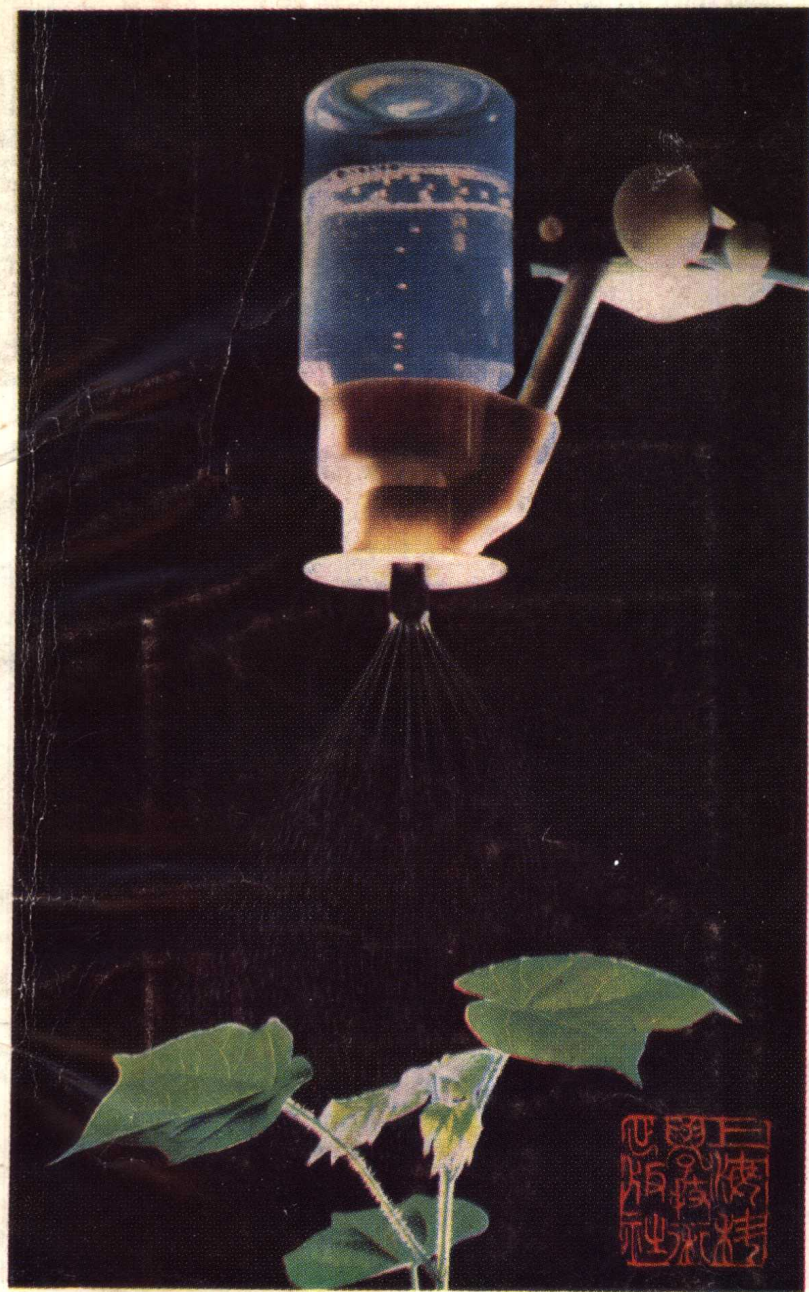


屠予钦



农药使用技术原理

农药使用技术原理

屠 予 钦

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书重点介绍各类农药的使用技术,并围绕农药与生物靶体之间的关系来说明各种农药使用方法的基本特点和原理,并讨论在实际操作中可能出现的技术问题,以及改进、提高的途径与方法,以取得最佳的防治效果和经济效益。

全书除绪论外,分以下九个部分阐述:一、农药使用技术毒理学基础;二、农药的分散度;三、喷雾法——雾化;四、喷雾法——雾滴的运动;五、粉剂和粒剂的使用技术;六、农药助剂;七、烟雾法;八、农药的其它使用技术;九、农药的混合使用等。最后附录有农药使用技术方面的名词、术语(中英对照);农药剂型国际统一代码系统,度量衡折算法和国产农药喷撒器械的各种名称和型号。

