

无糖组织培养营养液系统的设计

马明建

(山东理工大学 轻工与农业工程学院, 山东 淄博 255012)

摘要: 无糖组织培养采用以 CO_2 气体为碳源, 采用人工光照和营养液提供养分的方法培养组培苗。根据无糖组织培养的特点, 设计了一种营养液系统, 介绍了系统结构和工作原理, 论述了 pH 值、电导率值、溶存氧和液体温度的控制策略。试验表明, 系统结构简单, 自动化程度高, 控制精度满足无糖组培苗生产的需要。

关键词: 园艺学; 组织培养; 营养液系统; 无糖

中图分类号: S625.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2008)12-0090-02

0 引言

无糖组织培养是一种新的植物组织培养方法^[1-2], 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, 提供最适宜植株生长的光、温、水、气与营养等条件, 促进植株的光合作用, 从而促进植物的生长发育。由于无糖组织培养采用自然换气或强制换气来提高组织培养空间内的 CO_2 浓度和气流速度, 需要进行组织培养空间与环境之间大量的气体交换, 气流的扰动常使培养基水分损失加大, 易造成干旱胁迫和生根阶段培养基中的养分亏缺^[1]。

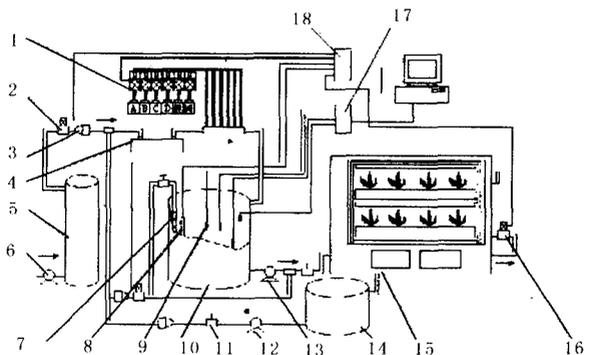
用珍珠岩将组培苗固定在栽培容器中, 定时供给营养液到栽培容器为组培苗提供养分和水分, 可以解决以上问题。营养液的 pH 值、电导率值、液体温度、溶存氧的稳定以及调节对于组培苗的生长十分重要^[2]。为了降低营养液频繁排放对环境造成的污染, 营养液应该循环使用。因此, 营养液供给系统是无糖组织培养中的关键技术之一。

1 营养液系统结构和工作原理

营养液系统由母液桶、计量泵、电磁阀、水处理装置、灭菌装置、加热器、营养液混合桶、水泵、管道、传感器和计算机等构成。营养液系统结构如图 1 所示。

工作原理如下: 自来水经砂滤、离子交换树脂去除水中杂质后注入营养液混合桶, 用 pH 和电导率传感器检测液体参数, 计算机控制计量泵分别输入浓缩母液和酸碱缓冲液, 并通过水流喷射器搅拌液体来控制

营养液的电导率值和 pH 值。用溶存氧、温度传感器检测液体溶存氧和温度, 计算机控制无油空压机与加热器调节营养液的溶存氧和温度。供液泵将营养液输送到培养箱的水槽, 并经管道回流到回液桶, 由回液泵将回液桶中的营养液经紫外线灭菌器送回营养液混合桶, 从而使营养液循环使用。



1. 计量泵 2. 进水电磁阀 3. 单向阀 4. 灭菌装置 5. 水处理装置
6. 进水泵 7. 水流喷射器 8. 加热器 9. pH 传感器
10. 营养液混合桶 11. 截流阀 12. 回液泵 13. 供液泵 14. 回液桶
15. 培养箱 16. 营养液电磁阀 17. 数据采集板 18. 继电器驱动板

图1 营养液系统结构图

Fig. 1 Structure of nutrient solution system

2 控制系统设计

2.1 控制系统的构建

控制系统主要由传感器、A/D 采集板、开关量输出板、继电器驱动板、工业计算机和执行机构等组成, 如图 2 所示。控制系统为多变量输入输出系统。传感器检测营养液的各个参数, 并转换成模拟信号, 经过 A/D 接口板采集数据, 用计算机进行数字滤波和标度变换处理, 将输入量与设定值比较, 并计算偏差后, 依据控制策略输出开关量, 通过继电器驱动板控制各执

