

风洞实验室喷雾飘移试验*

傅泽田 祁力钧

(中国农业大学)

摘要 飘移性是衡量喷雾质量的重要标志之一。风洞试验能够有效地控制喷雾条件,从而可对环境因素和使用参数对飘移性的影响进行更为系统的研究。该文通过对不同类型喷头的测试,分析了不同因素对飘移性的影响程度和趋势,并对飘移雾滴在空间的分布状态进行了研究。

关键词 风洞 飘移 试验方法

在化学农药的施用中,飘移始终是影响施药效果和造成环境污染的重要因素。大面积的飞机喷洒或地面机械喷雾都会不可避免地因一定比例的雾滴不能到达目标而造成对环境的污染^[1]。对喷雾机械试验改进的目的是如何合理地选择喷雾装置的使用参数和有效地控制喷雾条件,减少飘移量,使药物飘移造成的危害最小。田间的飘移试验虽然更接近实际情况,但影响雾滴飘移的因素在野外是无法控制的。在野外风速和风向的时刻变化使得获得一个准确的数据相当困难^[2],这些不定因素使重复试验之间存在相当大的差异。风洞实验室模拟外界实际条件,其优越性在于能够方便地控制风速和风向,准确地测定诸如喷雾压力、喷头的移动速度以及喷头与喷雾目标之间的垂直距离等变量,避免因外界条件的不确定造成评估比较的困难^[3]。为了测定不同施药方法或不同类型喷头对喷雾飘移性能的影响,需要设计一种适用的实验室测试方法,使其能够比较真实地描述实际喷雾过程和模拟雾滴飘移的空间状态,达到试验结果能够反映实际情况,并以试验结果为依据确定各种实际喷雾参数的目的。影响喷雾飘移性的因素很多,其中主要的有喷嘴的类型和大小、喷雾压力、喷嘴离喷雾目标的垂直距离^[4]、以及风速风向等。目前常用的平面沉积、目标收集等飘移测试方法最大的不足是只能通过测量设定目标上的沉积量来换算脱靶的喷雾量,而失去目标的雾滴能够飘移多远或在离开目标后是如何分布的,是很难准确估计的。在大田喷雾作业时,特别是当地块面积较大时,只要飘移的雾滴没有超出地块界限并不会对其它作物造成危害。在有些情况下,如低量或超低量喷雾需要一定的风速辅助雾滴分布。所以知道雾滴的飘移距离和分布状况,对控制或利用飘移是非常重要的。

1 研究目标

本研究的目的是设计一种风洞实验室测试方法,使之能够测量常规地面喷雾在一定风速下的雾型和雾滴的飘移距离及其分布,定量地描述在一定下风处的雾滴飘移量,为使用者确定使用参数提供参考依据。文中的试验在英国 Silso Research Institute 的风洞实验室内完成。

收稿日期: 1998-04-29

* 国家自然科学基金资助项目(79470013)

傅泽田, 教授, 博士生导师, 副校长, 北京市海淀区清华东路 中国农业大学(东区), 100083

2 试验设备和方法

该风洞试验室有一个 7.6 m 长、3.0 m 宽、1.8 m 高的测试空间。风洞的进风一头由梳风栅引导风向,另一头有一个直径为 1.5 m 的轴流式风扇,该风扇可在工作空间内形成 0~15 m/s 无级调节的风速。风速由风速仪测定后,在微机的屏幕上显示风速值。风洞内有沿 X 和 Y 两个坐标方向的传导机构,使喷头可沿这两个方向移动。为防止雾滴飞溅,在工作桌面上铺盖人造仿草地毯(图 1)。

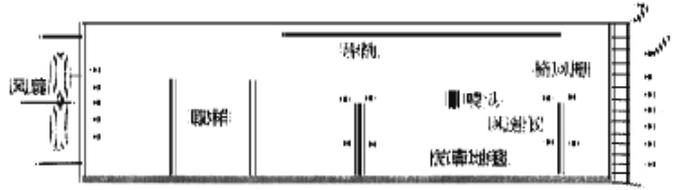


图 1 风洞试验室布置示意图

Fig 1 Wind tunnel scheme

监测装置由数字式流量传感器、数字式压力传感器、速度传感器、定时器、行程开关等组成,用来监测喷雾压力、喷嘴流量和机架的移动速度等。有一个 DA S-20 数字探测板与计算机(PC 486/100)相连,经计算机自动处理后送出喷雾压力、喷嘴流量和喷嘴移动速度等的平均值。

飘移试验对雾滴大小的要求很严格,因为雾滴的直径是影响飘移性能最主要的因素之一。试验中对雾滴大小的控制是通过喷雾压力和喷头流量来保证的。因为试验中用的喷头都是各种不同类型的标准喷头,

喷雾参数确定后,雾滴大小的平均值是确定的。喷雾压力由安装在喷头座上的压力传感器监测并显示在电子显示器上。流量大小不但有传感器监测,在每次改变喷雾参数或更换喷头后都要用专用的量器收集在一定压力下和时间内的喷雾量,与标准值对比,确保喷头工作正常。

