

果树农药精确喷雾技术

王万章^{1,2}, 洪添胜¹, 李捷¹, 张富贵¹, 陆永超¹

(1. 华南农业大学工程学院, 广州 510642; 2. 河南农业大学机电工程学院, 郑州 450002)

摘要: 精确喷雾是以最低农药喷施成本和对环境的最小影响实现田间生态平衡。该文从基于地图和传感器以及机器视觉和图像处理三个方面综述了这一技术的研究进展。由传感器构成的喷雾控制器和果园喷雾机组成果园果树精确喷雾系统, 在果园喷雾中调整喷雾参数, 根据特定果树树冠的位置、形状针对性喷雾, 实现对农药喷雾量的控制。近些年来, 果树农药精确喷雾技术有较大的发展和各种不同形式应用。文章介绍了各项技术发展和实际应用效果。

关键词: 植保机械; 精确喷雾; 综述; 果园; 喷雾机

中图分类号: S49

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)06-0098-04

0 引言

中国是水果生产大国, 但并不是水果产业强国。无论是从水果生产平均单产或是人均水果占有量上比较, 与发达国家存在着相当大的差距, 处于比较落后的地位^[1]。造成这些差距的根本原因之一是果树种植和管理技术落后。如何利用现代先进的科学技术, 结合传统的精耕细作进行果树的种植管理, 以及病虫害的综合防治, 生产绿色食品是中国水果打开“绿色通道”, 走向国际市场的重要一步。

在施药实际中, 喷洒出去的农药只有极少部分能够到达防治靶标, Metcalf 曾估算, 从施药器械喷洒出去的农药只有 25% ~ 50% 能沉积在作物叶片上, 不足 1% 沉积在靶标害虫上, 只有不足 0.03% 的药剂能起到杀虫作用。因此化学农药是高效的, 但却是低效使用。农药使用中的低效率, 不仅浪费大量农药, 还使大量农药流失到非靶标环境中, 造成人畜中毒、环境污染。如何提高农药的有效利用率, 降低农药在非靶标环境中的投放量, 是农药使用技术在 21 世纪的主要研究内容。减少农业生产中农药的使用和依赖, 减少农药对环境的污染是现代农业工程技术发展的一个重要目标。

1 果园农药精确喷雾的技术发展

精确喷雾就是根据作物或果树的不同对象随时调整, 变量喷施农药。这一技术应用目前可分两种, 一种是基于地图 (Map based), 另一种为基于实时传感器技术 (Real time sensor technology)。对于果树, 采用针对果树树冠的对靶喷雾 (Target-Activated spraying) 或基于其树冠形状的仿形喷雾 (Profile modeling spraying) 是依据收集到的果树树冠图像、激光、超声波以及红外光信号, 判断果树形状、位置, 控制喷嘴位置和喷雾电磁阀开启。精确喷雾不仅大大提高了农药有效利用率, 还能大幅度减少农药用量, 极大地减少或基本消除了农药喷到靶标以外的可能性, 是农药使用技术的发展方向。

1.1 基于地图的果园精确喷雾

基于地图的精确喷雾是应用全球定位系统 (Global positioning system, GPS) 确定田间位置坐标, 根据预先准备的变量施药图安排喷雾作业。从而实现针对病虫害区域的农药喷施。GPS 技术已经在航空施药和地面喷雾机械施药位置跟踪和记录上得到了广泛应用。在地面施药应用上, 虫情监测员携带 GPS 在田间调查虫情, 当发现虫情时, 监测员围绕发生虫害的区域走一圈, GPS 即可将病虫区的位置记录在地图上, 喷雾机操作者可下载此病虫区的地图。这个地图不仅包括所发现的病虫, 同时也包含对病虫密度的估计。将这个病虫区图输入到相关的地理信息系统 (Geography information system, GIS) 中后, GIS 可根据此地块的相关信息如当前气象条件、今后预测的气象条件、作物生长时间和生长期记录、已使用过的农药种类和数量等对病虫害数据进行分析, 建立已发现病虫害对作物生长的影响模型。最后根据效益指标确定如何进行防治作业^[2,6]。装有 GPS 的果园喷雾机配有雷达速度传感器、流量传感器, 适时监控机具的作业速度和农药喷雾药量, 并反馈给控制计算机, 由流量控制阀动态调节施药量。计算机还将连续记录喷雾量和车辆位置, 提供给 GIS 生成喷雾量分布图。以色列正在进行基于果树位置、树冠尺寸、形状的精确定位控制药液喷雾量, 并将喷雾过程自动记录保存, 反馈到 GIS 用于以后喷雾决策控制。

