

向光？背地？——植物向性運動初探

高小組生物科第二名

台北市立師範學院附設實驗國民小學 作 者：余知奇、鄭時旭、蕭伯舟、王 介
指導教師：卓娟秀、林淑華

一、研究動機

女兒牆上的迎春花，都往牆外長，同學們看到了覺得很有趣，仔細觀察後發現，它應該可以往四面生長都不會受到限制，我們感到很疑惑。請教老師、老師建議我們看了幾本書，找不到明確的答案，但是書上提到了植物在生長過程中有向地性、背地性、向光性……等向性運動。那麼迎春花往牆外長是受光的影響嗎？光會怎樣影響植物的生長呢？

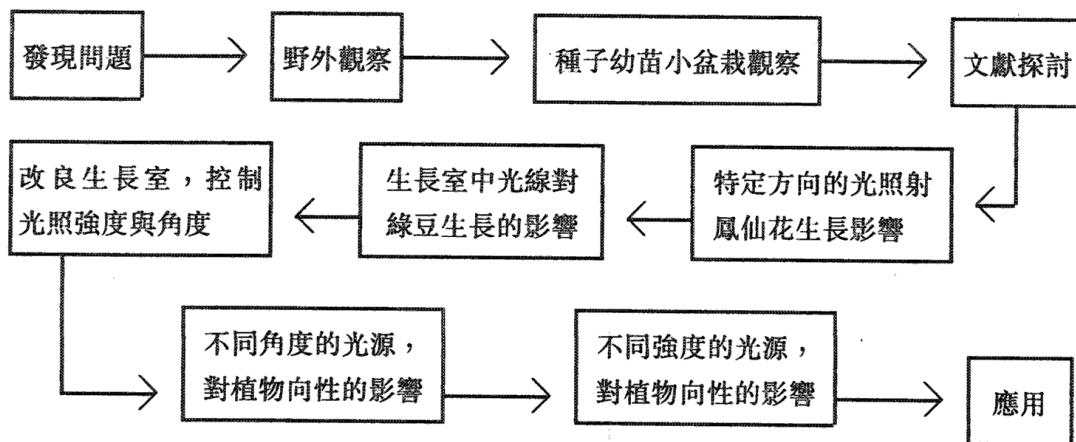
二、研究目的

- 1.植物都有向光性嗎？
- 2.探討不同角度的光源對植物向性的影響。
- 3.探討不同強度的光源對植物向性的影響。

三、文獻探討

- 1.豆苗不管放在任何位置，根一定會向地心引力的方向生長，而莖頂和葉頂一定會背著地心引力的方向生長。
- 2.莖、葉的頂端一定會向有陽光的方向生長。
- 3.磁場方向會影響植物生長方向，莖會偏向南方生長。
- 4.綠豆、黃豆幼苗長到7cm時會歪向光源生長。
- 5.光照會使植物的莖偏離，因被光照的那一部份生長較慢，而沒被照到的那一部份較快，故而產生向光的方向偏離。
- 6.葉、莖朝向正面有燈光的地方生長，根部向下面燈光照不到的地方生長。
•光線可左右生長速度，亦可導至植物體形變化。

四、實驗流程



五、實驗過程與結果

研究一：植物都有向光性嗎？

實驗一：野外生長的植物有向光性嗎？

1.材料：校園與野外的大型植物

2.方法：(1)觀察植物的枝幹與莖葉的生長。

(2)調查察觀測點附近光線照射的情形。

3.結果：枝幹、樹葉有向光生長的現象，陽光較多的地方生長的茂盛繁密。

實驗二：光線對鳳仙花的生長有影響嗎？

1.材料：鳳仙花幼苗、鳳仙花植株

2.方法：(1)將鳳仙花放在靠窗檯、書櫥旁各2棵

(2)觀察鳳仙花的生長情形

3.結果：(1)靠近窗檯的鳳仙花，在放置1~2天後，莖就會向窗外彎曲，若將他彎向室內，則在第二天又逐漸轉向窗外，以葉子的速度最快，在莖沒有轉向前，葉甚至出現翻轉的情形。

