

光質對於彩色海芋組培苗生長之影響

國立台灣大學生物產業機電工程學系 饒瑞佶 方煒

【關鍵詞】光質、發光二極體、彩色海芋

一、前言

近年來光電技術的進步大幅提昇了發光二極體 (Light-emitting diode, 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。發光二極體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 (Light intensity) 可調整、光質 (Light quality, 紅/藍光比例或紅/遠紅光比例) 可調整、冷卻負荷低與提高單位面積栽培量等優點，因此對於有環控的封閉式農業生產環境，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。本研究使用 LED 為光源，進行光質對海芋組培苗生長的影響，探討在栽培期內維持光量不變下連續改變紅光/藍光比例對瓶苗生長的影響。

二、實驗設備與方法

1. 實驗設備與材料

本研究實驗設備包含可改變紅光/藍光光量比值 (R/B ratio) 的光源 - LEDSet、可攜式光譜輻射計 (LI-1800, LI-COR, USA.) 精密微量天平 (Libror AEG-455M, Shimadzu, Japan) 烤箱 (DV-452, 炬安儀器, 台灣) 與葉綠素計 (Minolta SPAD 502, Spectrum Technologies, USA.)。LEDSet 為作者自行開發的光源設備 (圖 1)，使用紅光 (645 nm) 與藍光 (460 nm) 發光二極體為光源，具有光量、光質、頻率與工作比 (Duty ratio) 可調的性質，可攜式光譜輻射計用以量測 LEDSet 的光量大小與 R/B 值，其他設備則用於量測最後實驗樣本的乾/濕重與葉片葉綠素含量等生長參數。



圖 1 光源 LEDSet 實體圖

實驗材料為由日昇生物科技公司所提供的彩色海芋組培苗 (*Zantedeschia jucunda* 'Sensation')，初始鮮重與乾重分別為 101.7 ± 11.2 mg 與 22.7 ± 4.4 mg。培養容器為台灣育品公司所生產的 785 ml 透明圓柱形 PVC 容器，容器頂蓋上有一直徑 5 mm 的透氣孔。

2. 實驗方法

總共進行 8 個不同處理的實驗，如表 1 所示：處理 1 (LQ1) 為完全提供藍光，而不提供紅光的處理 (R/B=0)；處理 2 (LQ2) 為完全提供紅光，而不提供藍光的處理 (R/B=無限大)；處理 3 (LQ3) 為在整個栽培過程中都維持固定的 R/B 比等於 1.5；處理 4 (LQ4) 為 1 至 3 週維持 R/B=0.5，第 4 與第 5 週 R/B 改變為 3.0；處理 5 (LQ5) 為 1 至 2 週維持 R/B=0.5，第 3 週改變 R/B 為 1.5，第 4 與第 5 週 R/B 再改變為 3.0；處理 6 (LQ6) 為 1 至 2 週維持 R/B=0.5，第 3 至 5 週改變 R/B 為 3.0；處理 7 (LQ7) 為 1 至 3 週維持 R/B=1.5，第 4 至 5 週 R/B 改變為 3.0；處理 8 (LQ8) 為 1 至 2 週維持 R/B=1.5，第 3 至 5 週 R/B 改變為 3.0。35 天後取出每組處理共 80 個樣本量測株高、最新完全展開葉葉綠素含量、地上部之鮮/乾重與地下部 (根+球莖) 之鮮/乾重，同時計算乾物重比例、乾物重地上部對地下部比例 (S/R) 及相對生長速率 (Relative growth rate, RGR)。

所有處理被程式設定成 16/8 小時光週期、固定的光量， $PPF = 80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (LI-1800, LI-COR Inc., USA) 及固定的日累積光量， $DLI = 4.608 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2}$ ，栽培階段依設定改變紅光對藍光光量比例 (R/B)。栽培時間 35 天，栽培環境溫度與相對溼度分別維持在 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 與 $50 \pm 10\%$ 。實驗採完全隨機方式進行，每個處理 1 瓶，每瓶內種植 10 棵樣本，一次取樣 1 瓶，樣本數為 10 個，共進行三次實驗。

表 1 海芋光質實驗 8 種不同處理的編號與光質變化情形

處理	週數 1,2	週數 3	週數 4,5	R_{Acc}^b	B_{Acc}^c	R_{Acc}/B_{Acc}
	R/B 比			$\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$	$\text{mol} \cdot \text{m}^{-2}$	
1.LQ1	只有藍光 (0/80)			0.0	161.3	0.00
2.LQ2	只有紅光 (80/0)			161.3	0.0	無限大
3.LQ3	1.5 (48/32) ^a	1.5	1.5	96.8	64.5	1.50
4.LQ4	0.5 (26/54)	0.5	3.0 (60/20)	79.8	81.5	0.98
5.LQ5	0.5	1.5	3.0	88.7	72.6	1.22
6.LQ6	0.5	3.0	3.0	93.5	67.8	1.38
7.LQ7	1.5	1.5	3.0	106.4	54.9	1.94
8.LQ8	1.5	3.0	3.0	111.3	50.0	2.23

