

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-生物科

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：倒地鈴

關 鍵 詞：倒地鈴

編 號：030309

學校名稱：

彰化縣立和美國民中學

作者姓名：

洪榮慈、莊惠茹、楊佩綺、黃一媚

指導老師：

陳佐青、王守良



壹、摘要

倒地鈴，一至二年生的植物，無患子科。那鼓鼓的苞子，裡面所含的氣體成分，更是令我們十分好奇，所以我們開始研究。先從播種開始，經過我們一再的實驗，發現：將種皮磨破的方式最能使它加速發芽。而苞內氣體成分的實驗，則是參考理化課本來進行，如下實驗：一、點燃線香測量氧氣，二、利用澄清石灰水測量二氧化碳，三、利用溴的四氯化碳溶液測量乙烯，結果以上 3 個實驗都無明顯的反應。最後，我們大膽地推測苞內氣體是為空氣，所以做了鋼絲絨氧化實驗，結果：苞內氣體和空氣反應幾乎相同。我們使用顯微鏡及在苞子表面上塗上凡士林，分為部分塗、全部塗，結果全部塗的苞子幾天後便壞死，但部分塗的苞子還能繼續生長，並觀察它的結構及氣體如何進入苞內。發現苞子的結構外而內大概是網狀組織 ▶ 表皮及保衛細胞 ▶ 網狀組織，結構很緻密，而氣體可能由苞子的表面進入苞內，所以苞內的氣體可能為空氣，空氣逐漸進入苞內，使苞子逐漸撐大，成了現在的樣子。

貳、研究動機

有一次在田間小路旁看到一叢叢長有綠色小苞子的植物，那一個個綠色小苞子，鼓鼓的好似燈籠的形狀。這是什麼植物呢？當我們擠破苞子時，產生絲絲的爆鳴聲且苞子內有三顆種子。我們懷疑苞子裏頭可能有氣體？只有這樣，才能像氣球內的氣體壓力與大氣壓力形成平衡而呈現鼓鼓的樣子。而如果有氣體，那是如何產生呢？種種問題讓我們充滿好奇，所以我們便開始著手觀察尋找答案。



參、研究目的

- 一、尋找苞子內的氣體成分並測量 1 個苞子內所含的氣體體積
- 二、種子為何由綠色變為黑色，而苞子為何由綠色變為黃褐色
- 三、苞內氣體出入觀察及苞子的內外層及隔膜的结构觀察
- 四、種子播種研究

肆、研究設備及器材

- | | |
|-------|----------|
| 一、針 | 九、鋁箔紙 |
| 二、試管 | 十、酒精燈 |
| 三、漏斗 | 十一、數位相機 |
| 四、電腦 | 十二、裝水的容器 |
| 五、橡皮塞 | 十三、數位攝影機 |
| 六、熱熔膠 | 十四、陶瓷纖維網 |

七、廣口瓶

十五、顯微鏡 可接電視影幕

八、鋼絲絨

伍、研究過程或方法

在小路旁看到一叢叢綠色小苞子的植物，經我們查資料得知它是一至二年生，為無患子科類的植物 參五。別稱為倒地鈴、燈籠花、風船葛等等；科名：Sapindaceae 根據觀察倒地鈴是先開小白花再結小苞子，苞子再慢慢的膨脹變大，由於很像倒於地面的風鈴，所以我們喜歡稱它為倒地鈴。

一、將種子埋入土壤觀察其發育情況？我們為了能讓種子順利發芽，所以我們作了以下的處理：

一 蒐集種子:將成熟的苞子 表面已呈褐色 予以去除，取得內部成熟的種子，此時的種子是為黑色，種子上方有白色心形花紋。算算看苞子內的種子數目？

二 將種子做不同方式的處理，植入相同土壤中，觀察其生長情形？

二、在田野間的觀察發現，倒地鈴的苞子經過約一個月的時間顏色會由綠色轉成褐色；如果天氣很熱，黃褐色苞子很容易被壓破。但為什麼會變色？我們想經由實驗而推敲**種子及苞子為何由綠色變為黑色及黃褐色**

