

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¹

許謙信²、饒瑞佶³、方煒⁴

摘 要

本試驗測試二種電照方式組合三種燈泡對抑制菊花開花之效果。電照於夜間10時至凌晨2時以連續電照或10分鐘明期，20分鐘暗期，共8個循環之間歇電照組合三種不同光質之燈泡等六種電照處理，調查熄燈後之到花日數以判斷電照成功與否，以作為建議農民採用時之參考。量測三種燈泡之光質，鎢絲燈泡為一向上之曲線，自可見光漸緩緩上升至遠紅光，包含550 nm至1,100 nm之光束。23W黃光燈泡及白光燈泡均有545及610 nm兩個波長，其中以黃光於610 nm橙紅光具有較高光束流量，而其抑制開花之效果較白光省電燈泡佳。在四個參試品種中，以黃秀芳品種之到花日數最長，而電照抑制之效果最好。龍鳳紫品種之到花日數最短，而其電照臨界照度高，品種間之反應差異大。23W黃光省電燈泡之效果與100 W鎢絲燈泡之效果接近，而23 W白光省電燈泡之效果較差。間歇電照處理僅黃秀芳品種之鎢絲燈泡組約於33 lux以上照度時能有效抑制開花，其餘各品種、各種燈泡之間歇電照均未能有效抑制菊花開花。

關鍵字：菊花、光週期、暗期中斷、間歇電照、光質。

前 言

菊花為短日植物，以夜間電照的方式可以維持插穗母株之頂芽為營養生長⁽¹⁵⁾，在切花栽培之前期亦以電照抑制開花，以達到商業栽培上延長切花花莖之目的，同時可以調節產期，以達到週年栽培之目的^(2,5,24,25)。菊花電照之成本每公頃達4萬元以上，約佔菊花非勞力生產成本之18%^(1,10)，估計臺灣栽培菊花每年耗費之電費成本高達6千萬元。

對於不同光源利用於改變光週期以影響植物之開花，在很多植物上已有廣泛研究^(17,18,29)。菊花為商業栽培上普遍利用夜間電照控制開花最成功之實例，菊花電照時，不同光源之有效性^(13,17,18,21,29)及用電量^(3,5,6,7,13)常為評估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⁽⁸⁾，

¹臺中區農業改良場研究報告第 0600 號。

²臺中區農業改良場助理研究員。

³建國科技大學資訊管理系助理教授。

⁴國立臺灣大學生物產業機電工程學系教授。

亦被證實可以應用於菊花電照，然其光質之影響，則尚未詳細討論^(6,7)。同時，於市面上亦可見相同耗電量而具不同光質或顏色之省電燈泡⁽⁸⁾，其對電照之效果是否不同，則尚未可知。

歐美商業栽培時慣行以間歇照明為電照節省能源之方法^(16,24,25)，唯在臺灣及日本應用較不普遍，對於此一技術之利用方法及其限制，國內雖有學者推測其原因⁽²⁾，卻仍未有具體之試驗結果加以說明。本試驗之目的為繼續研究利用省電燈泡及間歇照明二項方法，節省電照成本，特別注重於光質之測試及說明其影響。

材料與方法

菊花品種‘黃秀芳’及‘舞風車’、‘金風車’、‘龍鳳紫’，扦插發根苗購自彰化縣田尾鄉。2003年10月9日種植於彰化縣大村鄉臺中區農業改良場，10月27日摘心，種植後即行電照，電照處理如下所述，並於12月1日熄燈。電照處理方式採用三種燈泡，一為菊花產區慣行之100 W白熾鎢絲燈泡(東亞牌，115 V磨砂，色溫2700 K，中國電器公司，臺灣新竹製造)。另外採用二種省電燈泡，分別為23 W黃光(型號EFG23L)及白光(型號EFG23D，國際牌電子式省電燈泡，印尼廠)球形省電燈泡。此三種燈泡，均試驗連續電照及間歇電照二種方式。試驗共六種處理，為二種電照方式及三種燈泡之組合，其中以100 W鎢絲燈泡連續電照組為對照。連續電照法之電照時間為夜間10時至隔日凌晨2時，共4 hr。間歇電照法電照之時段與連續電照法相同，但是以每半個小時為一循環，每一循環只電照10 min，熄燈20 min，週而復始，共8個循環。

