

# 根的生長與力的關係

## 高小組生物第二名

台北市民權國民小學

作者：王貞仁·紀偉鴻

指導老師：曾德鏡·許幸仔

### 壹、研究動機：

有一次我家陽台上的花盆傾斜了，過了很久都沒有扶正，有一天我去整理，要扶正它，但一不小心滾下來，花盆破了，發現花的根是彎的，根的下半段垂直向下生長，因此我想：根為什麼這樣向下生長呢？為什麼不沿著原來的方向繼續往盆底生長呢？

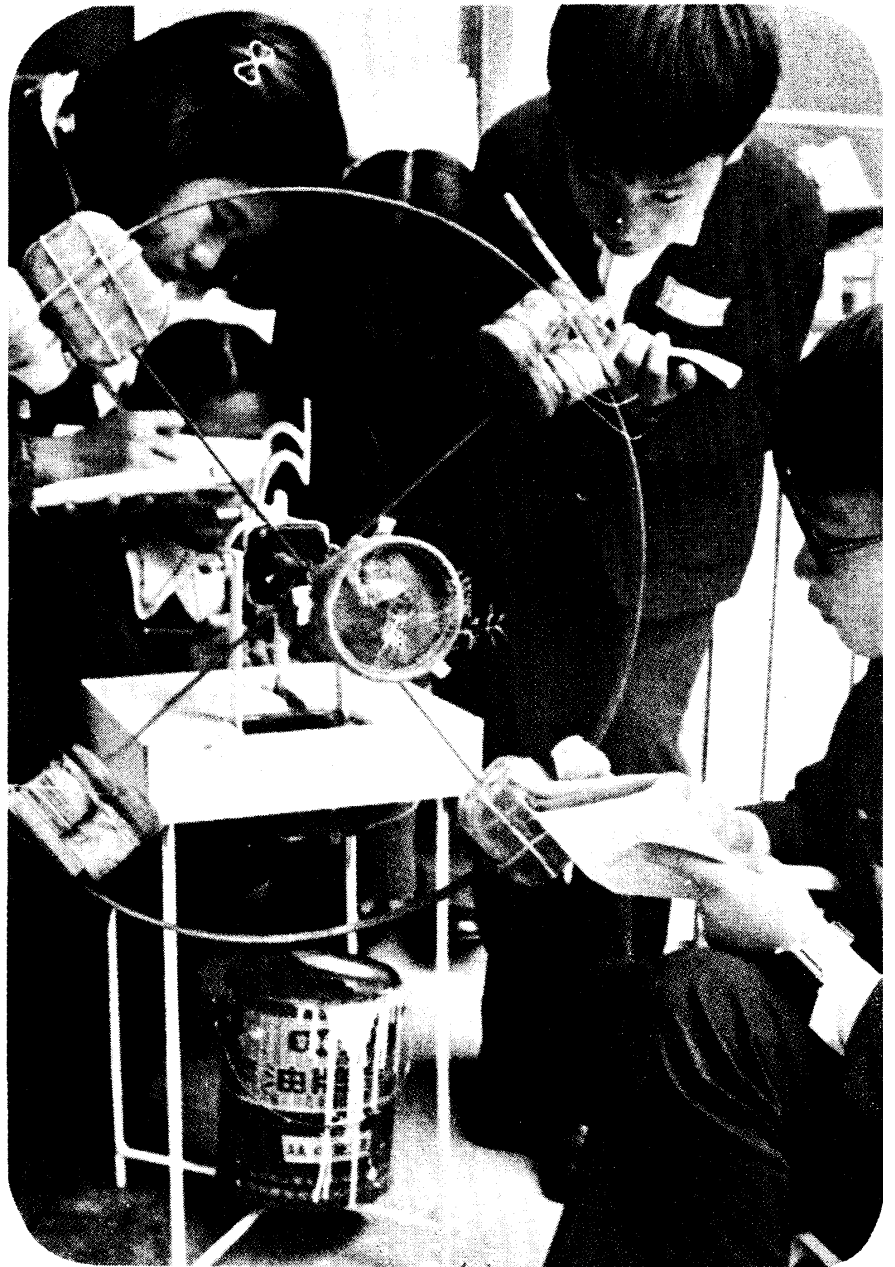
### 貳、研究問題：

(一)花盆的傾斜度

不同，觀察根的生長情形。

(二)根的生長觀察。

(三)加上外力，根如何生長？



### 叁、研究實驗：

問題(一)：花盆的傾斜度不同，觀察根的生長情形。

1 材料：花盆、玻璃片、種子（綠豆、四季豆、紅豆、白蘿蔔、紅蘿蔔等）。

2 裝置：(1)將花盆種上種子，待根生長到1~2公分，將花盆傾斜 $30^{\circ}$ ， $45^{\circ}$ ， $60^{\circ}$ ， $90^{\circ}$ 等。