一 我們點燃酒精燈後，把苞子放在陶瓷纖維網上，用夾子翻動苞子以免被燒破，觀察其顏色變化。

二 綠色苞子及種子放入水中加熱，觀察顏色變化。

三 我們把綠色苞子包上鋁箔後，放置於火上加熱，一段時間後打開觀察其顏色變化。

四 將種子密封在小塑膠袋內密封，觀察顏色變化及其變化情形。

五 將苞子放在小燒杯內隔水加熱，觀察其顏色變化。

三、苞子裏頭是否有氣體

苞子放入水中，用針在苞子上刺破一個洞，再把刺破的苞子加以擠壓，觀察是否出現氣泡？

四、測量 1 個苞子裡面所含的氣體體積

一 把裝水的容器裝 8 分至 9 分滿的水，放入漏斗，把裡面裝好水的試管套在漏斗上面 試管內不能存有半點空氣，而試管和漏斗也不能離開水面

二 在水中用針刺破苞子，放入漏斗裡

三 每次都用 2 個苞子來做，用 2 1 ml 的試管來收集，將蒐集氣體的試管口用橡皮塞塞住，將試管放在試管架上。

四 收集 10 次。求平均值，推出單一苞子的氣體含量。



五、設計收集 X 氣體方法

因為我們不知道苞子內含有什麼氣體，所以我們暫且稱為 X 氣體。為了分析 X 氣體的成分，我們請教老師。老師說：「最省時的方法是利用氣體分析儀。但問題是哪裡找得到氣體分析儀？費用貴且對方願意幫我們嗎？」在種種考量下，老師建議我們先利用學校的資源找尋 X 氣體的成分。

為了分析 X 氣體的成分，首先必須收集到 X 氣體。我們並不知道苞子內的氣體成分是什麼？在國中課程二年級理化第二章有關收集氣體的方法分為兩類：不溶於水的氣體使用排水集氣法；溶於水的氣體使用向上或向下排氣法。其中使用排水集氣法收集到氣體較純，比較不混有空氣。向上或向下排氣法收集到氣體都混有空氣所以我們想到利用理化課學到之排水集氣法的原理，設計收集 X 氣體的方法。

一 方法一：將錐形瓶、漏斗、雙孔橡皮塞、導管、試管、裝水的容器、針、橡皮塞裝置如圖 一：

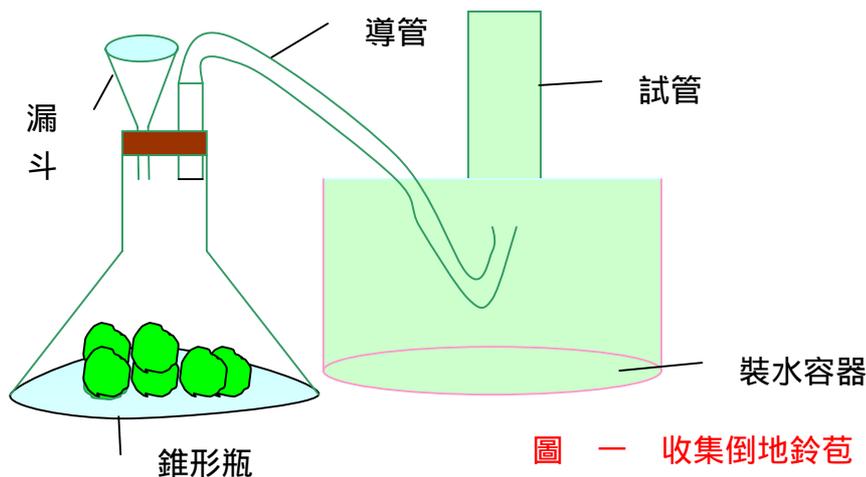


圖 一 收集倒地鈴苞子的氣體裝置

- 1.把錐形瓶洗淨後擦乾，放入一些用針刺破的苞子 約 9 15 顆 。
- 2.然後用雙孔橡皮塞塞住瓶口上方並裝入漏斗及導管。
- 3.在裝水的容器裝入 8 分或 9 分滿的水，試管裡裝滿水後倒放 試管內不能有空氣 。
- 4.然後將導管放入試管內，再從漏斗倒入水。
- 5.直到把試管內所有的水完全擠壓出來。蒐集氣體的試管橡皮塞塞住。

