

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030306

光光閃亮晃晃

—十字花科植物、豆科植物受不同週期的光產生的影響

學校名稱：新竹市立光武國民中學

作者：	指導老師：
國二 林炬彰	林茂成
國二 林大宇	吳昇錦
國二 荊健哲	
國二 邱韜	

關鍵詞：週期、明滅光、十字花科

摘要：

本實驗探討光的週期對植物生長的影響，並使用小白菜當做實驗的主要對象，用白熾燈作為光源，產生週期 24hr、12hr、6hr、4hr、1.5hr、0.5hr、7.5min、112.5sec、56.25sec、28.1sec、7sec 和 1.7sec 且進行永晝、永夜的實驗。首先發現週期 1.5hr 的小白菜生長高度較週期 24hr 及週期 12hr、6hr 來的高，但綠豆影響不明顯。但使用水耕法死亡率高，不易觀測，所以將水耕改為土耕。後來將週期設定為 112.5sec、56.25sec、28.1sec、7sec 和 1.7sec，發現週期 7sec 的小白菜生長最快，但週期 1.7sec 的小白菜生長速率較其他低。此時我們也在阿拉伯芥上發現與小白菜一樣的結果。又分別用綠豆及小白菜進行永晝、永夜的實驗，發現永夜的植物都較永晝的高。最後進行 2DGel 的電泳，在電泳結果中找到週期 28.1sec 含有特殊的蛋白質，證明不同週期的光會影響植物生長。

壹、研究動機：

一般養雞廠養雞，通常使用開關燈，使雞誤認為已經過了數天，而加快雞的生長速度。大家相信生長快速是因為雞吃食物的量增加了。但我們想，除了食物的量以外，是否也跟不同週期的光有關，於是進行此了以下的實驗。

貳、研究目的：

- 一、製作一組完整的生長箱
- 二、探討不同週期的光對十字花科、豆科植物高度的影響
- 三、探討光的有無對十字花科、豆科植物高度的影響
- 四、探討不同週期的光對十字花科植物蛋白質的影響
- 五、探討光的有無對十字花科植物蛋白質的影響

參、研究設備及器材：

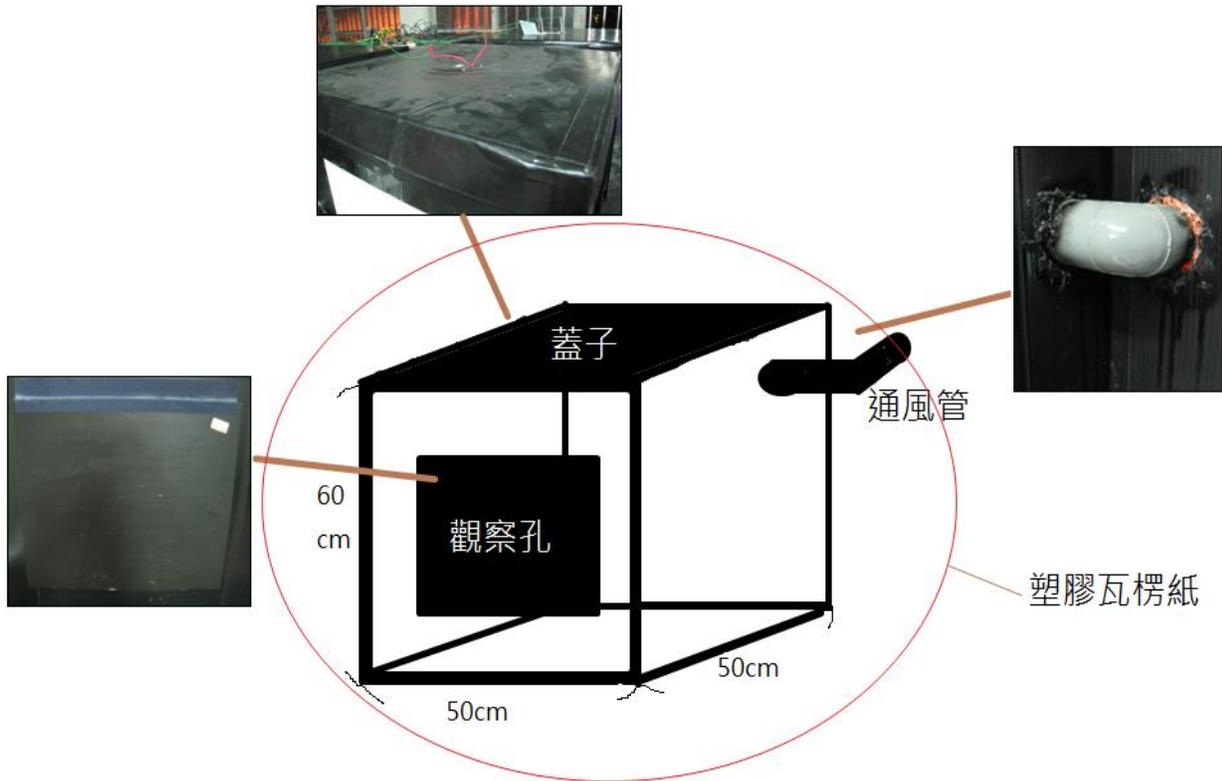
黑色塑膠瓦楞版	1.7m ²	3M 大力膠布	3 捲	水管(1/4 吋)	40cm
脫脂棉花	5 包	花寶 5 號	10g	塑膠盆	1 個
小盆栽(3 吋)	數個	收納盒	數個	珍珠板	數片
溫濕度計	1 台	培養土	1 包	Silicone(矽利康)	1 組
角功率切割器	1 個	變壓器 3V	2 個	解剖顯微鏡	1 架
綠豆種子	1 袋	小白菜種子	1 袋	阿拉伯芥種子	1 袋
IC CD4060BE	1 個	IC CD4040BE	1 個	白熾燈	1 個
麵包板	2 個	鉭質電容	1 個	精密電阻	數個
單股線	1 捆	多股線	1 捆	電晶體	1 個
二極體	1 個	變壓器轉接頭	4 個	精密數位電表	1 個
發光二極體	2 個	傳統繼電器	1 個	絕緣膠帶	1 捆
燈座	1 個	微量吸量管	1 支	Sample buffer	

肆、研究過程及結果：

一、觀察箱的製作：

(一) 觀察箱：

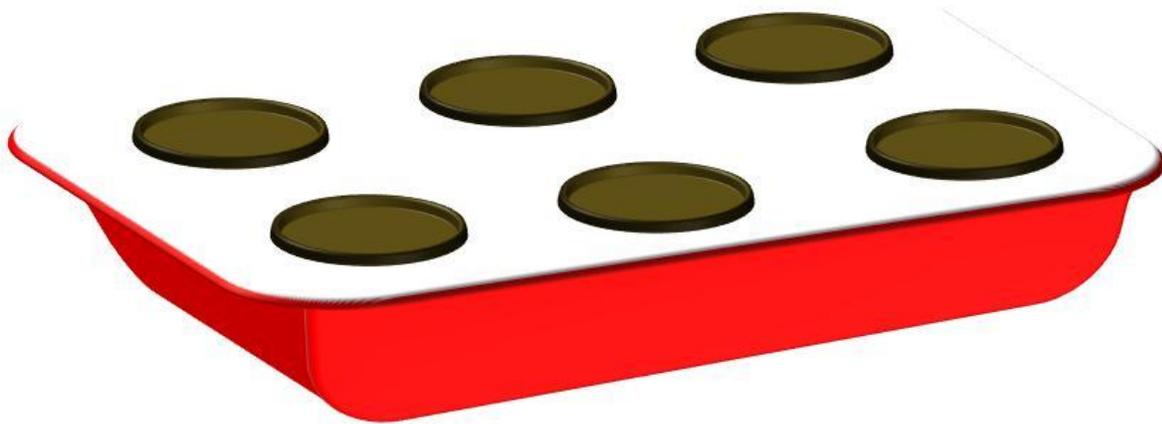
(圖 1)黑色塑膠瓦楞規格：長×寬×高=50×50×60 (cm)。通風管為連接箱子的水管，使用 silicone 填滿周圍，用黑色噴漆使周圍呈現黑色，不讓外光滲入，通風管具有維持每個觀察箱溫度和濕度接近的效果。在箱子一側上挖出觀察孔，方便觀察。在蓋子上的正中心，讓多股線穿出，箱子內部裝燈座以及燈泡，外部則接電路。



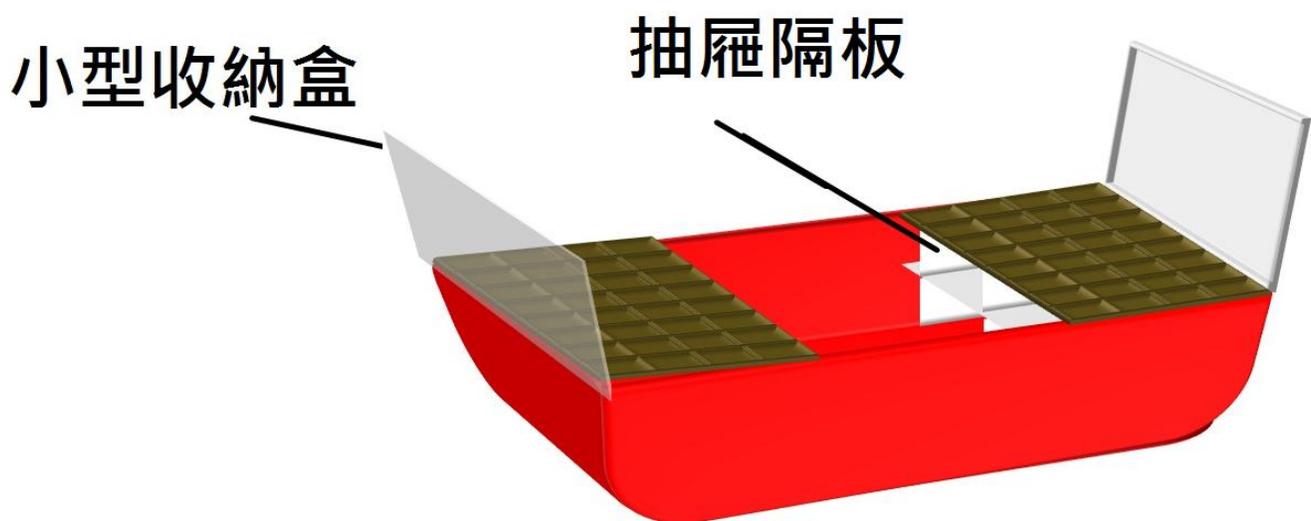
(圖 1)

(二) 生長盤：

一開始使用水耕種植法(圖 2)，在一個長×寬=45×30(cm)的塑膠盆中，加水 10 公升種植，讓小盆栽固定在珍珠板上且沒入水中。以 100：1(g)的比例加入花寶 5 號，給植物必要養分。之後使用土耕法(圖 3)，由 32 格的收納盒組成。收納盒內每格填入定量的培養土種植，每日澆水 2ml，給予植物必要養分。



(圖 2)



(圖 3)

當初以水耕法種植，目的在於省去澆水上的問題，且有抑制日夜溫差過大的幫助，減低部分的環境問題。後來改為土耕種植，使用小盆栽栽種，讓多棵植物種於盆中，解決水易發臭、植物腐爛、植物生長方向不一、觀察不易、會不小心使植物死亡等狀況，不過仍因為一個盆栽種植數量過多的問題，常讓測量者不易精確算出數量、高度。最後改以分格收納盒種植，仍使用土耕法，同時也使每格種植數量方便觀察，雖然價格不便宜，但利於觀察。

	種植素材	價格(元)	優點	缺點
水耕法	水+花寶 5 號	148	無澆水問題 防止日夜溫差	不易存活
土耕法(盆栽)	培養土	53	耗材便宜	不易測量
土耕法(收納盒)	培養土	105	方便記錄、觀察	耗材較貴

(表 1)

(三) 光源：

1 燈炮：

(1) 白熾燈

考慮到價格，白熾燈較其他的燈便宜，而且取得容易，同時也包括工作溫度低的優點，所以使用白熾燈作為光源。

2 控制光照週期器：

(1) 公式(電容、電阻值)：

使用這一類的積體電路來製造產生週期的儀器，在其電路中，必須配出適當的電容值與電阻值來產生實驗需要的震盪週期。公式為 $T=RCK$ (T 為週期、R 為電阻值、C 為電容值、K 為常數)。

