

# 农药雾滴飘移控制技术研究进展

刘秀娟, 周宏平, 郑加强

(南京林业大学机械电子工程学院, 南京 210037)

**摘要:** 农药雾滴飘移是造成环境污染、农药流失、农药有效利用率低的一个重要原因, 分析影响雾滴飘移的主要因素, 研究农药雾滴飘移机理, 不仅可以为控制雾滴飘移的喷雾部件的研究提供理论依据, 同时对提高农药的施药效果, 减少农药飘失, 增强环境保护都具有重要的现实意义。该文分析了当前国外控制农药雾滴飘移的先进技术及喷雾部件的研究现状, 通过分析中国农药使用现状及存在问题, 提出在中国要有效控制雾滴飘移, 除了采取合适的施药方法, 还应进一步加强农药雾滴飘移控制技术及喷雾部件的研究。

**关键词:** 农药使用; 雾滴飘移; 飘移控制

**中图分类号:** S48; S435

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2005)01-0186-05

## 0 引言

化学农药的使用已成为防治病虫害的有效手段, 多年来农药施用方法的演变, 逐渐归结为液体药剂的喷洒, 而液体农药应用时就可能发生雾滴飘移现象。非目标的雾滴飘移现象产生大量的问题, 如污染土壤、空气和水源, 沉积在作物、家畜、树木, 最终对人类和动植物造成危害。由于受自然环境的影响, 完全避免雾滴飘移是不可能的, 但是在较理想的气候条件下应用合适的喷雾机具喷洒农药可以将飘移降低到最小。美国 Tom Dodge 指出<sup>[1]</sup>: 由于对环保的日益关注, 控制农药飘移必然会驱动新的喷雾技术的研究和发展。因此, 对环境质量要求的不断提高和对雾滴飘移的更清楚认识可以帮助应用者进行更安全有效的农药使用。

近几年来, 农药的总用量在逐步上升。在中国, 1995 年的使用量就约 33 万 t<sup>[2]</sup>。可实际上, 喷洒出去的农药只有极少部分到达靶标上, 国外先进的农药使用技术使得农药的田间利用率在 50% 左右, 而在实际施药过程中, 真正发挥作用的农药不到喷雾量的 0.03%<sup>[3]</sup>。国外普遍采用低容量宽幅喷洒, 不同的作物用不同的施药机械和剂型喷洒。在中国, 由于对生物靶标与农药飘移行为之间的相关性研究较少, 施药机械技术相对落后, 采用大容量喷雾、喷洒装置品种单一、施药方式不当、农药剂型少、施药人员缺少专业知识等因素, 致使农药的有效利用率只有 20% 左右, 约 80% 的药液滚落或飘移进入非靶标环境中, 浪费了大量农药, 造成对敏感作物药害、人畜中毒、环境污染。中国每年因农药和药械使用不当而产生的人畜中毒高达几万人次, 而其中有相当一部分是由“飘移中毒”引起的。因此, 出于经济、环境和安全的原因, 飘移都是无益的, 应将其降低到最低限度。

本文将在分析雾滴飘移机理及影响因素的基础上, 综述国内外开展农药雾滴飘移控制技术的概况, 并

提出中国开展相关研究的建议措施和对策。

## 1 农药雾滴飘移机理及影响因素分析

飘移是农药在使用过程中通过空气向非预定目标运动的现象。在大多数情况下, 飘移仅限于田块边缘或保护行。在某些特定条件, 飘移运动会影响离田块很远距离的敏感作物或居民与财产。由于很难靠视力监测飘移的区域, 给控制飘移带来了难度。

飘移有两种方式: 飞行飘移或粒子飘移 (airborne drift or particle drift) 和蒸发飘移 (vapor drift)。

蒸发飘移是药液雾滴的活性物质从植物、土壤或其它表面蒸发变成烟雾颗粒, 悬浮在大气中作无规则扩散或顺风运动, 有时甚至会笼罩大片区域, 直至降雨淋落沉积地面。在喷雾中和喷雾后都会发生蒸发飘移, 主要受农药的挥发性影响。

