

第 三 屆 旺 宏 科 學 獎

成果報告書

科別： 生物科

編號： SA3-301

題目： 植物外遇了-探討電子對植物的影響

An Encounter of Electron and Plant -----

A Study of the Effects of Electron on Plant

壹、研究動機

一七六五年英國化學家約瑟·普力斯特里(Joseph Priestley)說：「地球以及我們所知的所有天體，都應含有一定分量的某種極富彈性而微妙的流體 - 哲學家一致稱之為帶電體，此種情形概無例外。任何物體一旦出現多於或少於其固有分量的情形，就會產生明顯的後果。據說物體會因而電化，而且能夠顯示屬於電流的諸般形貌。」

自富蘭克林(Benjamin Franklin)時代起，人們就知道凸出的尖物會吸引空氣中的電子，避雷針便是按這個道理設計的。蘭斯特洛姆(Selim Lemstrom)則解釋說：「植物尖凸處作用如避雷針會收集空氣中的電子，促成空氣中和地上的電荷交流。」

電可對動物的激素產生反應，但電對植物的影響為何呢？從法國物理學家的說法可知，「如果將毛細孔通了電，原本從其中一滴滴滲出的水會呈現持續不間斷的流出狀」，所以更要相信，這種電的特性若按一定方式運用，可能會對排列有序的物體產生不尋常的影響，那就好像大自然安排的水力機器一般的源源不絕。因而按照了這個邏輯，設計了植物和負靜電的關係實驗。

在一七四七年法國王儲物理教師諾萊(Jean Antoine Nollet)，聽到了某位物理學家的說法，想到用通有電子的水澆蔬菜，結果發現了蔬菜長得肥沃多了，因此我認為接觸負靜電的植物，在一定生長範圍，可能會持續加速生長。

本實驗選擇了黃豆和九層塔，當作這次的實驗對象。黃豆為一雙子葉植物，生長速度較快，且又容易取得，所以在生長初期，我們用光照來使它的生長速度減慢，以便詳微觀察紀錄；為了便於觀察蒸散作用的快慢，故選擇了葉多且不易死亡的多年生草本九層塔。

貳、 研究目的

本實驗目的是要了解植物生長各個階段中接觸到電子後，會有何影響？因而提出了三個問題：

- 一、將負靜電接觸於植物種子，對於其生長的影響為何？
- 二、植物在未用葉片行光合作用前，接觸到負靜電的生長反應為何？
- 三、電子流在植物體內的傳導對於水分的傳輸有何影響？

參、研究器材

- 一. 有機大豆(*Glycine max* Merrill) ×50 顆
- 二. 九層塔(*Ocimum basilicum* L.) ×5 株
- 三. 工業級無水氯化鈣(CaCl_2) ×1000 克
- 四. 升壓器(捕蚊拍改裝) ×3 台
- 五. 玻璃漏斗(90mm) ×1 個
- 六. 轉接頭(大轉小) ×1 個
- 七. 防熱橡膠導管 ×2 條
- 八. 側彎玻璃管 ×1 個
- 九. 數位溼度計 ×1 台
- 十. 數位溫度計 ×1 台
- 十一. 靜電場測計 ×1 台
- 十二. 螺旋測微器 ×1 個
- 十三. 電源供應器 ×2 台
- 十四. 100 瓦燈泡 ×3 個
- 十五. 無機鹽類 ×50 克
- 十六. 真空泵浦 ×1 台
- 十七. 塑膠鍾罩 ×1 組
- 十八. 微安培計 ×2 台
- 十九. 電子天秤 ×2 台
- 二十. 三角銼刀 ×1 枝
- 二十一. 培養皿 ×20 個
- 二十二. 鑽孔器 ×1 組
- 二十三. 抽濾瓶 ×1 組
- 二十四. 乾燥機 ×1 台
- 二十五. 橡皮管 ×1 個
- 二十六. 滴定管 ×1 組
- 二十七. 量筒 ×10 個
- 二十八. 烘箱 ×1 組
- 二十九. 試管 ×1 個
- 三十. 量匙 ×1 組
- 三十一. 棉花 ×1 包

肆、實驗研究過程

將捕蚊拍前端電擊板拆除，取出正負兩極(因為兩極的電壓極大，相互接觸或極接近，則有大量電子通過，就有如閃電一般)，在實驗一和實驗二中，將升壓器(捕蚊拍改裝)的負極接觸放有大豆培養皿的棉花上，正極則擺在培養皿的周圍(不能接觸到棉花)，此作用就是要利用兩電極的高電壓，然後利用空氣當作電容，如此一來就會有極多的負靜電保留在培養皿中。

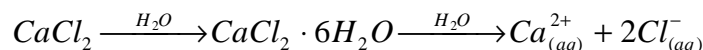
另一實驗則是用九層塔來測量植物的蒸散作用(transpiration)，此一實驗所要觀察的是，植物接觸到不同方向的電子流，對於植物體的水分傳輸有何影響。因而設計了一套測量植物蒸散水分的組件，以致方便測量電子流對水分的傳輸是否有影響。

利用無水氯化鈣(CaCl_2)吸收水(H_2O)的特性，來收集植物蒸散作用所產生的水分。實驗中要讓電子流通過植物體，且又不產生迴路，做法是利用升壓器的正負極，分別使植物上端產生極多的正電/負電，下端產生極多的負電/正電，如此一來電子自然會由下往上/由上往下移動，由微安培計可測量出其通過的電流大小，在固定時間內，則可計算輸通過的電子數。

