

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031710

植物之記憶和磁場的關係

學校名稱：臺中市立漢口國民中學

作者： 國一 朱俗華 國一 蒲姿妙 國一 林君豪 國一 黃麒翰	指導老師： 黃聖菁 葉美燕
---	---------------------

關鍵詞：磁場 植物的記憶 水源

摘要

候鳥與蜜蜂會利用地球磁場來辨識方向，因此我們不免要問：磁場除了幫助動物外，是否也能帶給植物任何好處呢？鑑於植物生長的首要條件是水，因此我們大膽猜想：磁場是否能幫助根記憶水源的精確方位？於是我們進行探索，首先我們發現磁場會造成綠豆芽的根轉向磁指北極，且磁場會使植物的根生長速率加快；再者，我們也利用含羞草驗證長久以來人們的疑問，確認植物有記憶的功能。更透過綠豆芽的實驗，了解到對植物的根可能的向性排序是：水的向性 > 重力的向性 > 磁的向性。最後我們證實綠豆芽的根在磁場的幫助下確實可能記憶水源的精確方位。妥善運用我們的實驗結果，應該可以進一步利用植物的本能，讓植物可以在人類未來的外星基地順利生長。

壹、 研究動機

國中自然課本第一冊第五章植物對環境的感應的教材中提到，生物會對外來的刺激產生不同的反應，就算是沒有神經系統的植物，同樣也能接受環境中的刺激，而產生生理上的反應，甚至外觀上的變化，如含羞草。接著我們又在《植物的秘密生命》一書中，看到磁場會影響植物生長的描述；心中立刻呈現一個問題：動物會對磁場做出反應，甚至是用來辨別方向，那植物是不是也會如此呢？

因此，我們就躍躍欲試的想用綠豆芽做實驗，了解磁場是不是會影響植物的生長，甚至幫助植物辨別方向。

貳、 研究目的

研究並探索植物的根是否會利用磁場來幫助記憶水源的位向；所以我們把目的分成五個階段性的目標來實現，分別解答下列的問題：

- 一、磁場是否會影響根的偏向
- 二、磁場是否會影響根的生長速率
- 三、植物是否會記憶
- 四、根多久可找到水源
- 五、磁場是否會幫助根記憶水源的位向

參、 研究器材

燒杯 250ml 及 1000ml、天平、綠豆、軟磁貼片、鐵片、過濾網、炮竹糖殼、尿布、粉絲、三用電表、含羞草、抗黴菌內服藥、電擊器（變壓整流器）、醋酸、電鑽、吸水紙、指南針、塑膠管、封口袋、鋁箔紙、碼錶、微電流放大及顯示電路器、旋轉盤（見圖 1、2、3、4、5）



圖 1. 器材

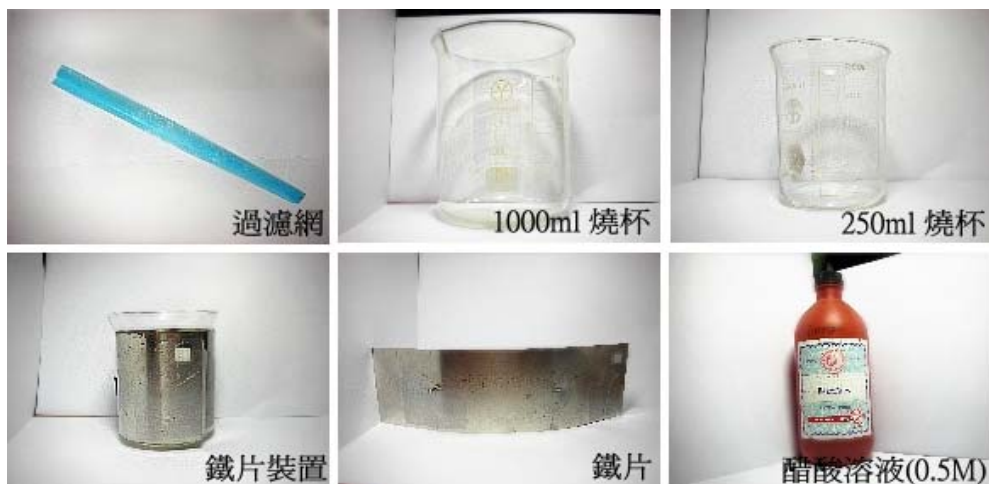


圖 2. 器材



圖 3. 器材



圖 4. 器材



圖 5. 器材

肆、 研究方法與研究過程

一、研究方法：

(一)粉絲的處理：

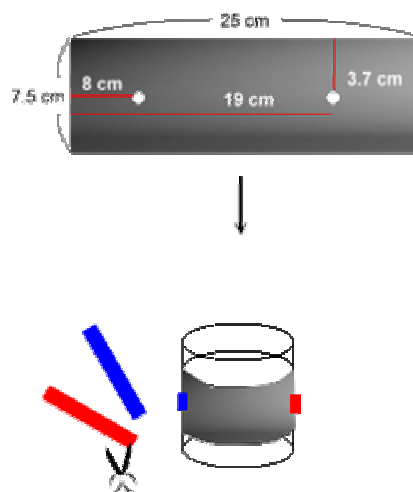
1. 先將粉絲泡在抗黴溶液中八小時，隨後在平底鍋乾烤六分鐘。爲了防止粉絲黏住，要不斷以筷子攪動，或在六分鐘後以剪刀稍微剪開。
2. 以三用電表來檢測粉絲的乾度，來達到控制粉絲溼度的效果。檢測的方法是以探針輕觸粉絲表面，間距二公分，量出其電阻值。
3. 隨機抽取一條粉絲，裁剪成四十公分，將粉絲分成二十個區塊，依序測量每一個區塊之電阻，並求平均值爲 32.8Ω 。

(二)抗黴的材料：

1. 將克黴內服藥溶入 1000c.c 的水中，使水溶液達到飽和。
2. 以藥粉溶液浸泡粉絲 8 小時，隨後燒烤粉絲 6 分鐘。粉絲到第七天才發黴，且不影響綠豆的生長。(不加抗黴藥粉的粉絲，三到四天就會發黴)

(三)磁場的製作：

1. 250ml 的燒杯：長 25cm 寬 7.5cm 的鐵片鑽洞：於距左端長 8cm 和長 19cm 處鑽直徑 3mm 的洞。將 N 極、S 極軟磁貼片分別覆蓋在洞外(N、S 極用指南針測試)，包在燒杯外，並使兩個洞位於直徑的兩端。(如右圖所示)
2. 1000ml 的燒杯：將上述鐵片 2 片在包覆燒杯後的直徑兩端作記號，並於取下時各鑽一個洞。每個洞分別以五個軟磁貼片覆蓋
3. 簡易型磁場：將兩顆強力磁鐵直接用黏土黏附在燒杯直徑的兩端，且一磁鐵 N 極與另一磁鐵 S 極相向。



(四)水源的製作：

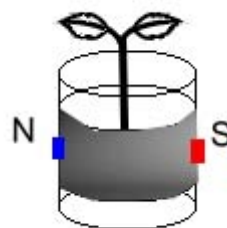
1. 方法一：直徑 1cm、長 4.5cm 塑膠管裝入已捲起的吸水紙 (4.5cm×6.3cm)，放入水中 5 分鐘當作水源。
2. 方法二：尿布中的吸水材料 2g 加上 70c.c.的水

二、研究過程：

問題一：磁場會不會讓根偏向？

實驗方法：

依研究方法中所述方法來製造磁場。將綠豆放在燒杯中央，根尖高度比 NS 極連線約高 2~3cm，加水待其生長並觀察其根的偏向。



實驗結果：

(一) 種 10 株，根全部偏向 N 極（實驗結果如圖 6）；偏角 θ 列於表 1 中：

表 1. 綠豆芽根在磁場中的偏轉角度表

綠豆 結果	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
偏角 θ	50°	60°	60°	60°	45°	35°	40°	40°	40°	35°