1.2 基于传感器控制的果园精确喷雾

超声波测距应用到果树喷雾上最早出现在 20 世纪 80 年代, 近年来特别是海湾战争后有较大的发展。超声探测系统可以探测到两边约 30 m 以外的果树, 并将果树的有关尺寸和位置信号传给计算机, 计算机在探测到树的边缘 20 cm 后打开电磁阀喷雾, 在离开树的边缘 20 cm 后关闭。图 1 为美国 Durand-Wayland 公司生产的一种叫 Smart spray 果树智能喷雾系统。该系统采用防水超声波传感器和安装在驾驶室內的喷雾控制器连接, 两侧的喷头根据探测到的树的大小形状后才相应地

收稿日期: 2004-03-12 修订日期: 2004-05-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (编号: 30270764); 广东省科技计划项目 (编号: 2003C20505)

作者简介: 王万章, 博士生, 副教授, 广州市 华南农业大学工程学院, 510642



开启喷雾。控制器上可显示出已喷雾的果园面积, 每小时喷雾面积, 喷雾平均行驶速度以及与传统喷雾相比的农药节约量等。它有 4 个储存位置可以储存不同地块的果树株距, 理想喷雾速度等作业参数^[4]。TeeJet 844-AB 是美国 Spraying Systems 公司生产的果园果树专用喷雾控制器(见图 2), 它带有通用接口和喷雾设备连接, 可以实现喷杆独立控制, 根据果树高度, 果园行距控制喷雾。能保持稳定的喷雾压力, 严格控制喷雾流量, 避免过量喷雾^[5]。

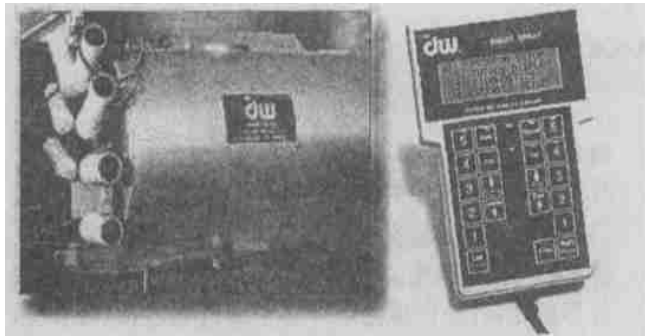


图 1 Smart spray 果树智能喷雾系统

Fig 1 Picture of smart spray orchard spray system



图 2 TeeJet 844-AB 喷雾控制器

Fig 2 Picture of teejet 844-AB sprayer controller

由单片机实现的喷雾控制系统从超声波传感器获取的距离信号, 步进电机驱动喷杆运动使喷头与果树轮廓间保持一定的喷雾距离, 并由超声波传感器与喷头距离和牵引拖拉机运动速度计算喷雾延时。这种控制系统在橘子园的喷雾试验中喷雾效果良好, 大大提高了喷雾效率。根据圆球形果树树冠特点, 在树冠中部枝叶繁茂部位加大喷雾量, 在边缘部位则减少喷雾量来提高喷雾均匀性和喷施效率的控制系统由超声波传感器、8 位单片机以及电磁阀、液流控制阀构成。液流控制阀由压力调节器根据喷头和树冠的相对位置控制液流压力, 决定喷雾流量。这一系统的果园喷雾试验表明与传统喷雾相比可节约 37% 的施药成本。图 3 为上述两种不同控制系统的和传统施药方式的喷雾量分布对比^[7,8]。

台湾中兴大学研制的超声波作物辨识系统安装在果园喷雾机上(图 4)。该系统超声波传感器的测量调整范围 1~ 3 m, 可进行 0~ 20 度的角度调整。车速 3 km/h, 测量范围调整到 1 m, 系统对 5 mm 树径反应灵敏。台湾研究人员应用这一系统在柑桔、荔枝园中分别进行不同作业条件下用药量与传统喷雾方式对比表明农药节省比例达 57% 和 27.9% 与果园每行果树百米空

