

基于 PLC 的无糖组培微环境控制系统

李传业 滕光辉 曲英华

(中国农业大学 水利与土木工程学院,北京 100083)

摘要 为实现组培微环境 CO₂ 增施的长期自动控制,解决增施 CO₂ 过程中可能将空气中杂菌引入组培箱的问题,设计开发了一套基于 PLC 的无糖组培微环境控制系统。系统以 PLC 为控制核心,采用定量供给的 CO₂ 增施控制策略,可根据设定要求将固定量的高压、高纯度 CO₂ 气体直接供入组培箱,并可对组培箱内湿度进行调控。系统调试试验结果表明,控制系统能将光期组培箱内 CO₂ 摩尔分数和相对湿度分别控制在 700~900 μmol·mol⁻¹ 和 80%~92% 的目标范围内,达到了预期效果。

关键词 植物组织培养;无糖培养;PLC;环境调控

中图分类号 S 604.3;S 625.51

文章编号 1007-4333(2004)04-0030-05

文献标识码 A

Application of PLC in photoautotrophic plant tissue culture environment control system

Li Chuanye, Teng Guanghui, Qu Yinghua

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract In order to realize CO₂ enrichment automatic control over a long period of time and overcome the drawback of common plant tissue culture environment control system that uses buffer set, a photoautotrophic plant tissue culture environment control system was designed. The core of this system is PLC. The control system controls the discharge of CO₂ over a long period of time by fixed quantity supply. The results indicated that this environment control system could be operated normally and reliably. The CO₂ concentration in the setting scope of 700—900 μmol·mol⁻¹ and relative humidity in setting scope of 80%—92% could be kept.

Key words plant tissue culture; sugarfree micropropagation; PLC; environmental control

植物组培的应用范围正在逐步扩大,由于传统(常规)组培成本极高且应用限于园艺植物,为扩大其在农业、林业等领域的应用,必须发展一种新型的适用于离体培养小植株的自动化、规模化繁殖体系。无糖微培养生长模式就是这种系统的最新贡献^[1]。研究表明,组培环境调控对于降低组培苗生产成本,改善其质量具有非常重要的作用,然而目前关于组培容器内环境因子对培养植物的生长及形态的影响还存在许多疑问,相关组培容器、设施及其监控系统有待研制开发^[2]。

国外(尤其是日本)有关专家致力于研究开发大型组培设施及组培环境调控系统,已经通过强制通

风的方式实现了对组培箱内微环境的气体环境调控,但所用组培箱体积不大,容积一般不超过 20 L,所用元器件也非常昂贵^[3~6]。20 世纪 90 年代,我国在引进日本无糖组培新技术的同时也开始研究开发大型组培设施,采用的箱体比国外同类设施大得多,但对组培微环境的自动化监控还只是通过间接方式来实现^[7~9],对组培微环境的直接控制,只实现了 CO₂ 增施的半自动化控制^[10]。总体而言,我国的规模化组培育苗设施环境调控^[7~10]多采用以经验为主的粗放型控制,为增施 CO₂ 控制方便,大多采用缓冲储气+置换通风方式。这类装置主要存在以下问题:

收稿日期:2004-01-07

基金项目:“十五”国家科技攻关资助项目(21316004)

作者简介:李传业,硕士研究生;滕光辉,教授,博士,主要从事生物环境监测和信息技术的研究。

1) 附加缓冲储气装置系统复杂, 系统总体可靠性不高; 2) 缓冲储气要人为控制, 难以实现自动化, 降低了控制精度; 3) 稀释气体中引入大量的空气, 容易引起本可以避免的污染; 4) 增施 CO_2 是通过通风换气的方式实现的, 加速了箱内组培基质水分的散失而导致箱内湿度偏低。

笔者将 PLC 引入无糖组培微环境控制系统中, 开发了一套基于 PLC 的, 可将高纯度、高压 CO_2 气体直接加入组培箱内, 并可对箱内 CO_2 浓度、湿度进行调控的无糖组培装置及其控制系统。