實驗參考公式：

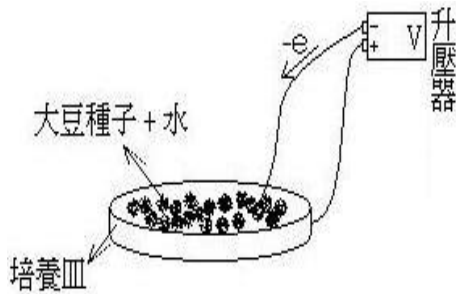
$$Q(\text{電量}) = I(\text{電流}) \times t(\text{時間})$$

$$\text{電子個數} = Q(\text{電量}) \times 6.25 \times 10^{18}$$

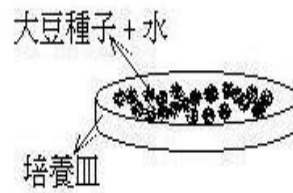


一、實驗一

- (一) 將大豆分成實驗組 (圖 1-1) 和對照組 (圖 1-2)。
- (二) 實驗組通入負靜電。
- (三) 對照組正常種植。
- (四) 於每天 8 點、10 點、12 點、14 點、16 點，各觀察一次。
- (五) 兩組於早上 7 點開燈，17 點關燈。
- (六) 種植到發出胚根約一至二公分左右，結束實驗。



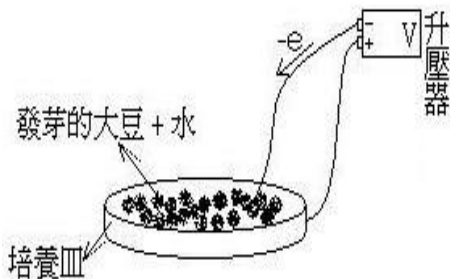
(圖 1-1) 實驗一-實驗組



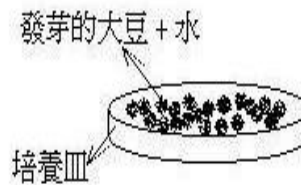
(圖 1-2) 實驗一-對照組

二、實驗二

- (一) 將大豆種植發芽約一至二公分。
- (二) 發芽後的大豆，分成實驗組 (圖 2-1) 和對照組 (圖 2-2)。
- (三) 實驗組通入負靜電。
- (四) 對照組正常種植。
- (五) 於每天 8 點、10 點、12 點、14 點、16 點，各觀察一次。
- (六) 兩組於早上 7 點開燈，17 點關燈。
- (七) 種植到子葉脫落，結束實驗。



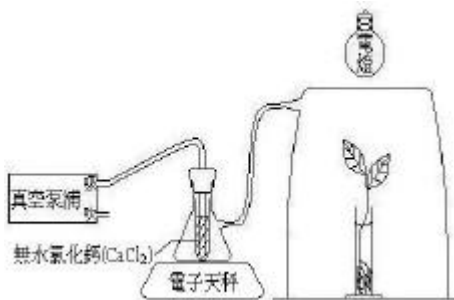
(圖 2-1) 實驗二-實驗組



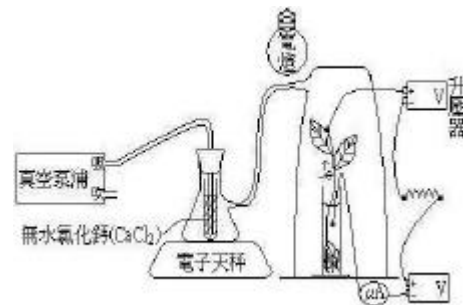
(圖 2-2) 實驗二-對照組

三、實驗三

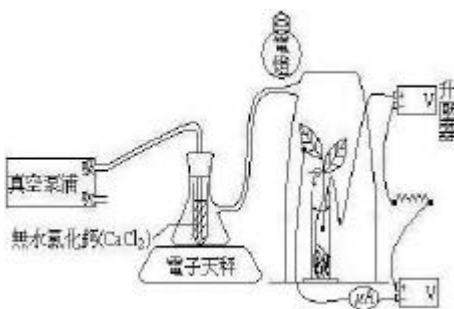
- (一) 正常種植數株九層塔為母體，取五株當樣本。
- (二) 將各株分成三個：對照組實驗 A 組（圖 3-1），實驗組實驗 B 組（圖 3-2） C 組（圖 3-3）。
- (三) 對照組實驗 A 組不通過電子流，實驗組實驗 B 組通過向上的電子流，實驗組實驗 C 組通過向下的電子流。三項實驗皆放入塑膠鍾罩內，運用泵浦，抽出塑膠鍾罩內的水分及葉片的蒸散水分，通過氯化鈣(CaCl_2)，固定時間後，測量 CaCl_2 吸收水分的重量。
- (四) 將 CaCl_2 取 30 克放入試管，再插入側彎玻璃管，擺入抽濾瓶中，將整套組件放上電子天秤，穩定後歸零，實驗後電子天秤所增加的數值即為所 CaCl_2 所吸收水分的重量，並紀錄其數值。
- (五) 運用泵浦，測量塑膠鍾罩內無植物 D 組（圖 3-4）時的水分重量。
- (六) 輸入的電子數約在 $2.8 \times 10^{17} \sim 3.9 \times 10^{17}$ 個。
- (七) 每一株植物皆要依序通過四項實驗，分別在三天完成，且於三天的 8 點~11 點，在密閉室內控制其溫度和溼度，一小時穩定後，開始做測量蒸散作用實驗。
- (八) 每一株植物的四項實驗於三天內的早上三小時中，分別在第一天做 A、D 兩組實驗、第二天做 B、D 兩組實驗、第三天做 C、D 兩組實驗，每次實驗的過程是 30 分鐘，並循環做兩次，求取平均，已增加準確值。
- (九) 樣本有五株，總共須做 15 天(5 株 \times 三天)，須做 30 次(一株要做 6 次 \times 5 株)，最後取出 3 組的平均數據，結束實驗。



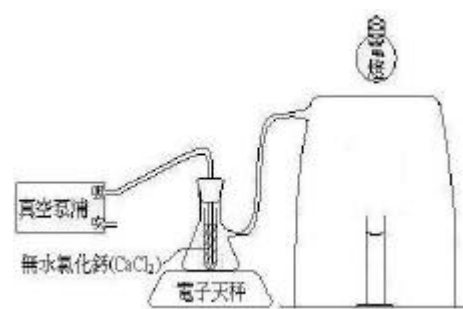
(圖 3-1) 實驗三-對照組(A 組)