考慮不同電照區之相互影響，田區不採重複，每一處理僅試驗一區。每區種植三畦^(6,7)，不同區間相隔一空畦，中以黑色雜草抑制蓆於燈泡高度往下遮光1.2 m，防止不同區間之光線互相干擾。燈泡架設每區內採雙行，架設於左右邊行畦上正中，燈行距2.6 m，中間畦上不架燈泡。每一燈行內之燈距為5 m，燈泡高度180 cm。每區畦長20 m，每燈行架設5個燈泡，每品種種植於兩燈間，共長5 m。種植之畦寬(含畦溝)為130 cm，採雙行植，行距20 cm，株距10 cm，摘心後每株苗留三分枝。

調查項目：

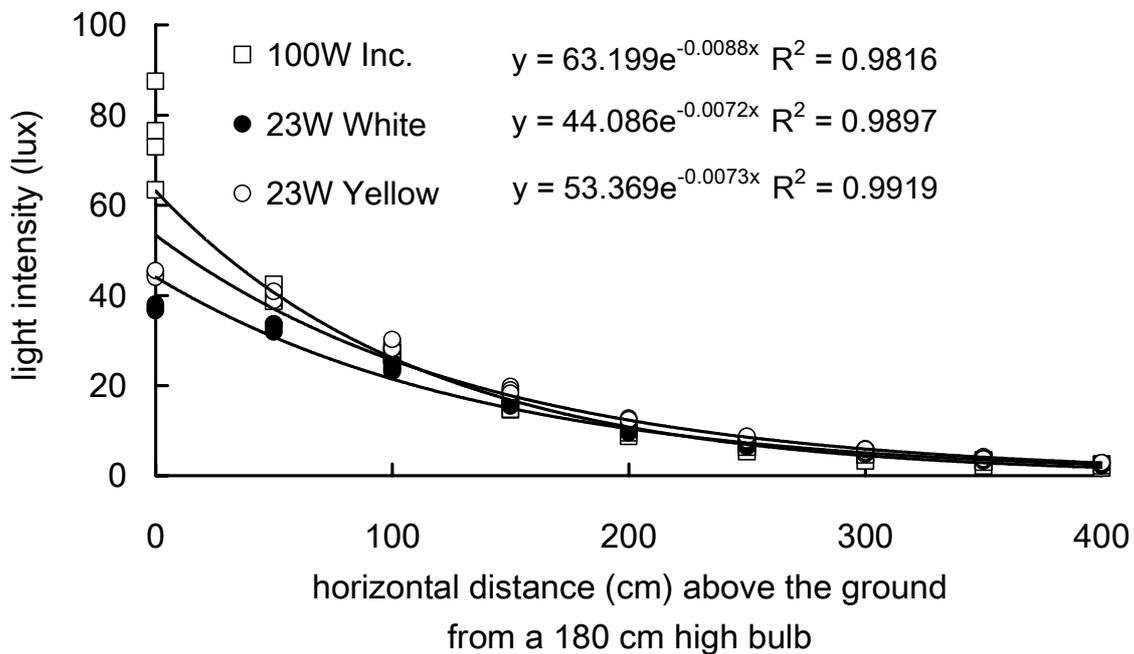
- 1.光照強度：使用泰仕電子TES1339型照度計量測。依單一燈泡高180 cm於種植前量測畦面距離燈下每50 cm位置之光照強度，自0 cm至400 cm共9點，每種燈泡量測4重覆，依此作每種燈泡之迴歸曲線。並依迴歸方程式計算2.6 m寬5.0 m長之長方形四頂點架設180 cm高燈泡時，中間畦面中線距離長方形短邊中點0, 50, 100, 150, 200, 250 cm等不同點之光度^(6,7)。
- 2.用電量：六個處理區均單獨設立電表，分別量測實際用電量。
- 3.光譜測量：將三種燈泡分別架設於光譜測定儀(LI-1800，LI-COR Inc., USA)上方40 cm量測各燈源之光質。
- 4.開花日期：自燈下方，畦長每隔50 cm為一調查小區，自0~50 cm 到200~250 cm共五個距離區，種植之三畦為三小區，每一小區逢機調查五株平均值為一重覆。各品種分別調查各處理五個不同距離區熄燈後到開花之日數，以判別電照抑制開花是否有效。

