

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國中組

生物科

科別：生物科

組別：國中組

作品名稱：重力對植物生長的影響

關鍵詞：

編號：030318

學校名稱：

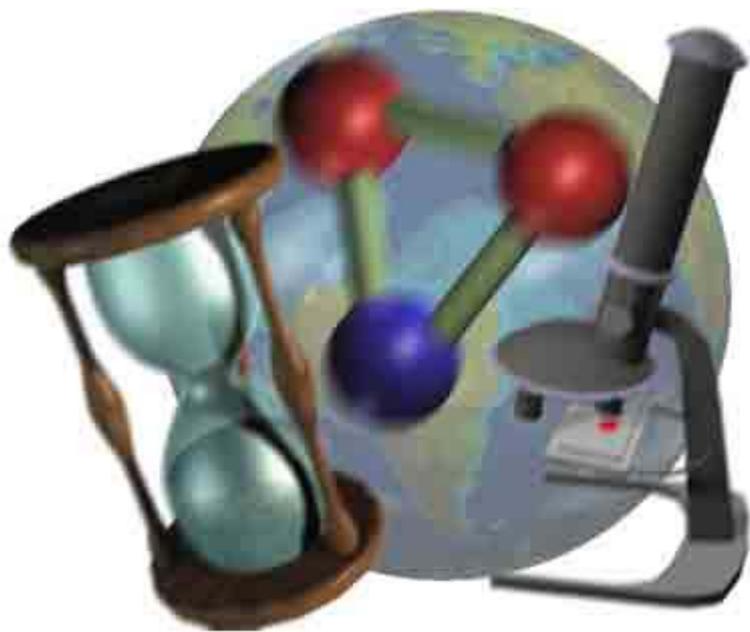
宜蘭縣立羅東國民中學

作者姓名：

詹睿瑜、吳怡秀、盧宜君、夏瑋廷

指導老師：

邱銘鴻



## 壹、研究動機

有天聽老師提到，太空人因無重力而引發骨質疏鬆症，進而想到「如果地球的地心引力也變大或變小，對植物是否有什麼影響？更重要的是，會是甚麼影響呢？」於是便藉由這次的實驗來探討地心引力對植物生長方向與生長快慢的影響！

## 貳、研究目的

藉由轉動（離心力）與地心引力的合成探討：

- (一) 地心引力方向對植物生長方向的影響
- (二) 地心引力大小對植物生長快慢的影響

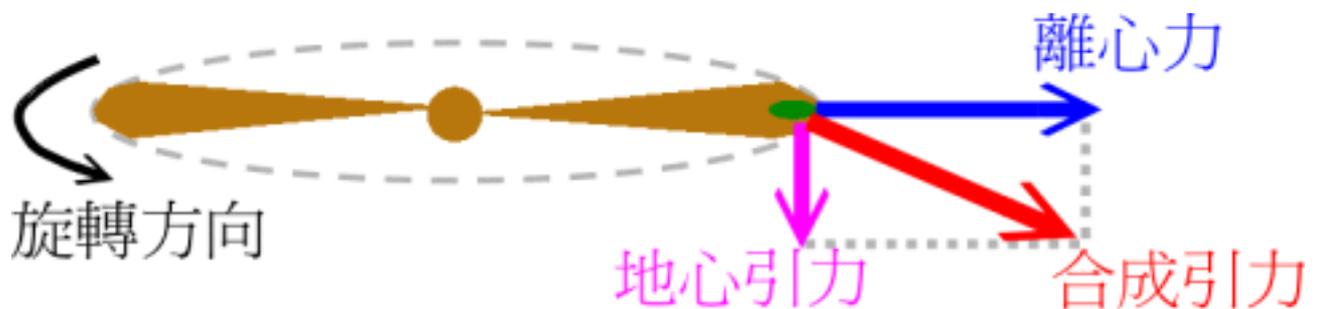
## 參、實驗器材

電扇(高扭力)x1 台      綠豆x1 包      光電計時器x1 台      電壓調整控制器x1 個  
寶特瓶x10 瓶      插花軟海綿x5 塊      插花硬海綿x10 塊      紗布x1 包  
試管x30 隻      長尺x1 隻      橡皮筋x1 包

