

臺灣二〇〇七年國際科學展覽會

科 別：植物學

作品名稱：「蓮」「環」密碼--環境因子對蓮花效應的影響

學校 / 作者：國立家齊女子高級中學 洪若男
 國立家齊女子高級中學 尤靜誼

作者簡介



我是洪若男，目前就讀於國立家齊女中三年級。父母從小就告訴我，不要急著去詢問他人答案，自己有疑問的地方最好自己親手解決，也不要因為書本上有了的答案而抹殺了自己的思維，所以在不知不覺中養成實事求是的精神。這次的科展題目，也是因為在一場演講中有了疑惑，才會展開一連串的實驗。興趣是畫畫和看有關鑑識科學的節目。



我是尤靜誼，就讀台南家齊女中三年級，高中有機會能參加科展，做了一年多的實驗，在這一年中，遇到了諸多困難，也有過不少爭執，但組員們仍然一起走了過來。這次的科展讓我了解了許多關於植物的知識和團隊合作的精神，也讓我將自己磨練的更加精進，在未來的日子裡希望能學習到更多，並應用到日後的實驗之中，為國家的科學研究略盡心力。

Abstract

We choose *Breynia nivosa* (Bull ex W. G. Smith) Small as a model plant to study the lotus effect on the leaves for the reason that on the same chosen plant the new-born leaves have the best lotus effect while the elder ones have little lotus effect.

When the new leaves turns into elder ones, the lotus effect also turns weaker or even vanishes. To explore the exact mechanisms, we take water quantity、soil pH、and light density as the experimental factors. The results show that water quantity cannot affect the lotus effect on all leaves, change in soil pH can decrease the lotus effect on the new and new-born leaves, and dark treatments can eliminate the lotus effect on all leaves.

When the environments change, the phenotypes of plants could also be changed to adapt to the new conditions by turning on or off genes. Therefore, we suggest that the lotus effect on the leaves is also controlled by genes to increase or decrease its phenotype so as to adapt to the changing environments. If not, it may simply be a little change of the surface structure of the leaves. The detailed mechanism remains to be confirmed further.

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周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

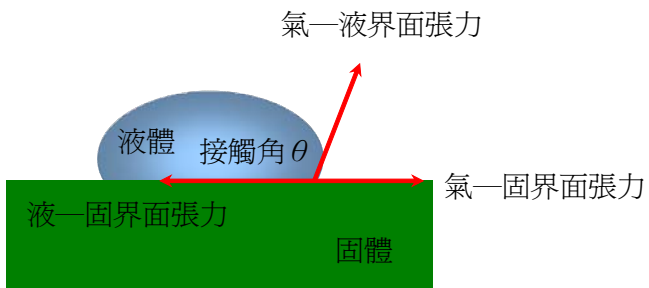
1997 年德國教授巴斯洛得（W. Barthlott）觀察赫蕉、倪藤、玉蘭、林山毛櫸、蓮花、芋、甘藍及 *Mutisia decurrens* 等八種植物的葉面灰塵粒子殘留的狀況。實驗發現，前四種植物之葉面殘留的污染物高達 40% 以上；而蓮花等後四種植物，污染物殘餘的比例皆小於 5%，進而發現了蓮花的疏水性與自我潔淨的關係，因此創造了「蓮花效應」（Lotus effect）一詞(1)。

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，因此液體會在固體表面擴張。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)。

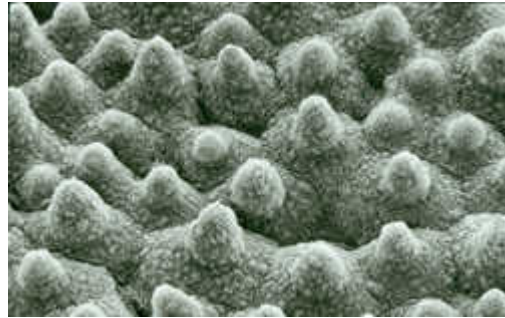
由掃描式電子顯微鏡觀察這八種植物葉子表面發現，接觸角小於 100 度的葉子，表面較為平坦，而接觸角大於 130 度的葉子，葉面上除了大的突出物外，還有一些類似纖毛的結構，這些纖毛結構的尺寸約 100~200 奈米(nm)左右，而這些奈米結構便是造成蓮花效應的主要因

素（圖一(b)）(1)。

(a)



(b)



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)	若干
熟石灰 (Ca(OH) ₂)	若干
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。

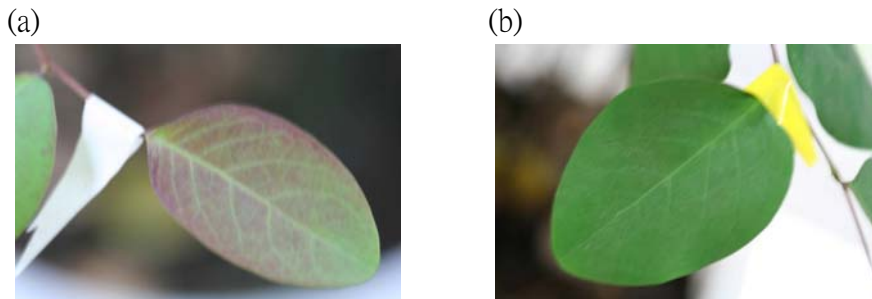
以滴管滴水在葉面，將葉面稍微傾斜，若水珠從葉面上滾落，則判定其有蓮花效應。再以微量分注器（Pipette）吸取 $30\ \mu\text{l}$ 滴在葉面上，固定相機光圈 2.2，鏡頭距葉面上的水珠 30 公分，並調整適當焦距拍照，照片在電腦上利用 PhotoshopCS 畫出其切線角度，以量化蓮花效應。每種植物至少拍三張，以求取平均值及標準差。

