

不同条件下喷雾分布试验研究*

祁力钧 傅泽田

(中国农业大学)

摘要 通过试验探讨了喷嘴类型、喷嘴高度和喷雾压力等因素对雾滴分布均匀性的影响。试验证明,喷嘴类型和喷嘴与目标之间的距离对雾滴分布均匀性有很大影响,最佳分布所对应的喷嘴高度因喷嘴类型不同而异。喷雾压力对分布均匀性也有影响,但不显著。

关键词 喷嘴类型 喷嘴高度 分布均匀性

我国目前单位面积的平均用药量约为 11 kg/hm^2 , 是美国施药量的 3.5 倍, 欧洲平均用药量的 2 倍^[1]。由于施药技术落后使药效不高, 年用药量有增无减, 加大了农业成本和环境保护的压力。目前世界上广泛采用的施药方法仍以压力喷洒液体农药为主, 所喷洒的农药都有很大一部分到不了预定的目标, 而到达目标的药物又因分布不均匀而药效不高^[2]。国外现在许多新成分农药的施用量不超过 70 g/hm^2 , 很明显, 要使这个用量的农药能够保证农业收成, 则必须使农药能够充分发挥效用, 使喷雾器产生的雾滴能够在喷雾目标上均匀分布。引起雾滴分布不均匀的原因很多, 喷雾器机架对地面的仿形、高度及与地面的平行度对雾滴的分布均匀性均有很大的影响。喷嘴的类型、大小、安装位置和角度、多喷嘴之间喷雾幅宽的衔接、使用参数(如喷雾压力、行走速度等)以及自然环境条件都是重要影响因素。研究表明, 喷头之间的间隔、离地高度和喷雾压力是影响雾滴分布均匀性的主要因素^[3]。

1 雾滴分布均匀性

雾滴分布均匀性对喷嘴类型、喷头安装参数和使用条件非常敏感。国外有许多测量雾滴分布均匀性的方法^[4], 其中包括如何收集试验数据和评价分布均匀性。实践证明, 测量分布均匀性的传统方法在试验对比方面有一定的局限性, 问题在于如何统一不同方法下取得的试验结果和保证试验准确性。一般的方法是对同一目标用不同的方法测试, 比较试验结果, 综合评价喷嘴的分布均匀性。试验证明, 扁扇喷嘴产生的雾型接近标准正态分布。Lumark, Spraying System 等喷雾装置制造公司在产品目录中说明喷嘴在机架上最合适的布置间隔, 但这个“最佳间隔”以喷嘴中心向外扩展的雾滴分布是线性的为假设前提。而 Hardi 公司则说明喷嘴的雾滴分布是非线性的, 雾滴最集中的区域也并不一定就是喷嘴的正下方。为了确定喷雾分布的均匀性, Smith^[5]指出最均匀的喷雾分布应由两个指标来说明, 即沉积变异系数为 0, 最大与最小沉积比率为 1。Carlton et al^[6]指出喷雾沉积均匀性因为一些内在的主观性总是很难定义和描述, 即使是在一个非常简单的表面上的沉积也是如此。他提出描述沉积均匀性的概念, 是在一

收稿日期: 1998-04-17 1999-01-10 修订

* 国家自然科学基金资助项目(79470013)

祁力钧, 博士生, 北京市海淀区清华东路 中国农业大学(东校区)工程研究院 121 信箱, 100083

个确定大小的平面上连续地、以一定厚度的喷雾物质均匀覆盖,把这种分布的均匀度定义为 100%,其它情况则与之比较确定其均匀度。本文所采取的分布均匀性测量方法就是基于这个理论,通过测定雾滴在一定面积不同区域内沉积量的差异确定不同喷嘴在不同使用条件下的雾滴分布均匀性。传统定义雾滴分布均匀性只考虑沿着一定幅宽的沉积变化,而没有把空间状态下附着面的起伏纳入考虑范围,为此本文试验设计了一个不同高度的取样平台,测试喷嘴高度对分布均匀性的影响,并与平面喷雾目标的测试结果进行对比。

