菊花電照省電方式之研究：省電燈泡與間歇照明[1]

許謙信、魏芳明、田雲生、陳彥睿[2]

摘　要

本試驗以新型省電燈泡及間歇照明利用於菊花夜間電照，期能節約電費成本。試驗採行慣用之100 W鎢絲燈泡及二種新型省電燈泡(20 W及21 W)，分別以深夜連續電照或間歇電照4 hr，測試對抑制開花之有效性。間歇電照以30 min爲一循環，每一循環照燈10 min，共8循環。

參試二品種於三種燈泡之連續電照下，比較到花日數，在最低照度15 Lux下，均可以抑制或延遲開花。而間歇電照僅以'黃秀芳'品種於鎢絲燈下可以抑制開花，'金風車'品種間歇電照之臨界光度必須高於20 Lux，太低之光度則不能有效抑制開花。兩種省電燈泡以間歇電照方式，無法達到抑制開花之目的。不能有效抑制開花之試區，開花時之植株高度低及節數少，亦可以作爲判斷電照成功與否之基準。

二品種依測試結果之最低光量需求不同，以100 W鎢絲燈爲例，'黃秀芳'之臨界光量在1200 Lux·min以下，而'金風車'則需1600 Lux·min以上，'黃秀芳'在參試之最低光度15 Lux下，仍可以利用間歇照明節省能源。

20 W及21 W省電燈泡之用電量爲100 W鎢絲燈泡之19.3及21.3%，在相同之照度下，鎢絲燈之效果較省電燈泡佳，利用省電燈泡必須提高燈泡架設密度。三分之一時間間歇電照之用電量爲連續電照之36~38%，僅適用需光量低之品種。省電燈泡及間歇電照均可節省電費，然必須考慮品種間對光量需求之差異性。

關鍵字：菊花、光週期、暗期中斷、間歇電照、光質。

前　言

菊花爲短日植物，商業栽培上以夜間電照的方式維持插穗母株之頂芽爲營養生長，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[2,9,16,17]。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% [1,8]，若以台灣菊花栽培面積多達1,500 ha以上，則每年耗費之電費成本至少高達6千萬元。

利用夜間電照方式改變光週期以影響植物之開花，爲菊花商業栽培經常之管理技術[4,9,16,17]，同時在很多植物上亦有廣泛研究[13,14,20]。對於不同光源之有效性[3,10,12,13,20]、用電量

---

[1] 台中區農業改良場研究報告第 0551 號。

[2] 台中區農業改良場助理研究員、助理、助理、助理研究員。

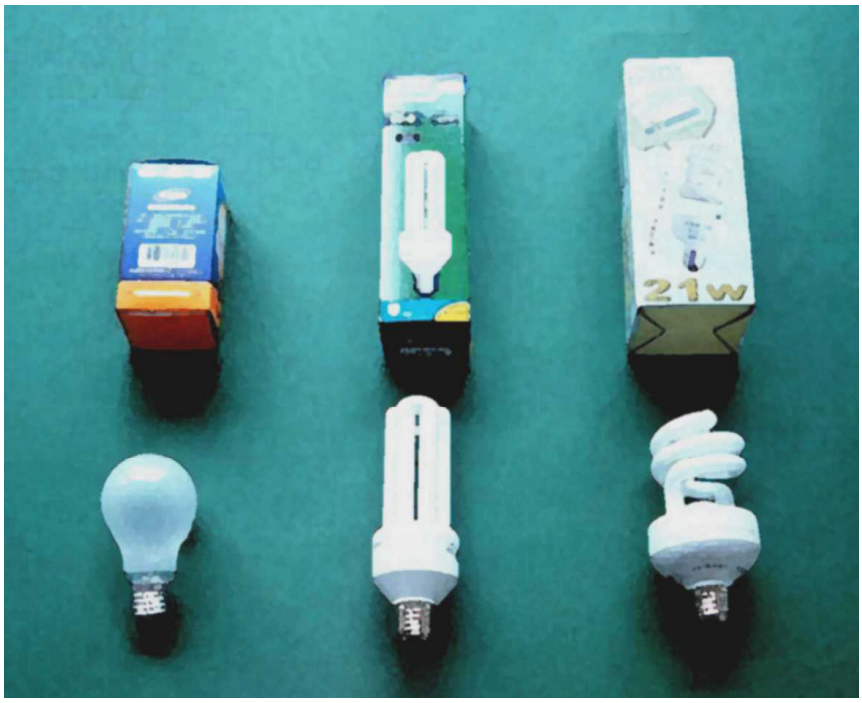
[10]及環境光害污染[13]，國外多有研究結果。然而，近年廣泛利用於公共場所及家庭照明之省電燈泡[6]，是否適用於菊花電照，則尚未有可供參考之資料。

