

發光二極體之應用 —植物工廠

文・圖／方煒



圖1a：小型組織培養設備。



圖1b：大型組織培養設備。

發光二極體（Light-Emitting Diode, LED）是人類邁向環保社會的重要照明燈具，可以用『有了LED就可以LED』來描述其具備的進步性與未來性。這句話中第一個LED指的當然就是發光二極體，第二個LED指的則是Light up Eco-friendly Dream。

藍光LED於1993年由日亞公司發明之後，開啟了LED的廣大應用空間，特別是照明方面。光電技術的進步更大幅提升了LED的亮度與效率，使得利用此種光源在農業生產上變得可行。LED具有高光電轉換效率、使用直流電、體積小、壽命長、波長固定與低發熱等幾項優點，相較於目前使用螢光燈或高壓鈉燈為人工光源的系統而言，具有光量可調整、光質可調整、冷卻負荷低與允許提高單位面積栽培量等優點，因此對封閉有環控的農業生產環境（如植物組織培養室、植物生長箱與植物工廠等）是一種非常適合的人工光源。現階段除了植物補光之外，LED可同時適合用於居家（一般照明、情境燈、夜燈、水族箱/盆栽補光等）及室外照明（路燈）、生物醫療等領域。

使用人工光源的組織培養，是在室內快速且大量繁殖無



圖2：光蓋用於植物組織培養。

特定病毒植物種苗的最佳方法。全球需要大量的植物種苗以因應全球性的糧食/飼料/環境/醫療等問題。除了組織培養之外，植物工廠型態的種苗培育是另一種量產植物種苗的最佳方法。LED 是現階段



圖3：小苗與蔬菜栽培的設備。

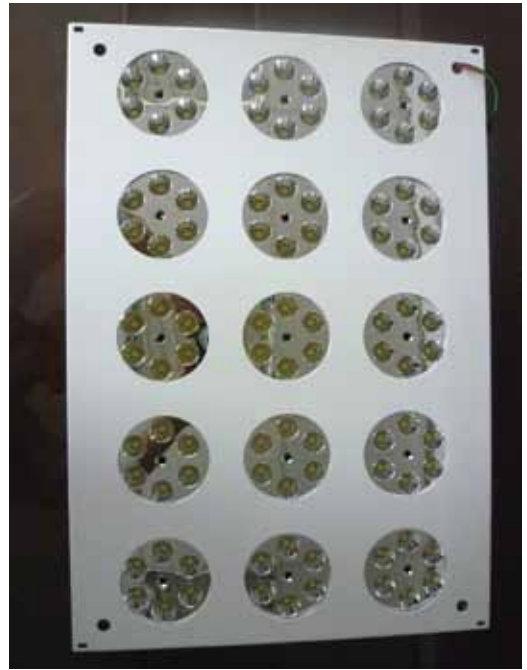


圖4：由光蓋組成的光盤用於小苗與蔬菜栽培。

作為組織培養與植物工廠的最理想光源之一。

本校生機系研究團隊於1996年開始進行LED於植物光生理領域的研究，後續亦與廠商合作開發植物光生理學研究適用的LED人工光源與設備。圖1a所示為適合植物組織培養使用的小型與大型設備，允許每層可獨立10段光量控制，圖1a含2組定時器，可獨立控制各層時序，可獨立調整光量之PC材質的透明培育瓶一組3個，共8組。圖1b則只有一組定時器，分8層，每層40個培育瓶。每個培育瓶搭配一個光蓋（圖2），共有10種光蓋光源。圖3的設備則是使用同一種光源組成光盤（圖4），可用於小苗或蔬菜的栽培。圖5所示為20種不同光譜的LED燈管置於兩組收藏櫃中點亮的狀況，左圖為冷白系列，右圖為紅藍系列。圖6所示為冰箱大小的具備環控功能的家電型植物工廠，允許在居家環境內栽培植物。此設備含三層水耕系統、雙循環營養液供給系統、二氧化碳自動控制系統、定時開關以控制時序、可設定日夜溫差與光量，光層板可抽換以改變光質，含三層LED鋁燈板：8RB（R 89 %，B 11 %），CW10000 K（R 20 %，G 49 %，B 31 %）與6CW3R（R 44 %，G 35 %，B 21 %），可各層分10段調光。圖7所示為不具環控功能的家電型植物工廠，圖8所示則為家具形式的儲架式植物工廠。此些設備於臺北市政府舉辦的2010國際花卉博覽會的未來館與爭豔館中配合展出。

