

第五屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA5-019

作品名稱：「蓮」「環」密碼—環境因子對
蓮花效應的影響

姓名：施靜慧

關鍵字：蓮花效應、環境因子、基因調控

壹、摘要

蓮花效應是指蓮葉表面具有奈米纖毛結構，因此只要葉面稍微傾斜，水珠就會滾離葉面，在我們生活週遭，許多植物具有蓮花效應。本實驗選擇彩葉山漆莖作為研究材料，因為我們發現在同一植株上，嫩葉的蓮花效應最佳，而老葉幾乎無蓮花效應。

當彩葉山漆莖的新葉轉為老葉，蓮花效應會減弱，甚至消失。我們以不同水量、土壤酸鹼值及光照作為變因，來探討蓮花效應改變的原因，結果發現水量並非主要影響蓮花效應改變的變因；土壤過酸或過鹼，會減弱新葉及嫩葉的蓮花效應；置於暗室則使整株彩葉山漆莖所有葉面皆無蓮花效應。

許多植物的性狀，在老化或面臨環境改變時，會將控制性狀的基因開啓或關閉。因此，我們推論，當環境因子改變時，植物的蓮花效應可能是經由基因層次的調控，藉以增強或減弱此性狀的表現。如果不是基因的開啓或關閉，則有可能僅是葉表面的結構發生些微的改變，真正詳細的機制仍有待進一步的確認。

貳、研究動機

蓮花出淤泥而不染，然而，更吸引我們注意的是，蓮葉像是不沾鍋一樣，水珠竟然不會附著在葉面上，這與其他的植物很不一樣，我們卻不知道這樣的現象是如何造成的。在高一時，學校舉辦「科學月」的活動，在演講中，教授介紹了「蓮花效應」，解答了我們對蓮葉的疑惑。

蓮花效應是指蓮葉表面具有超疏水（superhydrophobicity）以及自潔（self-cleaning）的特性，因其葉面具有奈米纖毛結構，因此造成水與葉面的接觸角（contact angle）會大於 140 度，只要葉面稍微傾斜，水珠就會滾離葉面。因此經過一場傾盆大雨，蓮葉的表面仍能保持乾燥，且滾動的水珠會把葉面的灰塵污泥顆粒一起帶走，因此蓮花能出淤泥而不染。（徐。2002）

基於對蓮花效應的好奇及興趣，我們測試了多種植物的葉面，發現其實在我們生活週遭也有許多植物具有蓮花效應。其中，令我們驚訝的是，我們測試的其中一種植物—彩葉山漆莖，在同一植株上，嫩葉蓮花效應最佳，而老葉幾乎無蓮花效應。對於這個奇妙的現象，我們做了一個推論：蓮花效應可能經由基因調控，當老葉因即將面臨落葉而為了維持生命，會將調控蓮花效應的基因關閉，造成蓮花效應漸漸消失。

在自然環境中，水、光照及土壤酸鹼值是維持植物生長的重要因素，我們藉著控制這三項變因，觀察彩葉山漆莖在面臨惡劣環境下，蓮花效應是否會減弱，以間接驗證我們的推論。

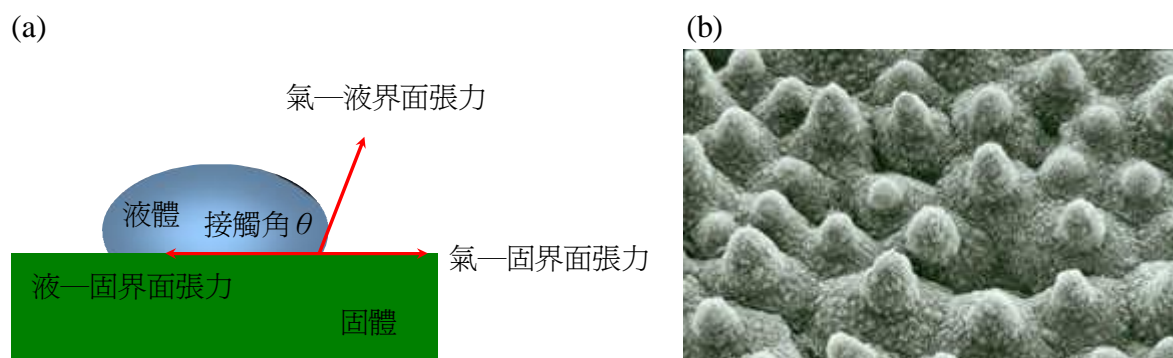
參、文獻探討

1997 年德國教授巴斯洛得（W. Barthlott）觀察赫蕉、倪藤、玉蘭、林山毛櫸、蓮花、芋、甘藍及 *Mutisia decurrens* 等八種植物的葉面灰塵粒子殘留的狀況。

實驗發現，前四種植物之葉面殘留的污染物高達 40% 以上；而蓮花等後四種植物，污染物殘餘的比例皆小於 5%，進而發現了蓮花的疏水性與自我潔淨的關係，因此創造了「蓮花效應」(Lotus effect) 一詞(1)。

當液體潤濕固體表面時，原本氣-固的界面被液-固的界面所取代，而氣-固與液-固之界面張力的差，稱之為「濕潤張力」。當氣-固的界面張力大於液-固的界面張力時，也就是固體和液體間的吸引力大於固體和氣體間的吸引力時，固體和氣體間的界面張力會將液-固界面拉伸。換句話說，被濕潤的固體表面有較低的界面張力，因此液體會固體表面擴張。當液體滴在固體表面上時，固體表面和液滴切線的夾角，就是所謂的接觸角。而濕潤張力和接觸角的關係，可以用楊格方程式(Young's equation)：氣-固界面張力 - 液-固界面張力的 = 氣-液界面張力 × 接觸角的餘弦函數。考慮兩種極端的情形，當接觸角為 0 度時，表示液體能完全的濕潤於固體表面；當接觸角為 180 度時，代表液體完全不能濕潤於固體表面(圖一(a))。利用水在八種植物的葉子上做接觸角的分析實驗，結果發現，赫蕉、倪藤、玉蘭、林山毛櫸等植物的接觸角介於 28~72 度，而蓮花、芋、甘藍及 *Mutisiadecurrens* 等植物，接觸角介於 130~160 度之間。水滴在蓮葉表面的接觸角很大，代表蓮葉與空氣間的界面張力很低，水滴不易濕潤其表面(1, 2)。

由掃描式電子顯微鏡觀察這八種植物葉子表面發現，接觸角小於 100 度的葉子，表面較為平坦，而接觸角大於 130 度的葉子，葉面上除了大的突出物外，還有一些類似纖毛的結構，這些纖毛結構的尺寸約 100~200 奈米(nm)左右，而這些奈米結構便是造成蓮花效應的主要因素(圖一(b))(1)。



圖一、(a)接觸角示意圖；(b)蓮葉面上的奈米結構。

(圖片引自 http://www.nees.uni-bonn.de/lotus/en/lotus_effect_html.html)

肆、研究目的

一、量化蓮花效應

- (一) 水珠在不同植物葉面上的角度
- (二) 水珠在彩葉山漆莖新葉及老葉葉面上的角度

- 二、水量對彩葉山漆莖蓮花效應的影響
- (一) 水量適中對蓮花效應的影響
 - (二) 水量過多對蓮花效應的影響
 - (三) 水量過少對蓮花效應的影響
 - (四) 不同水量對新葉蓮花效應的影響
 - (五) 不同水量對嫩葉蓮花效應的影響
 - (六) 不同水量對老葉蓮花效應的影響

- 三、土壤酸鹼值對彩葉山漆莖蓮花效應的影響
- (一) 土壤酸鹼值約 7 對蓮花效應的影響
 - (二) 土壤酸鹼值約 5 對蓮花效應的影響
 - (三) 土壤酸鹼值約 9 對蓮花效應的影響
 - (四) 不同土壤酸鹼值對新葉蓮花效應的影響
 - (五) 不同土壤酸鹼值對嫩葉蓮花效應的影響
 - (六) 不同土壤酸鹼值對老葉蓮花效應的影響

- 四、光照對彩葉山漆莖蓮花效應的影響
- (一) 正常光照對蓮花效應的影響
 - (二) 每日 24 小時光照對蓮花效應的影響
 - (三) 置於暗室對蓮花效應的影響
 - (四) 不同光照對新葉蓮花效應的影響
 - (五) 不同光照對嫩葉蓮花效應的影響
 - (六) 不同光照對老葉蓮花效應的影響

伍、研究設備與材料

生物器材	數量
彩葉山漆莖	27 株
化學器材	數量
硫磺粉 (S)	
熟石灰 (Ca(OH) ₂)	
其他器材	數量
微量分注器 (Pipette)	2 支
酸鹼計	1 臺
相機	1 臺
培養土	0 克
塑膠桶 (盆底為密封)	9 盆