2 研究目标

本文的研究目标是调查喷嘴类型(在扁扇喷嘴的范围内)、喷雾压力、喷头高度对雾滴分布均匀性的影响,不同的测试方法和空间状态的喷雾目标会对测试结果产生什么样的影响。

3 试验安排

3.1 试验 1

试验中选用了 3 种不同的扁扇压力喷头,每一种喷头两种规格,它们是美国 TEEJET 的 TJ 8002 VB 和 TJ 8004 VB (双流喷嘴)、XR 8002 VB 和 XR 8004 VB (特点是使用压力范围广)、TF 8002 VB 和 TF 8004 VB (分布均匀性好)。3 种喷头的喷雾角均为 80° ; 喷嘴的材料均为不锈钢。在 276 kPa 喷雾压力下,每一类型两种不同规格的喷嘴,流量分别为 0.76 L/m in 和 1.51 L/m in , 喷嘴分别设置在 30 cm、50 cm 和 65 cm 的高度下,在 207 kPa 和 276 kPa 两种压力下测试,机架上喷嘴间隔为 50 cm。为了比较不同喷嘴安装角度对雾滴分布均匀性的影响,分别测量了喷头垂直向下和偏转 45° 两个位置下的分布均匀度变异系数。试验台由一个 HARD I 公司生产的可折叠的雾型检验装置组成,如图 1 所示。该装置在平面部分有 60 个 V 形槽接收喷雾,用有 60 个量桶接在每个槽的下面。平面部分有一个 5° 的倾角,液体能够流到量桶里面。喷雾时间由时间控制器控制,取决于喷嘴喷量的大小,在该试验中喷雾时间为 1 min。喷雾压力通过压力传感器把信号传给放大器处理后在计算机屏幕上显示。试验液体为 0.5% 兰色染料的水溶液。试验液可回流到装置一端的容器中循环利用。一个压力传感器安装在喷嘴入口附近,其校验办法是将传感器的信号与一个标准压力计进行比较。这种试验方法十分直观,分布变异系数可通过比较不同量桶中液面的高度计算得出。

3.2 试验 2

试验 2 的机架式喷雾模拟系统由 3 个不同高度的雾滴接收平台和一个水循环系统组成。3 个同类型的喷嘴(XR 11004 VB, 雾锥角为 110°) 间隔 50 cm 安装在可移动机架上,这样喷嘴产生的雾体将形成两个重叠部。3 个平台的高度分别为 45.7 cm, 38.1 cm 和 30 cm (图 2), 这种选择主要是根据生产厂家的推荐高度(38.1 cm ~ 45.7 cm) 确定的, 30 cm 做为一个下限考察对分布均匀性的影响,而上限可参照试