(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

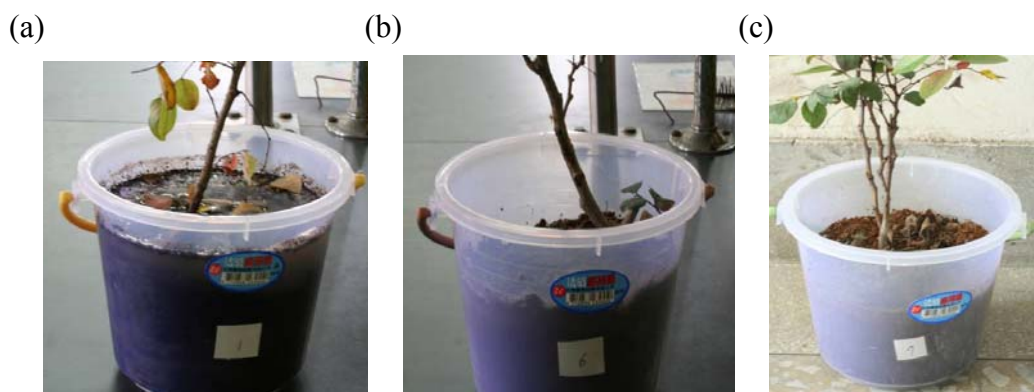
取 1~9 組的新葉分析比較。

(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。


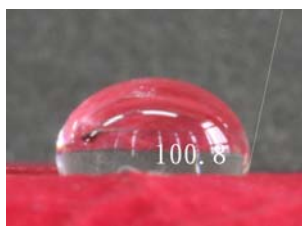
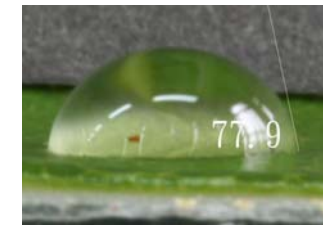

柒、研究結果

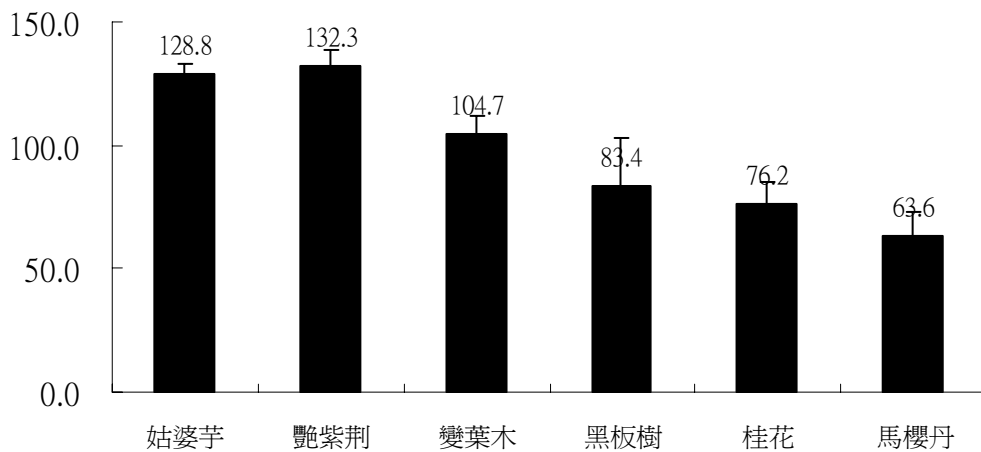
一、量化蓮花效應

(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





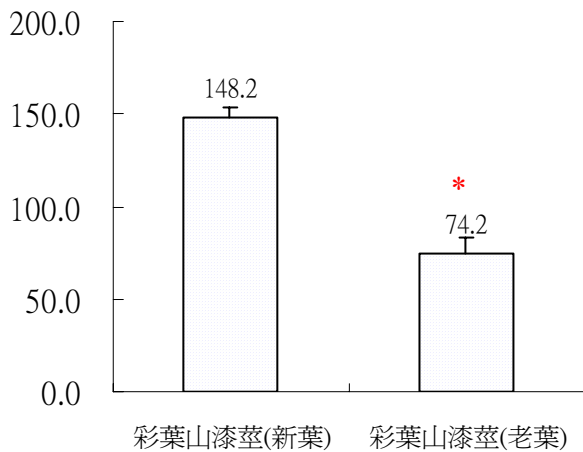
圖四、水珠在不同植物葉面的接觸角。所有數據皆以（平均值 ± 標準差）表示。

(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 \pm 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 \pm 5.4	74.2 \pm 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 \pm 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 ($p < 0.05$)。