花盆	18 盆
載玻片	1 片
黃色膠帶	1 捆
白色膠帶	1 捆
量杯	1 個
檯燈 (60 W)	3 盞

陸、研究方法

一、量化蓮花效應

(一) 水珠在不同植物葉面上的角度

摘取八種不同植物葉子，分別為：姑婆芋、蓮花、豔紫荊、變葉木、黑板樹、桂花、石蓮、馬櫻丹。拍下各種植物葉片原貌並將其物理性質加以記錄。

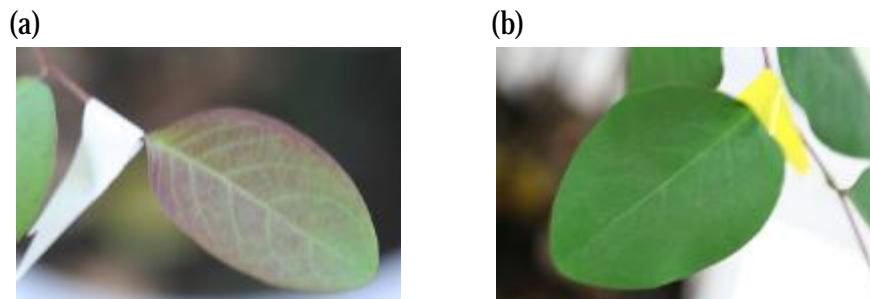
以滴管滴水在葉面，將葉面稍微傾斜，若水珠從葉面上滾落，則判定其有蓮花效應。再以微量分注器 (Pipette) 吸取 $30\ \mu\text{l}$ 滴在葉面上，固定相機光圈 2.2，鏡頭距葉面上的水珠 30 公分，並調整適當焦距拍照，照片在電腦上利用 PhotoshopCS 畫出其切線角度，以量化蓮花效應。每種植物至少拍三張，以求取平均值及標準差。

(二) 水珠在彩葉山漆莖新葉及老葉葉面上的角度

彩葉山漆莖的新葉有明顯的粉紅色斑，老葉則轉為綠色或不規則乳白色斑紋鑲嵌(3)。我們以此方式來區分新葉及老葉，並拍照以量化蓮花效應。每個葉片至少拍三張，以求取平均值及標準差。

二、水量對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

在實驗進行前，我們以白色膠帶標記三片「新葉」(圖二(a))，以黃色膠帶標記三片「老葉」(圖二(b))，拍照以量化蓮花效應，並在膠帶上將標記的老葉及新葉編號，以便追蹤觀察。在實驗處理後的第二週及第四週，拍照追蹤已標記的新、老葉其蓮花效應的改變，再另外選取三片莖頂新長的「嫩葉」拍照。本實驗以水量為控制變因，因此以底部密封的塑膠桶取代花盆，避免多餘的水分由盆底流失。

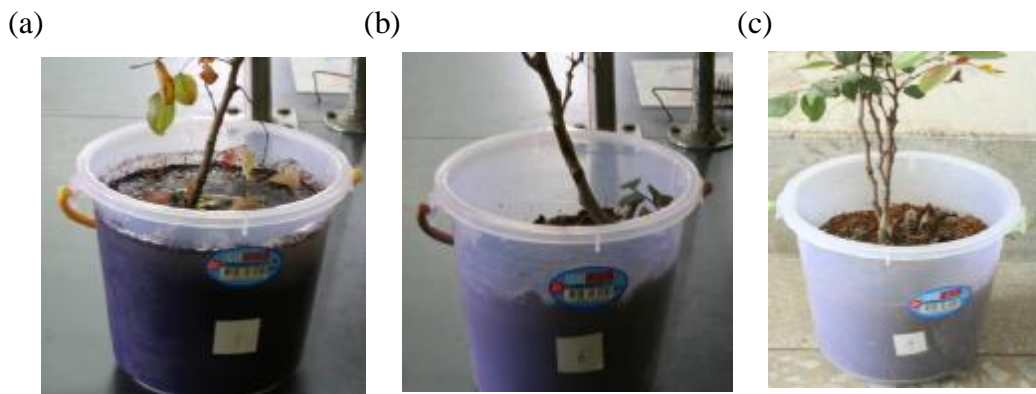


圖二、(a) 白色膠帶標記新葉，新葉有明顯的粉紅色斑；(b) 黃色膠帶標記老葉。

(一) 水量適中對蓮花效應的影響 (圖三(b))

1~3 組每 12 天澆水 200ml，將其放置室外通風處。

- (二) 水量過多對蓮花效應的影響 (圖三(a))
4~6 組每 6 天澆水 200ml，將其放置室外通風處。
- (三) 水量過少對蓮花效應的影響 (圖三(c))
7~9 組每 28 天澆水 200ml，將其放置室外通風處。
- (四) 不同水量對新葉蓮花效應的影響
取 1~9 組的新葉分析比較。
- (五) 不同水量對嫩葉蓮花效應的影響
取 1~9 組的嫩葉分析比較。
- (六) 不同水量對老葉蓮花效應的影響
取 1~9 組的老葉分析比較。



圖三、(a) 水量過多；(b) 水量適中；(c) 水量過少。

三、土壤酸鹼值對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

在實驗進行前，我們以白色膠帶標記三片「新葉」，以黃色膠帶標記三片「老葉」，拍照以量化蓮花效應，並在膠帶上將標記的老葉及新葉編號，以便追蹤觀察。在實驗處理後的第二週及第四週，拍照追蹤已標記的新、老葉其蓮花效應的改變，再另外選取三片莖頂新長的「嫩葉」拍照。

- (一) 土壤酸鹼值約 7 對蓮花效應的影響
1~3 組每 6 天澆水 200ml，放置室外通風處。取 50 克土壤溶於 50 毫升水中，以酸鹼計測得土壤酸鹼值約為 7。
- (二) 土壤酸鹼值約 5 對蓮花效應的影響
4~6 組每 6 天澆水 200ml，並於水中加入 0.1 克硫粉，放置室外通風處。取 50 克土壤溶於 50 毫升水中，以酸鹼計測得土壤酸鹼值約為 5。
- (三) 土壤酸鹼值約 9 對蓮花效應的影響
7~9 組每 6 天澆水 200ml，並於水中加入 0.1 克熟石灰，放置室外通風處。取 50 克土壤溶於 50 毫升水中，以酸鹼計測得土壤酸鹼值約為 9。
- (四) 不同土壤酸鹼值對新葉蓮花效應的影響
取 1~9 組的新葉分析比較。
- (五) 不同土壤酸鹼值對嫩葉蓮花效應的影響
取 1~9 組的嫩葉分析比較。

(六) 不同土壤酸鹼值對老葉蓮花效應的影響

取 1~9 組的老葉分析比較。

四、光照對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

在實驗進行前，我們以白色膠帶標記三片「新葉」，以黃色膠帶標記三片「老葉」，拍照以量化蓮花效應，並在膠帶上將標記的老葉及新葉編號，以便追蹤觀察。在實驗處理後的第二週及第四週，拍照追蹤已標記的新、老葉其蓮花效應的改變，再另外選取三片莖頂新長的「嫩葉」拍照。

(一) 正常光照對蓮花效應的影響

將 1~3 組放置室外，讓其生長於自然光照，每日照光約 12 小時，每 6 天澆水 200ml。

(二) 每日 24 小時光照對蓮花效應的影響

將 4~6 組置於室內通風處，並設定檯燈 (60 W) 每日照光 24 小時，檯燈距離植株 60 公分，每 6 天澆水 200ml。

(三) 置於暗室對蓮花效應的影響

將 7~9 組 24 小時皆放置通風暗室，每 6 天澆水 200ml。

(四) 不同光照對新葉蓮花效應的影響

取 1~9 組的新葉分析比較。

(五) 不同光照對嫩葉蓮花效應的影響

取 1~9 組的嫩葉分析比較。

(六) 不同光照對老葉蓮花效應的影響

取 1~9 組的老葉分析比較。

柒、研究結果

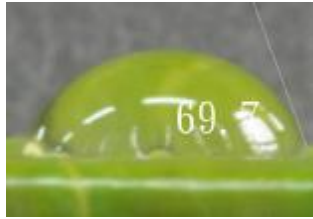


一、量化蓮花效應

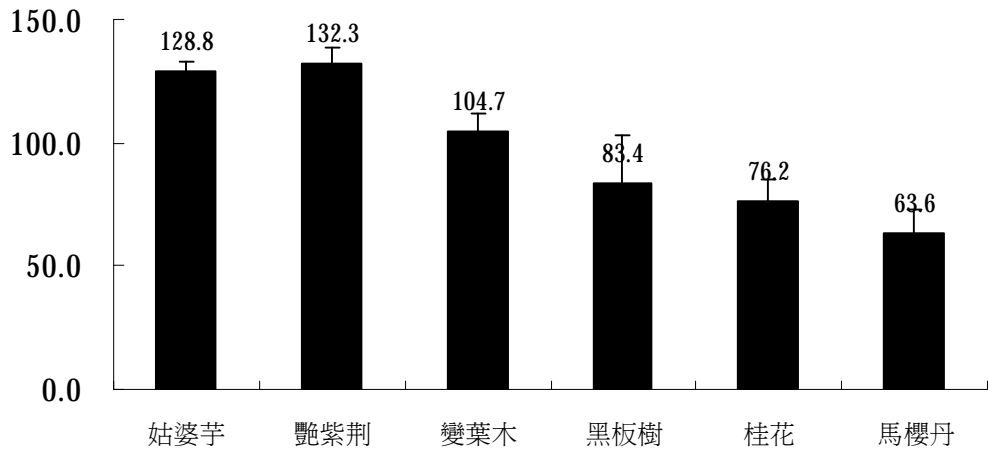
(一) 水珠在不同植物葉面上的角度

有蓮花效應的為姑婆芋、豔紫荊、變葉木，水珠與葉面的接觸角介於 104.7~132.3 度；而無蓮花效應的是黑板樹、桂花、馬櫻丹，水珠與葉面的接觸角介於 63.6~83.4 度之間 (表一、圖四)。

