

赣南脐橙水肥管理系统设计与实现

欧阳爱国,李 雄,张 伟,吴至境,胡 军,欧阳玉平
(华东交通大学 机电与车辆工程学院,江西 南昌 330013)

摘要: 针对赣南地区地形复杂、脐橙种植时水肥资源浪费严重、管理成本上升等问题,试验区建立了一套水肥管理系统,该系统包括气候站、服务器、水肥机、变频器、水泵、控制箱、喷滴灌头等设备。该水肥系统通过 ASE 中央控制器控制喷头达到果树防霜冻的目的;利用控制箱和控制软件控制水肥机的电磁阀为果树滴灌施肥;物联网综合管理平台可远程控制果树滴灌和喷灌;气象站数据传输到本地服务器,为果树喷灌提供依据;基于近红外光谱技术进行果园肥力快速评估得出土壤养分特征统计值,反距离权重插值法对数据进行空间插值分析形成土壤对氮、磷、钾养分需求图,从而制定科学的施肥方案,根据方案利用水肥系统具体施肥。2013、2014、2015 年应用了水肥管理系统的脐橙较 2012 年未使用水肥管理系统的脐橙共计增加产值 17.01 万元/hm²。

关键词: 赣南脐橙;水肥管理系统;喷灌防冻;施肥方案

中图分类号: S666 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004 - 3268(2017)04 - 0156 - 05

Design and Implementation of Gannan Navel Orange Water and Fertilizer Management System

OUYANG Aiguo,LI Xiong,ZHANG Wei,WU Zhijing,HU Jun,OUYANG Yuping
(School of Mechatronics and Vehicle Engineering,East China Jiaotong University,Nanchang 330013,China)

Abstract: Aiming at the problems of complex terrain in Gannan area,serious waste of water and fertilizer resources during the cultivation of navel orange and rising management costs,a set of water and fertilizer management system is established in the experimental area. The system includes climate station,server,water fertilizer machine,frequency converter,water pump,control box,drip and sprinkler head and so on. The water and fertilizer system could control the nozzle to achieve the purpose of preventing frost through the ASE central controller. It uses control boxes and control software to control the water fertilizer machine solenoid valve for the fruit drip and fertilization. The integrated network management platform could remotely control fruit drip and sprinkler irrigation. The weather station data is transmitted to the local server,providing the basis for the fruit tree sprinkler irrigation. Soil nutrient characterization is estimated based on near infrared spectroscopy(NIRS),and the inverse distance weight interpolation method is used for spatial interpolation of the data to form the soil demand diagram for nitrogen,phosphorus and potassium. A scientific fertilization program is developed,according to which specific fertilization is accomplished using the water and fertilizer system. In 2013,2014,2015,the water and fertilizer management system was used,and the navel orange output value was 170.1 thousand Yuan/ha higher than that in 2012 without using the management system.

Key words: Gannan navel orange; water and fertilizer management system; spray irrigation for anti-freeze; fertilization scheme

收稿日期:2016 - 10 - 20
基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(SS2012AA101306);江西省科技支撑计划项目(20121BBF60054);南方山地果园智能化管理技术与装备协同创新中心项目(赣教高字[2014]60 号);江西省优势科技创新团队项目(2015BCB24002)
作者简介:欧阳爱国(1968 -),男,江西南昌人,教授,主要从事农业精准化管理与数字化研究。E - mail:ouyang1968711@163.com

赣南脐橙在江西省赣州市种植面积达 11 万 hm^2 , 年产量在 110 万 t 左右,居世界第 3,亚洲第 1,每年 9—12 月向世界各地供应^[1],供应产业已经发展了几十年,取得了一定成就并赢得了消费者一致好评^[2]。但是传统脐橙种植都是靠经验定性地估计各种环境因子,无法对生产过程中各种环境因子进行精确测量^[3],长期大面积的人工施肥、灌溉导致农业用水肥资源浪费严重、土地结块,且赣南脐橙产业生产管理成本不断上升,产业经营遭遇发展瓶颈,从而阻碍了脐橙产业做大做强。党的十八大会议提出“促进工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展”,农业智能化生产已经成为农业生产新的方向和迫切需求^[4-5],如何高效地利用水、肥资源是果农和科技工作人员一直思考的问题。

