

# 化学农药施用技术与粮食安全

祁力钧, 傅泽田, 史 岩

(中国农业大学)

**摘 要:** 化学农药在保证粮食供应方面发挥了重要作用, 这是粮食安全的传统意义。但是农药大量投入导致农产品中农药残留超标, 影响了粮食安全的另一个方面。化学农药对农产品的负面影响与农药的施用方法有密切的关系。发达国家在改善环境质量、提高农产品品质的同时, 建立了完善的农药使用和管理法规, 并通过农药施用技术改造, 大大提高了农药的利用率, 从而基本解决了农药环境污染和农产品农药残留超标的问题。我国在农药施用过程中, 由于长期忽视施用质量的提高, 加之缺乏相应的管理措施, 农药对病虫害的防治效果一直是以农药的大量投入来保证的, 对农产品质量造成了很大的影响。要解决农药的使用问题, 首先须通过行政管理和立法限制单位土地面积上农药的施用量, 其次建立农户农药购买登记制度, 保证农户实际所用农药不会超过允许使用量, 最后加强农药施用者的培训, 培训合格后发给操作证, 持证施用农药。确保这 3 个环节的落实, 可激发农户农药施用技术的改进, 使有限投入的农药发挥最大的效用, 减少农药用量, 缓解农药与环境及农产品质量之间的矛盾。

**关键词:** 化学农药; 粮食安全; 施药方法

**中图分类号:** S482; X322

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2002)06-0203-04

植物保护是农业生产过程中一个非常重要的环节。尽管工业革命以来农业产出对世界经济贡献的份额在不断减小, 但粮食生产作为人类赖以生存的基础地位从未有过动摇。据联合国粮农组织的资料表明, 在世界范围内, 由于工业发展造成的环境质量下降, 使农业生产的条件日益恶化, 降雨量不足、沙漠化、植被破坏、洪涝和有害生物泛滥使得农业增产的空间变小<sup>[1]</sup>。就世界范围而言, 粮食供应还是一个远未解决的问题。世界人口约增加 7 000 万/a, 不考虑自然灾害和区域战乱等因素, 这也是粮食供应的一个巨大负担。

## 1 化学农药对农业生产的影响

随着经济发展和工业化水平不断提高, 农业生产方式发生了巨大变化。农业由工业革命前的粗放经营向集约形式转变, 大大提高了单位土地面积的产出率, 使得因工业发展而造成的耕种面积减少并未导致粮食总产量下降, 反而在很大程度上缓解了粮食供应问题。这是工业发展对农业的贡献, 也是今天“石油农业”一说的由来。在众多促进粮食增产的因素中, 化肥和农药是最为积极的两大因素。

石油农业的发展在提高粮食产出率的同时, 由于化学物质在生物环境中的积累和在农产品中的残留, 造成了粮食品质的下降。所以食品安全有两方面的含义, 其一是粮食能否保证供应, 其二为粮食本身是否对消费者安全。因此, 化肥和农药在农业生产中扮演着正负两方面的角色。

世界谷物生产统计表明, 每年因病虫害造成的损失分别约为 10%、14% 和 11%, 投入 1 元农药成本可以

取得 8~10 元的经济效益<sup>[2]</sup>。而我国由于地少人多, 农业必须保持稳定高产, 才能满足人口不断增长的需要。另外, 由于到目前为止人类还没有找到一个既能保护农作物, 又不会对食物品质和环境造成危害的植保方法, 要保证粮食供应, 还不能放弃农药的应用。因此, 在今后相当长时期内, 农药在我国农业生产中仍将具有重要地位。