飞行飘移是指农药雾滴飞离目标的物理运动过程, 主要与农药使用方法和使用机具有关。飞行飘移农药雾滴可能仅仅飘移到离喷雾设备 10 余米的非预定目标, 但是小的农药雾滴在沉降到非预定目标之前可能要飞行上千米。

影响飘移的因素很多, 但无论哪一类飘移, 雾滴的原始尺寸都是引起飘移的最主要因素。雾滴越小, 顺风飘移就越远, 飘移的危险性越大<sup>[4]</sup>。小雾滴由于质量轻, 在空气阻力下, 下降速度不断降低, 常常没有足够的向下动量到达靶标, 更易受温度和相对湿度的影响, 蒸发后更小, 可随风飘移很远。实验发现, 由于蒸发, 100  $\mu\text{m}$  的雾滴在 25% 相对湿度 30% 的状况下, 移动 75 cm 后, 直径会减小一半<sup>[5]</sup>。显然, 同样的气候条件, 小于 100  $\mu\text{m}$  的雾滴未到达靶标前, 就已挥发变成烟雾悬浮在大气中, 最终落在非靶标区。大于 200  $\mu\text{m}$  的雾滴相对表面积较大, 不易挥发, 下降速度快, 抗飘移性要好于小雾滴。表 1 给出了雾滴尺寸对飘移的影响<sup>[6]</sup>。风速、风向及施药地点周围的气流稳定性是引起飘移的第二因素。风速越大, 小雾滴脱靶飘移就越远, 即使是大雾滴在顺风的情况下, 也会飘移至靶区外。温度和湿度影响蒸发飘移的雾滴数量<sup>[7]</sup>。尽管在任何气候条件下, 都会有蒸发飘移, 但高温干燥的天气会大大增加雾滴的蒸

收稿日期: 2004-02-26 修订日期: 2004-09-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30271078); 国家林业总局“948”资助项目

作者简介: 刘秀娟, 博士生, 南京 南京林业大学机械电子工程学院, 210037。Email:

发飘移。有时低风速特别是垂直风引起的逆温,会带来小雾滴悬浮在大气层中飘行到很远的区域,造成更大的药害。表 2 为风速对飘移的影响<sup>[6]</sup>。

表 1 雾滴尺寸对飘移的影响

雾滴直径/ $\mu\text{m}$	在静止空气中下降 3.0 m 的时间/s
5 (烟雾)	3960
20 (烟雾)	252
100 (弥雾滴)	10
240 (细雾滴)	6
400 (粗雾滴)	2
1000 (粗雾滴)	1

表 2 雾滴下降 3.048 m 风速对飘移的影响

风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	飘移距离/m	
	100 $\mu\text{m}$ (弥雾滴)	400 $\mu\text{m}$ (粗雾滴)
0.45	4.7	0.9
2.23	23.5	4.6

农药雾滴飘移还受到施药装置和施药方式的影响,例如:离心喷头和压力喷头相比,离心喷头产生的雾滴的飘移可能性就大些<sup>[8,9]</sup>。对于航空喷雾,喷头的安装角度对控制飘移也起重要作用。

## 2 国外农药雾滴飘移控制技术研究

国外非常重视农药雾滴飘移对动物、植物的药害及对环境污染的影响,除采用合理的施药方法减少农药飘移外,重点开展了雾滴飘移控制部件的研究。

### 2.1 低飘移喷头

雾滴尺寸是影响雾滴飘移的重要因素。在一定的工作压力、流动速度下,喷头决定了雾滴粒谱的分布,选择产生大雾滴的喷头能控制飘移。因此降低喷雾时细雾滴比例是减小各类飘移的最好途径。目前,国外有许多喷头生产商都推出了低飘移喷头<sup>[10,11]</sup>。