缺點：

- 1 倒地鈴的苞子是先戳洞再放進錐形瓶裡，怕苞子內的氣體早已和外面的空氣相通。

2 學校的器材裝置設備和當初所想到有點出入，所以宣告失敗。

二 方法二：將裝水的容器、試管、橡皮塞、漏斗裝置如圖 二：

1.先把容器裝 8 分或 9 分滿的水。

2.漏斗放入水中，頸端朝上，漏斗口裡放苞子。

3.然後把試管裝滿水，套到漏斗上方 試管裡不能存有半點空氣，然後在套的時候，試管也不能離開水面。

4.把漏斗斜放，用針把漏斗口裡的苞子刺破一個小洞。

5.持續刺破苞子，直到將試管內的水完全擠壓出來。

6.將蒐集氣體的試管口用橡皮塞塞住，將試管放在試管架上。

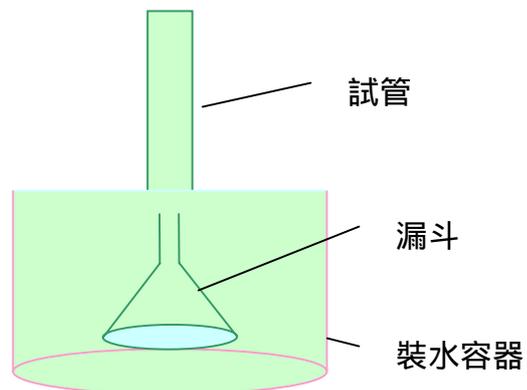


圖 二 測量倒地鈴苞子內的氣體裝置

六、找尋 X 氣體的成分

首先，由於我們在國中的理化課本學到氧氣及二氧化碳的特性：氧氣不溶於水，且有助燃

的性質；而二氧化碳則稍微溶於水，有不助燃的性質，還可使澄清石灰水變成白色混濁。所以我們為了解倒地鈴的苞子是否含有這兩種氣體，因此我們便設計了以下兩個實驗：

一 X 氣體的試管塞拿開，同時將點燃的線香放入試管內，觀察是否燃燒旺盛或熄滅？這是在檢驗 X 氣體是否有助燃效果。

二 將裝水的容器、小漏斗、塑膠管、試管、石灰水裝置如圖（三）

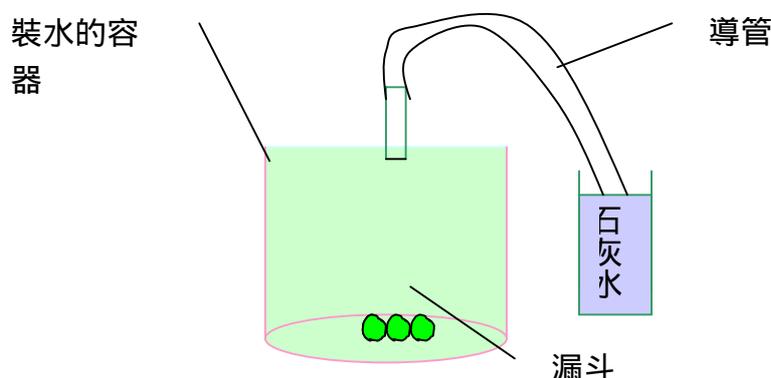


圖 三 檢測倒地鈴苞子的氣體是否含有二氧化碳的裝置

1.先把裝水的容器裝至 8 分滿的水。

2.把漏斗放進水裡。

3.再把導管的一頭插入漏斗的上方，另一頭放入試管裡 試管內已經有澄清石灰水。

4.用針刺破並擠出苞子裡的 X 氣體，使 X 氣體進入石灰水中，觀察石灰水是否變成白色混濁。

三 將試管、導管、漏斗、水槽裝置如圖 四：

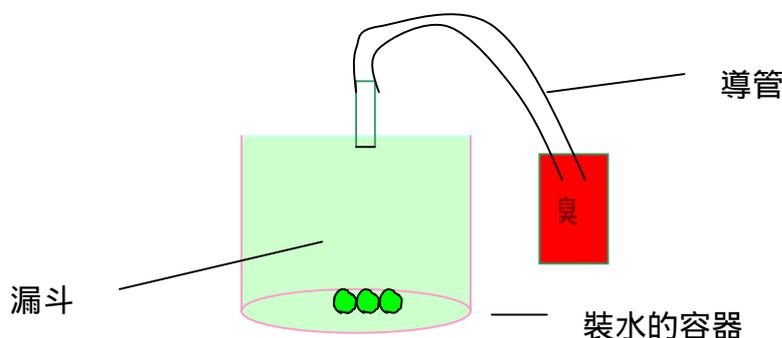


圖 四 檢測苞子的氣體是否含有乙
烯的裝置

根據觀察，苞子會慢慢變大，氣體也逐漸增多，這種成長是否與生長激素有關？在資料中，與生長有關之激素 植物荷爾蒙 中提到的氣體是乙烯，所以我們懷疑苞子內有乙烯？為了實驗證明 X 氣體是否含有乙烯，所以我們開始查詢有機化學中關於乙烯的化學反應。其中能讓我們方便實驗的反應是乙烯和溴之四氯化碳溶液的反應，這反應使暗紅色的溴之四氯化碳溶液退色。