間歇照明爲歐美慣行之電照節省能源方法[16,17]，唯在台灣及日本應用較不普遍[2,9]，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]，卻仍未有具體之實驗結果可以應用。嘗試利用省電燈泡及間歇照明二項方法，節省電照成本，爲本試驗之目的。

材料與方法

菊花品種'黃秀芳'及'金風車'，扦插發根苗購自彰化縣田尾鄉。2001年11月22日種植於彰化縣大村鄉台中區農業改良場，12月10日摘心，電照處理如下所述，並於2002年1月30日熄燈。

電照處理方式採用三種燈泡，一爲菊花產區慣行之100 W白熾鎢絲燈泡，另外採用二種省電燈泡，分別爲20 W及21 W，同期間之用電量預估約爲100 W白熾鎢絲燈泡之1/5 (圖一)。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，爲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爲對照。連續電照法之電照時間爲夜間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，但是以每半個小時爲一循環，共8個循環，每一循環只電照10 min，熄電20 min，週而復始，用電量預估爲連續電照法之1/3。



圖一、三種參試燈泡。自左而右分別爲 100W 鎢絲燈泡及 20W，21W 省電燈泡。

Fig. 1. Three types of lighting bulbs were used from left to right: 100W incandescent tungsten-filament bulb, 20W, and 21W energy saving bulbs.

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，畦寬爲1.3 m (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1.2 m，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2.6 m，架設於左右畦上正中，雙行燈間尙有一畦，每行內之燈距爲5 m，燈泡高度180 cm。每品種於兩燈間種植三畦，長度爲5 m。每畦種植採雙行植，行距25 cm，株距10 cm，摘心後每株苗留三分枝。

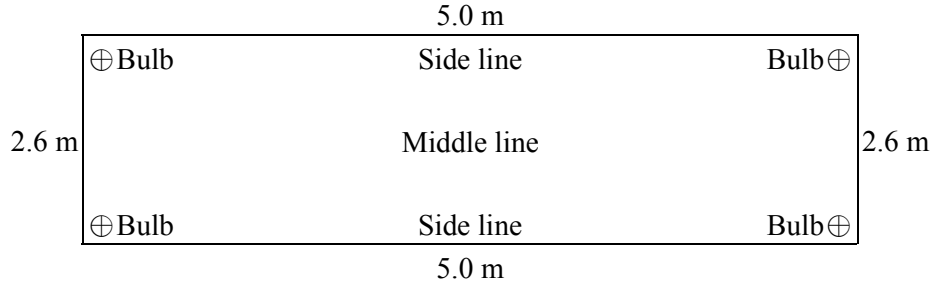
調查項目：

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50 cm位置之光照強度，自0 cm至250 cm共6點，每種燈泡量測4個。另依田間架設方式裝設二行二連續燈泡之長方形4頂角燈泡，量測不同距離點之光度(圖二)。

用電量：六個處理區均單獨設立電表，分別量測實際用電量(度；kw·hr)。

熄燈後到花日數：距離燈下每50 cm爲一調查區，自0~50 cm到200~250 cm共五個距離區，種植之三畦爲三小區，每一小區內開花株數達一半時，爲熄燈後到開花之日數。

株高及節數：上述每一小區逢機調查五株開花株之株高及節數，取其平均值爲一重複。



圖二、四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. 2. Installation of four lighting bulbs in a rectangle to measure light intensity at different locations in the field. Height of bulb is 180 cm.

