	100
1 植株茎部施药技术的原理和特点·····	100
2 植株茎部施药技术的研究概况·····	100
3 植株茎部施药技术的系统分析·····	103
第八章 植株体内农药的输运、积累和衰减 ·····	111
1 植株体内农药的输运、积累和衰减的理论基础·····	111
2 植株体内久效磷含量的灰色动态模型·····	114
3 植株体内农药含量灰色动态模型的参数识别·····	122
4 灰色动态模型的计算机模拟·····	137
5 植株体内农药含量的影响因素分析·····	149
6 小结·····	162
第九章 植株茎部施药技术的应用 ·····	164
1 植株茎部施药机具的研制·····	164
2 植株茎部施药防治虫害的试验研究·····	171
参考文献 ·····	181

第一章 农药使用的安全问题

农药使用过程中,环境常会被农药所污染,并因此给人类的安全、生态的平衡带来威胁。植保工作者目前正致力发展实用的高效低污染的施药技术,使农药对环境的污染降低到尽可能低的水平。在此,我们就使用过程中农药对环境污染的途径和对人体危害的方式,予以分析。

1. 农药进入环境的途径

图 1-1 所示是环境中农药的循环过程,从中可以看出,施药过程中以及施药后,农药进入环境的途径是很多的,但主要可归纳为两条。一是施药时直接进入环境,一是经植株循环后进入环境。前者是造成污染的主要原因,是与施药方法和器械密切相关的,是人为可控的;后者则取决于植物和环境系统以及农药的特性,是使用者所不能控制的。安全使用农药的目的就是如何减小可控的污染,避免对人体及生态系统的危害。为此,首先来分析农药进入环境的各种途径。

1.1 农药进入水和土壤

- 1) 配制和搅拌药液时,将农药倒入或溅到水土中。
- 2) 喷洒农药时,失靶的农药和目标物上流失的农药进入水土中。
- 3) 水面洒布颗粒剂和土壤施药直接使农药进入水土中。
- 4) 悬浮于空气中的农药颗粒和气体通过雨水或气体扩散进入水土中。

