

组培苗自动化生产技术的研究进展

杨 丽, 张铁中

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘 要: 简述了国内外组培苗的培养方式及自动化生产设备的研究现状。根据组培苗的不同生产时期, 分类介绍了针对不同类型培养苗的自动化生产技术研究进展和设备。结果表明, 以机械自动化生产取代传统的人力作业必将对组培产业的发展起到重大的推动作用。

关键词: 园艺学; 组培苗; 综述; 自动化生产技术

中图分类号: S604.7; TP273

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2006)10-0025-04

0 引言

植物的组织培养因繁殖周期短、繁殖系数高, 能大幅度地提高产量、改善品质以及增强植物抗盐、抗旱和抗寒能力, 近年来已广泛应用于苗木、花卉、蔬菜等植物的大量繁殖。世界各国都十分重视组培技术的研究, 组培生产发展迅速, 组培苗年产量在几十亿株以上^[1-3]。

然而, 目前组培苗的生产尚未实现机械化与自动化, 仍以人工为主, 存在速度慢、劳动强度大、成活率低、生产成本高等问题^[4]。据统计, 发达国家的劳动力成本占组培生产总成本的60%~70%, 使组培产业在成本与效益的维持上出现困难, 以致该产业的发展近期表现出停滞现象^[5]。

因此, 目前国内外都在开展组培苗自动化生产技术的研究, 研发相应的自动化生产设备, 以期以机械生产代替人工作业, 来达到提高生产效率、减少病菌感染几率、提高成活率、节省人力、降低成本的目的。

1 组培苗培养方式的研究现状

植物组培技术自20世纪60年代得以迅速发展以来, 澳大利亚、日本、英国等国家组培苗自动化生产技术进行过探讨。

为了适应机械化生产, 不少专家提出改进组培苗的培养方式^[6,7]。1991年, Zandvoort与Hoidgate提出3种组培技术, 分别讨论其机械化可行性; 1992年, Young等人讨论以连续流动的液态培养基取代固态培养基进行组培, 以利于进行机械化生产, 随

后在此基础上, 采用内含网框的三明治型容器, 对甘薯组培苗切割机械化技术进行研究; 1994年, Vasil以生理观点对组织培养自动化问题进行探讨, 认为蔬菜与林木种类的组培苗进行机械化加工较合理; 1995年, Aitken-Christie等对传统组培苗分切方式与液体培养基生产方式加以比较, 对组培技术自动化的可行性进行了探讨。

同时, 一些专家认为培养容器的选择对实现机械化生产十分重要^[8]。传统的组培苗生产方式仅在移植作业时处于无菌状态, 其余作业空间以组培瓶所在的栽培室为主体。较好的环境由光线与温度控制, 大多数的组培瓶仍然放在一般的大气环境中。为了避免杂菌污染, 组培瓶以狭口、小面积、长颈的容器为主。如日本原来使用三角玻璃瓶, 由于瓶口深窄, 使组培苗移入与移出很不方便, 操作人员需要使用细长的镊子, 以手腕进行复杂动作, 若用机械化操作则难度更大。鉴于此, 有专家提出改进培养容器的形状以适应机械化的要求, 如采用长方形开口的大型培养容器(培养盒)代替细口培养瓶。培养盒的空间相对较大, 入口处也宽敞, 机械容易工作, 而且采用培养盒培育的苗间距规则, 不易产生弯曲现象, 基本呈直立状态生长, 有利于识别和抓取, 便于实现机械化作业, 如欧美以使用GA-7方形瓶为主。

在我国, 组培技术的研究与应用虽已有多, 但基本上研究重点都在品种的选用、培养基的制作等方面, 对培养方式的研究甚少。到目前为止, 基本上都采用细口培养瓶育苗。

2 组培苗自动化生产设备的研究现状

组培苗的生产过程通常分为母株的选择准备、消毒接种、繁殖分化、根芽生长和驯化健化等5个

收稿日期: 2005-11-09

作者简介: 杨 丽(1975-), 女, 湖北十堰人, 讲师, (E-mail) ye_hb68@126.com。

阶段。

在繁殖分化时期,为达到预定的苗株数量,通常需要经过多次的循环繁殖作业。在每次繁殖分化期结束后,必需将已长成的植株切割成带有腋芽的小茎段(或小块芽团),然后插植到新培养容器的继代培养基中,使之再成长为一个新的苗株。该工作过程对环境要求高,需要适宜的温度、湿度及气体浓度等,其中最重要的是要尽量减少病菌的污染,因此组培苗的切割移植生产一般都在无菌工作间进行。组培苗的切割移植作业重复性大、工作量大,需要投入大量的人力和时间,是整个组培过程的重要生产环节和劳动聚集点,是最需要实现机械化与自动化的作业过程。