結果與討論

表一爲種植前單一燈泡架設於田間180 cm高，畦面與燈泡正下方不同水平距離之照度。三種燈泡量測之照度分佈，各有不同。100 W鎢絲燈泡，燈下之照度最高達80 Lux以上，而21 W省電燈泡略少於50 Lux，20 W省電燈泡僅有約20 Lux。相反的在較遠之距離，如燈下2 m或2.5 m處，三者之差距少，21 W省電燈泡之照度更高於100 W鎢絲燈泡。不同燈泡之照度分佈可能與燈泡之形狀或光質有關。

將三種燈泡依種植需要架設爲行距2.6 m，燈距5.0 m之長方形(圖二)，量測燈行及矩形中間行畦面與燈泡不同水平距離點之照度，結果如表二。於燈下之照度因尙接受其他三個燈泡之側光，較單一燈泡略有提高。其他各量測點理論上爲四個燈泡與點之間在不同距離下照度

之總和。接近長方形中心點之照度，100 W鎢絲燈約15.2 Lux。21 W省電燈泡爲19.8，20 W省電燈泡爲16.0。本試驗各處理均只架設二排燈泡，燈行下接近二燈中點之畦面照度略低於矩形中心之照度，此與葉(1996)所言相同[8]。於實際大面積栽培時因尙有鄰行燈泡之側光，燈行下之實際照度應略高於表列之值。

表一、三種類型燈泡距單一燈泡不同水平距離之量測照度

Table 1. Light intensity of three types of lighting bulbs at different distances (single bulb)[1]

Horizontal distance from light	Lighting intensity (Lux)		
(cm)	100W	21W	20W
0	83.7±2.1	47.4±3.0	20.3±1.4
50	46.1±0.6	43.6±1.1	21.4±1.3
100	27.4±0.1	29.0±1.3	17.6±0.9
150	13.6±0.2	17.9±1.6	12.6±0.4
200	8.2±1.1	12.3±0.1	8.3±0.8
250	5.1±0.6	7.2±0.2	6.0±0.1

[1] Height of lighting bulbs is 180 cm.

表二、三種類型燈泡以長方形架設距燈泡不同水平距離之量測照度

Table 2. Light intensity of three types of lighting bulbs at different distances (four bulbs installed at the corners in a 2.6m x 5.0m rectangle)

Horizontal distance from light[1]		Lighting intensity (Lux)		
	(cm)	100W	21W	20W
Side line	0	92.7±4.9	54.6±3.0	28.0±1.1
	50	51.1±1.8	51.1±0.6	29.6±1.6
	100	33.9±1.9	37.0±0.2	26.1±1.0
	150	20.1±1.0	25.2±2.5	20.7±0.9
	200	15.7±0.5	20.6±0.8	16.7±0.0
	250	14.2±0.4	18.6±0.0	15.3±0.2
Middle line	0	36.4±0.7	45.7±4.8	30.8±1.5
	50	33.9±0.1	44.2±2.3	29.6±1.5
	100	25.4±1.6	34.9±2.0	24.5±0.1
	150	20.4±1.8	27.3±1.2	20.0±0.3
	200	16.3±0.4	21.0±0.8	16.8±0.0
	250	15.2±0.0	19.8±0.1	16.0±0.3

[1] Height of lighting bulbs is 180cm. Bulbs were installed as Fig. 2.

表三爲三種不同燈泡於連續電照及間歇照明方式下之實際用電量。以100 W鎢絲燈泡之用電量爲基準，21 W燈泡之用電量爲21.3%，20 W燈泡爲19.3%，間歇照明雖電照時間設定爲1/3，但其實際用電量略高於1/3，三種燈泡之間歇照明用量爲連續電照之36~38%。

於連續電照及間歇電照二種方式下，測試三種燈泡，在與燈泡不同距離之照度下，調查‘黃秀芳’及‘金風車’二品種熄燈後之到花日數，結果如表四及表五。在連續電照組，三種燈泡

各距離間，均能抑制花芽分化，唯照度較低之區間到花日數略早於照度高之區間。距離燈下2 m以上之低照度區，省電燈泡之照度雖略高於鎢絲燈泡，但其抑制開花之效果則低於鎢絲燈。以100 W鎢絲燈泡燈下爲對照，二品種距離燈下200~250 cm之到花日數提早約3天。而21 W及20 W省電燈泡距離燈下200~250 cm時，與對照比較，‘黃秀芳’相差約7天，‘金風車’相差10~11天。

表三、三種類型燈泡在連續電照及間歇電照之實測用電量

Table 3. Consumption of electricity of three types of bulbs[1] (unit: kw·hour)

Types of bulb	Continuous lighting	Cyclic lighting[2]
100 W tungsten-filament	204.9	77.1
21 W energy saving	43.8	17.1
20 W energy saving	39.5	14.3

[1] Calculating from 2001. Nov. 22 to 2002.Jan.30.