(2) 積體電路的選擇：

①74HC04：

使用反向器(邏輯閘中的反閘)製作震盪器(產生重覆週期性訊號的電子儀器)。但此震盪器無法過濾雜訊故不使用此積體電路。

②74HC14：

這個積體電路的反向器含有史密斯觸發器。史密斯觸發器，可讓輸出端改變的標準值提高，故能過濾掉許多雜訊。但是此積體電路無法同時配出多種週期，且需要配置的電阻太大(當週期為 24 小時，RC 值約 3323098.191)，缺少準確度、不符成本及時間消耗，在此實驗中較不適合。

③CD4060：

這個積體電路中的反向器也含有史密斯觸發器，可過濾雜訊。在此積體電路中，會將反向器震盪出來的週期延長 2 倍所以可以一次做出十組的週期，且需要配置的電阻比較小(週期為 24 小時，RC 值約為 2.397)，可以明顯提高精確度，因此選擇此 IC 進行實驗。

(3) 訊號輸出：

①電晶體：

訊號由積體電路輸出後，由於電流過低(2.5mA)，不足以推動後面所接的繼電器，所以將積體電路的輸出端接上一顆電晶體放大其輸出的電流(312.5mA)，才可推動繼電器。

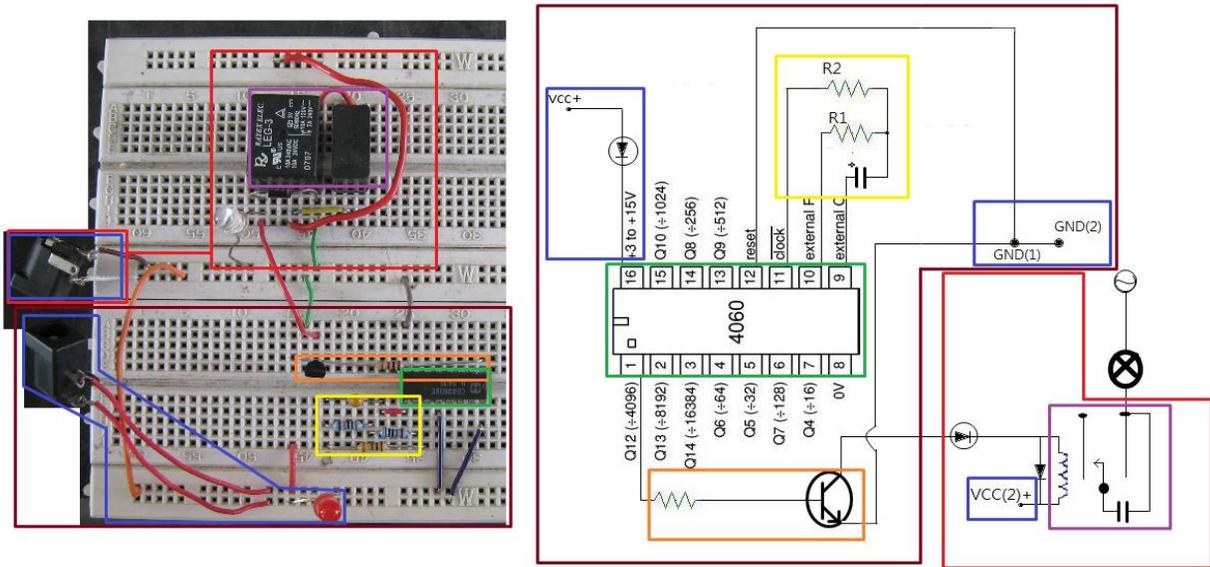
②繼電器：

訊號由電晶體放大後，接了繼電器。其接點串接室內電壓(AC110V)，把原本的數位訊號經由繼電器，轉換成開關電路的通、斷路來達成燈泡明、滅的效果。

(4) 其他不同週期的儀器比較表：

	函數產生器	機械式計時器	控制光照週期器 (積體電路 CD4060)
最大值(週期)~ 最小值(週期)	$\frac{1}{9.775m} \text{ sec} \sim \frac{1}{3.3M} \text{ sec}$	24hr~15min	24hr~1.7578128sec
平均價格(一組)	9800 元	190 元	128 元
優點	頻率準確	使用簡易	價錢便宜且誤差值小
缺點	價格昂貴，頻率過高	誤差大價格不符成本	電阻電容較難計算

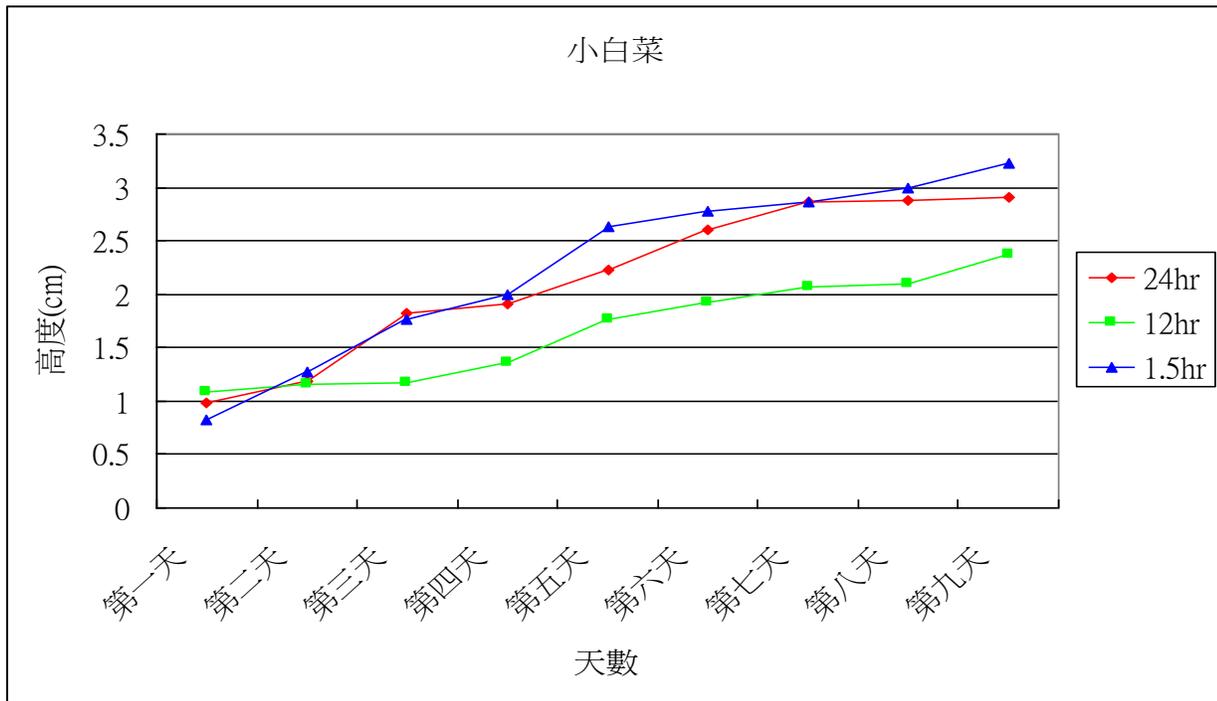
(表 2)



(圖 4)

(四) 植物高度的測量：

1 實驗一：探討不同週期的閃爍光對十字花科植物、豆科植物高度的影響

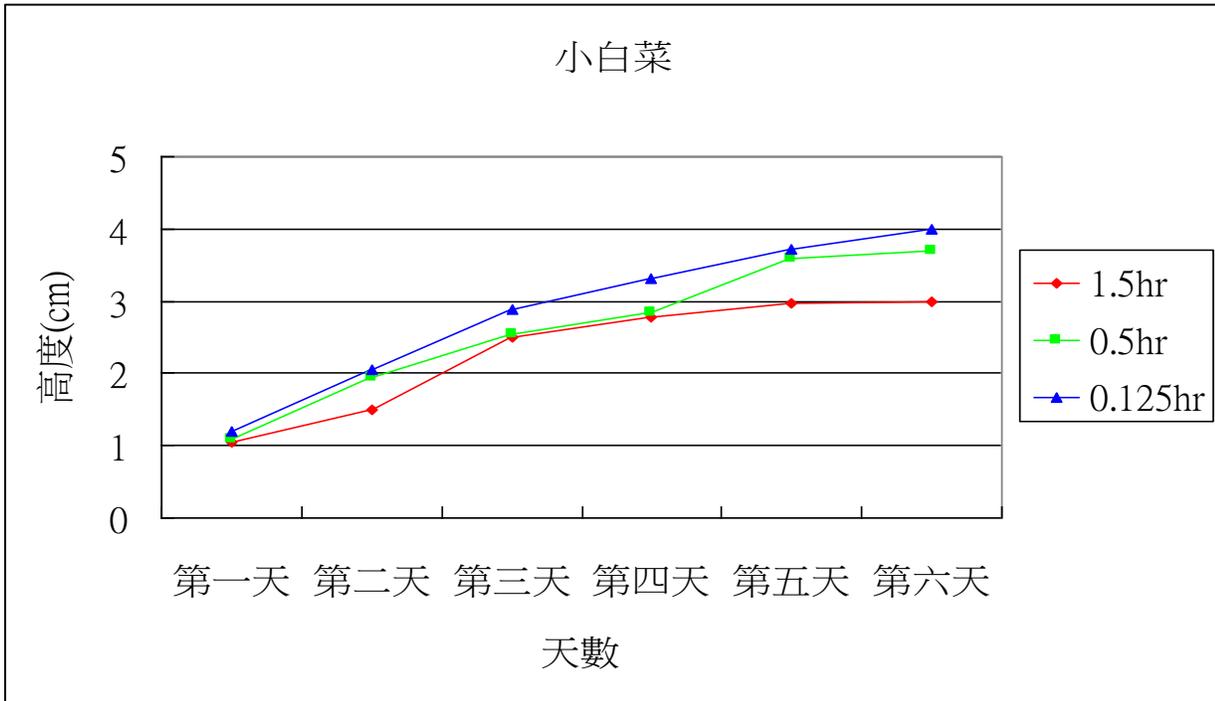


(表 3)

(小白菜水耕，白熾燈週期為 24hr 12hr 6hr 1.5hr)

