

植物无糖组培容器环境控制系统设计及其效果

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所
石家庄科技信息职业学院
中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

刘文科
夏凤召
杨其长

摘 要 植物无糖组培微环境控制是当今研究的一个热点。通过对植物无糖组培箱的改进,设计安装了箱内环境控制系统,实现了对培养容器内的 CO_2 浓度、温度和湿度的自动检测,以及 CO_2 浓度的自动控制。试验结果表明,明期内箱体中 CO_2 浓度控制在 $1\,950 \times 10^{-6} \sim 2\,400 \times 10^{-6}$ 范围内,控制稳定性好。 CO_2 浓度、温度检测值与明期、暗期直接相关,温度主要受控于房间的温度变化和照明灯具产生的热负荷。文章最后对控制系统的性能进行了评价,并提出了改进的方法。

关键词 大型培养容器 无糖培养 环境控制 性能

中图分类号

文献标志码 A

植物无糖组织培养(Sugar-free micropropagation)是当今发展较快的生物技术。其特点是采用人工环境控制手段,用 CO_2 代替糖作为植物的碳源,提供适宜植株生长的光、温、水、气、营养等条件,促进植株的光合作用和生长发育。因此,采用此技术时组培环境调控是很重要的。所以,自该技术产生以来,如何调控培养容器内的环境因子,为组培苗创建适宜的生长条件,以增加组培苗的质量和生产效率一直是研究重点。

无糖培养的环境应以组培苗为核心定义的,其内涵因采用的组培设施形式而定。组培设施按外植体定植的方式分为开放式和半开放式 2 种,其中最为关键是培养容器的类型。目前,无糖组织培养容器趋于向大型化发展,报道的容积已达 120~170 L,将来可能更大。大型组培容器应用是无糖培养的发展方向,箱体内环境控制必然成为研究热点。作者在吸收前人研究成果的基础上,设计了一种大型培养容器和箱体内环境控制系统,并对其性能进行了试验研究。

1 大型植物无糖组培容器的研制

设计了大型无糖组培箱,其主要的特征如下。首先,箱体壁厚为 1.0 cm,箱体内部的长×宽×高为 $1.2\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 0.3\text{ m}$,材质为进口有机玻璃板。该培养箱的体积达到 180 L。第二,箱体内安装了采用有机玻璃管制作成的 CO_2 释放装置。管的直径为 1 cm,长度为 1.25 m。安装时一端露出 3 cm,连接气源,为进气口;另一端封闭后安装在箱体的内嵌小槽中固定。定位于培养上部均匀分布。有机玻璃管的侧面打 2 排孔,孔直径为

1 mm,按开孔垂直方向两排孔面间呈 120° 夹角,两排孔在同一水平面,平行地面放置。孔间距离为 2 cm,两排孔交错分布。此设计目的是可保证在箱体不同部位都能获得等量的气体,使之能够迅速均匀地分布于培养箱的空间内,减少扩散引起的滞后,提高二氧化碳浓度的控制精准度。

在其正面安装一个可向上翻起的门。长度为组培箱长度的 $1/3$,高度为组培箱的 $1/2$ 。其位置在箱体正面的上端 $2/3$ 处。上侧采用合页和螺钉固定,下部被可旋动的有机玻璃夹固定。门四周内嵌橡胶垫,以保证门在关闭时的气密性。箱体的侧面开孔 1 个为六孔梅花状,孔径为 6 mm,孔间距(孔心线上)2 mm。孔位置在箱体左右两侧的上部,距离上表面 2 cm,2 孔呈对角位置分布。

2 控制系统的研制

培养容器的控制系统是由传感器检测系统(传感器种类和性能指标见表 1)、计算机控制系统和 CO_2 供应系统组成的,实现对箱体内 CO_2 浓度、温度和湿度的自动检测,以及 CO_2 浓度

表 1 控制系统传感器的技术指标

环境因子	型号与产地	检测精度	测量范围
温度	E+E ELEKTRONIK 奥地利	$\pm 0.3\text{ }^\circ\text{C}$	$0 \sim 50\text{ }^\circ\text{C}$
湿度	HM-1500 Humirel 美国	$\pm 3\%$	$1 \sim 99\%$
CO_2	E+E ELEKTRONIK 奥地利	$\pm 40\text{ ppm}$	$0 \sim 5000\text{ ppm}$

[收稿日期] 2008-09-28 [邮编] 100081

[作者简介] 刘文科(1974—),男,河北省孟村县人,副研究员,主要从事设施园艺、生态农业方面的研究。

的自动控制。传感器安装在箱体后侧,箱体上采用 5 盏日光灯为光源,距离箱体 6 cm。

计算机控制系统的控制程序采用 VB 语言编制,Windows 系统兼容性好。具有良好的图视化效果,人机对话功能强,界面简洁直观,操作方便,各项历史记录,可利用 Office 软件进行数据处理。同时,也可由可编程控制器(C-2000)进行控制,该控制器具有 3 个输入通道和 4 个输出控制通道。输入通道连接温度、湿度和 CO_2 传感器,并将检测到被控环境的电信号转变为数字信号,通过嵌在监控器表面的液晶显示器显示当前被检环境的温度、湿度和 CO_2 浓度,实现在线检测。系统每 10 min 记录一个数据,具有温度、湿度、 CO_2 浓度 3 个参数。控制器具有 4 个输出控制通道,控制值通过面膜按键进行设定,微控制处理器将温度、湿度和 CO_2 浓度设定值与检测值比较,由中间继电器控制空调、加湿器的工作和 CO_2 气体释放,实现环境 CO_2 浓度的自动控制;光照采用定时控制。控制器设有 RS-485 通讯接口,可以方便地将多台监控器组合与计算机连接,实现计算机多点监控。