[2] Continuous lighting: night break between 10:00pm to 2:00am.
Cyclic lighting: 10 minutes in every 30 minutes of 8 cycles.

表四、菊花黃秀芳品種在三種燈泡連續電照及間歇電照下熄燈後之到花日數

Table 4. Days to flowering of ‘Huang-Shiou-Fang’ chrysanthemum after light-off

Methods of lighting	Types of bulbs	Distance from bulbs (cm)				
		0-50	51-100	101-150	151-200	201-250
Continuous lighting	100W	58.0±0.0	58.0±0.0	57.3±1.1	56.0±1.7	55.0±0.0
	21W	55.0±0.0	55.0±0.0	55.0±0.0	52.0±0.0	50.7±2.3
	20W	53.0±1.7	53.0±1.7	50.7±2.3	50.7±2.3	50.7±2.3
Cyclic lighting	100W	55.0±0.0	55.0±0.0	55.0±0.0	54.0±1.7	52.0±0.0
	21W	26.0±1.7	22.7±2.3	20.3±3.5	20.3±3.5	18.7±2.9
	20W	22.7±7.4	21.3±5.1	17.0±7.0	17.0±7.0	15.3±7.6

表五、菊花金風車品種在三種燈泡連續電照及間歇電照下熄燈後之到花日數

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

Methods of lighting	Types of bulbs	Distance from bulbs (cm)				
		0-50	51-100	101-150	151-200	201-250
Continuous lighting	100W	48.0±0.0	47.0±1.7	48.0±0.0	47.0±1.7	44.7±3.5
	21W	45.0±0.0	41.0±0.0	38.7±4.0	36.7±2.3	36.7±2.3
	20W	45.0±0.0	41.0±0.0	41.0±0.0	41.0±0.0	38.0±0.0
Cyclic lighting	100W	41.0±0.0	41.0±0.0	38.0±0.0	26.0±1.7	26.0±1.7
	21W	34.0±0.0	21.3±2.3	11.3±5.1	12.3±4.0	12.3±4.0
	20W	19.0±1.7	14.7±4.0	11.3±5.1	12.3±4.0	15.7±5.1

考慮採收作業時之開花一致性，若以鎢絲燈連續燈照4 hr之到花日數爲基準，‘黃秀芳’鎢絲燈之最低照度約爲15 Lux，而兩種省電燈泡之最低照度需求約爲25~30 Lux。‘金風車’品種鎢絲燈之最低照度在15~20 Lux之間，而兩種省電燈泡之最低照度需求約爲30~40 Lux。

在間歇電照組，100 W鎢絲燈對‘黃秀芳’尚能有效抑制花芽分化，唯低照度下開花略有提早。‘金風車’在高照度區，有部分抑制效果，20 Lux以下之低照度區則無法有效抑制花芽分化。間歇電照之最低照度需求遠較連續電照高。而21 W及20 W兩種省電燈泡使用間歇照明時，均無法抑制花芽分化。

表六及表七爲‘黃秀芳’在不同電照處理區，開花時植株之高度及節數。三種燈泡連續電照組及100 W鎢絲燈間歇電照組，可以有效抑制開花，不同距離間，其高度與節數差異小，與到花日數之趨勢一致。而無法抑制花芽形成之21 W及20 W間歇電照組，其高度及節數遠較對照組少，二者間差異大。此亦可以作爲判斷電照方式是否能有效抑制花芽分化之指標。‘金風車’於100 W鎢絲燈間歇電照下，距燈泡不同距離之開花情形與植株高度之情形如圖三。

表六、菊花黃秀芳品種在三種燈泡連續電照及間歇電照下開花時之株高
Table 6. Height of flowering stem of ‘Huang-Shiou-Fang’ chrysanthemum

Methods of lighting	Types of bulbs	Distance from bulbs (cm)				
		0-50	51-100	101-150	151-200	201-250
Continuous lighting	100W	86.8±4.2	85.2±5.4	82.8±1.9	85.7±2.8	84.0±3.6
	21W	84.8±2.2	83.7±4.5	85.3±2.9	84.8±2.6	86.8±1.9
	20W	75.3±1.5	75.7±2.2	73.0±2.7	73.0±3.8	73.2±4.1
Cyclic lighting	100W	80.8±0.8	75.8±1.9	75.5±0.5	72.8±2.8	71.7±6.3
	21W	47.0±3.6	44.2±1.8	43.2±1.8	40.8±2.3	39.5±0.5
	20W	47.3±1.3	44.7±2.3	42.8±2.3	40.3±4.7	39.2±3.8