^a 括弧前的數字代表該處理在某週數時的 R/B 比，括弧內的數字代表紅光/藍光光量。^b 紅光 35 天總累積光量。^c 藍光 35 天總累積光量。

三、實驗結果與討論

結果顯示 (表 2) 這樣的處理不影響最後的乾物重累積量與相對生長速率 (RGR)，Miyashita 等人 (1994) 對於馬鈴薯組培苗的研究也有相同的結果，改變 R/B 比只會對其生長形態有影響，而不會影響其最後的乾物重累積，不過 Miyashita 等人的實驗是各處理間的 R/B 比從栽培開始到結束都維持一定。這樣的 R/B 比改變在葉綠素含量上卻不會造成顯著差異的產生

只照射紅光 (LQ2) 或只照射藍光 (LQ1) 的處理與其他種改變光質的處理在株高上確實是有不同，結果顯示紅光與藍光在調控株高上存在著不同的機制，只照射紅光者所得到的株高最矮，這樣的結果與 Appelgren (1991) 和 Aksenova 等人 (1994) 所得紅光會促進節間的伸長進而增加株高的結果是相反的，不過在其他同時有紅光與藍光的處理間，不論是固定 R/B 比或是改變 R/B 比，在株高上所得的結果並沒有顯著的差異。

表 2 光質實驗經 35 天栽培期後生長參數量測結果

處理	株高 (cm)	葉綠素 (SPAD)	鮮重(g/株)			乾重(g/株)			乾物重比 %	地上 /地下	RGR
			地上部	地下部	全部	地上部	地下部	全部			
1.LQ1 **	7.6 ^{a*}	N/A	0.295 ^{bc}	0.603 ^{ab}	0.898 ^{bc}	0.017 ^{bc}	0.055 ^a	0.071 ^{ab}	7.94	0.30	0.053
2.LQ2	5.3 ^d	19.84 ^c	0.234 ^c	0.636 ^{ab}	0.869 ^c	0.013 ^c	0.056 ^a	0.068 ^{ab}	7.86	0.23	0.052
3.LQ3	6.3 ^{bc}	25.70 ^b	0.326 ^b	0.733 ^c	1.059 ^{ab}	0.020 ^b	0.059 ^a	0.079 ^a	7.48	0.34	0.056
4.LQ4	8.0 ^a	30.88 ^a	0.402 ^a	0.692 ^{ab}	1.094 ^a	0.025 ^a	0.059 ^a	0.084 ^a	7.69	0.42	0.058
5.LQ5	5.7 ^{cd}	28.03 ^{ab}	0.229 ^c	0.572 ^b	0.800 ^{cd}	0.014 ^c	0.054 ^a	0.067 ^{ab}	8.42	0.25	0.052
6.LQ6	6.7 ^b	26.63 ^b	0.254 ^c	0.563 ^b	0.817 ^{cd}	0.015 ^c	0.056 ^a	0.071 ^{ab}	8.70	0.27	0.053
7.LQ7	6.1 ^{bc}	24.29 ^b	0.256 ^c	0.418 ^c	0.674 ^d	0.015 ^c	0.040 ^b	0.055 ^b	8.17	0.38	0.046
8.LQ8	6.4 ^b	26.99 ^{ab}	0.279 ^{bc}	0.453 ^c	0.732 ^{cd}	0.018 ^{bc}	0.059 ^a	0.077 ^a	10.49	0.30	0.055

* 平均值 (株高、葉綠素含量、鮮重及乾重) 後的英文數字代表鄧氏新多變域檢定的結果，相同字母代表在 5% 的顯著水準下沒有差異性存在。 ** $RGR = \{\ln(W2) - \ln(W1)\} / (T2 - T1)$ ，其中 W1 與 W2 分別代表在第 T1 日與第 T2 日時的總乾重，本研究 $T2 - T1 = 35$ 。

四、結論

由本實驗可以證實，海芋組培苗的生長形態可以透過調整發光二極體紅光與藍光的比例來達成，只照射藍光會有較多未全展開的葉片，顯示紅光參與了葉片開展的作用機制，而只照射紅光者，植株較矮且葉綠素含量較少，顯示藍光同樣參與了植株高低與葉綠素合成的調控。