(2)放置書櫥旁的鳳仙花，則一直維持向上生長。

實驗三：幼苗具有向光性嗎？

1.材料：12種植物種子、100cc布丁杯、濾紙、滴管。

2.方法：(1)將植物種子放入底襯濾紙的布丁杯中，並加水至淹蓋種子。

(2)將布丁杯放置窗臺上，每日上午8時觀察記錄。

3.結果：

表三-1：各種種子生長向光性觀察記錄

種子 結果 日期	紅 豆	綠 豆	山 東 菜	絲 瓜	蘿 蔔 嬰	甜 玉 米	韭 菜	花 椰 菜	敏 豆	菜 心	莧 菜	燕 麥	備 註
84/1/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- : 無反應 ▲ : 發芽 + : 長出初生葉 ★ : 有向光現象 × : 死了
1/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1/12	-	-	▲	-	-	-	-	-	-	▲	-	-	
1/13	▲	▲	+	-	▲	-	-	-	-	+	▲	-	
1/14	▲	▲	★	-	+	▲	▲	▲	-	★	▲	-	
1/15	▲	▲	★	-	★	▲	▲	▲	-	★	+	-	
1/16	▲	+	★	-	★	▲	▲	▲	-	★	★	▲	
1/17	+	+	★	▲	★	▲	▲	▲	-	★	★	▲	
1/18	+	+	★	▲	★	▲	▲	+	-	★	★	+	
1/19	★	★	★	▲	★	×	▲	★	-	★	★	+	

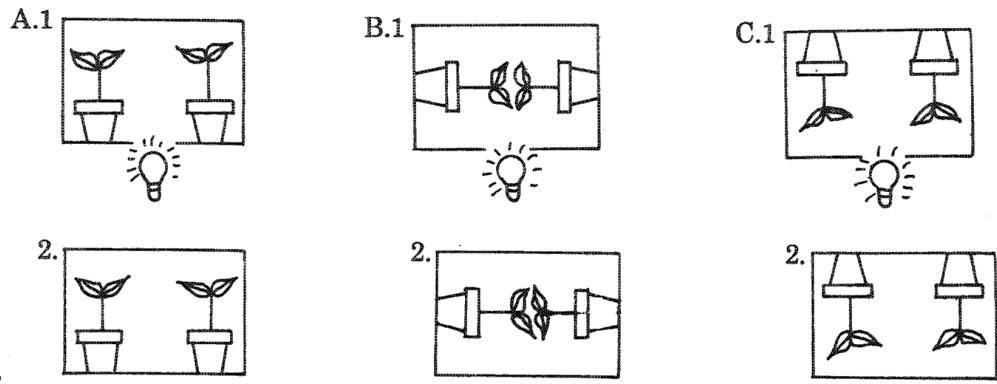
4.我發現：

- (1)發芽後還沒長出葉子以前，幼莖沒有一定的生長方向。
- (2)大部份的種子發芽長出初生葉後，對光源方向的改變反很敏銳。隨著晝夜室外與室內光度的變化，一天之中幼苗會出現明顯的轉向現象。
- (3)燕麥的芽鞘受光照後，有明顯的向光現象，但長出初生葉後，向光生長的現象不明顯。

研究二：光會影響植物的生長嗎？

實驗四：光會影響鳳仙花的生長嗎？

- 1.材料：12盆非洲鳳仙花盆栽、紙箱（15×30×40cm）、60W燈泡
- 2.方法：(1)將盆栽分成A1、A2，B1、B2，C1、C2等6組，每組兩盆放入紙箱中，並在紙箱一側(15×30cm面)上挖出直徑5cm的圓形洞口。
 (2)將燈泡放在離洞口50cm遠處。
 (3)A1、B1、C1均照光，A2、B2、C2則不照光；24小時後觀察結果。



3. 結果發現：

比較照光組和對照組，鳳仙花盆栽正放的兩組都是往上長；而橫放的照光組組莖會先向下彎再彎向上方生長，倒放的照光組彎向上方生長，且彎得比不照光組還要厲害，和我們預期結果正好相反。