#### 1) 低压扁扇形喷头 (Turbo TeeJet)

美国喷雾系统公司新近推出的宽幅扁扇形喷头,工作压力在 100~700 kPa 范围内。与标准扇形雾喷头的工作压力 200~400 kPa 相比,同样的工作压力下,宽幅扁扇形喷头具有相同的流量和雾形。而在低于 200 kPa 压力下,低压宽幅扁扇形喷头不但产生低飘移的较大雾滴,且具有自动喷雾控制,能以其均匀的雾流分布提供很好的覆盖。

#### 2) 前置孔喷头 (Drift Guard)

在标准扇形雾喷头中,液体通过直流道直接从喷杆流到喷孔。而在前置孔喷头中,液体从一个小孔流入喷头内的小腔,再从这个小腔通过一个短通道至喷孔喷出(图 1)。前置孔的设计可以减少液体在喷口处的速度和压力,形成较大的雾滴,明显降低飘移。

#### 3) 前置孔、混流室喷头<sup>[12]</sup> (Turbo Flood)

前置孔、混流室喷头(图 2)是在喷头内将进液口处的前置孔和出液口的混流室结合起来。混流室吸收能量

降低出口处压力。这种设计使得雾滴尺寸更均匀,改善了雾流均匀性。在正常工作压力下,这种喷头产生的雾滴比标准扇形雾喷头的大 30%~50%。

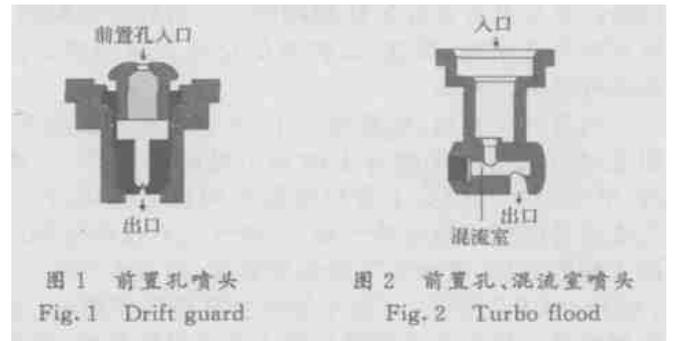


图 1 前置孔喷头  
Fig. 1 Drift guard

图 2 前置孔、混流室喷头  
Fig. 2 Turbo flood

#### 4) 吸入空气式喷头<sup>[12]</sup> (TurboDrop, Air TeeJet Air Induction)

吸入空气式喷头,在进液口也有一个前置孔,采用文丘里管设计,当液流通过喷头内的前置孔时(图 3),因文丘里效应导致压力下降,空气被吸入喷头内,使气泡与喷雾液混合,增大雾滴尺寸,降低飘移。Green leaf 公司实验发现, TurboDrop 喷头可以大大降低 100  $\mu\text{m}$  以下的小雾滴比例,同时吸入的空气气流还可以加快喷雾速度。

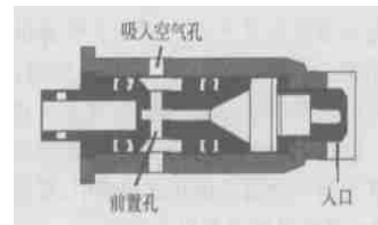


图 3 吸入空气式喷头

Fig. 3 Turbo drop Air teejet

### 2.2 风助式喷雾

常规的压力喷杆喷雾机喷出的细雾滴可以提供良好的覆盖率,却增大了飘移;而粗雾滴降低飘移的同时,也降低了附着率。因此,既要降低飘移,又要保持有效覆盖率一直困扰着研究人员。研究表明,风助式喷雾可以减少飘移,获得良好的覆盖率。风助式喷雾<sup>[13,14]</sup>利用外部风机系统产生的高速气流改善药液雾化、运送雾滴直达靶标。与常规喷雾提供的植冠上层病害控制相比,风助式喷雾还能减少飘移,提供中层至下层以及良好的叶下覆盖率<sup>[15]</sup>,促进植株深层穿透,使小雾滴更容易沉积在靶标上。因此常用来喷施杀虫剂和杀菌剂。与常规喷杆喷雾相比,风助式喷雾可以将飘移降低 50%~90%。