## 2 国内外化学农药应用状况

近年来, 发达国家, 特别是欧盟国家, 对环境质量的要求越来越高, 对农药应用作了严格的限制。这主要表现在对农药品种、用量、使用方法和流通管理等方面。欧盟对饮用水中的一种农药最大允许浓度为  $0.1 \times 10^{-9}$ , 总农药浓度不得超过  $0.5 \times 10^{-9}$ <sup>[3]</sup>。在使用农药时, 对水源和住宅区的保护有明确要求。农药的运输、混合和喷洒都有一定的程序, 农药包装材料必须回收。丹麦国会 1986 年决定将农药用量消减 25%, 1997 年再减 25%, 同时限制用药次数, 大大缩短农药注册的有效期: 高毒、一般毒性为 4 a, 低毒的也仅 8 a。欧盟其他国家也已明确提出在 2000 年将本国农药使用总量比 1990 年减少 50%, 而许多国家在此之前就已达到这个目标<sup>[4]</sup>。

发达国家在严格管理的同时, 注重农药施用方法的研究开发, 通过先进技术和设备, 让少量的农药充分发挥效用, 这就是为什么这些国家在减少用药量 50% 的情况下, 农作物产量并没有明显下降的原因。这些国家注重贯彻病虫害综合防治的思想, 通过生物、物理、机械、化学各种方法相结合的办法解决病、虫、草问题<sup>[5]</sup>。当然, 农作物对农药的依赖不是一天形成的, 从发达国家的生产实践来看, 化学农药仍然是最主要的作物保护方式, 只是农药施用的水平有了相当大的提高, 从而使所使用的农药能够充分发挥作用, 把农药的副作用减小到最小。

收稿日期: 2002-03-19 修订日期: 2002-05-31

基金项目: 博士点基金和农业部 948(991066) 资助项目

作者简介: 祁力钧, 博士, 北京市海淀区清华东路 中国农业大学东校区 151 信箱, 100083

我国农药的应用现状不容乐观,简单地可以总结为农药品种多,质量低,使用方法简单,用量大,效率低,农产品中残留量高,对环境污染严重。

虽然从 20 世纪 60 年代我国就开始倡导病虫害综合治理的思想,但由于当时可实际应用的方法和手段有限,而化学农药又有见效快,成本低的特点,加上农民用药缺乏科学指导,养成了依赖化学农药的习惯。我国在化学农药的应用方面,长期忽视用药方法的研究和技术培训,用药方法非常简单、原始,这不但造成了农药浪费,还使病虫害对农药的抗性增加,同时因天敌被大量杀死而削弱了对病虫害的自然控制,导致用药量和用药次数愈来愈多,防治效果却愈来愈差,形成农药应用上的恶性循环。至于有些农户违背国家关于化学农药使用和管理的规定,使用禁用药品引起人体中毒甚至死亡的事故时有发生,而农产品中农药残留量超标的事例就更多了。

### 3 施用技术制约着农药的有效利用

我国农药年使用量 80~100 万 t,居世界首位<sup>[6]</sup>。由于我国耕地面积有限,加上不同作物之间用药量极不平衡,实际上我国的农药应用已经处在一个非常严重的状况。我国有关植保的研究大多集中在病虫害的行为特征和农药本身,对施药机理、方法和设备的研究开发进行得较少,这是我国农药应用效率不高的一个重要原因。虽然目前国际上通用的施药方法仍以压力喷洒为主,但在此基础上所做的各方面改进已使得其喷雾效果大大改善。如针对不同作物和施药环境对喷雾机或弥雾机做个性化设计,提高农药中靶率,提高药效。风助喷雾技术、定向跟踪除草技术等已开始得到广泛应用。针对特殊用途的喷头也在近年来得到了大力开发,如低飘移喷头,低量喷头,双流喷头,不同雾锥角的实心、空心锥雾喷头和应用非常广泛的扁扇喷头等。这些技术的开发应用使得现在的喷雾技术大大发展了,而我国在这方面的研究、开发工作都还十分薄弱。

农药的施用本身是一个低效过程,喷撒出去的农药只有极少部分能到达靶标上。Metcalf(1980)估算,从施药器械喷撒出去的农药只有 25%~50% 能沉积在作物叶片上,不足 1% 沉积在靶标害虫上,只有不足 0.03% 的药剂能起到杀虫作用<sup>[7]</sup>。如何提高农药的有效利用率,降低农药在非靶标环境中的投放量,是农药施用技术研究所在面临的重要课题。