1.先將裝水的容器裝 8 分滿。

2.把漏斗放進水裡。

3.再把導管的一頭插入漏斗的上方，另一頭放入試管裡 試管內已經有溴液。

4.苞子放進漏斗內，把苞子內的氣體擠出，擠出的氣體沿著導管進到裝約 10c.c.的溴液的試管中，來測量乙烯。

四 在找尋 X 氣體過程中，我們試著用顯微鏡觀察苞子外皮：

1. 剛摘來的苞子用隔水加熱的方式，洗去它的葉綠素，使它由綠色變成白色。然後用解剖刀

切下一部份，放置在載玻片上，滴上亞甲藍液後，再用蓋玻片蓋上，放到顯微鏡上觀察苞子外皮。

2.經過觀察後，我們發現苞子內外層有許多細絲狀的細毛交錯在其中，猶如細網包圍在苞子的內外層，細網下有保衛細胞。而它的細胞壁也由原來的綠色變為白色 因之前已用隔水加熱的方式洗去它的葉綠素，而用亞甲藍液染色後，整個細胞都已染成藍色，而它的細胞核及細毛也在染色後變得很清楚。

3.承上，這些交錯的細絲狀細毛會有什麼作用？如果這些交錯的細毛像一張細網，那會不會有空隙存在？

而如果有空隙存在，大氣與苞子內的氣體將有彼此的交換作用嗎？X 氣體是否會含有大氣成分？X 氣體是否是大氣利用交錯的細毛空隙進入？想到這裡我們設計了一個實驗：

五 利用鋼絲絨在水中的氧化反應來測試 x 氣體與空氣含氧量的比較：

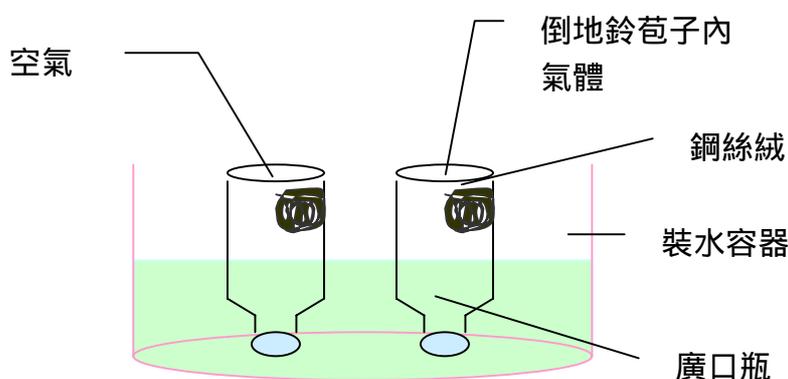


圖 五 利用來測量苞子內氧氣的含量的裝置

1.因為怕一般膠帶碰水後，鋼絲絨無法黏住，所以我們使用熱熔膠把鋼絨分別固定在 2 個廣口瓶底。

2.然後把水加滿，利用排水集氣法來收集 x 氣體。1 瓶是倒地鈴苞子內的氣體， 實驗組 ；另 1 瓶則是空氣， 對照組 。

3.2 個廣口瓶皆倒放在裝水之水槽中，瓶內所剩下的水要與外面的水同高，再把這 2 個瓶子固定好，每天按時觀察。

因為這種氧化作用是極緩慢的，所以必須要觀察好幾天。每天觀察記錄水位是否有預期的變化？如果變化相同，表示 X 氣體很有可能是空氣，空氣可能是藉著細毛空隙進入而使苞子膨脹。

七、顯微鏡下苞子外皮的細毛空隙 細網格子 是否能讓空氣進出？

一 我們將凡士林塗抹在苞子的外皮，可分部分塗、全部塗，等待觀察有什麼變化？為了

方便觀察，我們將田間的倒地鈴移植到盆子裡，如此可以就近觀察塗上凡士林後苞子的膨脹情形，判斷苞子內的氣體是否是空氣由細毛空隙進入的？

二 將苞子用盒子包起來並在盒子上方覆蓋鋁箔紙觀察苞子綠色表皮的變化？我們想了解光合作用與苞子內氣體膨脹之間的關係？用針刺破一個氣室是否會影響另兩個氣室？

八、為了解 x 氣體是如何進入苞子，所以有必要對苞子的內外層結構做詳細觀察。因為我們沒有顯微照相設備，所以將顯微鏡的 av 端與電視 av 端接上，以電視影幕顯示苞子的內外層結構，再用數位攝影機拍攝，剪輯圖片分析；而我們也觀察苞子內三個氣室的隔間薄膜。