风速的测量和控制对试验结果的准确性至关重要。如图 1 所示,在沿着风洞纵向中线上,在喷头前后各有一个风速仪测量风速,监测风洞中不同部位的风速。由于风洞的密封和紊流等问题,在整个风洞长度上各个点的风速略有不同,在不同点测得的风速经计算机处理后给出一个综合值,做为试验时确定风速的参考值。大部分试验的喷雾时间是 10 s。喷雾所用的液体为 0.5% 蓝色颜料的水溶液。试验中所用的喷头的各种参数如表 1 所示。其中 F110 系列为 LURMARK 公司的扁扇压力喷头,TF 为 ARTEC 的双流喷头, TX4、D5-5、SJ100 为 TEEJET 的空心锥雾喷头, M ICRON 是英国 M ICRON 公司的转子喷头。

收集飘移雾滴用直径为 2 mm 的尼龙线,水平横跨在风洞中,与风扇平面平行。取样线与喷头的水平距离 2~3 m 不等,取决于喷头的类型和对试验结果的要求。取样线在垂直方向的间隔为 5 cm (转子喷头)或 10 cm (压力喷头)(图 2),最高处的一根取样线高出喷头 10 cm,以保证雾滴的飞行不会超出取样范围。

如图 2 所示是两组取样线,为了测试一种喷头或某一喷雾条件下的飘移特性,检验不同距

表 1 用于试验的喷头及其参数

Tab 1 Nozzles and test parameters

喷嘴型号	液体压力 /kPa	空气压力/kPa 或转速/r · min ⁻¹	流量 /L · min ⁻¹	雾滴体积 中径/μm
01-F110	450	-	0.45	165
02-F110	350	-	0.85	207
04-F110	250	-	1.44	256
08-F110	200	-	2.58	303
TF	260	130	0.56	326
TF	200	130	0.41	308
TF	270	100	0.67	346
TX4	400	-	0.3	134
D5-25	300	-	1.4	208
SJ100	300	-	0.79	186
M ICRON	60	2000*	0.48	141
M ICRON	60	3500*	0.48	207
M ICRON	12	5000*	0.24	245

注: * 转速

离下风处飘移量的大小, 可设置多组取样线, 每组之间间隔一定距离, 并互相平行。在本试验中我们还在两组线中间的工作面上安排了 12 张同样大小的取样片(纸片), 以检验试验结果的准确性。这样处理是基于一个设想, 即离喷头较近一组取样线处的飘移量应等于第二组取样线处的飘移量与两组样线之间的飘移量之和, 试验证明二者的拟合非常好。

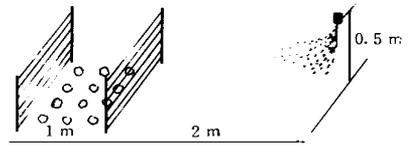


图 2 取样设计示意图

Fig 2 Sampling draft

3 不同类型喷嘴的飘移特性

3.1 不同类型喷嘴的飘移量随风速的变化

图 3 所示的飘移特性是不同类型的喷头在 0.5 m 高度, 2 m 下风处测得的飘移量。从各种喷头的飘移特性随风速的变化可以看出风速对飘移性的影响程度。同一类喷头, 因使用参数不同, 其飘移性表现有很大的差别。总的来说, 喷雾压力增大, 流量减小, 飘移雾滴所占总量的比例就会升高。而对转子喷头, 在使用参数中转速是决定飘移量大小的最主要因素。随着转速