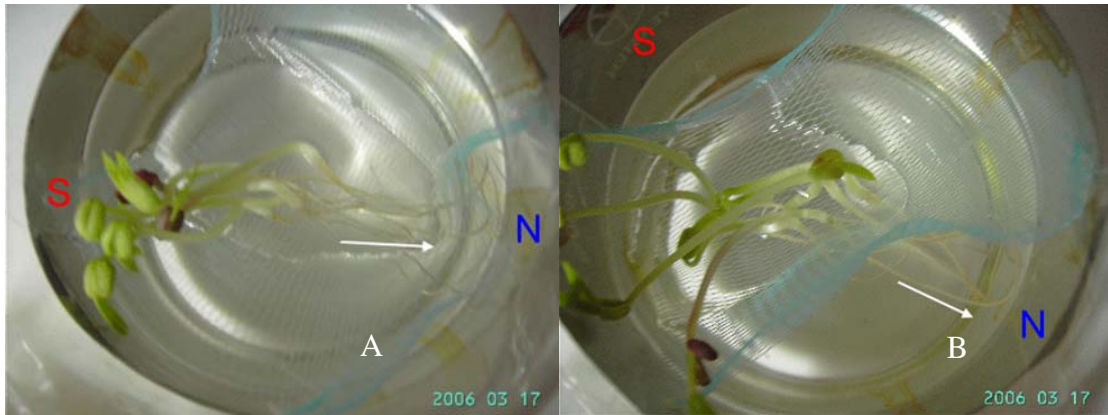
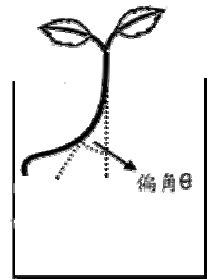


圖 6. 綠豆芽根在磁場中的偏轉結果

A 綠豆 A、B、C、D、E

B 綠豆 F、G、H、I、J

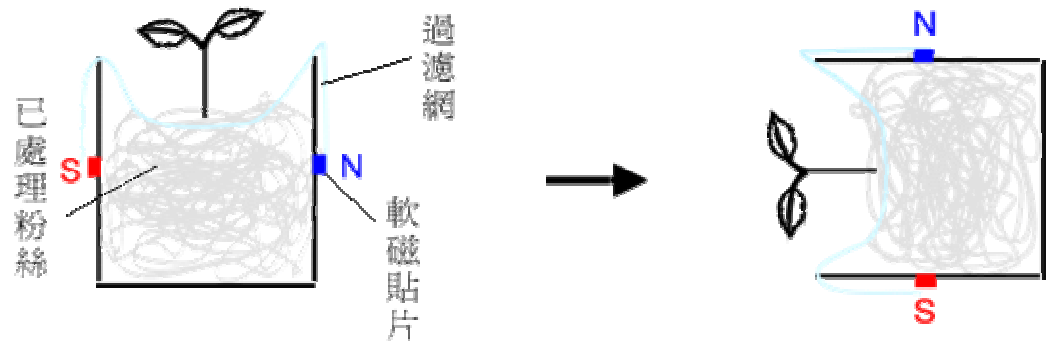
(二) 因為根偏向 N 極後會回轉往 S 極方向生長，因此我們再進一步觀察根碰到杯壁後返回的走向與垂直杯壁之角度（折返角），結果如表 2：

表 2. 折返角與磁場強度關係表

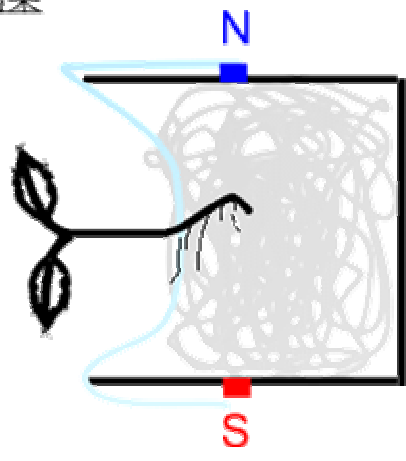
施加磁場 結果	根碰到 N 極仍持續加磁場	根碰到 N 極後不加磁場
折返角	大	小

(三) 因為在問題一的實驗二中碰到 N 極後無論持續加或拿掉磁場後皆會偏向 S 極，可能是地磁所造成的影響；為了驗證這個現象是由於外加磁場與地磁方向未控制成完全平行所造成的結果，所以我們又做了第二組實驗：即重複上述之實驗，但將外加磁場與地磁方向控制成完全平行。實驗結果顯示根碰到 N 極後，不再偏回 S 極，而受重力影響的關係直接往下偏轉。

(四) 上述的實驗中，我們發現重力也是會影響偏轉角度的因素之一，為了追根究底，我們設計了將綠豆芽橫放，去探討究竟是重力還是磁場影響綠豆的根較大，實驗如下：



結果



如左圖，軸根會先向 N 極偏向些許，但重力隨重量增加而加大，所以軸根最後轉向下生長；而鬚根則是一開始就向下生長，磁場對其無任何影響

圖 7. 重力與磁場對綠豆芽根的影響實驗



圖 8. 重力與磁場對綠豆芽根的影響實驗結果



圖 9. 重力與磁場對綠豆芽根的影響實驗結果



圖 10. 重力與磁場對綠豆芽根的影響實驗結果

分析與歸納：

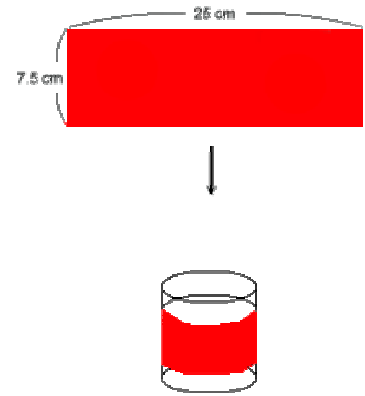
- (一) 外加磁場強度越大且與地磁方向平行時，根偏向合成 N 極傾向越明顯。
- (二) 雖然重力對根的影響大於磁力的影響，但是當磁場強度增強時，根尖可同時對

重力及磁的刺激反應。

問題二：磁場會不會影響根的生長速率？

實驗方法：

將長 25cm 寬 7.5cm 的軟磁貼片直接包覆 250ml 的燒杯，使綠豆生長在充滿磁場的環境中。(如右圖)



實驗結果：

(一) 根在包覆的磁場中的生長速率列於表 3 中

表 3. 根的生長速率與磁場強度關係表

長度(cm) 組別 日期	不加磁場						加磁場					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1/30	0.2	0.2	0	0.4	0.3	0.3	0.3	0.7	0.1	0.7	0.2	0.1
1/31	0.4	0.3	0.1	0.6	0.5	0.6	0.6	1.0	0.5	1.0	0.4	0.3
2/1	0.8	0.4	0.3	0.9	0.7	0.7	0.7	1.3	0.6	1.1	0.6	0.4
2/2	1.0	1.0	0.7	1.2	1.1	1.3	1.2	1.6	0.8	1.3	1.0	0.9
2/3	1.3	1.2	1.0	2.0	1.4	1.6	2.1	2.1	1.3	2.5	3.7	1.3
2/8	3.0	4.0	2.5	3.3	3.5	5.8	8.3	4.8	5.5	6.0	12.0	10.8
每天平均生長值	0.31	0.42	0.28	0.32	0.35	0.61	0.9	0.46	0.60	0.59	1.31	1.19
平均生長速率	0.38						0.84					

(二) 我們發現軟磁貼片的磁力並不是很均勻，且變化很大，因此影響綠豆的根生長速率的因素可能有兩種：(1) 磁力的變化大小，(2) 磁場的大小。所以我們改變加磁場的方式（依照研究方法中的簡易型磁場製作），並再做一次實驗：在對照組中用 5 個 250ml 的燒杯排成一直線，並使他們的的方向和地磁重疊（為了使其磁力增強），且在實驗組中則除了地磁外再加入十個強力磁鐵，如圖 11 使磁力成一直線。最後，觀察加入磁場的實驗組生長是否比未加入磁場的對照組快。