(2)傾斜1~2天後，測量根的彎曲角度。

(3)使用之花盆一部分去掉，裝上玻璃便於觀察。

3 觀察記錄：以種四季豆為例說明（取平均值）

花盆傾斜度	$0^{\circ}$ (直立)	$30^{\circ}$	$45^{\circ}$	$60^{\circ}$	$90^{\circ}$
根的彎曲度	直立	$151^{\circ}$	$135.6^{\circ}$	$121.9^{\circ}$	$91.9^{\circ}$
偏向角度	$0^{\circ}$	$29^{\circ}$	$44.4^{\circ}$	$58.1^{\circ}$	$88.1^{\circ}$
生長說明	根直立，莖也直立	根的上段與花盆平行，下段垂直地面，莖也開始直立。	根的上段與花盆平行，下段垂直地面，偏向度增加。	根的上段與花盆平行，下段垂直地面，偏向角度漸增。	根的上段與花盆邊緣平行，下段垂直地面偏向角度近於 $90^{\circ}$ 。

### 4. 結果：

(1)根的末段始終保持與地面水平線垂直的情況下，向下延伸。

(2)偏向角度與花盆傾斜角度相接近。

問題(二)：根的生長觀察




1 材料：種子、玻璃片、夾子、木屑、支架、泥土等。

2 裝置：(甲)垂直迴轉。

(1)用二片玻璃，中間夾入泥土（泥土：木屑=1：1）及種子靜置待根長出1~2公分。

(2)用人工定時移動方位。

觀察紀錄：以白蘿蔔為例說明

迴轉度數	每天轉 90°	每天轉 120°	每天轉 180°
生長狀 生長紀錄	 根會向下生長 但不一定會成 正方形，因每 天所長的長度 不同。	 根先長，莖後 長，三天轉一 週，並不形成 正三角形，根 的周圍有根毛 根端向下。	 根形成彎曲， 向地面垂直的 方向生長。

迴轉後根會漸漸的又向下彎曲，向水平垂直伸長，向下是根的最終目標。

(乙)水平迴轉

觀察紀錄

迴轉	每8小時順時針轉90°	每12小時順時針轉180°	每8小時逆時針轉90°	每12小時逆時針轉180°	靜止不迴轉
根的 生長 方向	向下	向下	向下	向下	向下
生長 紀錄	根直立垂 直向下	根直立垂 直向下	根直立垂 直向下	根直立垂 直向下	根直立垂 直向下

水平方位的變化，未發現對根的生長有所影響，根仍然垂直向下生長。

(丙)立體 迴轉：

操 作	標準組靜置 不 動	方位(水平 面)轉 30° 再向垂直面 轉 30°後固 定	方位(水平 面)轉 45° 再向垂直面 轉 45°後固 定	方位(水平 面)轉 60° 再向垂直面 轉 60°後固 定	方位(水平 面)轉 90° 再向垂直面 轉 90°後固 定
測 彎 曲 度	180° ( 直 立 )	151°	134.5°	120.7°	90°
觀 說 察 明	根直立生長	根之生長與 方位(水平 面)未發現 有關連,根 下端垂直生 長與垂直面 有關	根的生長方 向,偏向角 增大,根端 向下垂直	根的生長仍 然向下垂直 ,偏向角度 增大	根的彎曲角 度近於 90° 根端垂直向 下

3 結果：

- (1)經以上實驗觀察，發現根之生長與水平面方位的移動無關，與垂直面方位的移動有關。
- (2)根最終還是垂直向下生長，向地心方向生長，可見與地心引力有關。
- (3)丙實驗的結果與問題一實驗之結果相接近。