1 系统结构

1.1 CO_2 施放装置与控制策略

将常开和常闭电磁阀各一个配对使用, 两电磁阀同时动作, 每次向组培箱内定量加入高压、高纯度 CO_2 气体(图 1)。

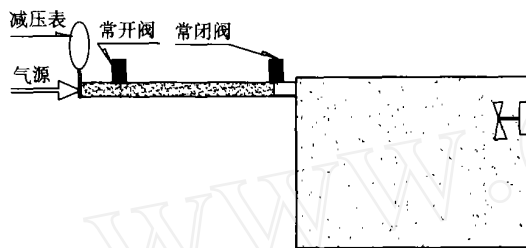


图 1 CO_2 施放装置结构示意图

Fig. 1 The schematic diagram of CO_2 discharge

设常闭阀与常开阀之间气管内的气体体积为 V_1 , 压力为 p_1 ; 组培箱内气体容积为 V_2 , 压力为 p_2 。电磁阀每动作一次, 组培箱内 CO_2 浓度增加值可近似为

$$C_z = (p_1 / p_2) (V_1 / V_2) \quad (1)$$

式中: V_1 和 V_2 为硬件特性参数, 硬件装置制作完成即已固定; p_2 在通常情况下为常数, 即 1.01 325 MPa, p_1 会随 CO_2 钢瓶出口压力的改变而改变, 但是通常情况下, 钢瓶的压力为 5 MPa 以上, 须经减压阀减压后送入气管, 所以 p_1 也可以人为调定为一定值。总而言之, C_z 反映了系统的硬件特性。

1.2 除湿装置及原理

在除湿罐内放置变色硅胶作为吸湿剂, 离心风机的抽吸作用使空气在组培箱与除湿装置组成的封闭系统内循环流动, 由于硅胶的吸湿作用, 空气流经除湿罐后, 湿度降低。

1.3 系统总体结构

系统总体结构框图见图 2。系统采用 Modicon

TSX Neza 型中的 TSX08CD6AC PLC 及 TSX08EA4A2 模拟扩展与上位机组成的监控系统对组培箱内的气体环境进行监控, PLC 对 CO_2 增施阀、搅拌风扇、补光灯和除湿器等进行控制, 对箱内的 CO_2 浓度、温度和湿度等环境参数进行采集并定时记录。当与上位机连接并通讯时, 上位机可以实时监测各个环境参数, 也可不定期下载记录在 PLC 上的历史数据。

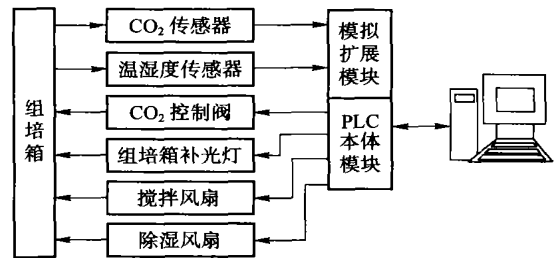


图 2 控制系统总体结构框图

Fig. 2 The architecture of the control system

1) CO_2 增施控制。

当 CO_2 传感器检测到组培箱内 CO_2 浓度低于设定的最低值时, PLC 向电磁阀和风机继电器输出开/关信号, 电磁阀动作, 向组培箱内加入定量的 CO_2 气体, 同时启动搅拌风扇。为了避免因传感器的响应滞后而发生电磁阀误动作, 对电磁阀动作的最高频率进行了限制。

搅拌风扇安装在组培箱内部, 开启时吸入的是组培箱内的空气, 同时, 组培箱内温度场的梯度影响很小, 可以忽略; 当高压、高浓度的 CO_2 气体从气管喷出时, 结合风扇的作用, 气体呈自由淹没等温射流状态, 在射流卷吸作用下, 其边界临近的静态气体随之运动, 形成更大流量的射流, 从而使 CO_2 气体在具有一定流速的空气中进一步与箱内的空气混合, 达到均匀分布^[11]。

2) 除湿控制。

当系统的温湿度传感器检测到组培箱内的湿度高于设定的最高值时, PLC 向除湿风机继电器输出开启信号, 启动除湿风机; 当箱内湿度到达控制下限时, 停止除湿。为了满足不同控制要求, 本系统设有 2 种操作方式, 一种是全自动控制方式, 即根据用户要求 PLC 实现自动控制功能, 这是 PLC 正常的工作方式; 另一种是手动控制方式, 用户通过控制箱面板上的转换开关选择控制方式。选择手动控制方式时, 可通过面板上的按钮直接控制各个执行机构的动作。