收稿日期: 2008-01-14

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(2003ZX10)

作者简介: 马明建(1953-), 男, 山东寿光人, 教授, 硕士生导师, (E-mail) mmj@sdu.edu.cn。

行机构。

2.2 营养液控制策略

系统按设定的时间周期将营养液输送到培养箱的水槽内,持续供液达到设定时间后,系统停止供液。培养槽中的营养液持续经泻流孔流入回液桶,最终培养槽中只留下浅薄层营养液,使得栽培容器暴露在空气中,以便模拟植物自然生长中的干—湿—干栽培状态,确保组培苗根系的氧气供给和不烂根。

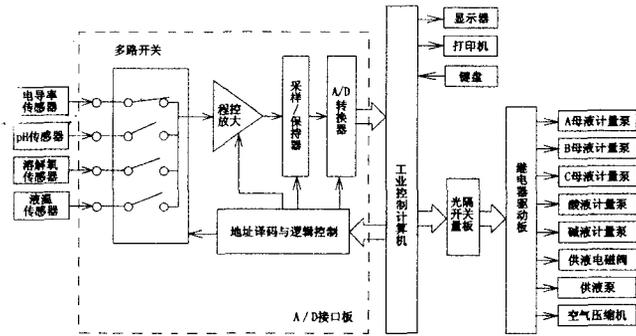


图2 控制系统示意图
Fig.2 Controlling system

2.2.1 电导率值控制

营养液的浓度 S 与营养液的电导率 EC 值成正比相关,其线性回归方程表达式为^[2]

$$EC = a + bS$$

在确定营养液配方后,可通过试验求出式(1)中系数 a 和 b 的值,得到具体的回归方程。用电导率传感器检测出营养液的电导率值,然后代入具体的回归方程,即可算出营养液的浓度。

本系统营养液采用 1/4MS 配方,用 3 个塑料桶分别储存浓缩 200 倍的大量元素母液、微量元素母液和铁盐母液。当营养液浓度低于栽培要求时,计算机输出开关量驱动 3 个计量泵工作,同时将塑料桶中的母液输入到混合桶中进行混合,计量泵的工作频率按照不同母液配比分别设定。为了保证电导率 EC 值的控制精度,采用模糊-积分控制器进行控制。

2.2.2 pH 值控制

营养液 pH 值是一个很重要的参数,对组培苗生长有直接的影响。一般营养液 pH 值在 5.5~6.5 之间时,即可满足组培苗生长^[2]。由于 pH 值是对数定义形式^[4],因此确定精确的中和剂量有一定的困难。

本系统用模糊-积分控制器控制两个计量泵分别输入碱缓冲液和酸缓冲液来调整营养液的 pH 值。模糊-积分控制流程如图 3 所示。图 3 中, e_{pH} 为 pH 值误差, e_{pH} 是由基本论域(变化范围)到模糊论域的变换量, u_{pHS} 和 u_{pHJ} 分别为模糊-积分控制器的加酸或加碱输出量。

在长达 22d 的培养试验期间,开始阶段 pH 值由 6.79 逐渐下降接近设定值 6,调节时间为 59min,无超调。在以后的试验期间,pH 值稳定在设定值附近,稳态误差为 0.08。