表一、水珠在六種植物葉面的接觸角。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

		
姑婆芋	豔紫荊	變葉木
128.8±4.3	132.3±6.2	104.7±7.2

		
黑板樹	桂花	馬櫻丹
83.4±19.3	76.2±8.6	63.6±9.6





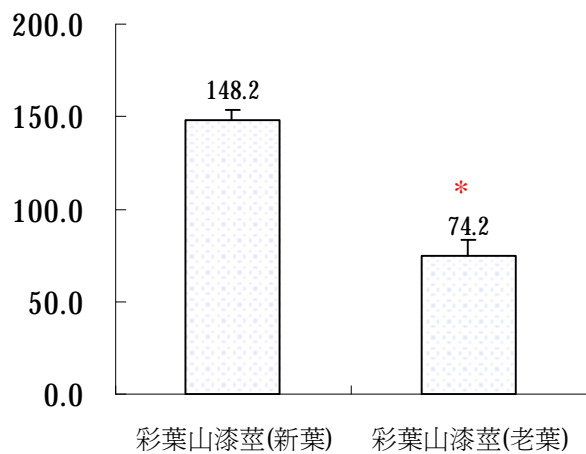
圖四、水珠在不同植物葉面的接觸角。所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。

(二) 水珠在彩葉山漆莖新葉及老葉葉面上的角度

水珠在彩葉山漆莖新葉上的接觸角大，表示其蓮花效應佳；而老葉的接觸角顯著降低 ($p < 0.05$)，蓮花效應不明顯(表二、圖五)。

表二、水珠在彩葉山漆莖新葉及老葉葉面上的接觸角。所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。以 T-test 統計分析，標有*為老葉與新葉具顯著差異 ($p < 0.05$)。

彩葉山漆莖新葉	彩葉山漆莖老葉
	
148.2±5.4	74.2±9.1 (*)

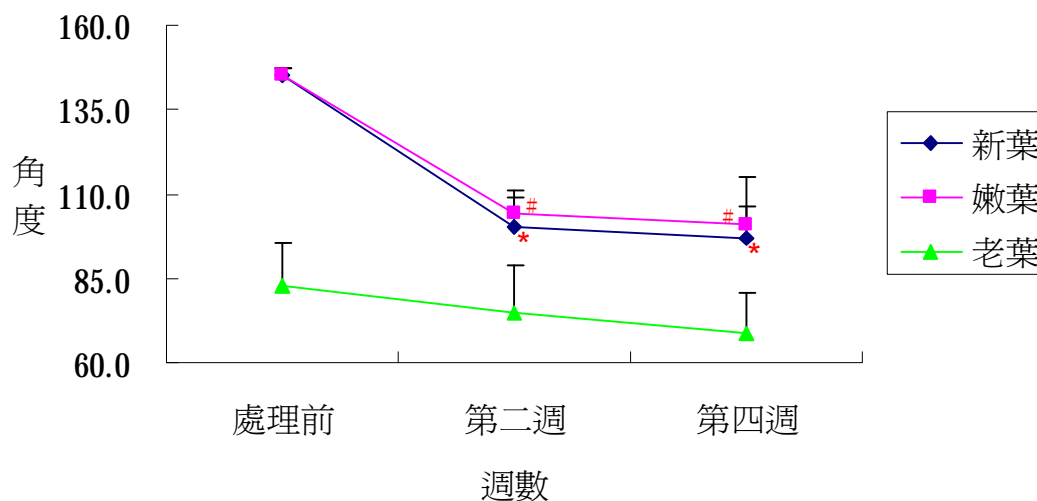


圖五、水珠在彩葉山漆莖新葉及老葉葉面上的接觸角。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為老葉與新葉具顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

二、水量對蓮花效應的影響

（一）水量適中對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

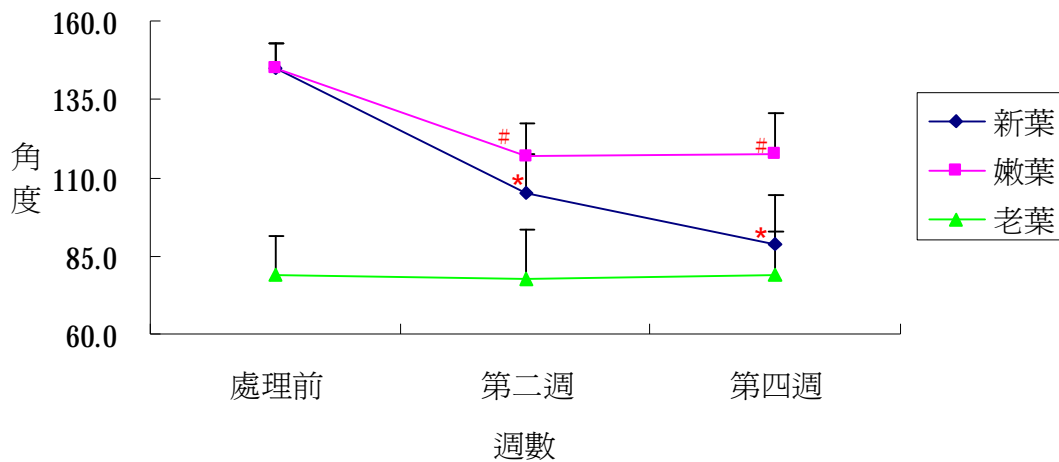
新葉與嫩葉在第二週及第四週接觸角顯著下降（ $p < 0.05$ ），老葉接觸角則無顯著差異（附錄表三、圖六）。



圖六、每十二天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

（二）水量過多對蓮花效應的影響

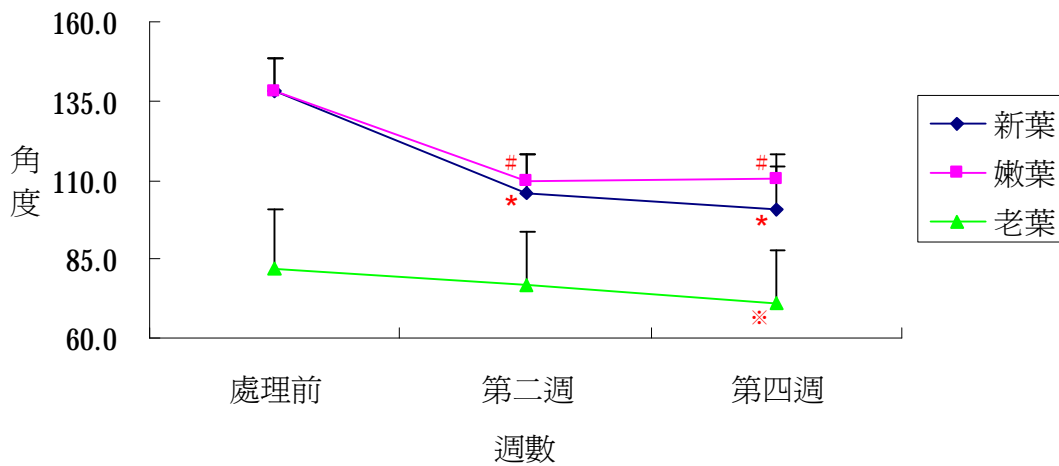
新葉與嫩葉在第二週及第四週接觸角顯著下降（ $p < 0.05$ ），老葉接觸角則無顯著差異（附錄表四、圖七）。