(圖 3-2) 實驗三-實驗組(B 組)



(圖 3-3) 實驗三-實驗組(C 組)



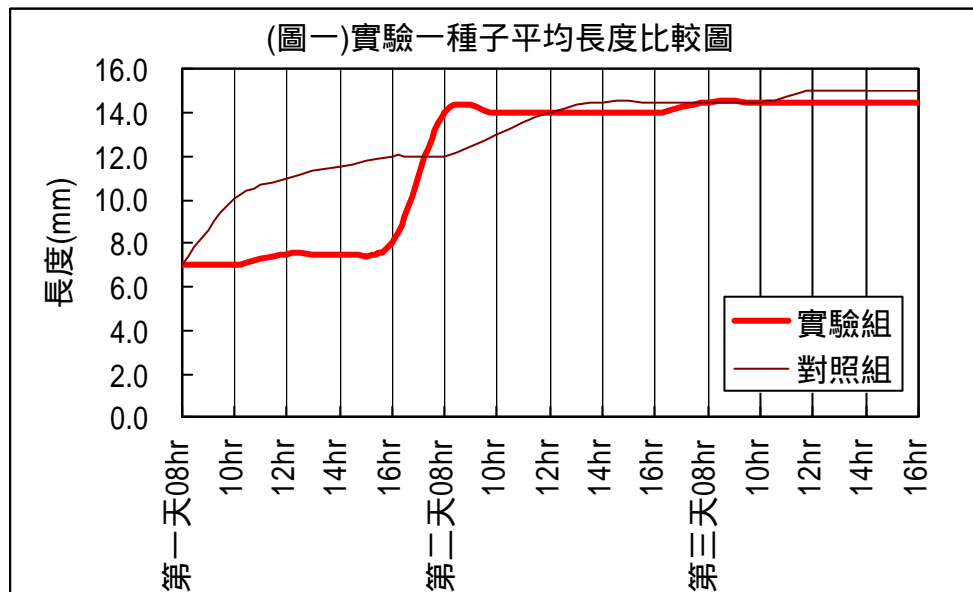
(圖 3-4) 實驗三-實驗組(D 組)

伍、 研究結果

一、 實驗一

由(圖一)可知，對照組有持續穩定地的生長，實驗組在白天 10 小時內的生長，有明顯的停滯住了，直到 14 小時後的晚上則用較快的速度繼續生長，到了第二天早上 8 時，成長的長度比對照組長，到了第三天，種子的生長差異趨近相等。

表一	第一天 08hr	第一天 10hr	第一天 12hr	第一天 14hr	第一天 16hr
實驗組種子平均長度(mm)	7	7	7.5	7.5	8
對照組種子平均長度(mm)	7	10	11	11.5	12
	第二天 08hr	第二天 10hr	第二天 12hr	第二天 14hr	第二天 16hr
實驗組種子平均長度(mm)	14	14	14	14	14
對照組種子平均長度(mm)	12	13	14	14.5	14.5
	第三天 08hr	第三天 10hr	第三天 12hr	第三天 14hr	第三天 16hr
實驗組種子平均長度(mm)	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
對照組種子平均長度(mm)	14.5	14.5	15	15	15