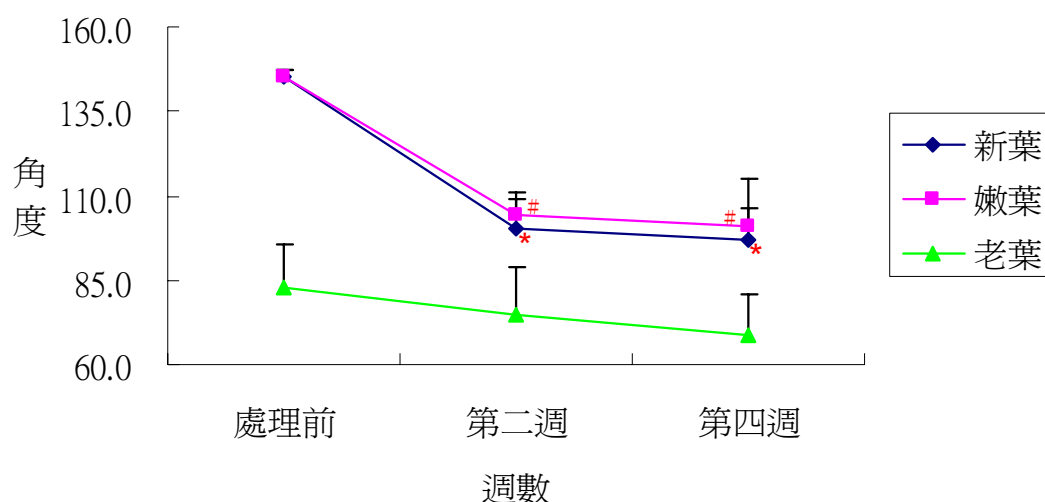
二、水量對蓮花效應的影響

(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(表三、圖六)。

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



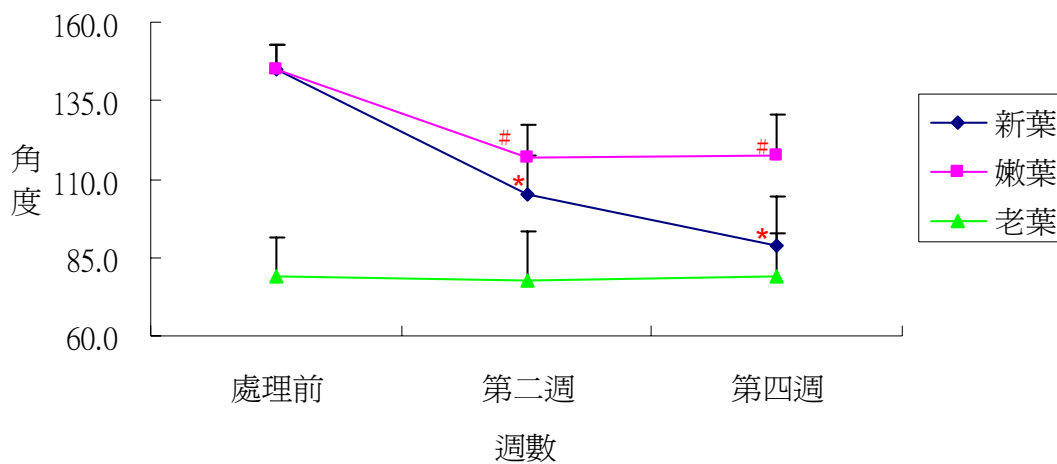
圖六、每十二天澆水 200ml 連續處理四週,水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。以 T-test 統計分析,標有*為新葉與控制組具顯著差異,標有#為嫩葉與控制組具顯著差異,標有※為老葉與控制組具顯著差異($p<0.05$)。

(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(表四、圖七)。

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



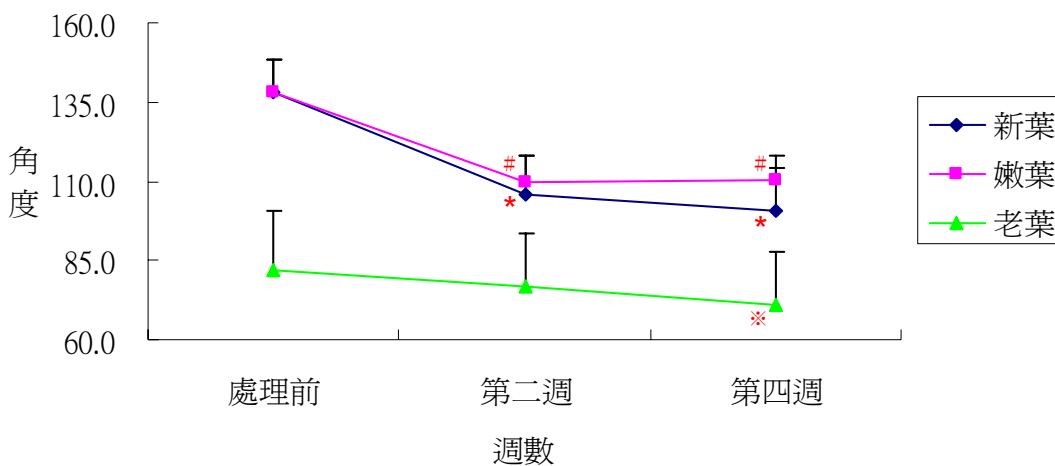
圖七、每六天澆水 200ml 連續處理四週,水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以(平均值 ± 標準差)表示。以 T-test 統計分析,標有*為新葉與控制組具顯著差異,標有#為嫩葉與控制組具顯著差異,標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p<0.05$) (表五、圖八)。

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 (※)



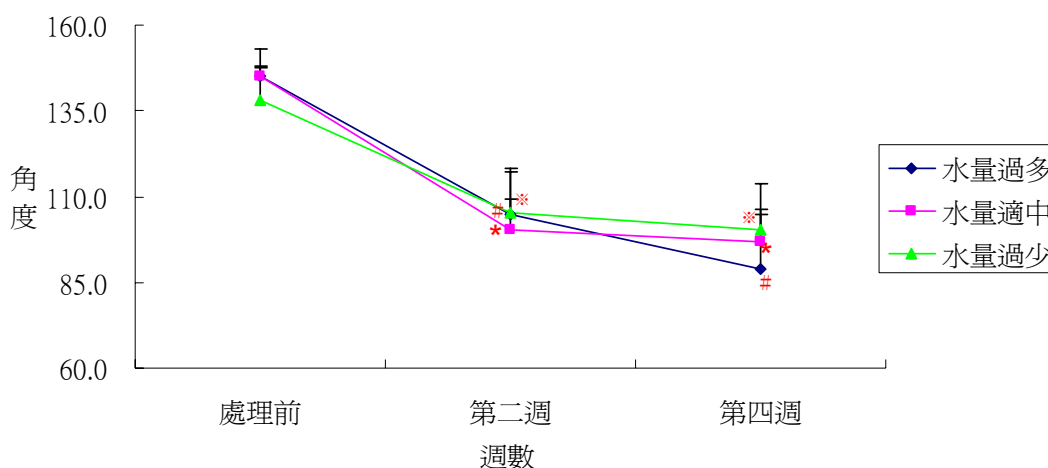
圖八、每二十四天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p<0.05$) (表六、圖九)。

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 (※)



