

智能控制系统在温室花卉栽培中的应用

李 岩^a, 范汝清^b, 张智勇^a

(河北农业大学^a 信息科学与技术学院; ^b 体工部 河北 保定 071001)

摘 要: 现代化温室通过各种传感器及计算机自动控制温室环境,为花卉在不适宜生长的季节和地区提供适宜生长的环境条件,以达到不时栽培、提早采收、延长花期和增加产量的目的。根据温室环境控制系统的要求,应用计算机控制技术,设计了适合花卉生长的新型温室环境控制系统,实现了各种环境因素的控制。大量采用了先进的数字传感器,实现了计算机环境自动监控系统与花卉专家系统的有机结合,具有功能强大、实用性强、操作简便和工作稳定可靠等特点,并具有很好的灵活性和扩展性。

关键词: 温室; 环境控制系统; 智能化; 专家系统

中图分类号: S 625 5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1003—188X(2009)06—0151—04

0 引言

花卉的栽培对于生长环境有着严格的要求,尤其是各种名贵花卉的生长条件更为苛刻。温室内各种环境因素可控,所以成为跨季节和跨地区花卉栽培的主要手段。

传统温室由人工通过简单的仪器仪表来测量各个环境状态参数,并根据经验手动开启和关闭各种温室调节设备,效率低,控制效果不好。现代化的温室通过各种传感器及微型计算机自动控制温室的环境,易于管理,生产效率高。

鉴于花卉(尤其是名贵花卉)在种植和培养过程中的技术要求与对外部生长环境的要求较为严格,所以在本系统中加入了花卉专家系统、花卉培养知识数据库和温室设备智能模糊控制算法,确保温室内花卉的生长始终处于最佳状态。

1 温室环境参数分析及控制

1.1 环境参数分析

1.1.1 温度

温度是影响植物生长发育的最敏感的环境因素。植物的光合作用和呼吸作用等生理活动都需要适宜的温度条件才能顺利进行。

每种花卉生长的适宜温度范围由花卉的三基点温度(即生长的最低温度、最适宜温度和最高温度)所确定,如表 1 所示。

表 1 温带花卉的三基点温度
Tab 1 Three temperatures of temperate zone flower °C

温度	最高	适宜	最低
生长发育	40	25~35	-10
呼吸作用	50	36~46	-10
光合作用	35~40	20~25	0~5

1.1.2 湿度

空气湿度是影响花卉蒸腾作用(蒸腾作用是植物吸收与转运水分的主要原动力,能使进入根部的营养元素等分布到植株的各个部分,并能降低植物体及叶面的温度)的最主要因素,并且空气湿度的大小与花卉病虫害的发生和发展密切相关。一般花卉生长最适宜的空气湿度在 65%~80%,温室空气湿度计算公式为

$$\varphi_i = \frac{E_s + E_p + E_w + X \cdot \rho_i \cdot q}{8.18 \times 10^{-4} \times \rho_i \times (0.04 t^2 - 0.87 t + 16.5)}$$

式中 E_s —土壤蒸发量;

E_p —植物蒸腾量;

E_w —水帘或喷雾等蒸发量;

ρ_i —温室内空气密度;

q —温室换气量;

t —温室温度。

1.1.3 光照

光照与花卉生长发育的关系有 3 个方面,即光照强度、光照长度和光质。根据花卉对光照强度的不同要求,把其分为阴性、中性和阳性花卉 3 大类。它们的光饱和点和光补偿点依次增高,同时光照强度还影响花卉的叶色、花蕾开放时间以及花色。光照的长度

收稿日期: 2008—09—16

作者简介: 李 岩(1980—),男,河北任丘人,助教, (E-mail) chli0003@163.com

对许多植物的花芽分化和开花具有显著影响。光质是指具有不同波长的太阳光谱成分。在长的光波下,栽培的花卉节间较长,茎较细;在短的光波下,栽培的花卉节间较短而茎较粗。进入温室的光照强度可用下列公式计算

$$Q_n = A_0 \cdot E_0 \cdot M \cdot P_t \cdot P_c + E_0 (1 - M) \cdot \epsilon \cdot P_c$$

式中 A_0 —直射辐射所照射的面积;

E_0 —温室上方辐射照度;

M —直达辐射点总辐射的比率;