### 2.3 防护罩装置

在进行宽幅喷雾时,防护罩喷杆喷雾使用越来越多。喷施农药时,在喷杆或喷头上装配防护罩可以改变雾滴的飘飞路径,使雾滴转向到达作物冠层。防护罩装置一般分为机械式<sup>[16]</sup>和风幕式两类。

美国 Alberta 农业机械研究中心研究发现,当喷杆作业速度超过 16.1 km/h 时,采用机械式防护罩可以减少飘移 86%<sup>[17]</sup>。俄亥俄州的田间试验也表明,在相同

的喷头和工作压力下,与不带有防护罩的喷杆相比,安装有防护罩的喷杆喷雾时,产生的小雾滴能增加雾滴在植物、昆虫上的附着率,降低农药的使用量,风速在8~94 m/s内都可以施药,将飘移减少65%<sup>[18]</sup>。独立的喷头锥形防护罩也具有较好的防飘移性。但研究者同时指出,喷杆的作业情况、风速、防护罩的尺寸和结构都对减小飘移有很大的影响。

风幕式喷雾机,风幕技术于20世纪末在欧洲兴起,即在喷杆喷雾机的喷杆上增加了风筒和风机<sup>[19]</sup>,喷雾时,低压风机在喷杆上方沿喷雾方向强制送风,产生的气流沿着喷杆两侧形成气幕,这样气流不仅将雾滴向下压入作物冠层,增加叶下覆盖和穿透,而且在有风(小于4级风)的天气下工作,也不会发生雾滴飘移现象。这种装置的另一优点在于喷雾质量不受风量的影响,喷雾量和质量只由喷头决定。

## 2.4 其他部件

1) 声波定位探测仪 澳大利亚一家公司最近研制的系列声波定位探测装置,可以安装在喷杆上,依靠从土壤表面或作物冠层返回的声波,连续确定喷杆距地面或作物的高度,在对比喷杆可调高度后,向液压系统输出指令,调高或调低喷杆至合适的喷雾高度。

2) 双喷头喷雾系统 Spray Redux 推出的双喷头喷雾系统是一种不采用空气输送,却具有风助式喷雾机同样性能的新型喷雾技术<sup>[20]</sup>。双喷头喷雾机应用两列并行喷雾系统,前后排喷杆成一定角度安装,前排喷杆安装细喷孔的扁扇形喷头喷出原药,水从后排的粗喷孔喷头喷出。这样,来自粗孔喷头的大雾滴形成的气流输送小雾滴直达植株冠层。田间试验表明,雾滴飘移将减少50%,而小雾滴的覆盖并没有降低。

## 3 中国农药雾滴飘移控制技术与对策

即使没有先进的施药器械,施药者只要注重施药的适时性,针对不同的施药目标调整喷雾方案,合理使用药械,喷雾引起的飘移将会大大减少。因此,根据中国国情,采用合理施药方法是控制飘移的关键措施之一。

### 3.1 采用合理的施药方法

1) 低压喷雾 喷雾压力影响着雾滴分布。在中国,农户往往喜欢大压力喷雾。喷雾机在高压下小雾滴数量增加可以增加覆盖,但同时飘移也大大增加。因此,应建议农户在有效覆盖情况下,尽可能使用低压喷雾。工作压力的降低,会引起流量减少,要保证原有的施药量,可采用大容量喷嘴,增大雾滴尺寸,降低飘移量。

2) 调低喷杆高度 喷杆距离地面的高度,决定了雾滴在空气中沉降的距离<sup>[4,21]</sup>。在喷杆喷雾机允许的作业高度,并保证施药效果情况下,选择合适的大雾锥角喷头和间距,尽可能调低喷杆高度,保持喷杆稳定,减少雾滴脱靶飘移的距离,使小雾滴在发生飘移前就到达靶标。