供气装置由 CO_2 气瓶、输气管、减压阀、稳流器、电磁阀、流量计和释放管等组成。

3 控制系统的控制性能试验

试验于 2005 年 9 月 6 日 8:00 开始,至 7 日 8:00 结束,连续采集一天数据。培养容器内环境的控制参数为: CO_2 浓度 $2\,000 \times 10^{-6}$,控制差 $\pm 50 \times 10^{-6}$,光照时间 8:00~23:00。组培间控制参数: CO_2 浓度 800×10^{-6} ,控制差 $\pm 50 \times 10^{-6}$;温度 26°C ,控制差 $\pm 0.5^\circ\text{C}$;湿度相对湿度控制在 65%,光照时间 8:00~23:00。 CO_2 增施与和光照互锁启动。

4 结果与分析

如图 1 所示,箱体内 CO_2 浓度在起始后一直在上升,上升时间可控最低值时间为 2 h 5 min 左右的时间;而达到可控最大值的时间为 2 h 30 min 左右。在 17 个 h 的明期里, CO_2 浓度变化呈波浪形,其变化被控制在 $1\,950 \times 10^{-6}$ ~ $2\,400 \times 10^{-6}$ 范围内,控制周期为 2 h 加减 20 min。该 CO_2 浓度曲线的最大特点是控制值以上的变幅最高达 400×10^{-6} ,远大于控制值以下的

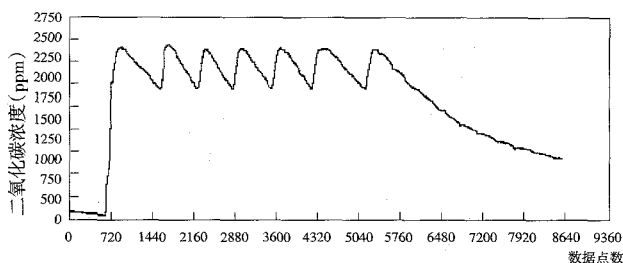


图 1 培养容器 9 月 6 日 8:00~7 日 8:00 二氧化碳监测曲线

变幅最大值 50×10^{-6} 。在其余的 7 h 的暗期内,箱体内 CO_2 浓度呈平滑地降低趋势,下降最小值为 $1\,200 \times 10^{-6}$ 。

由图 2 所示,温度变化具有突出的明期和暗期差异。在明期,起始后,温度持续升高,最高温度达 31°C ,维持将近 8 h;随后,逐步下降到控制室温度近 8°C 。总体变化曲线呈反写的 S 形。

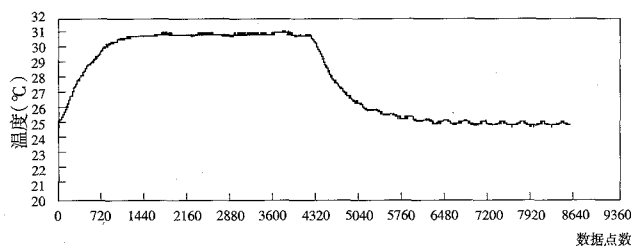


图 2 培养容器 9 月 6 日 8:00~7 日 8:00 温度监测曲线

有关大型组培箱设计与环境控制系统的研究早已有过,但控制效果差异很大。目前,从组培环境 CO_2 调控的方法上,日本及中国的一些研究者大多采用缓冲储气+置换通风方式。这类装置主要存在很多缺陷。中国农业大学开发控制系统以 PLC 为控制核心,采用定量供给的 CO_2 将高压、高纯度 CO_2 直接供入组培箱,这种方式克服了缓冲储气+置换通风方式的一些缺点,但增加一些控制难度。由于高纯度 CO_2 直接供入组培箱,易引起箱体内气体环境不均一,加大因传感器滞后造成的控制误差,降低控制精度。通过 CO_2 释放装置设计与安装,基本解决了上述难点,实现了较为理想的控制效果,系统稳定性高。当然,对该系统的性能评价还应进行多个浓度水平的检测试验,才能更好地把握此系统的性能。

要想进一步提高控制精度,除了对箱体设施和控制元件进行改进外,采用新型的控制方法也是一条很好的途径,如对一些可行的环境因子(如 CO_2 浓度等)采用比例控制甚至 PID 控制,可大幅度提高控制效果。

对箱体的规格进行了改进以适应种苗植物的无菌培养的要求,操作更容易。也满足了组培苗后期生长研究的需要,以及无菌条件下多种植物种类的生理生态学、植物环境和微生物待关系的研究需要。此外,此项改进还可提供更大的垂直空间,提高了培养箱气体浓度的缓冲性能,为提高 CO_2 释放时的控制精度创造了条件。

4 结论

通过试验表明:研制的环境控制系统能够对新设计大型培养容器内的 CO_2 浓度、温度和湿度的自动检测,以及 CO_2 浓度的自动控制。整个明期内箱体中 CO_2 浓度控制在 $1\,950 \times 10^{-6}$ ~ $2\,400 \times 10^{-6}$ 范围内,控制系统性能稳定,达到较理想的控制效果。 CO_2 浓度、温度检测值与明期、暗期直接相关,温度主要受控于房间的温度变化和照明灯具产生的热负荷。