

發光二極體(LED Light)生長箱 應用於林業種苗培育— 促進山櫻花種子發芽效率

文/圖 洪紹剛 ■ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系研究生
李明仁 ■ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系教授
何坤益 ■ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系副教授(通訊作者)

一、LED燈於林木發芽繁殖之應用

光對於植物生長為重要的因子之一，它主要來自於太陽的輻射能。太陽的輻射範圍自長波到短波，包含無線電波、遠、中、近紅外線、可見光、紫外線A、B、C、X射線與 γ 輻射等，為一種連續光譜，稱之為電磁波。光合作用吸收波長範圍為400至700nm之間，如大家所知，光合作用乃是地球上一切生命的基礎，能夠把太陽光能量轉化為質量，提供生物所需能量。但是光對植物的影響除了提供光合作用所需之外，還包含光子數量之光度、光週期(Photoperiod)的調節，與依照不同光質(紅、藍光比例，紅、遠紅光比例等)，影響植物的形態之發生。

發光二極體(Light-Emitting Diode, LED)，早

在1968年就已經問世，不過當時光強度低且沒有普及化，所以應用上仍侷限於標示或觀賞等用途。事實上，LED具有不同波長之光質應用性、穩定性與效率，使得利用此種光源在育林體系上變得可行。由於LED具有高光電轉換效率，達到省電效用，使用直流電特性波長固定使光源穩定，體積小不佔空間，可允許提高單位面積栽培量、壽命長與低發熱等幾項優點，相較於目前使用日光燈或高壓鈉燈為人工光源的系統而言具有光量(Light Intensity)可調整性，亮度調整範圍100%、80%、50%、25%、0%等，這是一般燈管所做不到的。

光對種子發芽影響上來說，通常藉由光敏素(Phytochrome)存在Pr與Pfr之間轉換來傳達，決定種子發芽與否，而影響光敏素的因子極多，如光譜組成、光照長短等。光主要影響改變種子中光敏素的組成比例，使種子發芽主要

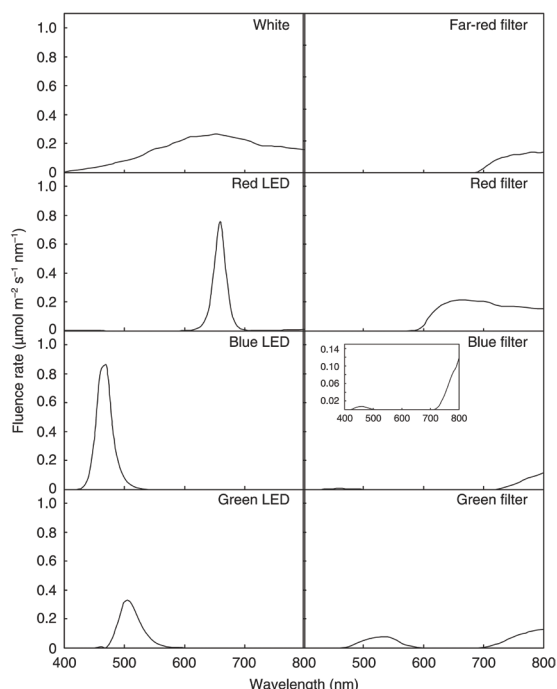


圖1 LED燈(左)及傳統人工光源(右)各式光波長比較
資料來源：Goggin et al. (2008)

落於紅外光(Pr)及遠紅外光(Pfr)之間，光譜波長範圍在660-730nm間。光敏素為色素蛋白，已知有兩個次單元(subunit)所組成，包含120-130 kDa去輔基蛋白及直鏈狀四吡咯載色體，純化的光敏素有兩個型態，具有吸收紅光之Pr與遠紅光之Pfr，各具有其特殊的吸收光譜。一般來說，Pfr與Pr的吸收光譜雖然不同，但大抵上皆有所重，特別是在紅光的範圍，因此在某特定的光波下兩個形態的色素會不斷地互相轉換。其中抑制發芽的Pr吸收能力略大，最大的吸收波長為660nm及其附近的紅光，370nm的藍光也略可以吸收，但730nm的遠紅光則無法吸收。當吸收了Pr紅光以後，迅速地轉成Pfr型態；Pfr對光的吸收能力較Pr為小，最大的吸收波長為730nm及其附近的遠紅光，而對660nm