結果與討論

在自180 cm高之燈下方之畦面，水平距離每隔50 cm量測一點，量測至400 cm處，三種燈泡之照度與距離間成一指數之迴歸曲線，詳如圖一，此與盧氏(2001)之結果相似⁽¹¹⁾。100 W鎢絲燈泡之指數迴歸方程式為照度(lux) $Y=63.199e^{-0.0088x}$ 。23 W白光省電燈泡之迴歸方程式為 $Y=44.086 e^{-0.0072x}$ 。23 W黃光省電燈泡之迴歸方程式為 $Y=53.369 e^{-0.0073x}$ 。

於2.6 m × 5.0 m之長方形四角架設180 cm高燈泡，於其長邊方向之中線(中間畦正中)距短邊長之中點每隔50 cm遠之點^(6,7)，依據迴歸方程式之估算，其照度值如表一。以長方形中心為照度最低之點，100 W鎢絲燈泡為21.2 lux，23 W黃光燈泡為27.3 lux，23 W白光燈泡為23.2 lux。距離二寬邊愈近者，其照度愈高，距長方形中心愈近者，其照度愈低。

表二為二種不同電照方式(循環電照或連續電照)及三種燈泡之用電量，於夜間4小時電照51天後，10個100 W鎢絲燈泡連續電照之用電量為176.7 千瓦小時。以每天之用電量為標準，23 W黃光及白光省電燈泡之用電量分別為其之26.4及26.0 %，與100 W燈泡比較，比標示之瓦特數比例為高。三分之一間歇電照之用電量依100 W，23 W黃光23 W白光之次序，各為100 W連續電照之35.0、8.9、及9.6%。



圖一、三種燈泡架設 180cm 高於不同水平距離之照度及其指數迴歸曲線。

Fig. 1. Light intensity measurements of three types light bulbs at horizontal distance from a 180cm high bulb and their regression curve between light intensities and horizontal distances from bulb.

表一、於 260 X 500 cm 長方形四頂角架設燈泡，於短邊中點至長方形中心間不同距離之估算照度
Table 1. Estimated light intensity of the 260 X 500 cm rectangle with 4 light bulbs at the corner

Positions	Types of lighting bulbs		
	100W	23W Yellow	23W White
0*	41.6	43.8	36.7
50	39.2	42.1	35.4
100	33.0	37.2	31.3
150	26.8	32.1	27.1
200	22.6	28.5	24.2
250	21.2	27.3	23.2
Center of a 300cm square**	39.1	45.4	38.3

*: Horizontal distance (cm) above the ground from the midpoint of the width side toward the center point of the 260 X 500 cm rectangle.

** : A 300cm square with 4 bulbs at the corners is the common installation method in Taiwan.

表二、不同電照方式及燈泡之實測用電量比較

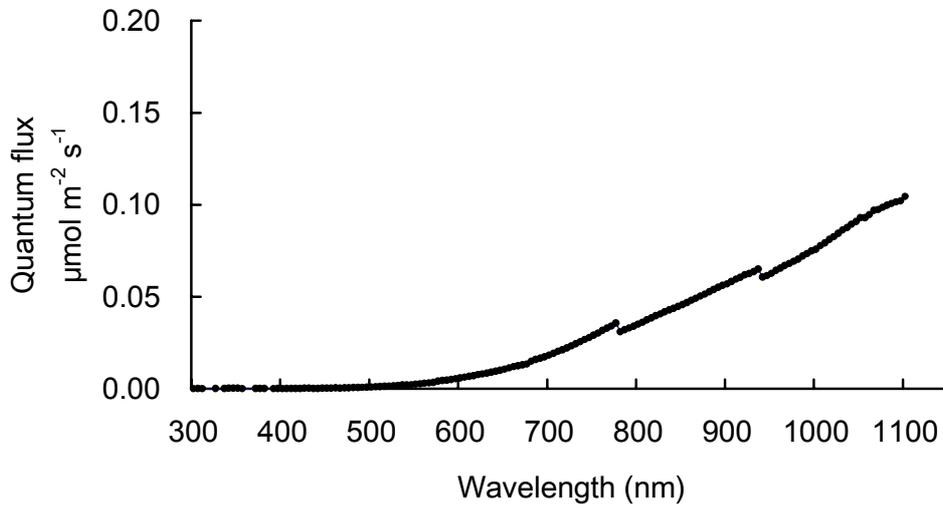
Table 2. Energy consumption of the combination of lighting methods and bulbs*