本书可供植保科技人员、农药技术人员和农药供销部门人员参考应用。

封面设计 卜允台

农药使用技术原理

屠予钦

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

总发行所上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 7.75 插页 2 字数 203,000

1986年5月第1版 1986年5月第1次印刷

印数: 1—4,400

统一书号: 16119·859 定价: 1.55 元

前 言

病、虫、杂草的化学防治效果，往往被简单地归因于农药的品种和使用剂量。实际上，一种好的农药只有在正确的使用下才能很好地发挥作用；反之，使用技术不正确，只是单纯提高使用剂量或增加施药次数，并不是一个明智的办法，它只能增加农药的无谓消耗和增加不良的副作用。在农药使用过程中出现的许多问题，如抗药性问题、残留问题、环境污染问题、对有益生物的伤害问题乃至人员中毒问题，大多肇因于此。这种情况往往导致某些农药过早地退出市场，对农药生产部门造成很大压力，对国家造成不应有的经济损失和环境污染，农民也要蒙受直接的经济损失。

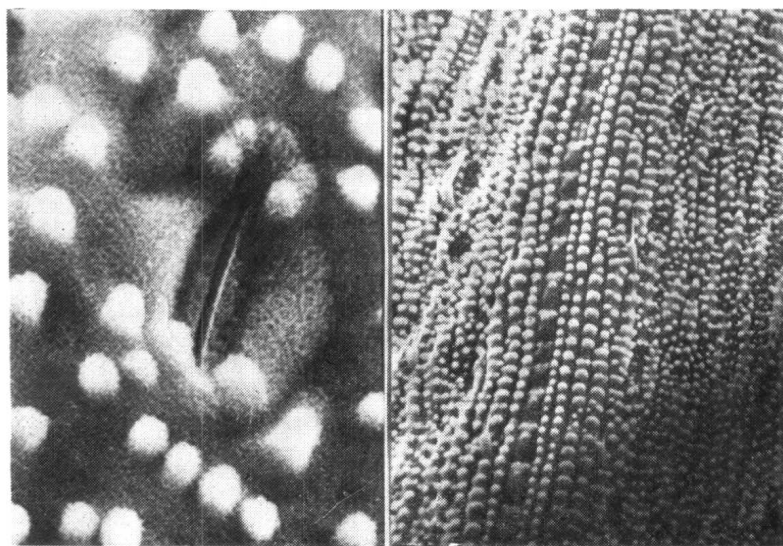
农药使用技术内涵十分广泛，但许多情况表明，它往往仅被误解为农药的使用适期、使用剂量、使用次数以及喷撒剂的浓度。这些无疑是农药使用过程中的重要方面。但是，农药究竟以何种方式同防治对象发生接触、如何使农药同生物靶标发生有效接触，要求怎样的条件以及如何创造这种条件，则是农药使用技术的更为重要、更具有本质性的方面。只有对这些方面基本了解后，才有可能制订出正确的使用技术，避免或减少发生上述种种问题。本书试图从这个角度来讨论农药的使用技术问题，因此把书名定为《农药使用技术原理》。当然有关使用技术的基本原理涉及的学科领域非常广泛、内容十分丰富，远非作者力所能及；但本书只希望向对此有兴趣的同志们提供这个领域的一个掠影和概貌，在当前农药使用比较混乱的情况下，对有关人员如何探索、研究和提出解决问题的途径和办法或能有所裨益，这是作者写这本书所期望的。