圖七、每六天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

(三) 水量過少對蓮花效應的影響

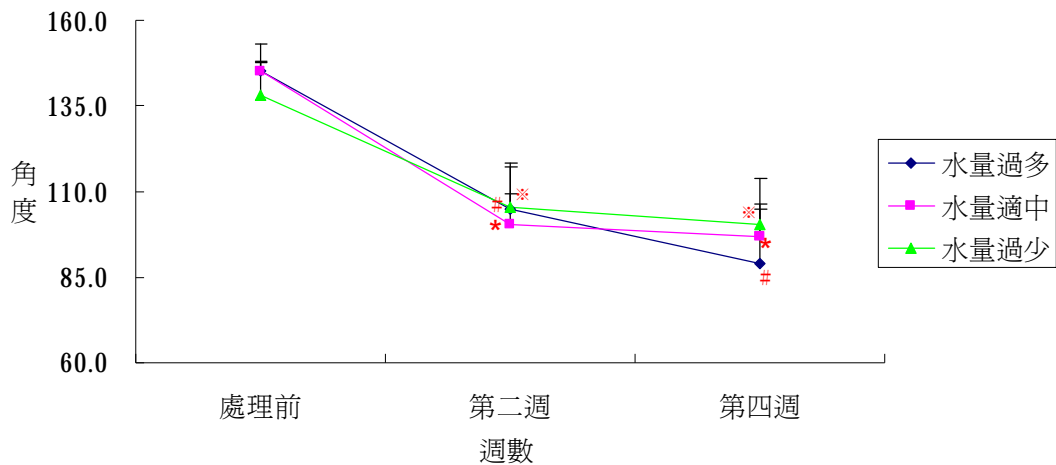
新葉與嫩葉在第二週及第四週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)，老葉第四週接觸角也顯著下降 ($p < 0.05$) (附錄表五、圖八)。



圖八、每二十四天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

(四) 不同水量對新葉蓮花效應的影響

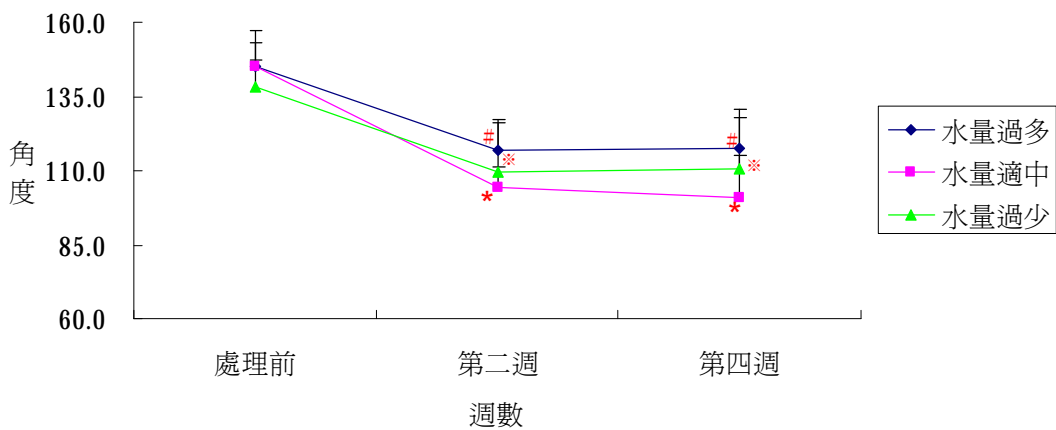
新葉水量適中、水量過多與水量過少的接觸角皆在第二週及第四週顯著下降 ($p < 0.05$) (附錄表六、圖九)。



圖九、每隔六天、十二天、二十四天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉葉面上的角度變化。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

(五) 不同水量對嫩葉蓮花效應的影響

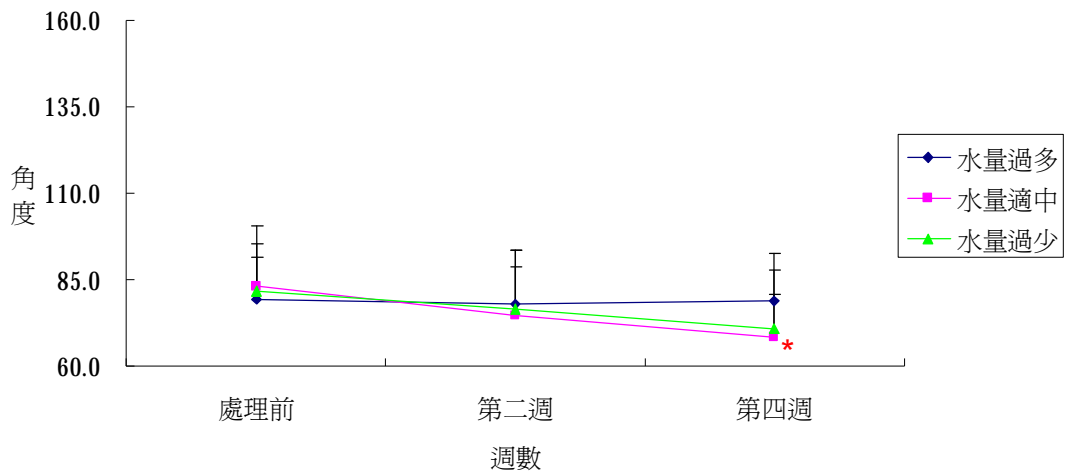
嫩葉水量適中、水量過多與水量過少的接觸角皆在第二週及第四週顯著下降 ($p < 0.05$) (附錄表七、圖十)。



圖十、以每隔六天、十二天、二十四天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在嫩葉葉面上的角度變化。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

(六) 不同水量對老葉蓮花效應的影響

老葉水量過多與水量過少的接觸角無顯著差異；水量適中的接觸角則在第四週有顯著下降 ($p < 0.05$) (附錄表八、圖十一)。

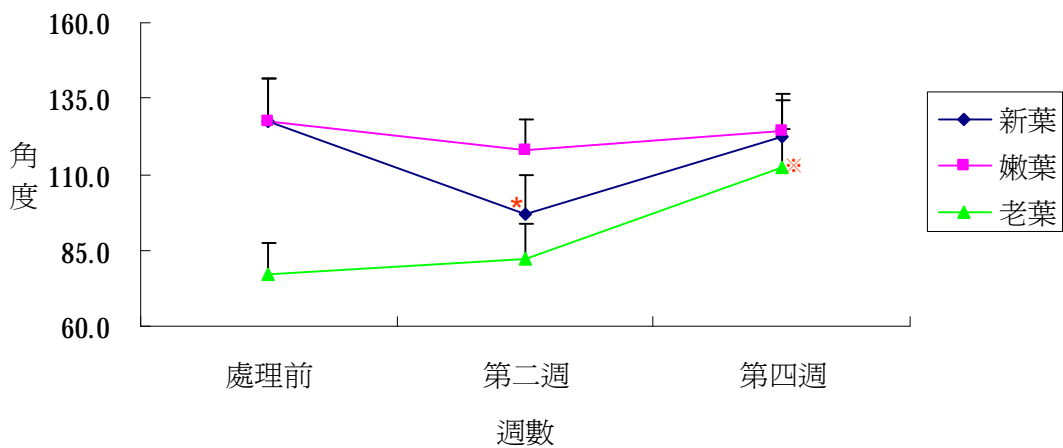


圖十一、以每隔六天、十二天、二十四天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

三、土壤酸鹼值對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

(一) 土壤酸鹼值約 7 對蓮花效應的影響

新葉在第二週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)，第四週接觸角又回升，嫩葉接觸角則無顯著差異，老葉在第四週接觸角顯著上升 ($p < 0.05$) (附錄表九、圖十二)。

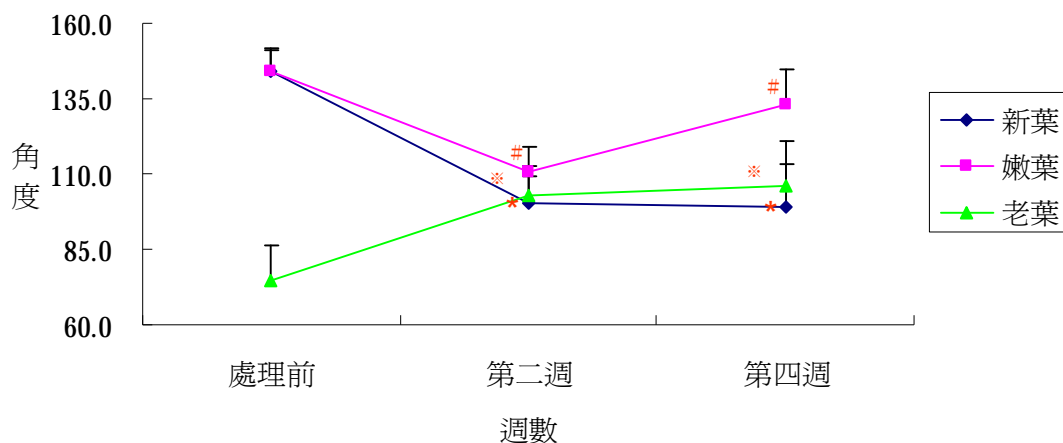


圖十二、每六天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

(二) 土壤酸鹼值約 5 對蓮花效應的影響

新葉與嫩葉在第二週及第四週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)，且新葉與嫩葉第二週接觸角皆比第四週低，老葉在第二週與第四週接觸角則顯著上升