2 PLC程序编制

PLC控制程序框图见图3。PLC控制程序的执行功能模块分为补光、CO₂增施、除湿、环境参数定时记录和增施情况记录等,其中补光与CO₂增施模块相关,即只在补光阶段增施CO₂。

补光控制模块:系统补光采用的是12 h·d⁻¹的

固定周期,使用一个调度模块的输出进行控制即可满足要求。如要采用间歇补光周期,只须增加若干个内部定时器即可方便地实现。CO₂增施控制模块:在补光控制模块输出为ON时,PLC读取CO₂传感器的输入,并与用户设定的控制下限进行比较,同时判断电磁阀的动作频率是否超出控制极限,进而判定电磁阀是否开启,若开启则同时打开搅拌风扇。

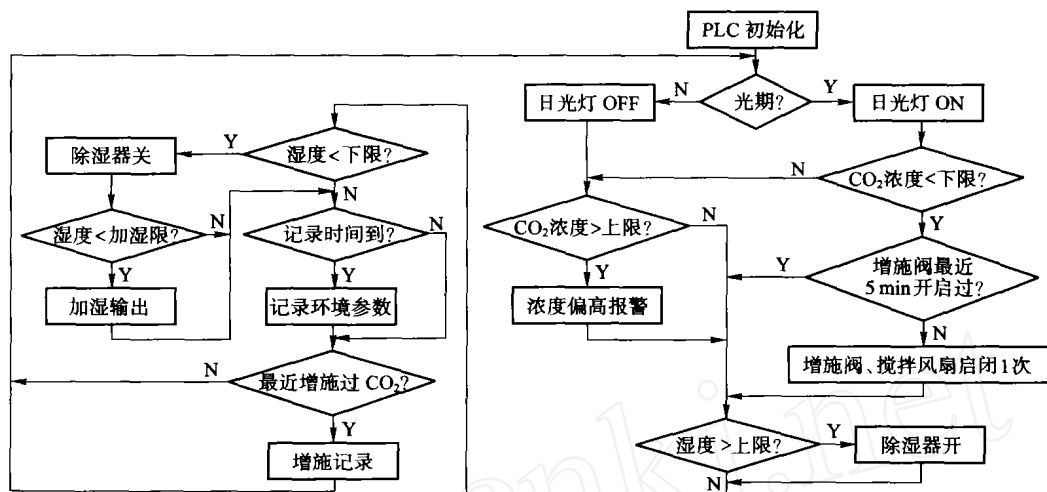


图3 PLC程序控制框图

Fig. 3 The architecture of the PLC program

除湿模块:与CO₂增施模块类似,PLC读取温湿度传感器检测的湿度值,并与用户设定的湿度上限比较,如果超出上限,则打开除湿器。为了避免在控制限附近电磁阀频繁动作,除湿控制信号首先启动一个定时器,由定时器的输出(可根据需要设定控制动作的最短时间)控制除湿器的动作。

定时记录模块:采用定时器控制其记录周期,待记录满时从新开始记录。

3 系统调试试验

3.1 组培预备试验

为了验证系统CO₂增施控制策略和控制程序的可行性,为后续正式组培试验做准备,2003-06-19—07-16进行了生根阶段(考察光期增施CO₂对小苗生根效果的影响)的组培预备试验。