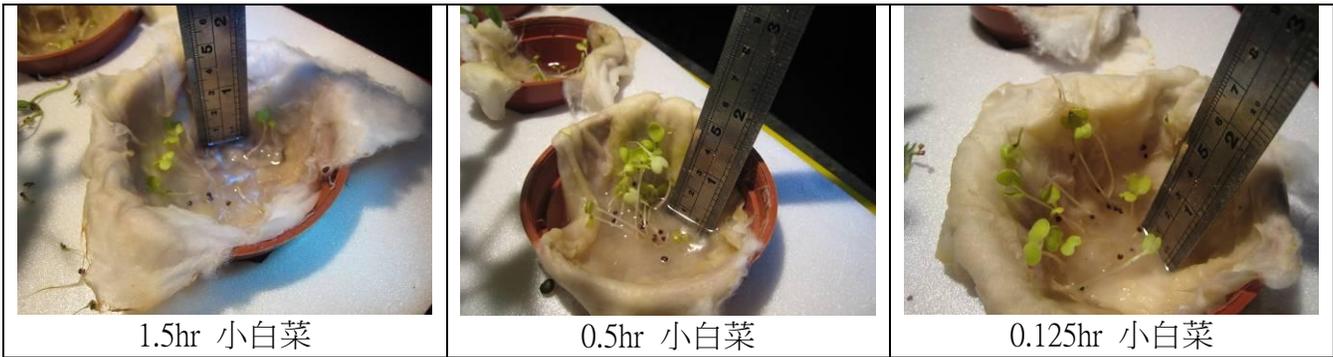


我們使用水耕法種植小白菜，以 24hr 模擬自然環境作為對照組，將週期縮小為 12hr 和 1.5hr。根據(表 3)，推測「照光週期越短，植物生長速率越快」。

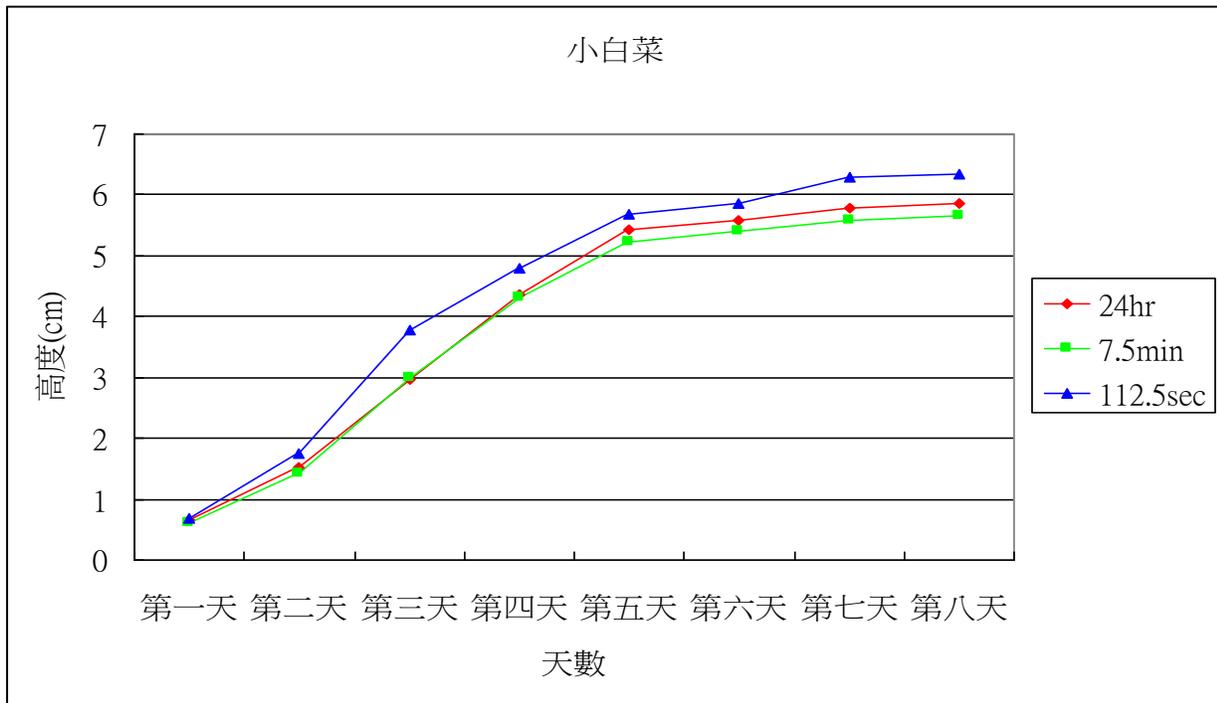


(表 4)

(小白菜週期為水耕，白熾燈 1.5hr 0.5hr 0.125hr)



以 1.5hr 為對照組，將週期縮小為 0.5hr 和 0.125hr。根據(表 4)的結果，看到週期越小，植物生長速率加快，符合我們的推測。

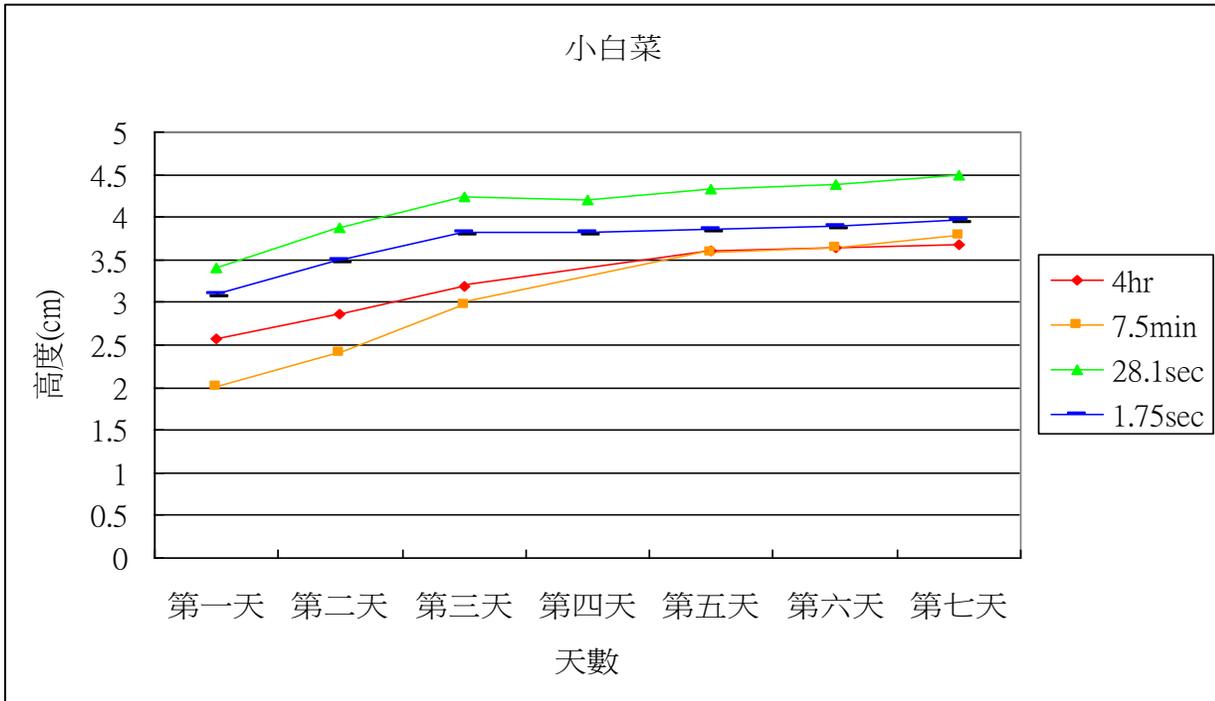


(表 5)

(小白菜土耕，白熾燈週期為 24hr 1.5hr 112.5sec)

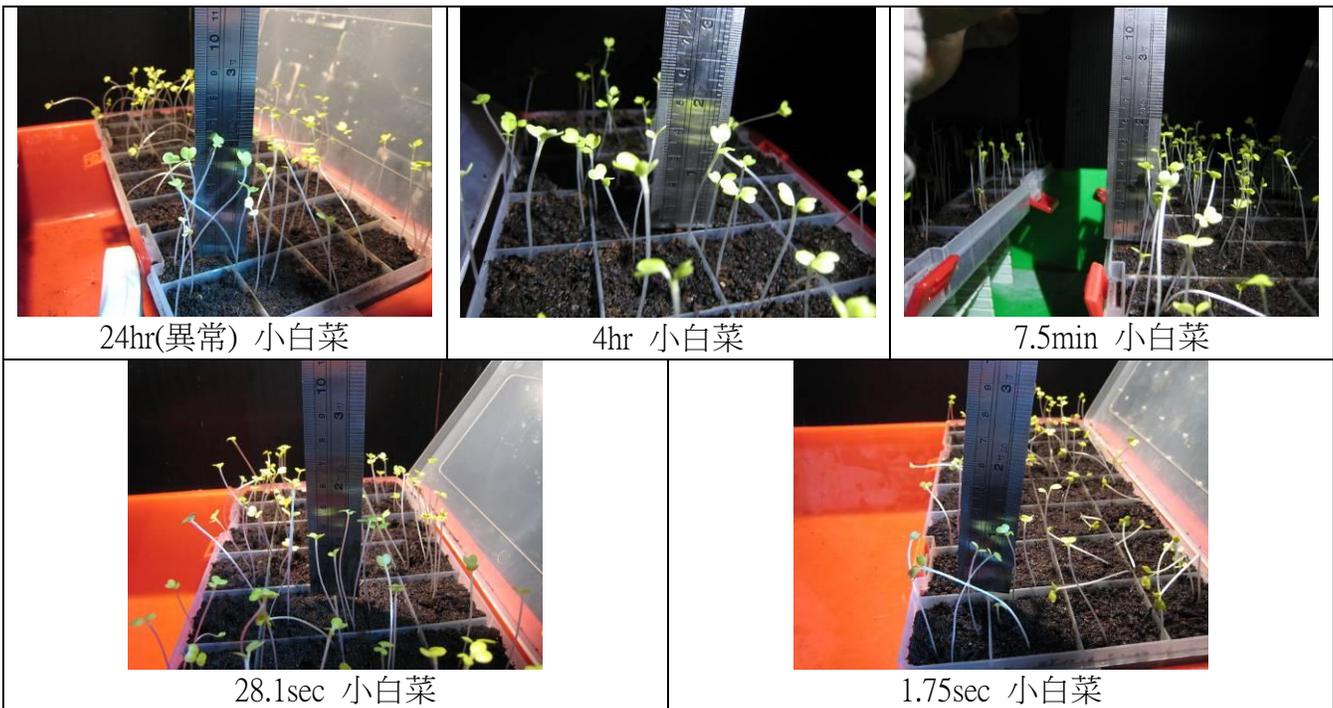


以 24hr 為對照組，將週期縮小為 7.5min 和 112.5sec。根據(表 5)，發現週期最短的 112.5sec 生長速率最快。驗證較小的光照週期可增加小白菜生長速率，符合推測。

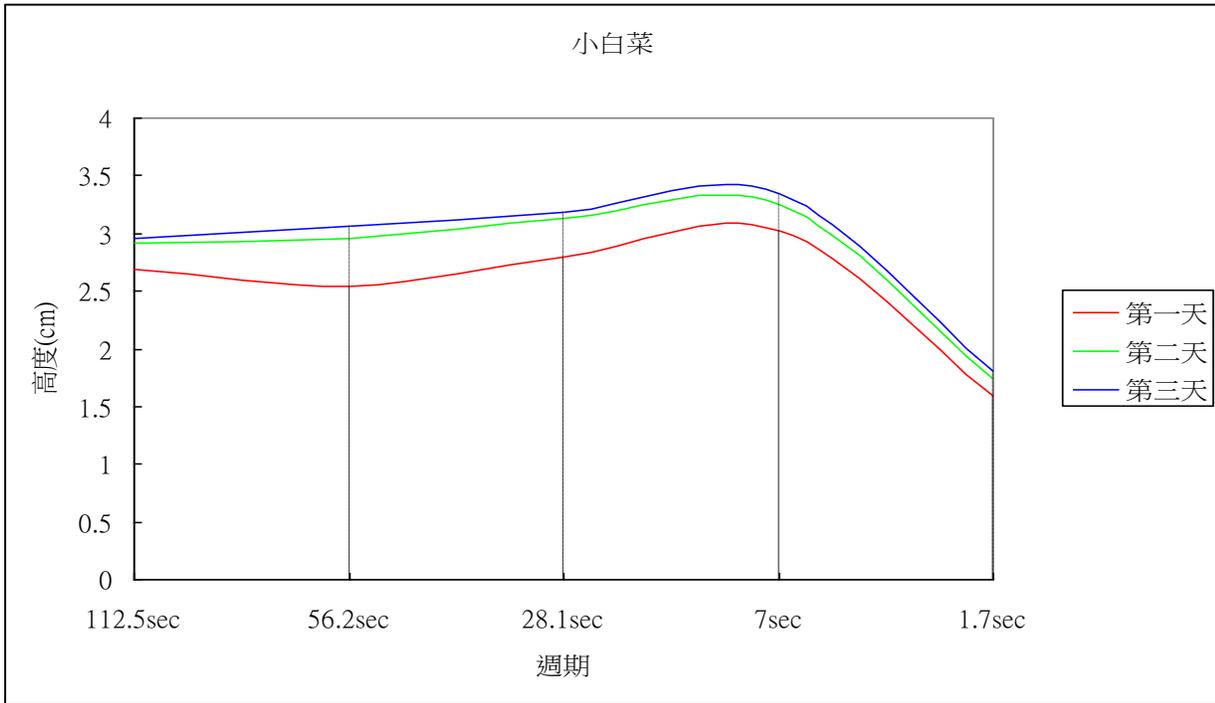


(表 6)

(小白菜土耕，白熾燈週期為 4hr 7.5min 28.1sec 1.75sec)