农药的生产、销售、使用之间技术衔接不够，也是我国农药科技中的一个问题。这种情况，原因之一也在于我国对农药使用技

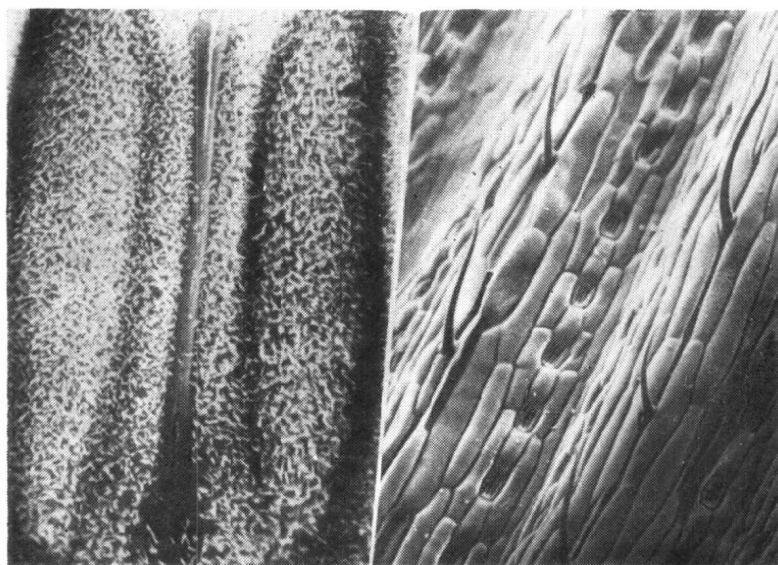
术缺乏系统的、全面的研究,因而对于农药如何才能适应使用地区和使用对象的要求,难以提出科学的依据,使产、需之间缺乏必要的技术信息联系。而使用者如果不了解农药使用技术方面的基本原理原则,也就很难对农药产品提出明确的要求。所以作者认为,农药使用技术的研究,是联系生产、销售、使用之间的一条技术纽带。