近年来,水肥一体化技术得到了较为广泛的运用,尤其是在以色列、西班牙和印度尼西亚等国家。国内水肥系统的运用效果也较为显著^[6-9],如水肥一体化施肥对草莓产量的影响、水肥一体化技术在马铃薯栽培中的运用、水肥一体化技术在温室番茄上的应用等。赣南脐橙水肥管理系统是华东交通大学与北京农业信息技术研究中心在 2013 年以赣州市的赣南脐橙为研究对象联合开发的,该系统将远程自动控制技术、高效节水灌溉技术、无线网通信技术、精准施肥技术以及远程管理技术相结合^[10-11],目的是减少水肥资源的投入,增加脐橙产量。

1 系统硬件结构及功能

赣南脐橙水肥管理系统原理如图 1 所示,标号①表示功率为 15 kW 的供水水泵;②为网式过滤器,将水井中的砂石进行第 1 遍过滤;③是稳压阀,将进口压力减至需要的出口压力,并使出口压力自动保持稳定;④为水表,用于监测过水量;⑤为肥料罐,不同成分的肥料溶解在相应的罐中;⑥为注肥阀门,用于向灌溉施肥机注入肥料;⑦是叠片式肥料过滤器,将肥料/酸中存在的各种杂质进行第 2 次过滤^[12];⑧是施肥机进水阀门,控制灌溉用水流入施肥机;⑨是施肥出水阀门,控制已经按比例混合好的肥料液注入系统干管^[13];⑩为稳压阀,用于维持供水的压力;⑪是灌溉阀门,用于控制田间地块的灌溉。

水肥管理系统主管路采用 $\varnothing 75\text{PVC}$ 管,滴灌干管采用 $\varnothing 40\text{PE}$ 管,微喷干管采用 $\varnothing 50\text{PVC}$ 管,滴灌支管采用 $\varnothing 16\text{PE}$ 管,微喷支管是 $\varnothing 20\text{PVC}$ 管。设计工作压力为 0.6 Mpa,12 路阀门中滴灌控制阀 8 个,喷灌电磁阀 4 个,56 路交流电磁阀控制 16 路电流/电压输入通道和 16 路双脉冲水表输入通道。

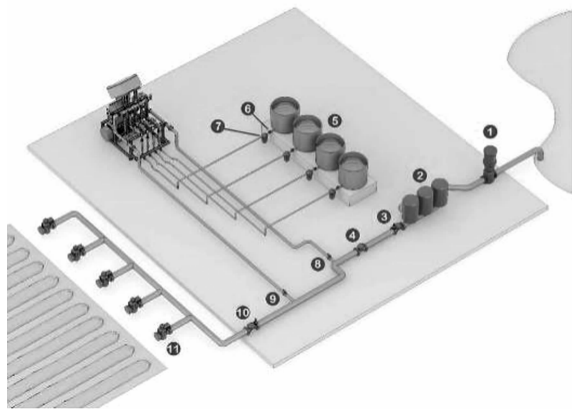


图 1 赣南脐橙水肥管理系统原理图

水肥管理系统中的施肥系统采用手动和自动双控制系统,在规定时间内根据施肥需求实现多种肥料按比例配制溶解在水中,再通过一组文丘里氏施肥器直接、准确地将肥料液注入到灌溉系统中^[14],为脐橙树精准、精确地施肥灌溉^[15-16]。

施肥系统采用加压泵后置式工作原理:A、B、C 肥料桶中分别装有氮肥、磷肥、钾肥,通过吸肥泵吸入施肥机相应的支管道,a、b、c 支管道的电磁阀由软件控制,施肥机的氮、磷、钾肥被送出后与主管道的灌溉用水混合,流入田间对果树进行灌溉。在混合管的出水口装有 EC 值传感器和 pH 值传感器,实时监测水肥混合液的 EC 值和 pH 值,数据反馈回服务器,服务器智能地做出判断水肥液的浓度是否满足要求,不满足要求时自动控制施肥机的电磁阀对吸肥量进行调整。控制系统由以下几个部分组成:控制柜,其中包括手动控制面板和设备接线端子;触控平板电脑,电脑已安装自动控制软件;吸肥泵,将不同种类的肥料吸入施肥机;施肥机的支路电磁阀,控制肥料的浓度;转子流量计,用来实时监测流入大田的混合液体积;混合管路,它将配好的液态肥和灌溉水进行混合;EC 值传感器和 pH 值传感器,实时监测混合液的 EC 值和 pH 值。该控制系统控制的施肥机具有施肥均匀、速度快等特点,每小时施溶解的尿素可达 1 300 kg。另外,在触控平板电脑的控制下,施肥机吸肥的浓度可根据监测到的 EC 值和 pH 值做出调整,由于施肥机具有 5 条装有电磁阀的支路,所以能进行多种肥料的配比工作。