Lighting methods	Bulb types	KWatt.Hr	%
Continuous	100W incandescent	176.7	100.0
Continuous	23W Yellow	46.6	26.4
Continuous	23W White	45.9	26.0
Cyclic	100W incandescent	61.9	35.0
Cyclic	23W Yellow	15.7	8.9
Cyclic	23W White	16.9	9.6

*: Chrysanthemum rooted cuttings were planted on 9th Oct., pinched on 27th Oct. and lights were turned off on 1st Dec. 2003. Lighting treatments were combinations of two lighting methods and three types of bulbs.

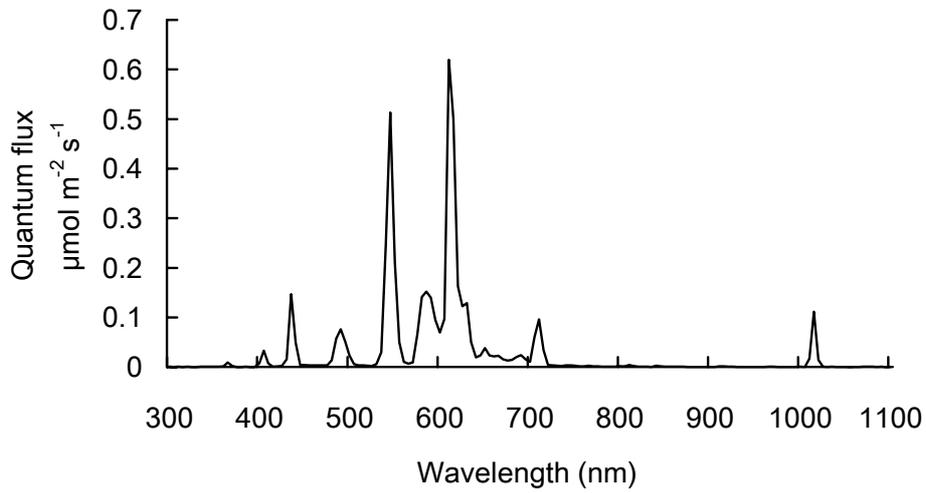
圖二、三、四分別為100 W鎢絲燈泡，23 W黃光及23 W白光省電燈泡之光譜分佈。鎢絲燈泡之光譜約於500 nm處開始有光束形成，漸進增加至可見光700 nm，而於遠紅光譜處，光流量漸次升高，直至1,100 nm。23 W黃光及白光省電燈泡之光譜於545及610 nm處有二個高峰，但二者之分佈不同。黃光之最高峰為610 nm，為0.62 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的光流量，於545 nm為0.51 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。而白光省電燈泡之最高峰則在545 nm，為0.47 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。次高峰為610 nm為0.25 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。黃光之最高峰及第二高峰之光流量均較白光省電燈泡為高。另一方面，黃光之最高峰為610 nm橙紅光，白光之最高峰為545 nm，黃綠光。

測試四個品種在三種光源，二種電照方式下之抑制開花反應，其中‘黃秀芳’之結果如表一。於連續電照4小時下，三種燈泡之有效距離為距260 cm短邊約150 cm處。三種燈泡之臨界照度可參照表一。而以間歇方式電照者，鎢絲燈泡有效距離為距短邊100 cm處，其餘二種燈泡則未能有效抑制開花，熄燈後開花有提早之現象。