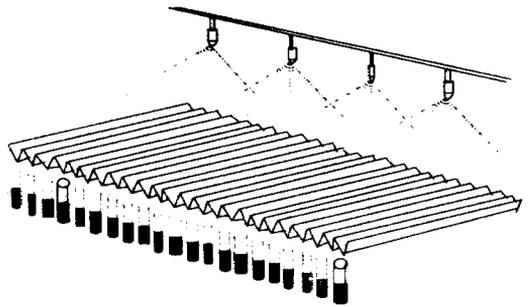


图 1 试验 1 安排示意图

Fig 1 Sampling scheme of test 1

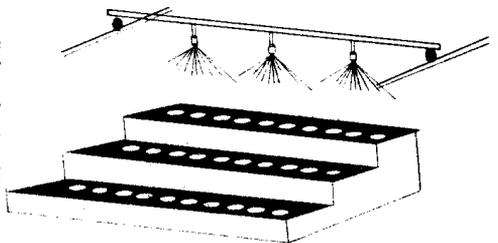


图 2 试验 2 安排示意图

Fig 2 Sampling scheme of test 2

验 1 的结果。试验发现, 这种高低不等的接收平面, 如果高度差太大会影响最高和最低两个平台上的沉积, 这可能是由于高低不平的接收面会干扰雾滴向下的运动, 并在局部形成涡流, 从而影响到雾滴在各个面上的沉积。试验时机架可沿着与取样平台长度垂直的方向移动, 移动速度可以在 0~ 3 m/s 的范围内无级调整。平台长 220 cm、宽 20 cm。为雾型提供足够的取样宽度。喷雾液通过水管提升循环, 喷雾压力可在 0~ 552 kPa 范围内调整。喷雾液与试验 1 相同。监测装置由 3 个数字式流量传感器、两个压力传感器和两个微型开关组成, 监测和设置喷雾压力、喷嘴流量和机架的移动速度。有一个 DAS-20 数字探测板与计算机(PC 486/100)相连, 自动处理后送出的喷雾压力、喷嘴流量和喷嘴移动速度等的平均值, 设定的误差范围为 5%, 当监测值超过这个范围时, 系统会发出警告并重新开始试验。为了调整取样台与喷雾机架之间的相对速度, 用一个 PC 计算机和两个间隔为 1.5 m 的微型开关提供开始和停止信号。取样设计, 是将每个平台划分成数目和面积均相等的区域(每个平台沿长度划分成 10 个区域), 每个区域的中央放直径为 5 cm 的试验滤纸, 假设在每个区域内雾滴的分布是均匀的, 喷雾后根据滤纸上的沉积换算小区内的沉积量, 求出雾滴分布变异系数。试验中的独立变量有喷雾压力(138 kPa, 276 kPa, 414 kPa)和喷嘴高度(45.7 cm, 38.1 cm, 30 cm)。试验时机架的移动速度为 1.2 m/s, 每次让机架来回移动两次后收取滤纸, 检测其上的沉积量。处理方法是收集样品用定量的水浸泡洗取, 再用分光光度仪测取颜料的含量。

4 结果和讨论

4.1 不同类型喷嘴对雾滴分布的影响

表 1 所示结果来自试验 1。为不同类型喷嘴在不同喷雾压力和离地高度下的分布变异系数(CV), 从总体看变异系数小于 22%, 但不同喷嘴类型和不同喷雾条件对 CV 的差异均有很大的影响。例如在同等喷雾条件下, 207 kPa 的压力和 30 cm 的喷嘴高度下, 8002 系列的三个喷嘴 CV 之间的最大差值为 14.7%, 8004 系列 CV 之间的最大差异为 16.2%。在喷雾压力 207 kPa、喷嘴高度 30 cm 和喷雾压力 207 kPa、喷嘴高度 50 cm 的不同条件上, XR 8004 VB 喷嘴的 CV 差异最大, 其 CV 差值为 16.9%。

表 1 不同类型和大小喷嘴雾滴分布变异系数
Tab. 1 Spray distribution CV with different nozzles %

喷嘴类型	喷雾压力 /kPa	喷嘴高度/cm					
		30		50		65	
		喷嘴垂直	喷嘴偏 45°	喷嘴垂直	喷嘴偏 45°	喷嘴垂直	喷嘴偏 45°
TJ 8002 VB	207	12.0	11.5	7.7	10.0	6.1	11.0
	276	8.0	8.2	7.5	12.5	7.2	9.6
TJ 8004 VB	207	17.1	13.5	7.4	8.5	11.0	10.6
	276	9.3	8.0	9.8	10.9	8.9	12.0
XR 8002 VB	207	20.0	11.8	9.7	9.4	8.0	10.3
	276	17.6	14.6	11.3	12.4	8.0	7.6
XR 8004 VB	207	22.0	7.1	5.1	6.5	6.7	6.7
	276	11.6	6.2	5.2	6.3	5.4	7.1
TF 8002 VB	207	5.3	3.4	2.1	3.3	5.6	4.2
	276	4.2	3.2	3.2	2.1	2.3	2.1
TF 8004 VB	207	5.8	4.3	2.9	2.9	2.2	3.3
	276	3.2	3.1	3.6	1.9	1.9	2.3