P_t —天文因素和温室屋面形状共同决定的直接辐射率;

P_c —采光材料、水滴和尘染决定的透光率;

ϵ —温室形状所决定的散射光透射率。

1.1.4 CO_2

CO_2 含量是植物光合作用的重要条件之一。研究表明,一般植物生长要求的最佳 CO_2 浓度为 $1\ 000 \sim 1\ 500\ mg/m^3$ 。由于温室属于全封闭环境,室内的 CO_2 因光合作用消耗而得不到及时补充,会出现 CO_2 浓度过低的现象,严重影响植物光合作用的进行。

1.1.5 土壤水分

土壤水分(土壤湿度)过多会使植物徒长,抑制花芽分化;土壤水分过少,则会使植物体内水分平衡受到破坏,进而生理失调,乃至凋萎和枯死。温室土壤水分平衡公式为

$$I + G = ET + D \pm ASW$$

式中 I — T 时间段内灌溉量;

G — T 时间段内地下水补给量;

ET — T 时间段内植物蒸腾总量;

D —深层渗水量;

ASW — T 时间段内土壤有效储水量的变化量。

1.2 环境参数的采集和控制

1.2.1 温度控制

系统中温度检测采用 DS18B20。当室内温度高于设定温度时,执行开天窗→开侧窗→开风扇 1组→开湿帘水泵→开风扇 2组→人工降温;如果此时室外光照很强,还应展开内外遮阳网;当室内温度低于设定温度时,动作过程相反;当夜间室外温度过低时,展开内遮阳,最后是启动加热装置。

1.2.2 湿度控制

系统中湿度传感器采用法国 Humire 高分子湿敏电容。湿度由喷雾系统或湿帘系统进行控制,湿度较强时,一般不采用开窗通风的方法(开窗通风在降低湿度的同时,还会使室内温度降低,尤其在冬季更为明显),而直接使用机械除湿装置进行除湿。土壤

湿度则通过喷灌或滴灌设备为花卉补充所缺水分来调节。

1.2.3 光照控制

光照的控制主要通过内外遮阳网。外遮阳网采用平铺式造型,高度尽可能低,以不影响顶窗完全打开为基准,还要考虑温室屋顶外通风和安装方便等因素,以便减少风雪对外遮阳系统(尤其是传动部分)的侵害。传动机构采用齿条式和驱动电机为受控制执行元件。当夜间光照不足时,通过控制补光灯进行人工补光(例如芍药,可每 $15\ m^2$ 用一个 $200\ W$ 的普通灯泡来补充光照)。

1.2.4 CO_2 浓度控制

CO_2 传感器采用红外双光束光谱测量原理,测量精度和稳定性好,且 $5\ a$ 之内不用校准。温室内通过控制 CO_2 发生器或 CO_2 气瓶来增加 CO_2 浓度。

2 模糊控制过程

本系统应用单片机实现模糊控制,采用查表的方法。首先,建立模糊控制响应表,软件设计中将该表放置到 ROM 存储区。实际控制过程中,模糊控制器把输入量量化到输入量的语言变量论域中,再根据查表的结果求出控制量。

2.1 模糊控制响应表的建立

以温室土壤水分控制为例。设土壤含水量偏差 WE 和土壤含水量变化率 WC 为输入,不同设备运行状况组合 WD 为输出。模糊推理采用 Mamdan 法。定义 WE 的模糊子级为 $\{NL, NM, NS, ZE, PS, PM, PL\}$, 对应 {太湿, 湿, 较湿, 正常, 较干, 干, 太干}; WC 的模糊子级为 $\{NL, NM, ZE, PM, PL\}$, 对应 {湿快, 湿慢, 不变, 干慢, 干快}; WD 的模糊子级为 $\{NL, NS, ZE, PS, PM, PL\}$, 对应 {负大, 负小, 保持, 正小, 正中, 正大}。相应的语言论域等级为 $\{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$, $\{-2, -1, 0, 1, 2\}$ 和 $\{-2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ 。

输入采用三角隶属函数,输出采用棒形隶属函数。设输入 WE 的模糊集为 A , WC 的模糊集为 B , 输出 WD 的模糊集为 C 。根据上述语言变量的赋值,结合操作者的手动控制经验,建立模糊控制状态表,如表 2 所示。

