

R/FR 值的調控方法及 R/FR 值對花卉開花之影響

易美秀

摘 要

光照條件中光質的影響，尤其是光譜中紅光(640~700 nm, R)與遠紅光(700~740 nm, FR)光通量的比值(RFR)的作用，對形態的建成，調節植株高度，調節開花等具有重要影響，RFR 比值已成為控制植株形態的一個重要評價參數。

RFR 比值可由光質調控膜或人工光源加以改變，光質調控膜的基本構成和普通膜一樣，為聚乙烯或醋酸乙烯聚合物，只是在合成過程中加入特定的化學色素，這種色素能選擇性地吸收某一波長範圍的光線從而改變環境下的光質。一般可分為遠紅光吸收膜、紅光吸收膜、熱線吸收膜。

人工光源如白熾燈、螢光燈、金屬鹵化物燈、高壓鈉燈、LED 燈等，其中白熾燈含有較多的遠紅光(FR)，使得 RFR 變小，因而植株比正常光源下長的高。除白熾燈外所有傳統光源的 RFR 值都比自然光下的 RFR 要大。螢光燈與其他光源相比其遠紅光比例很小，因而 RFR 普遍偏高。金屬鹵化物燈由于金屬鹵化物的不同其 RFR 在 1.2~3.5 之間，一般型高壓鈉燈和顯色改進型高壓鈉燈分別為 4.4 和 3.6。LED 燈可由紅光、藍光、遠紅光組成不同光譜設定不同的 RFR 值。

光質在一些長日花卉上的影響，已有所研究，以低 R/FR 值促進開花，節間伸長，高 R/FR 值延遲開花，節間縮短，節數增加。洋桔梗 R/FR=0.5 時促進花芽可見而 R/FR=5.0 延後花芽可見。R/FR=5.3 為促進或延後花芽可見的界限，長日處理花芽可見可提早 20 日，R/FR 0.5~3.0 減少主莖的節數，增加節間的長度。滿天星於短日下沒有花芽形成，遠紅光補充紅光較遠紅光更促進開花及增加花芽數，R/FR 0.23~0.71 可以有促進開花之效果，LED 長日下，切花的品質不會低於白熾燈，商業生產上可替代白熾燈。紫羅蘭白天以吸收膜控制為高的 R/FR 值，晚上照射紅光會延後花期，節間縮短，然而白天若為低的 R/FR 值，晚上照射遠紅光則促進節間伸長，提早開花。R/FR 對短日植物菊花的花芽分化亦有所影響，設計紅光(R: 660±10 nm)與遠紅光(FR: 730±10 nm)比值 R/FR 為 0.5、0.25、4.5、6.5，結果 R/FR=6.5 處

理的菊花神馬品種花芽分化最快，比 $R/FR=0.5$ 縮短了 34 天，而花徑由大至小的 R/FR 值順序為： $6.5>4.5>2.5>0.5$ 。

前 言

光照條件下光質的影響，尤其是光譜中紅光(600~700 nm, R)與遠紅光(600~700 nm, FR)光通量的比值(RFR)的作用，日益受到人們的重視，光譜中紅光與遠紅光通量的比值(RFR)對植物形態建成，調節植株高度，調節開花期等具有重要影響，RFR 比值已成為控制植株形態的一個重要評價參數。在許多長日花卉使用光源之紅光與遠紅光比例已影響其開花早晚及改變其節間的伸長與節數的多少。此外在短日花卉菊花上亦發現 R/FR 值會影響其花芽分化的快慢及改變其切花級數，在商業生產上光源的 R/FR 值已受到重視，為切花生產上花期調節的重要技術。

內 容

一、光質控制與植物生長

太陽光的光譜組成絕大部分在 300~2,000 nm 範圍內，400~700 nm 波長範圍的光直接影響植物的光合作用，稱之為光合有效輻射(Photosynthetically Active Radiation or PAR)。對植物的形態建成而言，從紫外線到 800 nm 波長範圍的光都有作用。尤其是紫外線(波長<380 nm)、藍光(400~500 nm)、紅光(600~700 nm)及遠紅光(700~800 nm)的強度比較重要。波長>800 nm 的光波，不能被植物直接利用，只對調節環境溫度起作用。