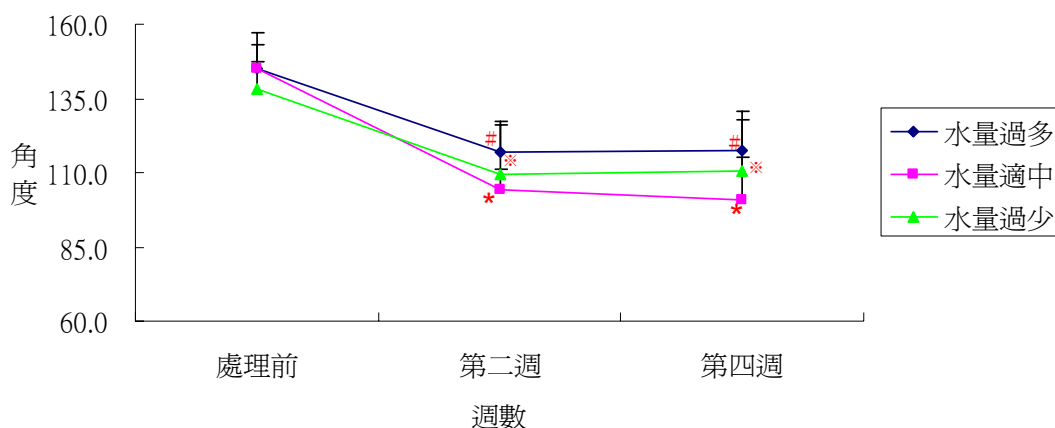
圖九、每隔六天、十二天、二十四天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為水量適中與控制組具顯著差異，標有#為水量過多與控制組具顯著差異，標有※為水量過少與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p < 0.05$) (表七、圖十)。

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 (※)



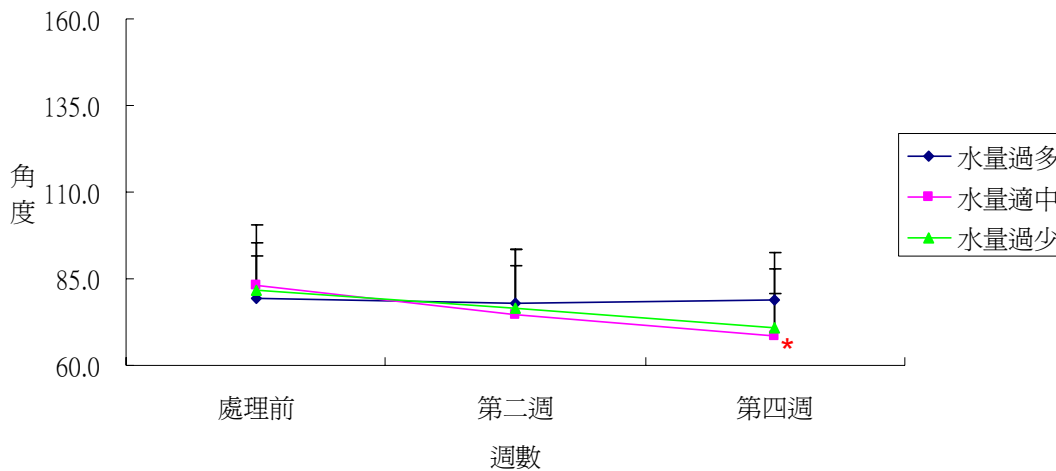
圖十、以每隔六天、十二天、二十四天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在嫩葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為水量適中與控制組具顯著差異，標有#為水量過多與控制組具顯著差異，標有※為水量過少與控制組具顯著差異 ($p < 0.05$)。

(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 ($p<0.05$) (表八、圖十一)。

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 \pm 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 \pm 12.4	74.7 \pm 14.0	68.4 \pm 12.4 (*)
水量過多	79.2 \pm 12.3	77.9 \pm 15.7	78.8 \pm 13.8
水量過少	81.6 \pm 19.0	76.6 \pm 16.8	70.9 \pm 17.0



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 \pm 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 ($p<0.05$)

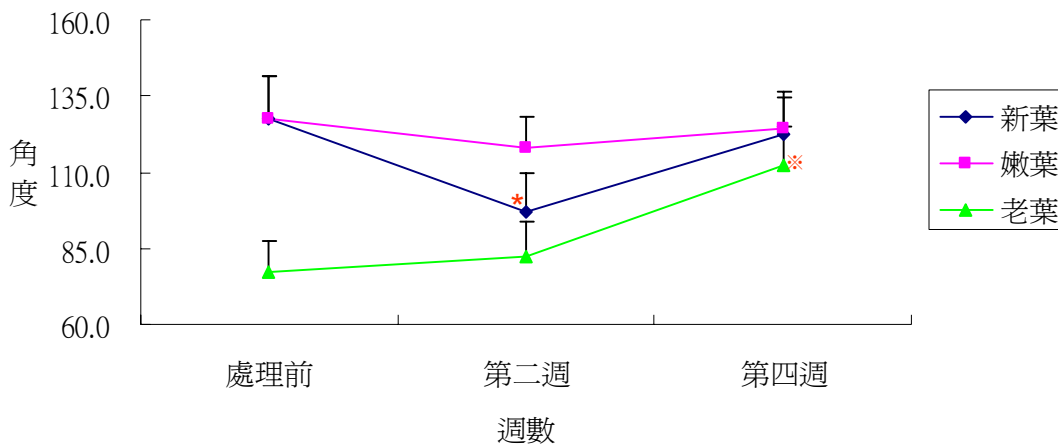
三、土壤酸鹼值對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

(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 ($p < 0.05$) (表九、圖十二)。

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 (※)



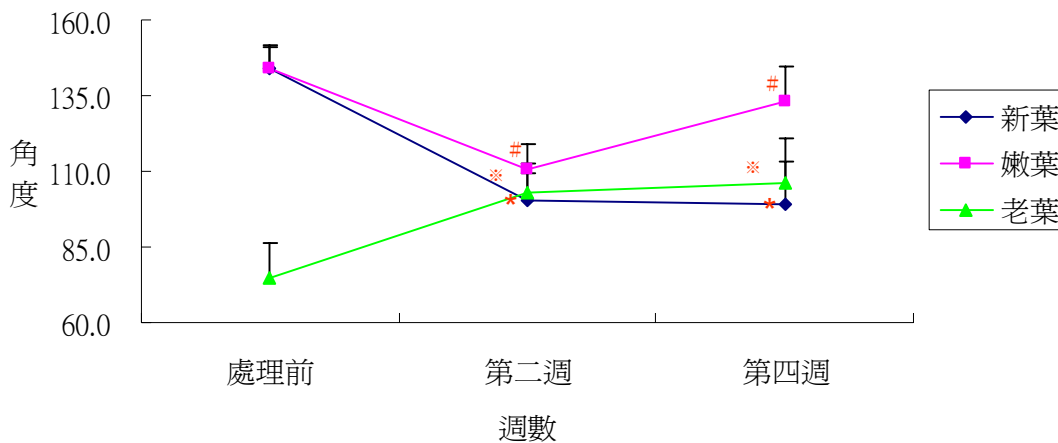
圖十二、每六天澆水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p < 0.05$)。