3.1.1 材料与方

1) 材料。将经过茎尖脱毒的非洲菊继代4次以

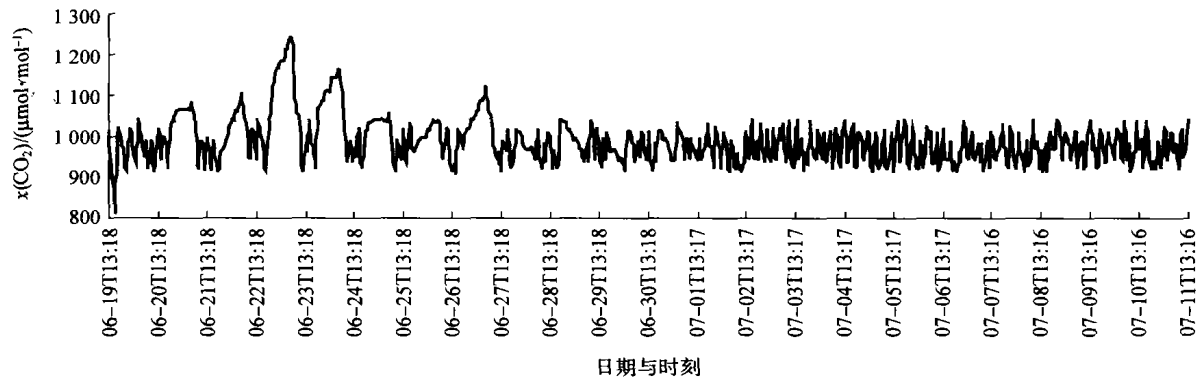
上的培养苗剪切,得到其不带根的茎叶作为试验材料。

2) 方法。在2个相同的培养箱内分别进行处理组和对照组的对比试验。处理组增施CO₂,培养箱内光期CO₂控制目标为900~1200 μmol·mol⁻¹;对照组不增施CO₂。其他试验条件相同。光照周期12 h·d⁻¹,PAR(有效光合辐射)30 μmol·m⁻²·s⁻¹,温度(25±2)℃。采用1/2 MS培养基,支撑材料为蛭石。培养容器为15 cm×20 cm×2 cm的医用托盘,盘内盛放蛭石120 g和1/2 MS培养基200 mL,每盘栽种组培小苗24棵,处理组与对照组各2盘。组培后期分别于2003-07-11和07-16对小苗的生长参数进行调查,每次调查时处理组和对照组各取一盘。

3.1.2 试验结果与分析

图4示出2003-06-19—07-11处理组组培箱内CO₂调控效果曲线,可以看出,2003-06-23 CO₂摩尔分数超过了1200 μmol·mol⁻¹。其原因是,试验的第1周,为满足植株生长的湿度需求,防止组培箱内湿度过低,将组培箱的部分换气孔用有机玻璃覆

施耐德电气(中国)投资有限公司 NEZA 产品部译。Modicon TSX Neza 可编程控制器 PL707WIN 编程软件操作手册[Z].

图 4 组培箱内 CO₂ 摩尔分数变化曲线 (2003 年)Fig. 4 The time course of CO₂ concentration in the culture box (in 2003)

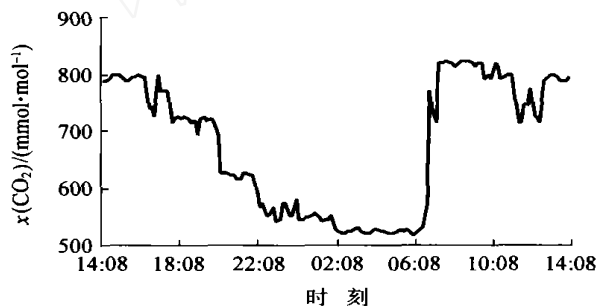
盖,且换气孔孔径较小,夜间组培苗呼吸作用释放的 CO₂ 在箱内累积。组培一周后换气孔打开,随着小苗光合吸收能力的增强,组培箱内的 CO₂ 浓度控制在预定范围内,表明系统的控制策略是可行的。

3.2 系统改进及调试试验

针对因夜间组培苗呼吸作用会引起组培箱内 CO₂ 浓度偏高的现象,对 PLC 控制程序进行了修改,主要是增加了箱内 CO₂ 浓度偏高时报警或风扇搅拌控制输出功能,并对箱体的透气孔进行了改进,透气孔孔径由原来的 3 mm,扩大为 6 mm。

为了进一步验证该装置及其监控程序的效果,2003-12-11—12-15,对系统进行了一次 CO₂ 增施与湿度控制的联合调试试验。本次试验中光期的 CO₂ 调控目标是 700 ~ 900 μmol · mol⁻¹,湿度控制目标是 80 % ~ 92 %。为了模拟组培时的高湿状态,在组培箱内放入 2 盘水。

由图 5 和图 6 可见,光期 CO₂ 浓度控制在目标范围内,湿度控制也达到了预定的效果,由初步试验的结果表明系统能够满足无糖组培增施 CO₂ 和控制过高湿度的要求。