陸、 研究結果

一、倒地鈴苞子內的種子統計表

一 倒地鈴苞子內種子的統計表

表一：倒地鈴種子一覽表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
數目	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	0	3	3	3	2	3	3	3
顏色	綠	黑	黑	綠	綠	綠	黑	綠	綠	黑	綠	黑	黑苞	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33	34	35	36	37	38	39	40
3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3		3	3	3	3	2	3	3	3
綠	綠	綠	黑	綠	綠	綠	黑	綠	綠	黑	黑	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠

41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3
綠	綠	黑	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	黑	黑	黑	綠	綠	黑	綠	綠

63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3
綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	綠	黑	綠	綠	綠	綠	黑	綠	黑	綠	綠	黑	綠	綠

85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100						
2	2	3	2	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3						
黑	黑	綠	綠	綠	綠	黑	綠	綠	黑	綠	綠	綠	黑	綠	黑						

二、種子播種結果

表二：種子的不同處理結果

觀察時間 30 天				
種子形式	原來種子	種子泡水	磨破種皮	磨破種皮露出胚芽
生長觀察	沒有生長現象	沒有生長現象	沒有生長現象	 <p>圖 六 磨破種皮露出胚芽順利生長</p>

二、推測綠色苞子和種子為何變成黑褐色

表 三：苞子的處理

方式	直接加熱	隔水加熱	包鋁箔加熱	隔燒杯加熱	自然放置 袋子密封
結果	苞子變黑，種子沒有	顏色變淡，種子沒有	顏色由綠變黑，種子沒有變黑	跟直接加熱的結果一樣	苞子、種子由綠變黑
時間	約 1 分鐘	約 3 分半鐘	約 2 分半鐘	約 2 分鐘	約 2 至 3 天
備註	放久，種子也會變黑	顏色可溶於水	表面有凹陷的現象	表面有水蒸氣浮現	袋子上會有水蒸氣浮現

四、苞子內的氣體容積

一 苞子放入水中，在水中將苞子刺破，發現有氣體從苞子內跑出來，這現象告訴我們苞子內是有氣體的，如此才可以與大氣壓力取得平衡的關係，像燈籠或氣球似的，張的鼓鼓。

二 兩個苞子的氣體量如下表：最多 18c.c

表四：苞子的氣體量

苞子組號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
剩餘水量cc	9	12	10	10	9	5	3	4	4	10	7.6
氣體量cc	12	9	11	11	12	16	18	17	17	11	13.4

試管的容積-剩餘水量=苞子氣體含量 試管的容積 21ml

由表四得知，2 個苞子由 10 組數據求得含的氣體為 13.4，也就單一苞子的內氣體含量為 6.6 左右

五、X 氣體成分檢測

一 點燃的線香測試 X 氣體的助燃性並不明顯，因為沒有爆鳴聲，線香也沒有熄滅，所以

無法確定苞子內是否真的含有氧氣。這些現象可推測不存在助燃性的氣體，或說微量到無法產生上述的現象。

二 將 X 氣體與澄清石灰水混合並無明顯混濁現象，此結果可說明 X 氣體不含有大量的二氧化碳。

三 將 X 氣體與溴的四氯化碳溶液混合，暗紅色的溶液沒有明顯的變化，此結果可說明 X 氣體不含有乙烯。

四 利用鋼絲絨氧化測量比較倒地鈴苞子含氧量與空氣含氧量

表五：倒地鈴苞子內的氣體與空氣的水位變化情形

觀察天數	瓶內水面到瓶口的距離 cm		瓶內水面到瓶底的距離 cm	
	倒地鈴	空氣	倒地鈴	空氣
第一天	7.1	7.1	5	5
	7.2	7.2	4.6	4.6
第二天	7.2	7.2	4.6	4.6
第五天	7.7	7.7	4.3	4.3
第六天	7.9	7.9	4.2	4.2