(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 ($p<0.05$) (表十、圖十三)。

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 (※)



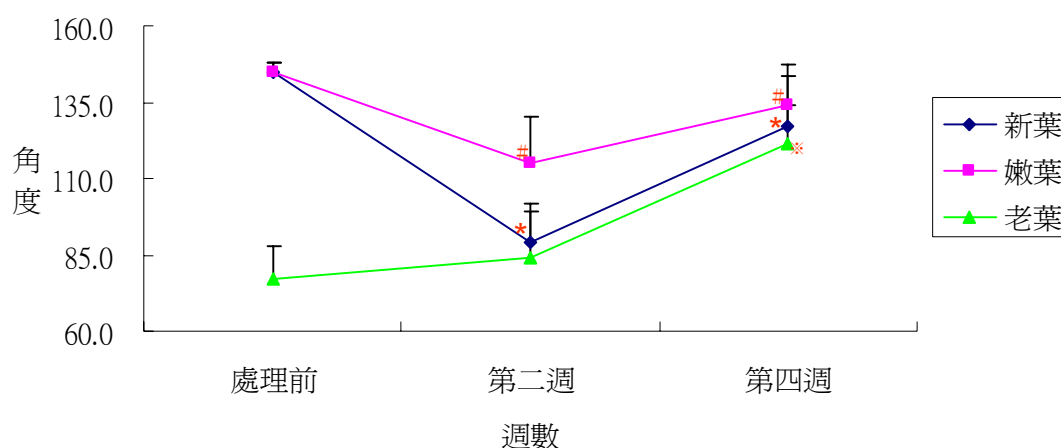
圖十三、每六天澆 0.1 克硫粉+水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p<0.05$) (表十一、圖十四)。

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 (※)



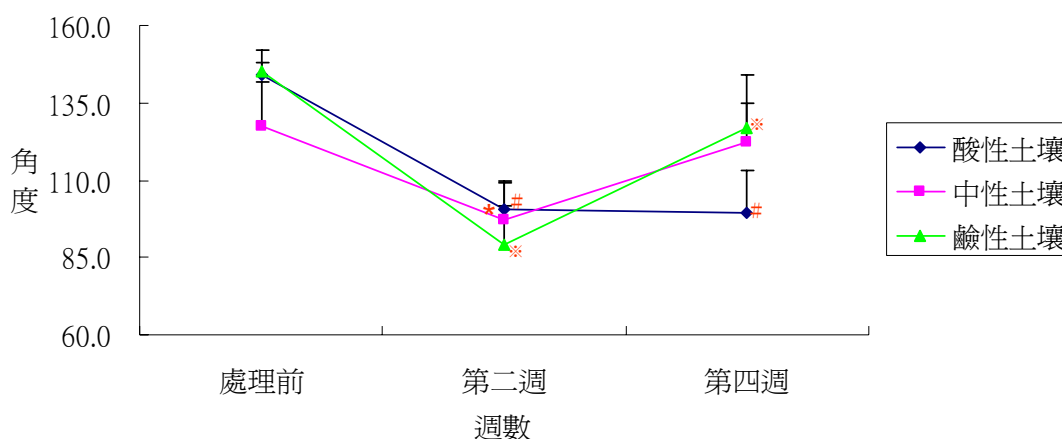
圖十四、每六天澆 0.1 克熟石灰+水 200ml 連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p<0.05$)。中性及鹼性土壤第二週接觸角皆低於第四週 (表十二、圖十四)。

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 (※)



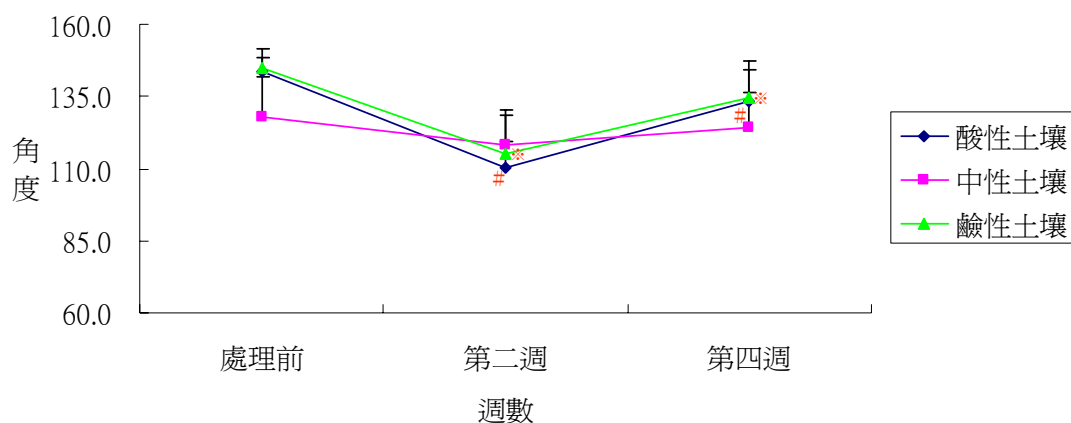
圖十五、每六天澆水、0.1 克硫粉+水、0.1 克熟石灰+水各 200ml 連續處理四週，水珠在新葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為中性土壤與控制組具顯著差異，標有#為酸性土壤與控制組具顯著差異，標有※為鹼性土壤與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p<0.05$)。酸性及鹼性土壤第二週接觸角皆低於第四週 (表十三、圖十六)。