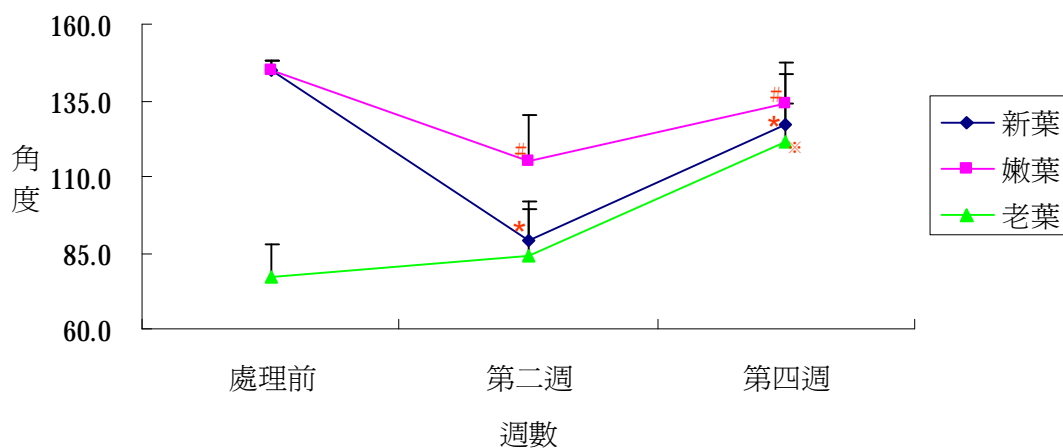
($p < 0.05$) (附錄表十、圖十三)。



圖十三、每六天澆 0.1 克硫粉+水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

(三) 土壤酸鹼值約 9 對蓮花效應的影響

新葉與嫩葉在第二週與第四週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)，且新葉與嫩葉第二週接觸角皆低於第四週，老葉在第四週時顯著上升 ($p < 0.05$) (附錄表十一、圖十四)。

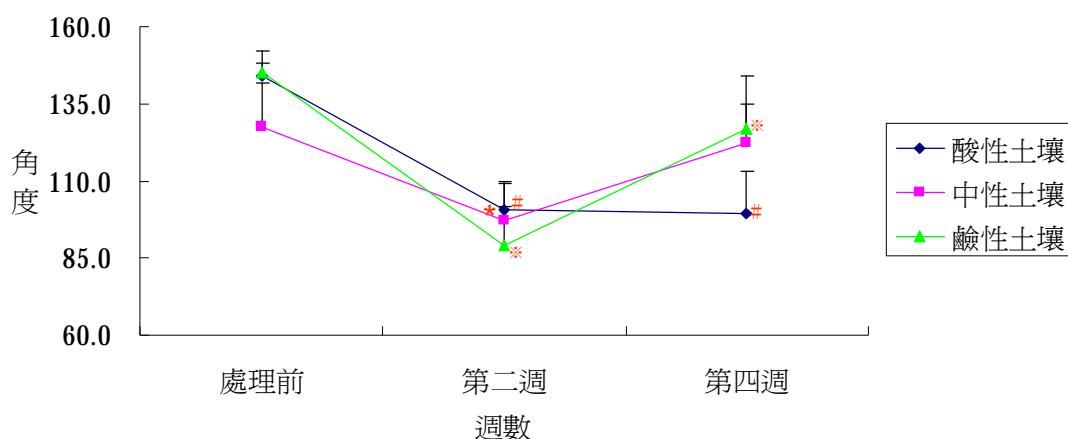


圖十四、每六天澆 0.1 克熟石灰+水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

(四) 不同土壤酸鹼值對新葉蓮花效應的影響

新葉在中性土壤第二週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)；酸性土壤第二週及第四週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)；鹼性土壤在第二週及第四週接觸角皆顯

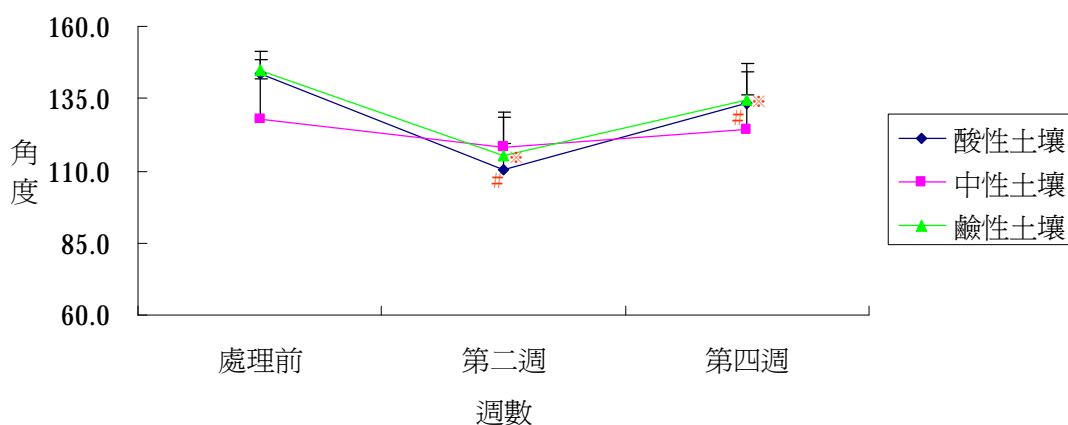
著下降 ($p < 0.05$)。中性及鹼性土讓第二週接觸角皆低於第四週 (附錄表十二、圖十四)。



圖十五、每六天澆水、0.1 克硫粉+水、0.1 克熟石灰+水各 200ml 連續處理四週，水珠在新葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示

(五) 不同土壤酸鹼值對嫩葉蓮花效應的影響

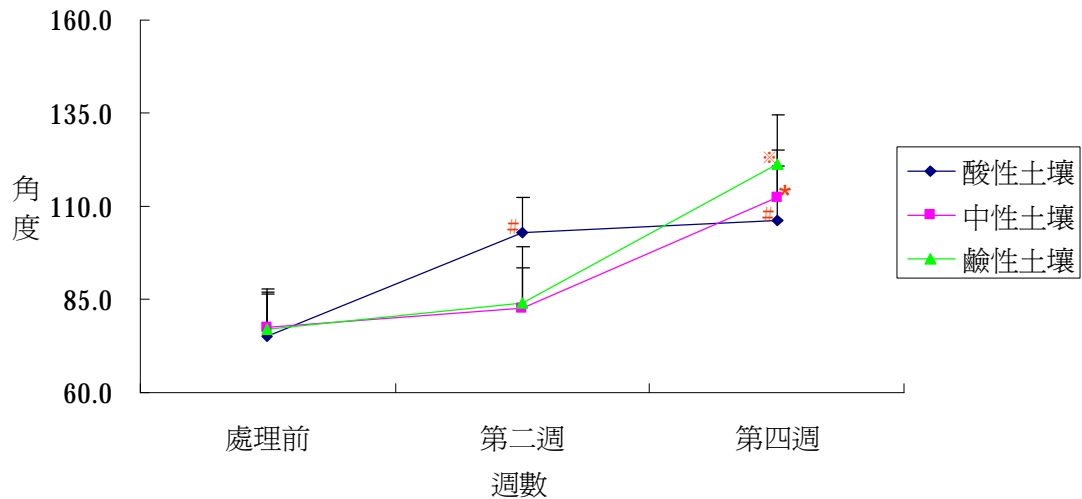
嫩葉在中性土壤接觸角無顯著變化；酸性與鹼性土壤第二週及第四週接觸角皆顯著下降 ($p < 0.05$)。酸性及鹼性土讓第二週接觸角皆低於第四週 (附錄表十三、圖十六)。



圖十六、每六天澆水、0.1 克硫粉+水、0.1 克熟石灰+水各 200ml 連續處理四週，水珠在嫩葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

