

# 密闭式无糖组培室环境控制系统设计与控制性能

刘文科, 杨其长\*, 巫国栋, 魏 强

(中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

**摘要:** 报道了一种密闭式植物无糖组培室, 以及一套应用于该组培室的综合环境控制系统 (包括环境因子检测与控制子系统和洁净控制子系统) 中的环境因子检测与控制子系统。环境因子检测与控制子系统中, 温度控制采用触点控制方式, 相对湿度和 CO<sub>2</sub> 浓度控制采用比例控制方式。测试结果表明: 在温度可将室温控制在设定值  $\pm 0.1\sim 0.5^\circ\text{C}$  范围内; 在控制值 30% 和 35% 时内, 系统可将相对湿度控制在控制值  $\pm 5\%$  的范围内; 在控制值为 800 和 1200 mL·L<sup>-1</sup> 时, CO<sub>2</sub> 浓度可被控制在控制值  $\pm 50\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$  范围内。

**关键词:** 无糖培养; 控制系统; 控制方式

**中图分类号:** S625.5.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-1700(2006)03-0455-04

## Integrated Environment Control System for Closed Plantlet Production Using Photoautotrophic Micropropagation: Design and Performance

LIU Wen-ke, YANG Qi-chang\*, WU Guo-dong, WEI Qiang

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In this paper, a closed room for photoautotrophic micropropagation, and an integrated environment control system including environmental measurement vs. control subsystem and cleanliness control subsystem developed for the closed chamber were reported. For environmental measurement vs. control subsystem, temperature was controlled with on-off control pattern, while relatively humidity and carbon dioxide concentration were controlled with proportional control pattern. The determination results showed that temperature could be controlled within  $\pm 0.1\sim 0.5^\circ\text{C}$  around the set point, relatively humidity controlled within the  $\pm 5\%$  around the set point, carbon dioxide concentration controlled within the  $\pm 50\text{ppm}$  around the set point.

**Key words:** photoautotrophic micropropagation; control systems; control pattern

与常规方法相比,无糖培养法具有很多优势,如可大量生产遗传一致、生理一致、发育正常、无病菌的组培苗,可缩短驯化时间,成本较低等<sup>[1-3]</sup>。虽然有关无糖培养的优势和理论原理已经有了许多报道,但商业性的应用例子至今还比较少。其中最主要的原因之一是缺乏综合性的环境控制系统,即环境因子检测与控制 and 空气洁净控制两个方面。无糖培养法对空间环境的要求较高,需要对温度、湿度、CO<sub>2</sub>浓度和光照等因子进行严格控制。若无糖组培环境不能被控制并达到一定的精度,将会严重影响组培苗质量和经济效益<sup>[5]</sup>。为了实现无糖组培环境与植物生长相关环境因子的高精度控制的目的,设计了一种新型密闭式组培室,并研制出一套用于该组培室的综合的环境控制系统,包括环境因子检测与控制 and 空气洁净控制两个子系统。本研究对此控制系统中环境因子温度、湿度和二氧化碳浓度控制系统的设计和性能进行了报道。

## 1 材料与方 法

### 1.1 密闭式无糖组培室设计

所设计的植物组培室规格为(长×宽×高)8300mm×7400mm×3500 mm,该组培室由50 mm 的彩钢板隔成6个功能间,分别称为组培间、两个设备间、准备间、缓冲间和工作观察间(图1)。上述各功能间的面积分别为15.4,3.6,2.6,15.4,2.3,22.6m<sup>2</sup>。空气调控装置包括空调机、加湿机、CO<sub>2</sub>气罐和新风口被设计安装在与组培间相邻的设备间内。在此设备间内,一个体积为925mm×2200mm×760mm 的空间被设计隔离出用做混气箱,此结构使