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 \pm 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 \pm 14.0	118.0 \pm 10.3	124.0 \pm 12.2
酸性土壤	143.8 \pm 7.5	110.5 \pm 8.7 (#)	133.2 \pm 11.3 (#)
鹼性土壤	145.0 \pm 3.2	115.2 \pm 15.2 (※)	134.4 \pm 13.0 (※)



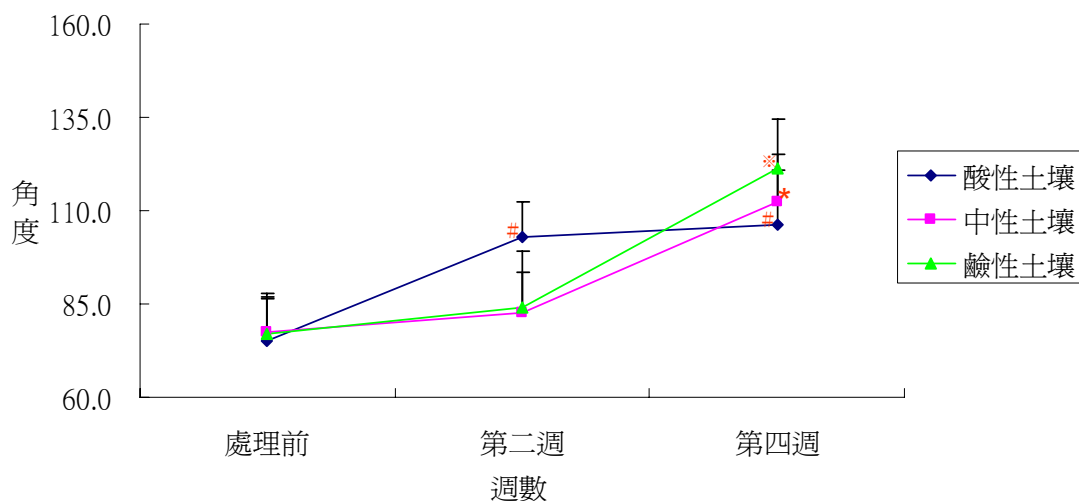
圖十六、每六天澆水、0.1 克硫粉+水、0.1 克熟石灰+水各 200ml 連續處理四週，水珠在嫩葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 \pm 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為中性土壤與控制組具顯著差異，標有#為酸性土壤與控制組具顯著差異，標有※為鹼性土壤與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p<0.05$) (表十四、圖十七)。

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 (※)



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。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 ($p<0.05$)。

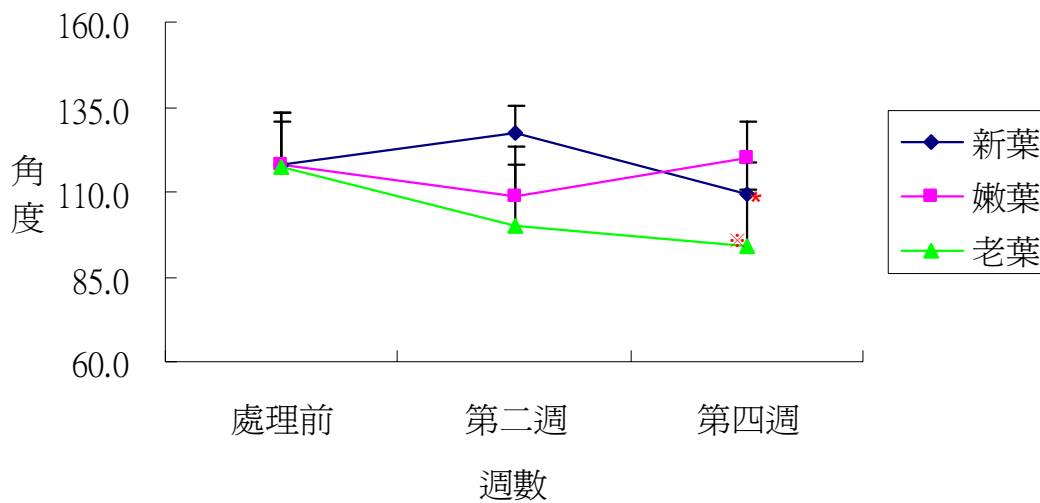
四、光照對彩葉山漆莖蓮花效應的影響

(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 (表十五、圖十八)。

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 \pm 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 \pm 15.5	127.3 \pm 8.1	109.0 \pm 9.5 (*)
嫩葉	118.2 \pm 15.5	108.4 \pm 14.8	119.8 \pm 10.6
老葉	117.2 \pm 13.6	99.9 \pm 18.4	93.9 \pm 16.5 (※)



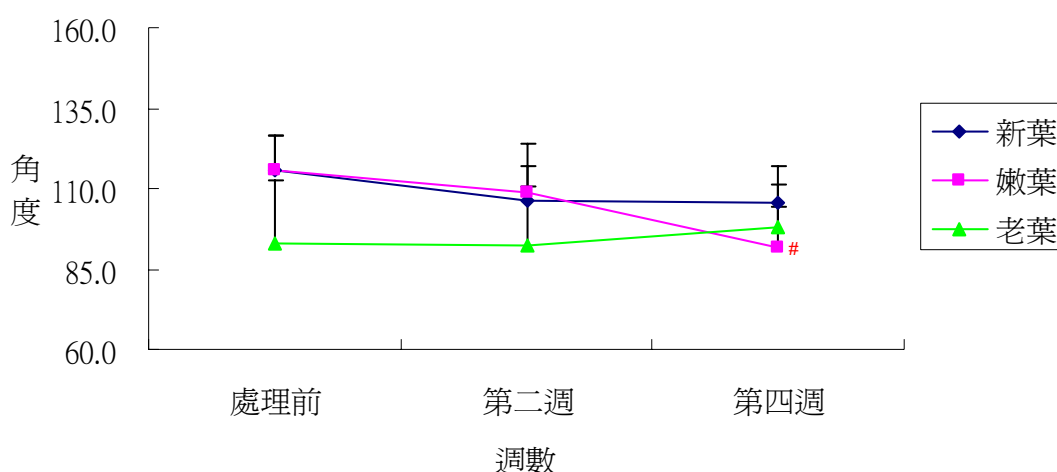
圖十八、每日照光 12 小時連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 \pm 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p < 0.05$)。