(六) 不同土壤酸鹼值對老葉蓮花效應的影響

中性與鹼性土壤第四週接觸角顯著上升 ($p < 0.05$)；酸性土壤第二週及第四週接觸角皆顯著上升 ($p < 0.05$) (附錄表十四、圖十七)。

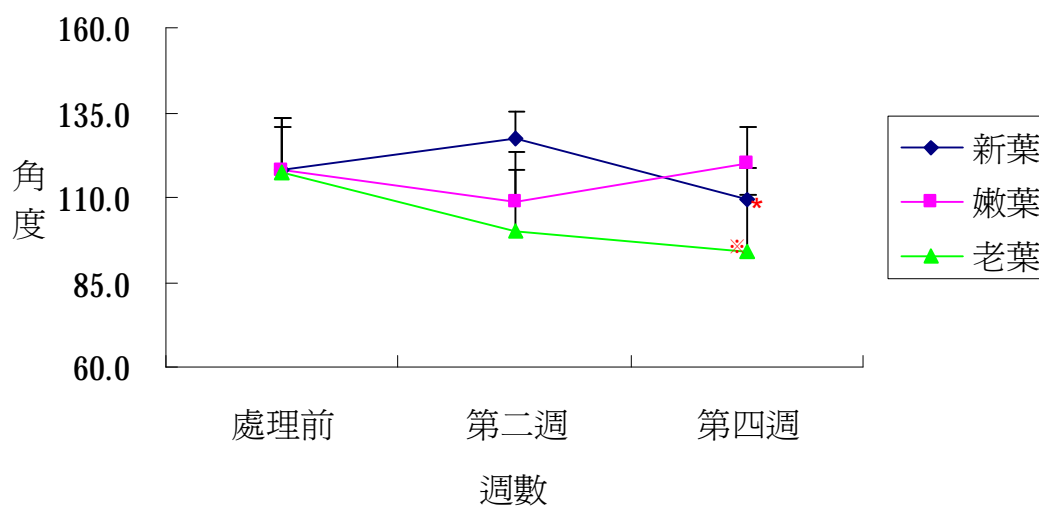


圖十七、每六天澆水、0.1 克硫粉+水、0.1 克熟石灰+水各 200ml 連續處理四週，水珠在老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

四、光照對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

(一) 正常光照對蓮花效應的影響

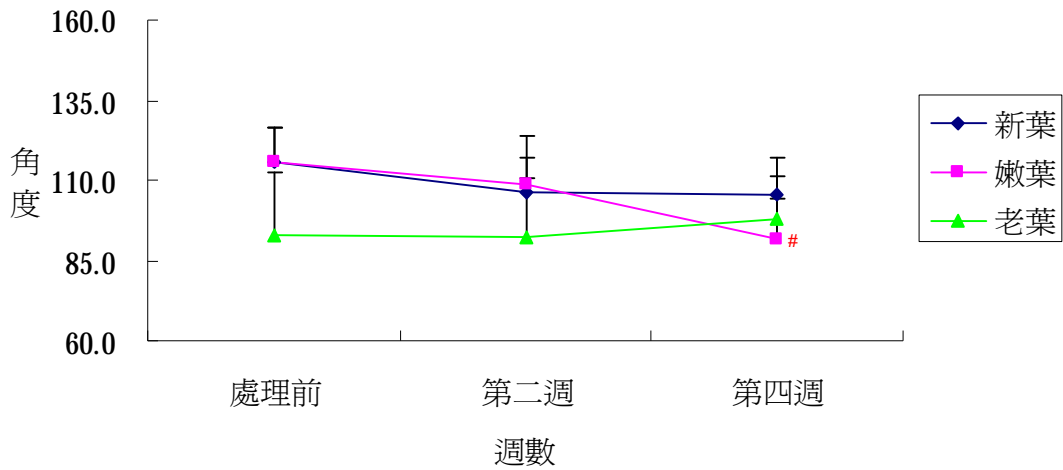
新葉與老葉在第四週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)，嫩葉接觸角則無顯著差異 (附錄表十五、圖十八)。



圖十八、每日照光 12 小時連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

(二) 每日 24 小時光照對蓮花效應的影響

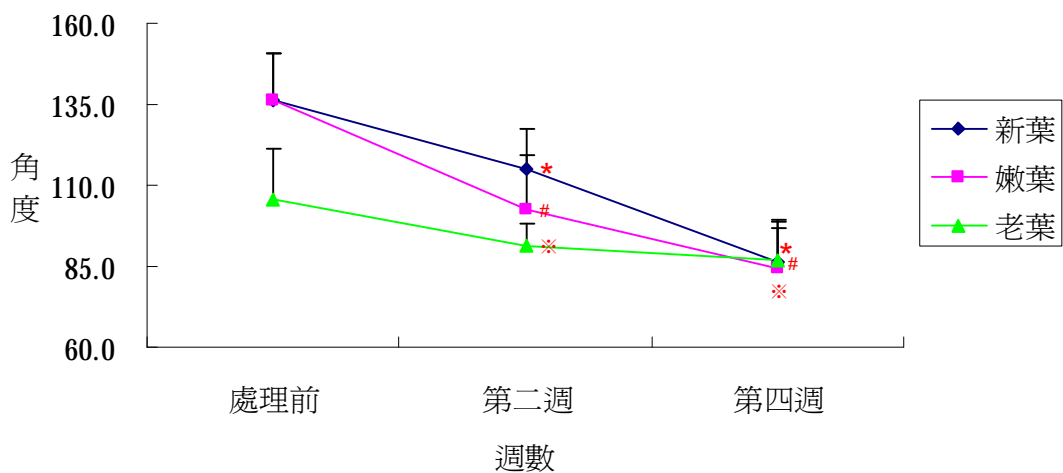
嫩葉在第四週接觸角顯著下降 ($p<0.05$)，新葉及老葉接觸角則無顯著差異 (附錄表十六、圖十九)。



圖十九、每日照光 24 小時連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 \pm 標準差) 表示。

(三) 置於暗室對蓮花效應的影響

新葉、嫩葉與老葉在第二週及第四週接觸角皆顯著下降 ($p<0.05$) (附錄表十七、圖二十)。

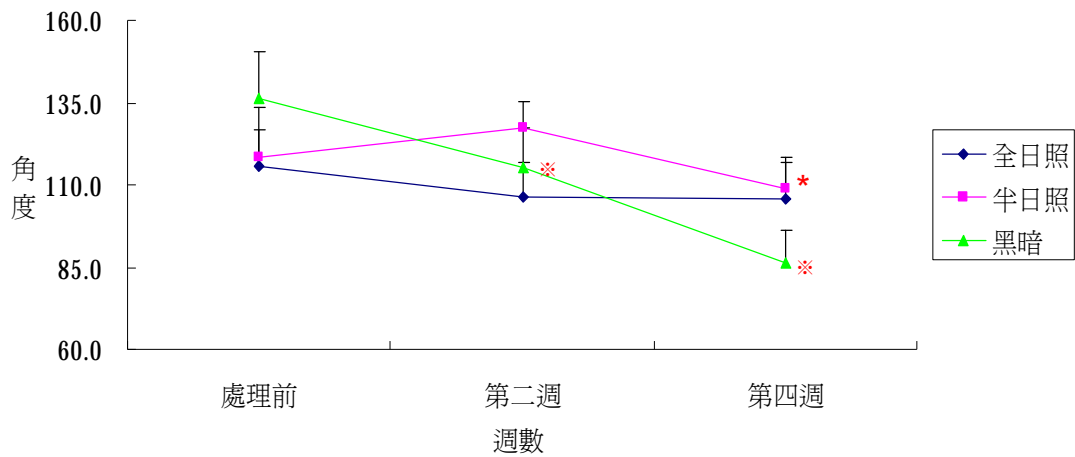


圖二十、24 小時置於暗室連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 \pm 標準差) 表示。

(四) 不同光照對新葉蓮花效應的影響

新葉半日照在第四週接觸角顯著下降 ($p<0.05$)；黑暗的第二週及第四週

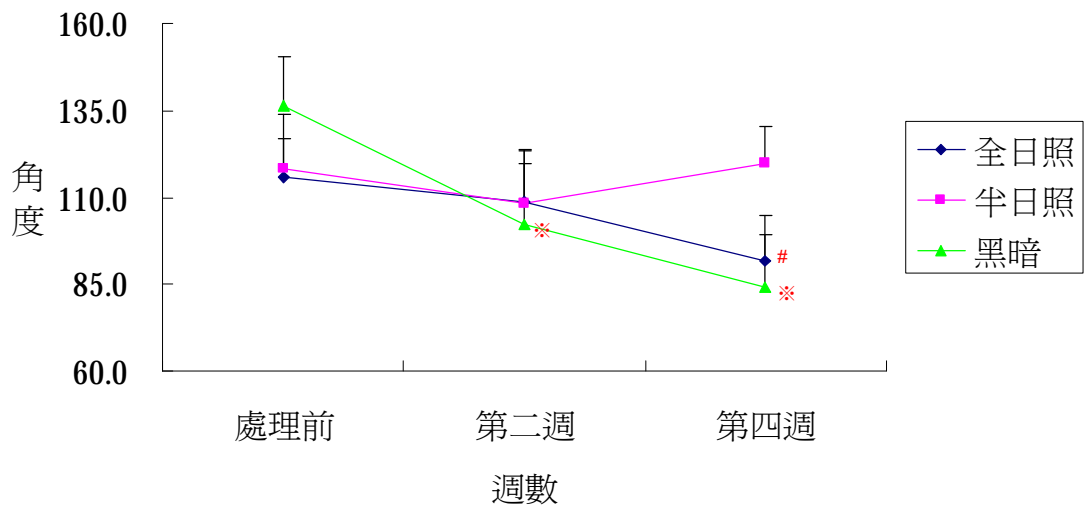
接觸角皆顯著下降 ($p < 0.05$)；全日照接觸角則無顯著差異 (附錄表十八、圖二十一)。