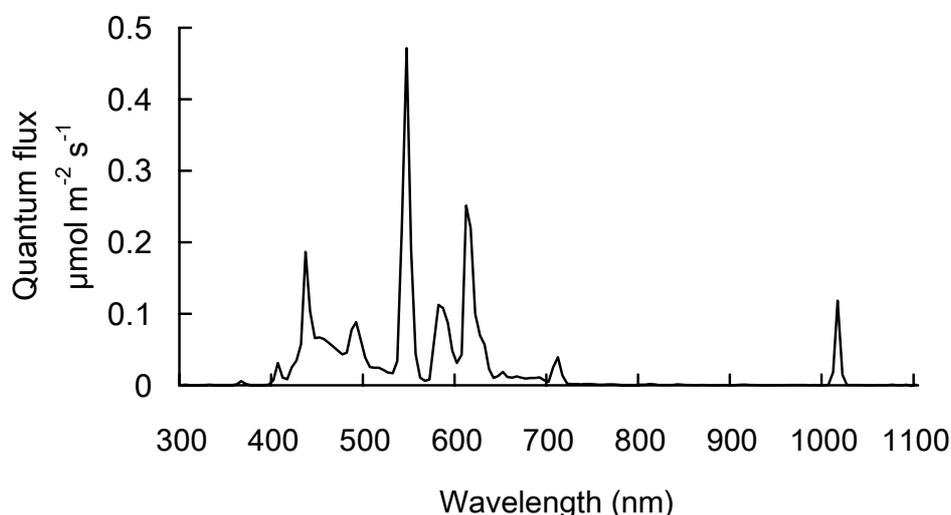
圖二、100 W 鎢絲燈泡於 40 cm 高時之光譜分佈。

Fig. 2. Spectral distribution of 100 W incandescent bulb at 40 cm from the source.



圖三、23 W 黃光省電燈泡於 40 cm 高時之光譜分佈。

Fig. 3. Spectral distribution of 23 W yellow energy saving fluorescent bulb at 40 cm from the source.



圖四、23 W 白光省電燈泡於 40 cm 高時之光譜分佈。

Fig. 4. Spectral distribution of 23 W white energy saving fluorescent bulb at 40 cm from the source.

‘舞風車’品種以23 W黃光省電燈泡之效果最好，有效照度約為距離長方形短邊200 cm處，而100 W鎢絲燈及23 W白光省電燈泡之有效距離為約100 cm處。三種燈泡之間歇照明，均無法有效抑制‘舞風車’品種之開花，其中以23 W白光省電燈泡之效果最差。‘金風車’品種在連續電照下，100 W鎢絲燈泡及23 W黃光省電燈泡在遠至長方形中心點位置時，仍具抑制開花效果，唯白光省電燈泡之有效距離僅約為具短邊100 cm處。三種燈泡間歇照明之結果與表四之‘舞風車’品種類似。‘龍風紫’品種為熄燈後到開花日數最短之品種，其效果為23 W黃光省電燈泡優於100 W鎢絲燈泡，優於23 W白光省電燈泡。而間歇照明處理組，三種燈泡均未能有效抑制開花。

表三、不同燈泡及電照方式下菊花‘黃秀芳’熄燈後之到花日數

Table 3. Days to flowering of ‘Huang-Shiou-Fang’ chrysanthemum after light-off*

Lighting methods	Bulb types	Distance from the width side of the rectangle as Table 1				
		50	100	150	200	250 cm
Continuous	100W incandescent	66.7	64.0	64.0	62.0	61.0
Continuous	23W yellow	65.3	64.0	64.0	61.0	61.0
Continuous	23W white	64.0	64.0	64.0	61.0	60.0
Cyclic	100W incandescent	64.0	63.0	60.0	56.7	51.7
Cyclic	23W yellow	60.0	57.7	49.3	48.0	41.0
Cyclic	23W white	58.0	47.0	43.0	37.0	31.7
	LSD(5%)	2.7	2.8	1.5	2.4	3.6

*: Chrysanthemum rooted cuttings were planted on 9th Oct., pinched on 27th Oct. and lights were turned off on 1st Dec. 2003. Lighting treatments were combinations of two lighting methods and three types of bulbs.

表四、不同燈泡及電照方式下菊花‘舞風車’熄燈後之到花日數

Table 4. Days to flowering of ‘Wu-Fong-Cher’ chrysanthemum after light-off*

Lighting methods	Bulb types	Distance from the width side of the rectangle as Table 1				
		50	100	150	200	250cm
Continuous	100W incandescent	59.0	58.0	52.7	51.3	50.0
Continuous	23W yellow	61.0	59.0	59.0	58.0	56.7
Continuous	23W white	58.0	56.7	51.3	49.0	48.3
Cyclic	100W incandescent	48.7	45.7	40.3	36.3	35.0
Cyclic	23W yellow	46.7	41.7	40.3	37.0	35.0
Cyclic	23W white	38.0	37.0	34.0	30.3	29.0
	LSD (5%)	3.2	3.4	4.8	5.1	3.5

*: See Table 3.