## 肆、實驗步驟

(一)營造不同引力環境的方法：

- (1)在地球上的物體無論在任何時刻均會受到地球的一股向下的拉力(地心引力)，這股拉力目前在地球上很難有一個有效且持續的方法可以將它消除掉。但若是多製造一種水平的引力，則用旋轉的離心力可以輕易的辦到。
- (2)我們就是用這種想法，讓綠豆在不同引力的環境下生長，只要將綠豆種在一個持續水平旋轉的環境下(我們使用吊扇模擬)，綠豆將會感受到兩股引力，兩股引力合成的結果會讓綠豆產生一種錯覺，以為地心引力的方向是「斜的」，並且所受的引力大小會比平時的地心引力還要大，如圖一所示：



< 圖一 >

爾後我們就可以利用控制電扇轉動的快慢與調整綠豆的轉動半徑來改變離心力的大小，進而來改變綠豆所感受到的合成引力大小與角度。

(3)計算方法如下：

離心力的計算：

$$\therefore F_{\text{向心力}} = \frac{m \times 4\pi^2 \times R}{T^2} = ma_{\text{離心力}}$$

$$\therefore a_{\text{離心力}} = \frac{4\pi^2 \times R}{T^2}$$

其中，R 是轉動半徑(以公尺為單位)

T 是轉動週期(轉一圈所需的秒數)

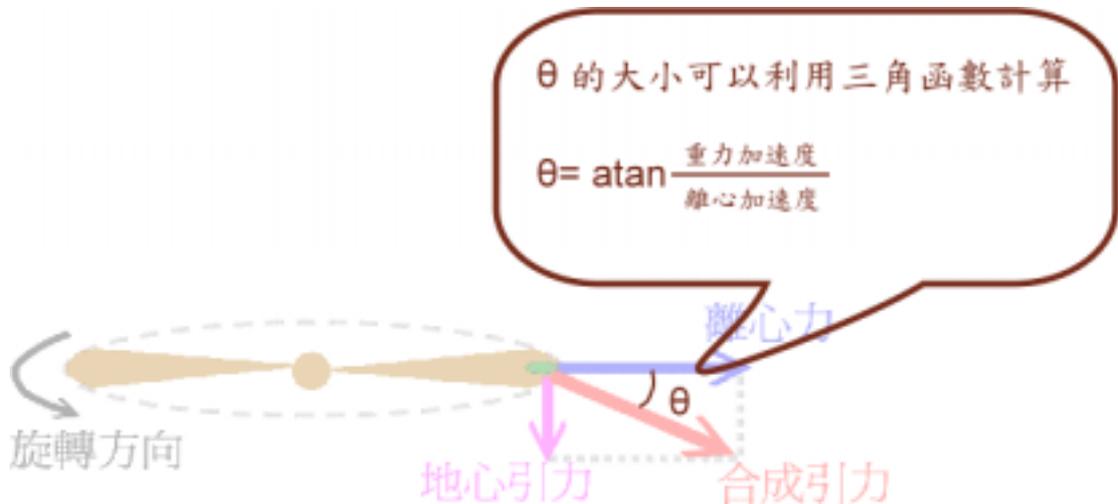
合成引力的計算：

(A) 引力加速度的大小--

$a_{\text{離心力}}$  與  $g$  (重力加速度) 兩者相互垂直

$$a_{\text{合成引力}} = \sqrt{a_{\text{離心力}}^2 + g^2}$$

(B) 引力的方向



(二) 探討地心引力方向對植物生長方向的影響：

(1) 先製作綠豆的生長皿 -

1. 先切割寶特瓶與海綿至適當大小製作成生長皿(如圖二所示)。
2. 挑選大小適中、色澤相近的綠豆 180 個。
3. 將綠豆以 30 個一組種入每個生長皿中。



(2) 模擬不同重力的環境 -

1. 將生長皿分別固定在電扇葉片的六種不同位置：15cm、40cm、65cm (從扇葉的最內、居中、最外圈)，利用光電計時器與電壓調整控制器的輔助將轉速調整至每圈 1.5 秒(若轉太快綠豆會飛出去)，啟動電扇，連轉五天，其間每天停下片刻補充水分。
2. 五天後照相並紀錄三個位置綠豆的平均生長角度：< 見表一及圖三 >