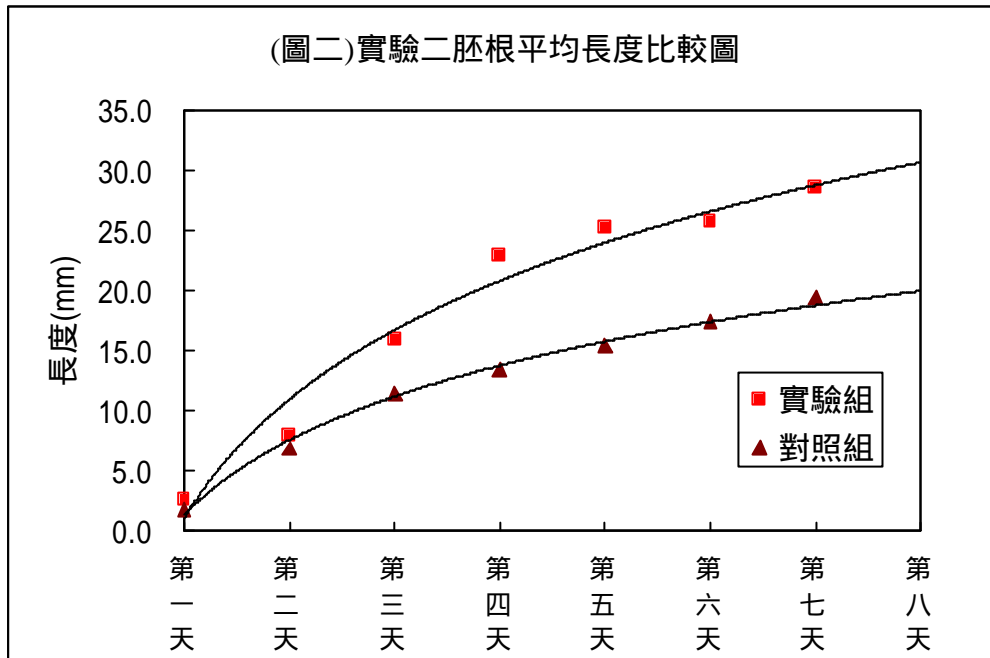


註 . 如須了解實驗一的詳細紀錄，請參考後面的附錄一。

二、實驗二

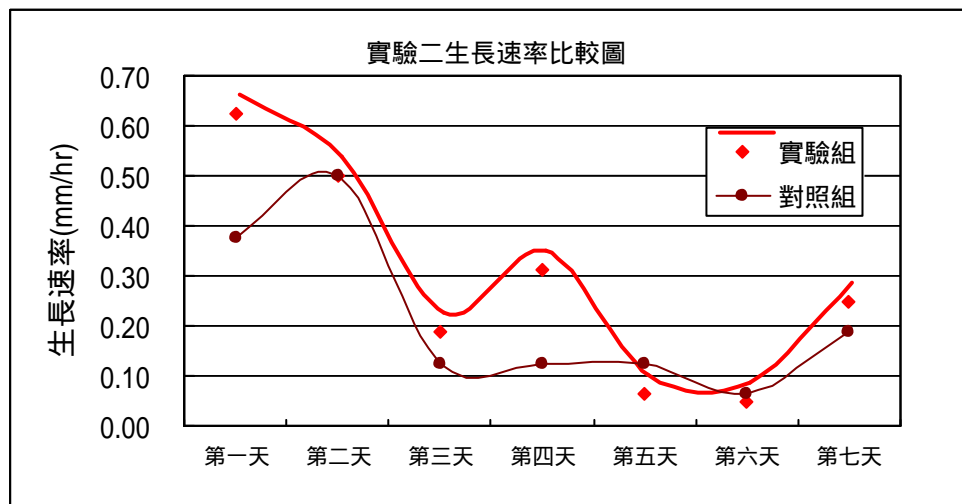
(一) 由(圖二)的趨勢線可明顯發現到，實驗組的平均生長速度較快。

表二	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
實驗組胚根平均長度(mm)	2.6	7.9	15.9	23.0	25.3	25.8	28.6
對照組胚根平均長度(mm)	1.8	6.8	11.5	13.4	15.5	17.4	19.4



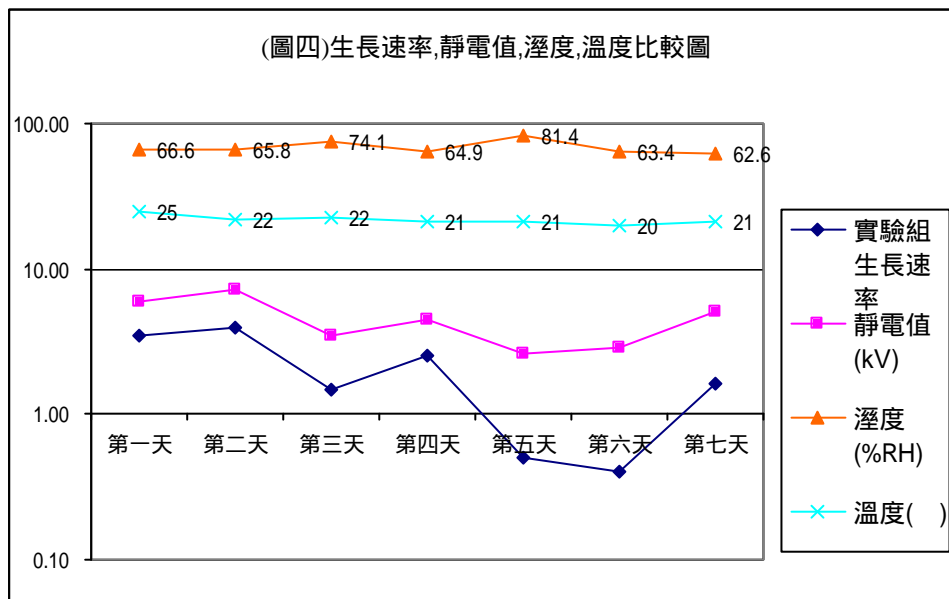
(二) 由(圖三)的曲線圖可知道，雖然每天的平均生長速率不同，但可以發現實驗組的生長速率，幾乎都大於對照組的生長速率。在越接近子葉脫落時，兩者的生長速率差卻明顯的變小了。

表三	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
實驗組生長速率 (mm/hr)	0.63	0.50	0.19	0.31	0.06	0.05	0.25
對照組生長速率 (mm/hr)	0.38	0.50	0.13	0.13	0.13	0.06	0.19



- (三) 從(圖二)和(圖三)的比較，可以發現雖然在(圖二)的實驗組生長平均長度遠比對照組的快，可是在越接近生長極限時，實驗組的生長速率卻大幅的降低，且趨近於對照組。
- (四) 從(圖四)中可以發現雖然溫度起伏不大，分析它的數值，我們可以發現溼度越高則靜電值越低，生長速率則越快；溼度越低則靜電值越高，生長速率則越慢。

表四	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天
溼度(%RH)	66.6	65.8	74.1	64.9	81.4	63.4	62.6
溫度()	24.6	21.8	22.3	21.0	21.2	20.0	21.4
靜電值(kV)	6.0	7.2	3.5	4.5	2.6	2.9	5.1
實驗組生長速率(mm/hr)	3.50	4.00	1.50	2.50	0.50	0.40	1.63



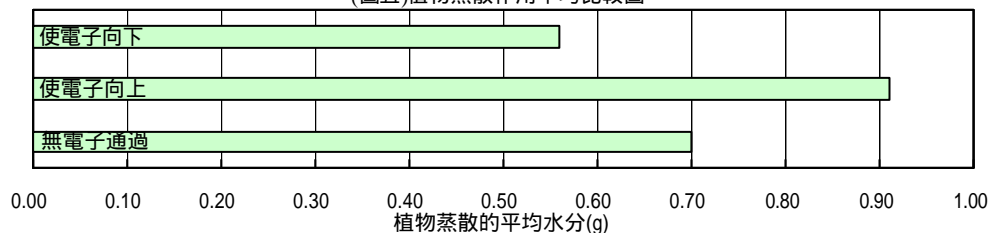
註 . 如須了解實驗二的詳細紀錄，請參考後面的附錄二。

三、實驗三

從此蒸散作用實驗當中，從實驗三的圖表(圖五)得知，電子流方向和傳導水分方向相同時，則植物的蒸散作用有增快的趨勢；電子流方向和傳導水分方向相反時，則植物的蒸散作用有減緩的趨勢。