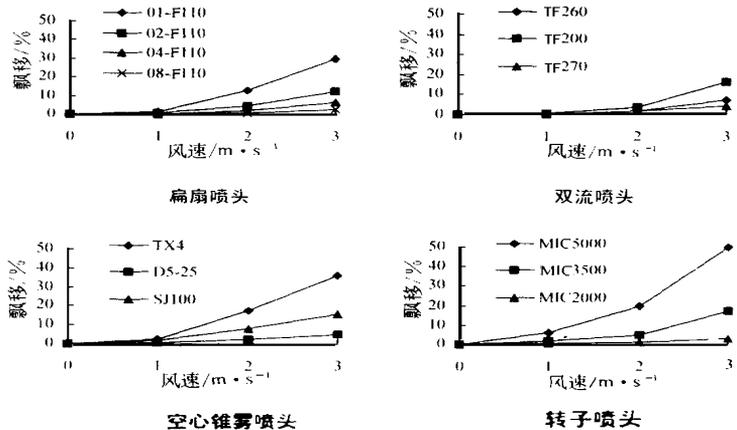


图 3 不同类型喷嘴随风速变化的飘移特性

Fig 3 Drift variation of different nozzles as wind speed changing

的升高, 飘移量明显增加。同种类型喷头在相同环境条件下随使用参数不同而表现出的飘移特性差异, 其根本原因在于不同压力和流量下所产生的雾滴大小不同。小雾滴对风速的变化要比大雾滴敏感得多。通过大量的试验证明, 风速和雾滴直径是影响喷雾飘移性的两个最主要的因素。喷头类型对飘移性也有很大影响, 如图 4 所示, 在相同风速下几种不同类型喷头的飘移性比较说明喷头类型对飘移性的影响程度。图 4 中的几种不同类型喷头, 除 TF200 外, 所产生的雾滴体积中径($V_{0.5}$)相差不大(表 1), 在 135~165 μm 之间, 但还是不难看出它们在飘移性方面的差别。转子喷头在 5000r/min 转速下产生的雾滴比 01-F110 和 TX4 的 $V_{0.5}$ 都要大, 但在任何风速下的飘移量都大于其它两种喷头, 而且从图中曲线的变化趋势看, 随着风速的进一步提高, 它们之间飘移量的差距还要继续增大。TX4 与 01-F110 相比也有类似之处。在相同风速下, 相近 $V_{0.5}$ 的喷头所表现出的飘移性差异, 说明了不同喷雾方式对飘移性的影响。

3.2 飘移雾滴在喷头下风处的立体分布

图 5 所示是飘移雾滴在 2 m 下风处垂直平面上的分布。从图中看出 3 个压力喷头的飘移雾滴要比转子喷头的飘移雾滴集中一些。转子喷头虽然也是 300 mm 以下高度上的分布量大于 300 mm 以上的分布量, 但整个雾型的重心明显要高于压力喷头。另外, 随着高度的增加, 分布量也是逐渐减小的, 变化梯度小于压力喷头。

压力喷头的飘移雾滴在下风垂直面上的分布从一个侧面反映了雾滴大小的均匀性和雾体的分散程度。在这方面 TX4 是一个典型代表。TX4 虽然也是压力喷头, 但是液体在喷嘴的涡

流腔内高速旋转形成空心雾锥后,减小了雾滴垂直向下的速度。另外,空心雾锥本身由于雾体的分散降低了抗飘移能力。从这个角度分析, TX4 与转子喷头有一定的相似性。

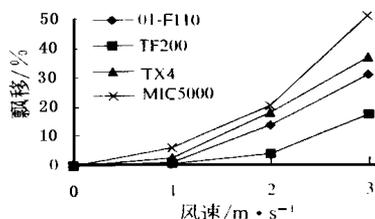


图4 不同类型喷头飘移性能比较

Fig 4 Drift comparison among nozzles

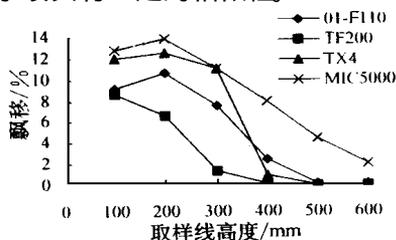


图5 飘移雾滴在2米下风处垂直截面上的分布

Fig 5 Drift measurement at 2 m downwind

双流喷头的抗飘移能力好于其它喷头,一方面是由于产生的雾滴大,另外空气压力约束了雾滴的飘移。扁扇压力喷头是面积覆盖喷雾法的最常用喷头,它的雾滴的高垂直初速度和相对紧密的雾体使其抗飘移性能也比较好。

4 总结

风洞实验室可以提供一种可控的环境模拟外界喷雾条件。文中所描述的试验方法能够在水平和垂直两个方向确定飘移雾滴的分布,从而能够较全面地反映不同类型喷头的飘移特性。风速和雾滴大小是影响飘移性能的两个最主要因素,但喷头的类型对飘移性能也有一定的影响。经过试验比较,在相近雾滴大小的情况下,试验中所测试的4种喷头的飘移性能,抗飘移能力从强到弱依次为双流喷头、扁扇喷头、空心锥雾喷头和转子喷头。特别是后3种喷头在雾滴大小非常接近的情况下所表现出的飘移性能差异说明不同喷雾方式对飘移性能的影响。

飘移雾滴在一定下风处垂直面上的分布特性主要取决于喷头类型,不同的雾型在垂直面上的分布有很大的区别。从垂直面上雾滴分布的重心位置可以预测雾滴继续飘移的潜势。

参 考 文 献

- Hoffmann W C and M Salyani Spray deposition on citrus under different meteorological conditions Trans of the ASA E, 1996, 39(1): 17~ 22
- Sudduth K A , S C Borgelt and J X Hou Performance of a chemical injection sprayer system. Applied Engineering in Agriculture, 1995, 11(3): 343~ 348
- 祁力钧,傅泽田.不同喷嘴飘移性能的实验室测定方法.中国农业大学学报,1997, 2(6): 49~ 52
- Saputro S, D B Smith and D R Shaw. Expert system for agricultural aerial spray drift. Trans of the ASA E, 1991, 34(3): 764~ 772

Wind Tunnel Spraying Drift Measurements

Fu Zetian Qilijun

(China Agricultural University, Beijing)

Abstract Drift potential is one of the most important factors affecting spraying quality. Wind tunnel can provide a well controlled environment in which drift measurements could be made over a range of wind speeds and spraying conditions. Based on the measurements on four types of nozzles, the extent and trend of effects of several variables on drift potential was analyzed and the spatial distribution states of the drift droplets atomized by these four types of nozzles were described in this paper.

Key words wind tunnel, drift, test method