隔占有率 56.7% 和 35.0% 非常接近。充分说明了这一系统的实际应用效果^[9]。

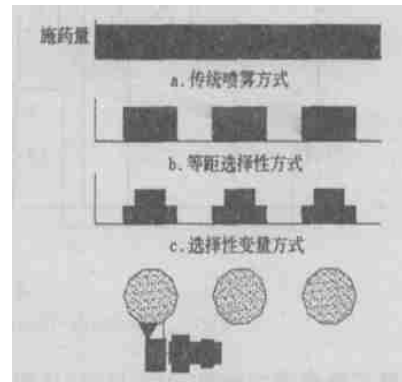


图 3 两种不同控制系统的喷雾量和传统施药方式的喷雾量分布对比

Fig 3 Comparison of amount distribution by conventional spraying method and by two controllable spraying methods



图 4 超声波果树识别系统

Fig 4 Supersonic sensor detector system for fruit tree

江苏大学研制的对靶喷雾的红外光电探测器, 可调探测距离为 10~ 100 cm。是利用植株从设定的有效探测范围内反射来红外线光电信号, 实现对喷雾电磁阀开启控制^[10]。原理见图 5, 它采用锁相环音频译码集成电路 LM 567。锁相环电路将落在给定通频带内的输入信号锁定, 使 8 脚输出低电平。IC2 的 1 脚外接阻容元件用来设定内部振荡器的中心振荡频率。2 脚产生的方波振荡信号, 本电路将其取出经 V₁ 放大后驱动红外线发射管 SE303 发射出红外线脉冲, 红外线接收管 PH302 接收到红外线脉冲, 将其转换成电信号, 再经集成运放 IC1(UA 741) 放大后送到 IC2 的信号输入端 11 脚。这样 IC2 的输入信号频率与内部振荡器的频率必定严格相同, 使 8 脚输出低电平触发 IC3(555) 延时电路, 带动继电器 K 动作。探测的有效距离可以通过 R₁ 来调节。改变 R₁ 的阻值也就是调节 SE303 的发射功率。从而来调节探测距离^[11,12]。这一技术已经应用到果树对靶喷雾机上^[11,13]。

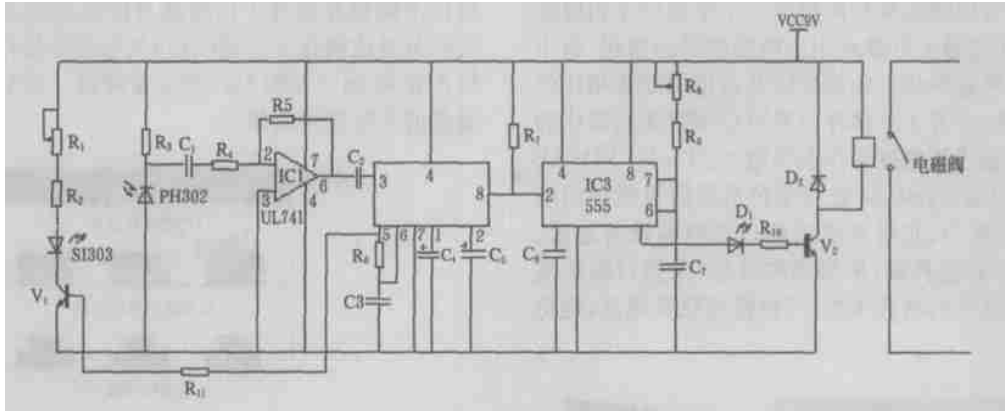


图 5 红外光电探测器原理图

Fig 5 Schematic diagram of the principle of the infrared target detector

单片机系统测控功能强, 可靠性高, 体积小, 成本低, 有专门的开发平台, 调试方便, 在喷雾技术上越来越多地得到应用, 例如大型喷雾机自动监控系统^[16], 设施内喷雾机器人^[17]控制系统等。华南农业大学在实验室中采用单片、超声波传感器机、步进电机、喷雾电机、电磁阀和变频器组成的控制系统(见图 6) 采样果树外缘树叶来模拟果树外形, 并将喷头与采样点之间的距离送入 CPU, 经过运算后, 控制喷头的行程, 在合适的喷雾距离和喷雾压力下控制电磁阀的开启时间, 得出了最佳喷雾距离、压力和喷雾时间等喷雾参数, 以实现精确喷施和雾滴的合理分布^[15, 18]。