模糊控制的规则为

$$IF\ WE = A_i\ AND\ WC = B_j\ THEN\ WD = C_{ij}$$

应用模糊集合的运算规则,求出模糊关系 R 得到模糊控制器输出的控制量 WD 。最后,借助计算机计算模糊控制关系矩阵,得到模糊控制响应表,如表 3 所示。

表 2 模糊控制状态
Tab 2 The appearance of fuzzy control

	WE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
WD	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL		
WC									
B1	NL	NL	NL	NS	ZE	ZE	PS	C11—C17	
B2	NM	NL	NL	NS	ZE	ZE	PS	C21—C27	
B3	ZE	NL	NS	ZE	ZE	ZE	PS	C31—C37	
B4	PM	NS	NS	ZE	ZE	ZE	PM	C41—C47	
B5	PL	NS	NS	ZE	PM	PM	PL	C51—C57	

表 3 模糊控制响应
Tab 3 The response of fuzzy control

WE								
WD	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
WC								
-2	-2	-2	-2	-1	0	0	+1	
-1	-2	-2	-1	0	0	0	+1	
0	-2	-1	0	0	0	+1	+2	
+1	-1	-1	0	0	0	+2	+3	
+3	-1	-1	0	+2	+2	+3	+3	

2 2 模糊控制的实现

在控制过程中,系统通过数据采集获得环境参数的实时数据;通过与专家系统给定目标数据进行比较,计算得出偏差 WE ;通过初始偏差 WE_0 和一段时间 T 后的偏差 WE ,计算得出变化率 WC 。 T 的设定不能过小(环境参数的变化是一个缓慢的过程)根据试验测量, T 设定为 15 min 较为适宜。在取得 WE 和 WC 的值后,通过输入的模糊计算将其转化为论域值,以论域值查询模糊控制响应表,即可得出输出值 WD 。

3 系统的实现

3 1 系统概述

温室环境控制系统由主控微机 and 温室机组成。主控微机通过连在串口上的 RS232/RS485 通讯适配器与温室机组成微机网络系统。系统的总体结构如图 1 所示。

专家系统和模糊控制器是本系统的核心。由专家系统给定控制的目标数值;由系统对传感器测量的被控对象的实时数值进行比较,得出目标数值同实时数值间的偏差;再由模糊控制器进行逻辑推理和反模糊的处理,最终确定控制量,如图 2 所示。

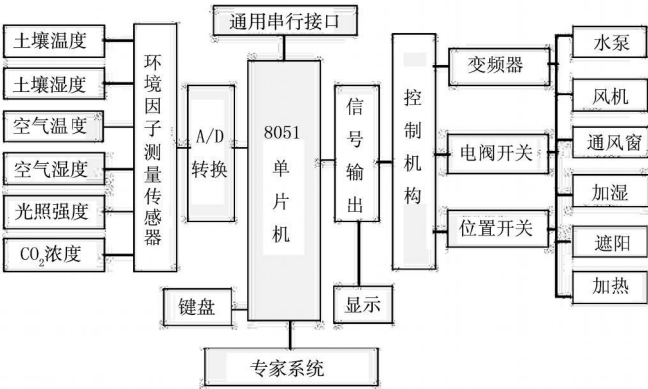


图 1 系统结构图

Fig 1 Diagram of system architecture

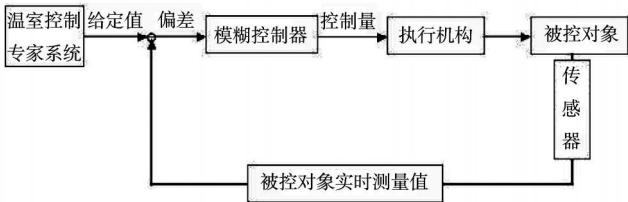


图 2 处理流程

Fig 2 Processed Process

3 2 主控微机

微机采用 586 系列微机、WINDOWS98 或 NT 操作系统。监控软件采用 Visual Basic 编程,主要功能有系统设置、数据输入、控制输出、数据存储、显示以及打印等。

