

LED燈源用於菊花電照之研究

許謙信

摘要

試驗以LED10 R(10W紅光)，7R3B(7 W紅光混合3W藍光)，5R5B(5W紅光混合5W藍光) 5R2B(5W紅光混合之2W藍光)及23W110V及23W220V黃光省電燈泡為對照進行。10R(10W紅光)的照度高於7R3B(7W紅光混合3W藍光)，更高於5R5B(5W紅光混合5W藍光)。藍光對照度之貢獻度遠不及紅光。10R燈光於燈下之照度高於23W110V或23W220V黃光省電燈泡，但是在距離250cm處則10R之照度低於23W110V及23W220V。不同燈泡下之‘白天星’到花日數10 R於不同距離下為44日。其餘燈泡正方形中心點則為42日，相差為2日。‘黃精競’之到花日數則在51日至54日之間，其10 R之紅光抑制開花之效果仍比其他各組佳，其次為省電燈泡。‘芬蘭小粉’之到花日數之結果相似，以10 R之結果最好，其次為23W220V之省電燈泡。

關鍵字：菊花、光週期、暗期中斷、光質、LED

前言

菊花為短日植物，商業栽培上以夜間電照的方式維持插穗母株之頂芽為營養生長，在切花栽培之前期亦以電照抑制開花，達到延長切花花莖之目的，同時可以調節產期^(4,14,21,22)。菊花電照之成本以鎢絲燈泡電照每公頃達4萬元以上，約佔菊花非勞力生產成本之18%^(2,11)，若以台灣菊花栽培面積多達800ha以上，則每年耗費之電費成本至少高達3千萬元。

利用夜間電照方式改變光週期以影響植物之開花，為菊花商業栽培經常之管理技術^(5,14,21,22)，同時在很多植物上亦有廣泛研究^(18,28)。對於不同光源之有效性^(3,15,17,18,28)、用電量⁽¹⁵⁾及環境光害污染⁽¹⁸⁾，國外多有研究結果。然而，近年廣泛利用於公共場所及家庭照明之省電燈泡⁽⁹⁾，已經由台中區農業改良場試驗推廣，廣為栽培農友利用。可以節省下四分之三的電費^(6,7,8)。

不同光源之有效性及用電量常為評斷不同光源效率之重要依據。國外對於多種光源已有研究結果及利用時之評估。近年廣泛利用於公共場所及家庭照明之新

型省電燈泡⁽⁹⁾，以推廣適用於菊花電照。其次，發光二極體LED燈泡為新一代光源，具有低耗能、高效率、壽命長之優點，為汽車業者作為投射光源之新產品，並廣為做為紅綠燈，亦急待嘗試應用於路燈照明⁽¹²⁾，其應用於植物組織培養之光源^(1,13)，獲得良好之結果。測試LED燈泡是否可以應用於菊花電照為本試驗之目的。

內容

一、電照之架設

菊花品種‘白天星’、‘黃精競’及‘芬蘭小粉’等3個品種扦插發根苗購自彰化縣田尾鄉。2011年7月7日種植於彰化縣大村鄉台中區農業改良場，8月3日摘心，電照處理如下所述，並於2011年9月1日熄燈。

電照處理方式採用6種燈泡，採用菊花產區慣行之二種省電燈泡分別為23W110V及220V黃光省電燈泡為對照，另外採用4種LED燈泡，分別為10W紅光(10R)、7W紅光混合3W藍光(7R3B)、5W紅光混合5W藍光(5R5B)及5W紅光混合2W藍光(5R2B)6種燈泡，均試驗連續電照。連續電照法之電照時間為夜間10時至隔日凌晨2時，共4hr。

考慮不同電照區之相互影響，每一處理僅試驗一區，共六區。每區種植三畦，畦寬為1.5m(含畦溝)，不同區間相隔一空畦，並以黑色雜草抑制蓆於燈泡高度往下遮光1.2m，防止不同區間之光線互相干擾。每區內燈泡架設採雙行，行距3.0m，架設於左右畦上正中，雙行燈間尚有一畦，每行內之燈距為3m，燈泡高度180cm。每品種於前後兩燈間種植三畦，長度為3m。每區長6m，寬3m，架設燈泡6盞(圖1)。每畦種植採雙行植，行距35cm，株距12cm，摘心後每株苗留三分枝。