表七、菊花黃秀芳品種在三種燈泡連續電照及間歇電照下開花時之節數
Table 7. Nodes of flowering stem of ‘Huang-Shiou-Fang’ chrysanthemum

Methods of lighting	Types of bulbs	Distance from bulbs (cm)				
		0-50	51-100	101-150	151-200	201-250
Continuous lighting	100W	37.7±2.5	36.7±1.5	36.3±1.2	37.3±2.5	37.3±1.2
	21W	37.3±2.1	37.3±1.5	38.0±1.7	37.3±1.2	38.0±1.0
	20W	38.0±2.0	38.3±1.5	35.3±1.2	37.0±0.0	35.7±0.6
Cyclic lighting	100W	38.0±1.0	37.7±0.6	37.3±0.6	36.3±2.5	34.7±2.3
	21W	19.7±3.9	17.0±2.7	15.7±1.2	16.7±2.1	15.7±2.1
	20W	18.0±1.7	17.0±1.7	17.3±3.5	16.3±0.6	16.0±1.0

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[13,20]，二、電照之照度[7,9,11,17]，三、電照之時間長短[5,11,17,19]，間歇照明技術亦屬此一範圍[13,20]。本試驗測試慣行之鎢絲燈泡及近年來家庭及公共空間常用之新型省電燈泡[6]，在不同光源下之最低有效照度，並以三種燈泡測試間歇照明法之有效程度。

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，分別爲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轉換爲Pfr之最有效光源爲紅光(660 nm)，而Pfr轉換Pr之最有效光源

爲遠紅光(730 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。以大豆爲例，藍光(480 nm)抑制開花之效率僅爲紅光(660 nm)之1/20。而介於紅光及藍光間之光源，其效率介於二者之間[13,20]。



圖三、‘金風車’於 100W 鎢絲燈間歇電照下，距燈泡不同距離之開花情形與植株高度。燈泡架設於右側。

Fig. 3. Flowering and height of flowering stems of ‘Gin-Fong-Cher’ chrysanthemum in 1/3 cyclic lighting of 4 hr. night-break by 100W incandescent tungsten-filament bulb. Light installed at right side.

由於不同光源所含不同波長(light quality)之能量不同[6]，雖在相同照度(light intensity)，不同光源對光敏素之影響有所不同[13]。考慮不同光源之光質差異，以5種光源在相同照度下比較對抑制菊花開花之效果，以白熾鎢絲燈效果最佳，其次爲高壓鈉燈，而此二光源之效果遠大於日光燈及鹵素燈，而水銀燈之效果最差，其原因可能爲白熾燈具有高能量紅光之效果所致，另則白熾燈及高壓鈉燈含有較高之遠紅光，而日光燈則無，光敏素影響開花時，紅光/遠紅光比亦爲重要之因素[13]。然而以相同功率之日光燈與鎢絲燈比較，日光燈之照度約爲鎢絲燈之4倍，所以在相同功率下比較二種燈泡，日光燈效果較好。然而100 W之鎢絲燈效果則比日光燈40 W爲佳[10]。本試驗之結果，在同是低照度之區域，鎢絲燈之效果比省電燈泡佳，此與上述多位學者之研究結果相符。利用省電燈泡以節省能源時，必須考慮提高架設燈泡密度，其所需最低照度則須進一步試驗得知。省電燈泡可有節省能源之效果，然而利用於菊花電照之省電效率比預期稍低。

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，爲商業栽培時必須考慮之實務[7,9,10,17,18]。本試驗以單一燈泡架設於田間1.8 m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較黃及朱、Kofranek等人量測之數值爲高[7,15]，但若以100 W鎢絲燈泡提供之流明計算，本試驗之量測值較接近理論值。在距離燈下1.0 m至2.5 m之各點照度，本試驗與葉

[8]、Kofranek[15]所測之值極爲接近，除1 m之量測值外，其他差異在5%以下。而黃及朱之試驗結果則遠高於本試驗之量測值[7]，此一差異可能與量測時之儀器或環境有關。以田間架設之實際量測值來比較，在一距形之正中心點距離燈泡位置2.8 m時，黃及朱[7]之推算值爲32 Lux，其田間實測爲30~40 Lux，Kofranek [15]及葉[8]推算值略低於20 Lux，本試驗之量測值則略高於15 Lux。