實驗三紀錄							注：反白粗體為植物葉片蒸散水分的平均重量		
第 1 天	對照組實驗			系統中的水分			植物蒸散的水分		
無電子通過	A 組(g)		A 平均	D 組(g)		D 平均	A 組 - D 組(g)	溫度()	溼度(RH%)
第 1 株	3.51	3.46	3.49	2.84	2.79	2.81	0.67	30	71
第 2 株	3.47	3.44	3.46	2.74	2.71	2.73	0.73	29	72
第 3 株	3.42	3.36	3.39	2.63	2.59	2.61	0.78	30	72
第 4 株	3.44	3.41	3.42	2.85	2.77	2.81	0.61	28	70
第 5 株	3.40	3.42	3.41	2.71	2.68	2.70	0.71	30	71
各項平均值	3.45	3.42	3.43	2.75	2.71	2.73	0.70	29.40	71.20
第 2 天	實驗組實驗			系統中的水分			植物蒸散的水分		
電子向上	B 組(g)		B 平均	D 組(g)		D 平均	B 組 - D 組(g)	溫度()	溼度(RH%)
第 1 株	3.54	3.52	3.53	2.65	2.60	2.63	0.90	29	71
第 2 株	3.56	3.55	3.56	2.62	2.58	2.60	0.96	28	70
第 3 株	3.54	3.52	3.53	2.60	2.63	2.62	0.91	28	69
第 4 株	3.66	3.62	3.64	2.73	2.65	2.69	0.95	29	70
第 5 株	3.62	3.55	3.58	2.81	2.70	2.76	0.83	28	68
各項平均值	3.58	3.55	3.57	2.68	2.63	2.66	0.91	28.40	69.60
第 3 天	實驗組實驗			系統中的水分			植物蒸散的水分		
電子向下	C 組(g)		C 平均	D 組(g)		D 平均	C 組 - D 組(g)	溫度()	溼度(RH%)
第 1 株	3.35	3.32	3.33	2.86	2.77	2.81	0.52	29	71
第 2 株	3.28	3.27	3.27	2.75	2.64	2.69	0.58	28	71
第 3 株	3.22	3.24	3.23	2.68	2.68	2.68	0.55	27	72
第 4 株	3.25	3.21	3.23	2.71	2.66	2.69	0.54	28	70
第 5 株	3.27	3.33	3.30	2.74	2.64	2.69	0.61	29	71
各項平均值	3.27	3.27	3.27	2.75	2.68	2.71	0.56	28.20	71.00

(圖五)植物蒸散作用平均比較圖



陸、討論

一、實驗一

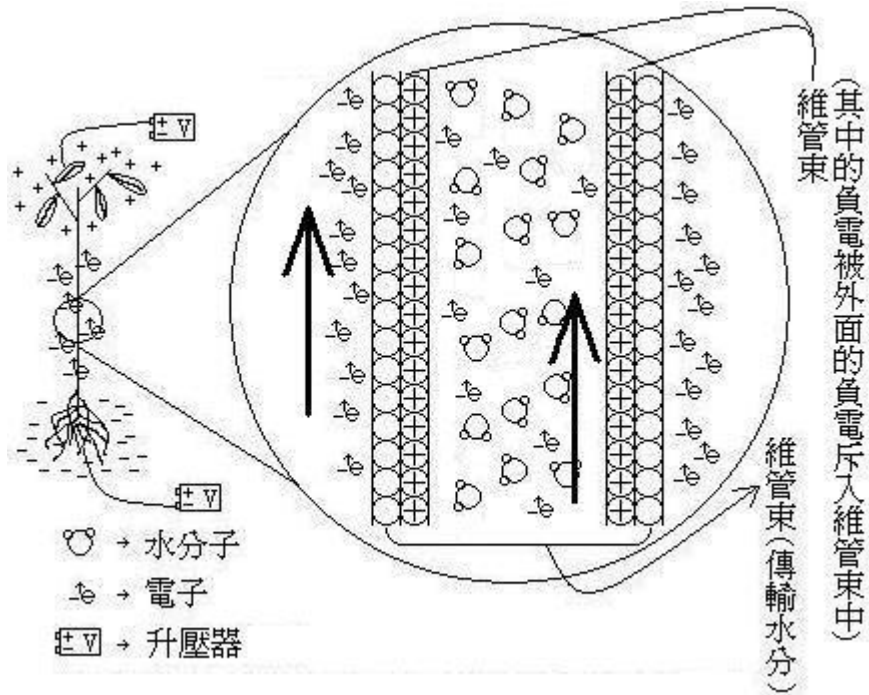
- (一) 末期種子的生長漸趨緩慢，此現象應是兩者皆達到了生長極限。
- (二) 從本次實驗來看，大豆的生長週期像似有了改變，因而推測負靜電應該可以影響植物種子內的膜電位差，進而改變它的生長週期。
- (三) 據前人的實驗理論可知植物的生命現象是由於細胞膜內外的膜電位差(membrane potential)所造成的，細胞內的負電荷比細胞外多，此種細胞內外電位的差異稱為膜電位差，實驗中是用負靜電來刺激種子，則可以見到原本的生長改變了。如果將負靜電改成正靜電，推測植物應會生長的較慢？