實驗五：光對綠豆幼苗的生長有影響嗎？

1. 材料：植物生長室、60W鎢絲燈泡、溫度計、濕度計、尺、量角器、棉花、鐵絲、黑色底片盒。

2. 植物：綠豆幼苗（5cm高）56株。

3. 方法：(1)將豆苗用潮溼的棉花包住根部，放入黑色底片盒，讓豆苗莖與初生葉露出盒外。

(2)分別安裝成向光橫放【上A、A】組、正放【上B、B】組、倒放【上C、C、中C】組、背光橫放【上D】組、燈光上方左右橫放【E】組。每組6株。

(3)定時測量生長情形，記錄並繪製生長圖與彎曲角度。

(4)同樣的裝置，但移動燈泡上下的位置來改變燈光的強弱，進行光的強弱對植物生長的影響。

4. 結果：(1)綠豆幼苗會向著燈光方向生長，而葉片則明顯的彎向光源。

(2)不論哪一組的最左側（1號）、最右側（6號）都傾斜向光生長。
位於中間的3及4號則正對光源生長。

(3)越靠近燈光的綠豆幼苗偏向的情形越明顯，而燈泡上移後各組的彎曲角度都變大，但這樣的幼苗都較易死亡。

研究三：探討不同角度的光源對植物向性的影響。

實驗六：光照角度不同時對綠豆幼苗生長方向的影響。

1. 材料：不透光植物生長室、90W日光燈、尺、量角器、澆水器、棉花、黑色底片盒。

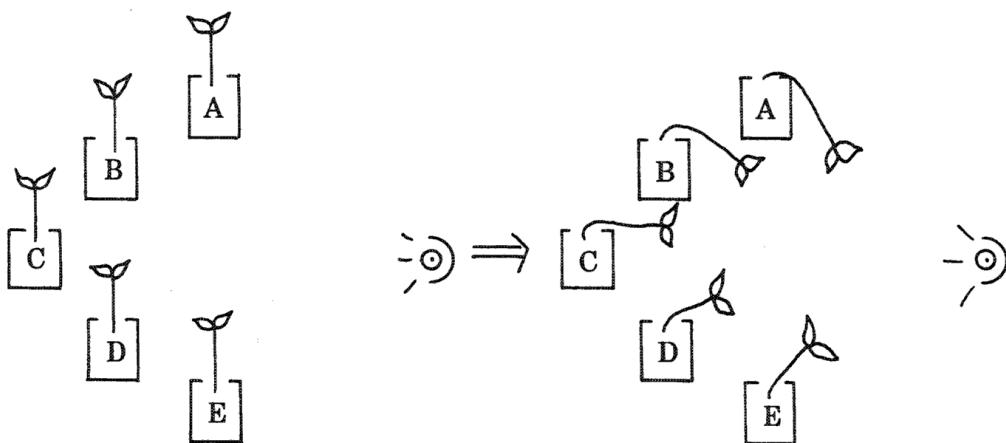
2. 植物：綠豆幼苗（5cm高）200株

3. 方法：(1)同實驗五方法(1)。

- (2) 將生長室內的生長架安裝成A(+30°)、B(+22°)、C(0°)、D(-25°)、E(-32°)、5組，調整與光源的距離為69cm。
- (3) 另有自然光組與不照光組各16株作為對照組。
- (4) 定時測量生長情形，記錄繪製生長圖與彎曲角度。
- (5) 進行光由側面來（正放、倒放生長）、光由正面來（水平橫放）、光由背面來（反向橫放）等植物生長實驗。