3) 选择适宜的施药时间 要有效减小农药飘移,施药者必须了解喷洒农药时的天气情况,诸如:风速和

风向、温度、湿度等影响飘移的气候条件<sup>[4]</sup>。多数农药在高温低湿的条件下喷洒时,都容易引起蒸发飘移。应建议农户在施药前,测量风速、观察风向,了解所施农药的风速限制。地面喷雾,理想风速为1.0~3.0 m/s。施药时间最好选择在清晨温度较低、湿度较大、风速低的时候进行<sup>[21]</sup>,以降低雾滴飘移引起的非靶标药害。

4) 合理设置缓冲带 喷洒农药的目标作物与水源、生活区或敏感动植物相邻时,应在目标作物与敏感区域之间设置一段缓冲带。应教育农户自觉设置缓冲带来防止雾滴飘移对敏感区造成的药害。缓冲带的宽度应根据农药剂型、敏感区性质、喷头产生小雾滴的数量、雾滴尺寸分布、施药时的风速、风向、喷杆高度而调整。

5) 选择合适的农药剂型 蒸发飘移受农药剂型的影响很大。应建议农药商在产品标签上说明农药剂型的飘移性能、适用范围,必要时注明农药使用的最高温度、最大风速限制。目前国内已出现用少量植物油(棉籽油、菜籽油、大豆油等)代替矿物质油作辅助剂,同农药混合使用,增强农药的抗挥发性,减少喷雾时的飘移。尽管油比水作为农药载体不易发生蒸发飘移,但在顺风情况下,会飘移得更远。

6) 药液中添加飘移控制剂 飘移控制添加剂是一种化学辅助剂,添加在药箱中使药液变稠。这类添加剂能改善农药的生物活性,增加雾滴的尺寸,降低小雾滴的数量。试验发现,在合理使用情况下,飘移控制添加剂能将顺风飘移降低50%~80%。由于有些添加剂是不溶于水的,农户选择飘移控制添加剂时应按照产品说明。

### 3.2 发展少飘移或无飘移农药使用技术

为了将农药飘移降至最小,除了采用合理的施药方法和选择适宜的施药时间外,中国的植保机械研究机构还应参照国外已有的先进技术,选择自己的技术开发方向,根据中国的农林实际情况,进一步加大定向对靶喷雾和精准喷雾等少飘移或无飘移农药使用技术研究。

1) 静电喷雾技术 静电喷雾利用异性电荷相吸原理,通过高压静电发生装置和充电系统使雾滴带电<sup>[22,23,25]</sup>,促使雾滴快速均匀飞向目标,减少风力造成的雾滴飘移,提高药液在目标表面的沉积量,同时,雾滴的运动轨迹会沿电力线发生绕曲,附着在目标背面、植株茎部位,改善植株冠层穿透,可将农药有效利用率提高90%。

2) 智能喷雾系统 喷雾作业时,施药者携带数据记录器,在地块采集病虫害及区域等信息后,计算机根据采集灾情程度、作物密度和喷雾机行进速度自动调节喷量,控制农药可变施药速率,当喷头“发现”靶标时即喷出药液<sup>[26,27]</sup>,否则停止喷雾,使喷雾农药获得最大效益。

智能喷雾系统大大提高了农药的有效利用率,代表了农药使用技术的新方向。

### 3) 其他方法

丸粒状投放 对于水田使用的水溶性强的药剂,可

以采用丸粒化施药技术<sup>[24,29]</sup>, 只需把药丸均匀地撒入农田中即可。不但提高工效十几倍, 且没有农药飘移, 不污染邻近作物。

**涂抹施药** 涂抹是一种无飘移污染的精密施药法。药辊涂抹可用于内吸性除草剂的使用<sup>[23]</sup>, 即利用能吸收药液的泡沫材料做成抹药滚筒, 药液通过滚筒的表面渗出, 只需接触到杂草上部的叶片即可奏效。这种方法几乎可使药剂全部施在靶标植物上, 不会发生药液抛洒和滴落。