表五、不同燈泡及電照方式下菊花‘金風車’熄燈後之到花日數

Table 5. Days to flowering of ‘Gin-Fong-Cher’ chrysanthemum after light-off*

Lighting methods	Bulb types	Distance from the width side of the rectangle as Table 1				
		50	100	150	200	250cm
Continuous	100W incandescent	50.0	50.0	49.0	47.0	47.0
Continuous	23W yellow	50.0	50.0	50.0	47.0	47.0
Continuous	23W white	48.0	47.0	43.0	39.0	38.0
Cyclic	100W incandescent	39.0	36.0	33.0	29.3	25.3
Cyclic	23W yellow	39.0	34.0	31.7	29.0	25.0
Cyclic	23W white	33.0	25.3	22.0	15.7	15.7
	LSD (5%)	1.3	1.3	2.1	2.7	3.0

*: See Table 3.

表六、不同燈泡及電照方式下菊花‘龍鳳紫’熄燈後之到花日數

Table 6. Days to flowering of ‘Long-Fong-Zi’ chrysanthemum after light-off*

Lighting methods	Bulb types	Distance from the width side of the rectangle as Table 1				
		50	100	150	200	250cm
Continuous	100W incandescent	47.0	44.3	41.7	39.3	38.0
Continuous	23W yellow	47.0	45.7	43.0	41.7	40.0
Continuous	23W white	43.0	39.0	36.0	35.0	35.0
Cyclic	100W incandescent	33.0	30.3	24.3	19.7	13.7
Cyclic	23W yellow	32.7	26.7	20.3	18.0	13.7
Cyclic	23W white	22.0	10.7	9.3	6.0	5.0
	LSD (5%)	2.6	4.5	4.8	6.6	3.7

*: See Table 3.

電照技術能否有效抑制花芽分化的影響因子有三，一、電照光源之光質^(17,18,29)。二、電照之照度^(9,16,25)。三、電照之時間長短^(5,16,25,28)，間歇照明技術亦屬此一範圍^(16,29)。

不同波長對明暗(即照度)之貢獻度不同，以黃色光(555nm)為最高，達680 lm/W，而對光敏素轉換機制敏感度高之紅光(660 nm)，對照度之貢獻僅為黃色光之6.1%⁽¹²⁾。本試驗之三種燈泡其光譜分佈有所不同，在照明度較高之黃色光附近，鎢絲燈泡在不同波長間皆有光束流量，而省電燈泡僅以545 nm及610 nm間具二個高峰，其餘波段光束流量皆小。其中以黃光省電燈泡之光束流量略高於白光省電燈泡(圖二、三、四)，照度之比較上，亦顯示黃色燈泡較白色燈泡為高之量測結果(圖一)。

由於光質對照度與轉換光敏素之貢獻度不同⁽²⁹⁾，在相同之照度下，不同光源對抑制開花之有效性自然有差異^(13,18)。光敏素Pr轉換為Pfr之最有效光源為紅光(660 nm)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⁽²⁹⁾。本試驗使用之黃光省電燈泡之光質，因具有較高量之橙紅光(610 nm)，其效果便較白光省電燈泡佳，而與鎢絲燈泡接近，在某些品種，抑制開花效果甚至優於鎢絲燈泡。

光敏素影響開花時，亦有學者指出紅光/遠紅光比亦為重要之因素^(18,19,20)。在照度接近時，鎢絲燈之抑制菊花開花效果較長管形日光燈為佳^(13,17,18)，Cathey and Cambell曾推測可能為鎢絲燈具有高能量紅光之效果所致，或者因鎢絲燈含有較高之遠紅光，而日光燈則無⁽¹⁸⁾。近年來在分子生物學上之研究，低紅光/遠紅光比值之光照確會使長日植物阿拉伯芥開花提早^(19,20)。唯本試驗中具有較佳效果之黃光省電燈泡，其遠紅光之光束流量小，與低紅光/遠紅光比值之鎢絲燈泡不同，但二者對抑制菊花開花之效果相近。此一結果顯示在本試驗中，具抑制開花效果之橙紅光及紅光之能量多寡為主要因素，遠紅光並非重要之影響因子。白光之省電燈泡效果較差之原因在於其具較低之610 nm波長能量。