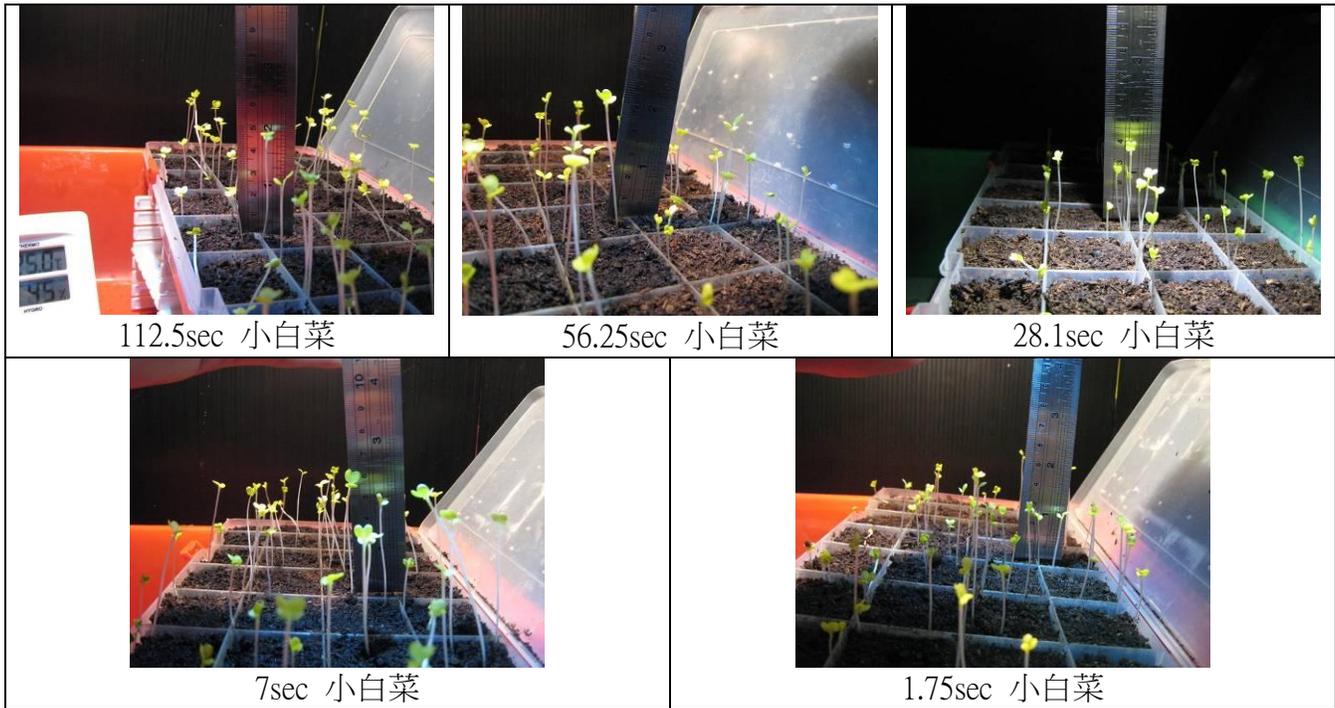


根據(表 6)，我們將週期縮的更小。發現週期為 28.1sec 小白菜生長速率最快；但是週期最小的 1.75sec 卻不是最高的，並不符合之前的推測「照光週期越短，植物生長速率越快」。我們因此認為，在週期 112.5sec 到 1.75sec 之間有一段生長速率的高峰，值得深入研究。

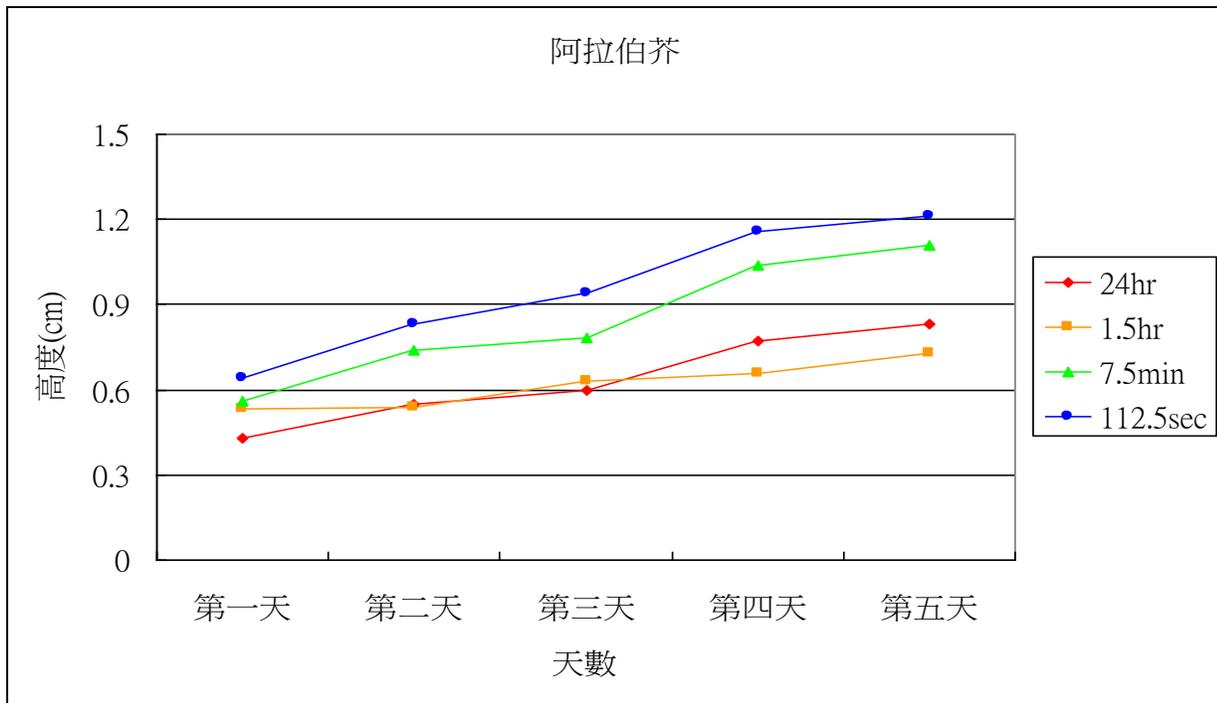


(表 7)

(小白菜土耕白熾燈週期為 112.5sec 56.25sec 28.1sec 7sec 1.7sec)

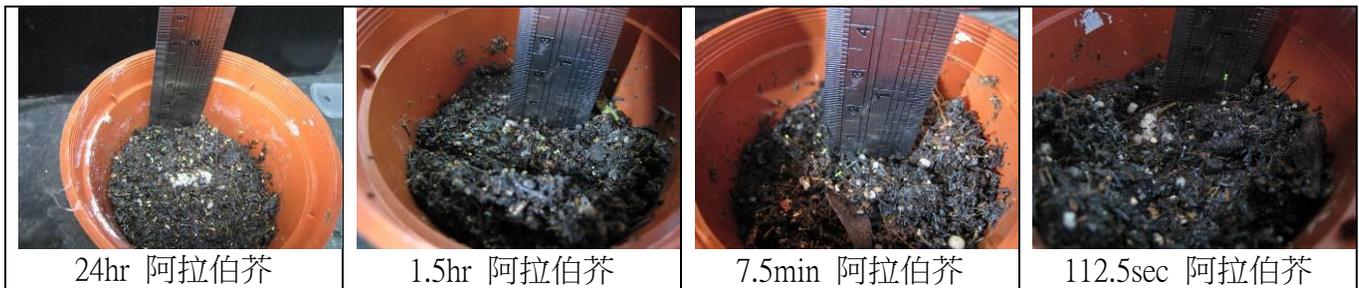


在週期 112.5sec 到 1.75sec 之間，為了找到小白菜生長速率的高峰，所以再做出週期為 56.25sec 和 7sec。根據(表 7)，發現之前的高點 28.1sec 與 1.75sec 間，週期 7sec 是生長速率的高峰。推測使生長速率加快的因子，在週期 7sec 以後無法被觸發。

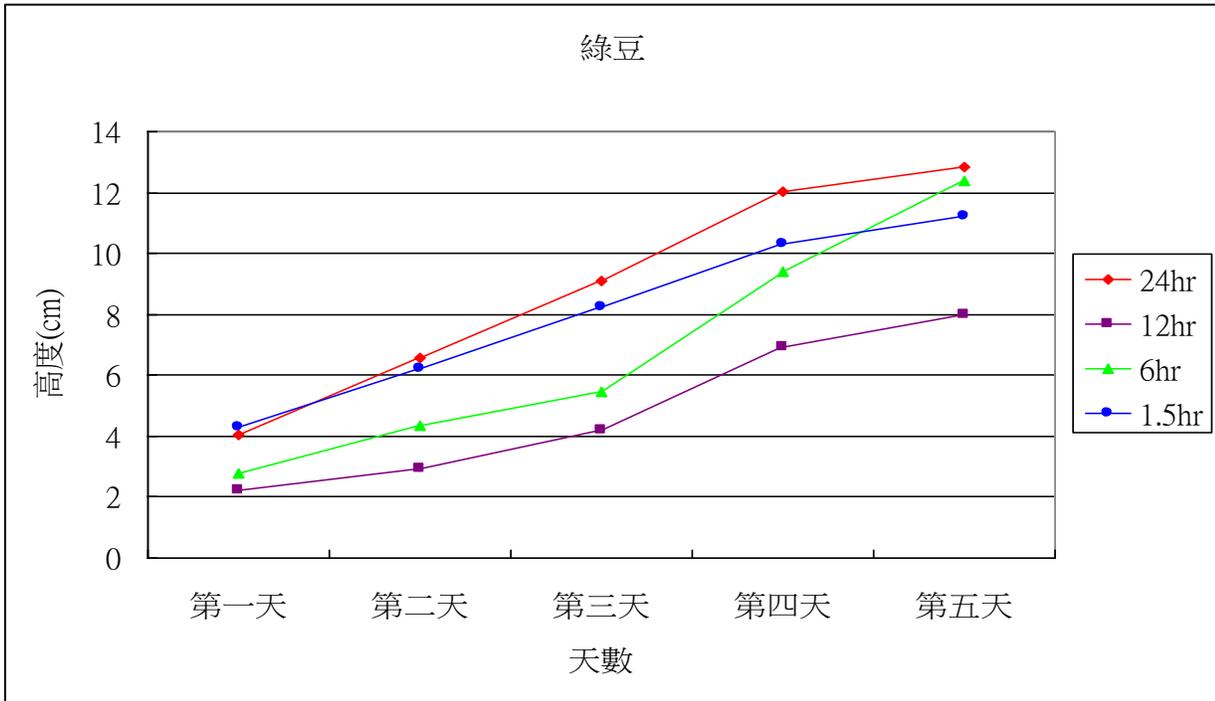


(表 8)

(阿拉伯芥土耕，白熾燈週期為 24hr 1.5hr 7.5min 112.5sec)



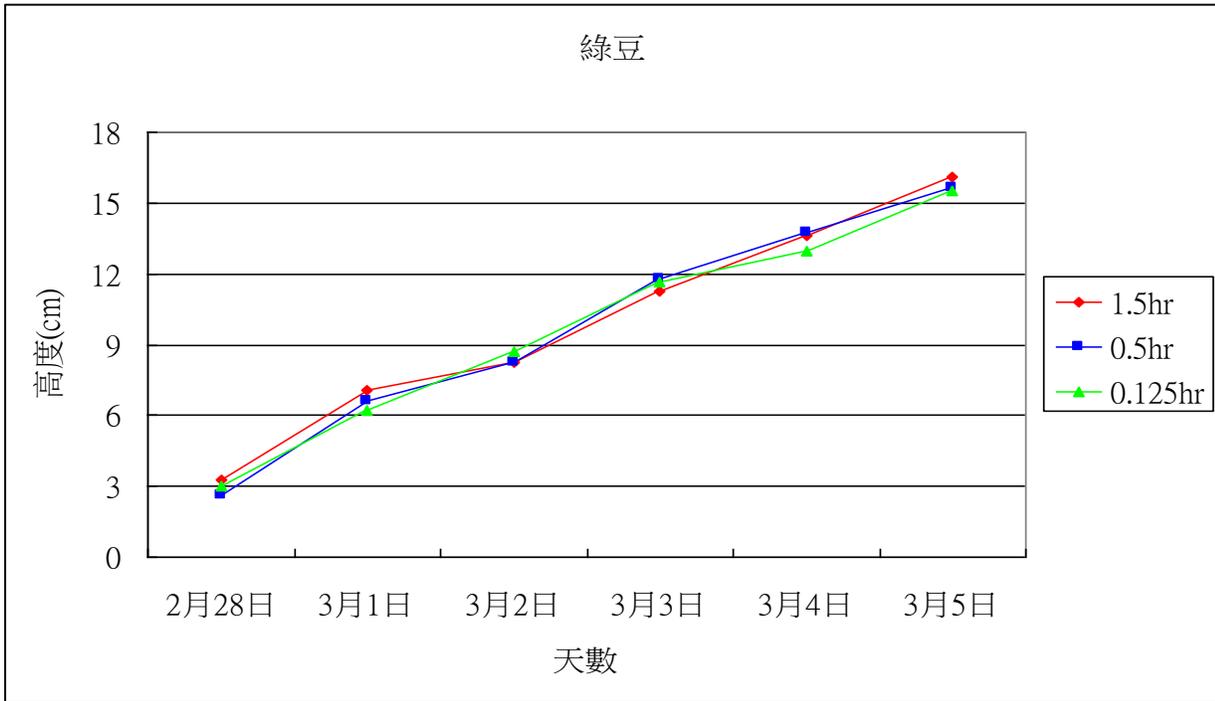
為了證明所有植物皆會受到影響，再以模式生物阿拉伯芥和綠豆實驗。根據 C 組阿拉伯芥(表 8)的圖表，可得知阿拉伯芥對不同週期的光的相同的影響，也就是說，阿拉伯芥也同樣在週期較小的光照下生長速率越快。