電照時之最低照度爲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[17]。因爲品種間對照度之需求不同，Accati-Garibaldi以深夜電照4 hr，100 W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3~13 Lux之間[10]。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12~98 Lux之間[9]，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[7]。本試驗使用之兩個品種，在鎢絲燈泡之最低照度15 Lux連續電照4 hr下，仍能有效抑制開花，然而在間歇電照下，二品種之抑制開花效果有明顯差異。

以夜間電照抑制菊花開花之最有效時段爲深夜，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˚至50˚)的冬季，因爲夜長較長，可能需長達5 hr的電照，而25˚至40˚則建議爲4 hr。更低的緯度所需之時間則更短[5,16,17]。

然而，亦有學者指出，電照之需求爲光量之關係，在光照強度高時電照時間較短，反之若電照時間長，光照強度可以較低[4,13,17,20]。以黃秀芳品種而言，黃及朱[7]測試臨界照度，若依葉[8]之模式修正照度，其需求約高於20 Lux，本試驗之最低照度爲15 Lux，較上述試驗之推薦臨界照度爲低，卻仍能有效抑制開花。其可能原因爲本試驗之電照時間長，而累積之光量爲3,360 Lux·min，即使以1/3時間之間歇電照，其光量仍有1,120 Lux·min，與黃及朱以較高照度而電照時間僅1 hr之受光量結果相近。

間歇電照爲歐美常用之省電方法，唯在台灣尚未廣泛應用，因爲田間架設之照度低，會有發生柳芽之情形[2,11]。然而間歇電照最低之需求，仍應以光量來解釋較佳。以20呎燭光5%與5呎燭光20%之間歇電照4 hr，其受光量同爲2,592 Lux·min，同樣可以有效抑制開花[11]。本試驗之間歇電照法，黃秀芳品種因其光量需求低，在間歇電照最低照度區下，仍能抑制開花，光量需求低於1,200 Lux·min。而金風車品種間歇電照臨界點在150 cm處，照度約爲20 Lux，即臨界光量需求爲1,600 Lux·min，而在連續電照組最低照度15 Lux下受光量爲3,600 Lux·min，達到最低光量需求，所以能有效抑制開花(表八)。若提高電燈架設密度以提高照度或增加每一循環之電照時間，達到最低光量需求，則金風車品種應亦能使用間歇電照法。當受光量瀕臨臨界值時，花芽分化能被延緩而非完全抑制[11,13,18]。本試驗之二品種亦有類似現象，考慮商業栽培時管理之方便性與品質之穩定性，實務應用時，最低受光量應遠高於臨界點較爲安全。

使用鎢絲燈及省電燈泡在低光度區之照度相似，在相同照度下，鎢絲燈抑制開花之效果較好。若欲利用省電燈泡節約能源，必須提高架設燈泡密度。間歇電照可以節省電量，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，方能正確利用間歇照明技術，及依品種提供調整照度及照明時間之方法。

表八、三種類型燈泡在連續電照及間歇電照下距離燈泡不同距離之日受光量[1]

Table 8. Daily light amount (Lux·min) of continuous and cyclic (34%) lighting of three bulbs in 4 hour night-break for flowering inhibition of chrysanthemum

Methods of lighting	Types of bulbs	Distance from bulbs (cm)				
		50	100	150	200	250
Continuous lighting	100W	8,160[1]	6,000	4,800	3,720	3,360
	21W	10,560	8,400	6,000	4,920	4,440
	20W	7,080	5,880	4,800	3,960	3,600
Cyclic lighting	100W	2,720	2,000	1,600	1,240	1,120
	21W	3,520	2,800	2,000	1,640	1,480
	20W	2,360	1,960	1,600	1,320	1,200

[1] Lux·Min.

