

## 不同喷嘴漂移特性的实验室测定方法<sup>①</sup>

祁力钧<sup>②</sup> 傅泽田

(中国农业大学管理工程学院)

**摘 要** 提出一种简单的实验室质量分析法,用于测试来自移动机架上喷嘴喷雾的沉积率。实验中发现,改变喷嘴型号、液体压力、机架移动速度和采用风助技术等,或人为地加侧风时雾滴的漂移性能都会改变,而作物的形态对漂移的影响不大。

**关键词** 喷嘴; 漂移; 质量分析

**中图分类号** S491

### Laboratory Measurements on Different Sprayer Nozzles for Drift Potential

Qi Lijun Fu Zetian

(College of Management Engineering, CAU)

**Abstract** A gravimetric method used in laboratory to measure the drift potential on different nozzle type and droplet size is described in the experiments, side wind and air-assistance were used to determine their effects on the drift potential when the boom was moving. The results showed that the nozzle type, droplet size, side wind, boom speed and air-assistance were related to the drift potential, but the plant canopy had less influence to the drift.

**Key words** nozzles; drift potential; gravimetry

喷雾设施漂移性能的测定,对于分析农药对生态环境的影响非常重要。影响喷雾漂移性能的因素众多,其中使用方法不当造成喷雾设施漂移性能不稳定的现象十分普遍。为了测定不同使用方法对喷雾漂移性能的影响,要对各种施药设备的使用性能进行比较分析,为此需要设计一种适用的实验室测试方法,以避免在野地试验因条件不断变化而带来的试验结果不具可比性的问题。通过对不同漂移试验的比较发现,测量下风处的药液和直接测量喷在一定幅宽上的药量这2种方法之间很难取得一致的结果。在一定幅宽上,5%测定值的不确定性可引起漂移性计算结果约20%的出入。实际上由于喷幅位置在田野里的可变性,非直接的实验室测量结果更为可靠,但考虑到实验室里非常人为化的实验环境,偏移目标的喷雾量一般定义为“漂移可能性”(以下所提及的漂移性则指“漂移可能性”),作为实际应用的参照指标。就实验方法来说,各种报道的实验方法所定义的试验条件都有所不同,例如取样板的大小在不同的试验中有

收稿日期:1997-06-18

①国家自然科学基金资助项目

②祁力钧,北京清华东路17号 中国农业大学(东校区)213信箱,100083

不同的描述。Yong<sup>[1]</sup>建议将“漂移可能性”定义为“在一定的风速和一定的喷嘴高度下,喷嘴的总喷量偏移  $1.35\text{ m} \times 0.75\text{ m}$  这样一个区域的比例”;但这样一个区域大小的确定本身带有武断性,因为固定的区域大小可能会因实验条件的不同导致试验结果产生误差。例如在高风速、大的喷雾角并在风助的情况下就很可能偏离实际结果。笔者认为,取样板的大小应因具体试验内容而异,其大小的选择应以喷雾宽带能够完全覆盖样板为原则。

笔者采用一种比较简单的方法来比较漂移的大小,并调查各种变化的使用因素对漂移性能的影响。本文中列出的各种数据展示了喷嘴的种类和大小、机架的前进速度、喷雾系统和作物形态对漂移的影响。为了更好地模拟喷雾系统的实际使用情况,试验时采用移动式机架。

## 1 试验方法

试验在一个  $7.6\text{ m}$ (长) $\times 3\text{ m}$ (宽) $\times 1.8\text{ m}$ (高)的封闭空间进行(风洞实验室, Silsoe Research Institute, 英国, 本文第一作者于 1996 年 9 月至 1997 年 2 月在该研究所进行合作研究)。在  $2.0\text{ m} \times 6.0\text{ m}$  的桌面上放置  $1.0\text{ m} \times 0.5\text{ m}$  的 4 块  $10\text{ mm}$  厚的聚苯乙烯矩形板, 上面盖  $2\text{ mm}$  厚的纤维泡沫板作为样本的接收装置。机架由 HARDI 公司制造, 在  $2.5\text{ m}$  长的横梁上安装 6 个间隔为  $0.5\text{ m}$ , 雾锥角为  $110^\circ$  的喷嘴。机架距取样板的高度为  $0.5\text{ m}$ , 保证有一个宽  $2.0\text{ m}$ , 雾滴覆盖范围为  $100\%$  的喷雾带。为防止飞溅, 样板周围的桌面都用人造草坪覆盖, 4 个取样板放置在喷雾带范围内。风速由与计算机相连的风速仪测定, 操作者可从屏幕上观察风速的变化并调节风扇的转速。液体压力由压力传感器监测并传给显示器, 喷雾时间由可调节的定时器控制。所有试验用液体由蓝色染料和水配成, 染料与水的体积比为  $0.5:100$ 。