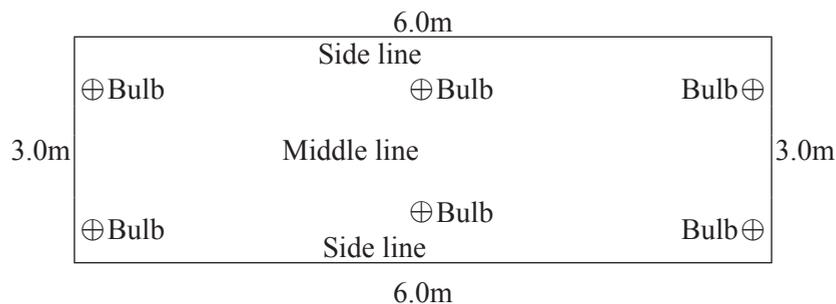


圖1. 六個燈泡之長方形架設法以量測不同區域照度。燈泡高度180cm。

Fig. 1. Installation of 6 lighting bulbs in a rectangle to measure light intensity of different areas in the field. Height of bulb is 180 cm.

二、照度之量測及預估

光照強度：每種燈泡依單一燈泡於種植前以光度計(TES1332 digital Lux meter)量測畦面與燈下水平距離每50cm位置之光照強度，自0cm至250cm共6點，每種燈泡量測4個。量測畦面與燈泡正下方不同水平距離之照度，將距離與照度取指數迴歸曲線，並依據迴歸方程式計算試區中間畦面於邊長中點至正方形中心點各距離50 cm定點之照度，以為參考。

表1為種植前單一燈泡架設於田間180cm高，畦面與燈泡正下方不同水平距離之照度。6種燈泡量測之照度分佈，各有不同。調查不同燈泡於燈下180cm於不同水平距離之照度，結果如表1。其中10R(10W紅光)的照度高於7R3B(7W紅光混合3W藍光)，更高於5R5B(5W紅光混合5W藍光)。藍光對照度之貢獻度遠不及紅光。10R於燈下之照度高於23W110V或23W220V黃光省電燈泡，但是在距離250cm處則10R之照度低於23W110V及23W220V。此一量測結果顯示10 R之照射分散角度較小，較不適合遠距離之照射(表1)。

6種燈泡之迴歸方程式詳如表2。其迴歸相關係數則介於0.922至0.973之間(表2)。估算300cm邊長正方形四頂點架設燈泡，於邊長中點(中間畦)至正方形中心間不同距離之估算照度，於距離最遠之150cm處之照度，10 R照度達24.7lux，7R3B有19.9lux，而23W110V有27.7lux，23W220V有38.4lux，而5R5B及5R2B則較低(表3)。

三、熄燈後到花日數：距離燈下每50cm為一調查區，自0cm到150cm共四個距離區，種植之三畦為三小區，每一小區內盛開花株數達一半時，為熄燈後到開花之日數。

不同燈泡下之‘白天星’到花日數10 R於不同距離下為44日。其餘燈泡正方形中心點則為42日，相差為2日(表4)。「黃精競」之到花日數則在51日至54日之間，其10 R之紅光抑制開花之效果仍比其他各組佳，其次為省電燈泡(表5)。「芬蘭小粉」之到花日數之結果相似，以10 R之結果最好，其次為23W220V之省電燈泡(表6)。電照時之最低照度為田間架設燈泡時重要之考量，同時關係設置電力設備時之成本⁽²²⁾。因為品種間對照度之需求不同，Accati-gonibaldi以深夜電照4hr，100w鎢絲燈泡測試5品種，若依Kofranek之測量照度推算，照度需求介於3-13Lux之間⁽²⁰⁾。在未提及電照時間長短下，日本學者測試25個品種，指出照度需求在12-98Lux之間⁽¹⁴⁾，而台灣之栽培品種依黃及朱之研究，品種間之照度需求亦有差異⁽¹⁰⁾。本試驗使用之三個品種，在不同燈泡之最低照度連續電照4hr下，三個品種之抑制開花效果顯有差異，以白天星最易電照抑制花芽，而芬蘭小粉則最為困難。

