

果园喷雾机喷雾量垂直分布测试系统*

董 祥 杨学军 严荷荣

(中国农业机械化科学研究院土壤植物机器系统技术国家重点实验室, 北京 100083)

摘要: 按照风送式喷雾机国家标准规定的试验方法,设计了果园喷雾机喷雾量垂直分布测试系统。测试系统采用V型槽式集液装置和排放系统。测试系统能自动完成数据的采集、计算和处理,实现了测试过程的自动化,能够准确获得喷雾机垂直喷雾流量分布情况。实验结果表明:喷雾压力增大使喷雾流量增加,但对喷雾药液分布均匀性没有明显影响;提高喷雾机驱动电动机的转速,增加风速,能够使垂直方向上药液分布更加均匀,提高垂直喷雾均匀性。测试系统能够获得喷雾机在垂直方向上的喷雾量分布特性。

关键词: 果园喷雾机 测试系统 雾量分布 自动控制

中图分类号: S49 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)04-0059-05

Test System of Vertical Spray Distribution on Orchard Sprayer

Dong Xiang Yang Xuejun Yan Herong

(State Key Laboratory of Soil-Plant-Machine System Technology, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the national standard of testing method for air-blast sprayer, a system of vertical spray distribution orchard sprayer in the laboratory was designed. A V-shape liquid accumulating groove in fog droplet acquisition device was designed for fast and effective intercepting droplets. The system can automatically accomplish data collection and processing, achieve the automation of testing course, and accurately obtain vertical spray distribution. The experimental results showed that the spraying flow increased with increase of spraying pressure, but had no significant influence on the sprayer distribution uniformity. Increasing the power output speed which could increase air-assisted speed, can improve the uniformity of vertical spray distribution. The vertical spray distribution could be acquired by the experimental equipment.

Key words: Orchard sprayer Test system Spray distribution Auto control

引言

在喷雾机的各种性能测试中,雾滴在冠层中的沉积均匀性是衡量施药质量最重要的指标之一。雾滴均匀覆盖,不仅能消除对作物的条纹状漏喷,而且能防止农药对作物的伤害。因此快速、精确地检测药液在靶标冠层中的沉积分布对提高植保机械检测技术水平以及优化喷雾作业参数具有重要意义^[1-3]。

目前,药液分布量或分布特性的检测方法以水敏纸图像分析、激光或超声波对雾滴的运动分析和荧光检测示踪剂等方法为主。喷雾量垂直分布测试装置是在实验室中测量不同高度药液分布量。现有测试装置雾滴截留流道多数采用圆弧形,结构复杂、加工成本高。而且其内部为水平流道,收集到的药液不能很快进入液量测试系统,很难准确、快速获得雾滴沉积分布数据^[4-11]。由于传感器精度、信号采集和控制系统的缺陷,操作十分繁琐,且获得数据易

收稿日期: 2012-03-06 修回日期: 2012-04-29

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAH29B04)和国家公益性(农业)科研专项经费资助项目(201203025)

作者简介: 董祥,博士生,主要从事植物保护技术研究,E-mail: dx314@hotmail.com

通讯作者: 杨学军,研究员,博士生导师,主要从事植物保护技术研究,E-mail: caams@263.net

产生漂移,不能准确、实时地获得雾量分布信息。喷雾量分布测试大多采用量筒目测与手动计时方法计算雾流量垂直分布特性,存在速度慢、误差大等缺陷。

本文根据风送式喷雾机试验方法国家标准^[12],研制开发果园喷雾机喷雾量垂直分布测试系统,通过数据采集、计算和处理,实现测试过程的自动化,获得喷雾机在垂直方向上的喷雾量分布特性,提高测试速度和精度。