农药药效的发挥,与许多使用参数的选择有关,如喷嘴形状、喷孔大小、喷雾压力、喷嘴安装角度和与喷雾对象之间的距离等<sup>[8]</sup>。不同结构和工作原理的喷头产生的雾滴大小和均匀度就不一样,初始压力不同使其对作物的穿透力也有很大的区别,而每一个参数的选择都会对喷雾效果产生影响,由这些参数决定的影响喷雾性能的因素有雾滴大小、密度、雾滴径谱范围、雾滴飞行速度、抗飘移性能等。不同参数的组合就会产生不同的效

果,而这种效果是否满足不同植物、防治不同病虫害的实际需要则取决于喷雾设备的性能。所以,要降低药量,同时又不至于影响植保水平,唯一有效的途径是提高药效。要达到这个目的,改进施药技术是关键。

### 4 提高药效、降低药量的途径

改善目前我国农药使用状况必须从法规、管理和技术 3 个方面入手。首先必须要有相应的法律法规约束农药的生产、经营和使用,其次,通过提高使用技术,提高农药功效,减少农药用量。

借鉴国外经验,首先确定单位土地面积上农药施用量,这可以通过立法的形式确定下来;其次,建立生产单位(如个体农户)农药购买登记制度,确保所购买的农药量不会超过用户耕种土地面积所允许的使用量;最后,农药使用者必须经过培训,合格后发给操作证,持证施用农药。这 3 个步骤相辅相成,确定单位面积农药用量是基础,农药应用管理是关键,做到了这两条,自然会促进农户对新技术的追求,否则减少了的农药用量将会降低农药的防治效果,进而影响作物产量,这是生产者所不能接受的。

我国农药使用量居高不下,就是因为相应的管理机制没有健全。对用户来说,多用农药比采用其它新技术更容易和方便。我国 80% 以上的个体农户使用 20 元左右的背负式人力喷雾器,各方面的技术指标都达不到要求,喷洒出去的农药大部分流失进入土壤,造成农药浪费和环境污染。

我国先后在 1982 年、1997 年先后颁布了《农药登记规定》和《中华人民共和国农药管理条例》,农业部又在 1999 年发布了《农药管理条例实施办法》,对农药的登记、生产、经营、使用做了相应的规定,对我国农药行业的规范运营和管理起到了积极的作用,特别是在农药的登记方面,做了详细的规定。但对农药的使用方法只做了原则性要求,没有明确的指标约束,执行起来有一定的难度。这可能是我国农药应用状况长期不能得到改善的原因之一。

随着我国加入 WTO,农产品中农药残留超标,将使我们在国际农贸市场失去竞争力。面对新的形势,在严格管理农药生产和经营的同时,还必须注重农药施用技术的开发应用,解决好农药施用技术落后这个制约农药效力发挥的瓶颈。

### 5 农药施用技术的发展方向

农药应用的主要方式是液体喷洒,衡量喷雾技术的指标主要有雾滴的覆盖率,分布均匀性和飘移量等,最终目标是提高农药到达受害作物的比例。围绕这个目标,近年来和今后一个时期内农药施用技术已经或将向以下方向发展。

#### 5.1 信息技术促进农作物病虫害综合防治水平的提高

农作物病虫害的发生受作物布局、栽培、耕作条件、

品种抗性、害虫的迁移、病害的流行及气象条件等诸多因素的影响。由于我国幅员辽阔、作物品种繁多,栽培、耕作制度各不相同,加之气候条件千变万化,给农作物病虫害的预测及防治带来了极大的困难<sup>[9]</sup>。