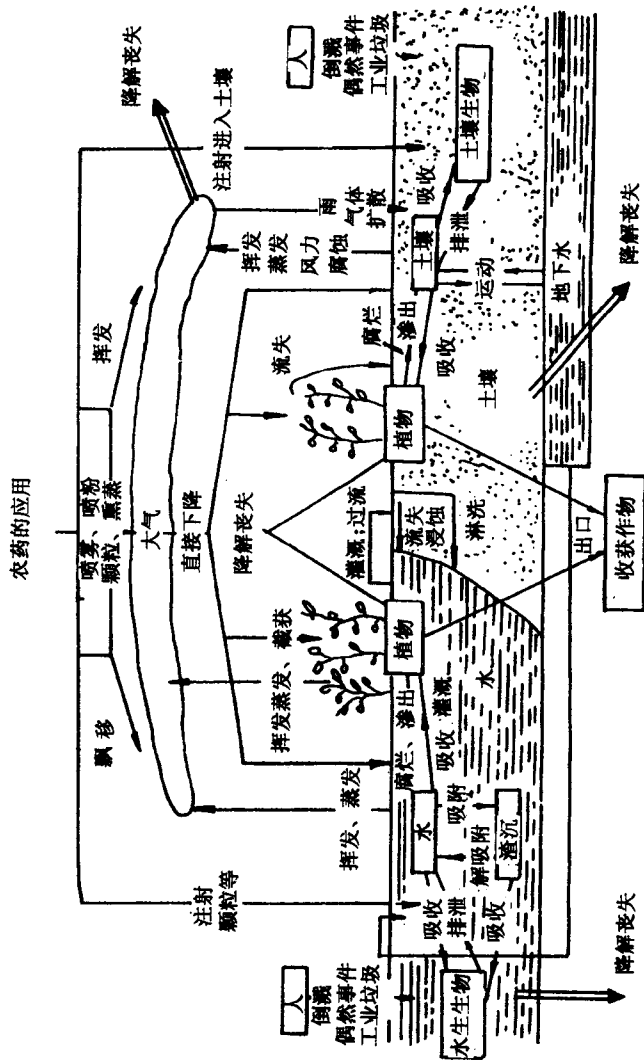


图 1-1 环境中农药的循环过程

1.2 农药进入大气

1) 在配制和搅拌药液时, 农药不断挥发而以气体的形式进入大气中。

2) 喷洒过程中, 细小的粉粒或雾滴被地面的涡旋或其它上升气体带入空中。另一方面, 雾滴在降落过程中随风飘移并伴随着挥发和蒸发, 大雾滴变成小雾滴和气体, 从而被带入空中。这是农药进入大气的主要途径之一。

3) 农药喷洒以后, 植株表面的农药通过挥发和蒸发进入大气。

1.3 农药在环境中的循环

农药进入大气、水和土壤后, 将以一定的形式转移到其它地区, 从而造成更大范围的环境污染。农药在环境中的迁移主要有三条途径: 水的传带、大气传带、生物传带。

水的传带是指残留于水和土壤中的农药直接或被淋洗、冲刷而流入水沟、池塘、河流以至海洋。

大气传带是农药传播的最主要方式。农药以各种方式进入大气中, 随大气的运动被带至各地, 沉降或被雨雪带到地面。有些农药在沉降后又由于挥发再进入大气中循环。大气传带中风是最显著的因素。在施药地区周围下风的地方, 大气中农药的含量常接近施药区的浓度。这一点在生产中应予以高度重视。

生物传带是指施用农药后, 进入生物体内的农药, 通过生物链在生物间的转移, 或通过携带农药的生物的迁移而被带到别处。

2. 常规施药技术的安全卫生问题

农药进入环境造成了环境污染, 引起对人类和生物的危害, 在此, 仅分析其对人体的危害性。

使用农药对人体的危害，可分为两类，一是施药过程中施药人员直接受危害，另一方面是飘移、流失的农药通过转移而间接危害其他社会成员。安全使用农药就是包括两个内容：(1) 采取必要的措施，使施药人员免受农药的污染和危害；(2) 使施药引起的农药流失或飘移及蒸发最小，最大限度地减少对环境的污染。施药过程中，施药者中毒除农药因素外，很大程度上取决于施药方法和器械。而农药进入操作者体内的途径主要有：(1) 皮肤途径；(2) 呼吸途径；(3) 由口或伤口处进入。

施药对操作者的危害是直接的、直观的，而流失于环境中的农药通过循环、扩散造成大范围的污染，从而危及其他社会成员的现象也不容忽视。这种危害常是慢性的、积累的，久而久之便可能导致某些器官的病变和机能的丧失，最终引起“三致”现象。

就目前的水平而言，常规的施药方法和器械，都可能导致环境的污染和对人体的危害。

农药在大气中的浓度可分为三种情况：高浓度、中等浓度、本底浓度。高浓度是喷洒当地当时的情况，中等浓度是在喷洒当地周围的情况(或施药区在施药后一定时间内的情况)，本底浓度是在一般不施药的地区。表 1-1 和表 1-2(Jegier, 1969)所示分别为高浓度和中等浓度的情况。由表可知，常规施药造成的大气污染是相当严重的。

此外，长期使用农药，流失的农药积累于水土之中的浓度可高达数个 ppm (即 mg/kg)。尽管有机磷农药在土壤和水中的残留期较短，不足以引起持久性的污染，但施药当时或稍后一段时间内，流失的农药进入土壤、进入水中对生物和人均可造成巨大的危害。

总之，由于常规的施药方法使得农药大量进入环境，对人类及各种生物带来巨大的危害。表 1-3 所示是美国加利福尼亚州卫生部 1973 年收到的与农药有关的职业病的报告。