在根芽生长时期,准植株必须移植至新介质,促使芽点再生长与根部的分化。在此阶段准植株的数量发展到最大值,因此需要开发自动化移植装置以减少劳力成本。在驯化健化时期,已长成的小植株必须从培养瓶中移出,移植到多孔穴盘中,放置在温室中进行健化处理。

在组培苗的整个生产过程中,前期处理作业与输送作业(如介质配方的混合、消毒、填充、分注培养器内、培养器的输送、上架与下架作业等)可采用工业方案来解决,而繁殖分化期与根芽生长期中的移植作业除了需将组培苗检取、移植到新瓶的动作之外,还需对苗进行判别、选取和切割,实现难度大,工业界无现成设备,必须自行研发。

2.1 繁殖分化期的自动化设备

由于不同种类的组培苗形态不一样,研制对每一种形态的组培苗都适用的通用性分割移植机械装置不太可能,因此目前国内外组培苗自动化分割移植设备都是针对某种或某一类形态的组培苗进行研制的,已有的装置基本上都是针对直立芽和球根这两种形态的组培苗。

根据有无机器视觉装置和针对组培苗的形态(是直立芽还是球根),目前国外组培苗自动化分割移植生产系统有如下几类^[9-12]。

2.1.1 基于机器视觉的直立芽植物移植系统

该型系统适用于马铃薯、康乃馨、美国杉木等作物,为日本 Toshiba 公司开发的产品。其主要机构为两具机器手臂:第一具手臂为移植手臂,共有 6 轴,利用剪刀型切刀进行割取作业,并由夹持器进行捡拾、计数与输送动作,最大线速度 1m/s;第 2 具手臂为 3 轴相互垂直的侦测手臂,配有激光发生器、激光扫描仪,反射光聚焦器和位置感应装置,再配合 32 位计算机进行图像处理,用以确定植株节

点的 X , Y , Z 轴位置。该系统的作业流程为:

- 1) 输送已有培养母株的培养瓶与待移植的新培养瓶;
- 2) 确认母株的节点位置;
- 3) 导引方向,夹持植株;
- 4) 切下节点并夹持;
- 5) 消毒收取容器;
- 6) 移植节点至收取容器;
- 7) 重新定位节点位置,重复 2)~6) 步骤;
- 8) 收取容器插满后加盖置于培养盘,再送到栽培室,每次切割动作割取一块组织,所需时间约 10~15s。

英国研究人员曾开发出一种基于机器视觉的机械臂移植系统。该系统利用一具 3 轴相互垂直的机械臂对苗株进行切割和移植。摄像机由上方俯视 $X-Y$ 轴向,定位 Y 型节点的方向与位置。其节点位置定位的成功率为 62%,植株移植成功率 84%。在完成分割之后,用一条横棒将切割下的节点从底部推至培养基内,使节点保持直立状态。

2.1.2 基于机器视觉的球根作物移植系统

日本三菱公司开发出了该类型设备,适用于马蹄莲、兰花等球根类作物。该设备整个系统由根部切除设备、输送臂、球根鳞片分离器、图像处理器、移植手臂组成。系统工作流程如下:

- 1) 输送臂自外界容器取出球根并放置于球根鳞片分离器;
- 2) 分离器利用附在直径 10cm 滚筒上的回转碟刀切开表皮,再以离心力刮离鳞片;
- 3) 球根鳞片分离后,单一小鳞片个别输送至皮带上;
- 4) 图像处理器测定球根鳞片的大小、形状、方向与圆心位置等;
- 5) 移植手臂检取球根鳞片并移植至栽培介质内,其中图像处理器包含 CCD 照相机、旋转盘和计算机。