轉動半徑	測量所得角度	離心力 (m/s <sup>2</sup> )	重力加速度 (m/s <sup>2</sup> )	重力 ÷ 離心力	合成引力與水平線夾角
15cm	約 80°	2.63	9.8	3.72	74.97°

40cm	約 60°	7.02	9.8	1.40	54.39°
65cm	約 45°	11.40	9.8	0.86	40.67°

< 表一 >



< 半徑 15cm >



< 半徑 40cm >



< 半徑 65cm >

< 圖三 >

(三)探討地心引力大小對植物生長速率的影響：

(1)這次要探討經植物的生長速率，為了方便觀察綠豆的莖與根的長度，我們將綠豆種在細試管中。而經由前一個實驗，我們確認植物生長方向和地心引力相反後，可知不能將試管垂直放置，否則試管會影響綠豆自然生長（請參考圖三），為此我們先計算各位置的合成引力角度（如表二），將硬海綿依角度切割當作種綠豆的平台，再將裝好綠豆的試管固定在各平台上（請見圖四）：

轉動週期	半徑 (m)	離心加速度 (m/s <sup>2</sup> )	重力加速度 (m/s <sup>2</sup> )	合成引力加速度 (m/s <sup>2</sup> )	角度 (度)
0.8 (秒/圈)	0.15	9.25	9.8	13.48	46.65°
	0.25	15.42	9.8	18.27	32.44°
	0.35	21.59	9.8	23.71	24.41°
	0.45	27.76	9.8	29.44	19.45°
	0.55	33.93	9.8	35.31	16.11°
	0.65	40.10	9.8	41.28	13.73°

< 表三 >



< 圖四 >

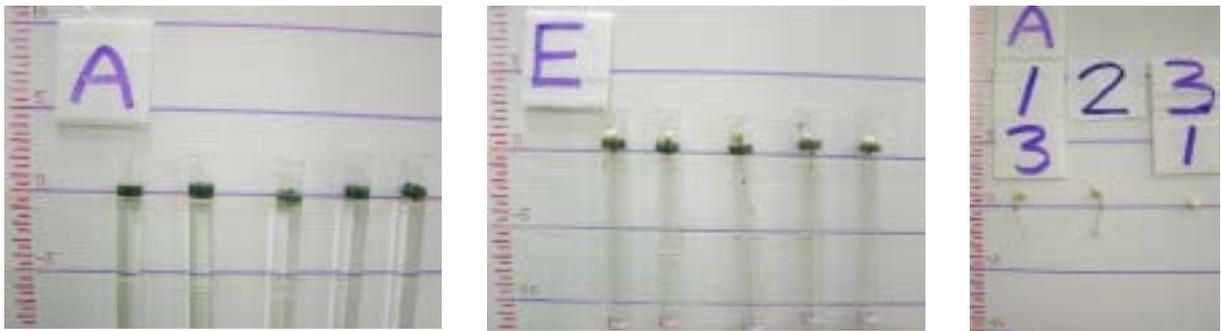
(2)將各角度的平台依位置放置，從 0.15m 0.65m，每隔 0.1m 一組，每個吊扇葉片有六組，有五片葉片，所以共有 30 組(請見圖五)，為了讓觀察明顯，我們將轉速調快至每圈 0.8 秒以加大離心力。



<圖五>

最後計算出來的合成引力加速度如表三所示。

(3)開始轉動後，每天停下片刻，檢查生長狀況，七天後記錄綠豆的「根」與「莖」生長長度，請見圖六，所得結果如表四所示。



<圖六>

根					莖				
	組別	七天後 生長高度	生長 速率	總平均生長 速率(cm/天)		組別	七天後 生長高度	生長 速率	總平均生長 速率(cm/天)
對照組	G1	13.8	1.97	2.07	對照	G1	23.5	3.36	3.31
	G2	14.1	2.01			G2	22.1	3.16	
	G3	15.2	2.17			G3	24.0	3.43	
	G4	14.8	2.11			G4	22.9	3.27	
	G5	14.5	2.07			G5	23.5	3.36	
(0.15m)	A1	12.9	1.84	1.79	(0.15m)	A1	20.5	2.93	2.86
	A2	13.5	1.93			A2	21.9	3.13	
	A3	11.4	1.63			A3	19.8	2.83	
	A4	11.5	1.64			A4	18.5	2.64	
	A5	13.2	1.89			A5	19.4	2.77	
	B1	10.5	1.50	1.37		B1	18.5	2.64	2.57