(三) 上述之實驗裝置圖列於圖 11 中，結果列於表 4 中。

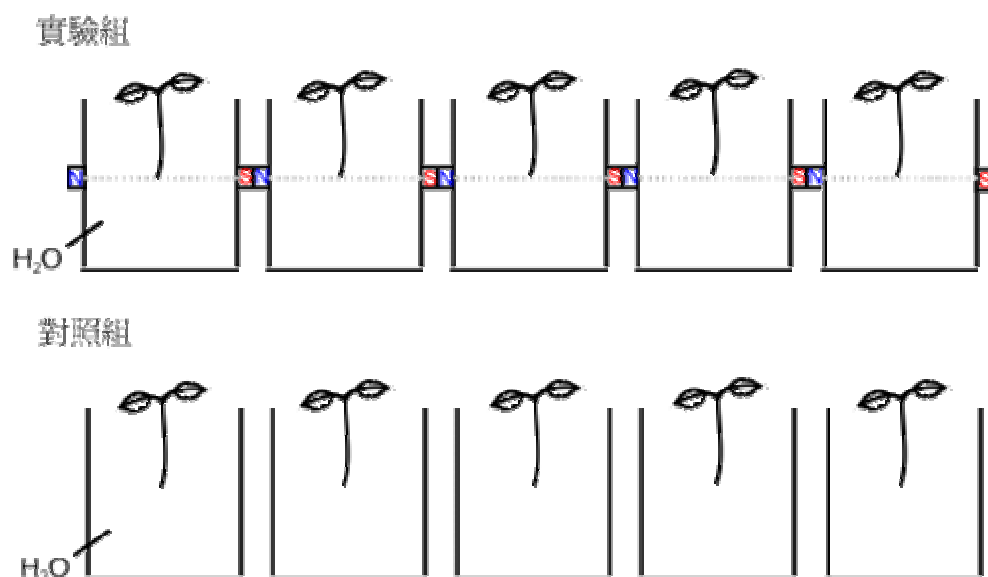


圖 11. 合成磁場會不會影響根的生長速率實驗裝置

表 4. 磁場影響根的生長速率實驗數據表

長度 (cm) 日期	組別	加磁場					不加磁場				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
5\7		3.5	3.5	3.6	3.3	2.7	3.4	3.9	2.3	4.8	6.3
5\8		5.3	5.0	5.5	4.3	3.7	4.2	8.5	4.1	8.4	9.5
5\9		9.6	11.6	13.2	9.3	7.0	11.0	18.5	6.8	12.7	18.5
5\10		14.4	18.5	19.4	14.0	10.4	17.1	22.1	11.9	14.0	24.4
5\11		19.3	26.1	29.2	15.0	21.8	24.5	25.5	16.9	23.1	27.9
5\13		20.0	26.2	33.3	15.9	25.3	23.7	25.2	21.2	25.2	26.8
每天平均 生長值		2.75	3.78	4.95	2.11	3.77	3.38	3.55	3.15	3.41	3.42
平均生長 速率		3.47					3.38				

分析與歸納：

- (一) 由表 4 數據分析結果中我們發現，即使磁力增大，但影響範圍變小，綠豆芽的根生長速率仍無太大改變。且為了確認加磁場生長的較快，所以刻意使用較長的幼苗當做對照組（一開始，對照組比實驗組平均高 0.62 公分，再加上 6 天後的差異是實驗組高了 0.09 cm，所以在 6 天內加磁場組比對照組平均高了 0.71 cm），因此 6 天後也終能證實有外加磁場的實驗組生長較快。
- (二) 外加磁場組及不外加磁場組皆可發現個別數據差異頗大，且以外加磁場組的差異較大；所以我們取平均來顯示根的生長速率。

問題三：植物有無記憶？

實驗方法：

- (一) 先在四株含羞草中選出生長狀況較良好的一株（枝葉較茂盛），對照組和實驗組全部都在同一株上。
- (二) 對照組之裝備：把微電流放大及顯示電路器的探針插入植物的莖，正極位於下方，負極位於上方，兩極約距二公分，並紀錄微電流放大及顯示電路器上顯示的電流數值。接下來分三組並分別做實驗。對照組一：不給予任何刺激，對照組二：加醋酸，對照組三：加電擊。
- (三) 醋酸的處理：把吸滿醋酸的衛生紙放入封口袋中（不要封住），在插入探針後的第三分鐘，開口面向葉片下方氣孔不斷擠壓封口袋兩分鐘，使醋酸的氣味直撲氣孔。
- (四) 加電擊之步驟：將電擊於插入探針後第三分鐘用 18V 的電擊器電，正極位於下方，負極位於上方，兩極約距一公分，一次電一秒，每次間隔一秒，共電三次。
- (五) 實驗組之訓練過程（記憶訓練）：於插入探針後第三分鐘給予葉片氣孔醋酸氣體，第六分鐘電擊；同一莖幹共做五次實驗組，實驗位置需不同。
- (六) 檢測記憶組（只加醋酸，不加電擊）：隔天再做第六次實驗，作為植物是否有記憶的連結之檢測。觀察第六次電流的下降情況是否與受訓過程的情況相似。
- (七) 注意：每次實驗都要間隔一段時間，確保植物恢復與原來相同的電解質。（如何確定含羞草恢復：每次把探針插入後電流值都是 6~8 mA，只要低於 6mA 就是尚未恢復）

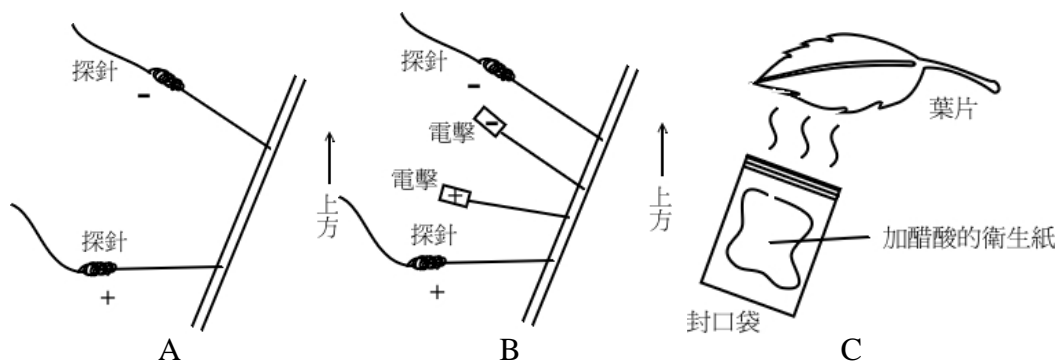


圖 12. 植物有無記憶實驗裝置

A 微電流放大及顯示電路器的探針插入植物的莖示意圖

B 電擊方式示意圖

C 薰醋酸方式示意圖



圖 13. 植物有無記憶實驗裝置---含羞草



圖 14. 植物有無記憶實驗裝置

實驗結果：

- (一) 實驗數據列於表 5 (第一株)、表 6 (第二株) 中；並畫成微電流隨時間變化圖 15。
- (二) 微電流隨時間變化圖中，第三分鐘至第六分鐘的微電流變化斜率為觀測之重點，因檢測記憶組在這時段內將會做出受電擊的反應。

(三) 電流變化折線中 (圖 15)，下降趨勢較慢者，表示其電阻變化較小 (或越不緊張!)。

表 5. 第一株受刺激後，微電流隨時間變化表

電流 時間 組別 (mA) (分鐘)	0	1	2	3	4	5	7	8	10
對照組(1)	8.1	4.8	3.1	2.5	2.0	1.7	1.1	1.0	0.9
對照組(2)醋酸	6.5	4.2	3.2	2.8	2.5	2.2	1.8	1.7	1.5
對照組(3)電擊	5.0	4.0	3.5	3.3	2.8	2.5	2.0	1.9	1.5
實驗組(1)	5.8	3.0	1.9	1.0	0.8	0.7	0.9	0.8	0.8
實驗組(2)	6.1	2.8	2.0	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8
實驗組(3)	6.8	3.9	2.9	2.5	2.5	2.3	1.5	1.4	1.1
實驗組(4)	6.5	4.9	3.6	2.8	2.5	2.0	1.0	0.9	0.6
實驗組(5)	5.8	3.5	2.9	2.3	2.0	1.5	2.2	1.8	1.3
檢測記憶組	6.0	3.0	2.3	1.9	1.5	1.2	1.0	0.8	0.5

表 6. 第二株受刺激後，微電流隨時間變化表

電流 時間 組別 (mA) (分鐘)	0	1	2	3	4	5	7	8	10
對照組(1)	6.2	4.1	3.2	2.8	2.4	2.1	1.8	1.6	1.4
對照組(2)醋酸	6.1	3.3	2.6	2.1	1.8	1.5	1.1	1.1	0.9
對照組(3)電擊	6.0	3.4	2.4	1.8	1.9	1.4	1.0	0.9	0.7
實驗組(1)	8.2	5.0	3.8	3.0	2.8	2.3	2.2	1.9	1.7
實驗組(2)	7.0	4.2	3.2	2.3	2.1	2.0	2.1	2.0	1.8
實驗組(3)	7.0	5.0	3.8	3.1	2.8	2.4	2.8	2.5	2.2
實驗組(4)	6.2	4.0	3.1	2.8	2.4	2.4	2.0	1.7	1.3
實驗組(5)	7.0	4.0	2.9	2.2	2.0	1.7	1.6	1.4	1.1
檢測記憶組	6.1	3.0	2.4	2.0	1.9	1.7	1.3	1.2	1.1