1 系统设计

测试系统由喷雾机驱动系统、雾液收集系统、雾量分布测试系统、自动控制及数据处理系统等组成,如图 1 所示。

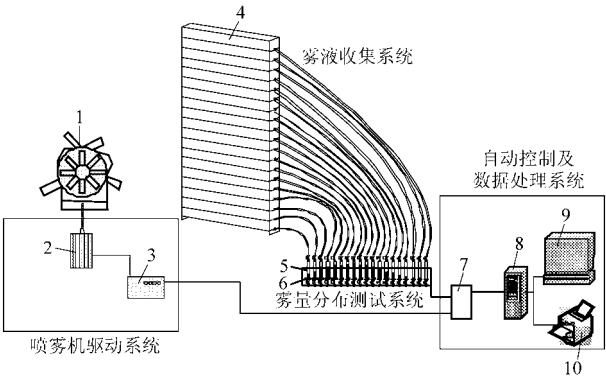


图 1 试验台总体结构
Fig. 1 Schematic of experimental set-up

1. 喷雾机 2. 电动机 3. 变频器 4. 分层集雾装置 5. 集液量筒 6. 称量传感器 7. 数据采集卡与 I/O 控制卡 8. 计算机 9. 显示器 10. 打印机

1.1 喷雾机驱动系统

喷雾机驱动系统包括电动机、变频器和安装支架。考虑到测试系统安装在室内使用,因此采用电动机为喷雾机的动力。以市场上常见的果园喷雾机轴流风机及液泵消耗功率为依据,并增加部分功率储备以适当提高测试系统的测量范围,选用了功率 15 kW、同步转速 1 500 r/min 的三相异步电动机作为动力。根据所选电动机的具体参数,选用风机、水泵类专用 15 kW 变频器,它是在通用变频器功能基础上针对风机、水泵类电动机负载情况全新设计的专用变频器。此类设计的时钟功能以及 PI 调节功能可实现单泵模式、一拖二固定模式、一拖二轮换模式,更贴近风机、水泵类负载的工控应用领域。

1.2 雾液收集系统

雾液收集系统包括雾液分层集雾装置及其导管和框架。分层集雾装置是垂直雾量分布均匀性试验的液体收集装置,按照 GB/T 24683—2009 中的结构进行设计^[12]。分层集雾装置外形尺寸(长×宽×

高)为 2 000 mm×160 mm×4 900 mm,其有效测试高度为 0.24~4.80 m(以地面为基准),如图 2 所示。

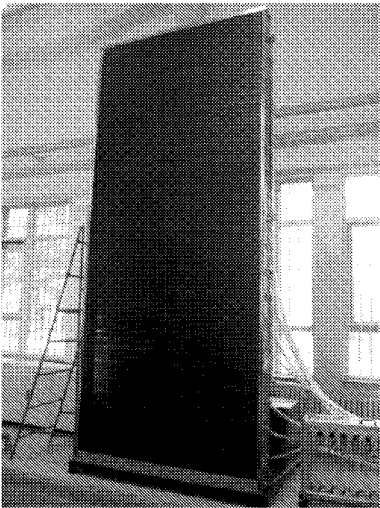


图 2 分层集雾装置
Fig. 2 Fog droplet acquisition device

为解决以往集雾装置缺点,本文将集液槽结构设计为 V 型槽(图 3)。使用不锈钢薄钢板经 3 次折弯加工成型,共 228 块。其中进口板与集液槽进口侧板的折弯角 α 为 $120^\circ\sim130^\circ$ 、集液槽进出口侧板之间的夹角 β 为 $80^\circ\sim90^\circ$ 、集液槽出口侧板与出口板之间的夹角 γ 为 $150^\circ\sim160^\circ$,集液槽 a 、 b 两边处于同一水平面。槽底部有 V 型积液槽,沿积液槽方向设有 $2^\circ\sim5^\circ$ 倾斜角,在较低一端开有缺口,使集液槽收集药液能够流到最底层集液槽内。