(表 9)

(綠豆水耕白熾燈週期為 24hr 12hr 6hr 1.5hr)



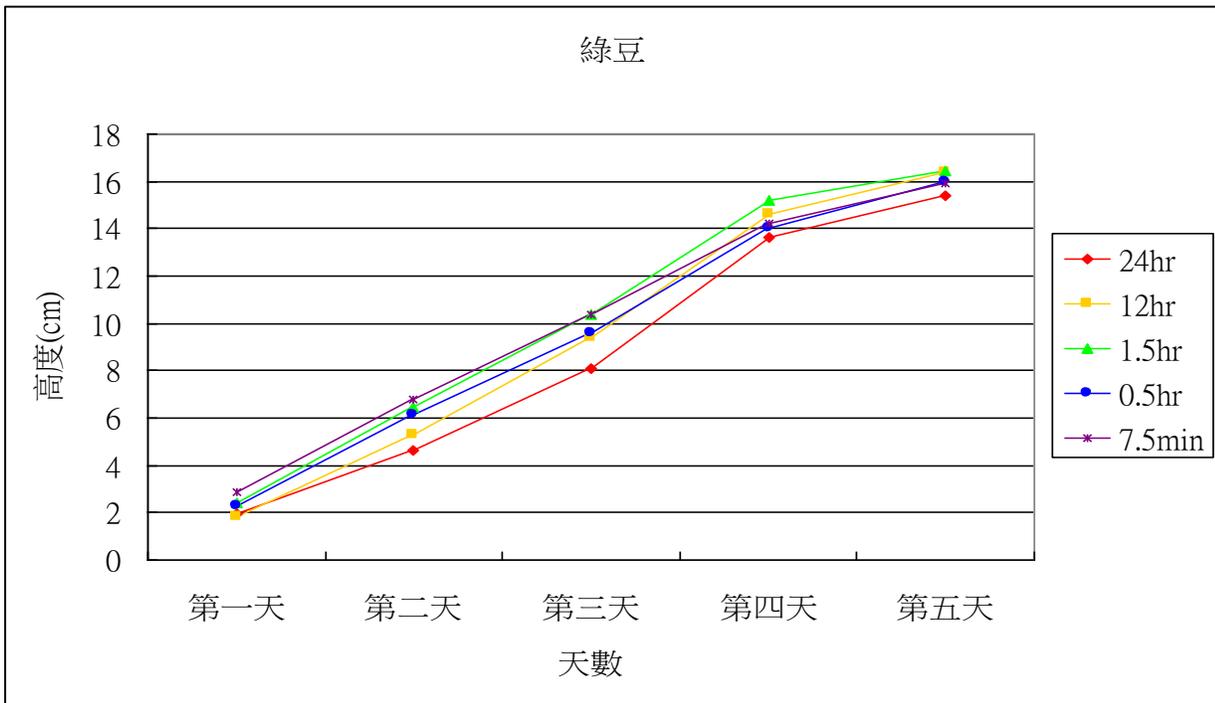


(表 10)

(綠豆水耕白熾燈週期為 1.5hr 0.5hr 0.125hr)

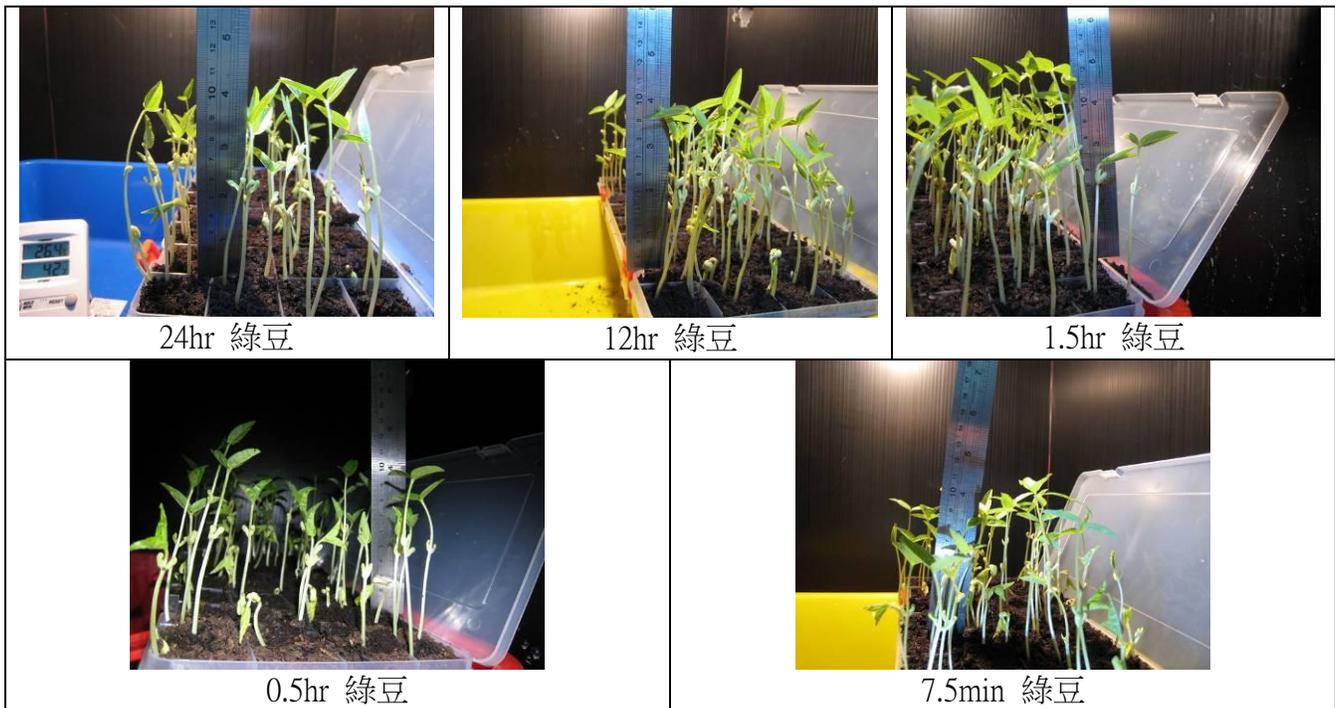


根據這兩組綠豆的圖表，發現在小白菜的實驗可得到的結果在綠豆卻無法得到相同的結果，也就是不會因週期越小而影響。所以根據此實驗結果，不同週期的光對綠豆沒有影響。



(表 11)

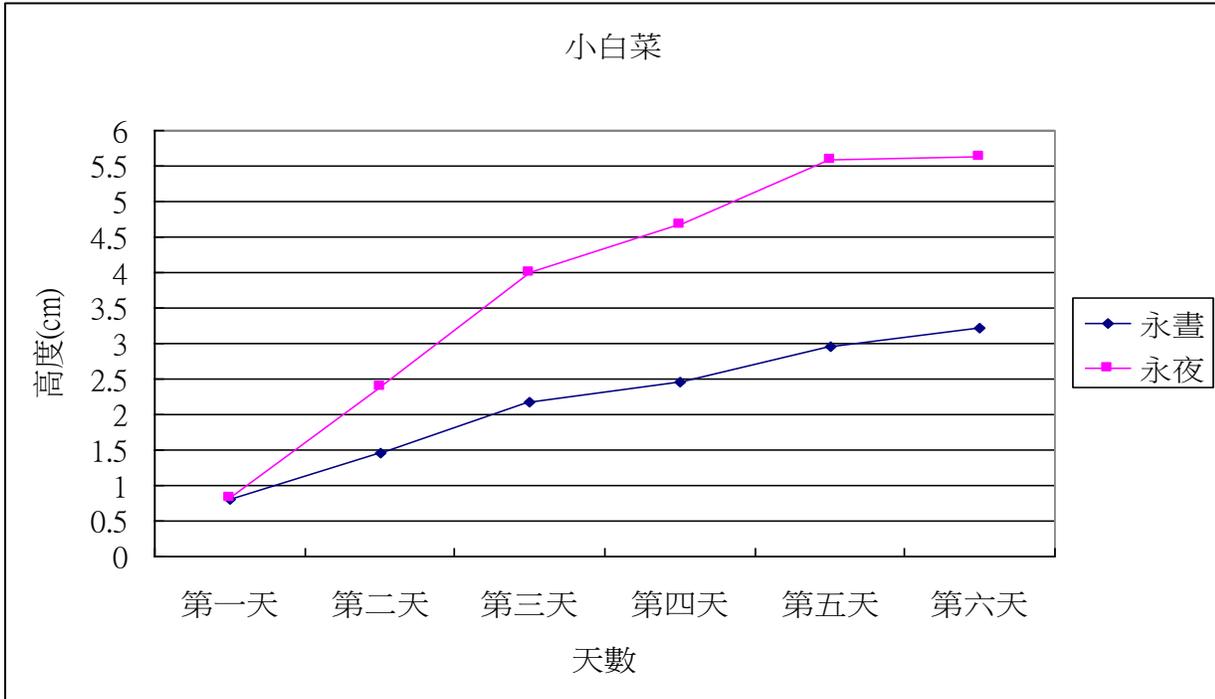
(綠豆土耕白熾燈週期為 24hr 12hr 1.5hr 0.5hr 7.5min)



為了證明水耕與土耕的結果相同，又將之前用水耕種植的頻率，再用土耕重作一遍。確認結果都一樣，不論使用水耕或土耕，綠豆皆不會受到影響。

由實驗一，得知小白菜會因不同週期的光，改變其生長速率。在明與暗時數皆為12小時中，唯一改變的是每一小段的長短，究竟是不同長短的光明還是黑暗促進了其生長，我們進行了實驗二做討論。

2 實驗二：探討光的有無對十字花科植物、豆科植物高度的影響



(表 12)

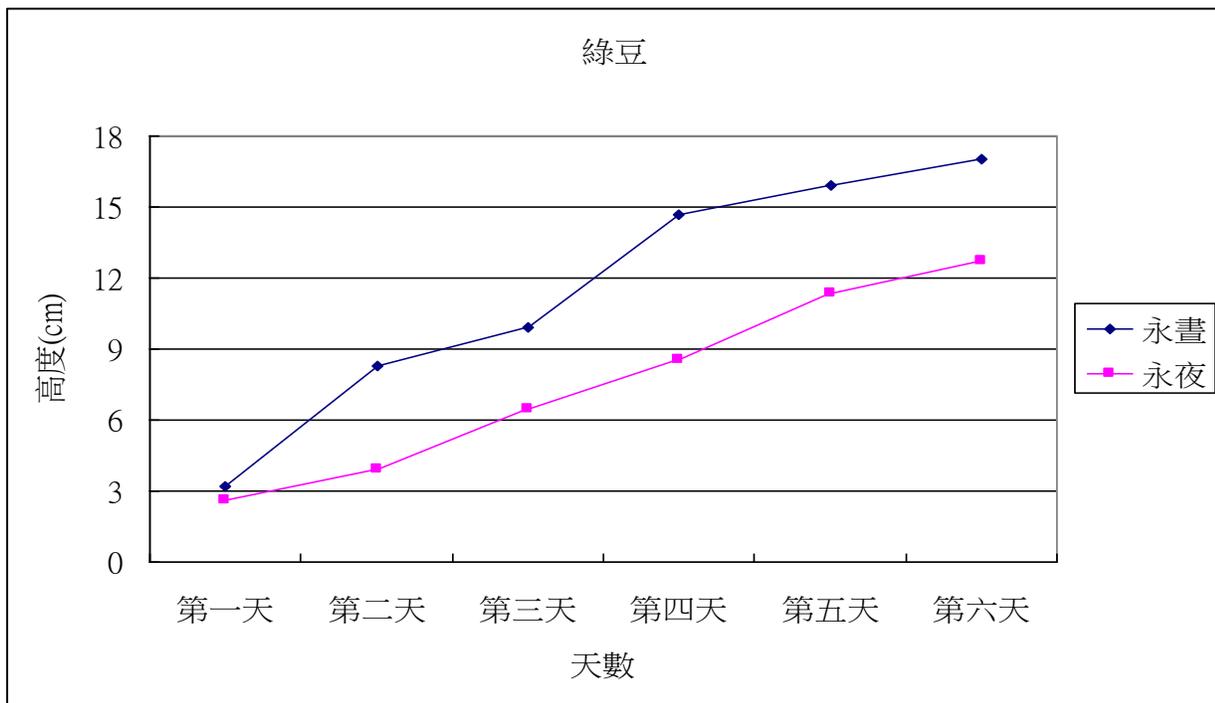
(小白菜水耕白熾燈永晝永夜)