不同喷嘴高度和喷嘴类型对 CV 的影响趋势如图 3 所示, 3 种喷嘴在 3 个高度下的 CV 曲

线没有相交, 说明了不同类型喷嘴在分布均匀性方面存在着明显的差别, 以 TF 系列的均匀性为最好, XR 系列最差。但是同种喷嘴不同使用条件下 CV 的变化也很大, 且变化趋势各不相同。总体来说, 随着喷嘴高度的加大, 各种喷嘴的 CV 差异趋于减小, 特别是当喷嘴升高到 65 cm 时, 3 种喷嘴之间的差异已经变的很小。但是从 TF 喷嘴的分布均匀性看, 最佳的喷嘴高度不在 65 cm 处, 而是中间高度 50 cm, 实际应用高度的选择还要考虑雾滴的飘移等因素。可以肯定的一点是, 30 cm 以下的喷嘴高度达不到理想的雾滴分布。

从表 1 反映的 CV 看, 提高喷雾压力有利于分布均匀性, 例如在各种条件下, 207 kPa 压力下最大 CV 为 22%, 而 276 kPa 压力下的最大 CV 为 17.6%。喷嘴的流量对 CV 的影响不很明显, 无规律可寻。偏转喷嘴安装角度 45° 后, 分布均匀性得到了改善, 特别是在 30 cm 机架高度下, 改善的幅度较大。随着机架的升高, 影响程度逐渐减小。

4.2 喷嘴高度对雾滴分布均匀性的影响

与试验 1 相比, 在试验 2 中加大了喷雾压力的变化范围, 但缩小了喷嘴的高度差。试验 2 中喷嘴高度与目标之间的距离是通过接收平面的高度差来实现的, 这种设置是为了模拟实际喷雾目标的起伏变化, 另外变小的高度差对试验 1 中大的喷嘴高度变化有补充作用。

表 2 中的试验结果说明, 与试验 1 的结果相同, 喷嘴高度仍然是对分布均匀性产生重大影响的因素。图 4 显示了 3 种不同喷嘴高度在不同的试验条件下的 CV 值。

统计分析同时还说明在中等高度(38.1 cm)下测得的 CV 值明显低于其它两种高度(30.5 cm 和 45.7 cm)。这个结果说明了存在着一个最合适的喷嘴高度, 在该高度下雾滴分布均匀性最好。

从本试验结果看, 各种条件下取得的 CV 值明显小于试验 1 的结果, 这与试验 1 的结果分析是基本吻合的。对此可从两个方面说明: 其一, 从试验 1 的结果得出, 喷嘴类型和喷嘴高度是影响 CV 的两个主要因素。在试验 2 中, 喷嘴类型不变, 而喷嘴高度差范围的缩小导致分布变异系数趋于一致。其二, 两个试验中用的喷嘴不同, 试验 2 中的喷嘴雾锥角为 100°, 分布性能好于试验 1 中 80° 雾锥角的喷嘴, 试验 2 测得的 CV 值小于试验 1 与预想的结果一致。但是分布均匀性最好的喷嘴高度在两个试验中得出的结果不同, 这说明喷嘴类型和喷嘴高度之间还有交互影响。另外, 试验 1 的结果说明, 分布性能好的喷嘴, 最佳喷嘴高度(仅就分布均匀性而言)有变低的趋势, 从这个角度考察, 两个试验的结果也是一致的。

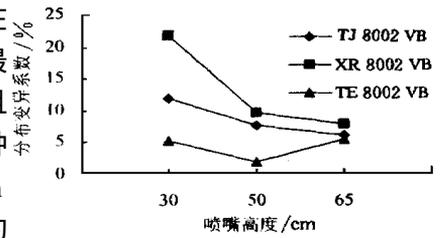


图 3 不同喷嘴分布变异系数随喷嘴高度的变化 (喷雾压力 207kPa, 喷头垂直)