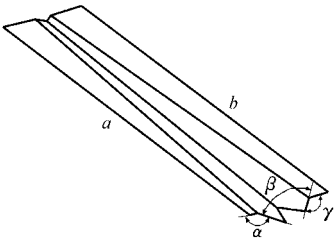


图 3 V 型集液槽
Fig. 3 V-shape liquid accumulating groove

按测试方法标准,雾液收集系统由 19 个集雾层组成,从上至下排列并由支撑固定在四周框架上^[12]。每一个集雾层由 12 层集液槽组成,每层集液槽的间隔距离为 20 mm,如图 4 所示。每个集雾层最底层的集雾槽在较低一端不开缺口,集雾层收集药液集中于此,雾液通过采集口流入雾量分布自动测试系统中。多层集液槽,可以使气流顺畅通过,而液滴基本无损耗地沉积在集液槽中,从而实现将经过流道的雾滴有效截留。

1.3 雾量分布测试系统

雾量分布测试系统包括集液量筒、称量传感器、进出水阀门及支架,如图 5 所示。系统支撑架采用铝型材,为防止外界环境对测试结果的影响,

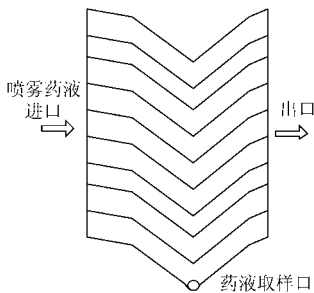


图 4 集雾层

Fig. 4 Single unit of fog droplet acquisition device

使用有机玻璃作为系统防护罩。每个集雾层通过引导管,按顺序将各集雾层截留的雾液导入各集液量筒。通过电磁阀可以自动控制雾液的采集和清样(排放)。

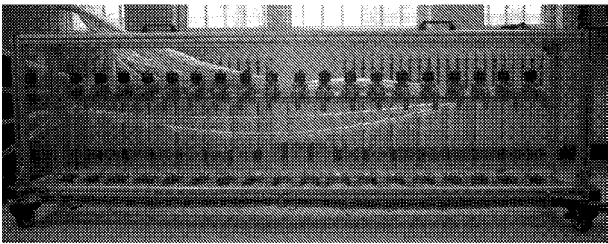


图 5 雾量分布自动测试系统

Fig. 5 Liquid volume distribution measuring instrument

集液量筒容积 1 500 mL ,使用有机玻璃材料。试管底部设置出口,使用电磁阀控制采样结束后释放药液。电磁阀和集液量筒的质量约为 1 kg,单个量筒的最大积液量为 1.5 kg,由此选定称量传感器量程为 3 kg。根据支架结构特点,采用综合精度高、长期稳定性好的单点式称量传感器,精度可达到 0.02%。根据整体结构特点,电磁阀选择相对质量较轻,通量较大的两位两通电磁阀。

1.4 自动控制及数据处理系统

图 6 为自动控制原理图。称量传感器与信号转换器相连接,使称量传感器输出的模拟信号转换为 RS - 485 串口通信信号。采用的信号转换器具有抑制产生信号漂移的作用,可以有效提高测量精确度。经过转换后的信号通过 RS - 485 通信线缆与工业控制通讯卡 1 连接,工业控制通讯卡通过 Modbus RTU 通讯协议将串口通信信号转换为可被工业控制计算机识别的数字信号。该通讯卡在具有 RS - 485 通讯端口的基础上,还具有光隔离保护和浪涌保护,可有效防止系统被恶劣环境中的接地回路损坏,并且在电压突然升高的情况下对系统进行保护。其另一端经 PCI 总线与工业控制计算机连接。工业控制计算机连接显示器和打印机。工业控制计算机通过组态人机交互界面与 PCI 总线上的工业控制通讯卡进行数据通讯,可实时显示雾量分布情况,实现对喷头喷雾量的自动精确测量。在测量结束后可将测量