由于水平所限,孔见只识,书中谬误之处难免。如蒙读者不吝教正,则不胜感谢。

作者 一九八四.四。

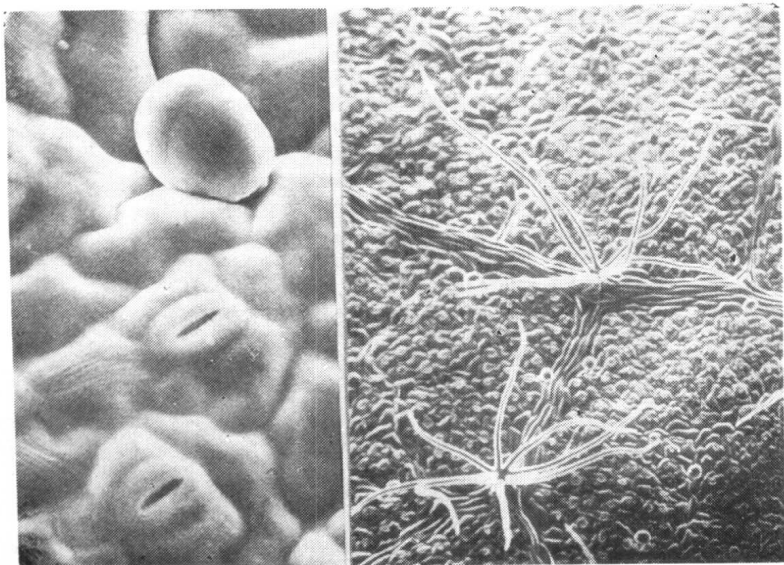


水 稻

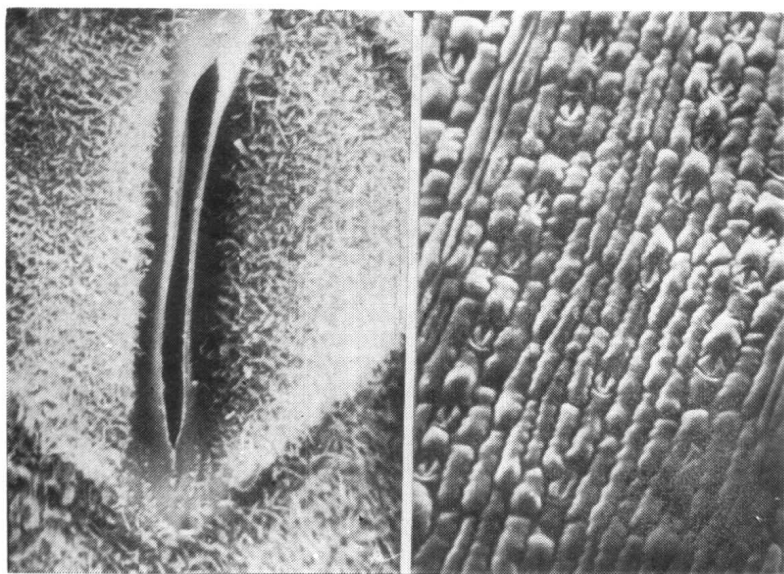


小 麦

图版1(1) 植物靶标——水稻、小麦叶片表面结构的扫描电镜照片
左半幅为气孔的形状

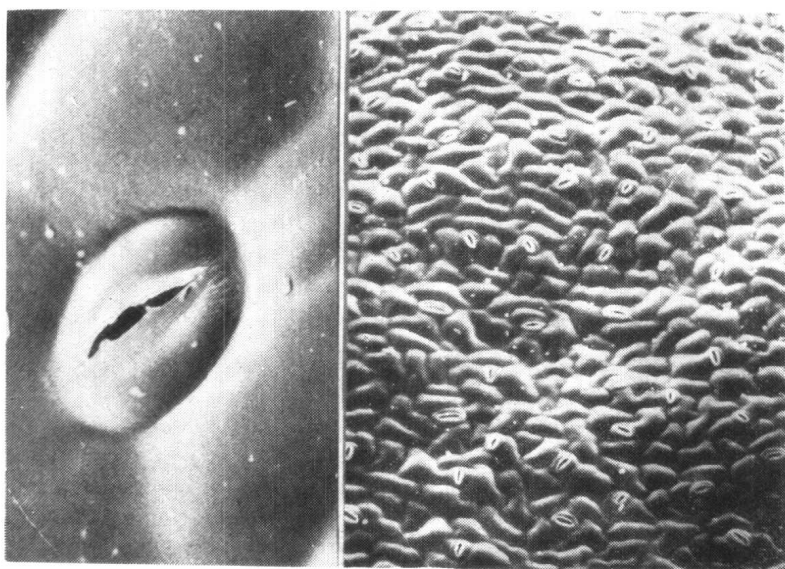


棉 花

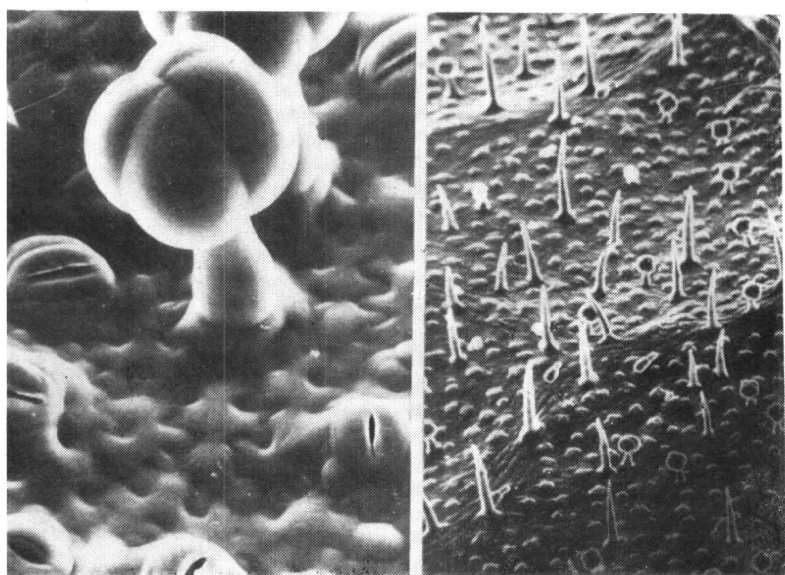


玉 米

图版 1(2) 植物靶标——棉花、玉米叶片表面结构的扫描电镜照片
左半幅为气孔的形状

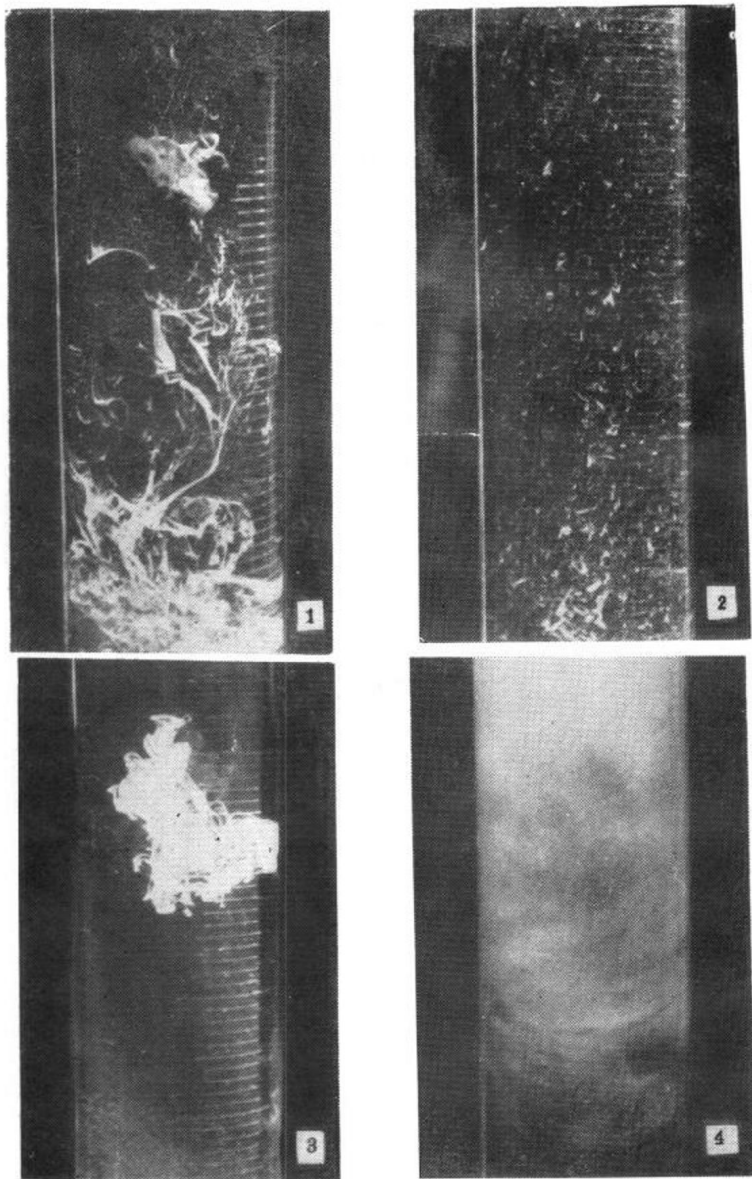


甜 菜



马 铃 薯

图版1(3) 甜菜、马铃薯叶片表面结构的扫描电镜照片
左半幅为气孔的形状



图版 2 乳油入水后的乳化情况

1. 一种质量很差的杀螟松乳油的入水情况，油滴展成片絮状，不易溶散；
2. 上述杀螟松乳油入水后加以摇动，仍不成均匀体，
3. 一种质量较好的马拉硫磷乳油的入水情况，油滴入水很快扩散成为乳白色雾状，
4. 上述马拉松乳油入水后加以摇动，立即成为均匀的乳剂。（作者，1983）

目 录

绪论

一、农药使用技术的毒理学基础	(8)
(一)杀虫剂的作用方式	(10)
(二)杀菌剂的作用方式	(26)
(三)除草剂的作用方式	(31)
二、农药的分散度	(34)
(一)接触的剂量概念	(34)
(二)农药的分散度	(38)