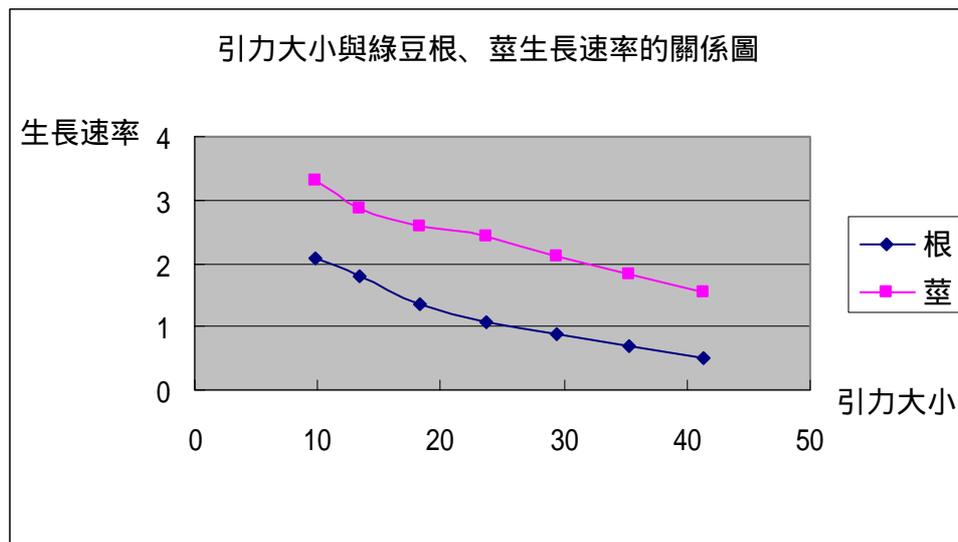
(0.25m)	B1	10.5	1.50	1.07	(0.25m)	B1	18.5	2.64	2.44
	B2	9.9	1.37			B2	17.6	2.50	
	B4	9.7	1.39			B4	19.1	2.73	
	B5	9.3	1.33			B5	17.3	2.47	
(0.35m)	C1	8.0	1.14	0.87	(0.35m)	C1	16.5	2.36	2.10
	C2	7.2	1.03			C2	16.7	2.39	
	C3	7.9	1.13			C3	18.1	2.59	
	C4	7.2	1.03			C4	17.2	2.46	
	C5	7.2	1.03			C5	16.9	2.41	
(0.45m)	D1	5.6	0.80	0.68	(0.45m)	D1	15.7	2.24	1.82
	D2	5.4	0.77			D2	14.1	2.01	
	D3	4.9	0.70			D3	14.6	2.09	
	D4	8.3	1.19			D4	15.2	2.17	
	D5	6.2	0.89			D5	13.9	1.99	
(0.55m)	E1	5.1	0.73		(0.55m)	E1	12.6	1.80	
	E2	4.7	0.67			E2	13.2	1.89	
	E3	4.7	0.67			E3	11.9	1.70	
	E4	3.9	0.56			E4	13.5	1.93	
	E5	5.4	0.77			E5	12.4	1.77	
	F1	3.4	0.49			F1	11.0	1.57	
	F2	3.8	0.54			F2	10.9	1.56	
	F3	3.4	0.49			F3	11.5	1.64	
	F4	2.9	0.41			F4	9.8	1.40	
	F5	3.5	0.50			F5	10.7	1.53	

<表四>

引力大小與綠豆根、莖生長速率的關係			
	引力加速度 (m/s <sup>2</sup> )	根 的平均生長速率(cm/天)	莖 的平均生長速率(cm/天)
對照組	9.8	2.07	3.31
A(0.15m)	13.48	1.79	2.86
B(0.25m)	18.27	1.37	2.57