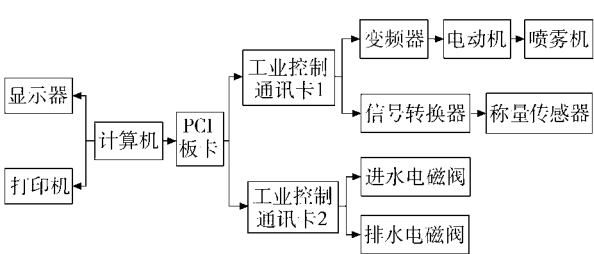


图 6 控制系统原理图

Fig. 6 Schematic diagram of control system

结果存储在工业控制计算机中,并通过打印机输出测量结果报告。

为了给雾量收集装置提供进、排水装置和防止测量时喷雾量超出传感器的最大量程,采用了电磁阀控制进、排水系统。进水电磁阀和排水电磁阀分别并联接到端子板,再经过 37 芯 D 型电缆,使端子板与工业控制通讯卡 2 连接,工业控制通讯卡通过 PCI 总线与工业控制计算机连接。工业控制计算机可以控制电磁阀的开关,从而实现自动控制进、排水系统的工作状态。

驱动喷雾机的电动机由变频器控制,并连接工业控制通讯卡。通过 Modbus RTU 协议,计算机实现控制电动机,从而改变喷雾机的工作状态。

测试系统使用 Visual Basic 编辑软件,通过计算机界面对系统进行控制以及处理数据,软件功能框架如图 7 所示。利用 VB 提供的串口通讯控件 MSComm,采用 Modbus RTU 通讯协议,使计算机能够实现控制试验设备以及自动采集数据。

图 8 为软件运行界面。测试过程中根据测量需要,可通过软件控制变频器对喷雾机驱动电动机运行工况进行调节,对各集雾层收集的喷雾药液体积量实时显示,并计算喷雾液体流量。对各路称量传感器可进行在线标定与校验,提高测量精度;自动处理试验数据,计算结果自动生成表格;状态调节参数自动保存功能,并自动生成调节报表;最多支持 6 组试验数据的同步处理与生成功能,方便横向直观比较不同参数对试验结果的影响;自动生成垂直液体流量分布图,并采用图文排版技术,使文字、曲线与图形在本系统内一次完成及输出;自动生成试验报告并可打印输出。

2 试验结果分析

对 3WG - 400 型果园喷雾机垂直喷雾均匀性进行测试试验,该喷雾机共安装 10 个喷头,左、右侧各 5 个,配用 Lechler 110 - 05 型扇形雾喷嘴。测试喷雾压力为 0.2、0.4 和 0.6 MPa,电动机输出转速为 360、540 和 720 r/min,喷雾距离为 1.5、2.0 和 2.5 m。每种工况测试重复 3 次,取其平均值。