植物體內含有不同的色素系統，葉綠素能夠捕捉 400~700 nm 的光源作為光合作用的能源，光敏素(Phytochrome)能感知周圍環境中光譜組成的微小變化，並由此引發植物體自身生理上或形態建成上的變化。不同波長的光線，通過與其相關的色素作用而影響植物體的激素平衡，進而引發植物的生理生態變化。例如紅光(600~700 nm)能降低植物體內 GA 含量，而減少節間長度和植株高度，而遠紅光(700~800 nm)的作用恰好和光紅相反，能夠提高植物體內 GA 的含量，而增加節間長度和植株高度。根據這一原理，可以通過人工控制植物生長環境中的紅光或遠紅光的量，來調節植株高度。

二、光質調控薄膜

光質調控薄膜的基本構成和普通薄膜一樣，為聚乙烯或醋酸乙烯聚合物，只是在合成過程中加入特定的化學色素。這種色素能選擇性地吸收某一波長範圍的光線，從而改變環境下的光質。

- (一)遠紅光吸收膜：能吸收自然光中的遠紅光(FR 700~800 nm)而導致覆蓋環境下的高 R/Fr 值，該種薄膜主要用于防止幼苗徒長，培育健壯幼苗。
- (二)紅光吸收膜：能吸收自然光中的部份紅光(R. 600~700 nm)，而導致覆蓋環境下低 R/Fr 值。它主要用于增加植株高度或側枝長度，如鮮切花生產等特殊目的的栽培。
- (三)熱線吸收膜：能吸收部份紅外光及遠紅外光，阻止熱線進入室內，而降低室內溫度，多用於夏季栽培，由于該膜也能吸收部份遠紅光，在其覆蓋下的 R/FR 較高，所以也有控制植株高度的效用。

三、人工光源

利用人工光源應用予溫室植物栽培的照明，補光和植株形態調節等。溫室植物對光的需求，傳統的人工光源如白熾燈、螢光燈、金屬鹵化物燈、高壓鈉燈等分析如下：

- (一)白熾燈泡：為最早的人工光源，其藍光不足較少且遠紅光較多使得 R/FR 的比值變小，因此植株在光源下會較細。單位栽培面積上的配置功率數為 $0.50\sim 1.2 \text{ kw}\cdot\text{m}^{-2}$ 。因其大量紅外線會轉化熱輻射干擾而使植株過熱，所以安裝高度至少 30~40 cm 才不會傷害植株。
- (二)螢光燈管：由較多藍、黃和綠光譜組成比前者節能 3、4 倍，遠紅光比例很小，使 R/FR 值偏高，僅適合組織培養或育苗，單位面積的功率數比白熾燈低，如螢光燈管為 $0.38\sim 0.91 \text{ kw}\cdot\text{m}^{-2}$ 。安裝高度可距植株 5~10 cm 以上並沿著植株行間安置。
- (三)金屬鹵化物燈：其青色成分較多且接近自然光光譜，其不同的 R/FR 值界於 1.2~3.5 之間，所以不能取代陽光栽種，但適合補光的處理作業。
- (四)高壓鈉燈：目前最普遍使用的。其光譜含較多紅橙光和較少藍綠光，一般型和顯色改進型的 R/FR 值分別為 4.4~3.6，主要用於光合作用補光，不能取代陽光栽種。單位栽培面積配置功率數約為 $0.05\sim 0.06 \text{ kw}\cdot\text{m}^{-2}$ ，熱輻射干擾而使植株過熱，所以距離須係保持 100 cm 以上。

(五)LED 燈：可選擇按特定波長，具有針對性，單一波長的 LED 要比波段寬的太陽光更能促進光合作用，平均壽命達一萬小時，亮度高，能耗低，耗電量低，僅為白熾燈的 1/10，可調節紅、藍和遠紅光源與 R/B 比例及 R/FR 比例，可控制植株形態與光合作用效率。

四、R/FR 對花卉花期的影響

光質在一些長日花卉上的影響，已有所研究，以低 R/FR 值促進開花，節間伸長，高 R/FR 值延遲開花，節間縮短，節數增加。

(一)洋桔梗 R/FR=0.5 時促進花芽可見而 R/FR=5.0 延後芽芽可見。R/FR=5.3 為花芽可見促進和延後的界限，長日處理下花芽可見最多可提早 20 日，R/FR 0.5~3.0 減少主莖的節數並增加節間的長度(Yamada, *et al.* 2008)。遠紅光燈、白熾燈、植物生長燈減少至花芽的時間，日光型的螢光燈則延遲花芽可見的時間。遠紅光燈、白熾燈和植物生長燈減少節數而日光型螢光燈增加節數(Yamada, *et al.* 2009)。