圖二十一、照光 12 小時、照光 24 小時、暗室連續處理四週，水珠在新葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

(五) 不同光照對嫩葉蓮花效應的影響

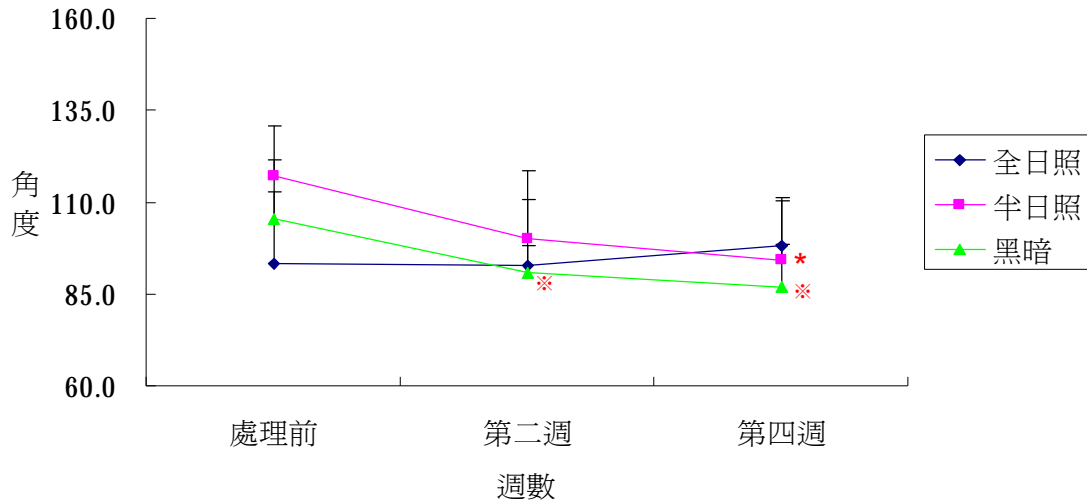
嫩葉半日照的接觸角無顯著差異；全日照在第四週接觸角顯著下降 ($p < 0.05$)；黑暗在第二週及第四週接觸角皆顯著下降 ($p < 0.05$) (附錄表十九、圖二十二)。



圖二十二、照光 12 小時、照光 24 小時、暗室連續處理四週，水珠在嫩葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

(六) 不同光照對老葉蓮花效應的影響

老葉半日照在第四週接觸角顯著下降 ($p<0.05$)；黑暗在第二週及第四週接觸角顯著下降 ($p<0.05$)；全日照接觸角則無顯著差異 (附錄表二十、圖二十三)。



圖二十三、照光 12 小時、照光 24 小時、暗室連續處理四週，水珠在老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。

捌、討論及應用

一、量化蓮花效應

我們共測試了七種植物的葉面，其中姑婆芋、豔紫荊、變葉木與彩葉山漆莖都具有蓮花效應 (表一、圖四)。而這當中，我們又發現彩葉山漆莖在同一植株上，嫩葉蓮花效應最佳，而老葉幾乎無蓮花效應，由我們的結果中顯示新葉蓮花效應顯著優於老葉 (圖五)，從表二的附圖中也可以明顯看出新葉與老葉接觸角的不同。這引起我們極大的興趣想探討為何在同一植株的新葉具蓮花效應，而老葉則無蓮花效應，因此，我們選定彩葉山漆莖作為我們的實驗材料。

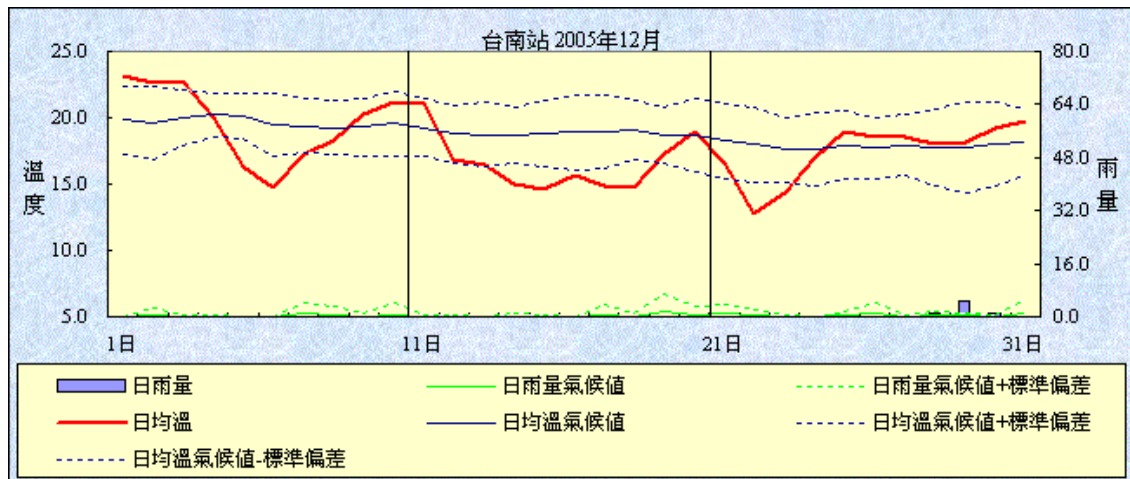
而在我們實驗過程中也可以發現，在水量適中的實驗中，新葉在一個月內，接觸角會隨著葉片老化而顯著降低 (圖六)，表示由新葉轉為老葉，蓮花效應確會隨之變弱。

二、水量對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

爲了不讓澆入固定量的水由一般花盆底部流失，我們將水量變因組的彩葉山漆莖移植至底部密封的塑膠桶。經過一個月的處理後，水量過多的組別，其塑膠桶內的水量已經淹過土壤約 2 公分；水量適中的組別土壤保持濕潤；水量過少的組別土壤則非常乾燥 (圖三)。

從不同水量處理的結果顯示，不論水量多寡，新葉、嫩葉及老葉的接觸角

變化皆非常相似，即新葉及嫩葉在第二週及第四週的接觸角都顯著降低，而老葉接觸角無顯著差異（圖六~十一），推測水量變化可能並非主要影響蓮花效應的變因。由結果中也看出各組的新葉與嫩葉在第二週（12/24）接觸角皆顯著下降，從氣溫變化顯示，當日為12月最低溫，因此，我們推測接觸角下降應與氣溫降低有關（圖二十四），這個推論尚待進一步的實驗証實。



圖二十四、台南站 2005 年 12 月氣象資料（引自中央氣象局）。

三、土壤酸鹼值對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

由我們的結果當中可看出，土壤酸鹼值在 5 及 9 都有很類似的結果，即新葉與嫩葉在第二週及第四週接觸角都顯著下降（圖十三、十四），且由圖十五及十六可發現，新葉及嫩葉在第二週接觸角皆低於第四週，由於在進行此實驗的一個月內，氣候穩定，推測此現象為第二週植株仍在適應惡劣的土壤環境，因此在第四週接觸角略為回升。由我們的結果顯示，當土壤過酸或過鹼時，會減弱新葉及嫩葉的蓮花效應。

出乎我們預期的是，土壤酸鹼值 5、7、9 的老葉在第四週的接觸角均顯著上升（圖十七），土壤酸鹼值的改變似乎能恢復老葉的蓮花效應，其中真正造成老葉蓮花效應的改變因素，值得未來更進一步的實驗探討。

四、光照對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

在正常光照組別，新葉與老葉如同我們預期，在一個月後，隨著葉片老化，接觸角隨之顯著降低（圖十八）；每日照光 24 小時的組別，除了新葉在第四週接觸角有顯著下降，老葉及新葉皆無顯著差異，表示光照 24 小時會造成新生的嫩葉蓮花效應降低（圖十九）；而置於暗室的組別，結果如我們預期，不論新葉、嫩葉、老葉接觸角皆顯著降低（圖二十），且於第四週所有葉面已無蓮花效應。置於暗室的組別由葉子外觀也可看出變化，一般彩葉山漆莖的新葉有明顯的粉紅色斑，老葉則轉為綠色或不規則乳白色斑紋鑲嵌，置於暗室一個月後，新生的嫩葉並不呈紅色。我們推測，置於暗室一個月，因植物無法行光合作用造成養份不

