

基于 Penman-Monteith 方程的温室智能滴灌控制系统研究

韩丽娜^{1, 2} 汪小昆^{1, 2*}

(¹南京农业大学工学院, 江苏南京 210031; ²江苏省智能化农业装备重点实验室, 江苏南京 210031)

摘 要: 应用 Penman-Monteith (缩写为 P-M) 方程计算作物灌溉量, 设计出一套温室智能滴灌控制系统。系统采用温湿度传感器采集温室内空气的温湿度, 利用 Penman-Monteith 方程计算作物腾发量, 通过单片机设定程序控制滴灌时间, 控制部分采用上下位机形式, 通过无线串行通信进行数据的双向传输。试验证明, 该方法方便、可靠, 可应用于温室的精确灌溉。

关键词: Penman-Monteith 方程; 智能滴灌; 温室; 单片机

中图分类号: S625 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 (2012) 18-0085-04

Studies on Intelligent Drip Irrigation Control System in Greenhouse Based on Penman-Monteith Equation

HAN Li-na^{1, 2}, WANG Xiao-kun^{1, 2*}

(¹ College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, Jiangsu, China; ² Key Laboratory of Intelligent Agricultural Equipment in Jiangsu Province, Nanjing 210031, Jiangsu, China)

Abstract: This paper is intended to devise a set of intelligent drip irrigation control system by using Penman-Monteith equation to calculate the amount of crop irrigation. The system uses humidity and temperature sensors to collect air temperature and humidity in greenhouse, and employs Penman-Monteith equation to calculate crop evapotranspiration. And then MCU programme is used to control the drip irrigation time. The control part of the system adopts upper and lower computer. It delivers data in wireless serial communication. The experiment proves that this method is convenient, reliable and can be applied in precise irrigation in greenhouse.

Key words: Penman-Monteith equation; Intelligent drip irrigation; Greenhouse; MCU

滴灌技术是当前世界上诸多节水灌溉技术中省水率最高的一种先进节水灌溉技术, 具有省水、节能、适应性强等特点。现代智能型控制器是进行灌溉系统田间管理的有效手段和工具, 除了能大大减少劳动量, 更重要的是它能准确、定时、定量、高效地给作物自动补充水分, 以提高其产量和质量。

收稿日期: 2012-06-15; 接受日期: 2012-07-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60971106), 江苏省农机三项工程项目 (NJ2010-03)

作者简介: 韩丽娜, 硕士研究生, 专业方向: 智能仪器检测与控制, E-mail: weixiao9696@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 汪小昆, 博士, 教授, 博士生导师, 专业方向: 农业生物环境模拟与调控, E-mail: wright7878@yahoo.com.cn

我国节水灌溉控制器的研制尚处于起步阶段, 作为一个农业大国, 研究开发低成本、使用维护方便、系统功能强的节水灌溉控制器是一项极有意义的工作。基于此本试验设计出一套温室智能化滴灌控制系统, 用单片机作为核心控制器, 以 Penman-Monteith (P-M) 方程作为系统灌溉决策, 该系统能对作物进行适时、适量的灌水, 起到高效灌水、节能、节水的作用, 而且结构简单、价格适中。

1 系统的设计

1.1 系统组成

系统总体框架如图 1 所示, 由数据采集转化模块、微处理器控制模块和输出驱动模块组成。采用光照传感器采集太阳的光照强度, 通过 A/D 转换后传送数据到单片机中。选用数字温湿度传感器采集空气温度、湿度, 同样将信号传送到单片机中, 单片机利用灌溉决策计算出作物腾发量, 从而计算出滴灌时间, 通过驱动电路, 启动电磁阀, 进行滴灌。系统采用一台 PC 机作为上位机, 单片机与 PC 机之间通过无线模块进行无线数据传输, 用户可以在 PC 机上设置相关参数, 并且可以对滴灌系统进行手动、半自动、全自动等操作。

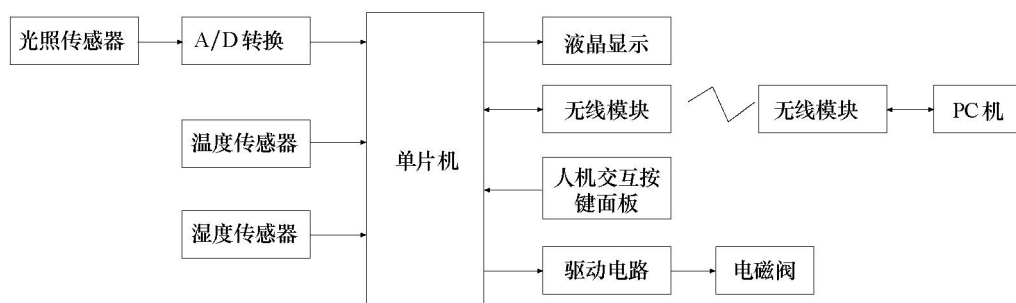


图 1 滴灌系统结构

1.2 单片机与 PC 机无线数据传输设计

不同的独立系统利用线路互相交换数据即为通信, 通常通信的方式可分为两种, 一种为并行通信, 另一种为串行通信, 本系统采用串行通信方式实现单片机与 PC 机的数据交换。PC 系列机配置的是 RS-232 标准串行接口, 而 MCS-51 单片机输入、输出电平均为 TTL 电平, 因 RS-232 的逻辑电平与 TTL 电平不兼容, 因此要想实现两者之间的通信, 必须在它们之间加电平转换电路, MAX232 芯片可实现 TTL 到 RS-232 之间的电平转换, 也可实现 RS-232 到 TTL 之间的电平转换, 使用十分方便 (高卫东, 2011)。

