

利用省電燈泡抑制菊花開花之注意要點

台中區農業改良場 許謙信

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。

前幾年花農慣用傳統之鎢絲燈泡行菊花暗期中斷時，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%。民國 91 年經本場試驗證明省電燈泡照明亦可達到抑制菊花開花之目的後，農民已多改用省電燈泡，其中以 23W 螺旋式黃光省電燈泡最為普遍，其用電量約為鎢絲燈泡之四分之一。

省電燈泡照度衰減之問題：

然而在使用上，農民反映省電燈泡用了一段時間後，會發生照度衰減之問題，台中區農業改良場實際使用省電燈泡時，亦發生類似之問題。為了對於此一現象有一個了解，台中區農改場於自有之燈炮及永靖、田尾地區四位農友處收集之省電燈泡做一量測，提供農民參考。

此次量測之燈泡分為 110V 及 220V 二類型，110V 的共量測 6 種燈泡，包括 5 種省電燈泡及 1 種鎢絲燈泡，共量測 21 個燈泡。220V 共量測 5 種省電燈泡及 1 種鎢絲燈泡，共量測 16 個燈泡。量測架設之燈泡高度為 180cm，量測點為燈正下方水平距離 2.1m 處之電照照度，每次只量單一個燈泡之照度。這與田尾地區所架設以 3M 見方為燈炮間水平距離，高度 180cm 之架設法中，四個燈泡所形成正方形中心點距離燈下方約 2.1m 相同。若將此次所測得單一燈泡實際照度乘以四倍，可以推估田間架設時，四個燈泡所形成正方形中心點之照度。

表一為 110V 數種燈泡之實測值。量測時，每個燈泡通電後至少持續 5 分鐘，每分鐘量測一次，取其平均值，為單一燈泡之照度。將同一來源的實測燈泡個數所得之照度平均，為平均照度。同一來源之燈泡中之最高及最低照度亦列出，以最高照度為分母，最高與最低之照度差為分子，得出高低相差百分比。

由表一中得知田尾農友乙所用之 K 牌新白光燈泡之照度最高，平均達 9.87 lux，最高達 10.14 lux。最低者為東亞牌之鎢絲燈泡，平均達 7.52 lux，而同一廠牌 S 牌於台中農改場及田尾農友乙之燈泡所測得之照度相差不多。平均照度在 7.54 lux 至 7.68 lux 之間。

表二為 220V 之燈泡實測照度。其中台中農改場之省電燈泡 S 牌，全新未用與舊的燈泡之照度其差異甚大，全新的平均照度為 12.78 lux，舊的燈泡僅有 7.00 lux，二者之間，舊的燈泡照度僅及未使用過的燈泡之 55%。而台中場之東亞牌 220V 鎢絲燈泡平均只有 4.75 lux，為此次所測燈泡之最低值。

一般農民所反應之省電燈泡光衰減之問題，在此次 S 牌之 220V 新舊燈泡之實測值，明顯發生這個問題。因為此次所搜集之舊燈泡都未經紀錄已使用小時數，所用舊燈泡之使用時間及實測照度間之關係，無法述明。此次調查成果僅能證明省電燈泡確實會發生光衰減之問題，然而對於使用多久才會發生此類問題

時，目前沒有答案。台中場未來擬以實際紀錄使用小時數來實測燈泡之光衰減問題。

表一、110V 新或舊省電燈泡及鎢絲燈之照度實測例(除標明白光外、其餘為黃光)

燈泡來源	燈泡類型	燈泡廠牌	新舊燈泡	測試數	平均照度	最高照度	最低照度	高低相差百分比
台中農改場	省電	S.牌	新	4	7.67	7.92	7.20	9.1%
台中農改場	省電	S.牌	舊	4	7.68	7.92	7.46	5.8%
永靖農友甲	省電	B 牌	舊	4	9.04	9.34	8.68	7.1%
田尾農友乙	省電	S.牌	舊	3	7.54	7.64	7.38	3.4%
田尾農友乙	省電	K 牌	新	2 白光	9.87	10.14	9.6	5.3%
台中農改場	鎢絲	東亞	新	4	7.52	7.68	7.26	5.5%

表二、220V 新或舊省電燈泡及鎢絲燈之照度實測例(皆為黃光)