每次试验前先测喷嘴流量  $q/(\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$ 。用电子秤测出样板的干质量, 然后根据喷嘴流量确定每次的喷雾时间, 并重复几次, 使在样板上收集到的液体与样板的质量具有可比性。喷雾完成以后, 立即测出样板上收集到的液体的质量  $m_2$ 。由于喷嘴的喷射量  $m_1$  已知, 所以相对损失  $\eta_w$  可由下式求出:  $\eta_w = [(m_1 - m_2)/m_1] \times 100\%$ 。

有侧风的试验, 需要作一些改进设计。侧风由离心式风扇提供, 风扇风口宽  $1\text{ m}$ , 离最近的样板  $2.0\text{ m}$ 。为了在整个样品长度上获得相同的风量, 一次只测 2 个样品。侧风风速调至  $2.0\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 由数字式风速仪监测。试验中使用 3 个大小不同的常规喷头, 3 个大小不同、雾锥角为  $110^\circ$  的扁扇低漂移喷头。这种组合基本覆盖了常用喷嘴的类型范围。低漂移喷头的选择原则是使其尽量与常规喷头的喷雾质量相近。雾滴的大小用激光测试仪测出。

变换喷嘴的类型和大小、机架行走速度和采用风助等因素, 设计如下 3 个试验。

试验 1: 测试喷嘴大小和机架行走速度对漂移性能的影响。试验中采用 3 种不同的常规 HARDI 扁扇喷嘴 (4110-10, 4110-14, 4110-20), 压力分别为  $300, 200, 170\text{ kPa}$ , 行走速度为  $4.0, 7.0, 10.0\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , 喷嘴流量在  $56 \sim 360\text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$  范围内。

试验 2: 测试风助对漂移性能的影响, 所用喷嘴和压力与试验 1 相同。前进速度  $6.0\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , 喷嘴流量  $100, 150$  和  $250\text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 风速  $0, 7.5$  和  $15.0\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

试验 3: 测试不同类型喷嘴 (常规喷头、低漂移喷头) 对漂移性能的影响。前进速度为  $6.0\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , 喷嘴类型如表 1 所示, 喷嘴流量与试验 2 相同。

所有试验都在无侧风和速度为  $2\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的侧风 2 种状况下进行。为了分析作物顶冠对漂移性能的影响, 重复试验 2, 并在每个样板上等间距地放置 4 排、每排 25 个棉管, 组成人造植

被。这样,样板的实际接收面积由于人造植被垂直方向接收面积的增加而增加 35% 左右。

表 1 试验喷嘴在不同压力下产生雾滴的大小

| 喷嘴型号               | 流量/(L·min <sup>-1</sup> ) | 压力/kPa | 雾滴直径/ $\mu\text{m}$ |     |      |
|--------------------|---------------------------|--------|---------------------|-----|------|
|                    |                           |        | <10%                | 50% | >90% |
| 4110-10            | 0.47                      | 300    | 57                  | 110 | 195  |
| 4110-12/1553-10(L) | 0.47                      | 230    | 130                 | 205 | 317  |
| 4110-14            | 0.74                      | 200    | 76                  | 145 | 303  |
| 4110-18/1553-12(L) | 0.74                      | 200    | 147                 | 315 | 422  |
| 4110-20            | 1.20                      | 170    | 87                  | 225 | 425  |
| 4110-24/1553-18(L) | 1.20                      | 160    | 161                 | 329 | 430  |

说明:L 指低漂移喷头。

## 2 结果与讨论

如表 2 所示,有无侧风的漂移性能明显有同:无侧风时,增大风助风速,漂移的可能性增大,有侧风时漂移趋势减小。无侧风时,从喷雾结束到收回样本的这段时间内,若没有空气扰动

表 2 有无侧风时大小不同的喷嘴对漂移性能的影响

| 有无侧风 | 喷嘴型号        | 风速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) |            |            |
|------|-------------|-------------------------------------|------------|------------|
|      |             | 0                                   | 7.5        | 15.0       |
| 无侧风  | 4110-10(VF) | 18.7                                | 20.7(+10%) | 24.6(+31%) |
|      | 4110-14(F)  | 14.0                                | 16.8(+20%) | 21.1(+50%) |
|      | 4110-20(M)  | 6.4                                 | 8.0(+25%)  | 12.0(+59%) |
|      | 平均          | 13.0                                | 15.2       | 19.2       |
| 有侧风  | 4110-10(VF) | 26.8                                | 30.1(+12%) | 21.7(-19%) |
|      | 4110-14(F)  | 18.4                                | 19.0(+3%)  | 14.8(-19%) |
|      | 4110-20(M)  | 13.5                                | 11.0(-18%) | 7.5(-46%)  |
|      | 平均          | 19.6                                | 20.0       | 14.7       |