備註：瓶內水面有上升的現象 廣口瓶的長度為 12 公分

表六：倒地鈴苞子內的氣體與空氣的水位變化情形

廣口瓶內黏貼 5 克鋼絲絨			廣口瓶內黏貼 10 克鋼絲絨		
觀察天數	瓶內水面到瓶口的距離 cm		觀察天數	瓶內水面到瓶口的距離 cm	
	倒地鈴	空氣		倒地鈴	空氣
第一天	1.8	1.8	第一天	1.8	1.8
第二天	4.2	4.3	第二天	4.4	4.4
第三天	4.3	4.3	第三天	4.4	4.4
第四天	4.3	4.3	第四天	4.4	4.4

六、苞子表面塗凡士林觀察生長情形

表七：苞子表面塗凡士林觀察生長

各種塗法	觀察結果
大苞子三面塗	<p data-bbox="600 376 1256 472">圖 七 大苞子三面塗保持表皮綠色比未塗大苞子時間多 30 天</p> 
小苞子一面塗	<p data-bbox="600 752 1142 786">圖 八 小苞子一面塗苞子會慢慢長大</p> 
小小苞子三面塗	<p data-bbox="600 1066 1264 1099">圖 九 小小苞子三面塗苞子無法長大不久壞死</p> 

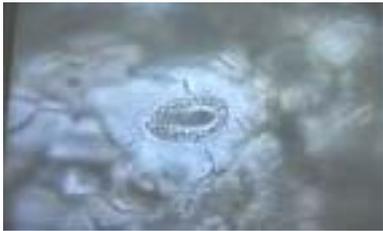
七、經過鋁箔阻隔光線的苞子，表面顏色變淡且苞子生長變慢。根據觀察用針刺破一個氣室會影響另兩個氣室的生長

表八：鋁箔紙覆蓋苞子和針刺破一個氣室之苞子生長觀察

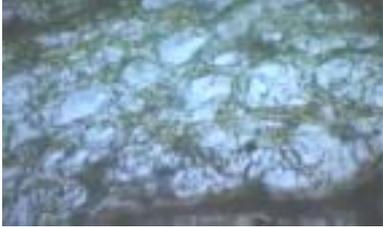
<p>圖 十</p> <p>苞子用盒子包起來並覆蓋鋁箔紙，實驗室陽台光線充足</p> 	<p>圖 十一</p> <p>一星期後拿掉鋁箔紙苞子顏色變淡</p> 	<p>圖 十二</p> <p>這是有採光罩的庭院，整個用鋁箔包起來沒有先用盒子圍起來，鋁箔拆開，苞子萎縮無法生長</p> 
<p>圖 十三</p> <p>刺破一個氣室可見綠色種子，一、二天可見撕破處成褐色。綠色種子變黑色。</p> 	<p>圖 十四</p> <p>再過一段時間，發現其他氣室受影響現萎縮。顯示氣室隔膜是相通的</p> 	<p>圖 十五</p> <p>上圖壓縮任二氣室，氣體會往撕破第三氣室出去，手放開苞子會再度膨脹。找完整的苞子如下圖，壓縮任二個氣室會令第三個氣室膨脹可見三個氣室相通。</p> 

八、顯微鏡觀察苞子內外層與氣室隔膜 數位攝影後利用電腦抓取圖片

表八：苞子外層逐漸放大圖片

<p>圖 十六</p> <p>有刮苞子外層</p> <p>400X</p> 	<p>圖 十七</p> <p>苞子外層放大網格包圍苞子 400X</p> 
<p>圖 十八</p> <p>苞子外層放大網格下保衛細胞呈點狀分佈</p> <p>400X</p> 	<p>圖 十九</p> <p>苞子外層再放大可見保衛細胞與表皮細胞</p> <p>400X</p> 

表九：苞子外層逐漸放大圖片

<p>圖 二十</p> <p>苞子外層放大條網清楚圖</p> <p>100X</p> 	<p>圖 二十一</p> <p>苞子外層放大條網外可見突出細絲</p> <p>400X</p> 
<p>圖 二十二</p> <p>苞子外層網格下可見保衛細胞與表皮細胞</p> <p>400X</p> 	<p>圖 二十三</p> <p>網格放大可見其內有葉綠體</p> <p>400X</p> 