永晝 小白菜



永夜 小白菜



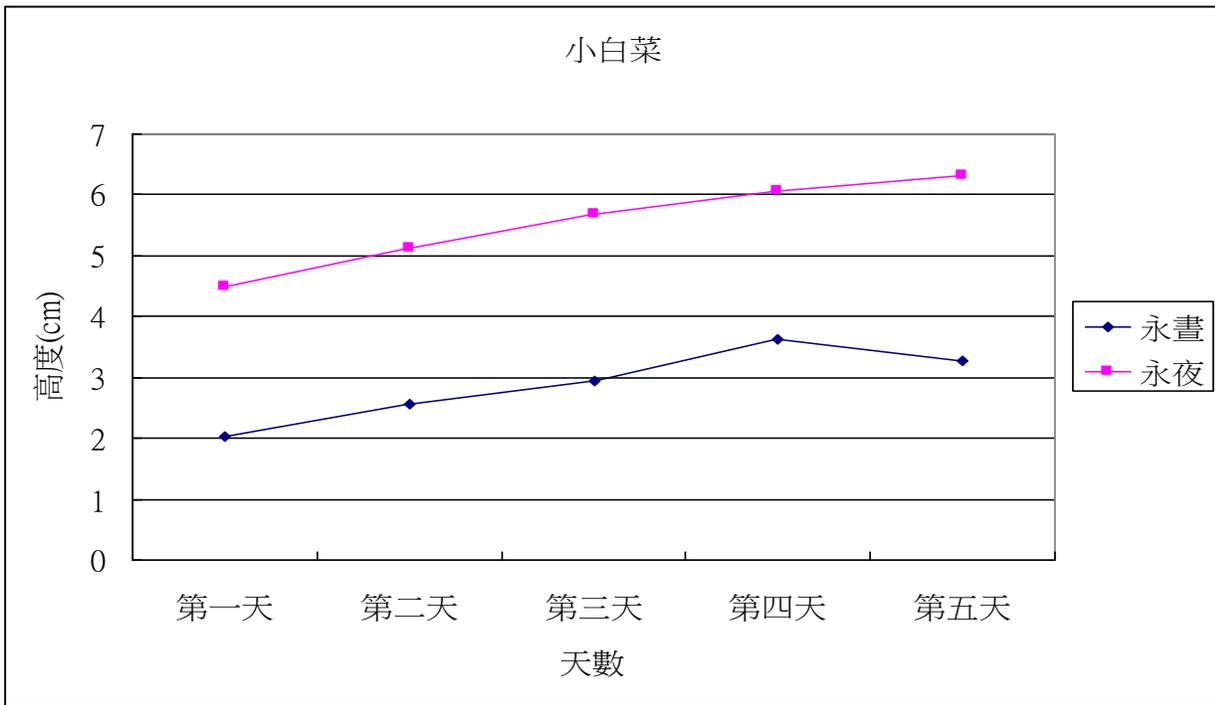
(表 13)

(綠豆水耕，白熾燈永晝永夜)



在(表 12)、(表 13)當中，及對照組永晝，從此結果可以發現:

- (1) 小白菜的生長狀況與我們的假設符合，但在綠豆的方面卻不盡相同。小白菜在永夜中生長速率較快，再永晝中生長則較慢；綠豆因為不適合水耕，所以無法得到與小白菜相同的結果。
- (2) 永夜小白菜的莖較永晝的小白菜長，且永夜的小白菜莖較細。
- (3) 永夜的小白菜葉子較小且偏黃色。
- (4) 永夜的綠豆也因缺少陽光，導致葉子泛黃。

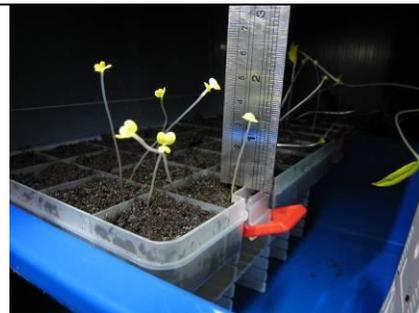


(表 14)

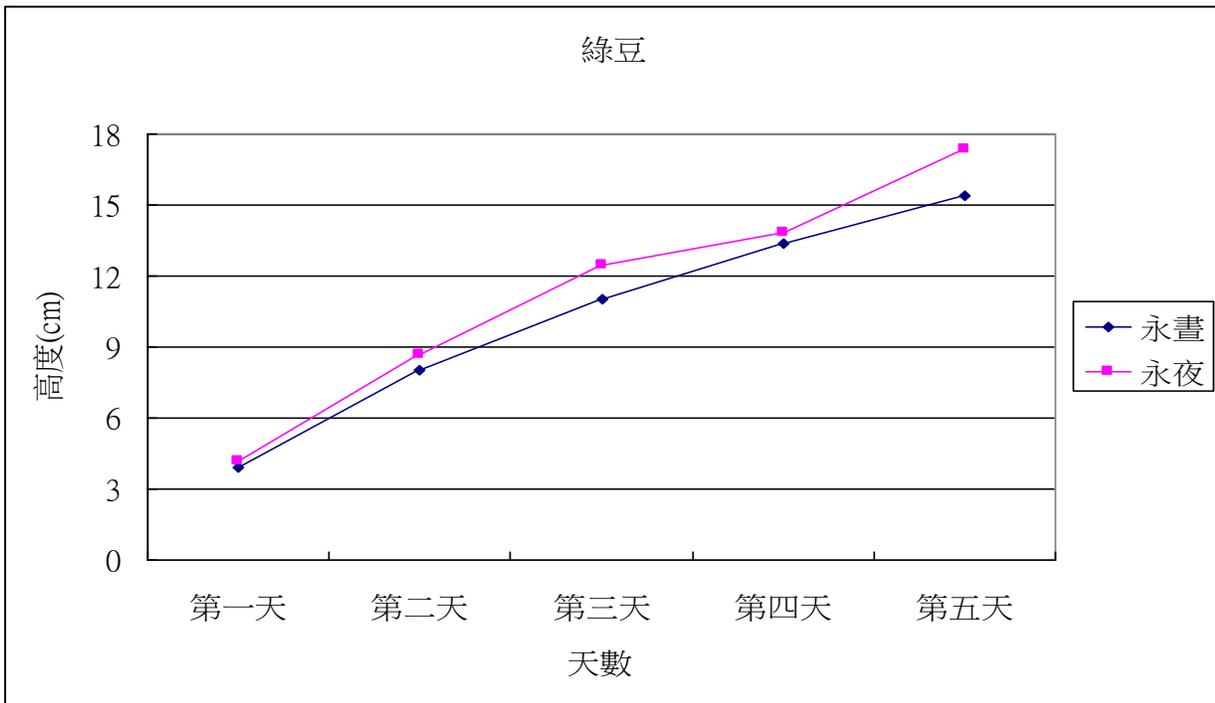
(小白菜土耕白熾燈永晝永夜)



永晝 小白菜

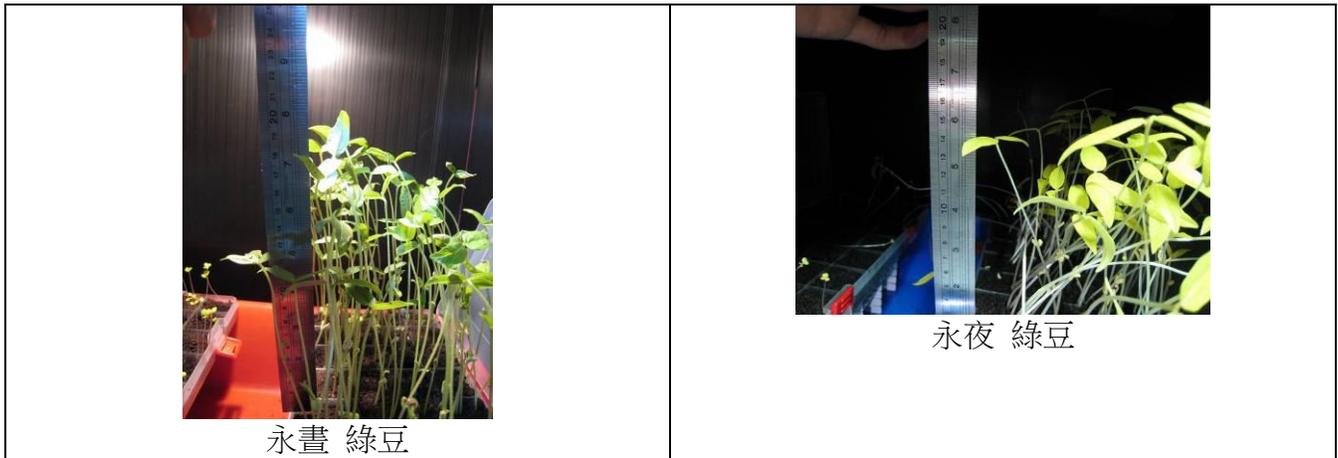


永夜 小白菜



(表 15)

(綠豆土耕白熾燈永晝永夜)



在之前以水耕種植永晝永夜的小白菜和綠豆，做出的實驗看到綠豆的永晝大於永夜，小白菜永夜依然大於永晝。因為綠豆較適合用土耕種植，所以利用土耕的結果綠豆永夜大於永晝；不過因為小白菜適合使用水耕法種植，所以可以看出小白菜兩種結果相同。

(五) 檢測蛋白質：

1 前置作業：

- (1) 用解剖剪刀剪下樣本所需的部位，如：莖、葉等。
- (2) 接著將稱量盤擺放至電子秤(最小單位：0.1mg)上歸零，再加入樣品，測量其重量。
- (3) 紀錄完成後把樣品倒入鉢中，然後加入液態氮，以冷卻植物，使其方便磨成粉。
- (4) 快速的以杵搗碎已結凍的樣品，目的在於破壞植物細胞，以取出其蛋白質，如(圖4)。
- (5) 將離心管放置電子秤上歸零，再放入粉狀的植物。測量加入植物後的離心管重量，並紀錄。
- (6) 以微量吸量管(單位： 10^{-6} 公升)吸取緩衝溶液加入離心管內，緩衝溶液有穩定 pH 值、蛋白質、抑制酵素等效用，有助於在進行後續實驗前保持蛋白質的完整性。
- (7) 用震動器使離心管內的混合物均勻分布。
- (8) 將離心管放入離心機中，平均每一對應點的重量，以免產生不同大小的離心力對離心機產生損害。能讓不溶於水中、顆粒過大的物質篩出，並黏於管壁上，再做清除。



(圖 5)

2 跑膠、電泳(特別感謝交大生物科技系暨研究所楊裕雄教授教室的徐青辰先生為考量安全性協助完成本步驟)：

第一次元跑膠(等電點、酸鹼值)

- (1) 取以Sample buffer (緩衝溶液)溶解好的樣品250 μ L，先將樣品放入holder中，再放入strip gel，確定strip gel 下無任何氣泡，最後覆蓋上0.8 ml cover oil (礦物油)，防止strip 乾掉或urea (尿素)結晶。
- (2) 使用IPGphor system (等電點電泳槽)，先以50V 電壓將strip rehydration 12小時，使strip gel 膨潤，再進行設定的program如下：