现代信息技术,如GPS(全球卫星定位系统)和GIS(地理信息系统)可以有效地用于病虫害测报,同时GPS和GIS还可以为由灾情程度决定的变喷量或变浓度农药喷洒系统提供基础信息。这些技术都已在发达国家试验研究多年,有些已接近实用的水平。另外,互联网的发展也为农业信息的传播提供了良好的条件。这对于病虫害预防,灾害发生后及时采取正确的措施有至关重要的作用。所以说,现代信息技术为植保技术进步提供了前所未有的有利条件。

## 5.2 改善农药有效利用率的技术

1) 低量喷雾技术。这种技术是指单位面积上施药量不变,但减少农药原液的稀释倍数,从而减小喷雾量。用水量相当于常规喷雾技术的1/5~1/10。其主要目的是通过利用小雾滴(100 μm以下)较好的穿透性,达到雾滴在植物各个部位,包括叶子背面均匀分布的目的。目前这种技术主要用于温室或其它密闭的环境,小型手持式低量或超低量喷雾器,也可用于大田作业,但所用的雾滴大于温室内低量喷雾。

2) 视觉喷雾系统。运用电子视觉系统,识别病虫害发生的部位和危害程度,然后控制装置根据识别系统的信号控制喷雾量或药液的浓度。目前比较成功的例子是用于喷洒除草剂。另外有的系统用超声波传感器确定喷雾目标和形状,计算机控制系统根据目标的变化调节药量。

3) 药液直接注射喷雾系统。与传统在药箱混合农药的方式不同,把原药从管路的中间某一个位置注射进去,这样可以通过控制注射量方便地调节喷洒液的农药浓度。这种方法要与视觉系统或GIS技术配合使用,它的应用将大大节约农药的用量,从而减轻对环境的污染和降低农产品中农药的残留量。

4) 风助喷雾技术。有温室内定点风助喷雾系统、大田风袖式风助喷雾机和果园弥雾等几种不同方式。温室内的风助喷雾系统与低量喷雾技术结合应用,喷雾机产生的小雾滴用轴流式风扇吹送到温室的各个位置。一般一个较大的温室需要几个这样的系统作业。以色列开发的温室风助喷雾系统可以沿设置在温室钢梁上的轨道做“S”形迂回运动,这样用较少的喷雾装置达到雾滴在温室内各个部位均匀分布的目的。大田风助喷雾机是在喷杆的上面沿整个喷杆长度装一个风袖,风口向下,风力由中心风扇提供,工作时在喷头后面形成一堵风墙。这样既可以防止雾滴向后飘移,又可以吹动作物植叶,使雾滴在植株的各个部位均匀分布。果园弥雾机的原理与温室风助系统相近,也是用风力把雾滴送到树冠上,但由于果园弥雾机在露天,所用的雾滴比温室用雾滴大的多,另外弥雾机在行走中喷雾,工作环境相差很大。

5) 通道式喷雾装置。通道是一个“门”字形的装置,当目标通过通道时接受雾滴。这样既防止了雾滴的飘移,还可以把脱靶的雾滴回收再利用。这种技术主要用于果园或露天蔬菜。现在还有一些装置对通道装置做了简化,在目标相对喷头的另一侧加装挡板防止飘移,也可以回收飘移雾滴。

6) 药辊涂抹技术。这是一种接触式的施药方法,适用于内吸性农药。药辊用泡沫材料做成,工作时使药液通过压力或自然重力作用从药辊表面渗出,只需药辊接触到作物或杂草的植叶就可以使农药发挥作用。这种方法的好处是完全不会发生飘移,农药的利用率很高。

7) 各种用途的喷头。近年来,针对喷雾过程中的飘移问题,在发达国家,特别是在欧美,开发了各种不同类型的防飘移喷头。如近几年开始在欧美使用的气滴喷头,产生的雾滴是一个气泡,由于体积大,飞行速度快,抗飘移性能非常好,气泡到达目标后还能够破碎成更小的雾滴,对提高覆盖率也很有好处。除此以外,还有均布喷头,专用于带状喷雾;广角喷头,用于喷洒除草剂或液肥等。喷头的材料也有了很大的突破,现代合成塑料喷头的耐磨性能高出铜质喷头十几倍,而陶瓷、不锈钢和加硬不锈钢等都广泛用来制造农用喷头。