由表中数据可见，在 15 种专业操作中，地面施药工、混药工

(装药工)、田间工作者、以及苗圃(温室)工作者得职业病的人数最多,这是常规施药所不能避免的。

表 1-1 在用药当地当时的大气中农药的浓度

杀虫药剂	处理/地点	在大气中浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		范 围	平 均
对硫磷	配制及混合	0 ~ 5 530	
	装筒	0 ~ 2 430	530
	果园喷雾 (加利佛尼亚州)	40 ~ 290	130
	果园喷雾 (佛罗里达州)	360	360
	果园喷雾 (加拿大)	2 000 ~ 15 000	
谷硫磷	果园喷雾	50 ~ 2 550	670
	果园装筒	260 ~ 6 200	2 770
马拉硫磷	苹果园、菜田	410 ~ 760	590
	蚊子防治	70 ~ 90	
西维因	苹果园	180 ~ 810	600
异狄氏剂	菜田、飞机喷洒	20 ~ 90	50
六六六	森林、地面喷洒	2 600 ~ 12 500	
	森林、飞机喷洒	540 ~ 4 100	
	食堂 (气体挥发)	40 ~ 780	
DDT	森林、地面喷洒	2 600 ~ 4 600	
	森林、飞机喷洒	1 900 ~ 171 000	
氯丹	公寓、食堂等	800 ~ 920	440
二嗪农	更衣室	260 ~ 10 200	2 680
甲氧 DDT	厩房、室内、牛羊喷洒	500 ~ 4 500	7 680
内吸磷	温室	4 220 ~ 19 600	9 150

表 1-2 在大气中中等浓度的农药

杀虫药剂	处理状况	浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
谷硫磷, 西维因	离施药地点 300 ~ 600 m	500 000
对硫磷, 马拉硫磷	离施药地点 300 ~ 600 m	500 000
DDT	离施药地点 300 ~ 600 m	0.1 ~ 22
氯丹	离施药地点 300 ~ 600 m	0.1 ~ 6
毒杀芬	离施药地点 300 ~ 600 m	1.2 ~ 15
艾氏剂	离施药地点 300 ~ 600 m	0.1 ~ 4
DDT	施药附近一农田	0.3 ~ 8 500
氯丹	施药附近一农田	1 ~ 31
马拉硫磷	施药前	0.2
	施药期	8 ~ 22
	施药后	0.2 ~ 2.3
DDT 烟雾	施药期	100 ~ 8 000
	施药后	2 ~ 11
马拉硫磷	施药期	1 ~ 30
	施药后	< 0.1 ~ 1
DDT	三周连续施药	230 ~ 300
马拉硫磷	三周连续施药	6 ~ 25
DDT + 马拉硫磷混合物	三周连续施药	3 ~ 430

表 1-3 与农药有关的不同职业的人员得职业病的人数

职 业	系 统	皮 肤	眼/皮肤	眼	总 数
地面施药工	187	103	13	121	424
混药工	121	19	3	22	165
田间工作者	45	94	0	18	157
苗圃、温室	18	71	1	22	112
熏 蒸	52	13	1	5	71
园 丁	14	16	2	34	66
配制工厂	41	15	2	5	63
堆栈、装卡车	33	8	1	9	51
消防者	41	0	0	1	42
杂酚油使用者	1	24	2	9	36
飘 移	10	5	0	11	26
房屋的害虫防治	11	5	0	8	24
清洗工和修理工	10	6	1	5	22
砌石工	16	3	0	1	20
飞机喷洒	10	0	1	3	14
其 它	55	70	6	50	181
总 数	665	452	33	324	1 474

3. 常规施药技术及其存在的问题

我国从引进施药器械起，便采用了叶面喷洒的施药方法。后经几十年的发展，现在生产中使用的施药方法，除喷雾外，还有弥雾、喷粉和喷烟等。这就形成了常规的施药方法。一般的发达国家，常规的施药方法也无异处。长期以来，常规的施药技术为人类在植物保护方面作出了卓越的贡献，但也存在着诸多不足之处。