二、實驗二

- (一) 在(圖一)和(圖二)中，對於實驗組末期觀察是否到達了生長極限，則可解釋：大豆在生長中期子葉裡的養分有可能被負靜電破壞掉了，黃豆胚根初期生長的速度較快，應該可以相信黃豆初期是因為能快速吸收代謝水分，因而生長較快。但到了後期，很明顯的逐漸和對照組的相近。可以思考的是，相同的子葉養分，實驗組的被負靜電所破壞了。也就是說，如果在實驗組的生長中期時，補充一些養料來代替子葉，則生長速率一定會因為負靜電的關係加上外來的養料而生長快速。
- (二) 靜電值和生長速率的折線圖呈極明顯的正相關，此兩者的折線圖皆與溼度呈負相關。因此可以推論，若在接觸負靜電的植物旁，有效適當地降低溫度及溼度，則應會對植物有加快生長的效用。
- (三) 從實驗二結果中三個圖表，可以看到溼度、負靜電值和生長速率的明顯直接關係，雖然不能由此實驗來證明諾萊的實驗是否完全正確，但可以相信，適當的負電荷對於植物的生長是有明顯的改變。相對的也觀察到，空氣中的溼度，是會影響負靜電的數值，所以須要求適當的穩定電子數，就要控制好空氣中的溼度。
- (四) 負靜電對動物的細胞會產生互動，然而從這套實驗更可以肯定負電荷對植物體的反應，應是互動的，但這是否能代表著植物和生物的共通性是否一致？則有待進一步的研究。

三、實驗三

- (一) 對於電子流如何影響蒸散作用的快慢，做了一個說明圖，來解釋此現象：運用升壓器，將植物頂端產生極多的負電，另一端則是正電，使植物的莖部成為兩大電團的橋樑，莖部細胞壁中的電子斥入維管束中，再利用植物兩端的電位差，推動維管束中的電解質，因而加速帶動了水分傳導，反之則減緩。



- (二) 從此實驗當中我們可以再做另一個討論，依照一七四七年法國物理學家的說法，我們可以推斷植物的根毛在用毛細現象吸收水分時，電子流可以改變水在毛細現象中的張力作用，因而會使水分傳輸速度改變。

柒、 結論

- 一. 黃豆種子接觸到負靜電，生長會加速，但到了接近生長極限時，則無差異了。
- 二. 由實驗可知，負靜電接觸還未能自行行光合作用的植物時，對於植物體內的生長有極明顯的影響，因此可以肯定，負靜電的接觸對植物的生長是有加速的作用。
- 三. 植物在接觸到不同方向的電子流時，電子流流向和傳導水分方向相同，則植物的蒸散水分有增快的現象；電子流向和傳導水分方向相反，則植物的蒸散作用有減緩的現象，沒有接觸到電子流的植物，其蒸散水分恰巧介於電子流向上和電子流向下。
- 四. 實驗三中可以改變更多不同的實驗變因，例如改變輸入的電子數、改變環境中的溼度和溫度等等。相信若取得這些數據，則可以更進一步的了解植物在這地球上的生命現象是如何運作的。
- 五. 對於實驗設計上，希望有機會可以用更完善的實驗器材，還有取得更多的樣本，以得到更準確的數據和成果，更可能的話可將本實驗設計簡單化，使有興趣的人來共同感受其內容。因為現今世界人口是以等比上升，相對的，糧食就會不足。要如何來使植物更快的生長，不單單是靠基因的改良，我們更相信外在的影響可以使植物的生長加速。

捌、參考資料及附件

- 一. 植物的秘密生命 Peter Tompkins . Christopher Bird /著 薛詢/譯
- 二. 93 學年 南一書局生命科學二年級上學期用書 第三章
- 三. 植物生理學實驗 王月雲 陳是瑩 童武夫 編著
- 四. 細胞層級的運輸

<http://macro.bio.ncue.edu.tw/~8623010/teachinganalysis/additon/cellularlevel.htm>

附件一、實驗一紀錄

實驗一紀錄			注：反白粗斜體為發出胚根的時間						
日期			第一天						
時間			八點	十點	十二點	十四點	十六點	8-16hr 平均	生長速率
觀察結果	種子平均	實驗組(mm)	7.0	7.0	7.5	7.5	8.0	7.4	0.13 mm/hr
	長度	對照組(mm)	7.0	10.0	11.0	11.5	12.0	10.3	0.63 mm/hr
	靜電值(kV)		5.2	5.8	5.9	5.8	6.1	5.8	
	溼度(%RH)		65.0	60.0	64.0	64.0	73.0	65.2	
	溫度()		22.0	21.0	21.0	22.0	20.0	21.2	
日期			第二天						
時間			八點	十點	十二點	十四點	十六點	8-16hr 平均	生長速率
觀察結果	種子平均	實驗組(mm)	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	0.00 mm/hr
	長度	對照組(mm)	12.0	13.0	14.0	14.5	14.5	13.6	0.31 mm/hr
	靜電值(kV)		6.8	7.0	5.3	9.3	8.5	7.4	
	溼度(%RH)		69.0	69.0	69.0	65.0	63.0	67.0	
	溫度()		21.0	22.0	23.0	24.0	24.0	22.8	
日期			第三天						
時間			八點	十點	十二點	十四點	十六點	8-16hr 平均	生長速率
觀察結果	種子平均	實驗組(mm)	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	0.00 mm/hr
	長度	對照組(mm)	14.5	14.5	15.0	15.0	15.0	14.8	0.06 mm/hr
	靜電值(kV)		10.2	10.2	8.1	8.3	8.4	9.0	
	溼度(%RH)		75.0	68.0	64.0	64.0	62.0	66.6	
	溫度()		22.0	24.0	25.0	26.0	26.0	24.6	