该型移植设备具有 4 双手指用于同时挟取 4 片鳞片,每一收取容器经两次移植放入 8 片鳞片,每次移植动作需 18s,每天工作量为 4800 片。

2.1.3 无机器视觉的直立芽苗株移植系统

日本 Komatsu 公司开发的该类型设备适用作物以马铃薯为代表。系统包括消毒设备、分割与移植机构、培养容器、培养盘及培养室。培养盘内有溶液供应设备、栽培液滴下设备与紫外光灯。该系统工作原理为:利用 0.4% 过酸溶液的喷雾动作进行消毒作业;利用微电脑控制分割与移植装置;分割动

作利用多重极薄刀片于预设高度以多行切割方式切下所需节点,再送至收取容器;割取动作与割草机割取草地相似,切刀一次割取数百个芽点再送至收取容器。

日本 Mitsui 石化工业与 Ohtake 技术联合公司共同开发了另一种繁殖系统,作业对象为迷你玫瑰。该系统工作原理为:机械臂从培养瓶中捡取一段玫瑰芽点,分割成 5 段,移植到繁殖用培养容器的介质内,再为容器加盖。移植动作的消毒利用紫外光,植株节点的位置利用 16 双光束加以识别。该系统每小时可移植 240 瓶。

2.1.4 无机器视觉的多毛形幼芽或丛生型植株移植系统

日本 Kirin Brewery 公司开发出该类型设备,其工作效率比人工高 10 倍,适用于观赏羊齿类植物。该设备的工作流程如下:

- 1) 栽培容器由输送皮带从供应箱输送到无菌台,每次输送 1 个;
- 2) 真空圆筒去盖;
- 3) 切刀圆筒进入容器内将植株分成 36 个立体单位,每个单位包含数个植物;
- 4) 切刀圆筒夹持这些植株单位并移植到已填装培养基的 4 具新培养容器内,每只容器放入 9 个培养单位,移植的深度可用传感器调整;
- 5) 培养容器再以真空圆筒加盖,送到输送箱;
- 6) 每次作业完成后,切刀圆筒重新消毒。

我国台湾国立中兴大学农业机械工程学系曾开发出一套金线莲组织培养苗(条状苗)的自动化生产系统^[4]。该系统主要由苗瓶移送机器人、开关瓶盖机构、苗瓶消毒机构、苗株移植机器人、手端机构、分株机构及镇压机构等 7 部分组成。其中,苗株移植机器人采用 X 、 Y 两自由度直角坐标,可以在水平和垂直两个方向运动,各轴分别由滚珠丝杠配合伺服马达驱动。手端机构由取苗夹爪和苗株提升夹爪两部分组成,作业时由苗株提升夹爪将苗提起,使苗株与培养瓶分离,取苗夹爪将苗卡住,然后由分株机构(在垂直方向平行设置等间距的 3 个锯齿圆盘薄刀片)沿取苗夹爪之间的缝隙将苗切断。整个装置可以完成苗瓶移送、开关瓶盖、苗瓶消毒、抓取苗株、提升苗株、截取苗株、将截株放入新的培养瓶并压入培养基等动作。该装置加工一瓶约 10min20s,若以一天工作 8h 计算,此系统每天可完成 127 瓶,比人工作业(110 瓶)略快。

2.2 根芽生长期的自动化设备

针对根芽生长阶段的移植作业,日本东京大学

农学生命科学研究所以兰科作物为对象,开发了培养苗的自动识别和自动移栽机器人系统^[5]。该系统由 3 部分组成,一是由视频照相机和图像采集卡组成的图像处理部分;二是由机械手和控制杆组成的操纵部分;三是由形状记忆合金和应变片组成的夹持手爪部分。

图像处理装置用来采集、转换和存储图像信号,并可将图像信号实时的在显示器上表示出来,以便于进行苗的选择、叶子伸展方向的检测和夹持位置的检测。机械手臂采用 5 自由度垂直多关节机器人。夹持手爪由一对啮合齿轮的侧面各自装有的夹持指板构成,指端弯成楔状,手爪上装有形状记忆合金来控制手爪的夹持力,装有应变片来实时测量手爪的夹持力。这 3 部分由一个主控计算机来控制。