的紅光也有吸收能力，約與420nm的藍光相等。

紅光(600-700nm)的光合作用最強，用富含紅光的光源，會引起植物較早開花結實，可促使植物體的生物量增加，促使用其他植物器官的形成。其次，是波長為400-520nm的藍光波長，吸收的光能約佔生理輻射光能的8%。用富含藍光的光源進行照射，可延遲開花，以獲取營養器官為目的的植物充分生長。LED做為作物栽培的光源，可提供高度的彈性，譬如：LED可提供各種單波長色光，常用的為藍光(450nm)紅光(660nm)與紅外光(730nm)，跟傳統的白熾光源(Incandescent Lamp)如鎢絲及鹵素燈具有連續和緩的發光頻譜(Spectral Power Distribution)不同，並補助光盤電路控制系統可以隨時調整不同的混光比例，產生預設的各式光波段域，這是使用傳統光源無法做到的。LED還具光量可調整的特性，可模擬一天中太陽光強度的變化；LED燈給光之頻率與工作比可調的特性，提供高頻間歇給光模式，有利於探討光合作用中光反應與暗反應的相關機制，紅光配合藍光LED的使用能提供一適當的光質；紅光與紅外光LED搭配可探討兩者對光形態發生的影



LED生長箱外觀

響，進而了解光敏素的機制，因此在農業生產上，如植物組織培養室、植物生長箱等是一種非常適合的人工光源，在植物上可應用於許多植物光生理領域的研究或植物栽培上，例如藻類培養生物反應器、葉綠素合成研究、光型態發生及光合作用等研究上。

二、山櫻花種子發芽之限制

山櫻花(*Prunus campanulate* M.)為薔薇科櫻屬(*Prunus*)植物，又稱「緋寒櫻」，為優良之台灣原生觀賞樹木，落葉性喬木，樹高可達10公尺，分布在海拔300-2,000m之闊葉樹森林中。單葉互生，長橢圓形葉子具有重鋸齒緣，托葉則呈羽毛撕裂狀。花期在1-3月，花鐘形，花常3至5朵成一簇，花五枚緋紅色，花萼形深紅色，核果，核果內有一種子，核果成熟時紅色或紫黑色可食。



山櫻花花朵及果實

山櫻花種子屬於正儲型(Orthodox Category)種子，長約8-9 mm，種子結構為深紅色果肉包覆在堅硬的內果皮(endocarp)外、內有薄薄的種皮(Seed Coat)，True seed部分含有胚(Embryo)(胚根與胚軸)、大大的子葉(Cotyledons)及極小的胚乳(Endosperm)。山櫻花種子具有深度休眠，除了具有堅硬厚實的內果皮導致胚根不易伸出外，前人研究發現果肉、內果皮含有大量的離

層酸(Abscissic Acid, ABA)為主要抑制種子發芽維持其休眠性的主要化學成分。另外種子一旦經暖溫、低溫組合層積處理解除休眠後，離層酸濃度降為原來的6-12倍。同時發現當種子休眠解除時，胚部激勃素(Gibberellin, GA)濃度逐漸升高，使種子之胚發育可以完全成熟並累積足夠量的酵素、植物荷爾蒙及可溶性代謝物質促使種子胚根突破種皮和內果皮，向外生長。

三、利用LED紅光處理改善山櫻花種子發芽條件

內文中利用LED紅光處理山櫻花種子，包括未去內果皮種子之暖低溫組合層積、去內果皮種子、激勃素處理去內果皮種子與黑暗對照組，比較其不同處理後山櫻花種子之發芽率及LED燈生長箱實際應用價值。

山櫻花種子採集於阿里山森林遊樂區內(2009年4月)，採集回來後馬上流水24小時浸泡處理，浸潤處理完成後把內果皮去除，進行不同層積處理。

(一)發芽處理，使用200粒種子，分成4重複，每重複50粒種子。

1.去內果皮LED燈紅光處理:去除內果皮山櫻花種子於LED植物生長箱中進行變溫層積(30/20°C)，日照時數為全光期(日12小時/夜12小時)，全光期處理則為每天12小時LED紅光照射。黑暗為對照組。