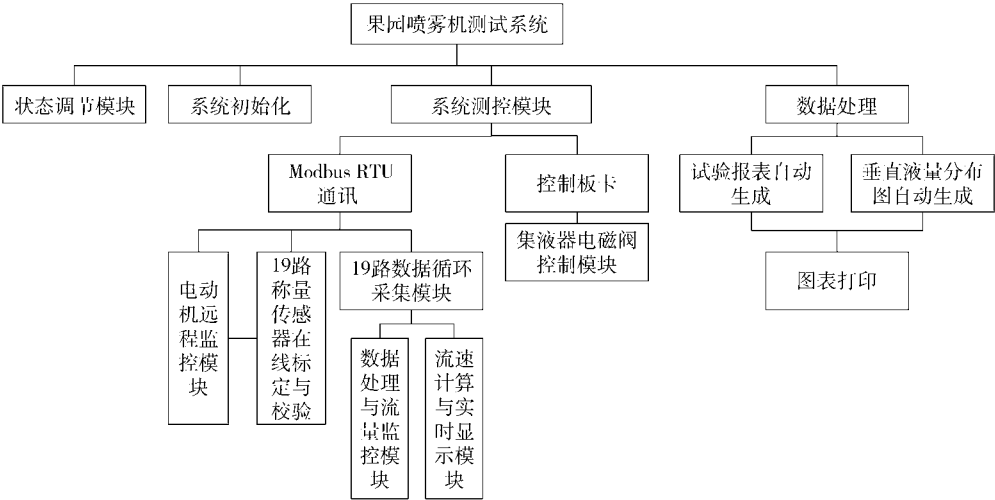


图 7 软件功能框架

Fig. 7 Frame diagram of software function

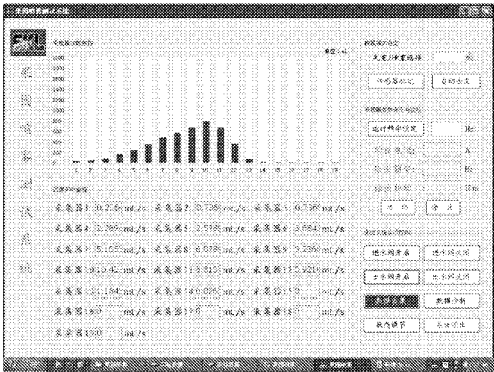


图 8 软件运行界面

Fig. 8 Running interface of software

2.1 喷雾压力

图 9 为电动机输出转速 540 r/min、喷雾机与集雾槽间距 2 m 时,3 种喷雾压力下得到的喷雾流量分布图。从图中可见,随着喷雾压力增大,喷雾流量随之增加,但是对喷雾量分布的均匀性没有明显影响。

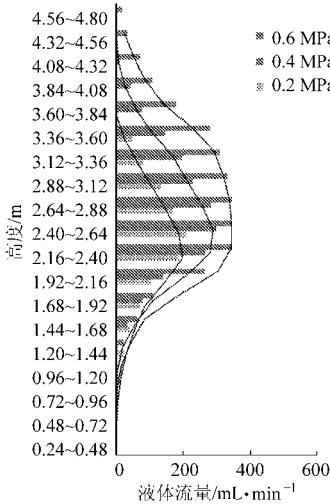


图 9 不同喷雾压力下喷雾量分布趋势

Fig. 9 Impact of spray pressure on vertical spray distribution

2.2 电动机转速

图 10 为喷雾压力 0.6 MPa、喷雾机与集雾槽间距 2 m 时,3 种不同电动机转速下喷雾流量分布比较图。可以看出,随着电动机转速增大,气流速度逐渐加大,有利于将雾滴向远处吹送,喷雾量分布的高度范围加大,均匀性有所提高。电动机转速 360 r/min 时,喷雾量分布在高度为 2.16 ~ 2.88 m 范围内,集雾槽收集到的最大喷雾流量约 400 mL/min;当电动机的转速提高到 720 r/min 时,喷雾量的分布范围扩大为 1.92 ~ 3.36 m,最大喷雾流量减小为 360 mL/min,表明增加喷雾机的风机转速对喷雾量垂直分布均匀性的提高有一定的效果。

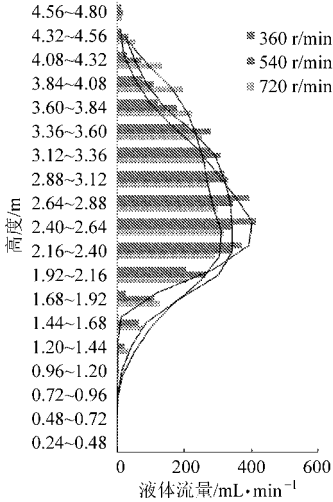


图 10 不同电动机输出转速下喷雾量分布趋势

Fig. 10 Impact of rotate speed on vertical spray distribution

2.3 喷雾距离

图 11 为喷雾压力 0.6 MPa、电动机转速 540 r/min 时,3 种喷雾距离下喷雾流量分布图。从图中可以看出,随着喷雾距离增大,喷雾流量分布范围向上和向下都会有所增大,上部增加量更大一些,中间喷雾