**注射施药** 对树木采用注射方法, 直接将内吸性药液注入树木木质部<sup>[25,29,30]</sup>, 依靠树液的传导作用分布于树木整体, 减少农药进入外部环境。

### 3.3 控制雾滴飘移的部件研究

目前中国对控制雾滴飘移的部件研究还十分薄弱, 充分借鉴和引进国外的先进技术, 针对中国在施药技术和设备方面存在的主要问题及特点, 开发在经济与技术上更适合中国特点的施药技术和施药的关键部件, 如低飘移喷头、低量喷头、辅助气流装置和防护罩装置等。

## 4 结 语

由于生态环境问题日益受到重视, 在中国, 农药的使用必然朝着更高的农药利用率和更少的环境污染方向发展, 降低农药飘移是达到这一目标的重要手段之一。所以, 中国应对现用喷雾机具进行实质性的技术改造, 把大容量喷雾技术改变为低容量高效喷雾技术; 研究定向对靶喷雾, 包括使用辅助气流、静电喷雾、利用图像、光电和红外技术等智能测靶喷雾技术; 研究开发精确喷雾, 包括能根据作业速度和作物密度自动调节喷量的智能喷雾技术; 研究可控雾滴施药技术, 包括通过各种机械或电子方法控制雾滴大小, 达到使用最佳雾滴直径, 提高农药中靶率。总之, 应加强农药使用技术的研究开发工作, 建立适合中国农林业生产体系的高效农药使用技术体系, 将农药飘移引起的环境污染降到最小。

### [参 考 文 献]

- [1] Tom Dodge New spray technology driven by drift[R]. American Fam Industry News, Mar1, 1998
- [2] 傅泽田, 祁力钧 国内外农药使用状况及解决农药超量使用问题的途径[J]. 农业工程学报, 1998, 14(2): 7- 12
- [3] 郑加强, 周宏平, 等 21 世纪精确农药使用方法展望[A]. 21 世纪植物保护发展战略研讨会 北京: 科学技术出版社, 2001, 415- 419
- [4] Smith D B, Bode L E, Gerard P D. Predicting ground boom spray drift[J]. Transactions of the ASA E, 2000, 43(3): 547- 553
- [5] Robert E Wolf Strategies to reduce spray drift [EB/OL]. <http://www.oznet.ksu.edu/library/ageng2/mf2444.pdf>, 2004-05-21
- [6] Ross, Merrill A, Carole A. Lembi Applied Weed Science[M]. Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN. 1985
- [7] David R. Miller, Masoud Salyani, April B. Hiscox Remote measurement of spray drift from orchard sprayers Using L DAR[C]. MEASA E, 2003, Paper No. 031093
- [8] 祁力钧, 傅泽田, 高振江 转子喷头的雾滴轨迹及雾滴飘移性能[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(2): 47- 52
- [9] 傅泽田, 祁力钧 风洞实验室喷雾漂移试验[J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 109- 112
- [10] Erdal Ozkan New nozzles for spray drift reduction[R]. Ohio State University Extension Fact Sheet, 2001
- [11] Robert Wolfe Equipment to reduce spray drift[R]. The Department of Agricultural Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign
- [12] Derksen R C, Ozkan H E, Fox R D, et al Droplet spectra and wind tunnel evaluation of venture and pre-orifice nozzles[J]. Transactions of the ASA E, 1999, 42(6): 1573- 1580
- [13] Piche M, Panneton B. Reduced drift from air-assisted spraying[J]. Can Agric Eng, 2000, 42: 117- 122
- [14] 何雄奎, 曾爱军, 何娟 果园喷雾机风速对雾滴的沉积分布影响研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(7): 75- 77
- [15] Knewitz H, Weisser P. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides [J]. Aspects of Applied Biology, 2002, 66: 231- 236
- [16] Fehringer R J, Cavaletto R A. Spray drift reduction with shrouded boom sprayer [C]. MEASA E, 1990, Paper No. 901008
- [17] Andrew Landers Modern technology to improve spraying efficiency [EB/OL]. [http://aben.cals.cornell.edu/extension/pestapp/publications/mod\\_tech.html](http://aben.cals.cornell.edu/extension/pestapp/publications/mod_tech.html), 2004-05-23
- [18] Bulletin 816- 00 Reducing Spray Drift [EB/OL]. [http://ohioline.osu.edu/b816/b816\\_17.html](http://ohioline.osu.edu/b816/b816_17.html), 2004-05-26
- [19] 杨学军, 严荷荣, 徐赛章, 等 植保机械的研究现状及发展趋势[J]. 农业机械学报, 33(6): 129- 131
- [20] Richard C, Derksen, Ph. D. Bubbles, Air delivery, electronics, and more nozzles—new pesticide application technologies [EB/OL]. <http://www.thepowerto2.co.uk/download/Bubbles%20-%20Air%20Delivery%20-%20Nozzles.pdf>, 2004-05-26
- [21] 吴罗罗, 李秉礼, 何雄奎, 等 雾滴飘移试验与几种喷头抗飘失能力的比较[J]. 农业机械学报, 1996, 27: 120- 124
- [22] Zheng Jiaqiang, Xu Youlin Pesticide droplet drift control through electrostatic spraying [A]. The 4<sup>th</sup> Int Conf Appl Electrostatics [C], '2001 Dalian
- [23] Zheng Jiaqiang, Zhou Hongping, Xu Youlin Advances in pesticide electrostatic spraying research in China [A]. ASA E Annual International Meeting/CIGR XV<sup>th</sup> World Congress [C]. Chicago, Illinois, USA, July 28- 31, 2002
- [24] 袁会珠, 齐淑华, 杨代斌 农药使用技术的发展趋势[J]. 植保技术与推广, 2001, 21(2): 37- 38
- [25] 吴春笃 农药使用的安全性研究[J]. 农业机械学报, 1996(增刊): 44- 480
- [26] Zhang Qin, Litchfield J B, John F. Reid, et al Coupling a machine vision sensor and a neural net supervised