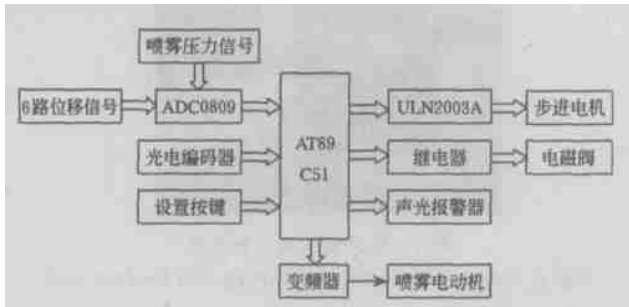


图 6 果树仿形喷雾控制系统

Fig 6 Block diagram showing the profile modeling spraying control system

2 机器视觉及图像处理在喷雾技术上的应用

计算机视觉和图像处理技术应用方面, 美国加利福尼亚大学戴维斯分校 (University of California at Davis) 和美国伊利诺斯大学 (University of Illinois) 学者研制基于机器视觉的杂草自动识别和喷雾控制系统, 针对非均匀分布的田间杂草, 根据其长势和密度, 控制除草剂喷施量, 实现高空间喷施精确度 (Spatial application accuracy, SAA)。提出了有关作物和杂草在喷雾过程中的图像识别、决策控制算法^[19, 24]。根据这些算法可在 0.037s 内计算出 3.7m × 0.43m 的区域内杂草或作物覆盖率。喷雾机最大行驶速度可达 46 km/h。系统设计杂草覆盖率阈值 0.5%, 除草剂节约达到 48%^[20]。例如基于机器视觉的西红柿田间自动杂草控制系统、道路边杂草视觉喷雾控制系统^[21]。计算机视觉

技术在果树喷雾中的应用目前处于实验室研究阶段, 南京林业大学在实验室内采用 CCD 相机、图像采集卡、计算机和传送带组成的试验系统, 在运动中连续获取树的外形图像, 并经图像处理计算得到树冠边长、面积、圆度、内切圆直径、重心位置等形状参数^[22]。进一步采用图像处理技术, 进行树形识别的户外试验, 其方法是提取的树木分形维数特征和树木形状特征, 将这些大量的具有不同已知冠形的样本分割后的图像特征参数输入神经网络, 进行反复的训练、学习, 确定出本网络的各个权值。最终输出识别结果, 实现树形的自动识别, 根据树形特征进行精确喷雾实现减少农药喷雾损失的目的^[25]。此外, 国外学者还采用图像处理技术比较不同雾滴收集方法的雾滴测量特点^[23]。南京林业大学也有用计算机视觉技术进行雾滴尺寸测量^[14]。华南农业大学采用图像处理技术提取不同高度水稻冠层像素, 分析喷雾在冠层中的分布^[6]。

3 结 语

应用机器视觉及图像处理技术的果园精确喷雾和基于地图的果园精确喷雾技术的研究工作正在逐步深入。基于传感器控制的果园自动喷雾技术相对成熟, 在国外水果生产工业化中表现出良好的应用前景。但这一技术在推广和应用上也存在着一些问题, 主要表现在设备投资回收期较长, 中小型经营规模的果园推广和应用存在着困难。此外, 精确喷雾系统的使用和调试工作技术难度大, 尽管是精确喷雾, 极大地降低了施药量, 提高喷雾效率, 但控制系统调试、校正不当也会存在漏喷和喷施过量的情况, 特别是在果园树龄不一、树冠形状差别较大以及果园杂草较多的环境^[26]。在我国, 吸收和引进果园果树精确喷雾技术, 并开展对这一技术领域的跟踪研究, 开发研制适应我国果园果树管理特点的自动喷雾机械, 是当前提高我国水果生产水平的重要工作。

总之, 果园农药精确喷雾技术的推广和应用在发达国家水果生产中已经收到良好的效果, 果园农药精确喷雾技术在降低施药成本、保护生态环境、加强果园技术管理、促进水果产业化发展和提高水果品质方面有着非常重要的意义, 也有着良好的应用效果。这一技术表现

出广阔的应用前景。我国水果产业要走向国际竞争, 必须加强果园精确喷雾技术的科学研究, 逐步引进和推广适合我国水果生产特点的果园喷雾技术。

[参 考 文 献]