四、除芽及除蕾數：大菊品種‘白天星’、‘黃精競’於除蕾適期進行除蕾，僅

留頂芽花蕾。調查除去之側芽花蕾及側芽總數，每試區調查10株。

比較‘白天星’及‘黃精競’二個品種之除蕾及除芽總數以‘白天星’除蕾及除芽數較少，而‘黃精競’較多，二者之各種燈泡間之比較，則差異不顯著。

使用紅光LED及省電燈泡在低光度區之照度相似，在紅光LED較低照度下，LED之效果較省電燈泡為佳。利用LED燈泡節約能源，可以節省電量，唯品種間之需光量臨界點不同，必須評估各栽培品種之最低需光量，及依品種提供調整照度及照明時間之方法。

討論

影響電照技術是否能有效抑制花芽分化的因子有三，一、電照光源之光質^(18,28)，二、電照之照度^(10,14,16,22)，三、電照之時間長短^(5,16,22,26)。本試驗測試慣行之新型省電燈泡及LED燈泡^(6,12)，在不同光源下之最低有效照度。

利用電照調節植物開花成功與否和電照時之照度與光量(light amount)有關，如何量測照度以估算各品種所需最低光量，為商業栽培時必須考慮之實務^(10,14,22,24)。本試驗以單一燈泡架設於田間1.8m高處，量測距燈下不同水平距離之照度與多位學者之研究結果比較，本試驗燈下位置之照度以10R最高，大於23W省電燈泡，藍光對照度之貢獻度遠小於紅光。另一方面，LED燈泡之投射角度小，分散光線之效果較省電燈泡差，應該從平面配置設計改為立體式設計。10R之配置數量應可降低。

以電照抑制短日植物開花主要受光敏素所影響，光敏素有二型，分別為Pr及Pfr，此二型接受紅光或遠紅光後，彼此可以互相轉換，依二型之含量比(Pfr/Pr)帶動植物荷爾蒙或其他生化反應，以控制開花。Pr轉換為Pfr之最有效光源為紅光(660nm)，而Pfr轉換Pr之最有效光源為遠紅光(730nm)。以其他波長之光線照射時，雖效率較差，仍有調控開花之效果。以大豆為例，藍光(480nm)抑制開花之效率僅為紅光(660nm)之1/20。而介於紅光及藍光間之光源，其效率介於二者之間^(18,28)。然而在組織培養的應用上，同時兼具紅光及藍光之燈源，植株能有較佳的生長^(1,13)。在草莓的栽培上同時具有紅光及藍光亦有較佳之結果，單獨紅光植株有徒長之情形⁽²⁵⁾。藍光有抑制莖伸長之作用⁽¹⁹⁾，然而此一機制與遺傳有關，有些馬鈴薯之品種無此效果⁽²³⁾。以調節光週期之光度，以紅光及藍光處理長日植物仙客來，有提早開花之情形。然而在本試驗中藍光則無任何效果，以全紅光處理得到最佳之結果。

以夜間電照抑制菊花開花之最有效時段為深夜，將長夜分成二段，以有效縮短夜長，唯電照時間之長短依品種及環境有所不同，在高緯度地區(40°to50°)的冬

季，因為夜長較長，可能需長達5hr的電照，而25°至40°則建議為4hr。更低的緯度所需之時間則更短^(5,21,22)。

表1. 不同燈泡於燈下180公分於不同水平距離之照度(Lux)

Table 1. Light intensity (Lux) of 6 types of bulb in different distance (single bulb)*.

Types of bulb	Horizontal distance from light					
	0cm	50cm	100cm	150cm	200cm	250cm
10R	41.0 ± 4.2	36.5 ± 2.5	22.6 ± 2.3	12.6 ± 1.2	6.7 ± 0.7	4.0 ± 0.3
7R3B	32.2 ± 0.3	28.6 ± 0.7	18.5 ± 0.8	10.1 ± 0.6	5.4 ± 0.4	3.0 ± 0.1
5R5B	24.0 ± 1.4	21.0 ± 2.1	12.9 ± 0.8	7.5 ± 0.4	4.0 ± 0.4	2.5 ± 0.1
5R2B	21.5 ± 2.8	18.6 ± 1.7	11.6 ± 1.3	6.6 ± 0.6	3.4 ± 0.3	2.1 ± 0.4
23W110V	25.0 ± 4.6	24.1 ± 4.6	18.6 ± 2.3	11.5 ± 1.1	7.2 ± 1.2	4.9 ± 0.6
23W220V	34.6 ± 5.6	34.2 ± 4.9	26.3 ± 1.3	16.7 ± 1.2	10.6 ± 1.1	7.5 ± 0.5

表2. 6種燈泡架設180cm高之照度指數迴歸曲線方程式

Table 2. Regression formula of light intensity on horizontal distance from 6types of bulb installed at 180cm height above soil level.