(二)滿天星：栽植於短日下沒有花，遠紅光補充較遠紅光更促進開花和增加花芽，雖然紅光會抑制長日開花，增加適當的紅光使 R/FR 0.23~0.71 可以有促進開花之效果。在對照 FR 補充藍光不會影響 R/FR，沒有增加誘導開花和花芽的功效，LED 於長日下，切花的品質不會低於白熾燈，商業生產上可以替代白熾燈(Nishidate, *et al.* 2012)。

(三)紫羅蘭：在白天以吸收膜控制為高的 R/FR 值，晚上照射紅光會延後花期，節間縮短，然而白天若為低的 R/FR 值，晚上照射遠紅光則促進節間伸長，這相同發現表現於秋播冬天栽培和夏播秋天栽培，於冬天開花期時溫度是冷涼的，而春播夏天生長者節間縮短，長出較多的葉，開花更加促進(Yoshimura, *et al.* 2002)。

紅光與遠紅光的比值對短日植物菊花的花芽分化亦有所影響

(一)菊花‘神馬’：設計紅光(R: 660±10 nm)與遠紅光(FR: 730±10 nm)比值(R/FR)為 0.5、2.5、5.4、4.5、6.5 的 LED 照光處理，研究不同 R/FR 處理對菊花花芽分化過程，相對發育速度及花莖的影響。結果表明：R/FR=6.5 處理的菊花完成花芽分化過程所需時間最短比 R/FR=0.5 處理下的菊花縮短 334 天。R/FR 越大，菊花花芽分化的發育速率越大，完成花芽分化時，R/FR=6.5 相對發

育速率為 $R/FR=0.5$ 的 2 倍。與花芽分化趨勢一致，不同光質處理下的花徑由大至小的 R/FR 順序為： $6.5>4.5>2.5>0.5$ (彭等，2013)。

結 語

花卉的銷售已走向國際化，切花生產必須周年生產才會有競爭力，花卉的花期調節是相當重要的環節，R/FR 值透過光敏素的原理及對 GA 的影響可改變分散切花期及調節株高，再加上光線吸收膜的開發及燈具的發明，將來在花期的調控、電費成本的降低都是指日可待的。

參考文獻

1. 李書民 2000 光質調控薄膜在設施園藝生產中的應用 中國蔬菜增刊 p.54-57。
2. 林柏希 2010 應用發光二極體在農業發展之效用探討 農委會資訊中心「農業資訊科技應用發展電子報」 2013/9/7 <http://www.coa.gov.tw/office-epaper/epaper/infoexplorer/online/13/004/Untitled-1.html>。
3. 周國泉、徐一清、付順華、吳家森、鄭紅光 2008 溫室植物生產用人工光源研究進展 浙江林學院學報 25(6): 798-802。
4. 彭曉丹、楊再強、李伶俐、張繼波 2013 紅光與遠紅光比值對溫室切花菊花‘神馬’花芽分化過程的影響 生態學雜誌 p.1471-1475。
5. Blanchard M. G. and E. S. Runkle. 2010. Intermittent light from a roating high-pressure sodium lamp promotes flowering of long-day plants HortScience 45: 236-241.
6. Nishidate, K., Y. Kanayama, M. Nishiyama, T. Yamamoto, Y. Hamaguchi and K. Kanahama. 2012. Far red light supplemented with weak red light promotes flowering of *Gypsophira paniculata*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 18: 198-203.
7. Yamada, A., T. Tangawa, T. Suyama, T. Matsuno and T. Kunitake. 2009 Red : far-red light ratio and far-red light integral promote or retard growth and flowering in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Sci. Hortic. 120: 101-106.

8. Yamada, A., T. Tanigawa, T. Suyama, T. Matsuno and T. kunitake. 2008. Night break treatment using different light sources promotes of delays growth and flowering of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) shinn. J. Japan. Soc. Hor. Sci. 77: 69-74.
9. Yoshimura, T., M. Nishiyama and K. kanahama. 2002. Effects of red or far-red light and red/far-red ratio on the shoot growth and flowering of *Mattiola incana*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 575-582.