電壓	50V	500V	1000V	4000V	8000V
時間	12hr	1hr	1hr	1hr	3hr

共計時間約18個小時

※待IEF 進行結束後，將strip 以二次水清洗，以去除cover oil，若無法立即進行SDS 電泳分析，先將其放入-80 $^{\circ}$ C中保存。

第二次元跑膠(分子量)

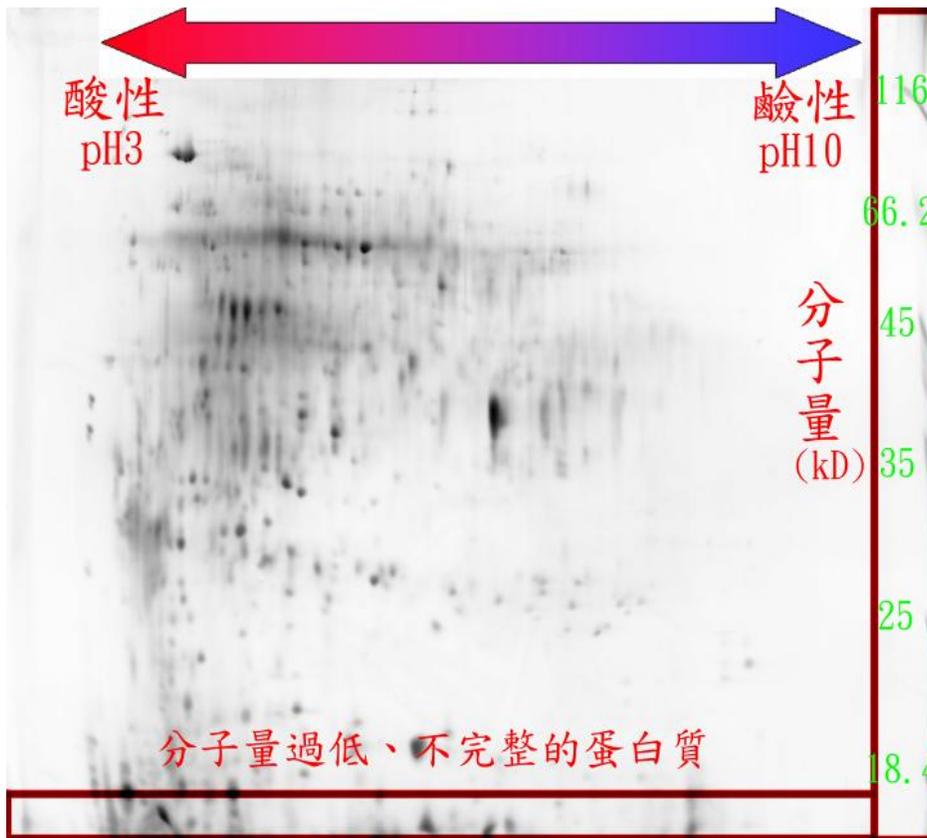
- (3) 將預先鑄好的SDS 膠片，先在膠體上層放入SDS running buffer，使strip 較好放入；strip 放入後去除strip 和SDS 膠片中間的氣泡，最後吸出running buffer 以agar (洋菜)進行封膠並使strip 固定。
- (4) 將agarose (洋菜膠)放入乾式加熱槽中溶解，吸取約1mL agarose (洋菜膠)進行封膠。
- (5) 將處理好的膠體放入電泳槽，固定電流 100 mA 進行電泳約 5.5 小時。

共計時間約 5.5 個小時

3 膠片分析：

- (1) 將膠片放入雙面掃描機，進行掃描，製作膠片的電子圖檔。每張電子圖檔上的點位置不盡相同，受到膠片大小或掃描擺放位置的影響。所以在肉眼的觀察下，不能直接將兩張照片作疊合，而是需要尋找相同的點來做比對。
- (2) 首先，要找到「一點」是兩者共同擁有的，校對彼此週遭的點，如果附近的蛋白質分佈相同，則推測為同一點，再以此點當作基準點，推估兩膠片的其他蛋白質位置。
- (3) 做膠片分析時，通常省略靠近外圍的部份，因為膠片右側 y 軸的位置，為分子量的標記，由上而下，代表分子量由大變小，此外下側 x 軸的部份，很多是蛋白質的片段，並非一完整的蛋白質，可能是因為酵素作用，蛋白酶分解到一半的蛋白質；也或者是因為此一蛋白質分子量過低所致，因此不是所有的蛋白質都能完全顯現，如(圖 6)。

4 實驗三：探討不同週期的閃爍光對十字花科植物蛋白質的影響 & 探討光的有無對十字花科植物蛋白質的影響



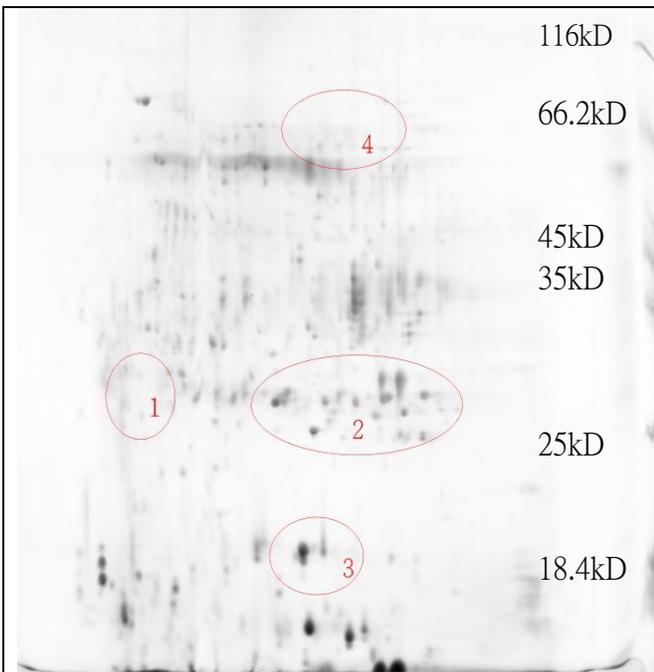
(圖 6)

縱軸代表蛋白質分子量
單位：kD(千道爾吞)

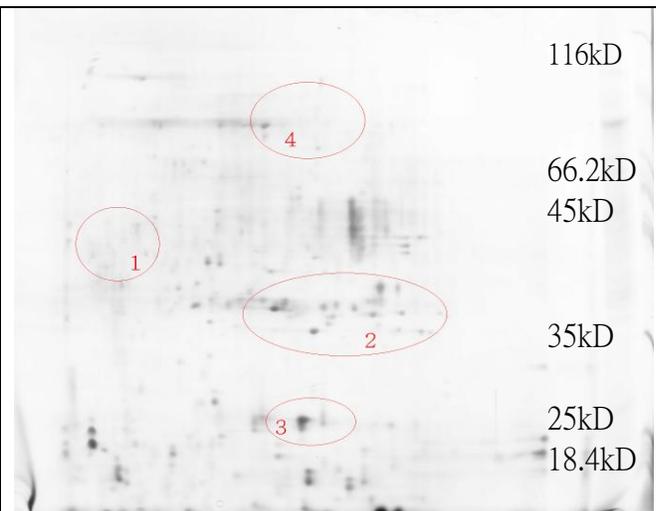
橫軸代表蛋白質的酸鹼值

現今生物學許多研究是在植物體內的分子層次。發現週期光對植物生長會有影響後，推測是不同週期的光對組成細胞的蛋白質產生了影響，為了觀察蛋白質存在與否對生長的影響，進行了二次元電泳(2D-Gel)的實驗。以觀察是否植物的生長速率不同真的和所帶有的蛋白質不同相關。

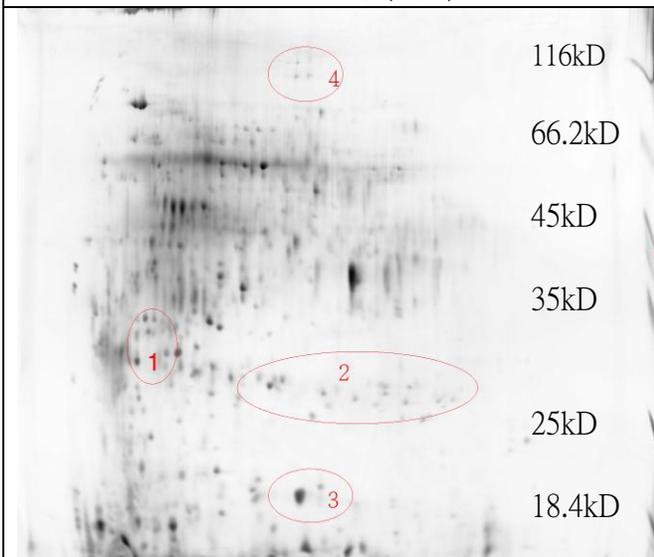
二維電泳實驗，第一維先將蛋白質依等電點酸鹼質定位；第二維則將這些等電點相同的蛋白質，依分子量往下分離。電泳後，蛋白質再經染色，顯現為小黑點，每一點代表一個蛋白質。結果清楚看到「週期光對植物的蛋白質會造成影響」。用肉眼觀察了幾個差異較大的地方，而做了以下的分析：



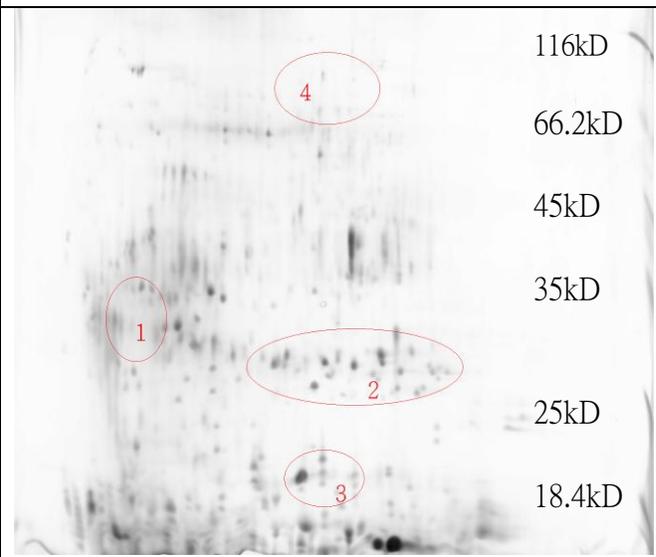
24hr 小白菜(圖 7)



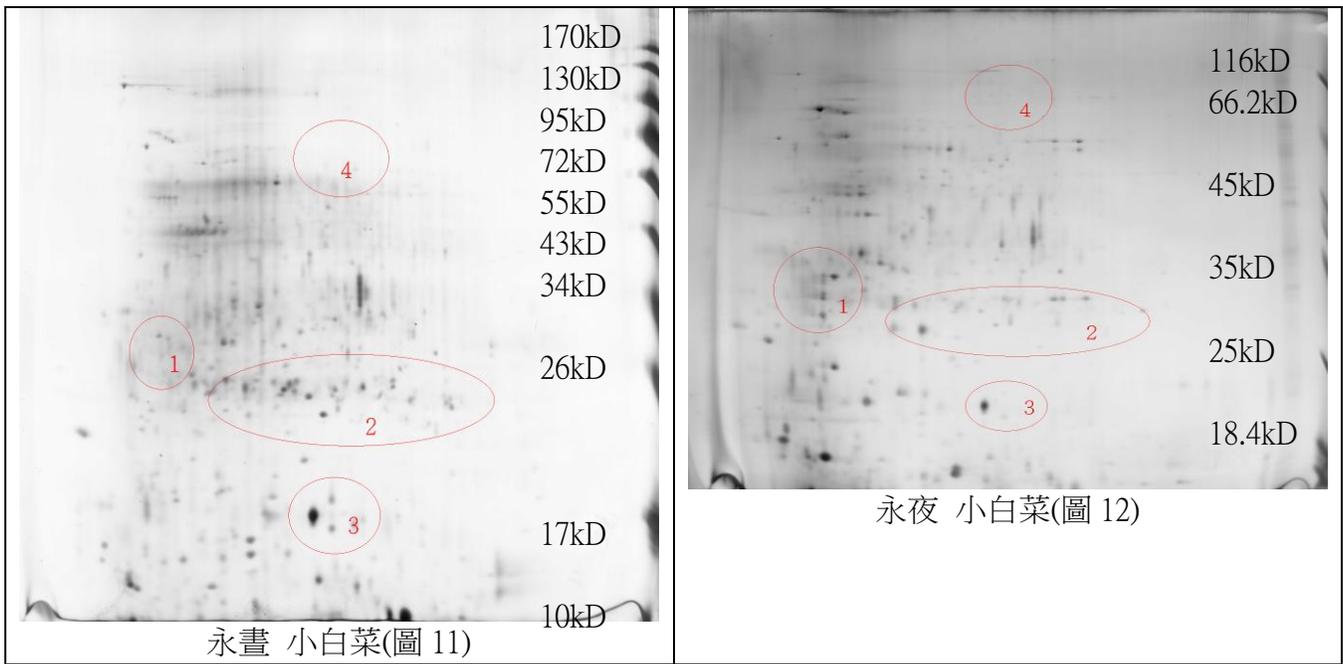
7.5min 小白菜(圖 8)