附件二、實驗二紀錄

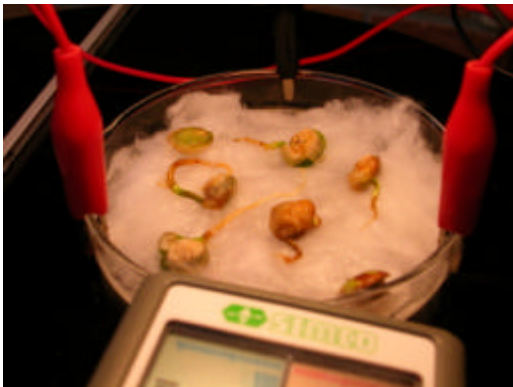
實驗二紀錄										
日期		第一天								
時間		八點	十點	十二點	十四點	十六點	8~16hr 平均	生長速率		
觀察結果	胚根平均長度	實驗組(mm)	0.0	2.0	2.0	4.0	5.0	2.6	0.63 mm/hr	
		對照組(mm)	0.0	2.0	2.0	2.0	3.0	1.8	0.38 mm/hr	
	靜電值(kV)		7.2	7.2	5.1	5.3	5.4	6.0		
	溼度(%RH)		75.0	68.0	64.0	64.0	62.0	66.6		
	溫度()		22.0	24.0	25.0	26.0	26.0	24.6		
日期		第二天								
時間		八點	十點	十二點	十四點	十六點	8~16hr 平均	生長速率		
觀察結果	胚根平均長度	實驗組(mm)	6.0	6.0	8.0	9.5	10.0	7.9	0.50 mm/hr	
		對照組(mm)	5.0	6.0	6.0	8.0	9.0	6.8	0.50 mm/hr	
	靜電值(kV)		7.1	8.0	9.0	4.6	7.5	7.2		
	溼度(%RH)		72.0	64.0	65.0	62.0	66.0	65.8		
	溫度()		20.0	22.0	22.0	23.0	22.0	21.8		
日期		第三天								
時間		八點	十點	十二點	十四點	十六點	8~16hr 平均	生長速率		
觀察結果	胚根平均長度	實驗組(mm)	15.5	15.5	15.5	16.0	17.0	15.9	0.19 mm/hr	
		對照組(mm)	11.0	11.5	11.5	11.5	12.0	11.5	0.13 mm/hr	
	靜電值(kV)		3.1	3.6	4.1	3.6	3.2	3.5		
	溼度(%RH)		74.5	72.4	75.6	73.3	74.5	74.1		
	溫度()		21.0	22.5	22.5	23.0	22.5	22.3		
日期		第四天								
時間		八點	十點	十二點	十四點	十六點	8~16hr 平均	生長速率		
觀察結果	胚根平均長度	實驗組(mm)	22.0	22.0	23.0	23.5	24.5	23.0	0.31 mm/hr	
		對照組(mm)	13.0	13.0	13.5	13.5	14.0	13.4	0.13 mm/hr	
	靜電值(kV)		4.8	5.1	4.3	4.2	4.3	4.5		
	溼度(%RH)		67.5	63.5	64.2	63.5	65.8	64.9		
	溫度()		22.0	20.0	21.0	21.0	21.0	21.0		

日期		第五天							
時間		八點	十點	十二點	十四點	十六點	8~16hr 平均	生長速率	
觀察結果	胚根平均長度	實驗組(mm)	25.0	25.0	25.5	25.5	25.5	25.3	0.06 mm/hr
		對照組(mm)	15.0	15.5	15.5	15.5	16.0	15.5	0.13 mm/hr
	靜電值(kV)		2.8	2.7	2.4	2.6	2.6	2.6	
	溼度(%RH)		79.0	82.0	81.0	82.0	83.0	81.4	
	溫度()		21.0	22.0	21.0	20.0	22.0	21.2	

日期		第六天							
時間		八點	十點	十二點	十四點	十六點	8~16hr 平均	生長速率	
觀察結果	胚根平均長度	實驗組(mm)	25.6	25.6	26.0	26.0	26.0	25.8	0.05 mm/hr
		對照組(mm)	17.0	17.5	17.5	17.5	17.5	17.4	0.06 mm/hr
	靜電值(kV)		2.2	2.8	2.7	3.6	3.3	2.9	
	溼度(%RH)		66.0	62.0	62.0	62.0	65.0	63.4	
	溫度()		19.0	20.0	20.0	20.0	21.0	20.0	

日期		第七天							
時間		八點	十點	十二點	十四點	十六點	8~16hr 平均	生長速率	
觀察結果	胚根平均長度	實驗組(mm)	27.5	28.0	29.0	29.0	29.5	28.6	0.25 mm/hr
		對照組(mm)	19.0	19.0	19.0	19.5	20.5	19.4	0.19 mm/hr
	靜電值(kV)		5.5	4.3	4.8	5.3	5.6	5.1	
	溼度(%RH)		63.0	62.0	61.0	63.0	64.0	62.6	
	溫度()		20.0	21.0	22.0	21.0	23.0	21.4	

附件三、實驗照片



實驗二結束時的實驗組



實驗二結束時的對照組



實驗組和靜電場測計使用時



實驗一對照組



實驗一、二對照組的基本架設(一)



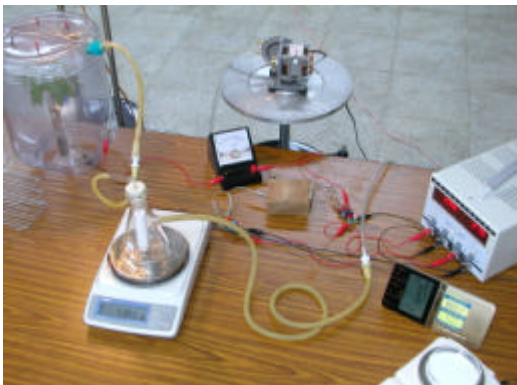
實驗一、二對照組的基本架設(二)



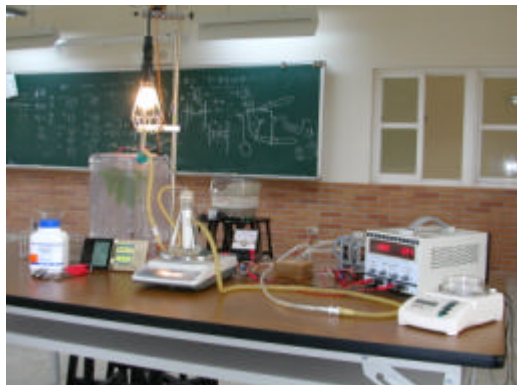
實驗二對照組的基本架設



實驗一、二實驗組的基本架設



實驗三基本架設(一)