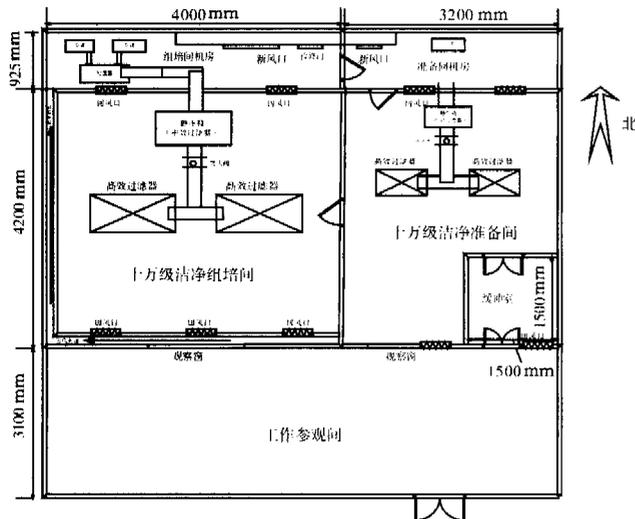
收稿日期:2006-03-20

基金项目:科技部科学仪器升级改造专项(JG-2003-6);中国农业科学院基金项目资助

作者简介:刘文科(1974-),男,中国农业科学院助理研究员,博士,从事设施农业及植物营养生理生态研究。\*通讯作者 Corresponding author: 杨其长(1963-),男,中国农业科学院研究员,博士,从事设施农业及生物环境工程研究。

环境因子检测与控制 and 空气洁净控制两个子系统有机结合在一起(图2)。两个空调机的出口与混气箱相连。培养间和设备间由风机过滤器单元(FFU)连接(规格为600mm×600mm×600mm),FFU包括两个高效过滤器(HEP-A),每个过滤器占有屋顶面积为484mm×968mm。另外,3个紫外灯和3个荧光灯安装在屋顶,用于照明和消毒。一个面积为1200mm×1000mm的观察窗设置在南墙上用于参观者从外面观察。

洁净控制子系统主要由3级过滤装置构成,包括初效过滤器、中效过滤器和高效过滤器。两个高效过滤器被固定在屋顶上。中效过滤器(规格为450mm×450mm×350mm),与离心风机(FSW-No.20Zh-4,北京瑞泰空调通风设备有限公司,北京)结合被安装在FFU内,用来控制从混气箱内进入培养间的空气,使环境气体循环。3个规格为340mm×200mm的初过滤器被对称地安装在南墙上高度200mm的位置。2个同规格的初过滤器被对称地安装在北墙上,离地面高为200mm。



空调Conditioner;加湿器Humidifier;新风口Fresh air vent;检修门Door for repair;回风口Exhaust air vent;组培间机房Air supply and exhaust room for plantlet production room;准备间机房Air supply and exhaust room for preparing and working room;组培间Plantlet production room;准备间Preparing and working room;缓冲室Buffer room;工作参观间Working and visiting room;初效过滤器Primary efficiency filter;中效过滤器Medium efficiency particulate air filter;高效过滤器High efficiency particulate air filter;观察窗Window;风机Fan;混气箱Air mixing box;水箱Water tank;CO<sub>2</sub>钢瓶CO<sub>2</sub> cylinder.