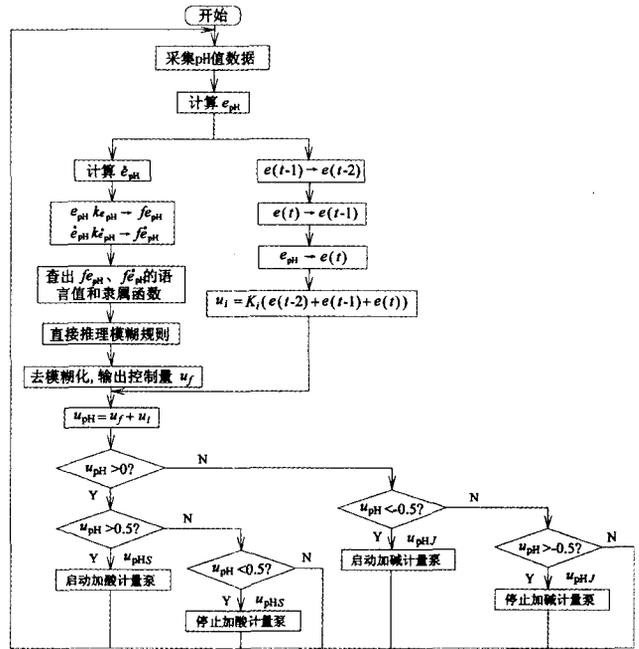


图3 pH值模糊-积分控制流程图

Fig.3 Flow of pH fuzzy - integral control

2.2.3 液体温度控制

采用营养液培养组培苗时,液体温度在冬季不得低于 15℃,夏季不得高于 28℃^[2]。在此温度范围以外的液体温度都将影响组培苗的生长。系统根据季节分别采用上下限控制策略控制,具体为:在夏季,控制营养液的温度上限值,采用制冷的方法降低营养液温度;在冬季,控制营养液温度的下限值,采用加热棒加热的方法提高营养液温度。

2.2.4 溶存氧控制

组培苗在生长过程中,其根部需要呼吸氧气以利于根系的发育,营养液的溶存氧的浓度一般要求保持在饱和溶解度 50% 以上^[2]。系统采用下限值控制策略控制营养液的溶存氧。当营养液溶存氧低于饱和溶解度 50% 时,启动无油空压机对营养液输气的方法来增加营养液溶存氧;当营养液溶存氧高于饱和溶解度 50% 时,停止无油空压机工作。

3 控制程序的设计

营养液控制系统的软件采用 Windows XP 环境下的可视化编程语言 Delphi5.0 进行编程,人机界面为虚拟仪表界面。系统以 2s 为周期采集营养液的各个参数, (下转第 94 页)

- [J]. 农业工程学报, 1996, 12(2): 1-4.
- [4] 张毅. 耕作机具部件仿生设计与研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2002.

- [5] 贾贤, 任露泉, 陈秉聪. PA41010 和 EP1 复合涂层及其表面改性犁壁的减粘降阻性能[J]. 农业机械学报, 1996, 27(3): 7-11.

Bionic Design and Experimental Optimization Method Research of Disc Coulter

Zhang Yi, Niu Yi, Shen Yanjie

(Vehicle & Motive Power Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: In order to reduce effectively adhesion and resistance of the disc coulter against soil, based on the bionic theory and technology, the bionic design parameters of the disc coulter are obtained in this paper. The production process techniques and methods are explained. By using quadratic regression experimental design, the orthogonal optimization experiment scheme of disc plow is designed, which establishes the foundation for the experimental research of bionic disc plow.

Key words: disc coulter; bionic design; optimization

(上接第 91 页)

采用 5 点滑动平均滤波技术对采集到的模拟信号进行处理, 并显示在屏幕上; 控制程序采用事件触发机理编程; 系统自动建立每天的数据文件。

4 结束语

系统能够对营养液的电导率值、pH 值、溶存氧和液体温度参数进行控制。试验表明, 系统结构简单, 自动化程度高, 控制精度能满足无糖组培苗生产的需要。系统为大规模无糖组培苗生产奠定了技术基础, 可提高无糖组培苗营养保障系统的生产质量和效率。

参考文献:

- [1] 古在丰树. 植物组织培养的新阶段[M]. 日本: 日本农文协出版, 1998: 1-172.
- [2] 连兆煌. 无土栽培原理与技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 31-56.
- [3] 曲英华. 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): 90-91.
- [4] 侯传嘉. pH 值测量[M]. 北京: 中国计量出版社, 1973: 1-78.

Abstract ID: 1003-188X(2008)12-0090-EA

Design of Nutrient Solution System for Sugar-free Tissue Culture

Ma Mingjian

(School of Light Industrial and Agricultural Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255012, China)

Abstract: Sugar-free tissue culture is a way to plant tissue cultivating seedling by carbon dioxide, artificial light and nutrient solution. Based on the characteristic of sugar-free tissue culture, a nutrient solution system was developed. This paper introduced structure and operating principle, expounded controlling strategy of pH value, conductivity, oxygen dissolve and solution temperature, etc. The test showed this system was simple in structure, highly automatic and met need of sugar-free tissue culture production in the aspect of control precision.

Key words: gardening; tissue culture; nutrient solution system; sugar-free