問題三：加上外力根如何生長？

1 應用原理：利用馬達轉動飛輪（15轉／分）產生外力（離心力）用此外力去感應根。

2 裝置：

(一)飛輪調整成水平旋轉（輪軸與水平成直角）

- (1)將種子先種在花盆上並將泥土固定。

(2)將花盆固定在飛輪上。

(3)開動馬達使飛輪連續不斷的轉動。

觀察紀錄

植 物 別	綠 豆	四 季 豆	豇 豆	白 蘿 蔔	紅 蘿 蔔
觀 察 記 錄	根向外彎曲生長，而莖向內（軸心）生長。	根向飛輪外緣生長，莖向輪軸生長。	根向飛輪外緣生長，莖向輪軸生長。	根膨大向外彎曲，很明顯莖葉向飛輪軸心生長。	根膨大向外彎曲很明顯莖葉向飛輪軸心生長。
實驗數量統計： <span style="float: right;">（以棵為單位）</span>					
種 子 別	綠 豆	四 季 豆	豇 豆	白 蘿 蔔	紅 蘿 蔔
栽 種 實 驗	16	12	20	12	20
未 生 根 發 芽	0	0	1	0	2
生 根 發 芽	16	12	19	12	18
根向外彎曲生長	16	12	19	12	18

結果：飛輪轉動時產生離心力，根受離心力之影響，而向外彎曲生長，莖則傾向飛輪的軸心。

(二)飛輪調整成垂直（輪軸與水平線平行）旋轉

(1)將圓形壓克力盒四周鑽六個孔，然後填入木屑或泥土，中間

填入一顆種子。

(2)將壓克力盒固定在飛輪上，使飛輪日夜轉動。

(3)種子之根不受地心引力固定方向之影響（根端無法固定保持向地平線垂直）

實驗紀錄：

實驗次數	6
播種數(棵)	24
生長情形	24 棵的根都向飛輪外緣伸長，莖則向轉軸方向生長。

結果：

- 1 根向飛輪外緣生長，而莖向輪軸方向生長。
- 2 壓克力盒內用木屑比用泥土理想，因用木屑不易流失。

(三)飛輪調整成 45 度旋轉

(1)將四季豆之種子，每盆種二棵，一在中心，一在靠玻璃之邊緣，得根長 1 ~ 2 公分長。

(2)固定在飛輪上使繼續旋轉。

結果：根端受地心引力與離心力雙重之刺激，以至偏向角度大於 45 度很多。

(四)花盆固著在轉軸上旋轉 以紅蘿蔔來實驗

方向	垂直順時針	垂直逆時針	水平順時針	水平逆時針
實驗次數	10	10	10	10
實驗紀錄	根向下生長 莖向上生長	根向下長， 莖向上生長	根水平方向 伸長，莖也 水平方向伸 長	根水平方向 伸長，莖也 水平方向伸 長

結果：(1)不停的旋轉並沒有使植物停止生長。

(2)水平旋轉，植物各部：器官所受之刺激相等，故根向水平伸長，莖也不彎曲。

肆、結論：

1. 根的末端始終保持與水平線垂直，向下伸長。
2. 定時調整方位水平移動，根的末端亦與水平線垂直向下伸長。
3. 立體轉動（定時）調整方位時，根的伸長方向只有與垂直面有關，與水平面無關。
4. 由研究問題一、二的實驗，根端是向地球之中心伸長，根端生長之方向與地心引力有關，顯示根具有向地性。
5. 當飛輪水平旋轉時，根的生長方向受離心力刺激，向離心力之方向伸長，即向飛輪之外緣伸長。
6. 當飛輪垂直旋轉時，根的生長方向受離心力影響，根向飛輪外生長，莖向軸心方向生長。
7. 當植物固定在轉軸上旋轉不停，仍然能夠生長。
8. 植物在垂直的轉軸上旋轉不停，根向下生長，莖向上生長。
9. 植物固定在水平旋轉軸不停的旋轉，根繼續水平伸長，莖也不彎曲，仍舊水平生長。
10. 根受到持久的外力（離心力）刺激感應後，會改變根的生長方向（向離心力方向生長）。
11. 以白蘿蔔實驗根的生長，觀察最理想，因它的枝根很少。