加入无线数据传输模块 (型号 FHL0611) 之后, 采用微功率无线通讯技术, 实现单片机与 PC 机之间的远距离透明数据传输, 以方便用户进行远程控制。简单系统装置如图 2 所示。

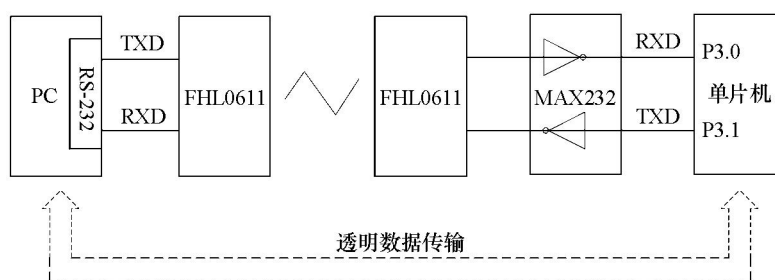


图 2 简单系统装置

1.3 系统灌溉决策设计

系统采用 Penman-Monteith (P-M) 方程计算出作物腾发量 (ET_c), 进而确定滴灌时间来进行灌溉。Penman-Monteith 计算作物 ET_c 的方法是根据气象资料计算出参考作物的腾发量 (ET_0), 与作物系数 (K_c) 相乘, 得到实际作物的 ET_c 。

适用于温室 ET_0 计算的 Penman-Monteith 修正公式 (王健 等, 2006; 陈新明 等, 2007):

$$ET_0 \text{ (P-M修正式)} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{1713(e_a - e_d)}{T + 273}}{\Delta + 1.64\gamma}$$

式中, ET_0 为参考作物腾发量, $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$; R_n 和 G 分别为地表净辐射通量和土壤热通量, $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; e_a 和 e_d 分别为饱和水汽压和实际水汽压, kPa ; Δ 为饱和水汽压曲线斜率, $\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; γ 为干湿表常数, $0.0646 \text{ kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$; T 为温室内空气温度, $^\circ\text{C}$ 。

根据汪小昆等 (2007) 的方法计算 e_a 、 e_d 、 Δ :

$$e_a = 0.6107 \exp(17.4T / (239 + T))$$

$$e_d = Ue_a$$

$$\Delta = \frac{4158.6e_a(T)}{(T + 239)^2}$$

式中, U 为温室内空气相对湿度。

作物系数 K_c 反映了作物本身生理性状和栽培条件对需水量的影响, 这个因子相对比较固定, 不同的作物系数计算方法可以参考 FAO 推荐的作物系数计算方法 (许翠平等, 2005)。

2 温室试验验证

2.1 试验总体设计

试验于 2011 年 11 月 25 日至 12 月 11 日在南京农业大学实验楼顶的三脊 Venlo 型温室中进行。试验温室为东西走向, 东西长 16 m, 南北方向 8 m, 温室肩高 4.2 m, 顶高 5.2 m。温室内种植黄瓜 5 行, 种植间距 0.5 m 左右, 行距 1 m。滴灌管网自主管后分五路支管, 支管尽头用堵头封闭, 每盆黄瓜采用两支滴箭进行滴灌。当电磁阀打开时, 水通过电磁阀、流量计、过滤器流入滴灌支管进行滴灌, 断电后电磁阀关闭, 则停止滴灌, 系统通过控制电磁阀的通断来进行滴灌控制。

系统采用光敏电阻 (GL5516) 作为光照传感器采集光照强度, 利用数字温湿度传感器 (AM2301) 采集温室内空气温度和湿度, 然后按照所设定程序计算出滴灌时间进行滴灌。将两支滴箭放入塑料桶中, 用电子秤称得一段时间内的灌水量。另设对比组称得相同时间内一盆黄瓜质量的改变即为真实腾发量。系统设定每 30 min 检测一次, 然后将两组数值进行拟合, 观察其相关性。

2.2 结果与分析

选择 12 月 4 日 (阴天) 和 12 月 9 日 (晴天) 进行分析。滴灌量与称质量差对比见表 1。由于冬季日照时间短, 清早温室内湿气较大, 所以腾发基本从 10:00 左右开始, 从表 1 中可以看出滴灌量与称质量差具有相同的变化趋势。阴天时, 腾发从 12:00 左右增大, 在 12:30 达到最大, 随即较为平缓, 直至 14:30 下降。