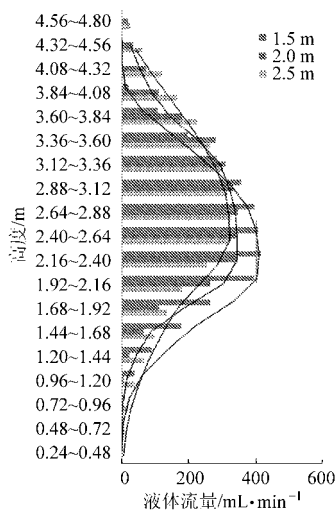


图 11 不同喷雾距离下喷雾量分布趋势
Fig. 11 Impact of spray distance on vertical spray distribution

量较大的区域内的沉积量有所减小。

3 结论

(1) 使用 V 型集液槽及其组合的集雾层,能够有效的收集喷雾药液,提高试验测试的准确度。

(2) 设计雾液收集和排放系统、雾量分布测试系统、自动控制及数据处理系统,使测试过程实现自动化、减少了人工误差,快速获得喷雾机垂直雾流量分布情况。

(3) 试验结果表明:喷雾压力增大使喷雾流量增大,对喷雾药液分布均匀性没有明显影响。提高风机的转速、增加风速,能够使垂直方向上药液分布更加均匀。

参 考 文 献

- 1 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,2002,33(6):129~131,137.
Yang Xuejun, Yan Herong, Xu Saizhang, et al. Current situation and development trend of equipment for crop protection [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002,33(6):129~131,137. (in Chinese)
- 2 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[J]. 农业工程学报, 2002,18(4): 75~77.
He Xiongkui, Zeng Aijun, He Juan. Effect of wind velocity from orchard sprayer on droplet deposit and distribution [J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(4): 75~77. (in Chinese)
- 3 吕晓兰,傅锡敏,宋坚利,等. 喷雾技术参数对雾滴飘移特性的影响[J]. 农业机械学报, 2011,42(1):59~63.
Lü Xiaolan, Fu Ximin, Song Jianli, et al. Influence of spray operating parameters on spray drift[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(1):59~63. (in Chinese)
- 4 Pergher G. Field evaluation of a calibration method for air-assisted sprayers involving the use of a vertical patternator[J]. Crop Protection, 2004,23(5):437~446.
- 5 Pezzi F, Rondelli V. The performance of an air-assisted sprayer operating in vines [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 76(4): 331~340.
- 6 Biocca M, Mattera E, Imperi G. A new vertical patternator to evaluate the distribution quality of vineyards and orchards sprayers [C]//Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production, Montpellier France, 2005.
- 7 Gil E, Badiola J. Design and verification of a portable vertical patternator for vineyard sprayer calibration [J]. Applied Engineering in Agriculture, 2007,23(1): 35~42.
- 8 农业部南京农业机械化研究所. 喷雾量垂直分布测定方法及专用测定装置: 中国, 200910027271[P]. 2011-01-12.
- 9 Pergher G, Balsari P, Cerruto E, et al. The relationship between vertical spray patterns from air-assisted sprayers and foliar deposits in vine canopies [J]. Aspects of Applied Biology, 2002,66:323~330.
- 10 Godyn A, Holownicki R, Doruchowski G, et al. Dual-fan orchard sprayer with reversed air-stream-preliminary trials[C]//The 9th Workshop on Sustainable Plant Protection Techniques in Fruit Growing, Alnarp Sweden, 2007.
- 11 Farooq M, Landers A J. Interactive effects of air, liquid and canopies on spray patterns of axial-flow sprayers[C]//2004 ASABE Annual Meeting Paper 041001 Ottawa, Canada, 2004.
- 12 GB/T 24683—2009 植物保护机械灌木和乔木作物用风送式喷雾机试验方法[S]. 2009.
- 13 贾卫东,李成,王贞涛. 高沉积静电喷雾装置试验研究[J]. 排灌机械工程学报,2012,30(2):244~248.
Jian Weidong, Li Cheng, Wang Zhentao. Experimental study on electrostatic spraying device with better deposition[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2012,30(2):244~248. (in Chinese)