實驗三基本架設(二)



實驗三實驗流程(一)



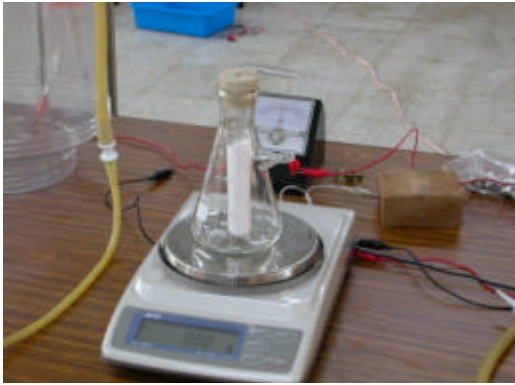
實驗三實驗流程(二) - 取 30 克



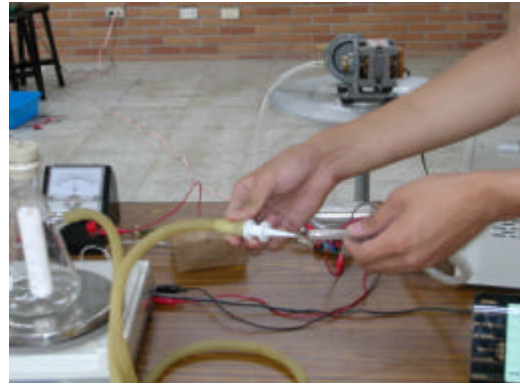
實驗三實驗流程(三)



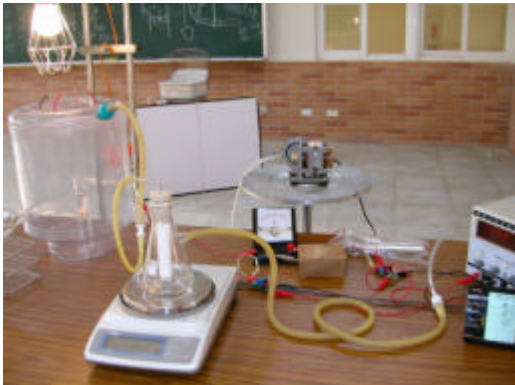
實驗三實驗流程(四)



實驗三實驗流程(五) - 歸零



實驗三實驗流程(六)



實驗三實驗流程(七)



實驗三實驗流程(八)



CaCl₂ 吸水後的狀態(一)



CaCl₂ 吸水後的狀態(二)



數位溫度計+溼度計



螺旋測微器



靜電場測計



電源供應器



升壓器(捕蚊拍改裝)



升壓器(捕蚊拍改裝)



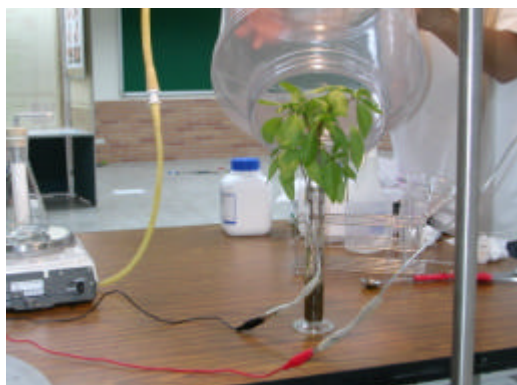
九層塔(*Ocimum basilicum* L.)



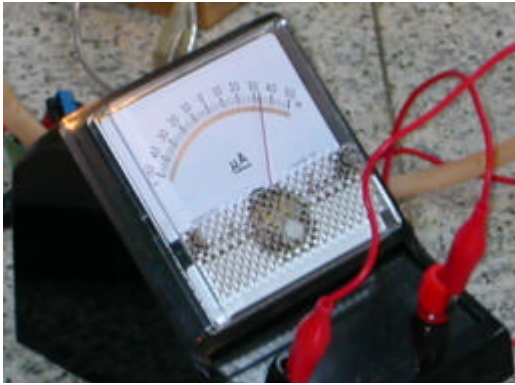
種植的地方



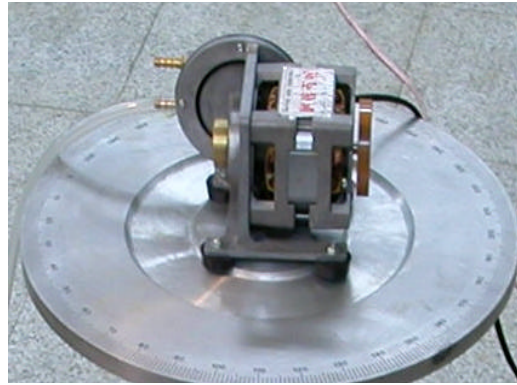
抽濾瓶+試管+側彎玻璃管



植物+量筒(植物實驗做法)



微安培計



真空泵浦



實驗室(一)



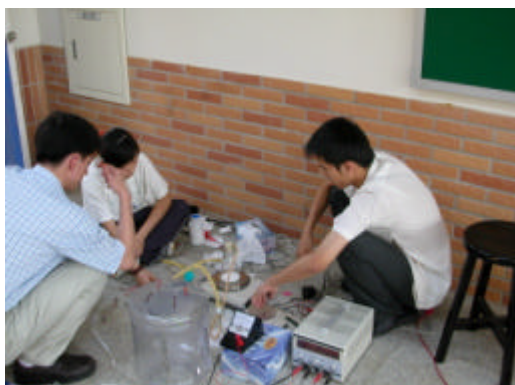
實驗室(二)



作者



作者



作者+指導老師



助理