系统设置功能包括:设置各种输入传感器类型、地址、量程和修正值;输出继电器的类型和地址;智能记录控制器的工作状态等。

数据输入和控制输出功能包括:从各温室机中将测量数据直接读回,或将存储在智能记录器中的测量数据读回;可将现场摄像头拍摄下的图像输入计算机中;同时,发出打开或关闭某个温室的某个执行设备的命令等。

数据存储、显示、打印和报警功能包括:将全部测量数据存入数据库中,画出各种测试曲线;进行各种检索、查询报告的生成、显示和打印;各种报警信号的生成等;还可以用中文普通话或英文进行实时语音报数和报警。

主控微机还可以通过电话线或 Internet 网络进行远程数据传输、数据分析、故障诊断和远程技术培训,或直接进行远程操作。

3 3 温室机

温室机是一套由单片机控制的数据采集/控制系统,具有数字信号、模拟信号的输入及开关量与模拟量输出等功能。温室内所有的传感器和控制信号线

均分别连接到温室机的输入与输出接口上。其本身可以直接显示各种测量数据,并实现各种参数的闭环控制或时间控制(如温度、光照和定期浇灌等),同时还具有 RS485 网络通讯接口,也可以接入整个控制网络中运行。此时,温室机接受主控微机的各种控制指令,可将各传感器的测量值传回或完成各种控制命令的执行动作。温室机具有掉电保护功能,自备时钟电路,数据存储采用非易失性存储器,因此即使电源掉电,时钟继续运行,已存储的数据也不会丢失。

3.4 系统其他设备

由于主控微机的串行通讯口为 RS232 而网络通讯采用的是 RS485 协议,因此采用了光电隔离型的 RS232/RS485 转接器,这样可以将测试网络与微机从电气上完全隔离开,进一步提高了系统的抗干扰性和可靠性。

4 结 论

1) 温室环境控制为复杂的多信息控制,各控制节拍的协调和信息的融合取决于传感器和计算机的应用水平。

2) 由于温室环境参数是相互影响的,所以为避免控制过程可能出现的冲突,在控制设计中需要根据一天中不同的时间对环境参数设定不同的优先级。

3) 温室为高湿的特殊环境,对在温室内使用的元

器件都要进行防潮处理,对各元器件都要进行定期校准和检修。

4) 由于系统是参数动态监控系统与专家系统的有机结合,具有自动化程度高和易于维护等特点,为花卉栽培的研究提供了先进的手段,同时又可应用在现代农业的其他领域。

参考文献:

- [1] 阎勤劳,薛少平,朱琳. 果库温度智能测控系统的设计实验[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 150—152
- [2] 龙庆华. 香蕉试管苗培育全过程计算机自动监控网络系统[J]. 计算机与农业, 1998(3): 4—5
- [3] 何希才,白广存. 微型计算机温室环境监控管理系统[J]. 电子技术应用, 1996(3): 9—10
- [4] 毛罕平. "大系统"理论及其在温室系统建模中的应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 1999, 15(3): 186—190
- [5] 毛罕平. 温室环境多变量模糊控制及其仿真[J]. 农业机械学报, 2000, 31(6): 52—54
- [6] 汤兵勇. 模糊控制理论与应用技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002
- [7] Tetsuo Morimoto, Yasushi Hashimoto. An intelligent control for greenhouse automation oriented by the concepts of SPA and SFA— an application to a post-harvest process[J]. Comp Electronics Agric. 2000, 29(1, 2): 3—20

The Application of Intelligent Controllable System in Flower Planting

Li Yan^a, Fan Ruqing^b, Zhang Zhiyong^a

(^a College of Information Science and Technology, ^b Department of Physical Education, Agricultural University of Hebei Baoding 071001, China)

Abstract: All sorts of sensors and computers are applied to control the environment in the greenhouse automatically which provides favorable conditions for flowers growing in inappropriate seasons and areas with a view to fulfilling the target of planting freely reaping ahead of time prolonging the blossom and increasing the yield. In accordance with the requirements of the greenhouse controllable system, new-type greenhouse controllable systems are designed by using computers, thus fulfilling the aim of controlling all environmental factors. This system adopted a lot of advanced digital sensors and realized the organic combination of the computer automatic environment controllable system and the expert system. The system is characterized by powerful functions, high practicality, manipulating easily and stabilization. Also this system bears the qualities of flexibility and expansibility.

Key words: greenhouse, environment controllable system, intelligence, expert system