4. 結果：(1) 光從側面來時對綠豆幼苗莖生長方向的影響：

① 綠豆幼苗正放時：

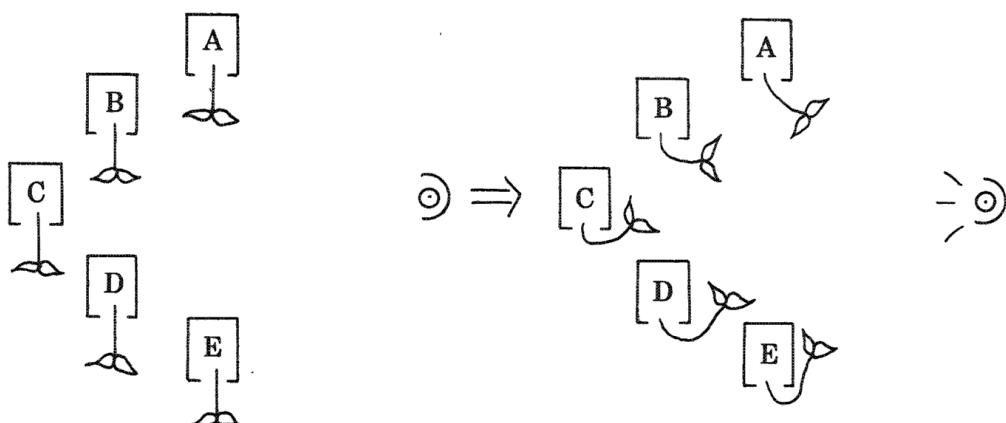


圖六一-1：側光橫照射時正放的綠豆幼苗生長示意圖

發現：(1) 綠豆幼苗的莖都明顯的趨向光來的方向生長。

(2) 當植物的莖產生偏離時有時會出現弧線或多段式的轉折，所以我們決定採用多段式座標測量方法，並根據數值以5：1的縮小比例會出植物生長的情形。

② 綠豆幼苗倒放時：



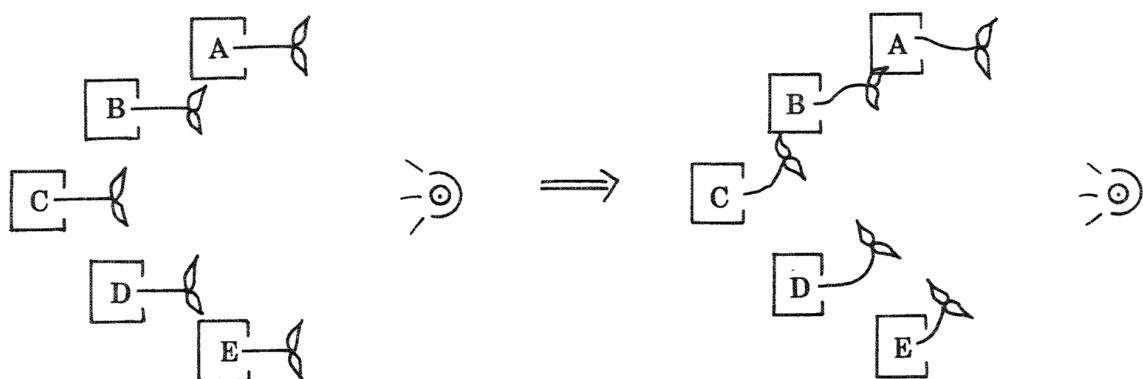
圖六一-2：側光照射時倒放的綠豆幼苗生長示意圖

發現：(1) 大致而言，倒放生長的綠豆幼苗受到光照後，依然出現趨向光源

生長的現象，比較A、B組偏離的角度時，則B組近於90°而大於A組。C組、D組、E組幼苗都向上彎起，初生葉都明顯的向光。

(2)在B、D、E組部份，豆苗原略為向光彎曲，但在第三天又偏向原來的生長方向，甚至於有些會背向光源生長。

(2)光從正面來時對綠豆幼苗莖生長方向的影響：

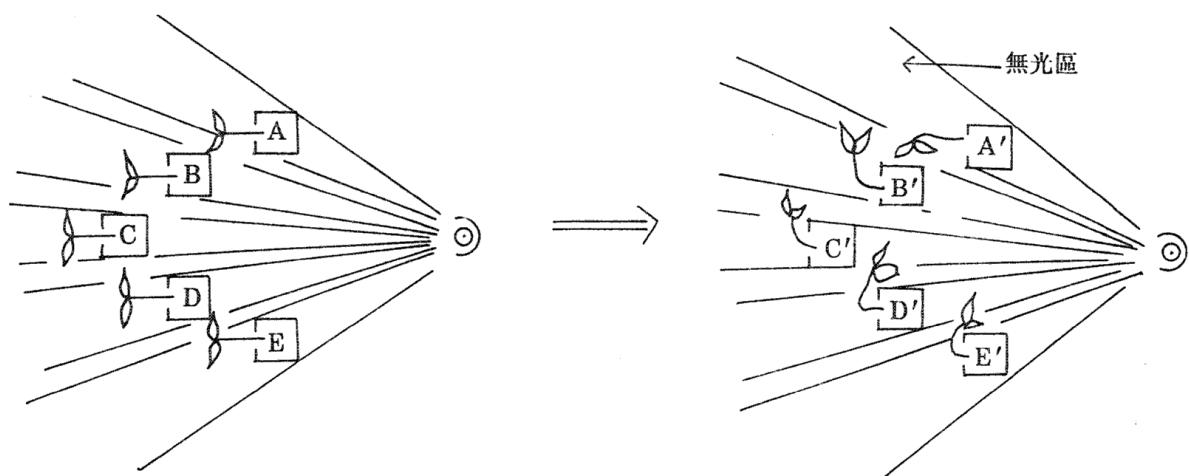


圖六-2：側光照射時橫放的綠豆幼苗生長示意圖

發現：向光橫放時，幼苗都會傾向光源，A、B、C組的情形較為特殊，C組稍微向上彎曲，而A、B並未向下指向光源，而向上彎的角度以C組>B組>A組；比較D、E向上彎角度，則是E組>C組。

(3)光從背面來時對綠豆幼苗莖生長方向的影響：

表六-3：綠豆幼苗反向橫放的生長彎曲角度記錄（略）



圖六-3：側光照射時反向橫放的綠豆幼苗生長示意圖

發現：生長顯示A組先水平向上彎後再向下生長，而B組→E組的莖、葉都向後翻轉迎向光源，而莖彎曲角度以E組最大，依序遞減，B組最小。

(4)自然光和不照光時，對綠豆幼苗莖生長方向的影響：

照光情形 放置方式	自然光	不照光
正放	↑光	↑
倒放	↓光	↓叶
横放	←光	←叶
反向横放	→光	→叶

圖六-4：對照組綠豆幼苗生長示意圖

發現：綠豆幼苗無論放在窗邊櫃子上（自然光組），或是放在黑暗的生長架中（不照光組），不分正放、倒放、橫放、反向橫放，結果都是向上彎曲莖頂朝上生長。實驗開始大約在2~3小時後，就可以看到它們開始向上彎曲了。