不同品種間使用夜間電照之光照強度需求有所差異，依最普遍的白熾鎢絲燈為燈源來比較，在深夜連續電照4 hr以下，有的品種在僅3 lux下，即能有效抑制花芽⁽¹³⁾，有的品種需要12 lux。黃與朱(1984)亦曾測試臺灣之5個栽培種指出不同品種之最低光強度約在20~34 lux間⁽⁹⁾。本試驗參試之四個品種亦顯示品種間光照需求不同，此與先前之試驗結果相同^(6,7)。

為滿足電照時之照度需求，以國外之推薦方法約需達5呎燭光(54 lux)^(23,25)，然而以臺灣之架設方式，依葉之推算，最低照度約為25-30 lux⁽¹⁰⁾。本試驗架設距離比現行一般之農民架設方法較遠，照度較低，藉以測試品種最低照度需求。若以現行300 cm正方之一般架設法，中心點照度三種燈泡約可達40 lux，比照四個參試品種之有效距離及照度，僅龍鳳紫品種在臨界照度以下，其他三個品種在三種燈泡連續照明下均可有效抑制開花。

然而菊花夜間電照之光需求，亦有學者建議以光量(即照度與時間之乘積)來計算較為正確。即電照所需時間之長短亦受照度強弱所影響，高照度下電照之時間可以縮短而低照度下則延長，以達到抑制開花所需之光量⁽²⁷⁾。Post用白熾鎢絲燈泡提供5、25、100呎燭光之不同照度，照射之時間不同而達到相同光量為25呎燭光·小時，三者均可達到抑制菊花開花之效果。以不同光度日光燈提供相同光量4.3 klms·min亦都可以抑制菊花開花^(4, 25)。若要以不同架

設距離滿足各品種之最低照度，在臺灣多數農民習慣栽培很多品種之情況下，燈泡之架設將變為複雜。所以，應以滿足多數品種之照度(亦即較高照度)，來測試品種間不同電照時間需求，較為可行。

間歇電照技術於歐美商業栽培上行之多年，早由Cathey及Borthmink於1961年發展出來。唯其照度之需求一般較連續電照高，且必須考慮間歇電照時間之比例^(14,16)。許氏等測試1/3之間歇電照法，在低照度下均無法有效抑制開花^(6,7)，本試驗之結果與先前之試驗相似^(6,7)，當受光量(照度X電照時間)瀕臨臨界值時，花芽分化被延緩^(18,22,29)，而非全然抑制。考慮節省電量之多寡及抑制開花之穩定性，利用省電燈泡較1/3間歇電照方法有效。

本試驗之結果證實具較高量橙紅光(610 nm)之黃光省電燈泡具有省電效果，同時較白光省電燈泡抑制菊花開花之效果佳。唯在實務應用上，尚需考慮(1)省電燈泡之售價，農民初期投資之支出。(2)燈泡之壽命，以計算平均使用每小時之燈泡耗損成本。(3)田間架設時，因省電燈泡之成本高，是否會有遭竊之問題。

誌 謝

本試驗之完成承農委會92農科-1.1.2-中-D3(2)及93農科-1.1.2-中-D3(1)之經費支持。試驗承吳素卿小姐協助試驗調查、顏汎州及李文宏先生協助田間管理、黃素青小姐協助文稿完成，特此致謝。

參考文獻

1. 臺灣農產品生產成本調查報告 2001 冬菊 pp.350 行政院農業委員會中部辦公室。
2. 李岍 1992 臺灣菊花和唐菖蒲切花產銷模式之規劃(上) 中國園藝 38:101-116。
3. 林純瑛、黃益利 1996 電照菊花燈泡好還是日光燈好呢？ 臺灣花卉園藝 110:32-34。
4. 林慧玲 譯 1990 菊花 p.269-289 設施花卉開花調節技術 臺南區農業改良場。
5. 許謙信、張致盛 1995 菊花 p.525-540 增修訂再版臺灣農家要覽農作篇(二) 豐年社 臺北。
6. 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。
7. 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 臺中區農業改良場研究彙報 76:43-53。
8. 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。
9. 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。
10. 葉庭瑋 1996 菊花電照光源最適配置與控制之研究 pp.91 國立中興大學農業機械工程學系碩士論文。
11. 盧世祥 2001 補光光源控制系統之研究 pp.131 國立中興大學農業機械工程學系碩士論文。

