

自動化在組織培養商業生產之應用

文紀鑾、陳駿季、楊佐琦、蕭吉雄

農委會種苗改良繁殖場

組織培養在自動化的發展，近二十年研究者甚多，且是多方面，成果也實際供生產線上應用，由於植物(含微生物)組織培養產物的多樣性，產品可以是種苗(蘭花與切花組培苗)、器官(人蔘根器培養、瓶內結球與人工種子之體胚)、癒合組織與細胞培養(二次代謝物，如：紅豆杉醇(toxal))、菌絲(冬蟲夏草菌絲體)、菇蕈(靈芝)、細菌(乳酸菌發酵培養)，從農業、食品工業、到生醫產業，都應用得上，由於商業上的大量生產供應的需求，使機械與感應器的聯合應用，及一貫作業的概念，組織培養自動化名詞就因應而生，由於產品的不同，自動化的方向與設計就不同，在高等植物上，從種苗到細胞培養，其組織培養自動化方向可分為組培苗自動生產、生物反應器自動化及發酵槽的應用等方向發展，過去組織培養苗為了降低生產成本，利用電腦(Cunha *et al.*, 1996)與機械作為輔助的例子相當多，Kozai 氏(1990)及其實驗室(Kozai *et al.*, 1991)亦曾針對組織培養設計一套機械化生產流程，Kondo 等人(1996)利用機械手臂與影像掃描處理配合切割芽體，有鑑於台灣在蝴蝶蘭等蘭科植物的發展享譽國際，行銷全世界，而種苗的生產全部來自組織培養；因此種苗改良繁殖場在十年前就開始著手研究開發組織培養苗大量生產的管理模式、品質管控點的建立、健康種苗及自動化機械的開發，在自動化機械方面，目前已開發多項應用於組織培養生產流程中的機械，實際線上應用，其中包括培養基自動配藥系統、培養基自動充填系統、塑膠培養瓶自動封膜系統、培養瓶自動洗瓶機、及組織培養條碼管理系統，分述如下：

一、培養基自動配藥系統

植物組織培養之培養基，以 MS 基本鹽類為例，就有 13-15 種已知無機鹽類，加上數種維他命、氨基酸(蛋白質)、其它有機成分(香蕉、蘋果及馬鈴薯泥)、生長調節劑、糖類、agar 及水，定量後尚需利用加入 HCl 及 NaOH 來調整 pH 值，共有約 25-30 種或更多已知與未知成分，因配製程序複雜，故開發此系統(圖一)，結合母液自動攪拌、可設定式母液定量抽取及 pH 值自動調整校正之三大功能，設計簡單易於操作，並利用流量計、母液暫存管及目視作培養液定量確認，經自動定量，pH 值可自由設定，最後利用自動感應培養液，加酸加鹼，完成培養基配製動作，只須一人可完成操作動作，該系統適合應用於多種及多個大型培養液槽及不同類型培養基(如 MS、B5、WPM)之配製、亦可做不同濃度配製(如 1/2、1/4、1/8MS)。

二、培養基自動充填系統

培養基自動充填系統採用食品之汽水飲料的充填模式，系統(圖二)整合：(一)、空瓶自動堆疊機，(二)、單瓶自動分注機組，(三)、培養基可加熱攪拌器，(四)、振動自動蓋瓶，(五)、自動抓取上籃，(六)、自動堆疊機組，(七)、控制台。建構而成，最後連接雙門式高溫高壓殺菌釜，此為一全自動型系統。由於配藥系

統與充填系統是分開設計製作，一台配藥系統可同時搭配多台自動充填機組，配合運用。

三、培養瓶自動洗瓶機

此為一多瓶自動洗瓶機(圖三)，設計為以籃為單位，一次可洗一籃20瓶，其組成由儲水槽、小型空壓機、清洗本體(具有20個可螺旋噴水頭)、殘渣及廢水收集籃、高壓產生器五部分構成，其中，本機利用水經高壓處理，形成類似水刀作用，瞬間射出，直接作用於瓶內植物殘體及固體agar，將其打碎後順水流出，多瓶同時清洗，流出之殘雜及廢水，經殘渣收集籃將植物碎片及廢水分離，在環保的前提下，廢水處理後，再排出，殘雜另外處理。本機設計，其水注壓力、清洗時間、間隔及清洗次數均可依培養瓶實際狀況設定清洗之。

四、塑膠培養瓶自動封膜系統

塑膠製培養瓶取代玻璃培養瓶已是必然的趨勢，國際間瓶苗運輸與流通，由於瓶苗不耐長期海運，多以空運為主，重量成本，成為最大的負擔，採用塑膠製其空運成本可減少 50-70% ，運輸距離愈遠，效益差別愈大，現都被塑膠培養瓶取代之，質輕不易打破，為其最大優點，最大缺點為封蓋常造成發霉率提高，利用封膜設計，配合塑膠培養瓶的透氣，而達到降低發霉率又不影響通氣性，此系統(圖四)設計包括：封膜機構、機體無菌化與塑膠膜質的殺菌三部分所組成。

五、組織培養條碼管理系統

組培苗生產長久以來都採用「組織培養生產記錄簿」，清楚管理瓶苗，由於記錄時間長久，易破碎或遺失，常發生回溯資料困難，組織培養條碼管理程式系統，該系統集合訂單、客戶、供應商、員工、物料、種苗、培養基七大資料庫管理程式(圖五)，並有瓶苗產能統計、發霉率統計及世代追蹤功能再加上庫存異動管理及銷貨報表輸出，使得瓶苗的訂購到出貨都獲得完整的管理，可減少人力管理及不必要的錯誤，以上完整的線上追蹤、查詢及考核，加上各式報表的列印存檔考核，使得條碼系統建構目的在使組培苗生產維持一定品質下達到組培苗「零原料零庫存」。

組織培養產業屬於「高技術、高成本」產業，其中人工成本佔總成本 60-80% ，從生產作業各階段所需人工成本分析發現培養基配製工佔 10-20% ，組培無菌操作台移植工佔 50-75% 的人，洗瓶工佔 10-15% ，自動化的目的在於減少人工支出，隨資本投入，經營規模已由農場、蘭園擴增為企業公司及生技公司，組織培養企業經營及工業管理模式已是今日必然的趨勢，為了因應台灣高人工支出的情況下，降低人工成本，提高國際競爭力，組培苗自動化已是成功不可缺少的利器之一。

附圖說明：



圖一、培養基自動配藥系統



圖二、培養基自動充填系統



圖三、培養瓶自動洗瓶機



圖四、塑膠培養瓶自動封膜系統



圖五、組織培養條碼管理系統