燈泡來源	燈泡類型	燈泡廠牌	新舊燈泡	測試數	平均照度	最高照度	最低照度	高低相差百分比
台中農改場	省電	S.牌.	新	4	12.78	13.7	12.2	11.0%
台中農改場	省電	S.牌.	舊	4	7.00	7.20	6.83	5.1%
永靖農友丙	省電	G 牌	舊	4	9.67	10.3	8.66	16.2%
田尾農友丁	省電	G 牌	舊	1	8.74			
田尾農友丁	省電	H 牌	舊	1	9.76			
台中農改場	鎢絲	東亞	新	2	4.75	5.18	4.31	16.8%

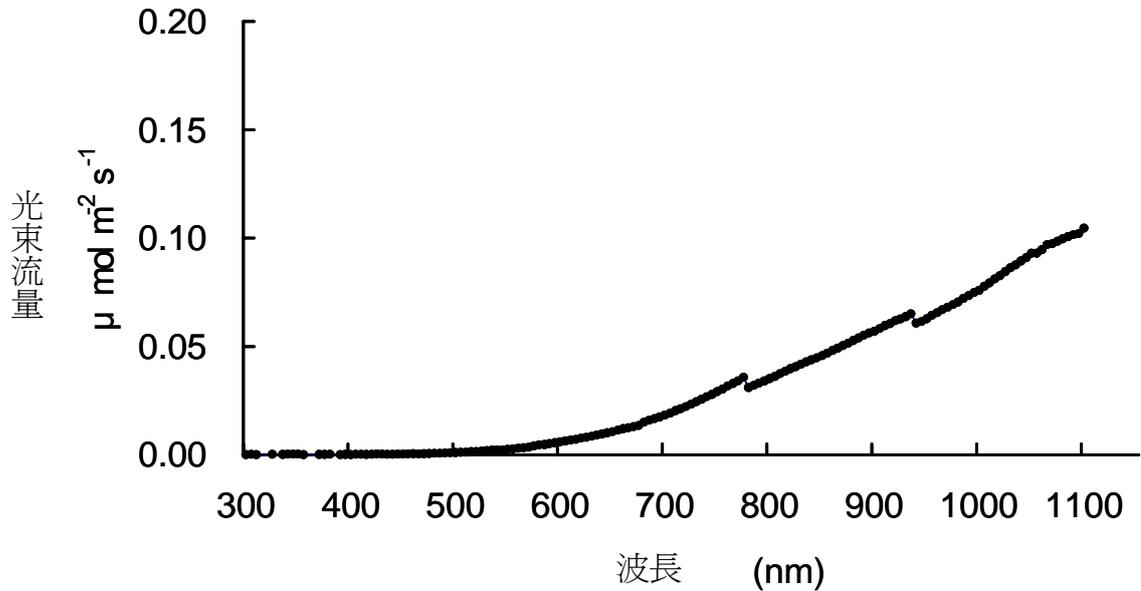
然而單純以照度來判定燈泡架設密度是否足以調控菊花之開花，仍有其風險性。影響電照技術是否能有效抑制花芽分化的因子有三，一、電照光源之光質，二、電照之照度，三、電照之時間長短。