2.去內果皮+ 5.2 mM激勃素處理

3.組合層積處理：山櫻花於LED植物生長箱中進行變溫層積6週，接著移入4°C低溫層積8週。

(二)發芽調查分析：試驗期間每天調查發芽數，

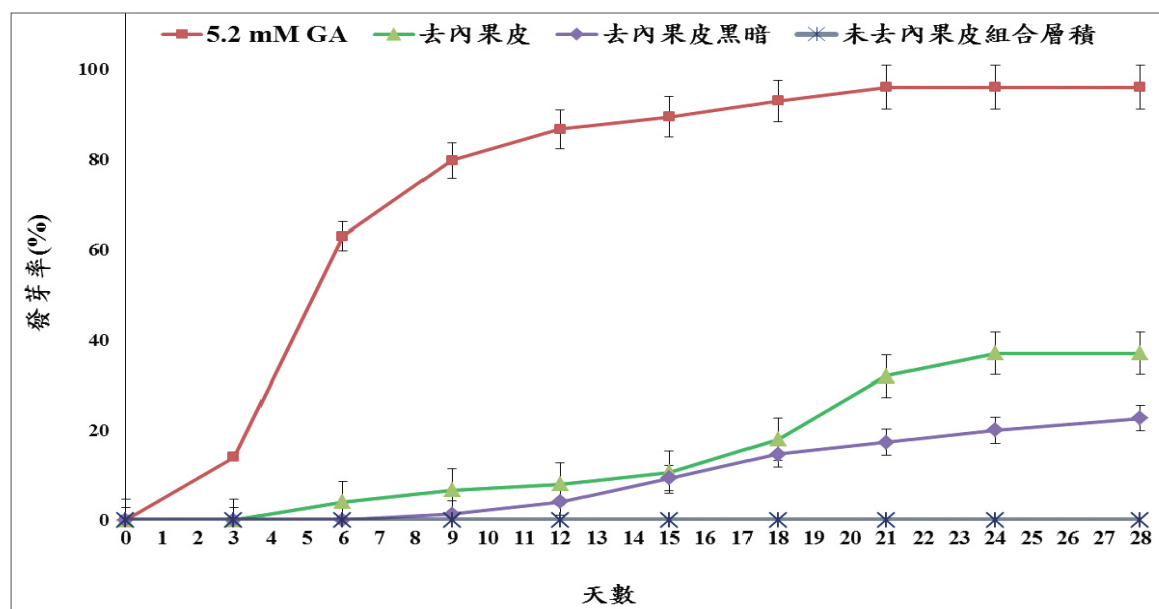


圖2 山櫻花種子不同處理之累積發芽率

種子發芽認定標準係以當胚根根突破種皮5 mm時即列入紀錄並予以移除。藉以比較不同處理下對山櫻花及發芽影響之程度。

- 1.種子發芽率：試驗期間之種子發芽數佔總播種種子數之百分率。

發芽率=試驗期間發芽種子數/總播種種子數×100%。

- 2.平均發芽日數： $\Sigma fd / N$ 。

f：播種後第d天發芽之種子數。

D：播種後天數。

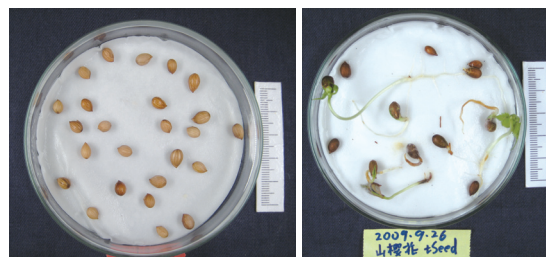
N：總發芽種子數。

- 3.發芽速率： $\Sigma f / D$ 。

本實驗有別於傳統光源，所有人工光源都是以LED燈紅光之單一波長660nm照射，主要與傳統光源全波長光域做區別，另一方面，將測試對發芽有促進效果的紅光波長，是否有利山櫻花種子發芽，並排除其他影響發芽關鍵因