實驗七：探討不同角度的光照對鳳仙花莖生長方向的影響。

1.材料：不透光植物生長室、90W日光燈、尺、量角器、澆水器、棉花、布丁杯。

2.植物：鳳仙花幼株80株

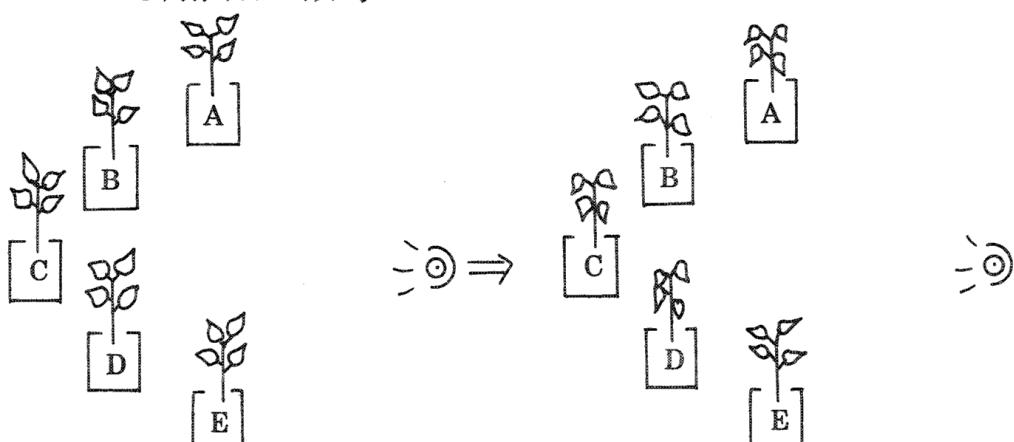
3.方法：(1)將鳳仙花幼株移植於布丁杯中。

(2)其餘同實驗六方法(2)~(5)。鳳仙花，每組3株。

(3)定時測量生長情形，記錄繪製生長圖與彎曲角度。

4.結果：(1)光從側面來時對鳳仙花莖生長方向的影響：

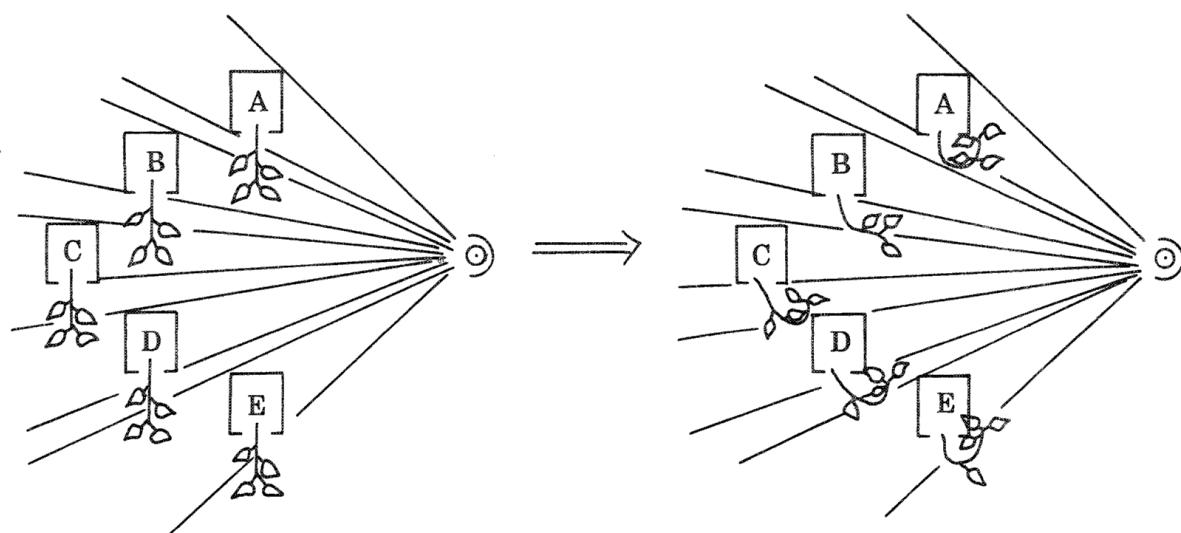
①鳳仙花正放時：



圖七-1-1：正放鳳仙花受側光照射時的生長示意圖

發現：鳳仙花正放，接受側面來的光時，並沒有出現明顯的向光彎曲的現象。但是不論在哪一組，葉面都明顯的朝向光源，與光線來源成將近 90° 的角度；尤其是C組的葉面幾乎是垂直的生長，而D、E組是傾斜向上，A、B組則垂直向莖生長。