图1 组培室的分室示意图

Figure 1 Compartments of the tissue culture room

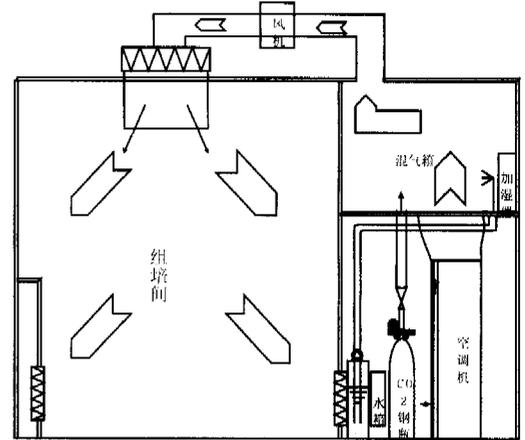


图2 环境控制系统示意图

Figure 2 Schematic diagram of the integrated environment control system

## 1.2 控制系统的设计

控制系统以51系列单片机(89C52单片机)为核心,由温度、相对湿度和CO<sub>2</sub>浓度传感器,A/D转换器、继电器、定时器、减压阀、比例控制器,执行机构(超声波加湿器、空调、CO<sub>2</sub>气源)3部分组成。系统在控制软件的支持下,将传感器采集的信号经过放大、采样保持后,经A/D转换器将模拟信号转换成数字信号输入单片机,单片机作运算判别后输出控制信号,通过该信号控制继电器,进而开闭或调节相应的执行机构,如空调、加湿器和CO<sub>2</sub>电磁阀等,实现对组培室内温度、相对湿度、CO<sub>2</sub>浓度的调控。系统控制软件具有状态显示、修改控制参数等功能。所采用的数据采集软件用VB(6.0)编写,与计算机通过RS-485通信接口实现数据采集、存储,具有良好的图视化效果。

1.2.1 温度控制 温度控制由1台柜式冷暖空调(KFR-50LW/Fd,江苏春兰制冷设备股份有限公司,泰州)和温度传感器组成。为了保证温度控制的均匀性,将空调放置于设备间内,两台空调的出风口,均由侧向出风改为顶部出风,通过软接管将空调的顶部出风口与混气箱相连。

1.2.2 相对湿度控制 相对湿度控制系统由相对湿度传感器,水箱、泵、供水管道,稳压器、比例控制器和加湿器和湿度传感器组成。湿度控制采用比例控制。通过环境监控仪面板设定湿度控制值和比例参数值P。当进行环境湿度控制时,环境监控仪开关闭合,加湿机开启,同时通过IIC通讯接口,将比例控制值传递给“IIC-DA模块”输出模拟比例信号,模拟比例信号经“比例控制器”控制加湿器的加湿量,实现比例调控。WM-BNB2000型超声波式加湿器本身具有比例控制设置功能。

1.2.3 CO<sub>2</sub>浓度控制 CO<sub>2</sub>浓度控制系统由CO<sub>2</sub>钢瓶、减压阀、流量计、电磁阀、供气管道及CO<sub>2</sub>浓度传感器组成。电磁阀的开启与组培间内光照实施联动控制,即只有在光照时和控制系统给出增施CO<sub>2</sub>的信号同时存在时,才释放CO<sub>2</sub>气体。CO<sub>2</sub>气体由钢瓶经减压恒流阀、流量计、电磁阀,直接施放至靠近风机处的通风管道中,通过三速风机由顶部送入组培间内。CO<sub>2</sub>浓度控制采用PWM比例控制。通过环境监控仪面板设定控制值和比例参数值P。当进行环境CO<sub>2</sub>浓度控制时,环境监控仪将检测的CO<sub>2</sub>浓度值对照控制值通过计算输出占空比不同的开关脉冲信号,控制CO<sub>2</sub>电磁阀,实现CO<sub>2</sub>浓度的比例调控。控制系统的传感器主要技术指标如表1。

表 1 控制系统传感器的型号与技术指标  
Table 1 Technical parameters of the sensors in the control system

测量因子 Environmental factor	型号与产地 Type and production site	检测精度 Detection precision	测量范围 Range of detection
温度/℃ Temperature	HEL-777 型薄膜铂电阻 中国 HEL-777 Pt Resistance China	0.3	-20 ~ 50
湿度/% Humidity	MH-1500 Humirel 美国 MH-1500 Humirel U.S.A	3	1 ~ 99
CO <sub>2</sub> 浓度/mL·L <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> concentration	Vaisala-DMW22D 芬兰 Vaisala-DMW22D Finland	30	0 ~ 5000

## 2 环境控制系统性能试验

控制系统研制完成以后,以控制点为测定进行了控制系统性能的检测,研究了控制系统在不同比例参数下的控制精度。CO<sub>2</sub>浓度控制试验设定了高低两个浓度水平,分别为800, 1200mL·L<sup>-1</sup>,在比例参数5500和6000条件下分别监测1.5h。温度控制检测是以23℃为控制值,将控制差设定为0.2,0.3和0.4,每个设置监测1.5h,连续监测11h。相对湿度检测以30%和35%为控制值,在比例参数为85%条件下进行监测2h。