表

表十：苞子內層逐漸放大圖片

圖 二十四

網格下的保衛細胞

100X

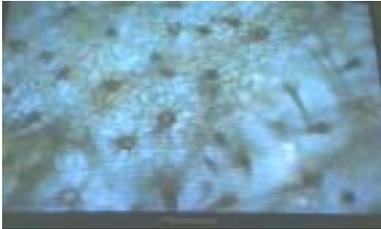


圖 二十五

另一角度觀察內層

100X

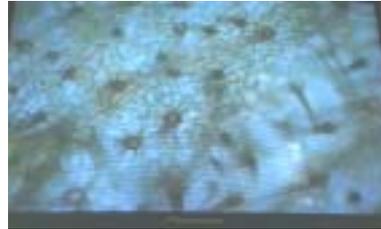


圖 二十六

由苞子內層可看見外層的網格
與點狀分布保衛細胞和表皮細胞

400X

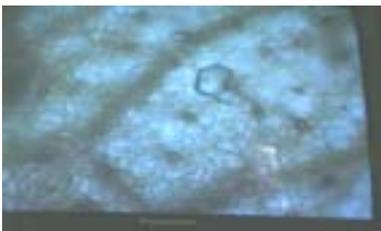


圖 二十七

未割內層可見網格上有突毛

400X



表十一：氣室隔膜和苞子內層圖片

圖 二十八

未割內層可見網格下的
保衛細胞

400X



圖 二十九

未割內層可見網格保衛細胞

100X

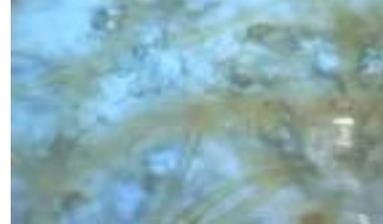


圖 三十

氣室隔膜

400X



圖 三十一

氣室隔膜

100X



柒、討論

一、 倒地鈴苞子內的種子，根據表 一 我們統計的結果：每個苞子內幾乎都有三個種子，只有少數例外。種子的顏色：綠色苞子內的種子多數是綠色，只有褐色苞子內的種子是黑色的。

二、 將苞子內的黑色種子直接種植在土壤裡，根據我們播種觀察很難長出新芽。必須將磨破種皮露出胚芽才能發芽生長。實驗室陽台那一盆倒地鈴就是如此種植出來的。



三、 為了解綠色苞子及種子如何變成褐色苞子及黑色種子？我們由實驗結果及生長觀察判斷，在適當生長情況下，陽光溫度和空氣扮演

圖 三十二 實驗室陽台的倒地鈴

表十二：生長觀察和實驗室模擬分析苞子顏色的轉變

生長觀察	實驗室陽台 陽光充足 苞子部份外層已變褐色，不易持久維持整部分是綠色。採光罩下綠色外層可維持一段時間，再慢慢轉變成褐色
實驗室模擬	由表 三 可知直接加熱或包鋁箔紙加熱，苞子皆由綠轉成黑褐色。水中加熱只是顏色變淡。但是由放在燒杯和封閉紙袋的苞子皆有水氣產生，我們可判斷苞子含水氣時，顏色是無法轉成褐色的。直接加熱或包鋁箔紙加熱使水分蒸發，空氣與苞子在一定溫度下反應，顏色由綠變成褐色，這與方糖加硫酸，方糖脫水變黑，道理很像。所以水份蒸發後 在一定溫度下 苞子內的種子加速變黑。因此鋁箔紙包包子加熱苞子表皮與種子皆由綠變黑褐色。

對於此種轉變，我們推測這時假如有動物經過，褐色苞子會輕易地被動物踩破或咬破，此時種子掉到地面時會開始生命的延續。另一推測是天氣溫度升高，促使苞內氣體壓力增大加上苞子變成脆弱的黑褐色苞，兩因素下褐色苞子破裂而使種子掉到地面，開始生長。觀察田野告訴我們當苞子變成褐色時，就是水分蒸發掉。此時苞子變的很脆弱，只要有任何外力，例如：強風、下雨、踐踏等，都足以使苞子破裂讓苞子內的黑色種子掉落地面，使嶄新的生命從此開始。

四、當我們第一次和倒地鈴相遇時，就被其苞子所吸引。因為要保持像汽球似的膨脹必須苞內要有氣體才能夠與大氣平衡。在水中用針將苞子刺破，果然有氣體冒出，說明苞子內確有氣體。表 四 告訴我們每 2 苞子其氣體量大於 10cc，最多 18cc。單一苞子的內氣體平均含量為 6.6 左右。對於我們使用排水集氣法收集苞內氣體，就不用擔心無法將水排除而收集不到氣體。事實上也顯示收集苞內氣體，進行順利。