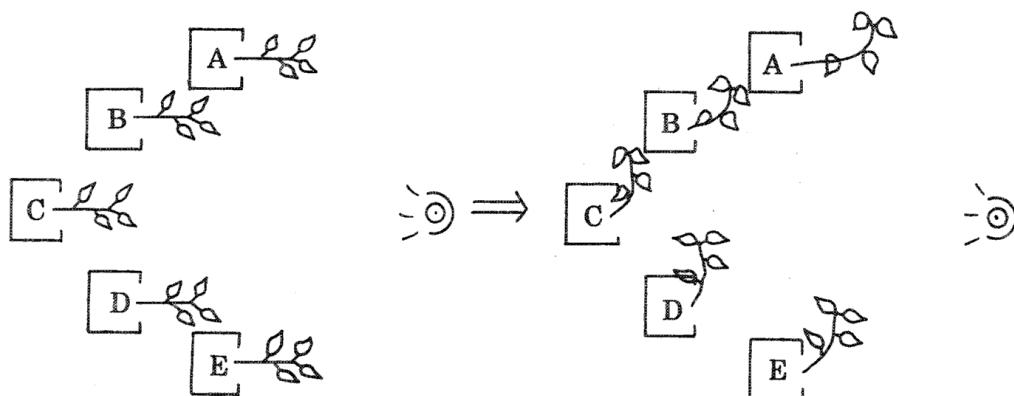
(2)鳳仙花倒放時：



圖七-1-2：倒放鳳仙花受側光照射時的生長示意圖

發現：鳳仙花倒放生長，不論在哪一組都在10小時後出現向上彎曲生長的現象，第22小時後彎曲的情形就很明顯了。C、D、E組的莖頂都已向上生長，葉片更明顯的面對光源；比較A、B組發現A組上彎的情形大於B組，這個結果與實驗六-1-2中的A組綠豆幼苗的反應不一樣。

(2)光從正面來時對鳳仙花莖生長方向的影響：



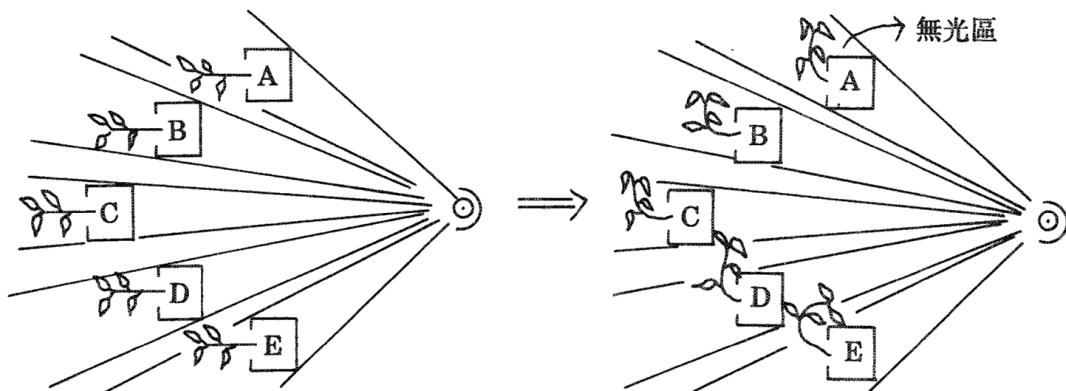
圖七-2：鳳仙花正向光源橫放生長示意圖

發現：①不論位於哪個生長位置，葉面都一律向著光源，葉片與光源呈大約 90° 左右的交角。

②莖都向上彎曲生長：在A組，只有莖頂部份向上彎曲，其餘維持

持水平生長。以C組來看，受光照射後莖成近90°的向上偏離現象，D、E組出現明顯的上彎生長。

(3)光從背面來時對鳳仙花莖生長方向的影響：



圖七-3：鳳仙花背向光源橫放生長示意圖

發現：①雖然背向光源，但各組植物依舊向上方彎曲生長，葉面也仍舊朝向光源，就上彎的角度來比較E組>D組>C組>B組>A組。

②實驗開始時，A、B、C組鳳仙花均只能接受到很少的光線，結果確很明顯的向上彎曲。而D、E組植物可以接受到較多的光線，向上彎曲的角度反而較小，這樣的結果說明了鳳仙花背光放置時，光較少時，莖向上彎曲的程度反而較小。