12. 盧喜瑞 譯 1998 最新物理手冊 p.365-377 財團法人徐氏基金會。
13. 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.
14. Borthwick, H. A. and H. M. Cathey. 1962. Role of phytochrome in control of flowering of chrysanthemum. Bot. Gaz. 123:155-162.
15. Cathey, H. M. and H. A. Borthwick. 1957. Photoreversibility of floral initiation in chrysanthemum. Bot. Gaz. 119:71-76.
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. Goto, N., T. Kumagai and M. Koornneef. 1991. Flowering responses to light-breaks in photomorphogenic mutants of *Arabidopsis thaliana*, a long-day plant. Physiol. Plant. 83:209-215.
20. Halliday, K. J., M. Koornneef and G. C. Whitelam. 1994. Phytochrome B and at least one other phytochrome mediate the accelerated flowering responses of *Arabidopsis thaliana* L. to low red/far-red ratio. Plant Physiol. 104:1311-1315.
21. Ikeda, K. 1985. Photoperiodic flower induction in rice plant as influenced by light intensity and quality. JARQ 18:164-170.
22. Kadman-Zahavi, A. and H. Yahel. 1971. Phytochrome effects in night-break illuminations on flowering of *Chrysanthemum*. Physiol. Plant. 25:90-93.
23. Kofranek, A. M., and M. Robinson. 1973. Tables for calculating desired light flux density for horticultural crops. Scientia Hort. 1:263-269.
24. Larson, R. A. 1992. Cut chrysanthemum. p.1-42. In: Introduction to Floriculture (2nd ed). Academic Press, San Diego, California.
25. Machin, B. and N. Scopes. 1978. Chrysanthemums Year-Round Growing. 233pp. Brandford Press, Poole, Dorset, Illinois. US.
26. Post, K. 1947. Year round chrysanthemum production. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 49:417-419.
27. 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.

28. Seeley, J. G. and A. H. Weise. 1965. Photoperiodic response of garden and greenhouse chrysanthemum. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87:464-471.
29. Vince-Prue, D. 1975. The response to light. p.70-130. In: Photoperiodism in Plants. McGraw-Hill Book, Maidenhead, Berkshire, England.

Energy Saving in Chrysanthemum Night-break: Flowering Inhibition by Energy Saving Bulbs with Different Light Quality¹

Chian-Shinn Sheu², Ruey-Chi Jao³ and Wei Fang⁴

ABSTRACT

Combinations of two lighting methods and three lighting bulbs were tested for their inhibition effectiveness of chrysanthemum flowering. Continuous lighting between 10pm and 2am, and cyclic lighting, which contained 8 cycles each with 10 min light and 20 min dark, combined with three lighting bulbs with different light quality were tested. Days to flowering after lights were turned off were observed to indicate the outcome of flowering inhibition. Light qualities of three light bulbs were measured. Spectral distribution of the 100W incandescent bulb was a slowly increasing curve from 550nm to 1100nm. Two peaks at 545 and 610nm were observed from the 23W yellow and white light bulbs. Since the yellow light had more quantum flux at 610nm, orange red light, its effectiveness of flowering inhibition was better than the white light. Four varieties were tested. The days to flowering of 'Huang-Shiou-Fan' after light-off was the longest of the four varieties and the inhibition was most effective. The days to flowering of 'Long-Fong-Zi' was the shortest and its critical light intensity was the highest. The responses among varieties were diverse. The inhibition effectiveness of the 23W yellow light bulb was similar with the 100W incandescent bulb, but better than 23W white light bulb. Cyclic lighting could be used only for 'Huang-Shiou-Fan', using the 100 W incandescent bulb above 33 lux. The flowering dates became earlier than the control when cyclic lighting was used for the rest of the varieties and bulbs.

Key words: Chrysanthemum, photoperiod, night-break, cyclic lighting, light quality,

¹Contribution No.0600 of Taichung DARES, COA.

²Assistant Horticulturist of Taichung DARES, COA.

³Assistant professor of Dept. of Information Management, Chien Kuo Institute of Technology.

⁴Professor of Institute and Dept. of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.