光質之問題：

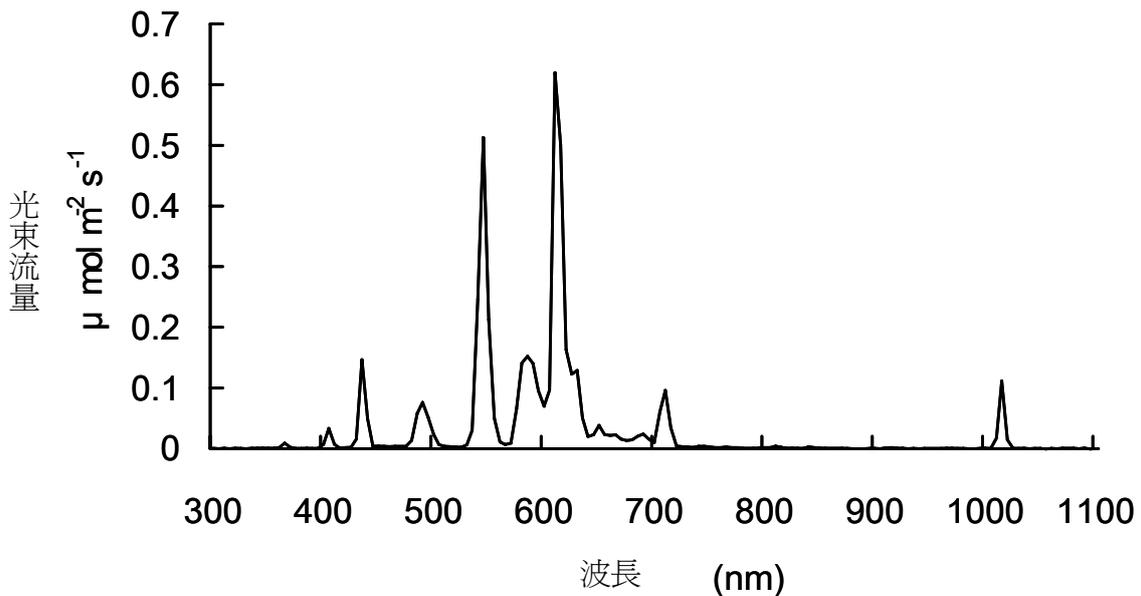
首先說明關於光質之觀念。一般而言，光源其實是多種波長的光混合而成的。以太陽光而言，包括我們眼睛看不到的紫外線及紅外線(又稱遠紅光)，還有眼睛可以看到的可見光，即一般我們見到彩虹時的光，包括紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等之混合。

圖一、圖二及圖三分別為 100 W 鎢絲燈泡、23 W 黃光省電燈泡、23 W 白光省電燈泡之光譜。其中波長 400 nm 到 700 nm 為可見光，偏向 400 nm 為藍紫光，偏向 700 nm 為紅光，小於 400 nm 為紫外線，大於 700 nm 為遠紅光。圖一中的鎢絲燈泡在可見光部分大多為 550 – 700 nm，形成我們看到的黃色。而其遠紅光的比率較高，就是其燈泡溫度較高的成因。23 W 黃光及白光省電燈泡之光譜於波長 545 及 610 nm 處有二個高峰，但二者之分佈不同。黃光省電燈泡之最高峰為 610 nm，為偏向橙紅的光，具有 $0.62 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 的光束流量，於 545 nm 為

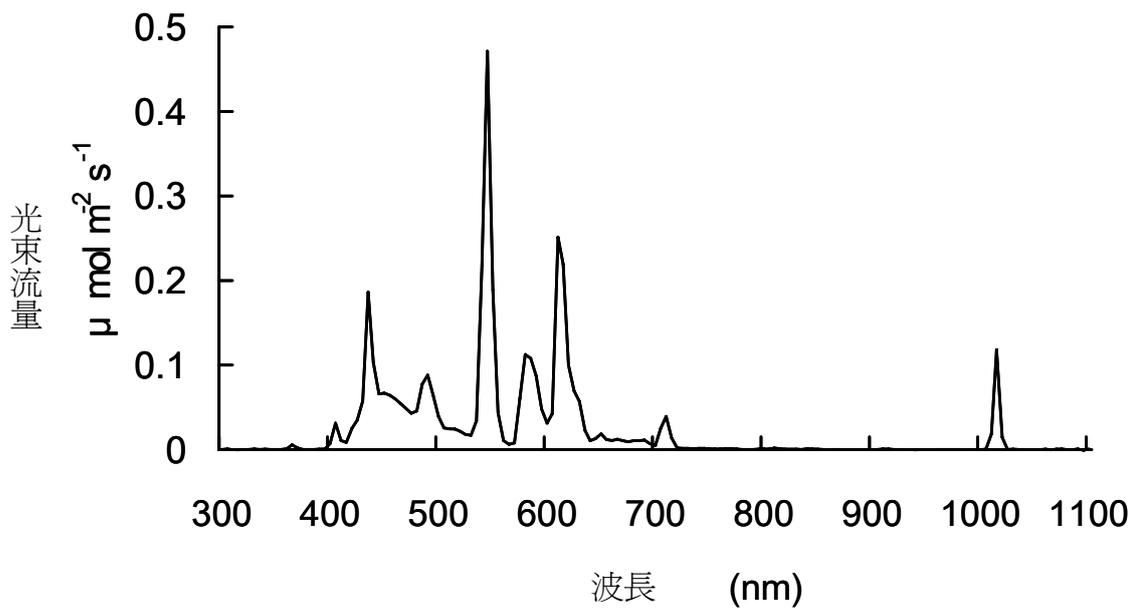
黃光，具有 $0.51 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (圖二)。而白光省電燈泡之最高峰則在 545 nm，為 $0.47 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，次高峰為 610 nm 為 $0.25 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (圖三)。黃光之最高峰及第二高峰之光流量均較白光省電燈泡為高。另一方面，黃光省電燈泡之最高峰為 610 nm，屬於橙紅光，較近於植物生理反應之紅光(660nm)，這也是為什麼黃光省電燈泡抑制菊花開花較白光效果好之原因。