(4)不照光與自然光對鳳仙花莖生長方向的影響：

照光情形 放置方式	自然光	不照光

圖七-4：對照組鳳仙花生長方向示意圖

由結果顯示：

①不照光組：正放組不受位置影響均向上生長。倒放組都明顯的折返向

上彎曲，最後幾乎是 180° 的轉向。橫放組也向上彎曲，但角度小於 90° ，比有照光的彎曲角度小。

②自然光組：正放組向上生長，有時會朝向窗戶。倒放組明顯的折返向上，但上彎的角度小於 180° 。橫放組向上彎曲。背光橫放上彎角度明顯而葉片翻向光源處生長。

研究四：探討不同強度的光源對植物向性的影響。

實驗八：不同強度的光照對綠豆幼苗莖生長方向的影響

1.材料：紙箱（ $15 \times 30 \times 40\text{cm}$ ）、20、40、60、100W鎢絲燈泡。尺、量角器、澆光器、黑色底片盒、棉花。

2.植物：綠豆幼苗36株

3.方法：(1)同實驗五的方法(1)。

(2)將紙箱 $15 \times 30\text{cm}$ 一側中央開直徑 5cm 的圓洞。

(3)將綠豆幼苗移入紙箱中水平橫放每組4株。

(4)另有自然光組4株與不照光組4株作為對照組。

(5)定時測量生長情形，記錄繪製生長圖與彎曲角度。

4.結果：(1)在自然光下生長時，綠豆苗在4小時之內，就出現向上彎曲生長的現象，反應很明顯。

(2)不照光組在1小時後，就出現向上彎曲的現象，很明顯的背地生長。

(3)照光組裏綠豆苗莖明顯向光彎曲，彎曲的角度為 $60\text{W} > 40\text{W} > 20\text{W}$ ，但到 100W 光照時，初生葉較成熟的幼苗向上彎、背光生長，而較幼小的幼苗則出生葉與幼莖都向光生長。

5.發現：隨著光強度的增加，向光彎曲生長的角度也越大，但當光線增強到某一程度時(100W)，植物體可能就減緩光對他的影響力，而同時較成熟的幼苗反應也較明顯。

實驗九：不同強度的光照對鳳仙花幼株莖生長方向的影響

1.材料：同實驗八。

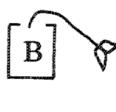
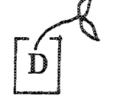
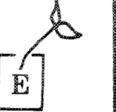
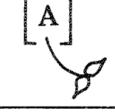
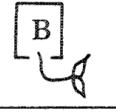
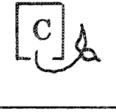
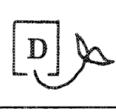
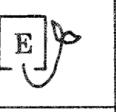
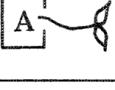
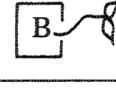
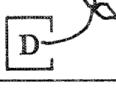
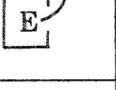
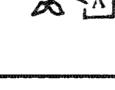
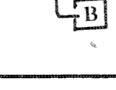
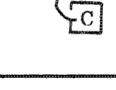
2.植物：鳳仙花幼株16株

3.方法：同實驗八。

4.結果發現：由下方來的光線並不能使得鳳仙花向光源生長，背光彎曲的程度是 $20\text{W} > 40\text{W} > 60\text{W}$ ，而受 60W 燈光照射的鳳仙花幾乎呈水平生長(上偏角度為 0° 左右)，但到了 100W 時，植物又出現向上彎曲的情形，上彎角度小於 20W 。

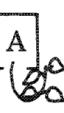
六、結果與討論

- 1.種子發芽後還沒長出葉子前，幼莖沒有一定的生長方向，但長出葉子後，不但葉面朝向光源，而且莖也會彎向光源，可見幼苗表現出向光性的原因可能是和葉子有關係。
- 2.在綠豆幼苗及鳳仙花的各組實驗中，無論莖是否有彎曲的現象、彎曲的角度大或小，它們的葉面都有朝向光源的情形，而且常在實驗開始大約一小時左右，就可看到葉面已朝向光源，然後莖才會逐漸的彎向光源。所以我們認為葉子有非常強的向光性。
- 3.光線從不同的方向來時，對綠豆幼苗的生長產生不同的影響：