(三)农药的剂型	(47)
三、喷雾法——雾化	(51)
(一)药液的雾化	(51)
(二)雾化的条件	(65)
(三)雾化程度和雾滴细度表示	(70)
(四)雾滴潜和容量中位直径、数量中位直径的计算法	(80)
四、喷雾法——雾滴的运动	(89)
(一)雾滴的运动特性	(89)
(二)雾滴在株冠层中的沉积规律	(111)
五、粉剂和粒剂的使用技术	(124)
(一)粉剂和粒剂的剂型	(124)
(二)粉剂的沉积特性	(135)
(三)粉剂的喷撒方法	(138)
(四)粒剂的使用	(140)
六、农药助剂	(144)
(一)助剂对农药分散过程的影响	(144)

(二)助剂对药液湿润性的影响	(153)
(三)助剂对农药粘着性的影响	(160)
(四)助剂的其它作用	(161)
(五)表面活性剂的种类	(165)
七、烟雾法	(169)
(一)烟雾的形成	(169)
(二)烟雾的运动规律	(174)
(三)烟雾的沉积特性	(181)
(四)烟雾的使用方法	(183)
八、农药的其它使用技术	(189)
(一)熏蒸法	(189)
(二)种苗处理法	(192)
(三)植物的茎干药剂处理	(201)
(四)土壤药剂处理	(204)
九、农药的混合使用	(210)
(一)农药混合使用的毒理问题	(210)
(二)农药混合使用的毒性和药害问题	(216)
(三)农药混合使用时的物理化学变化	(217)
(四)农药混合使用方法	(223)
附录	(228)
(一)农药使用技术方面的有关名词、术语(中英对照)	
(二)农药剂型国际统一代码系统	
(三)度量衡折合算法	
(四)国产农药喷撒器械名称和型号(摘录)	