Fig. 3 The trend of distribution CV vs nozzle height

(pressure: 207 kPa, nozzle: vertical)

表 2 不同喷雾压力和喷嘴高度下分布的 CV 值

Tab. 2 Spray CV vs different nozzle heights and spray pressures %

压力 /kPa	喷嘴高度/cm		
	30.0	38.1	45.7
138	12.9	9.6	11.3
276	11.2	7.7	12.0
414	14.2	7.7	11.8

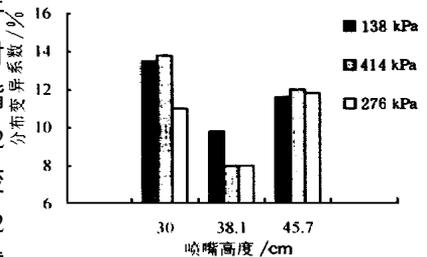


图 4 不同压力下喷嘴分布变异系数随高度的变化

Fig. 4 Spray CV of different spray pressures vs nozzle height

5 结 论

1) 不同试验方法测得的结果有一定的差异, 但各种影响因素影响雾滴分布均匀性的变化趋势是一致的。

2) 喷嘴高度对喷雾分布均匀性有很大的影响, 不同类型喷嘴(在扁扇喷嘴范围内)最小 CV 分布所对应的喷嘴高度不同。分布均匀性较好的喷嘴对应的最佳喷嘴高度较低。但不论何种喷嘴, 为了获得好的雾滴分布, 喷嘴高度必须大于 30 cm。

3) 喷嘴类型对雾滴的分布均匀性同样有很大的影响, 且不同类型喷嘴所表现的分布均匀性特征十分明显。分布均匀性较好的喷嘴, 喷嘴高度对分布均匀性影响较小。分布均匀性较差的喷嘴对喷嘴高度十分敏感。

4) 在试验 2 三种不同高度下, 中等高度(38.1 cm)下测得的 CV 最低, 这个结果说明存在一个最佳喷嘴高度, 使喷嘴的分布均匀性最好。

5) 喷嘴在机架上的安装角度对分布均匀性有一定的影响, 当迫于其它原因不得不采用较小的机架高度时, 以一定的偏转角(相对于垂直方向)有助于雾滴分布的均匀性。

6) 在其它条件不变的情况下, 提高喷雾压力有助于雾滴分布均匀性的改善, 但影响不明显。同类型喷嘴的喷量变化对雾滴的分布均匀性影响不大。

参 考 文 献

- 1 傅泽田, 祁力钧 国内外农药使用状况及解决农药过量使用问题的途径 农业工程学报, 1998, 14(2): 7~ 12
- 2 Pimentel D and L Levitan. Pesticide: Amounts applied and amounts reaching pests Bioscience, 1986, 36(2): 89~ 91
- 3 Azim i A H, T G Carpenter and D L Reichard. Nozzle spray distribution for pesticide application. Trans of the A S A E, 1985, 28(5): 1410~ 1414
- 4 A S A E Standards, 40th Ed S386 2DEC92. Calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment St Joseph, Mich: A S A E, 1993
- 5 Smith D B. Uniformity and recovery of broadcast spray using fan nozzles. Trans of the A S A E, 1992, 35(1): 39~ 44
- 6 Carton L B, L F Bouse, H P O Neal et al. Measuring spray coverage on soybean leaves. Trans of the A S A E, 1981, 24(5): 1108~ 1110

Experimental Study on Spray Deposition Uniformity

Q i L i j u n F u Z e t i a n

(China Agricultural University, Beijing, 100083)

Abstract The uniformity of spray deposition is one of the most important factors affecting spray quality. The effects of nozzle types, nozzle heights above targets and spray pressure on spray deposition uniformity were discussed. The test results showed that nozzle types and nozzle heights had significant effect on spray deposition uniformity. The optimum nozzle heights will be different with different types of nozzles. The effect of spray pressure on deposition uniformity, however, is not very significant.

Key words nozzle types, nozzle height, spray deposition uniformity