### 2.1 温度控制

温度控制如图3所示,以23℃为控制值时,设定3种控制差条件下,组培间内温度都能被控制在(23±0.1~0.5)℃的范围内,实现较高精度的控制精度。

### 2.2 湿度控制

由图4可知,湿度可很好地控制在27%~30%之间,控制效果很好。由图5可知,湿度可很好地控制在31%~35%之间,控制效果很好。

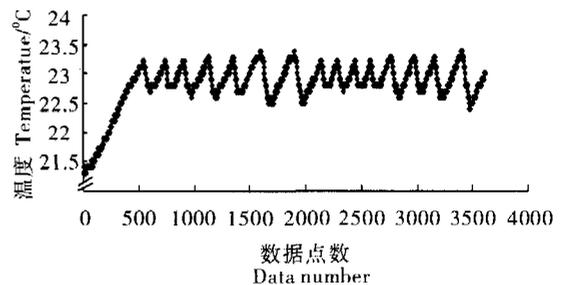


图3 控制差设定为 0.2,0.3 和 0.4 时温度控制曲线  
Figure 3 Temperature variation at 25 with control derivation of 0.2,0.3 and 0.4

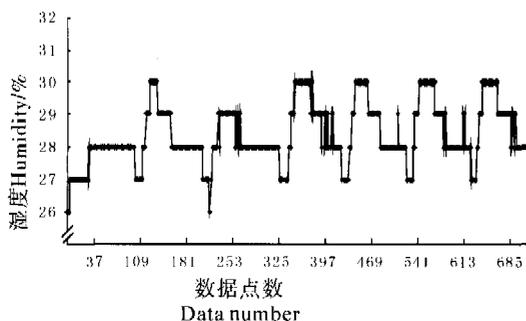


图4 湿度控制值 30%,比例参数为 85%时曲线  
Figure 4 Relatively humidity at 30% with P value 85%

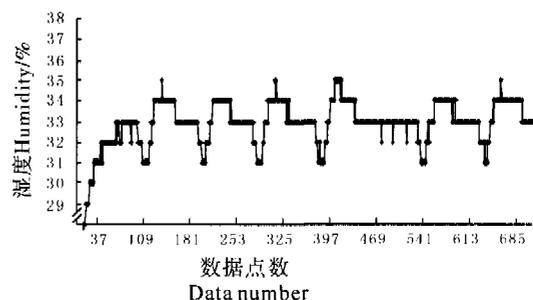


图5 湿度控制值 35%,比例参数为 85%时曲线  
Figure 5 Relatively humidity at 35% with P value 85%

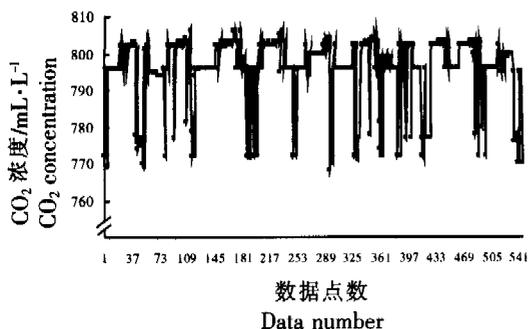


图6 CO<sub>2</sub>控制 800mL·L<sup>-1</sup>,比例参数 5500 时曲线  
Figure 6 CO<sub>2</sub> concentration variation at 800mL·L<sup>-1</sup> with Pvalue 5500

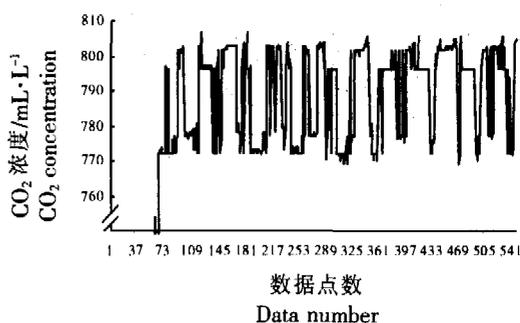


图7 CO<sub>2</sub>控制 800mL·L<sup>-1</sup>,比例参数 6000 时曲线  
Figure 7 CO<sub>2</sub> concentration variation at 800mL·L<sup>-1</sup> with Pvalue 6000