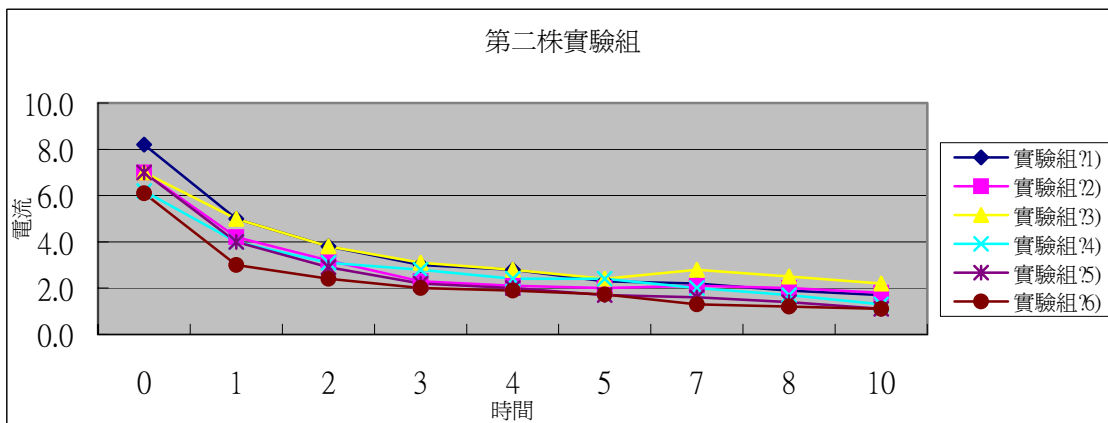
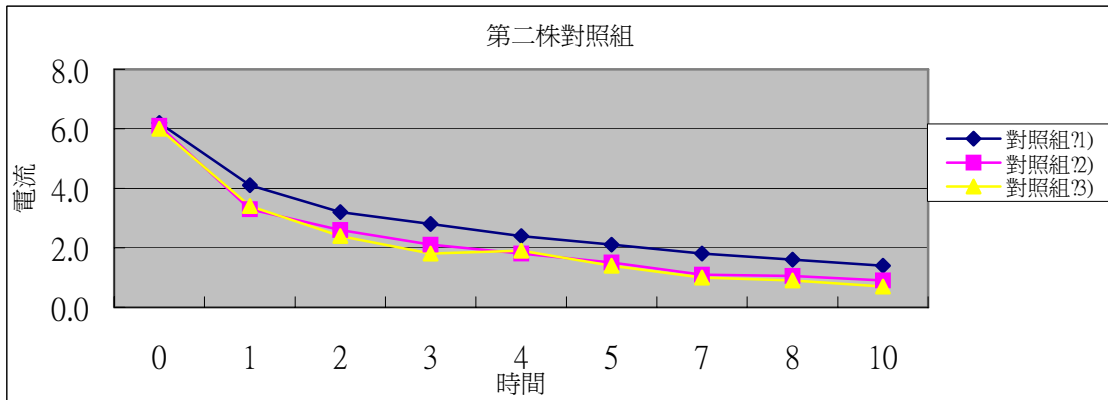
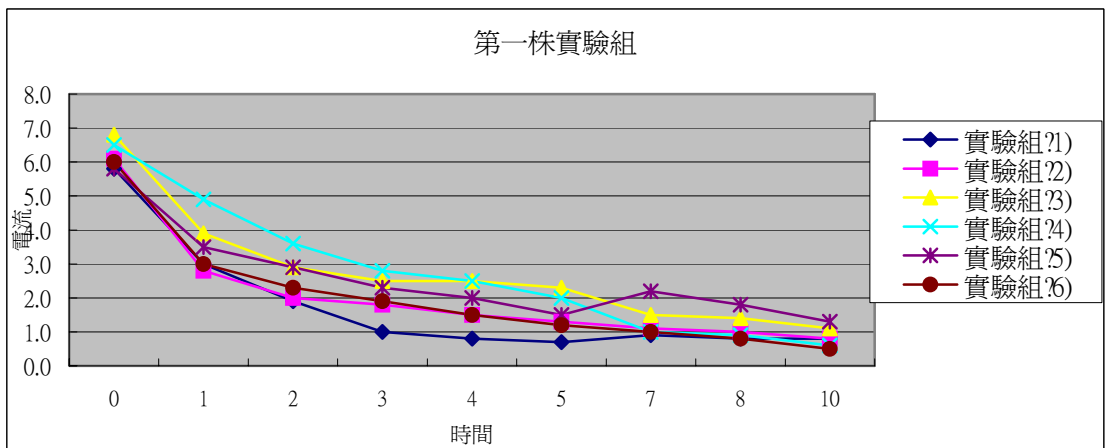
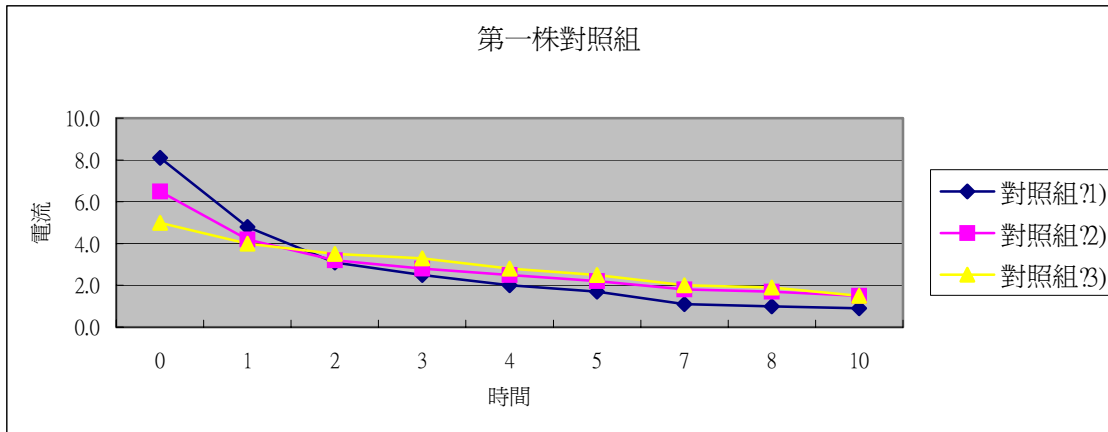


圖 15. 微電流隨時間變化圖 (時間單位：分鐘；電流單位：mA)

分析與歸納：

- (一) 在這個實驗中為什麼要測電流：因為人在緊張時，電解質減少，電阻變大，所以我們將這個現象類比到植物身上，當對植物施加壓力（電擊）時，也會導致其電解質減少，觀測到電阻變大，電流變小的現象。
- (二) 我們觀察到一個有趣的現象：在第一株的檢測記憶組中，加完醋酸後，植物的電流便馬上下降，與電擊完的電流下降情形相符合。我們於是大膽猜測，植物在受訓的過程中逐漸知道聞到醋酸後就會遭受到電擊。含羞草因此記憶住醋酸的味道，一旦聞到醋酸的味道就想起接下來要接受電擊，即使不給予電擊仍會做出受電擊之電流反應；據此，我們認為含羞草是有記憶功能的。
- (三) 我們可以調整電擊之針頭距離，及電擊電壓大小，使微電流的下降曲線在對照組及實驗組對比中呈現更大的差異。

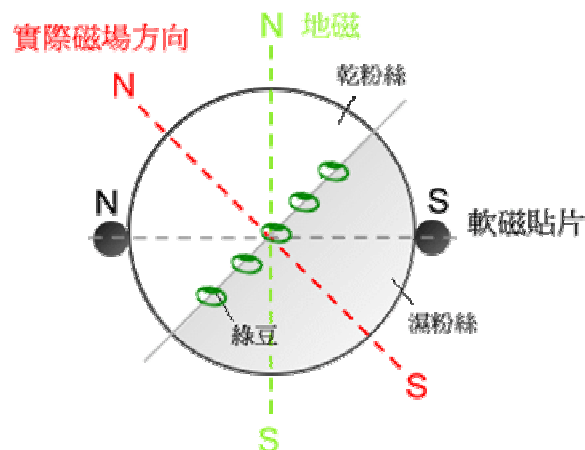
問題四：根多快可找到水源？

實驗方法：

- (一) 找出磁場和水源哪個對根的影響力比較大？

裝置示意圖及實驗說明如下：

實驗組：



如左圖，燒杯的直徑為乾、濕粉絲的交界處；使交界處垂直磁場，濕的那一邊與 S 極同側；在交界線上種植五株綠豆，觀察並紀錄。

圖 16. 磁場和水源對根的影響力實驗裝置示意圖及實驗說明

- (二) 根多快可找到水源？

將綠豆平躺在粉絲上，根朝水源，分別距離 2 公分、5 公分、8 公分。（如圖 19、20）

分別觀察並紀錄 24 小時內根是否偏向水源（接近及轉向）。

實驗結果：

- (一) 水源對根的影響力較磁場大，綠豆皆偏向濕的一方，如圖 17、18。
- (二) 綠豆芽的軸根必須接觸到水源，整個根才能偏向水源；並在十二小時的時間內作出反應，趨向水源才能存活。
- (三) 根並未反應出明顯的向水性：軸根在沒有阻礙下，並不會直接往水源生長，而是沒有特定方向的生長。