赣南脐橙水肥管理系统的运用取代了传统的开浅挖穴沟的施肥方式,实现了浇水和施肥同时进行,保证了作物生长不同阶段养分需求,有效地解决了水肥资源浪费、劳动力成本高、环境污染等问题,具有良好的经济效益和生态效益^[17]。

2 软件控制模块

施肥机的滴灌功能由控制软件进行控制,软件可以控制各阀门的开启与关闭、对传感器报警阈值进行设置、实时监控传感器数据、对设备反馈信号进行配置、对 EC 值和 pH 值的阈值进行设定、设置灌溉施肥规则,系统根据规则自动对各灌区按时进行灌溉施肥^[18]。

控制软件主界面如图 2 所示:主界面包括 4 个部分,第 1 部分是控制室,用于对原料罐进行监控;第 2 部分是设置,用于对灌溉条件参数进行设置,以进行自动灌溉施肥;第 3 部分是田间,用于对灌溉区域管道灌溉情况进行监控;第 4 部分是登录,用于管理人员进入系统。



图 2 控制软件主界面

果树的喷灌防冻由 ASE 中央灌溉控制器来实现,ASE 中央灌溉控制器是一款可编程中央灌溉控制器,它性能稳定可靠,具有真彩触摸人机界面,操作简单、配置灵活,采集和控制模块可以相互替换,取代了传统计算机的控制方法。控制器内核外围光电隔离,保证主板运行稳定。图 3 是控制器的触摸屏主界面,

主界面包括实时监控、灌溉设置、历史记录、扩展设备、参数设置等模块,需要对某个区域的果树进行灌溉,则进入实时监控界面,点击相应区域的开关按钮,灌溉时间则是通过灌溉设置模块进行控制。

通过外网登入物联网综合管理平台可远程控制果树滴灌和喷灌。千里山柑橘物联网综合管理平台(图 4)是赣南脐橙水肥管理系统的软件实现平台,主要具有实时监测、智能灌溉、测土配方施肥、智能防霜冻、生产管理、历史数据、系统管理等功能。实时监控模块通过气象站将空气、土壤、叶片温湿度情况实时显示,可以直观地观看控制器、施肥机的运转情况。智能灌溉分为智能控制和手动控制 2 种模式,若使用智能控制模式,则系统自动根据监测到的作物缺水和需水情况^[19]决策灌溉的时间和灌溉的水量,并自动通知灌溉控制器执行灌溉操作,灌溉的决策和执行都由系统和设备自动完成,用户无需操作。若使用手动控制模式,用户根据决定灌水的时刻,自行通过开启和关闭灌溉阀门,手动完成灌溉。测土配方施肥对应测土、配方、施肥 3 个生产环节。生产管理是管理人员对施肥、用药、灌溉、剪枝、疏花与疏果记录操作时间和用量。



图 3 触摸屏主界面



图 4 物联网综合管理平台

3 系统的运行验证

在脐橙园试验区采集土层深度分别为 30 cm、60 cm 和 90 cm 的土壤,通过肥力在线分析,配置计算肥力分级参数,在线计算土壤肥力插值和肥力分

级^[20-21],得到果园土壤中氮、磷、钾在 30 cm、60 cm、90 cm 和 30~60 cm 土壤分层中的施肥需求。基于近红外光谱技术,测定了土壤化学养分含量,对果园肥力进行快速评估^[22],表 1 是土壤深度为 30 cm 的养分分布特征统计结果。