除以上技术以外,还有一些新的技术如丸粒化施药技术、植株根茎施药技术、药液中添加剂等,都有利于提高农药的利用率,可适用于不同的植保场合。20世纪90年代初期,在欧洲开发过静电喷雾装置,但由于雾滴总是集中于植物离喷头最近的部位,雾滴分布不理想,实用性较差。

总之,通过农药施用技术的改进,可以逐步解决化学农药快速有效植保的优点和它污染环境的矛盾。化学农药本身是农业技术进步的产物,只是在人类施用它的过程中扩大了它的作用,过份地依赖于它,加之施用技术没有跟上,致使它在除害的同时对人类和其它生物的生存环境构成了威胁。未来的病虫害综合防治,化学农药仍将发挥重要作用,但也必将是一种理性的使用方式。

## [参 考 文 献]

- [1] 中国常驻联合国粮农机构代表处. 农业生产与环境保护[J]. 世界农业, 1998, (1): 5~7.
- [2] 高仁君, 刘西莉, 李健强. 21世纪农药展望[A]. 植物保护21世纪展望暨第三届全国青年植物保护科技工作者学术研讨会[C], 1998, 9: 128~132.
- [3] 祝增荣, 程家安, 李红叶等. 减少农药使用总量, 走基于生态学的有害生物治理之路[A]. 植物保护21世纪展望暨第三届全国青年植物保护科技工作者学术研讨会[C], 1998, 9: 47~54.
- [4] 屠子钦. 农药安全问题、各国立法动向以及农药和药械企业的贡献[J]. 农药译丛, 1997, 19(2): 37~42.
- [5] Lewis W J, Lenteren J C van Phatak, Tumlinson J H. A total system approach to sustainable pest management

- [J] Proc Natl Acad Sci U S A, 1997, 94 (23): 12243~12248
- [6] 每日快讯 忧患: 农药用量居世界之首[N]. 科技日报, 2000-11-10
- [7] 袁会珠, 齐淑华, 杨代斌. 21 世纪的农药使用技术[A]. 植物保护 21 世纪展望暨第三届全国青年植物保护科技工作者学术研讨会[C], 1998, 9: 84~ 88
- [8] 祁力钧, 傅泽田. 不同条件下喷雾分布试验研究[J]. 农业工程学报, 1999(2): 107~ 111.
- [9] 程登发, 田哲. 当代信息技术与农作物病虫害综合防治[A]. 中国植物保护研究进展[C], 1997: 482~ 484

## Technology of Pesticide Application and Food Security

Qi Lijun, Fu Zetian, Shi Yan

(College of Agricultural Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** The application of pesticides plays a very important role in agricultural production. Pesticides are essential in order to maintain the supply of food, however, they spoil the quality of agro-products and pollute the environment. The negative effects of pesticide use are closely related to pesticide application technology. While improving environment and enhancing agro-product quality, western countries set up integrative regulations and policies to promote the innovation of pesticides application technology for reducing pesticides dosage. These measures greatly enhanced the efficiency of pesticide application and ensured the residues under standard level. Since losing control of pesticide application quality and lack of corresponding legislations in China, farmers usually control pest by putting more pesticides than crops needed. This is the basic reason of high pesticide residues in our agro-products today. To deal with this problem, some measures are needed to take. Firstly, it is needed to establish necessary regulations and policies to limit pesticide dosage used on unit arable land; Secondly, it is necessary to set up a system for farmers to purchase pesticides in terms of their arable land area without exceeding the amount permitted; and lastly, it is essential to strengthen training to pesticide applicators, only those who have the certificates after a success training can spray pesticides. When these three measures are put into effect, farmers' enthusiasm will be inspired to improve their pesticide application techniques and to invest on higher quality spray tools. It is predictable that pesticide application situation will be improved obviously when above measures go to practice.

**Key words:** chemical pesticide; food security; pesticide application methods