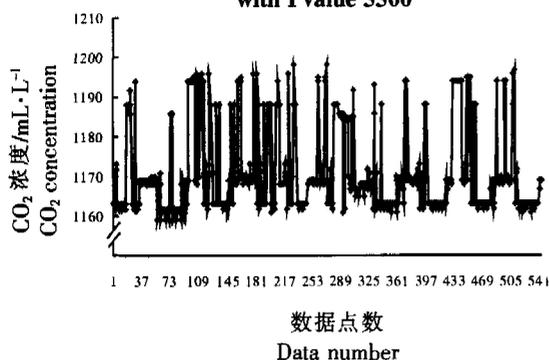


图8 CO<sub>2</sub>控制 1200mL·L<sup>-1</sup>,比例参数 5500 时曲线  
Figure 8 CO<sub>2</sub> concentration variation at 1200mL·L<sup>-1</sup> with Pvalue 5500

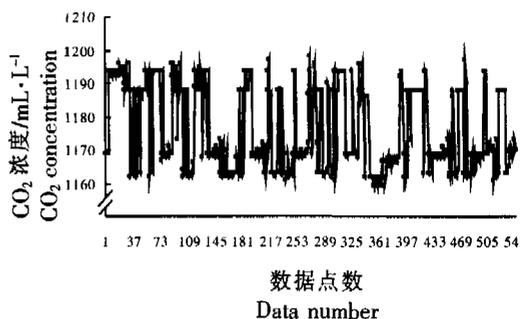


图9 CO<sub>2</sub>控制 1200mL·L<sup>-1</sup>,比例参数 6000 时曲线  
Figure 9 CO<sub>2</sub> concentration variation at 1200mL·L<sup>-1</sup> with Pvalue 6000

### 2.3 CO<sub>2</sub>浓度控制

图6、图7、图8和图9分别是CO<sub>2</sub>浓度控制值为800mL·L<sup>-1</sup>和1200mL·L<sup>-1</sup>条件下,比例参数为5500和6000时监测曲线。结果表明,不管是在低浓度或高浓度控制条件下,系统能将CO<sub>2</sub>浓度控制在控制值±50mL·L<sup>-1</sup>的范围内。P值大小可影响曲线的形状,决定检测数据的分布,但对控制精度影响不大。

## 3 结论

本研究报道的密闭式植物无糖组培室,以及应用于该组培室的一套综合环境控制系统(包括环境因子测量和控制子系统和洁净控制子系统)中的控制因子检测与控制子系统。控制系统中温度采用触点控制方式,相对湿度和CO<sub>2</sub>浓度采用比例控制方式。测试结果表明,在温度可将室温控制在设定值±0.1~0.5℃范围内;在30%~40%的设定范围内,系统可将相对湿度控制在控制值±5%的范围内;在控制值为800mL·L<sup>-1</sup>和1200mL·L<sup>-1</sup>时,CO<sub>2</sub>浓度可被控制在控制值±50mL·L<sup>-1</sup>范围内。该组培室及综合控制系统实用性强,为无糖培养的商业化应用提供了一整套建造思路和控制模式。尤其是在控制系统设计上,比例控制方式的应用,使系统控制精度较触点控制方式大大提高。比例控制方式对提高CO<sub>2</sub>浓度的控制精度是尤为重要,可很好地解决了CO<sub>2</sub>传感器的滞后所造成的控制滞后的弊端。

### 参考文献:

- [1] KOZAI T. Photoautotrophic micropropagation [J]. In Vitro Cell Dev Biol-Plants, 1991, 27: 47-51.
- [2] KOZAI T, C. KUBOTA AND B JEONG, R. Environmental control for the large-scale production of plant through in vitro techniques[J]. Plant Cell, Tissue Organ Culture, 1997, 51: 49-56.
- [3] KUBOTA C. Concepts and Background of Photoautotrophic micropropagation[M]. In Proc:Molecular Breeding of Woody Plant, 2001.325-334.
- [4] 刘文科,杨其长. 环境控制技术在植物无糖组织培养中的应用[J]. 农业工程学报, 2005, (增刊):45-49.