表 1 30 cm 深度土壤养分分布特征的统计结果

指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数/%
全氮/(g/kg)	0.40	1.03	0.68	0.13	19.12
有效磷/(mg/kg)	1.81	23.90	12.54	3.31	26.40
速效钾/(mg/kg)	41.14	138.60	98.87	11.39	11.52
pH 值	4.90	5.30	5.15	0.05	0.97
水分含量/%	7.77	19.64	13.06	1.53	11.72

赣南脐橙水肥管理系统利用反距离权重插值方法对测得的江西省千里山柑橘基地土壤数据进行空间插值分析,得到近 6 万个数据点,形成土壤氮元素需求图(图 5)。氮的分布记录在地图上呈现不同的效果,颜色红—黄—绿分别表示氮元素需求量最

大一中等—最小。重复步骤可以计算出磷、钾元素的需求图。根据氮元素的需求图,利用赣南脐橙水肥管理系统进行施肥,红色区域表示施氮肥最多,而绿色区域则表示施氮肥最少。

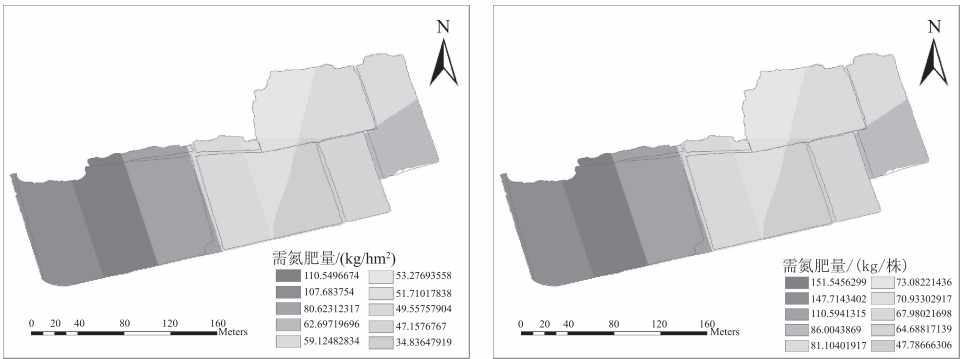


图 5 江西省千里山柑橘基地氮元素需求量

利用系统灌溉施肥时先滴灌清水,5 min 后再施用水溶肥,施肥结束之后继续滴灌 30 min 的清水,防止管道滋生青苔、藻类,既保证了肥料被良好吸收,又保证了管道畅通。夏季高温浇灌的次数相对频繁,每次浇灌在 10:00 前和 16:00 之后,避免午

时高温施肥。施肥由果园技术管理者下达施肥任务,相关人员配合执行,记录各地块的具体施肥情况,便于后续养护任务的制定以及经验的积累传承,图 6 是按照要求记录的施肥过程。

任务状态	基地	养护任务类型	任务名称	任务开始日期	截止日期	任务分发人	任务责任人	任务说明信息
□ 方案名称: 定植肥	● 千里山	施肥	定植肥	2012年03月01日	2012年03月31日	刘德力	小赖	定植肥
□ 方案名称: 冬肥	● 千里山	施肥	施冬肥2015	2015年11月10日	2015年11月13日	小赖	刘德力	2015年施冬肥
	● 千里山	施肥	冬肥	2013年11月01日	2013年11月30日	刘德力	小赖	2013年11月冬肥
	● 千里山	施肥	冬肥	2012年11月01日	2012年11月30日	刘德力	小赖	2012年11月冬肥
□ 方案名称: 延长枝短截	● 千里山	剪枝	延长枝短截2015	2015年11月23日	2015年11月30日	张晓强	刘德力	对延长枝进行短截
□ 方案名称: 追肥	● 千里山	施肥	追肥	2014年04月01日	2014年04月30日	刘德力	小赖	2014年4月追肥
	● 千里山	施肥	追肥	2013年04月01日	2013年05月31日	刘德力	小赖	2013年4月-5月追肥
	● 千里山	施肥	追肥	2012年07月01日	2012年07月31日	刘德力	小赖	2012年7月追肥
	● 千里山	施肥	追肥	2012年04月01日	2012年06月30日	刘德力	小赖	2012年4月-6月追肥

图 6 施肥任务统计情况

针对试验区的果树,应用赣南脐橙水肥管理系统开展了水肥一体化灌溉及配套变量分块施肥。据统计,在试验区,2013、2014、2015 年脐橙产量较 2012 年(未使用该系统)分别增加 4 533.3、5 100.0、5 666.7 kg/hm²,共计增加产值 17.01 万元/hm²,证明该系统非常适合果树的精准施肥。