圖一、100 W 鎢絲燈泡於 40 cm 高時之光譜分佈。



圖二、23 W 黃光省電燈泡於 40 cm 高時之光譜分佈。



圖三、23 W 白光省電燈泡於 40 cm 高時之光譜分佈。

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 之抑制菊花開花最有效光源為紅光(660 nm)。而 Pfr 轉換 Pr 之最有效光源為遠紅光(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。以大豆為例，藍光(480 nm)抑制開花之效率僅為紅光(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。

而對於一般量測之照度而言，不同波長對明暗(即照度)之貢獻度不同，其中以黃色光(555 nm)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%。以試驗測得之三種燈泡之光譜分佈有所不同，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，照度之比較上，亦顯示同瓦數時，黃色燈泡照度較白色燈泡為高。

由於我們肉眼、照度計、及植物葉片對光線之接收器之不同，要判定光線強度是否能夠滿足植物需要，事實上是一件困難而複雜的事。照度計量測的反應高峰是波長 555 nm，對黃光最為敏感。而植物需要的是波長 660 nm 的紅光效果最佳，但是紅光對照度之貢獻度則不高。換句話說，如果有一光源主要為黃色光，而有另一光源主要為紅光，用照度計量測時黃色光會有較高照度，而紅色光雖然具較低照度，卻對抑制菊花開花較為有效。人的肉眼則覺得對白光省電燈泡之照明效果喜好勝於黃光省電燈泡。肉眼、照度計、及植物葉片三者對光質的需要及

反應各有不同。

可以量測光源所含不同波長之能量高低的光譜儀價格昂貴，必須在學校或試驗單位才能擁有。除非能夠將燈泡送檢測單位偵測光譜分佈，藉以得知接近紅光 660nm 的能量多寡之外，其實利用肉眼或照度計量測之結果，並不能代表抑制菊花開花的效果好壞。另一方面，照度計因為在照相機工業上有其重要的地位，大量生產而價格便宜，仍然是了解夜間照明強度不能或缺之利器。建議生產者能向生產燈泡之公司索取光譜分析外，每次架設輔以光度計量測，以累積品種需求與燈泡照度之間關係的經驗。

最低照度與電照時間之考慮：

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。因為品種間對照度之需求不同，國外學者 Accati-gonibaldi 以深夜電照 4hr，100w 鎢絲燈泡測試 5 品種，抑制菊花開花之照度需求介於 3-13 lux 之間。在未提及電照時間長短下，日本學者測試 25 個品種，指出菊花不同品種之照度需求在 12 - 98 lux 之間，高低相差 8 倍以上。而台灣之栽培品種依學者之研究，品種間之照度需求亦有差異。然而如上所述，使用不同之燈泡，其燈源之光譜不同，其照度所代表之意義不同。以鎢絲燈所作之試驗，其有效照度並不能直接應用於省電燈泡之田區。

利用電照調節植物開花成功與否和電照時之照度與光量有關，如何量測照度以估算各品種所需最低光量(即照度與時間之乘積)，為商業栽培時必須考慮之實務。然而，亦有學者指出，電照之需求為光量之關係，在光照强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。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。國外學者 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。另有學者以不同光照度之日光燈提供相同光量 4.3 klms·min 亦都可以抑制菊花開花。

結語：

以田尾、永靖地區所看到的實例，省電燈泡已經普遍使用。站在環保立場，比較耗能的鎢絲燈終究會被淘汰。然而因使用省電燈泡所引申之問題，諸如光照度衰減、最低有效光量之問題等，仍需大多栽培者逐漸建立使用經驗及試驗改良場所進行相關試驗來建立使用省電燈泡之知識。