- [1] 张毅. 加入WTO后我国水果企业应对战略[J]. 西安邮电学院学报, 2004, 7(2): 74- 77.
- [2] Bill A. Stout. CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume III [M]. American Society of Agricultural Engineers, 1999.
- [3] Jacob ARZI. Tree shape and foliage volume map guided precision orchard sprayer [EB/OL]. <http://europa.eu.int/comm/research/>, 2000-02-01.
- [4] Bill Hunt. Intelligent spraying [EB/OL]. <http://www.spraytec.com/articles/IntelligentSpray.htm/>, 2002.
- [5] <http://www.teejet.com/MS>
- [6] 宋淑然, 王卫星, 洪添胜, 等. 水稻田农药喷雾上层植株雾滴截留影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 114- 117.
- [7] Molto E, Martin B, Gutierrez A. Design and testing of an automatic machine for spraying at a constant distance from the tree canopy [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 77(4): 379- 384.
- [8] Molto E, Martin B, Gutierrez A. Pesticide loss reduction automatic spraying on globular tree [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2001, 78(1): 35- 41.
- [9] 曾得洲, 林永顺, 盛中德. 点喷式喷药车之喷药调查及探讨 [R]. 八十五年农机研究发展与示范推广报告 (上册), 1997, 5, 169- 178.
- [10] 孙宏祥. 红外光电探测器在静电对靶喷雾中的应用 [J]. 电子产品世界, 2002, (14): 34- 35.
- [11] 何雄奎, 严苛荣, 储金宇, 等. 果园自动对靶静电喷雾机设计与试验研究 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 78- 80.
- [12] 孙宏祥, 吴春笃, 储金宇, 等. 植株探测器的设计与应用 [J]. 农机化研究, 2003, (1): 149- 151.
- [13] 袁湘月, 吴春笃, 储金宇, 等. 果园自动对靶喷雾机的研制——对靶喷雾技术的研究 [J]. 安徽技术师范学院学报, 2004, 18(1): 49—52.
- [14] 郑加强. 基于计算机视觉的雾滴尺寸测量技术 [J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(6): 47- 50.
- [15] Rietz S, Palyi B, Ganzelmeier H, et al. Performance of electronic control for field sprayers [J]. J Agric Engng Res, 1997, (68): 399- 407.
- [16] 李敏, 孟臣. 大型机引喷雾器喷雾智能监视仪的研制 [J]. 电子技术, 2003, (4): 55- 58.
- [17] 陈志清. 喷雾机器人控制系统研制 [D]. 北京: 中国农业大学硕士学位论文, 2002, 3.
- [18] 王贵恩. 果树仿行喷雾及其关键技术 [D]. 广州: 华南农业大学博士学位论文, 2003, 5.
- [19] Steward B L, Tian L F, Tang L. Injection mixing system for boomless target-actived herbicide spraying [J]. Transactions of the ASAE, 2002, 46(4): 997- 1008.
- [20] Lei Tian, John F. Reid, John W. Hummel. Development of a precision sprayer for site-specific weed management [J]. Transactions of the ASAE, 2000, 40(6): 1761- 176.
- [21] Gillis K P, Giles D K, Slaughter D C, et al. Distance-based control system for machine vision-based selective spraying [J]. Transactions of the ASAE, 2003, 45(5): 1255- 1262.
- [22] Haitao Xiang, Jiaqiang Zheng, Hongping Zhou. Machine vision technology for indoors simulated tree image acquisition and recognition [C]. Paper number 035013.
- [23] Degre A, Mostate O, Huyghebaert B, et al. Comparison by image processing of target support of spray droplets [J]. Journal of Terramechanics, 2001, 44(2): 217- 222.
- [24] Lei Tian, David C. Slaughter. Environmentally adaptive segmentation algorithm for outdoor image segmentation [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1998(21): 153- 168.
- [25] 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.
- [26] Ed Stover. Sensor-controlled spray systems for florida citrus [EB/OL]. <http://edis.ifas.ufl.edu> April 2002.

Review of the pesticide precision orchard spraying technologies

Wang Wanzhang^{1,2}, Hong Tiansheng¹, Li Jie¹, Zhang Fugui¹, Lu Yongchao¹

(1. Polytechnic College, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Mechanical and Electrical Engineering College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Pesticide precision spraying embraces the concept of creating a balanced ecosystem in the orchard with lowest cost and minimum environmental impact. From three aspects this article reviews the technical development on orchard pesticide precision spraying. And the development results and their great efficiency were presented. The pesticide precision spraying in orchard includes two technologies. One is based on map, the other is based on the real time sensor. Various techniques such as ultrasound and infrared sensor, machine vision, global positioning system, geography information system and so on were applied. Sensor-controlled spray systems were composed of sensors, onboard computers and orchard sprayer. With this system the amount of pesticide delivery to individual tree canopies can be tailored. So the quantity of spray materials used without compromising effectiveness and the potential pollution arising from off-target deposition can be greatly decreased. This technology has a lot of recent development and good applications. Some problems and the further study of the orchard pesticide precision spraying in China were briefly recommended.

Key words: plant protection machinery; precision spraying; review; orchard; sprayer