4 结论

赣南脐橙水肥管理系统的运用可以提高肥料利用率、保证土壤养分均衡、节约人工成本、减少资金投入、节省劳动时间、增加收益,还能减轻化肥对土壤的负效应。该水肥管理系统尚有许多需要不断完善的地方,还需结合脐橙的实际情况对该水肥系统喷灌防冻装置进行最少 1 个周期(12 个月)的试验对比,最大限度地发挥出该系统的价值。

参考文献:

- [1] 曾祥明. 赣南脐橙产业发展问题及对策探讨[J]. 内蒙古林业调查设计, 2011(3): 96-97.
- [2] 廖禹, 董希慧, 潘松, 等. 赣南脐橙机械化生产发展对策研究[J]. 中国农机学报, 2014, 35(5): 292-295.
- [3] 岳学军, 王叶夫, 刘永鑫, 等. 基于 GPRS 与 ZigBee 的果园环境监测系统[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(4): 109-113.
- [4] 唐观, 彭宾, 李俊光, 等. 华南柚果产业综合运营信息化应用平台[J]. 现代农业装备, 2015(4): 53-58.
- [5] 徐志龙, 乔晓军. 自动监控技术在设施农业生产中的应用系列(三)自动灌溉施肥机在设施生产中的应用[J]. 农业工程技术(温室园艺), 2008(6): 15-16.
- [6] Rokhmata C A. The potential of UAV-based remote sensing for supporting precision agriculture in indonesia[J]. Procedia Environmental Sciences, 2015, 24: 245-253.
- [7] 许乃霞, 杨益花, 单建明, 等. 水肥一体化施肥对草莓产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(3): 62-63.
- [8] 黄进明. 水肥一体化技术在马铃薯栽培中的应用[J]. 南方农业, 2015, 9(24): 55-57.
- [9] 钟政忠, 蒙忠武. 水肥一体化技术在温室番茄上的应用[J]. 现代农业科技, 2013(5): 129-130.
- [10] 林光勇, 吕新. 棉花生产水肥管理及辅助决策体系研究[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(2): 199-203.
- [11] 单飞飞, 周建军, 郑文刚, 等. 基于组态软件和 Modbus 协议的公园自动灌溉系统[J]. 中国农村水利水电, 2010(4): 36-38.
- [12] 傅送保, 李代红, 王洪波, 等. 水溶性肥料生产技术的发展[J]. 磷肥与复肥, 2013(5): 46-50.
- [13] 魏正英, 葛令行, 赵万华, 等. 灌溉施肥自动控制系统的研究与开发[J]. 西安交通大学学报, 2008, 42(3): 347-349.
- [14] 陈喜靖, 孔海明, 奚辉, 等. 水肥一体化应用的主要技术及方法[J]. 浙江农业科学, 2015, 1(6): 756-757.
- [15] 许娥. 果园水肥一体化高效节水灌溉技术试验[J]. 中国果菜, 2011(4): 34-37.
- [16] 赵云莉. 水肥一体化技术与液体肥料[J]. 氮肥技术, 2013(5): 1-14.
- [17] 王春龙. 灌溉施肥自动控制系统和多能源采集节点电源的研究与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [18] 严昶. 灌溉施肥自动化控制系统研究[D]. 武汉: 华中农业大学学报, 2008.
- [19] 李笑吟, 毕华兴, 张志, 等. 晋西黄土区土壤水分有效性分析的克立格法[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 1004-1010.
- [20] 姚荣江, 杨劲和, 刘广明, 等. 黄河三角洲地区典型地块土壤盐空间变异特征研究[J]. 农业工程学报, 2006, 37(6): 1071-1075.
- [21] 马琨, 马斌, 何宪平, 等. 宁夏南部山区不同土地类型土壤养分的分布特征研究[J]. 农业科学研究, 2006, 27(2): 1-5.
- [22] 徐兴, 洪添胜, 岳学军, 等. 山地橘园无线环境监测系统优化设计及提高监测有效性[J]. 农业工程学报, 2013, 29(11): 147-155.