1) 由于飘移和流失，造成农药的浪费，并严重污染环境。据

统计,我国每年施到农田中的商品农药已达 80 余万吨,折算成 100% 的有效成分约为 20 万吨,而所施的药剂大部分流失、挥发或飘移至水、土和大气之中,由此造成了严重的污染,对人类的安全和生态平衡带来了许多不良的效应。使用过程中,操作人员较长时间处于被污染的环境中,导致中毒、死亡的事件时有发生,且常有牲畜和有益生物被误杀。

2) 大量消耗水资源。目前,常规喷雾所用的药液都为上千倍的水释液,若以每年喷洒所用的农药占总消耗农药的 $\frac{3}{4}$ 计,则相应的耗水量为 6 亿吨以上。而我国水资源的总量仅为 28 000 亿吨,人均占有 2 700 吨。

3) 对于高大的树木,防治效果欠佳,对于蛀干害虫则几乎没有防治效果。常规的喷洒农药方法,扬程有限,而喷烟又需要严格的气候条件,所以高大树木的冠层上部很少有农药沉积。另一方面食叶性害虫大都具有趋上性,更多地取食冠层上部枝叶,这就导致了地面喷洒的防治效果差。森林病虫害防治常使用飞机喷药的方法。但飞机喷洒成本高,有严重的重喷、漏喷等现象,同时雾液难以沉积于冠层中下部。对于蛀干害虫,一方面由于其本身表皮的保护作用,对农药具有很强的抗性(如蚧壳虫等);另一方面,由于其取食植株茎部,喷洒的农药不能到达,对其也就无能为力了。我国林木由蛀干害虫危害引起的大规模毁坏近几年内已不止一起。典型的有广东的松树林遭受松突圆蚧的危害,损失很大;三北防护林之一的宁夏杨树遭受天牛危害,毁坏大片林木,严重破坏了生态环境,并造成了巨大的经济损失。

4. 低污染施药技术的原理

从上述分析可知,农药进入环境的途径可归纳为两条:1) 施药时直接进入环境;2) 经植物循环后进入环境。前者是造成环境

污染的主要因素，与施药方法和施药器械密切相关，是可控的；后者取决于植物和环境系统以及农药本身，对使用者来说是不可控的。安全使用农药主要是如何减少可控的污染，以达到低污染或无污染施药的目的。

低污染使用农药应从农药、施药方法及施药器械三方面入手。

农药方面，要进行研究的是农药本身的高效低毒，另一方面是高毒农药低毒化。前者是农药成份问题，目前应加强低毒或是无毒的生物农药及高效低毒农药的研究；后者是农药的制剂学问题，目前较先进的有微囊化缓释农药和缓释农药涂剂以及防飘移粉剂等。

施药器械方面就是在现有药械的基础上，利用现代化技术研制出新型的药械。目前新型的低污染施药机具主要有：静电喷雾（粉）机，自动对靶间隙式喷雾器，药液直接混合式喷雾器，导向气流喷雾器以及自动回收多余雾滴喷雾器等。这些机具在安全施药方面主要考虑了如下三点：1）加速雾滴对目标物的沉降，缩短其运行时间，减少飘移；2）提高雾滴的对靶准确性，减少直接进入环境的农药；3）省去配置药液和搅拌药液的环节等。

施药方法方面就是要改变常规施药中不合理的施药方法，代之以安全的低污染的施药方法。涂抹除草技术和木本植物的茎部施药技术便是两种低污染的施药方法。涂抹施药造成的直接进入环境的农药仅是挥发的气体。木本植物的茎部施药有涂抹、粘贴、植入和注射等4种。植入和注射是将农药直接施于植株茎部体内，农药无法直接进入环境。

本书就静电喷洒农药和植株茎部施药技术的有关问题，结合笔者的研究实践予以阐述。