圖 17 水源和磁場對綠豆的影響實驗結果（加磁）



圖 18. 水源和磁場對綠豆的影響實驗結果（不加磁）



圖 19. 根多快可找到水源實驗



圖 20 根多快可找到水源實驗

分析與歸納：

- (一) 根的向水性大於向磁性
- (二) 根的方向與水源垂直時較不易辨識根是否會偏向水源，因此須將根置於在與水源平行之位向，才能清楚鑑別。

問題五：根是否會利用磁場方向來幫助記憶水源？

實驗方法：

實驗分三階段：

【第一階段-輸入記憶】

- (一) 用 1000ml 的燒杯 6 個，以磁鐵貼於直徑兩端，且磁場皆與地磁方向平行。挑選栽種 4~5 天的綠豆，且高度大於 5cm 者（6 株）。
- (二) 將水源與磁場呈 45 度。一開始，根尖側面接觸水源一端。上層覆蓋已處理過的粉絲，葉片露出。依此放置兩天，以輸入水源與磁場夾 45 度的記憶。（如圖 21）

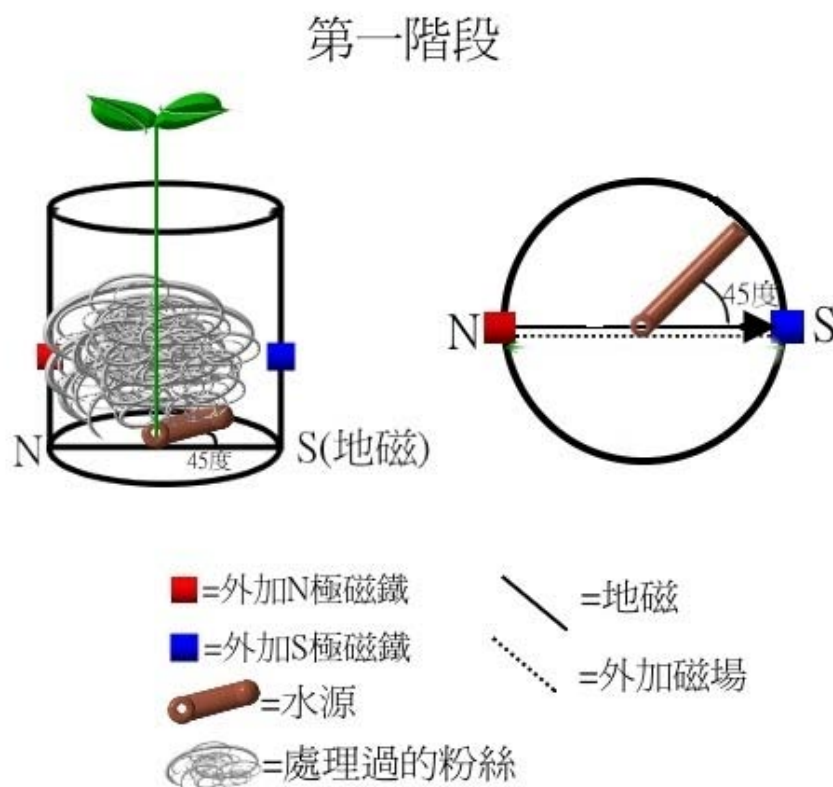


圖 21. 第一階段實驗示意圖

【第二階段-歸零】

把綠豆芽的根與水源豎立，再將根穿過內含水源的塑膠管，以使根的方向歸零（垂直地面）。以粉絲填充外側固定水源。其中有三組拿掉外加磁場（實驗組），另外三組不拿掉外加磁場（對照組）。拿掉外加磁場的三組，一組放置於旋轉盤（以平均消磁），另外兩組擺放磁力與地磁相同、但方向相反的磁鐵，以抵消地磁的影響。（如圖 22）

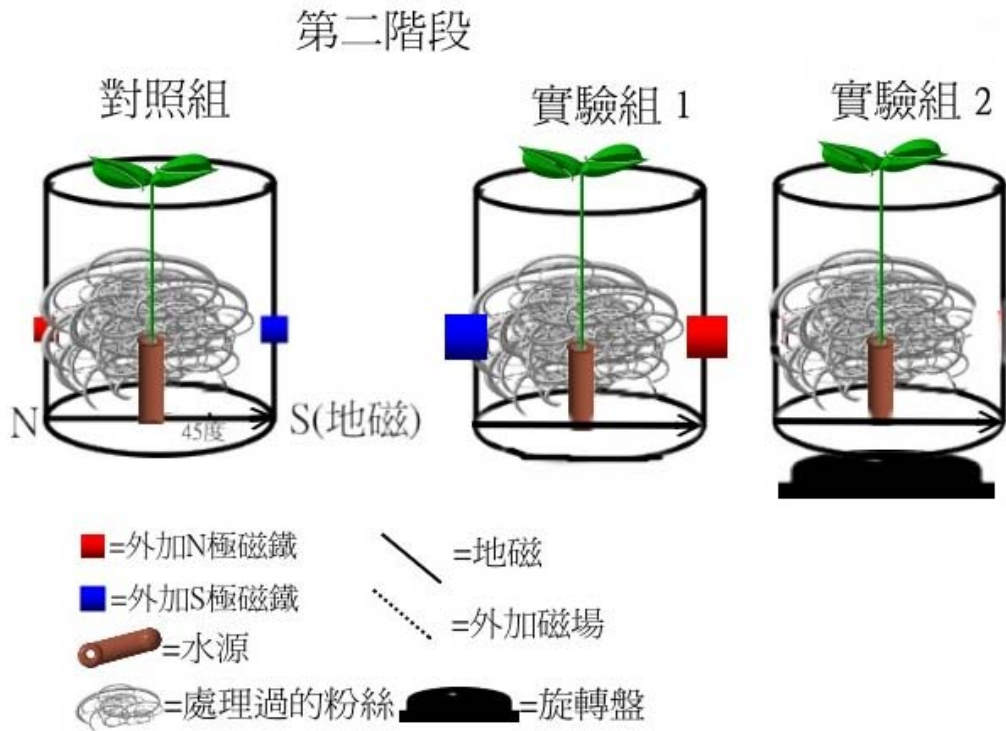


圖 22. 第二階段實驗示意圖

【第三階段-檢測磁場】

如圖 23，將合成磁場轉 90 度，觀察根的偏向是否也轉了 90 度，如果是的話，就證明根在磁場的幫助下記住了水源的方向。

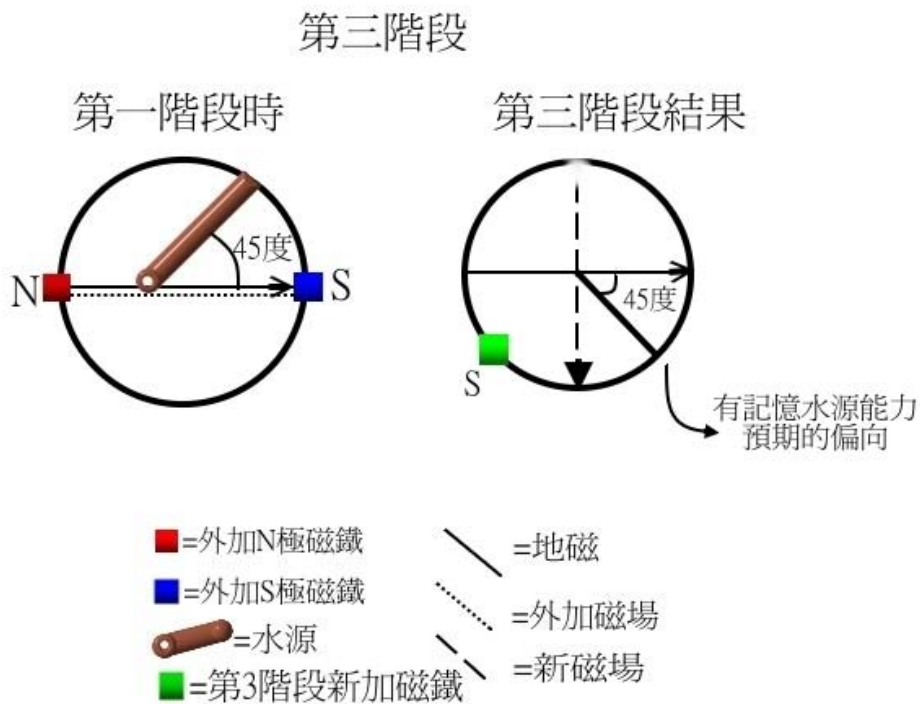


圖 23. 第三階段實驗示意圖

實驗結果：

如圖 25、26，在歸零階段時沒拿掉外加磁場的 3 組（對照組），百分之百，根尖皆偏向預定的方向（誤差在正負 10 度內）；如圖 27、28，有消磁的 2 組（實驗組）及平均消磁的 1 組（實驗組），根尖皆沒有偏向預定的方向（誤差超過正負 45 度內）。由此結果，推測磁場可幫助根記憶水源。