足，蓮花效應隨之消失（圖二十）。

許多植物的性狀，在老化或面臨環境改變時，會將控制性狀的基因開啓或關閉。由我們實驗結果發現，當新葉轉變為老葉時，蓮花效應確實減弱，而土壤酸鹼值及光照的改變，亦會影響彩葉山漆莖蓮花效應的表現。因此，我們推論，蓮花效應可能經由基因調控來增強或減弱，要證明這個推論只要在不同變因的不同處理時間下，將新葉及老葉取下做蛋白質電泳，看看是否有蛋白質大量表現獲大量減少，即可得知是否有某個基因被開啓或關閉。

蓮花效應減弱的另一個可能性為葉表面結構的改變，當植物老化或遇逆境時可能會使得葉表面構造改變，進而改變蓮花效應，而且這樣的改變和基因的開啓或關閉無關，要證明這個假設，必須在不同變因的不同處理時間下，將新葉及老葉取下做葉表面的電子顯微鏡圖即可確認，這也是未來可以繼續進一步深入探討的工作之一。

玖、結論

1. 彩葉山漆莖新生之嫩葉蓮花效應極佳，而老葉蓮花效應差。
2. 當彩葉山漆莖的新葉轉為老葉，水珠與葉面之接觸角顯著下降，蓮花效應減弱，甚至消失。
3. 水量並非主要影響蓮花效應的變因。
4. 土壤酸鹼值約 5 及 9，會減弱新葉及嫩葉的蓮花效應。
5. 24 小時照光會造成新生的嫩葉其蓮花效應減弱；置於暗室則使植株皆無蓮花效應。

拾、參考文獻

1. Barthlott, W. and Neinhuis, C., *Planta* 202, p.1, 1997.
2. 徐世昌。蓮花的自潔功能與奈米科技的運用科學發展。354 期。60-63 頁。2002。
3. http://www.dnps.ptc.edu.tw/~choe7711/school_tree/intro_2_7_4.html

附錄

表三、水量適中對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
新葉	144.9±2.5	100.2±8.9 (*)	96.7±9.7 (*)
嫩葉	144.9±2.5	104.2±6.9 (#)	101.1±14.2 (#)
老葉	82.9±12.4	74.7±14.0	68.4±12.4

表四、水量過多對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
新葉	145.2±7.9	104.8±12.5 (*)	88.9±15.6 (*)
嫩葉	145.2±7.9	117.1±10.2 (#)	117.3±13.2 (#)
老葉	79.2±12.3	77.9±15.7	78.8 ±13.8

表五、水量過少對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
新葉	138.0±10.3	105.5±12.6 (*)	100.4±13.5 (*)
嫩葉	138.0±10.3	109.6±8.5 (#)	110.6±7.5 (#)
老葉	81.6±19.0	76.6±16.8	70.9±17.0 (※)

表六、不同水量對新葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為水量適中與控制組具顯著差異，標有#為水量過多與控制組具顯著差異，標有※為水量過少與控制組具顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
水量適中	144.9±2.5	100.2±8.9 (*)	96.7±9.7 (*)
水量過多	145.2±7.9	104.8±12.5 (#)	88.9±15.6 (#)
水量過少	138.0±10.3	105.5±12.6 (※)	100.4±13.5 (※)

表七、不同水量對嫩葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為水量適中與控制組具顯著差異，標有#為水量過多與控制組具顯著差異，標有※為水量過少與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
水量適中	144.9±2.5	104.2±6.9 (*)	101.1±14.2 (*)
水量過多	145.2±7.9	117.1±10.2 (#)	117.3±13.2 (#)
水量過少	138.0±10.3	109.6±8.5 (※)	110.6±7.5 (※)

表八、不同水量對老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為水量適中與控制組具顯著差異，標有#為水量過多與控制組具顯著差異，標有※為水量過少與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
水量適中	82.9±12.4	74.7±14.0	68.4±12.4 (*)
水量過多	79.2±12.3	77.9±15.7	78.8 ±13.8
水量過少	81.6±19.0	76.6±16.8	70.9±17.0

表九、土壤酸鹼值約 7 對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
新葉	127.6±14.0	97.1±12.7 (*)	122.4±12.3
嫩葉	127.6±14.0	118.0±10.3	124.0±12.2
老葉	77.3±9.8	82.5±11.1	112.2±12.9 (※)

表十、土壤酸鹼值約 5 對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
新葉	143.8±7.5	100.3±8.9 (*)	99.4±13.6 (*)
嫩葉	143.8±7.5	110.5±8.7 (#)	133.2±11.3 (#)
老葉	75.0±11.4	102.7±9.8 (※)	106.2±14.6 (※)

表十一、土壤酸鹼值約 9 對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制

組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

	處理前	第二週	第四週
新葉	145.0±3.2	89.3±12.4 (*)	127.0±16.7 (*)
嫩葉	145.0±3.2	115.2±15.2 (#)	134.4±13.0 (#)
老葉	77.2±10.8	84.1±15.0	121.2±13.1 (※)

表十二、不同土壤酸鹼值對新葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。以 T-test 統計分析，標有*為中性土壤與控制組具顯著差異，標有#為酸性土壤與控制組具顯著差異，標有※為鹼性土壤與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

	處理前	第二週	第四週
中性土壤	127.6±14.0	97.1±12.7 (*)	122.4±12.3
酸性土壤	143.8 ±7.5	100.3±8.9 (#)	99.4±13.6 (#)
鹼性土壤	145.0±3.2	89.3±12.4 (※)	127.0±16.7 (※)

表十三、不同土壤酸鹼值對嫩葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。以 T-test 統計分析，標有*為中性土壤與控制組具顯著差異，標有#為酸性土壤與控制組具顯著差異，標有※為鹼性土壤與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

	處理前	第二週	第四週
中性土壤	127.6±14.0	118.0±10.3	124.0±12.2
酸性土壤	143.8±7.5	110.5±8.7 (#)	133.2±11.3 (#)
鹼性土壤	145.0±3.2	115.2±15.2 (※)	134.4±13.0 (※)

表十四、不同土壤酸鹼值對老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。以 T-test 統計分析，標有*為中性土壤與控制組具顯著差異，標有#為酸性土壤與控制組具顯著差異，標有※為鹼性土壤與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

	處理前	第二週	第四週
中性土壤	77.3±9.8	82.5±11.1	112.2±12.9 (*)
酸性土壤	75.0±11.4	102.7±9.8 (#)	106.2±14.6 (#)
鹼性土壤	77.2±10.8	84.1±15.0	121.2±13.1 (※)

表十五、正常光照對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

	處理前	第二週	第四週
新葉	118.2±15.5	127.3±8.1	109.0±9.5 (*)
嫩葉	118.2±15.5	108.4±14.8	119.8±10.6
老葉	117.2 ±13.6	99.9 ±18.4	93.9 ±16.5 (※)

表十六、24 小時光照對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
新葉	115.6±11.0	106.1±10.7	105.7±11.0
嫩葉	115.6±11.0	108.7±15.2	91.7±12.9 (#)
老葉	93.0±19.7	92.5±18.2	97.8±13.2

表十七、置於暗室對新葉、嫩葉、老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
新葉	136.2±14.3	115.1±12.2 (*)	86.3±0.3 (*)
嫩葉	136.2±14.3	102.4±17.3 (#)	84.1±15.2 (#)
老葉	105.5±15.8	90.9±7.0 (※)	86.6±12.1 (※)

表十八、不同光照對新葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為半日照與控制組具顯著差異，標有#為全日照與控制組具顯著差異，標有※為黑暗與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
正常光照	118.2±15.5	127.3±8.1	109.0±9.5 (*)
全光照	115.6±11.0	106.1±10.7	105.7±11.0
黑暗	136.2±14.3	115.1±12.2 (※)	86.3±0.3 (※)

表十九、不同光照對嫩葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為半日照與控制組具顯著差異，標有#為全日照與控制組具顯著差異，標有※為黑暗與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
正常光照	118.2±15.5	108.4±14.8	119.8±10.6

全光照	115.6±11.0	108.7±15.2	91.7±12.9 (#)
黑暗	136.2±14.3	102.4±17.3 (※)	84.1±15.2 (※)

表二十、不同光照對老葉蓮花效應之影響。表中所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。以 T-test 統計分析，標有*為半日照與控制組具顯著差異，標有#為全日照與控制組具顯著差異，標有※為黑暗與控制組具顯著差異（ $p<0.05$ ）。

	處理前	第二週	第四週
正常光照	117.2 ±13.6	99.9 ±18.4	93.9 ±16.5 (*)
全光照	93.0±19.7	92.5±18.2	97.8±13.2
黑暗	105.5±15.8	90.9±7.0 (※)	86.6±12.1 (※)