绪 论

化学防治法是农林业生产中的一项重要技术措施。我国每年有几十万吨农药投放到农田、果园，以及森林、草场，对病、虫、杂草的防治发挥了巨大作用。化学防治法由于工效高，控制病、虫、草害的速度快，可供选择的农药品种多以及高度的机动性，在国内外的植物保护工作中早已成为一项不可缺少的技术。但是，传统的化学农药大多属于杀生性化学物质，不仅对有害生物有杀伤作用；且使用不得法，也往往会伤及有益生物。在本世纪中期以前，大量使用的是无机农药（所谓第一代农药），这类农药中的杀虫剂大多表现为胃毒杀虫作用，因此对于天敌、人畜发生危险的机会较少。自从二次大战中开发出有机氯以及有机磷杀虫剂以后，有机合成的杀虫剂、杀菌剂和除草剂大量涌现，并又相继出现了氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类等有机杀虫剂，同有机氯、有机磷杀虫剂构成了农药杀虫剂的主要类群。这些新型杀虫剂类群是以接触杀虫作用为主，因此，天敌、有益生物乃至人畜同农药发生接触而中毒的机会大大增加。进入六十年代以来，这个问题逐渐成为化学防治中一个令人瞩目的问题。另外，由于这些新型化学农药的杀生性威力越来越强，只要少量的农药便能引起明显的致毒效应，所以农药在农产品中的残留、农药在环境中的污染问题也相继提到比较重要的地位上来了。

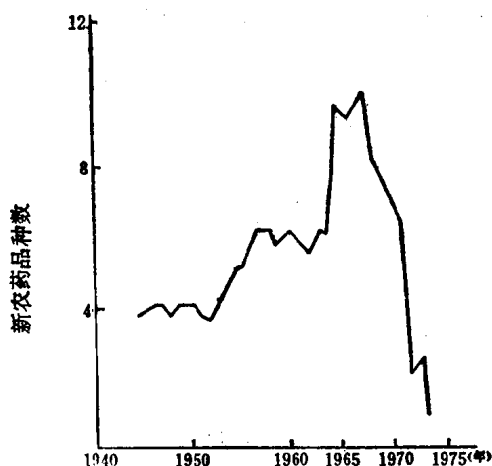
二次大战以前，第一代农药的使用技术是以高容量喷撒为主要特征。每亩地的农药喷雾量往往在 200 斤以上。为了区别于现代低容量和超低容量的喷撒技术，有人把那种高容量喷撒法称之为“地毯式喷撒”。在这种技术水平下，当现代高效有机合成农药取代了第一代农药以后，农药对有益生物以及人畜的危险性以及

对环境的污染问题就显得格外突出。因此，对于农药使用技术的研究，六十年代以来在工业先进国家便已成为化学防治法的一项重要课题。

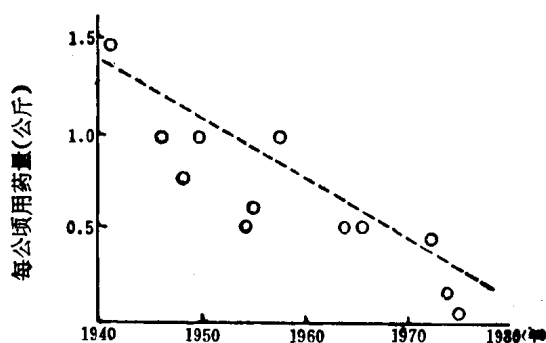
我国的化学农药，是解放以后才发展起来的。自从五十年代引进六六六生产技术以后，就很快进入有机合成农药的快速发展阶段。现在，我国的农药已经是以有机合成农药（其中相当一部分是高毒农药）为主体的品种结构。然而我国的农药使用技术却仍然停留在五十年代以前的水平上。在相当一部分地区，甚至还在发展一些不科学的喷撒方法，其所造成的环境污染程度以及人、畜中毒的危险性，比传统的高容量喷撒法更为严重。近年来，这种情况已引起各方面人士的严重关切和国家有关部门的高度重视。如何充分发挥和提高农药的积极作用，降低或消除其可能产生的消极作用以取得最好的经济效益和社会效益，已成为近二十年来国际农药科学技术领域中的一个重要课题。当前我国农村正面临生产大发展的形势，广大农民对于使用农药的积极性空前高涨。如何把农药使用好，如何进一步提高和扩大化学防治法的经济效益和社会效益，已成为摆在我国广大农民和植保科技人员面前的一项迫切任务。