實驗結果

對照組(3組)

實驗組(2組)

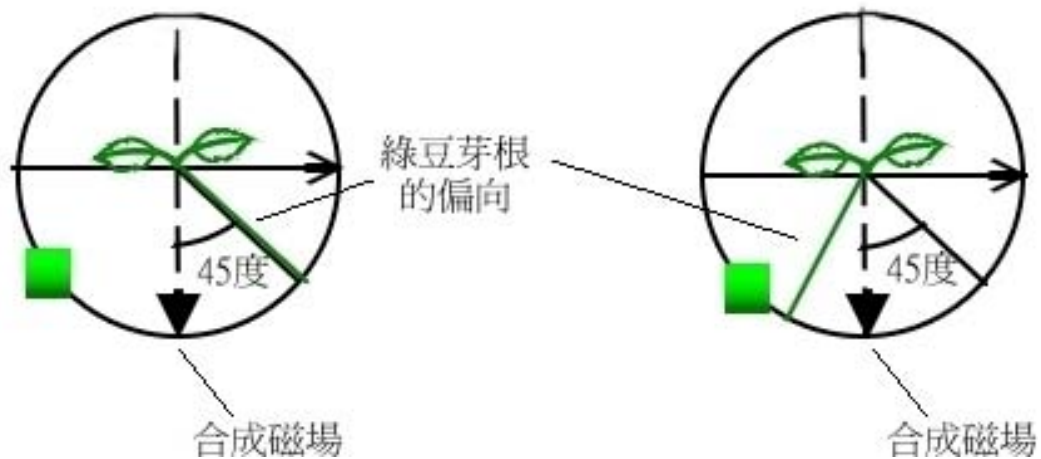


圖 24. 實驗結果示意圖

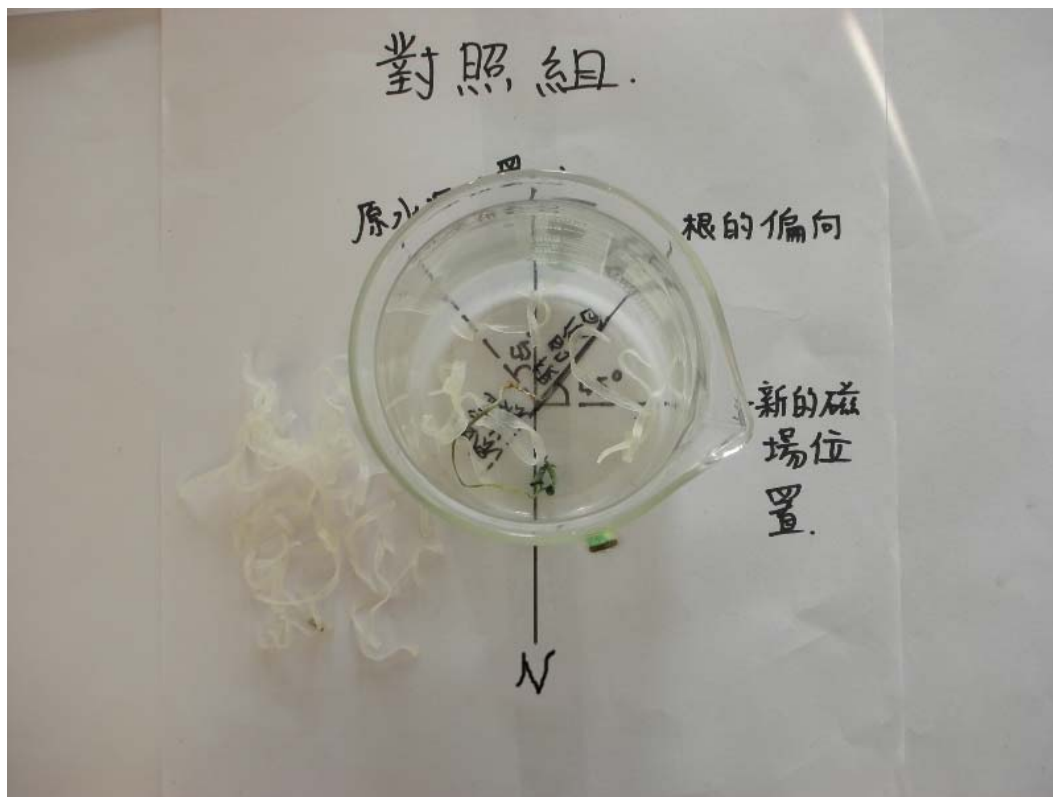


圖 25. 對照組實驗結果

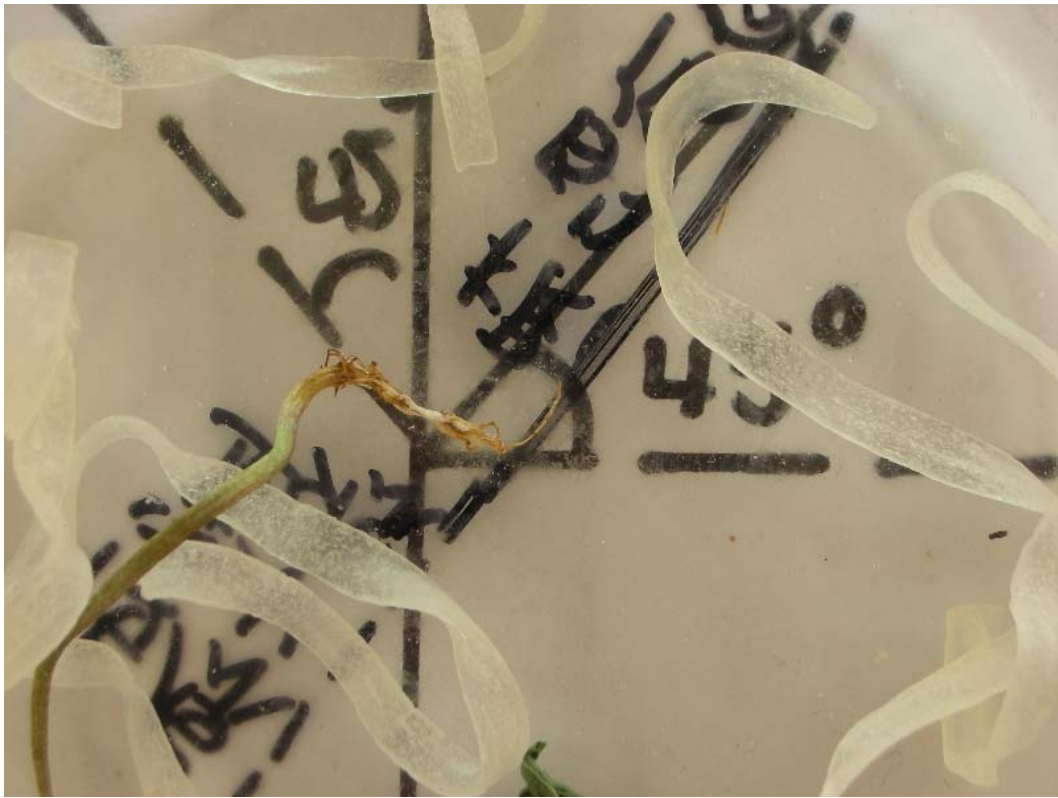


圖 26. 對照組實驗結果（細部放大圖）

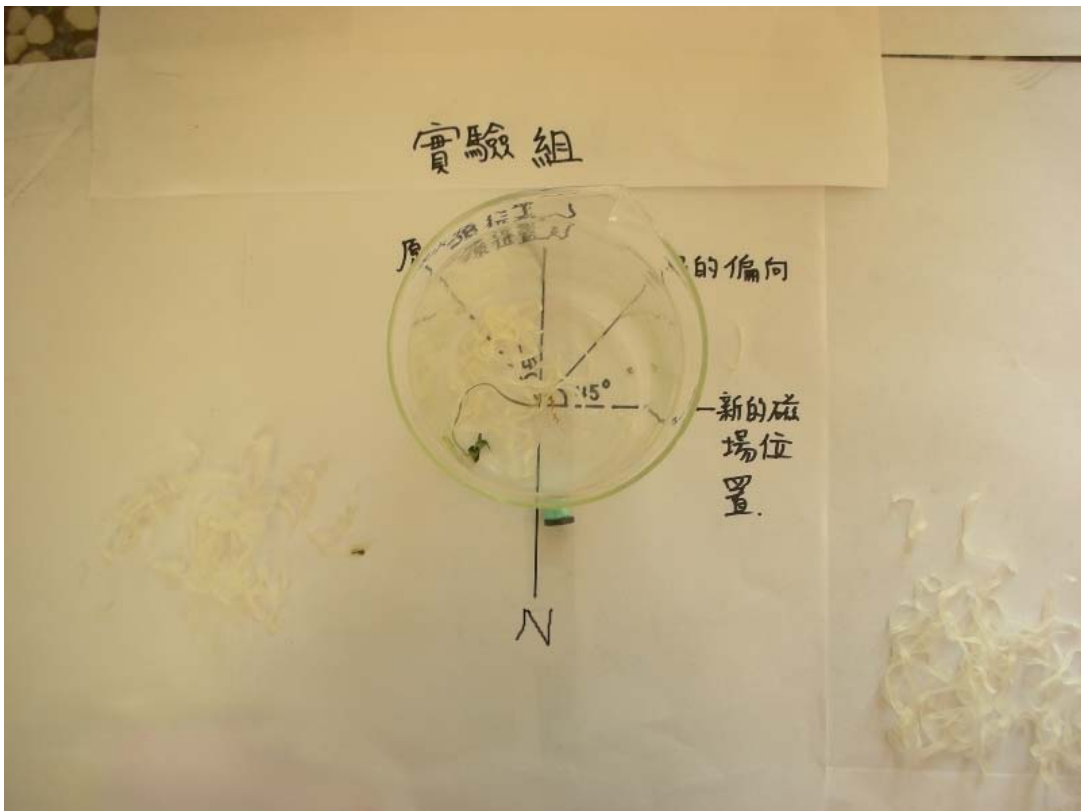


圖 27. 實驗組實驗結果

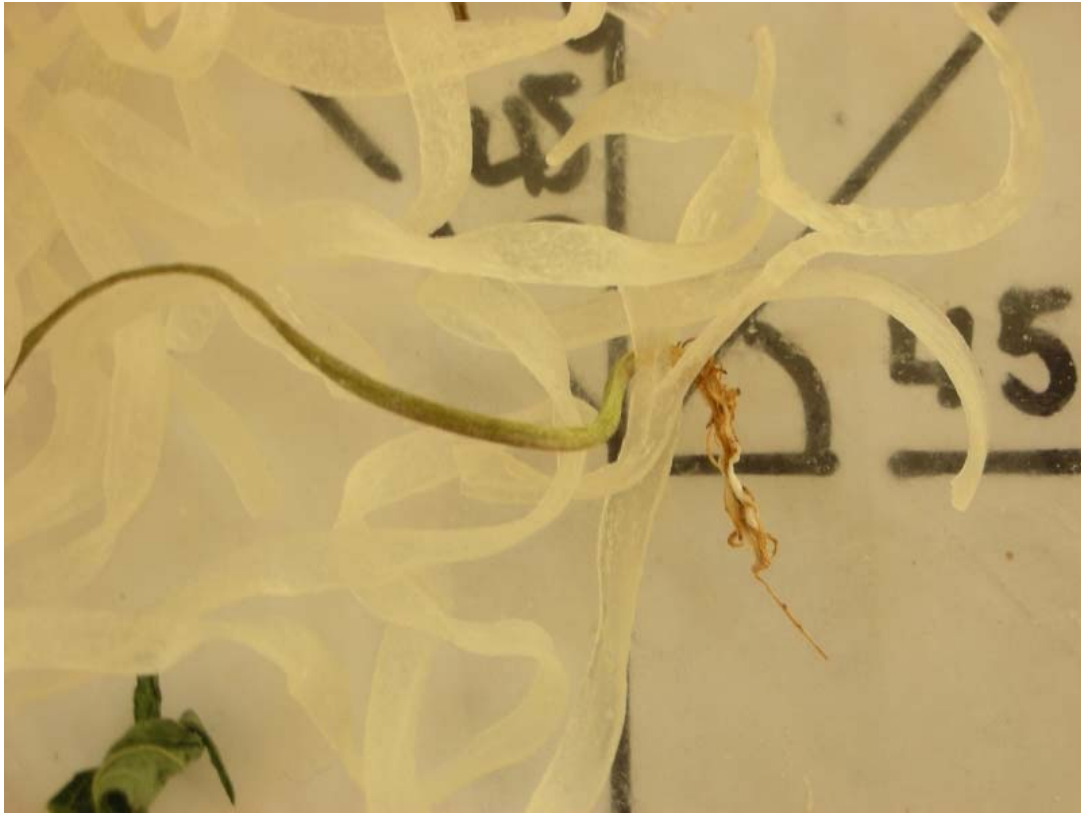


圖 28. 實驗組實驗結果（細部放大圖）

分析與歸納：

- (一) 令人訝異的是，從結果發現：對照組 3 組輸入的記憶較強，故根尖走向百分之百（3 組）呈現偏向預期中的方向；實驗組中，因部分記憶被消除，故沒有一組呈現偏向預期中的方向。