28.1sec 小白菜(圖 9)



1.75sec 小白菜(圖 10)



在進行二次元電泳的實驗當中的取樣的過程中，皆進行蛋白質定量，深淺不同是因為染色時間不同。

利用幾個比較明顯的點進行對照，開始比對電泳圖之間的差異。在圖中所標示的(區域 2)和(區域 3)，六組週期都有顯現，推測這些蛋白質是小白菜生長必須的蛋白質。

但是，生長速率較快週期為 28.1sec(圖 9)的實驗，我們發現在(區域 1)有些蛋白質，在(圖 12)的部份也有略微的顯現，但是其他四組週期都沒有顯現。推測(區域 1)的蛋白質是使植物生長較快速的蛋白質，而且出現在週期 28.1sec 或永夜的環境下。而(區域 4)中出現的四個蛋白質，只出現在週期 28.1sec 與 1.75sec，推測是在較短的週期中才能出現的蛋白質。

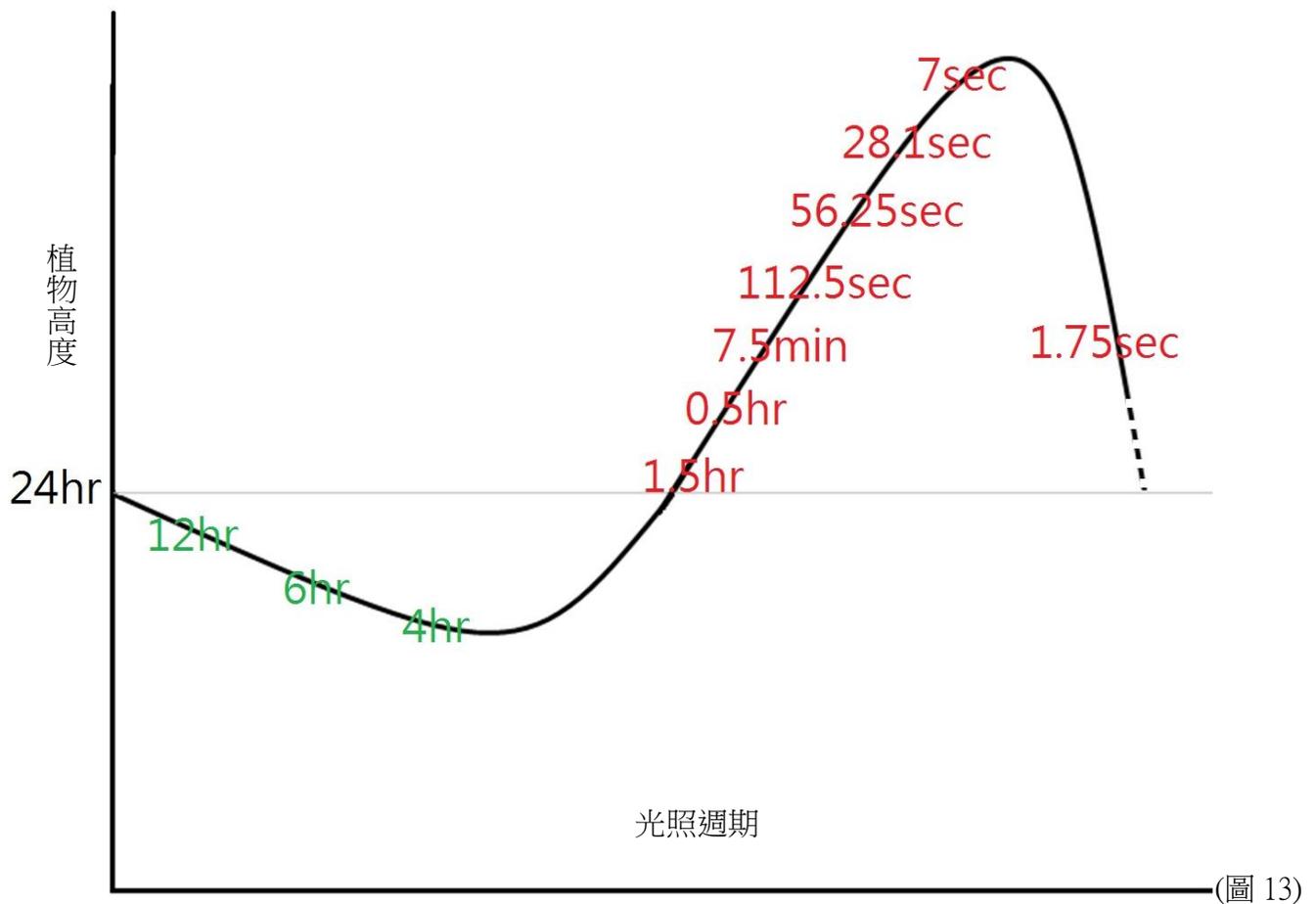
利用在圖片右方的 Marker 作為定位點，能區分蛋白質的分子量。實驗中，(區域 1)的蛋白質分子量約為 35kD 至 25kD；另外在圖上標示的(區域 4)中，發現有出現的四種蛋白質，在週期為 28.1sec 的實驗出現外，其他的實驗中都沒有顯出，而(區域 4)的蛋白質分子量約為 116kD 至 66.2kD。

在電泳圖中，看到永夜小白菜(圖 12)的結果較接近週期 28.1sec(圖 9)的結果；而週期 1.75sec(圖 10)的結果較接近永晝的結果(圖 11)。因此推測，如果再將週期 1.75sec 向下減小，其電泳結果會更加接近永晝。也預估，週期愈接近 28.1sec，會愈接近永夜的生長狀況，而使之生長加快。但是過了週期為 28.1sec 之後，會愈接近永晝的生長狀況，而抑制生長速率。

伍、討論：

一、生長高度的討論：

- (一) 永夜實驗中，小白菜和綠豆，都有葉子泛黃、莖細小等問題。因為植物無法合成葉綠素、不能與陽光行光合作用；莖的部分因為植物長期生長在無光的環境之下，大量分泌吉貝素(gibberellin 又稱激勃素)所致。
- (二) 由實驗得知，週期光對十字花科植物確實會產生影響，但並非每次的結果都符合推測，如(表 5)。不過經計算後，仍在誤差範圍內，所以可能是因為人為誤差使數據不盡相符。
- (三) 根據(表 14)可發現，有些植物生高會呈現負成長的狀況。正常狀況中，植物不應該會有負成長發生，因為我們是取平均值，所以可能會受到植物的死亡，或有新生的植物而產生負成長。不過在使用土耕、更換記錄方式後，只要對植物進行高度追蹤，確定有無負成長，這樣的狀況就可獲得解決。
- (四) 由於綠豆不適合水耕，所以在水耕(表 13)當中，無法得到永夜生長速率大於永晝。因為永晝的綠豆從光合作用生成的養分，大於永夜的綠豆從吉貝素產生的養分。但是如果使用土耕，就會得到永夜生長速率大於永晝的結果。
- (五) 小白菜的週期從 24hr 開始，生長速率隨週期縮短而逐漸變慢，直到週期 4hr。之後生長速率又隨照光週期縮短而逐漸變快，大約在週期 1.5hr 左右的地方，平均株高超過週期 24hr，一直到週期 7sec 之後生長速率下降，掉落至 1.75sec 處，但仍在週期 24hr 的平均高度之上。光照為週期 24hr 的小白菜，因位置介於永晝和永夜之間，所以推測同時具備永晝與永夜的性質，根據(圖 13)，光照週期從 4hr 開始小白菜漸漸感覺不到光源的存在，而由偏永晝的性質轉向永夜的性質。至於光照週期 7sec 開始呈現下滑，猜測主要原因是週期過小，植物開始感覺不到永晝，改由永夜的性質轉向永晝之性質。



二、蛋白質檢驗的討論：

- (一) 而(區域 4)中出現的四個蛋白質，只出現在週期 28.1sec 與 1.75sec，推測是在較短的週期中才能出現的蛋白質。推測分子量約為 116kD 至 66.2kD(千道耳吞)、pH 值約為 6 的地方。
- (二) 在永夜(圖 12)環境下生長的小白菜之跑膠結果，跟永晝(圖 11)環境下生長的小白菜之跑膠結果相較之下，在分子量 25kD~18.4kD、pH 值為 5.8 的地方，有兩點蛋白質消失；而在分子量約為 35kD、pH 值為 4.6 的地方，則明顯的多出了蛋白質。

陸、結論：

- 一、不同週期的光，確實會對十字花科的小白菜、阿拉伯芥造成生長速率的影響。
- 二、不同週期的光，對豆科的綠豆生長速率方面，並不會產生明顯影響。
- 三、不同週期的光，確實會對十字花科的小白菜、阿拉伯芥的蛋白質表現造成影響。
- 四、永夜和永晝環境中，小白菜在永夜環境下生長速率大於永晝，證明是黑暗促使植物的生長。但永夜葉子較黃、莖較細。
- 五、在電泳實驗中，成功顯現出蛋白質的有：週期 24hr、7.5min、28.1sec、1.75sec 及永晝、永夜等六組。六組中生長速率最高的永夜和週期 28.1sec 的小白菜，在蛋白質膠片分析中，發現有其他組沒有之蛋白質。所以推測這些蛋白質就是促使小白菜生長速率加快的蛋白質。

六、根據蛋白質分析結果，週期 28.1sec 的蛋白質分佈類似於永夜的蛋白質分佈，週期 1.75sec 蛋白質分佈與永晝小白菜較為相同。

柒、延伸與應用：

現今的生物學界，常用果蠅來做實驗。因為果蠅是模式生物，可以明確得知何處蛋白質受影響及其用途。所以希望能夠將此結果應用到果蠅上，以了解「不同週期的光對動物生長速率的影響」。在阿拉伯芥上有一個叫作 **Cryptochrome**(隱花色素)的蛋白質，能控制植物生理週期。也許在小白菜內也有類似的蛋白質，能夠受不同週期的光觸發而改變生理週期。在永晝與永夜的實驗中，推測是生長激素增加了生長速率。而吉貝素在黑暗中分泌量較多，且可促進細胞增長、取代部分的生理作用，所以推測，吉貝素是使植物在黑暗中生長速率加快的主因。

捌、參考資料及其他：

- 一、STATIC MAGNETIC FIELD INFLUENCE ON SOME PLANT GROWTH (Received December 21, 2004)
- 二、Magnetic-field effect on the photoactivation reaction of Escherichia coli DNA photolyase (Received September 23, 2008)
- 三、Cryptochrome mediates light-dependent magnetosensitivity in Drosophila (Received August 21, 2008)
- 四、《圖解電子迴路》稻見辰夫、陳蒼杰；世茂出版社
- 五、《無接點自動控制》
- 六、CD4060—Datasheet
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/26883/TI/CD4060BE.html>
- 七、維基百科—蛋白質 Cryptochrome
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cryptochrome>
- 八、二次元電泳
<http://juang.bst.ntu.edu.tw/ECX/AnaX.htm#>
- 九、二次元電泳染色方法
http://juang.bst.ntu.edu.tw/Protein/proteomics/2DE_protocol.htm
- 十、膠片照片(圖 6)
徐青辰提供
- 十一、維基百科—激勃素、吉貝素
<http://life.nthu.edu.tw/~lsly/phy/pd3.htm>

【評語】 030306

此研究以小白菜為材料探討光的週期對植物生長的影響，其結果發現週期 7 秒的光照對小白菜的生長最快。此團隊尚比較光照週期對十字花科及豆科植物的差別，發現十字花科較為明顯。此發現相當有趣，但思考其生理意義此團隊尚利用 2D 電泳分析蛋白質的差異，應為相當有潛力的研究團隊。