- controller: controlling microbial cultivations[J]. *Journal of Biotechnology*, 38, 1995: 219- 228
- [27] 赵茂程, 郑加强 树形识别与精确对靶施药的模拟研究[J]. *农业工程学报*, 2003, 19(6): 150- 153
- [28] 陈福良 国外一种迅速发展的施药方法——茎秆注射[J]. *农药科学与管理*, 1996, 3: 27- 29
- [29] 屠予钦 世纪之交的农药使用技术发展新动向[J]. *植物保护*, 1997, 23(3): 41- 44
- [30] 胥占义, 秦 飞, 周正标 树木注射施药机械与使用技术进展[J]. *世界林业研究*, 1998, 2: 38- 43

## Research advances of the technologies for spray drift control of pesticide application

Liu Xiujuan, Zhou Hongping, Zheng Jiaqiang

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** Spray drift of pesticide is an important factor to cause environmental contaminations and low effectiveness of pesticide applications. To analyze the drift affecting factors and the droplet drift dynamics could not only provide the theoretical basis for the research of the droplet drift control and the spraying equipment, but also increase the efficiency of pesticide applications, reduce the droplet drift and improve the environmental protection. Advanced equipment and techniques to reduce the spray drift in developed countries were reviewed. On the basis of analyzing the current situation about the spray technique of pesticide in China, several application methods to reduce spray drift and suggestions on developing new spray equipment and spray drift reduction technologies were proposed.

**Key words:** pesticide application; droplet drift; drift control

刘秀娟, 周宏平, 郑加强 农药雾滴飘移控制技术研究进展[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(1): 186- 190

Liu Xiujuan, Zhou Hongping, Zheng Jiaqiang Research advances of the technologies for spray drift control of pesticide application [J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(1): 186- 190 (in Chinese with English abstract)