- (二) 爲什麼反而是實驗組沒有任何一組偏向預期的方向？未來，需更進一步的實驗，以便確認其原因。

伍、研究結果

- 一、磁場會造成植物的根轉向地磁的指北極，但是其生物意義則不像植物的根的向水性(取得維生的水源)及向地性(取得維生養份)那樣直觀;因此我們做出根在磁場的幫助下可能可以記憶水源精確方位的猜想。
- 二、磁場會使植物的根生長速率加快，所以植物的根轉向磁指北極可能可以透過根生長速率的最佳化，間接因根的生長速率增加，而使整株植物的生長加快。
- 三、利用含羞草的莖，我們可以清楚的觀察到含羞草會把醋酸的刺激連結到電擊的刺激，經過數次的訓練後，隔天再用醋酸加以測試（不加電擊）時，仍可量測到莖受電擊時的電流反應模式，所以我們推論：含羞草是有記憶的！甚至可能所有的植物都有記憶功能的！
- 四、綠豆芽的軸根必須接觸到水源，整個根才能偏向水源；並在十二小時的時間內作出反應，趨向水源才能存活。
- 五、在一連串的實驗步驟操作下，我們有可能驗證了我們的猜想：植物的根在磁場幫助下可能可以記憶水源的精確方位，但仍需更多組的實驗，進一步加以證實。