綠豆		A組	B組	C組	D組	E組
光源						
側面						
						
正面						
背面						

豆子對光照的影響極為敏感，以側光倒放組與背光橫放組的彎曲角度最大。在接受側面光照射時，倒放生長彎曲角大於正放生長組，因為倒放的豆子受光角度增加，所以在背地性的表現下，產生了極大的彎曲角度；在橫放時，在相同的背地性影響下，背光生長組向後翻轉生長的表現，更顯出植物對光的需要。

- 4.光線從不同的方向來時，對鳳仙花所產生的影響也有些不同：

光源		鳳仙花	A組	B組	C組	D組	E組
側面	A						
	A						
正面	A						
背面	A						

當光從不同方向來時，與植物原來生長的方向產生極大的差異，以光從背面來的差異最大，反應最大，彎曲的程度越大。比較實驗六與實驗七，可以看出在同樣的光源裝置下，綠豆幼苗莖向著光源彎曲生長的程度比較大，表示光對綠豆幼苗莖的生長有比較明顯的影響；若在與實驗三比較，那麼發芽幼苗向光的情形更明顯，在出生葉長出後很快的隨光源的變化而改變莖的生長方向，因此我們認為植物越幼嫩，對光照越敏感，光對它們生長方向的影響也越明顯。

5. 實驗六－2每個小時記錄一次的詳細觀察後，發現生長彎曲角度在各組都出現了角度由小變大然後再變小的情形，且反覆的出現，似乎綠豆幼苗在生長時會有擺動的現象。光度增加時，可以使植物的莖更向著光照的來向彎曲，但是光度太強時，反而會使莖向著光源的彎曲的程度變小，所以我們認為植物雖然需要光，會向著光源方向生長，但它們對光強度的需要有一定的範圍，並不是越多越好。

6. 大多數植物的莖是直立向上的，主要是受到莖有背地生長特性的影響。不論植物受到何種外力而改變生長的狀態，不久又會向上生長，若同時受到某方向的光照，則莖出現向上但偏向光源生長的情形，偏離的情形則與光照的角度及強弱有關。所以植物莖的生長狀態是受到背地性與向光性……等因素共同表現的結果。

7. 植物受到光度較低的光線照射時而產生的向光性反應是否會隨時間的增加

而達到與受強光照射一樣的反應呢？在實驗九中4天的觀察期中並沒有出現這樣的現象。所以應增加觀察時間，以做進一步的觀察討論。

七、結論

1. 植物受光照射而產生莖、葉偏向光源的現象，不論在成體、幼株或剛發芽的幼苗都會出現，但成熟的植物大都只表現在小枝條與葉片上，越幼嫩的植物向光彎曲的現象越明顯。而偏向的程度隨植物生長的狀態（正、橫、倒放），受光照的方向、角度與強弱，植物體的個別差異等因素的影響而出現不同的偏離情形，其中以剛長出初生葉的幼苗對光照的反應最敏感。
2. 當植物受到一定角度的光線照射，彎曲的角度達到一定限度後就維持現狀。對豆子而言，在2~4小時左右就達到向光彎曲的最大限度，而鳳仙花在2天之內亦會達到極限。
3. 光的強弱對植物的影響有一定的限度，在此限度之內光照越強，受光影響的情形越明顯，但超過此限度時，很可能受植物體本身因素的影響而減少或不產生向光反應的現象。
4. 植物生長的狀態受到本身的背地生長與外在因素（如：光照等）的影響，所以植物的生長並不是朝一定方向一直生長，若外在因素較強或長時間出現一直影響植物，則植物會呈現出對此刺激的反應。

八、參考資料

- 1.嘿！往哪裡跑 台北市科展第 屆
- 2.推動搖籃的手—電磁對植物生長影響的探討 全國科展第33屆 興南國小
- 3.雨後天晴—水滴透鏡 對植物生長的影響 全國科展第 屆 國光國小
- 4.奇妙的燈光與綠豆的生長 全國科展第22屆 三重修德國小
- 5.普通植物學 易希道等 環球出版社
- 6.植物學大辭典 李亮恭、劉棠瑞
- 7.牛頓研習百科—植物 牛頓出版社
- 8.環華百科全書 環華出版社
- 9.植物的運動 圖文出版社
- 10.學生智慧金庫 陽明出版社

評 語

本論文以綠豆幼苗、鳳仙花、及12種其他植物種子，以不同光源角度及不同光照強度來處理上述植物，以探討向光性、背地性及生長彎曲角度的現象與機制。整體而言，本論文的研究內容，三面均兼顧，所得結果正確，另有創新的結論，本論文祇討論植物地上部的向光性而忽略了根部的背光性，因兩者息息相關，所以是本作品美中不足之處。