Types of bulb	Regression formula	R ²
10R	$Y=51.51e^{-0.01X}$	0.967
7R3B	$Y=41.42e^{-0.01X}$	0.966
5R5B	$Y=29.50e^{-0.01X}$	0.973
5R2B	$Y=26.68e^{-0.01X}$	0.965
23W110V	$Y=30.58e^{-0.007X}$	0.922
23W220V	$Y=42.39e^{-0.007X}$	0.932

表3. 於300cm邊長之正方形四頂角架設燈泡，於短邊中點至正方形中心間不同距離之估算照度(Lux)

Table 3. Light intensity (Lux) from 6 types of bulb at different horizontal distance of estimated by regression formular in a 300cm square.

Types of bulb	Horizontal distance from light			
	0cm	50cm	100cm	150cm
10R	26.6	26.8	25.4	24.7
7R3B	21.4	21.5	20.5	19.9
5R5B	15.2	15.3	14.6	14.1
5R2B	13.8	13.9	13.2	12.8
23W110V	27.3	28.2	27.9	27.7
23W220V	37.8	39.0	38.7	38.4

表4. 不同燈泡電照下菊花‘白天星’熄燈後之到花日數 (單位：日)

Table 4. Days to flowering of Bai-Tien-Xing chrysanthemum after light-off.

Types of bulb	Horizontal distance from light				
	0cm	50cm	100cm	150cm	210cm
10R	44	44	44	44	44
7R3B	44	44	42	42	42
5R5B	42	42	42	42	42
5R2B	42	42	42	42	42
23W110V	44	42	42	42	42
23W220V	44	44	42	42	42

表5. 不同燈泡電照下菊花‘黃精競’熄燈後之到花日數 (單位：日)

Table 5. Days to flowering of Huang-Jin-Jin chrysanthemum after light-off.

Types of bulb	Horizontal distance from light				
	0cm	50cm	100cm	150cm	210cm
10R	54	54	54	54	51
7R3B	54	51	51	51	51
5R5B	51	51	51	51	51
5R2B	54	51	51	51	51
23W110V	54	54	51	51	51
23W220V	54	54	51	51	51

表6. 不同燈泡電照下菊花‘芬蘭小粉’熄燈後之到花日數 (單位：日)

Table 6. Days to flowering of Fen-Lan-Xiou-Fen chrysanthemum after light-off.

Types of bulb	Horizontal distance from light				
	0cm	50cm	100cm	150cm	210cm
10R	56	56	56	54	54
7R3B	54	54	51	51	51
5R5B	51	49	49	49	49
5R2B	54	51	51	49	49
23W110V	49	49	49	49	47
23W220V	51	51	51	51	49

表7. 不同燈泡電照下菊花‘白天星’及‘黃精競’除蕾及除芽總數

Table 7. Numbers of disbud of Bai-Tien-Xing and Huang-Jin-Jin chrysanthemum under different night-break bulbs.

Types of bulb	Bai-Tien-Xing	Huang-Jin-Jin
10R	15.50 ± 1.25	25.80 ± 2.95
7R3B	13.90 ± 1.01	25.30 ± 2.48
5R5B	13.05 ± 1.59	25.35 ± 1.38
5R2B	13.70 ± 1.23	26.55 ± 1.15
23W110V	11.80 ± 0.33	27.55 ± 1.02
23W220V	13.85 ± 1.34	27.00 ± 0.86

誌謝

本試驗之完成承農委會100農科-4.2.2-中-D3及101農科-9.2.2-中-D3之經費支持。試驗及文稿之完成承吳素卿小姐、顏汎州及李文宏先生、黃素青小姐之協助，特此致謝。