在图像处理算法中,利用苗的 RGB 图像的颜色和 G 灰度值把叶子部分从背景中提取出来,然后根据叶子的投影面积对培养苗进行大、中、小分级,利用力矩法测定叶子的展开方向,利用叶子中间变细的方法确定苗的夹持位置。对于机械手臂的位置控制,以图像处理所要求的叶子展开方向和苗的夹持位置为基础。首先,手爪平行于叶子展开方向,相对夹持位置垂直距离 10mm 左右插入,接着手爪平行移动到夹持位置,闭合手爪,将苗夹起,再根据苗的大小,分别移植到大、中、小各容器内。对于手爪的力控制,采用增量式 PID 控制算法。该机器人系统的移栽成功率达到 80%,一棵苗的移植时间大约要 20s。

2.3 驯化健化期的自动化设备

针对驯化苗移植业,日本烟草公司开发了一种移植机械臂。利用照相机于侧面与顶部进行图像采集和处理,以判定植株的叶数、宽度、高度、形状及颜色等。

在我国内地,虽然组培产业的发展相当迅速,全国拥有一大批组培育苗工厂,组培苗的年产量达数千万株,但到目前为止还未见有关组培苗自动化生产技术的报道。

3 结束语

随着农业劳动力的减少,未来组培苗的生产必然走向机械化与自动化,而其关键在于机器视觉技术和机器人技术在组培苗移植生产中的应用。同时,应改善培养室环境,利用清洁室和无尘室设计,使组培苗的生产过程均在无菌的环境下进行,从而扬弃窄口细长的组培瓶,使组培容器朝大型、长方形开口方向发展,以利于组培苗移植作业的机械化。

参考文献:

- [1] 张娅香, 高年春. 园艺植物组织培养现状及产业化前景分析[J]. 江苏农业科技, 2002(5):29-30.
- [2] 梁一池, 杨 华. 植物组织培养技术的研究进展[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(1):93-96.
- [3] 陈健妙. 我国植物组织培养的现状与前景[J]. 海南大学学报(自然科学版), 2002, 20(4):332-333.
- [4] 謝禮丞. 條狀組織培養苗自動生產系統[Z]. 台北: 國際自動化暨精密機械展, 2000.
- [5] 海津 裕, 岡本嗣男, 烏居 徹. ラコ科植物組織培養苗の自動選別およびロボット移植について[J]. 農業機械学会誌, 1998, 60(3):55-62.
- [6] Toyoki Kozai, Yoshiaki. Environmental Control for Production of Quality Plantlets in Vitro at Low Costs on a Large Scale, Advances in Development Biology and Biotechnology of Higher Plants[M]. Plant Tissue Culture, Published Korea soc, 1993.
- [7] Breat T, Carle v. Development of an Automated Plant Culture System[J]. Plant Cell Tissue Culture, 1985, 5(2):107.
- [8] 高山 覚. バイオテクノロジー[M]. にほん:加島一, 2000:16-19.
- [9] 輪竹宏昭. 培養ロボット[M]. ロボットと種苗工場, 2000:138-141.
- [10] Meyer G E, Davion D A. An Electronic Image Plant Growth Measurement System[J]. Transaction of ASAE, 1987, 30(1), 242-248.
- [11] Shimizu H, Heins R D. Computer-Vision-Based System For Plant Growth Analysis[J]. Transaction of the ASAE, 1995, 38(3):959-946.
- [12] Shimizu H, Oshital S. Measurement of Elongation Rate of Plants[M]. New York: Pergamon Press, 1991.

Development of Automatization Technology for Tissue Culture Plants

YANG Li, ZHANG Tie-zhong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The present study condition of culture methods and automatization producing equipments for tissue culture plants all over the world were reviewed. The study advances and equipments of automatization producing technology for different types tissue culture plants were introduced respectively according to the different producing periods of tissue culture plants. The development of tissue culture industry will be impelled consequently if traditional handwork is replaced by automatization producing.

Key words: gardening; tissue culture plants; summary; automatization producing technology