陸、討論

- 一、在測試磁場會不會影響根的生長速率的實驗中，我們一開始將 250 ml 的燒杯直接以軟磁貼片包覆，希望燒杯會充滿磁場。雖然，用此方式做出來的實驗，加磁場的長度明顯的比不加磁場的快許多；（根生長十天平均總長：加磁場：7.90cm，不加磁場：3.68cm）可是這樣一來，就不容易判斷磁場的分布。除了軟性磁鐵有可能在燒杯內的磁場互相抵消外，也有可能因地磁的作用而使最後的磁場為零。後來，我們發現可使用強力較強的外加磁鐵，使其與地磁指向相同。所以我們決定使強力磁鐵的 N、S 及順著磁場方向。一來不用擔心磁力對消的問題，且磁場的變化是均勻的，二來也能加強磁力的大小。
- 二、在磁場影響綠豆芽的根的生長速率實驗中，第一次實驗我們無法確認根的生長速率加快是受磁場大、或磁場變化速率大（磁場分佈極不均勻時）影響；因此我們進行第二個實驗，控制使磁場有較小的變化率，結果發現綠豆芽的根在這種情況下，也可以清楚的顯示，磁場會使根的生長速率變快。
- 三、因為使用強力磁鐵，使他們的磁場成一直線，所以其他部分並沒有磁場，可能會導致磁場的作用範圍較小，並對植物的生長產生較小的影響。
- 四、在磁場會不會影響根的生長速率實驗時，雖然個別間差異頗大，但在兩次實驗數據分析中（表三、表四），其趨勢是相當一致而明顯的，所以我們非常肯定磁場強度是會影響根的生長速率的。
- 五、在測試植物有無記憶的實驗中，我們曾測試用光（紅外線、紫外線）、熱、電擊、磁場、化學氣味（醋酸、乙醇、乙醚）等作為刺激來源，而實驗結果顯示含羞草對醋酸及電擊反應最大，所以我們選擇用醋酸連結電擊作為測試記憶的刺激方式。
- 六、在植物是否有記憶的實驗中為什麼要測電流，是因為電流較容易精準的檢測。
- 七、在測試植物有無記憶的實驗中，我們必須確保初始電流的大小相同，因初始電流反應當時含羞草的生理狀況及反應能力，所以這個動作相當於一種校正的作用。
- 八、在測試記憶的實驗中，若未照上述方式校正，則可明顯地發現所測的的電流值明顯地不同。如初始電流偏低時(低於 6mA)；一開始下降極快，但往後幾分鐘電流值一直以緩慢的速度持續下降。反之，若初始電流值，落在已校正區內 (6mA~8mA)，則可發現初始電流在實驗開始 3~8 分鐘內，以較慢的速度下降；所以可以在這段時間內清楚的觀測到醋酸刺激及電擊刺激的差異處。
- 九、根據資料顯示，法國生物學家測出植物的記憶大約能保留 13 天。或許 18V 電流對植物電流值的影響力不大，未來可再加大電壓進行確認。
- 十、由兩次實驗我們的得知，當電擊處位於微電流探針之間時，電擊間距小，電流下降速度明顯的較慢。但電擊間距大時，其電流下降速度較快。我們的推論如下：

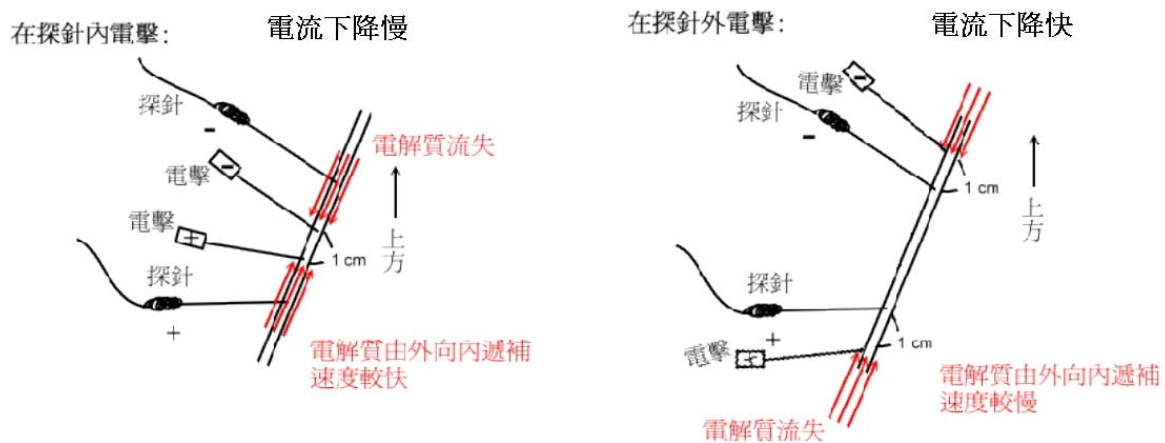


圖 23. 電擊間距的檢測

- 十一、 我們當初採用粉絲來種植綠豆的原因是因為粉絲縫隙大易觀察，且濕度亦較能控制。
- 十二、 在根多久可以找到水源的實驗中綠豆無明顯的偏向水源，未來我們可改用根易於穿透的土壤(且土壤的濕度比粉絲更容易控制)來種植綠豆芽，並可用與問題四的實驗二類似的方法，在透明玻璃燒杯底部鋪上薄薄一層土壤(方便透視根的位置)，讓根平躺在上面，但將水源所在處改在根旁邊且與根平行，觀察根是不是會轉向水源。
- 十三、 在初步測試植物極可能有記憶後，更建立我們的信心去驗證植物的根是可能會在磁場的幫助下記憶住水源的位向。
- 十四、 水源和磁場對綠豆的影響實驗中，我們看到根幾乎都是先偏向水源，再往 N 極迴轉。因觀測到水源有使根偏向的優先性，所以我們體會到生命有其內在的邏輯架構與先後順序。
- 十五、 在測試磁場是否會幫根記憶水源的實驗中，我們猜想對照組在歸零階段有較強的磁場而導致記憶留存的效果較佳。
- 十六、 未來可加強第一階段輸入磁場的強度、延長第一階段記憶輸入的時間及延長第二階段在強磁場的情況下歸零的時間，以強化記憶的效果；並測試根的記憶可以存留多少天。
- 十七、 除了地磁外，重力的方向可能也是幫助根定位的依據。
- 十八、 當最後合成的磁場方向與重力的方向不再夾 90 度時，根是否依然能精準的記憶水源相對於磁場（或重力）的位向，將是我們未來希望解開的問題，希望運用這結果可以讓植物在人類未來的外星基地更順利的生長。

柒、結論

我們實驗發現磁場會造成植物的根轉向磁指北極，且磁場會使植物的根生長速率加快，所以植物的根轉向指北極便可以透過根生長速率的最佳化，間接因根的生長速率增加，而使整株植物的生長加快。再者，我們也對人們長久以來的疑問：植物是否有記憶的功能？設計了一個簡單的實驗：即含羞草是否會因記憶連結，經由它較喜歡的醋酸味而憶起它所討厭的電擊，並在用醋酸加以測試(不加電擊)時，仍可量測到莖受電擊時的電流反應模式；經過實驗後，使我們相信植物是有記憶功能的，但仍待進一步的證實。在經過以上一連串的實驗後，我們對植物對環境的感應也有了深一層的認識；更透過綠豆芽的實驗了解到對綠豆芽的根：水的向性 > 重力的向性 > 磁的向性。於是我們作了一個大膽的猜想：根在磁場的幫助下可能可以記憶水源的精確方位！？經過一系列實驗的不斷改進下，終於能凸顯出綠豆芽的根在磁場的幫助下確實可以看到在記憶不受磁場變動干擾的 3 組對照組中，全部都可以精確記憶水源與原先磁場的相對位向。但是，仍需要大量實驗以提昇實驗的準確度及可信度，使我們可以作出準確無疑的結論。

捌、參考資料

- (一) 巴克斯特的實驗 <http://home.kimo.com.tw/greenlover1979/text-12.htm>
- (二) 地球磁場會影響生物行爲？談蜜蜂的超順磁鐵
<http://210.240.178.2/science30/disc2/content/1994/00100298/0013.htm>
- (三) 含羞草 http://content.edu.tw/junior/bio/tc_wc/textbook/ch05/supply5-5-0.htm
- (四) 科教館 <http://www.ntsec.gov.tw/>
- (五) 科學人雜誌網站－地球磁場即將翻轉？
<http://www.sciam.com.tw/read/readshow.asp?FDocNo=670&DocNo=1072>
- (六) 看不見的魔力－電場磁場對植物之影響
<http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/40/40.asp>
- (七) 根的"向電性"實驗 <http://www.flacity.cn/article/36/48/2006/200607171624.html>
- (八) 根的"向濕性"實驗 <http://www.flacity.cn/article/36/48/2006/200607171622.html>
- (九) 校園綠生活 植物可能也有感情 "
<http://163.19.19.29/lifetype/index.php?op=ViewArticle&articleId=1489&blogId=33>
- (十) 植物入門－植物的根 <http://www.dnps.ptc.edu.tw/~chi/plants/index-plantdoor.htm>
- (十一) 植物的特異功能 <http://big5.zhengjian.org/articles/2000/11/20/2982.html>
- (十二) 電阻 <http://sun.cis.scu.edu.tw/~lab/knowledge/r.htm>
- (十三) 康軒版 自然與生活科技課本第一冊第五章 植物對環境的感應
- (十四) 翰林版 自然與生活科技課本 3-2 酸和鹼
- (十五) 關於綠豆的各種資料 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1007022309795>
- (十六) 聽！植物在說話！ <http://www.eugeneyeh.idv.tw/soullife017.htm>
- (十七) Peter Tompkins Christopher Bird 薛絢譯 植物的祕密生命 台灣商務 2005

【評 語】

031710 植物之記憶和磁場的關係

研究富創意。部份試驗處理與本研究目的的關係待釐清，研究結果解釋待加強。