图 5 系统调试试验组培箱内 CO₂ 浓度控制效果

(2003-12-13—12-14, 光期 6:30—18:30)

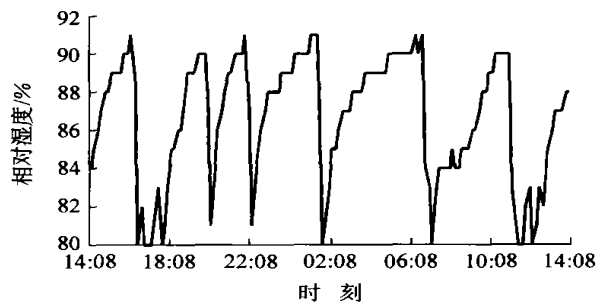
Fig. 6 The time courses of CO₂ concentration in culture box controlled by this system

图 6 组培箱内湿度控制效果 (2003-12-13—12-14)

Fig. 6 The time courses of RH in culture box controlled by this system

4 结束语

系统以 PLC 为控制核心,采用定量供给的 CO₂

施放策略,将高压、高纯度 CO₂ 直接供入组培箱,在简化监控系统结构的同时提高了系统的可靠性,并实现了长期自动适时增施 CO₂ 的目标。PLC 的采

用可以在没有上位计算机监控的情况下对组培箱内环境进行单独控制,降低了控制系统的成本。系统既可以用于科研亦可在实际生产中应用。

参 考 文 献

- [1] 李宗菊, 桂明英. 加速组培小苗植株生长无糖培养技术[J]. 北方园艺, 1999(1): 15~17
- [2] 曲英华, 胡秀蝉, 吴毅明. 植物组织培养新技术: 光独立培养法[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 90~92
- [3] Nguyen Q, kozai T, Nguyen U V. Effects of sugar concentration, supporting materials and number of air exchanges of the vessel on the growth of in vitro Coffee [J]. *In vitro Cell Dev Bio Plant*, 1992, 35: 350~355
- [4] Kitaya Y, Askami K, Kozai T. Development of photoautotrophic plant tissue culture system using CO₂ from shiitake mushroom[J]. *Acta Hort*, 1995, 393: 195~202
- [5] Fujiwara K, Kozai T, Watanabe I. Development of a photoautotrophic tissue culture system for shoot and/or plantlets at rooting and acclimatization stages[J]. *Acta Hort*, 1988, 230: 153~158
- [6] Tisserar B, Jones D, Gallerra D. Construction and use of an inexpensive invitro ultrasonic misting system[J]. *Hort Technology*, 1993, 3(1): 75~78
- [7] 肖玉兰, 钱彪, 和树庄, 等. 植物光独立培养微繁殖供气装置[P]. 中国专利: 00223772.5, 2001-04-05
- [8] 徐志刚, 丁为民, 丁永前, 等. 规模化组培设施环境与控制的研究进展[J]. 农业机械学报, 2002, 33(1): 106~110
- [9] 徐志刚. 组培微环境与规模化育苗设施环境调控的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2002
- [10] 丁永前. 组培苗微生态环境中 CO₂ 控制的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2000
- [11] 王双喜, 高昌珍, 扬存栋, 等. 温室 CO₂ 气体浓度环境自动控制系统的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 85~86

成果介绍

我校主持的国家“十五”科技攻关计划项目“生态农业技术体系研究与示范”中的“氮肥污染控制研究”课题于2004年5月通过了农业部科技教育司组织的验收

该课题由资源与环境学院张福锁教授主持。课题提出了养分实时监控和水肥一体化的核心技术,建立了以氮素优化管理为核心、以土壤养分分级为基础、以施肥分区管理为特征的区域性养分管理技术和养分平衡技术。课题建立了山东惠民和江苏常熟2个生态农业试验示范区,示范推广氮肥污染控制技术,有效地降低了高产区分区过量施氮造成的面源污染,降低了生产成本。课题组制定了试验示范区冬小麦-夏玉米、稻麦轮作、保护地黄瓜生产技术规程;制定了滴灌专用肥标准,已报请山东省标准局审批;制定了常熟市和惠民县《“十五”农业面源污染控制方案》。

(科学技术处供稿)