(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 (表十六、圖十九)。

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 \pm 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 \pm 11.0	106.1 \pm 10.7	105.7 \pm 11.0
嫩葉	115.6 \pm 11.0	108.7 \pm 15.2	91.7 \pm 12.9 (#)
老葉	93.0 \pm 19.7	92.5 \pm 18.2	97.8 \pm 13.2



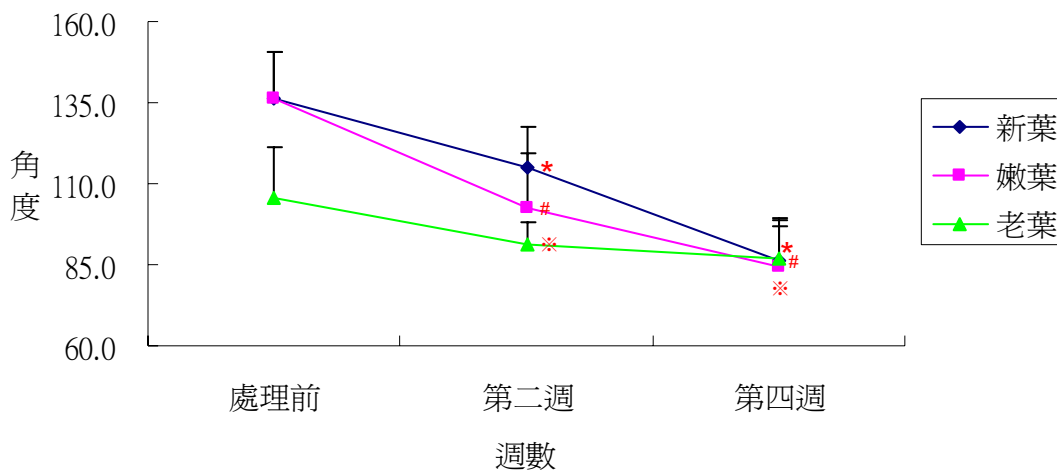
圖十九、每日照光 24 小時連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 \pm 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p < 0.05$) (表十七、圖二十)。

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 \pm 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 \pm 14.3	115.1 \pm 12.2 (*)	86.3 \pm 0.3 (*)
嫩葉	136.2 \pm 14.3	102.4 \pm 17.3 (#)	84.1 \pm 15.2 (#)
老葉	105.5 \pm 15.8	90.9 \pm 7.0 (※)	86.6 \pm 12.1 (※)



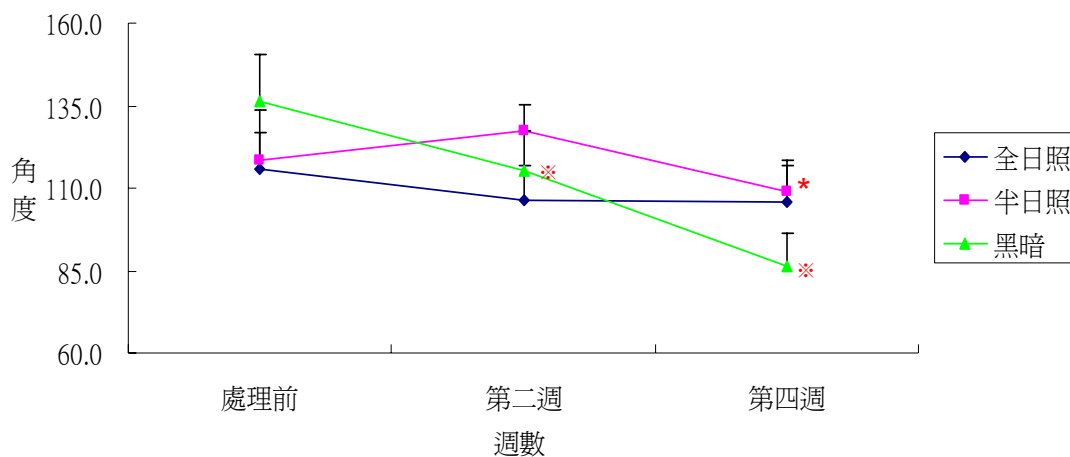
圖二十、24 小時置於暗室連續處理四週，水珠在新葉、嫩葉及老葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 \pm 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為新葉與控制組具顯著差異，標有#為嫩葉與控制組具顯著差異，標有※為老葉與控制組具顯著差異 ($p < 0.05$)。

〈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 (圖十八、表二十一)。

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 (※)



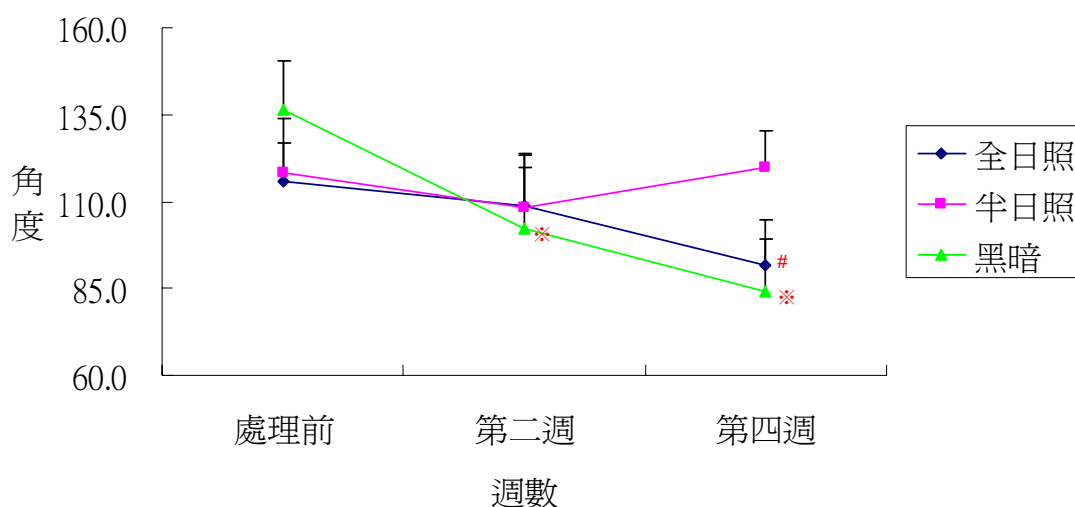
圖二十一、照光 12 小時、照光 24 小時、暗室連續處理四週，水珠在新葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為半日照與控制組具顯著差異，標有#為全日照與控制組具顯著差異，標有※為黑暗與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 ($p<0.05$) (圖十九、表二十二)。