C(0.35m)	23.71	1.07	2.44
D(0.45m)	29.44	0.87	2.1
E(0.55m)	35.31	0.68	1.82
F(0.65m)	41.28	0.49	1.54

<表五>



<圖七>

(4)目前生物界對重力對植物生長的影響主要有兩種說法：

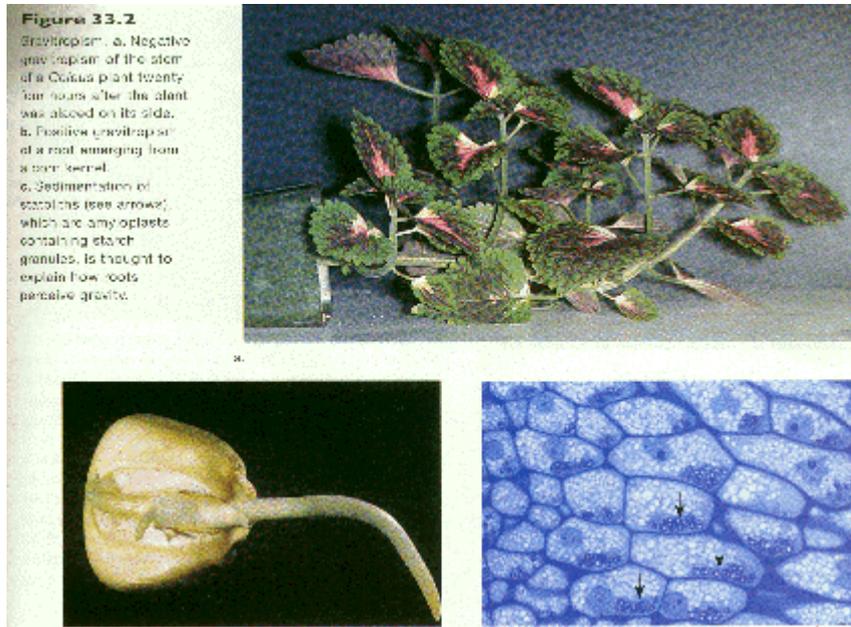
(A)我們發現當向上的植物被橫放，其莖部會展現負的趨地性。達爾文同時證實了當根尖

被移除後，根部即無法表現向地性，若干年後才有人提出解釋，認為

根尖細胞中有稱為平衡石(statoliths)的感測機制，其為含澱粉粒的澱粉質體

(amyloplasts)。基於重力，該質體沈澱於細胞的下方(請見圖八)，植物生長素受重力

作用移至根與莖的下部，生長素抑制根部下方細胞的生長，造成根部朝下彎曲。生長素刺激莖部下方細胞的生長，造成莖部朝上彎曲。



—<圖八>

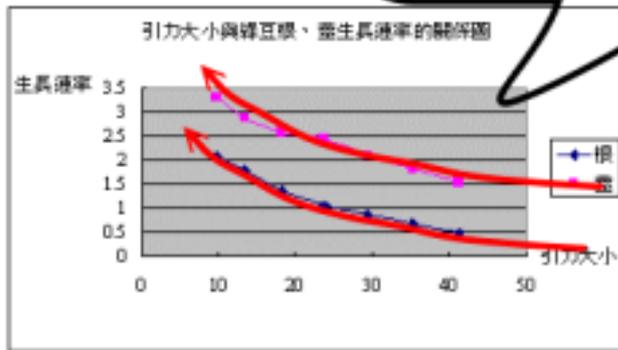
(以上資料摘錄自國立臺灣大學生農學院課程介紹之「植物結構與功能」部分)

(B)不久前，美國俄亥俄州立大學的植物學家邁克爾·埃文斯以及同事提出了新的理論：無機鈣對於植物的生長方向有著舉足輕重的作用。他們在研究中發現，植物的彎曲生長過程中，無論是根冠下側部位還是芽的上側部位，都存在著高含量的無機鈣。