越来越多的科学家和环境管理专家已经认识到，农药的不良副作用在很大程度上是由于滥用农药所引起。因此，提高农药使用技术的科学水平，是解决这个问题的一个非常重要的方面。农药使用技术的发展和进步有一定的历史背景。农药新品种和新剂型的迅猛发展与农药相关的环境毒理学的产生以及对农药微粒的运动性能和靶体撞击现象的研究，是促进和推动农药使用技术发展的重要条件。

二次大战结束以来，化学合成农药的开发取得了很大成绩，新品种不断进入市场。其速度之快，在六十年代达到了高峰（图 1）。新农药品种的开发，其主要特点表现在农药的威力不断提高、农田单位面积的用药量不断降低。四十年代每亩地需用有效成分高达 500 克的老一代农药如砷酸钙等，已发展到今天每亩地只需用有



■ 1 每年投入市场的新农药品种数量的变迁
(Lewis, 1977)



■ 2 杀虫剂单位面积使用量的变化
(Geissbühler, 1979)

效成分几十克、十几克、甚至不到一克的新型农药，如有机磷酸酯类、氨基甲酸酯类以及最新的拟除虫菊酯类杀虫剂（图2）。杀菌剂和除草剂也出现了单位面积用药量很低的新品种，如粉锈宁、禾草灵等。近年发现的一种植物生长调节剂三十烷醇，每亩地只须喷布 0.33~33 毫克，就能对某些作物起显著的增产作用。

高效高毒农药的大量涌现，带来了农药对人畜的毒性问题和对环境的污染问题。1962 年美国的一位海洋生物学家 R. 卡逊

(R. Carson)女士写了一本书,名为《寂静的春天》,描绘了有机氯杀虫剂对自然生态环境破坏的严重后果,引起了国际上的巨大反响。尽管这本书包含着很大的片面性和夸张性,但是从六十年代以来,关于农药对环境可能造成的污染问题确已日益引起重视。对农药残留量的监测、对农药毒性水平(急性毒性和慢性毒性)的限制以及对农药在环境中的动态研究,已迅速发展起来。虽然对农药毒性的要求越来越严格,但是国际上还是开发出了许多毒性越来越低的新农药来适应生产上的需要(表 1)。

表 1 若干有机磷杀虫剂的毒性(LD₅₀, 毫克/公斤)*

农 药 名 称	急 性 经 口	急 性 经 皮
对硫磷(对比)	13	21
敌百虫	630	>2,000
马拉硫磷	2,800	4,100(兔)
杀螟松	970(小鼠)	>3,000(小鼠)
地亚农	300~850	>2,150
唑磷	62~137	800~1,400
毒死蜱	163	2,000(兔)
甲基毒死蜱	2,140	>2,000(兔)

* 未注明者均为雄性大鼠。

因为对农药的要求日益严格,所以新农药的开发研究投资也越来越高、开发的速度越来越慢,开发的周期也越来越长。图 1 表明了这种情况。这也是迫使人们去研究提高农药的使用技术以提高农药的经济效益,并降低农药的不良副作用的一个原因。

农药使用技术的研究和发展,自六十年代以来,已取得了许多重大进展。其主要发展是从大容量药液喷撒改变为低容量和超低容量的喷撒。过去习惯采用的大容量喷雾,每亩喷撒的药液在 50 升以上;今天的低容量和超低容量喷雾,每亩地只需喷撒药液 0.1~1 升。对雾滴的运动特性进行研究后,又发现生物体对不同细度的雾滴有一种选择捕获能力,从而产生了“生物最佳粒径”理论,