蝴蝶蘭為目前國內最具競爭力的農產品，臺灣生產之蝴蝶蘭苗株，以往多以空運方式運送至歐美等地。近年來由於美國開放臺灣蘭花產品可直接附帶水苔輸美，業者開始以海運的方式進行蝴蝶蘭之運送。運送成本雖可大幅降低。然而，以海運方式運送蝴蝶蘭種苗，至美西或美東約需15-20日或25-30日（含報關、檢疫），在長時間的黑暗環境下，蝴蝶蘭植株生長受到抑制，隨品系不同有5～30 %不等的植株折損率，造成業者嚴重的損失。另外，經黑暗輸送之成熟大苗抵達目的地後還需2～4週的恢復期，方能做催花處理，這又會增加栽培成

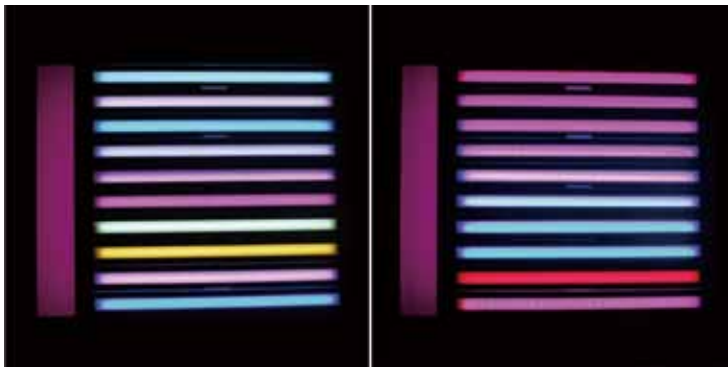


圖5：20種不同光譜的 LED 燈管置於兩組收藏櫃中點亮的狀況，左圖為冷白系列，右圖為紅藍系列。

本。在輸送台車每一隔層底部裝設LED作為下層植株之光源，可保持植物新葉生長，光量充足更可讓蝴蝶蘭大苗在海運期間20°C的環境下同步抽出花梗，若是直接補光運送已抽梗的大苗，對業者提高周轉率的效益更大。這些新的商業模式可大幅縮短後續栽培期程，提高產業競爭力。

光線在動物體與人體上的應用上包括蟲害防治領域使用的藍光與黃光光源，藍色與黃色黏蟲貼紙等可因應不同蟲害使用。在歐美的肉雞舍內以提高設施內光量的均勻度為前提下，兼顧穩定肉雞情緒之功能，亦使用藍/綠光線。蛋雞則多使用紅光與光週期控制來調整產蛋量。利用生物的趨光性，在夜間或暗室內使用人工光源補蟲，來降低農作物之病蟲害，對於環境之傷害性極小。然而，傳統光源耗能相當大，廢熱排放量也多；因此，使用省能、低發熱的 LED 來取代傳統光源已是趨勢。此外，LED 的光質可輕易調整，亦可結合太陽能發電設備發展 LED 補蟲燈，更可以將此捕蟲燈放在養殖魚塢上方，被捕獲的昆蟲可直接提供動物蛋白質給養殖魚類食用。遠洋漁業海釣船使用高壓鈉燈耗能極大，船上也須裝載大量發電機使用的燃油來因應供電所需。目前也有改為使用LED的趨勢。藍光LED的耗電量更省，光線在海上雨水下的穿透距離也都遠優於傳統使用的光源。

紅光刺激交感神經系統，可增加興奮和緊張；藍光刺激副交感神經系統，可協助放鬆、減輕焦慮和減輕敵意。藍光（450nm）治療小兒黃疸與關節炎，紅光抑制偏頭痛，提升肌耐力，紅光（660 nm）、藍光（415 nm）併用治療青春痘，白光治療季節性憂鬱症（SAD），白光、藍光或



圖6：具備環控功能的家電型植物工廠。



圖7：不具環控功能的家電型植物工廠。



圖8：儲架型植物工廠。

綠光調整時差，紅外光（815 nm）促進傷口癒合，紅光更可用於治療鼻過敏，以及在光動力療法中取代雷射治療腫瘤；使用紅外光940nm治療關節炎也有商品化產品問世。

高亮度LED做為量產規模的組織培養廠與植物工廠人工光源正在蓬勃發展中，光量加強、成本降低、效能提高等諸多有利於應用領域拓展的發展也可預期。做為醫療儀器與設備光源更具高度發展潛力，相關應用產品對民眾居家生活的影響也與日俱增。最後，就用『以LED來LED』作為結語吧！Light up Eco-friendly Dream by using Light-Emitting Diodes.（本專題策畫／材料系莊東漢教授&電機系林茂昭教授&植微系林長平教授）

方煒小檔案

1985年臺大農工系機械組碩士，1989年取得美國羅格斯大學生物資源工程學博士學位。現任臺大生物產業機電工程學系教授，兼任生物產業自動化教學暨研究中心主任。研究專長為生物系統環境控制工程、電腦模擬與最佳化養殖工程植物量產工程、能源工程。個人網站：<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/cea/cea1.htm>。