誌　謝

本試驗之完成承農委會90農科-1.1.1-中-D4(18)及91農科-1.1.1-中-D7(1)之經費支持。試驗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. 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。
2. 李哖 1992 台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？ 台灣花卉園藝 110:32-34。
4. 林慧玲 譯 1990 菊花 p.269-289 設施花卉開花調節技術 台南區農業改良場。
5. 許謙信 張致盛 1995 菊花 p.525-540 增修訂再版台灣農家要覽農作篇(二) 豐年社 台北。
6. 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。
7. 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。
8. 葉庭瑋 1996 菊花電照光源最適配置與控制之研究 91pp. 國立中興大學農業機械工程學系碩士論文。
9. 船越桂市 1989 開花調節技術 船越桂市編 切リ花栽培の新技術キク(上) p.28-50 誠文堂新光社 東京。
10. Accati-Garibaldi, E., A. M. Kofranek and R. M. Sachs. 1977. Relative efficiency of fluorescent and incandescent lamps in inhibition flower induction in *Chrysanthemum morofolium* 'Albaltross'. Acta Hort. 68:51-56.
11. Cathey, H. M. and H. A. Borthwick. 1961. Cyclic lighting for controlling flowering of chrysanthemum. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78:545-552.

12. Cathey, H. M. and H. A. Borthwick. 1970. Photoreactions controlling flowering of *Chrysanthemum morifolium* (Ramat. and Hemfl.) illuminated with fluorescent lamps. Plant Physiol. 45: 235-239.
13. 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.
14. Ikeda, K. 1985. Photoperiodic flower induction in rice plant as influenced by light intensity and quality. JARQ 18: 164-170.
15. Kofranek, A. M. and M. Robinson. 1973. Tables for calculating desired light flux densities for horticultural crops. Scientia Hort. 1: 263-269.
16. Larson, R. A. 1992. Cut chrysanthemum. p.1-42. *In:* Introduction to Floriculture (2nd ed). Academic Press, San Diego, California.
17. Machin, B. and N. Scopes. 1978. Chrysanthemums Year-Round Growing. 233pp. Brandford Press, Poole, Dorset, Illinois. US.
18. 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.
19. Seeley, J. G. and A. H. Weise. 1965. Photoperiodic response of garden and greenhouse chrysanthemum. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87: 464-471.
20. Vince-Prue, D. 1975. The response to light. p.70-130. *In:* Photoperiodism in Plants. McGraw-Hill Book, Maidenhead, Berkshire, England.

Energy Saving in Chrysnathemum Night-break: Using Energy Saving Bulb and Cyclic Lighting[1]

Chian-Shinn Sheu, Fan-Ming Wei, Yun-Sheng Tien and Yuan-Ray Chen[2]

ABSTRACT

To save the energy cost of night-break by using energy saving bulbs and cyclic lighting is the aim of this experiment. Three types of bulbs, 100W tungsten-filament and two energy saving bulbs, 20W and 21W, were tested in continuous or cyclic lighting. An effective four-hour lighting during midnight was designed. A method of 30-minute cycle with 10 minutes lighting and 20-minute dark was designed for cyclic lighting. Eight cycles in 4 hours were conducted. Two chrysanthemum cultivars, 'Huang-Shiou-Fan' and 'Gin-Fong-Cher', were tested. Days to flowering, height and nodes of flowering stem were measured to identify the effectiveness of different lighting methods and materials.

From the days to flowering, the effective inhibition of flower initiation was found in continous lighting of three bulbs and cyclic lighting of 100w tungsten-filament bulb. However, when the light intensity was less than 20 Lux, days to flowering was slightly earlier than that of higher light intensity. 'Gin-Fong-Cher' was more sensitive to light intensity than 'Huang-Shiou-Fan'. Cyclic lighting of using 21W and 20W energy saving bulbs couldn't maintain vegetative growth in early stage for cut flower production. From height and nodes of flowering, effectiveness of flowering inhibition could be evaluated. Critical light to inhibit flowering was estimated below 1,200 Lux·min for 'Huang-Shiou-Fan' and above 1,600 Lux·min for 'Gin-Fong-Cher'. For 'Huang-Shiou-Fan', cyclic lighting could be to save electricity even light intensity was low as 15 Lux.

Electricity consumption of 20W and 21W energy saving bulbs were 19.3 and 21.3% of 100W incandescent tungsten-filament bulb. In same light intensity, incandescent tungsten-filament was more effective than energy saving bulbs. It was suggested to increase install density when energy saving bulbs were used for night-break. One-third cyclic lighting only could be applied for variety having low critical light amount, and consuming 36-38% electricity of continuous lighting. Using energy saving bulbs and cyclic lighting could save electricity. However, the diversity of critical light amount among cultivars should be considered.

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

---

[1] Contribution No. 0551 of Taichung DAIS, COA.

[2] Assistant Horticulturist, Assistant, Assistant, and Assistant Horticulturist of Taichung DAIS, COA.