表 1 滴灌量和称质量差对比

时间	12 月 4 日 (阴天)		12 月 9 日 (晴天)	
	滴灌量/g	称质量差/g	滴灌量/g	称质量差/g
10:30	8	7	9	10
11:00	8	8	16	15
11:30	9	8	20	19
12:00	12	11	26	23
12:30	14	12	27	25
13:00	12	11	23	26
13:30	10	12	21	25
14:00	13	12	20	24
14:30	7	7	18	19
15:00	7	6	13	16

晴天时, 腾发从 12:00 开始显著增大, 在 12:30 达到最大, 之后平缓下降, 直至 15:00 显著下降。滴灌量和称质量差的线性回归分析见图 3 和图 4, 两者具有良好的线性关系, 相关系数在 0.7 以上。为了保证试验的准确性, 晴天和阴天各重复 3 次试验, 其结果均表明滴灌量和称质量差的变化趋势一致且相关性良好。

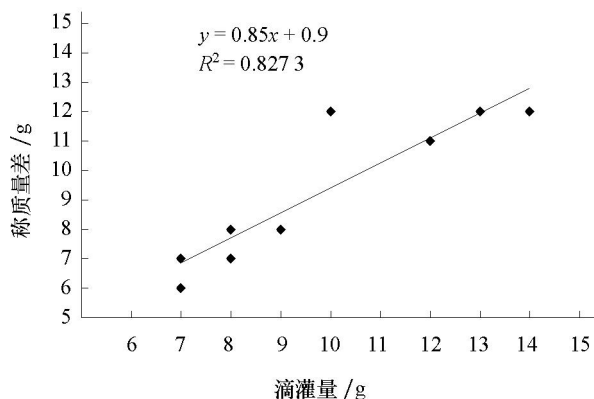


图 3 阴天滴灌量与称质量差关系曲线

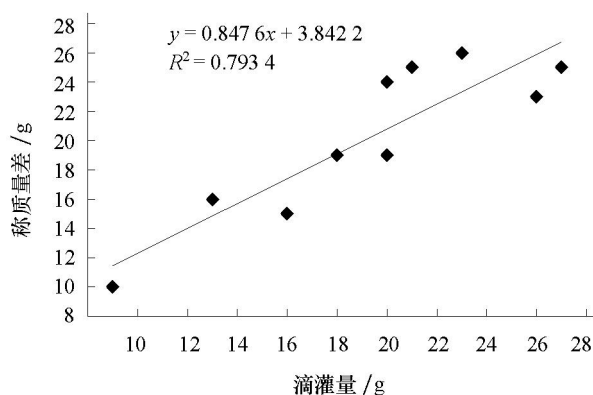


图 4 晴天滴灌量与称质量差关系曲线

3 结论

本试验设计出一套应用 Penman-Monteith 方程计算作物灌溉量的温室智能滴灌控制系统, 将自动控制技术和滴灌技术有机地结合起来, 这对提高节水灌溉的自动化水平, 更精确更及时地控制灌溉, 提高对农业投入的经济效益具有较为重要的意义。由试验得出滴灌量和称质量差的变化趋势一致且相关性良好, 表明 Penman-Monteith 方程能够测量出作物腾发量, 可以用来作为灌溉决策的重要依据。

参考文献

- 陈新明, 蔡焕杰, 李红星, 王健, 杜文娟. 2007. 温室大棚内作物蒸发蒸腾量计算. 应用生态学报, 18(2): 317-321.
- 高卫东. 51 单片机原理与实践. 1 版. 2011. 北京: 北京航空航天大学出版社: 125-126.
- 王健, 蔡焕杰, 李红星, 陈新明. 2006. 日光温室作物蒸发蒸腾量的计算方法研究及其评价. 灌溉排水学报, 25(6): 11-13.
- 汪小岳, 丁为民, 罗卫红, 戴剑锋. 2007. 长江中下游地区夏季温室黄瓜冠层温度模拟与分析研究. 农业工程学报, 23(4): 196-199.
- 许翠平, 刘洪禄, 赵立新. 2005. 应用 Penman-Monteith 方程推算北京地区苜蓿的灌溉定额. 农业工程学报, 21(8): 30-34.

· 信息 ·

“番茄黄化曲叶病毒病”技术光盘简介

番茄黄化曲叶病毒病是由“超级害虫”烟粉虱引起的番茄第一大毁灭性病害, 分布广、防治困难、损失惨重。本片通过现场拍摄、农民和专家采访、田间操作等系统直观地介绍了该病的发生危害特点、症状特征、传播途径、流行规律等, 重点介绍了运用抗病品种、培育无病“虫”壮苗、无病栽培、病残无害处理和烟粉虱防控等多种实用技术。深入浅出, 直观易懂, 可有效指导该病防治。

光盘特意搜集了与该病相关的珍贵图片资料 130 余幅。系统展示该病发生背景、危害情况、各生育期症状特征、与其他疑似病害区别、烟粉虱发生特点、烟粉虱与白粉虱各虫态的区别和系列防治技术等, 读者可根据需要选择性观看和阅读。邮购价: 45 元。

邮购地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 《中国蔬菜》编辑部 邮编: 100081 电话: 010-82109550