说明:1)喷雾质量的评价采用 British Crop Protection Council 标准<sup>[2]</sup>,它按雾滴大小把喷雾质量分为 4 个等级,即很细( $d \leq 100 \mu\text{m}$ )、细( $d = 101 \sim 200 \mu\text{m}$ )、中等( $d = 201 \sim 400 \mu\text{m}$ )和粗( $d \geq 400 \mu\text{m}$ )。

2)括号内的数字为有风助时漂移性相对常规喷雾的变化值。

或蒸发,则有一些悬浮的由微小雾滴组成的絮状物继续下沉,风助使漂移趋势增大。对此可以认为,一部分是由于强大的气体旋流干扰,使得细小的雾滴偏离样板,一部分是由于经过加速的雾滴具有强大的动能而引起飞溅脱靶。有侧风时,可目测到这些缓降的絮状物被侧风吹走,只有当风助风速达到  $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  时,漂移性才能达到与无侧风相当的水平。在整个试验过程中,喷雾质量对漂移性有直接影响。雾滴直径变大,漂移相对减小,尤其在有侧风时,这种特性表现得更加明显。可知,无侧风时,由于存在絮状物,模糊了不同大小喷嘴之间漂移性的差别。

表 3 说明低漂移喷嘴在任何情况下的漂移都比等流量的常规喷头小,甚至在有侧风情况下产生的漂移也比相应的常规喷头在无侧风情况下产生的漂移小。机架前进速度对漂移的影响在有或无侧风情况下的效果明显不同(见表 4)。机架速度的影响因喷雾质量(雾滴大小)的不同而异,当雾滴处在“很细”和“细”级时,最高的机架速度产生最大的漂移,但雾滴为“中”级

时漂移相对较小。漂移的大小还与机架的行走方向同侧风的方向是否一致有关<sup>[3]</sup>,本试验的结果只是在顺风的情况下取得的。用棉管条组成的“植冠”对平均漂移量的影响并不显著。

表3 常规喷嘴与低漂移喷嘴漂移性能比较

| 喷头类型  | 喷嘴型号            | 流量/(L·hm <sup>-2</sup> ) | μm         |            |
|-------|-----------------|--------------------------|------------|------------|
|       |                 |                          | 无侧风        | 有侧风        |
| 常规喷头  | 4110-10         | 100                      | 26.8       | 33.5       |
|       | 4110-14         | 150                      | 19.3       | 19.2       |
|       | 4110-20         | 200                      | 11.5       | 13.6       |
| 低漂移喷头 | 4110-12/1553-10 | 100                      | 14.3 (53%) | 18.7 (66%) |
|       | 4110-18/1553-12 | 150                      | 8.4 (48%)  | 13.2 (60%) |
|       | 4110-26/1553-18 | 200                      | 2.4 (9%)   | 3.4 (13%)  |

说明:括号内的数值为低漂移喷头相对于常规喷头的漂移测试值。

表4 机架前进速度不同的漂移特性(有侧风)

| 雾滴大小 | 机架前进速度/(km·h <sup>-1</sup> ) |      |      |
|------|------------------------------|------|------|
|      | 4                            | 7    | 10   |
| 很细   | 25.3                         | 34.7 | 36.3 |
| 细    | 16.0                         | 24.1 | 27.4 |
| 中    | 13.4                         | 14.5 | 15.4 |
| 平均   | 18.2                         | 24.4 | 26.4 |

### 3 结 论

增大雾滴直径,漂移无一例外地减小。用低漂移喷头,特别是在有侧风的情况下可有效地降低漂移。当雾滴直径  $d \leq 100 \mu\text{m}$  和  $d = 101 \sim 200 \mu\text{m}$  时,增大机架的前进速度,漂移明显增加。在有侧风的情况下,采用风助技术可降低漂移,特别是当  $d \leq 100 \mu\text{m}$  时;但在同样条件下如果没有侧风,则漂移会增大。在实际应用中,侧风是一个可变的因素,对喷雾的漂移性能有比较大的影响。进一步的研究可在允许的风速范围内对风级作更细致的划分,并调整侧风与机架前进方向之间的夹角进行试验。风助技术是克服漂移非常有效的方法,可根据自然风速调节风助的力度使之有效地发挥作用。

### 参 考 文 献

- 1 Young B W. Droplet dynamics in hydraulic nozzle spray clouds. In: Bode L E, Hazen J L, Chasin D G, eds. Pesticide Formulation and Application System. Vol 10. Philadelphia: ASTM, 1990. 1078~1091
- 2 Miller P C H. The development of protocols for spray nozzle classification. Silsoe Research Institute Contract Report, 1992. CR/500/92/8944
- 3 Taylor W A, Anderson P G, Cooper S. The use of air-assistance in a field crop sprayer to reduce drift and modify drop trajectories. Proceedings Brighton Crop Protection Conference-Weeds, 1989(2): 631~639