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 (※)



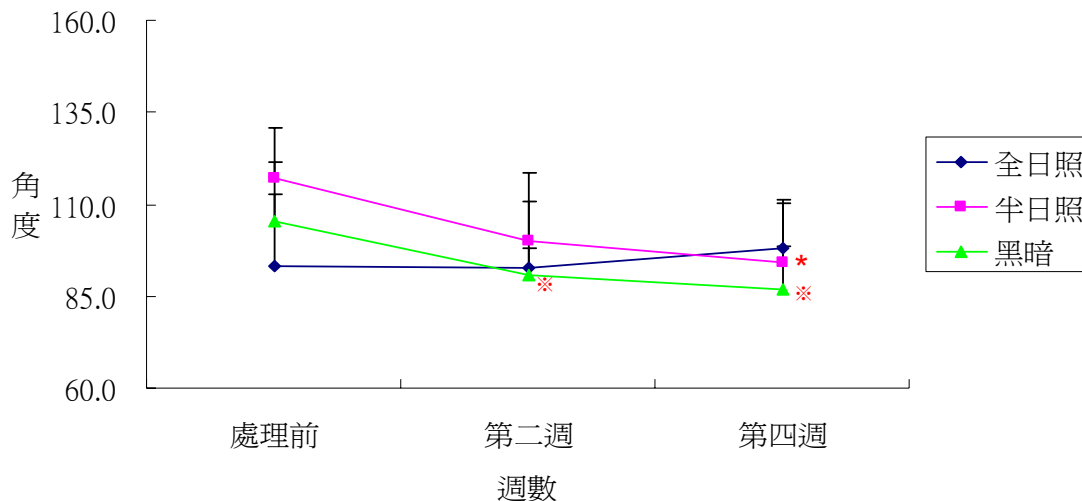
圖二十二、照光 12 小時、照光 24 小時、暗室連續處理四週，水珠在嫩葉葉面上的角度變化。所有數據皆以 (平均值 ± 標準差) 表示。以 T-test 統計分析，標有*為半日照與控制組具顯著差異，標有#為全日照與控制組具顯著差異，標有※為黑暗與控制組具顯著差異 ($p<0.05$)。

(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 (圖二十、表二十三)。

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 (※)



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。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 ($p<0.05$)。

捌、討論

一、量化蓮花效應

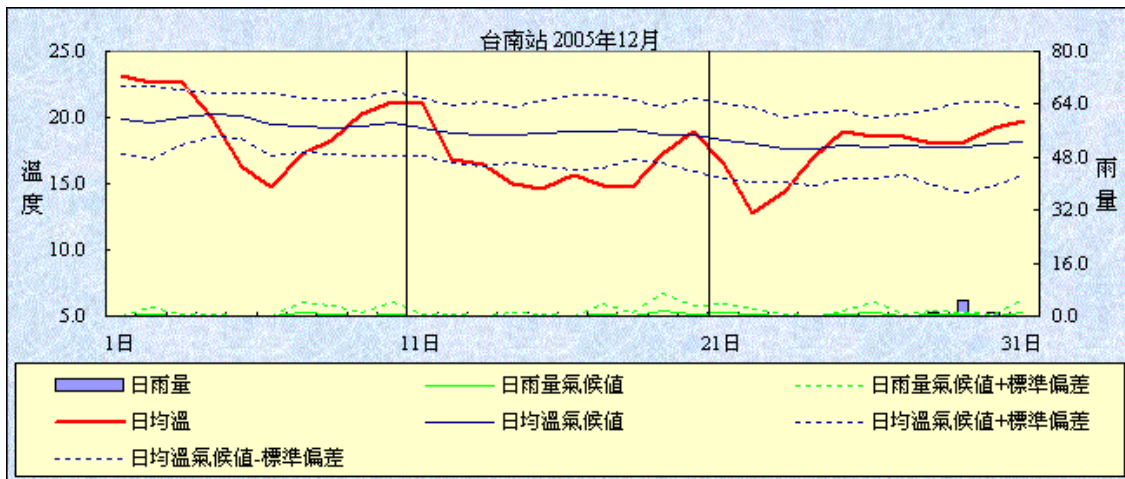
我們共測試了七種植物的葉面，其中姑婆芋、豔紫荊、變葉木與彩葉山漆莖都具有蓮花效應（表一、圖四）。而這當中，我們又發現彩葉山漆莖在同一植株上，嫩葉蓮花效應最佳，而老葉幾乎無蓮花效應，由我們的結果中顯示新葉蓮花效應顯著優於老葉（圖五），從表二的附圖中也可以明顯看出新葉與老葉接觸角的不同。這引起我們極大的興趣想探討為何在同一植株的新葉具蓮花效應，而老葉則無蓮花效應，因此，我們選定彩葉山漆莖作為我們的實驗材料。

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

為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證實。



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或大量減少，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。

本實驗最重要的意義在於以生物學的觀點來看蓮花效應，一般物理學家著眼於蓮花效應的應用價值，而本實驗開啓一個新視野。我們發現蓮花效應對於植物而言是一個可以調節的性狀，當環境改變時，蓮花效應可以被減弱或是增強，這意味著這個性狀可能是由基因調控的，如果真是如此，那便開啓一個嶄新的研究方向，值得分子生物學家做更深入的探討。

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

評語

研究內容相當豐富，可惜多現象的比較描述，缺乏機制原因的實驗探討。