使农药喷撒和使用技术的研究和技术改造跃进到一个崭新的阶段。利用这个理论在防治一种枫树卷叶蛾的试验中，已成功地吧每公顷用药量从200克降低到2克(磷胺)。这样的使用技术水平，将使单位面积用药量大副度下降到对环境影响很小的程度，其意义将不亚于开发一个低毒性的农药新品种。近年来，正在研究一种静电喷雾技术，它能使喷出的雾滴在静电场的作用下主要集中到生物体上，基本上不落入环境中。这些先进技术已使我们看到，农药使用技术的研究，为大幅度提高农药喷撒工效、大幅度降低单位面积用药量、大幅度降低农药对环境的污染危险性，提供了巨大的可能，农作物病虫害的化学防治法与过去相比将发生根本改观。卡逊女士在她的书中所预言的可怕情景将不可能变为事实。历史证明，农药对于世界农业生产的发展已作出了重大贡献，现在仍在继续作出贡献。如同其它一切生产资料一样，农药作为历史上技术进步的产物，必然有它的历史局限性。但是这种历史的局限性也必定会在科学技术进步的过程中被不断突破、不断改进。

农药科学技术的发展史说明，单纯开发农药新品种、进行环境中的农药动态监测，是不够的。必须在开发农药品种的同时，研究提高农药使用技术。化学农药的利用，我国唐代昭宗年间（公元900年前后）就已开始，当时已有利用砒素化合物（雄黄）防治果园害虫的记载。到公元1669年西方才首次有用砒素化合物的蜂蜜毒饵杀蚁的报道。但是，关于喷药器械的研究、利用却是从发明了波尔多液的密拉台（P.M.A. Millardet）开始的。密拉台最初用笞帚施药，注意到了这种原始的洒药方法不能使波尔多液均匀地覆盖到葡萄叶上，于是对喷雾器的研究应时而始。最初研制成功的是Vermorel型喷头（一种具有螺纹的喷头芯）。所以，麦卡伦（McCallan, 1967）认为密拉台发现的波尔多液导致了一门新兴工业和新技术的诞生。这也足以说明农药品种的开发与使用技术的发展关系之密切。之后，农药使用技术不断从工业技术的发展中汲取新的动力，并继续发展和完善。拖拉机用于农业以后，立刻被

用于机械动力喷雾。飞机诞生后,1921 年就被首次应用于航空撒药,1936 年并首次使用了直升飞机喷药。与此同时,雾化部件的研究也迅速发展起来,产生了多种多样的结构和型号。在二次大战中,对内燃机燃油雾化的研究技术和高速摄影技术,也很快被引用到农药雾化的研究中来。在这样的科学技术发展史的背景下,农药使用技术也相应地获得了很大进步,低量喷撒和转碟雾化技术相继产生,并与生物最佳粒径学说相结合,进一步产生了可控雾滴喷撒技术(CDA)。今天,技术的发展已经使我们能够把不到一百毫升的药液均匀喷撒到一亩田的作物上,而极少进入土壤和大气中。

农药的使用技术,是要求把药剂输送到所需处理的生物目标上去。生物目标是多种多样的,因此农药的使用技术也必须采取相适应的形式。根据农药的四种基本形态,对于作物的不同部位,其相应的使用技术大体如表2。其中喷雾法和撒粉法是田间使用得最广泛的方法,尤以喷雾法最为重要。为了真正发挥这些使用技术的效果,必须了解在这些使用方法中药剂如何与生物体相接触,以及这种接触所需要的条件。植物体和昆虫体表面的构造既复杂又精细,它们对于农药颗粒和雾滴的撞击、沉积,影响很大。近二十年来,根据微粒撞击理论对农药雾粒在生物靶体上的撞击和沉积运动性能进行了大量研究,开辟了农药科学技术的新领域,并把农药使用技术的研究提高到了一个崭新的水平上。农药使用技术方面

表 2 农药的各种使用技术

使用对象	液 态 药 剂	固态药剂	气态药剂	气 溶 胶
植 物 { 叶 茎秆 根 种子*	喷雾 涂抹、包扎、注射 浇灌 浸种	撒粉 涂抹(悬液) 土壤处理 拌种	熏蒸(帐幕法) 熏蒸(帐幕法) 土壤熏蒸 熏蒸	烟雾法 烟雾法 — —
土 壤	浇 灌	土壤处理	土壤熏蒸	—
储藏场所	喷 雾 消 毒	粮 食 拌 药、撒粉	仓库熏蒸	烟雾法

* 这里是指收获后的种子。