參考文獻

- 1.方煒、饒瑞佶 2004 使用超高亮度LED調整光量及光質與二者對馬鈴薯組培苗生長之影響 植物種苗 6:57-74。
- 2.台灣農產品生產成本調查報告 2001 冬菊350pp. 行政院農業委員會中部辦公室。
- 3.林純瑛、黃益利 1996 電照菊花燈泡好還是日光燈好呢? 台灣花卉園藝 110:32-34。
- 4.林慧玲 譯 1990 菊花設施花卉開花調節技術 p.269-289 台南區農業改良場。
- 5.許謙信、張致盛 1995 菊花 增修訂再版台灣農家要覽農作篇(二) p.525-540. 豐年社 台北。
- 6.許謙信、魏芳明、田雲生、陳彥睿 2002 菊花電照省電方式之研究:省電燈泡與間歇照明 台中區農業改良場研究彙報 76:43-53。
- 7.許謙信、洪惠娟 2004 利用省電燈泡與間歇照明節省菊花電照成本 中國園藝 50:209-218。
- 8.許謙信、饒瑞佶、方煒 2004 菊花電照省電方式之研究:不同光質省電燈泡電照抑制開花作用 台中區農業改良場研究彙報 85:1-12。
- 9.郭華生 1994 旅館業照明省能利器--省電燈泡 能源節約技術報導 13(5):2-12。
- 10.黃敏展、朱建鏞 1984 電照菊標準照明方法之研究 興大園藝 9:45-49。
- 11.葉庭瑋 1996 菊花電照光源最適配置與控制之研究 國立中興大學農業機械工程學系碩士論文91pp。

12. 劉婉柔 2011 分析新能源產業之產業關聯與投入產出 台灣經濟研究月刊 34(11):45-60。
13. 饒瑞佑、方煒、蔡田龍 2003 超高亮度紅、藍光LED應用於蝴蝶蘭組培苗栽培之研究 農業機械學刊 12:93-100。
14. 船越桂市 1989 開花調節技術 船越桂市編切花栽培新技術 (上) p.28-50 誠文堂新光社 東京。
15. Accati-Garibaldi, E., A. M. Kofranek and R. M. Sachs. 1977. Relative efficiency of fluorescent and incandescent lamps in inhibition flower induction in *Chrysanthemum morifolium* 'Albaltross'. Acta Hort. 68:51-56.
16. Cathey, H. M. and H. A. Borthwick. 1961. Cyclic lighting for controlling flowering of chrysanthemum. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78:545-552.
17. Cathey, H. M. and H. A. Borthwick. 1970. Photoreactions controlling flowering of *Chrysanthemum morifolium* (Ramat. and Hemfl.) illuminated with fluorescent lamps. Plant Physio. 45:235-239.
18. Cathey, H. M. and L. E. Campbell. 1975. Effectiveness of five vision-lighting sources on photo-regulation of 22 species of ornamental plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100:65-71.
19. Folta, K. M. and K. S. Childers. 2008. Lights a growth regulator : controlling plant biology with narrow-bandwidth solid-state lighting system. HortSci. 43:1957-1964.
20. Kofranek, A. M. and M. Robinson. 1973. Tables for calculating desired light flux densities for horticultural crops. Scientia Hort. 1:263-269.
21. Larson, R. A. 1992. Cut chrysanthemum. p.1-42. In: Introduction to Floriculture (2nd ed). Academic Press. San Diego. California.
22. Machin, B. and N. Scopes. 1978. Chrysanthemums Year-Round Growing. 233pp. Brandford Press. Poole. Dorset. Illinois. US.
23. Massa, G. D., H. H. Kim, R. M. Wheeler and C. A. Mitchell. 2008. Plant productivity in response to LED lighting. HortSci 43:1951-1956.
24. Sachs, R. M., A. M. Kofranek, and J. Kubota. 1980 Radiant energy required for the night-break inhibition of floral initiation is a function of daytime light input in chrysanthemum. HortSci. 15:609-610.
25. Samuoliene, G., A. Brazaityte, A. Urbonaviciute, G. Sabajeviene and P. Duchovskis. 2010. The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries. Zemdirbyste Agriculture. 97:99-104.
26. Seeley, J. G. and A. H. Weise. 1965. Photoperiodic response of garden and greenhouse chrysanthemum. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87:464-471.
27. Shin, J. H., H. H. Jung and K. S. Kim. 2010. Night interruption using light emitting diodes (LEDs) promotes flowering of *Cyclamen persicum* in winter cultivation. Hort. Environm. Biotechnol. 51:391-395.
28. Vince-Prue, D. 1975. The response to light. p.70-130. In: Photoperiodism in Plants. McGraw-Hill Book. Maidenhead. Berkshire. England.