那麼，無機鈣又是如何使植物辨別方向的呢？埃文斯解釋說，因為根冠有著極為豐富的含澱粉體的細胞，而澱粉體是一種貯存澱粉和大量無機鈣的大液膜，在重力的作用下，澱粉體就會把內部的鈣送到根冠下側。這時，如果用特殊的實驗手段去阻止鈣的移動，植物就不會按正常的方式去生長。同樣，植物的芽雖然沒有冠部，但也含有豐富的澱粉體，澱粉體也能將其內部的無機鈣送到上側的細胞中，這說明，無機鈣對植物生長方向有著不可忽視的重要作用。

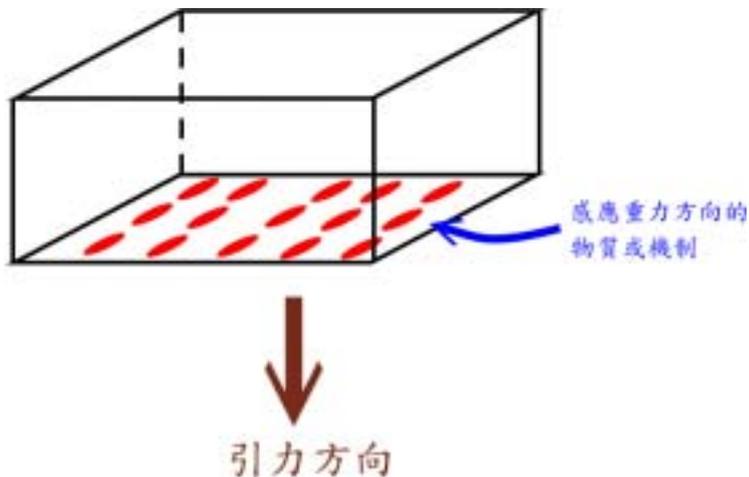
(5)參考以上兩種說法，我們覺得我們可以從另一種角度思考，根據我們的實驗結果，雖然看似簡單，但若比較「引力大小與綠豆根、莖生長速率的關係圖」時，我們可以發現：

這兩條線似乎都是曲線  
(類似二次曲線)，而且  
曲率幾乎一樣！



這種特殊的數學關係，我們可以藉此大膽預測：

潛藏在植物內部深處，負責感應「地心在哪裡？」的那種物質或機制，無論是在根部還是在莖部，都是存在的(因為根、莖的生長都受引力大小的影響)，而且在這兩個不同的部位，因為曲率都相同，我們可以說「那個物質或機制」，在根部與莖部的作用方式都是相同的，更重要的，因為生長速率和引力大小成二次反比，我們甚至可以推估「那個物質或機制」應該和三度空間的引力作用有某種關係，例如「那個物質或機制」是採「平面」的分佈方式，如圖九所示之類的。



<圖九>

## 伍、實驗結論

(一)引力對植物的生長絕對有影響，依實驗結果(請見表一、表五)可以歸納出兩個結果：

(1)方向——

植物的莖的生長方向和所受的引力相反，這符合植物背地性的向性。

(2)生長速率——

(A)引力越大，植物的莖與根的生長速率都會越慢。

(B)植物的莖與根的生長速率受引力牽制的效果是相同的。

(C)植物的莖與根的生長速率和引力大小的關係是成二次反比。

(二)由此我們也可以推測，若將綠豆移至月亮上生長(引力是地球的 1/6 倍)

，在相同的溫度、溼度等條件下，它的生長速率預估將會是地球的 36 倍。

## 陸、參考資料

1.高景輝 (民 88) 植物的生長與分化 國立編譯館 P.409~P.430

2.國立臺灣大學生農學院課程介紹之「植物結構與功能」

<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/Biology/38chap.htm>

3.張傑 是誰操縱植物的生長方向 <http://www.bjkg.gov.cn/gkjy/kjx/k20917-05.htm>

4.譚建淋 植物生長方向之謎

<http://database.cpst.net.cn/popul/natur/plant/artic/11228230403.html>

## 評語

- 1.表達能力清晰。
- 2.熱心投入，並符合科學研究精神與步驟。
- 3.能運用生活周遭物品，進行研究，並得到良好的結果。
- 4.創意性非常高。
- 5.實驗設計佳。