子，比較紅光對種子發芽是否有直接影響，所以應用了LED生長箱的優點，選擇單一波長與黑暗對照進行比較，除了紅光照射處理之外，並搭配暖低溫組合層積與激勃素處理，更進一步了解促進山櫻花種子發芽之其他影響因子。

山櫻花種子在LED生長箱下的實際發芽試驗中，處理種子方式包括未去內果皮組合層積於30/20℃中處理6週與4℃處理8週、去內果皮(光照、黑暗)和激勃素處理。首先，結果顯示組合層積處理種子第15週開始發芽，至第19週發芽率為43%。其次，去內果皮處理並照射促進



去內果皮的山櫻花種子及已發芽狀態

種子發芽LED紅光，第6天發芽率3%，持續穩定發芽28天後發芽率為32%，與黑暗對照第28天發芽率28%。最後，去內果皮激勃素處理中，第3天的發芽率為14%，第6天發芽率已超過50%，處理第28天發芽率已接近100%。

實驗結果顯示，含內果皮和去內果皮的比較，山櫻花與其他櫻屬種子相同，都具有堅硬內果皮，會抑制種子發芽，以至未去內果皮種子發芽率甚低，其內果皮會延遲山櫻花種子發芽。堅硬的內果皮使水及空氣不易進入種子內，種子的生理活性降低，必須經過暖低溫組合層積後熟作用，累積足夠量的酵素、植物荷爾蒙及可溶性代謝物質，生理反應活化後促進種子發芽。

去內果皮LED紅光處理與黑暗對照組比較，紅光處理後的種子發芽率高於黑暗對照組4%，可知種子照射單一紅光後發芽率增加，就紅光處理去內果皮種子有促進發芽效果，但與激勃素處理種子比較上來說，紅光波長並不是促使山櫻花種子發芽的主要影響因子，推測主要原因乃是LED紅光波長只有660nm單一光質，在主要可見光中只是一段波域而已，所以未來可以再加入遠紅光及藍光波段分別測試發芽率，或是應用LED全光來比較其波長對種子發芽之影響。最後激勃素處理後之種子，發芽率於第28天接近100%，明顯提高山櫻花的種子發芽，可見激勃素對山櫻花種子有明顯促進效果。

四、LED燈於種子促發芽效益

林業育苗上來說，提升種子發芽率可節省許多人力及時間耗費，種子發芽率乃與種子的

特性有直接關係，種子保存及後熟也影響種子活力，本次LED生長箱研究山櫻花種子的發芽率來說，單一波長紅光處理後發芽率增加4%，雖然發芽率不像激勃素處理後顯著，但應用LED生長箱光質可調節性與低耗電量，之後可嘗試將不同波長(藍光、綠光與遠紅光)或是同時照射兩段、三段波長，研究不同波長之光質對種子發芽影響，更可直接證明哪一波段是影響山櫻花種子發芽的主要波段，或是要以多少比例的各式混合波長來達到其最高發芽率，以期在實際育林上可以大量栽植。

為每年山櫻花季來時，陽明山與阿里山等觀光勝地，總是吸引許多愛花者爭相朝聖，然而在櫻花培育上，不僅是山櫻花，還包括其他櫻屬植物，例如：霧社櫻、大島櫻、千島櫻、吉野櫻等，種子大多具有深度之休眠性，必須花費許多人力及時間進行育苗作業，若能利用LED燈光質可調性尋找最佳的光波長比來促進發芽，及利用其光穩定特性及發熱量低達到省電，並有效增加種子發芽率，不僅可節省人力，也能達到節能減碳目的。近年來隨著LED燈製做成本不斷地降低及使用壽命極長，未來替代傳統人工光源燈泡是主要趨勢，在現今社會上人類日常生活中使用於交通號誌、車燈、桌燈、建築照明、顯視器背光光源及保全等照明領域已非常普遍，在未來農業應用上也必定更加頻繁，因此期待有更多的學者及農民可以提供LED在生長箱種苗培育及溫室栽培上的實驗數據及實際農林產品生產的應用心得，也期許未來有更環保的科技產品可以投入人類的生活及糧食作物的增產。🌱