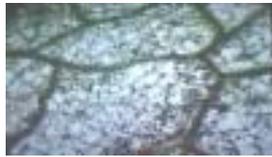
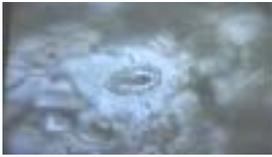
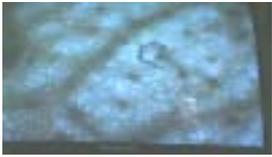
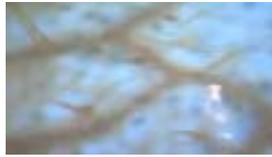
五、因為收集氣體順利，我們便開始測試它可能的成分。首先我們用點燃的線香來測試 x 氣體的助燃性，結果沒有很明顯的結論，既不旺盛也不熄滅。再來使用澄清石灰水檢驗二氧化碳和溴的四氯化碳溶液檢驗乙烯也都沒有確定的反應，想想有點灰心，就在無計可施情況下，皇天不負苦心人，有一位同學用顯微鏡觀察到倒地鈴的苞子外表有細網格子包圍，讓我們聯想到裡面會不會是空氣？空氣藉這細網格子進入？如果是空氣，則如何證明 x 氣體是空氣？於是我們想到利用理化課本上的鋼絲絨與空氣的氧化實驗，它可說明空氣中的含氧量約 5 分之一。所以設計像圖 五 的實驗。以 x 氣體為實驗組，空氣為對照組。由下表 十三 的綜合結果可知 x 氣體與空氣，因鋼絲絨與氣體中的氧化而導致水面上升，其上升變化，x 氣體與空氣又幾乎一致，如此可判斷 x 氣體與空氣含氧量是相似的，這點足以說明 x 氣體應該是空氣沒錯。現在我們只要觀察出空氣到底是如何進入苞子的氣室，就能更加證明 x 氣體應該是空氣。

表十三：倒地鈴 x 氣體和空氣分別與鋼絲絨氧化的水位變化

實 驗 氣 體	表 五	表 六 5 克鋼絲絨	表 六 10 克鋼絲絨
倒地鈴 x 氣體瓶內 水面距瓶口距離變 化	7.1cm 水面上升至 7.9cm	1.8cm 水面上升至 4.3cm	1.8cm 水面上升至 4.4cm
空氣瓶內水面距瓶 口距離變化	7.1cm 水面上升 至 7.9cm	1.8cm 水面上升 至 4.3cm	1.8cm 水面上升至 4.4cm

六、不斷的透過顯微鏡仔細觀察下，我們終於有了一些結果，我們綜合表 八 至表 十一 的圖，得到下表 十四 的苞子由外到內順序圖片。

表十四：苞子由外到內放大順序圖片

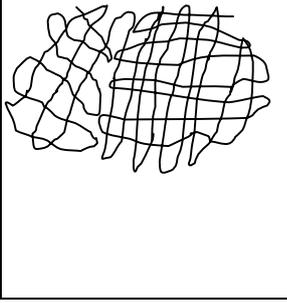
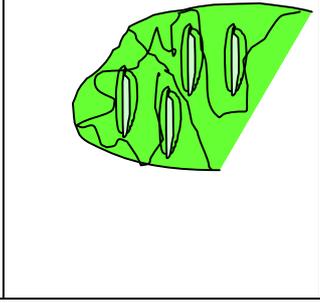
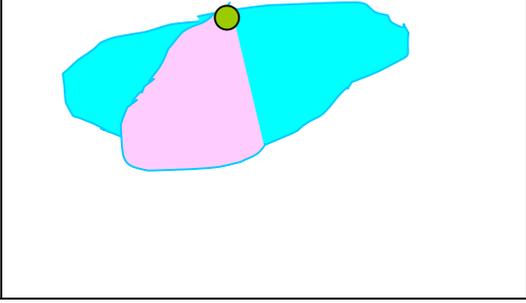
<p>苞子外層</p> 	<p>苞子外層放大</p> 	<p>再放大，保衛細胞呈點狀分佈</p> 
<p>再放大可見一保衛細胞 旁邊的表皮細胞</p> 	<p>內層可見保衛細胞與旁 邊的表皮細胞</p> 	<p>內外層皆可見網格內有葉綠體且 上有突毛</p> 

由表 十四 可知整個苞子表皮的結構由外而內是網狀組織 → 保衛細胞和其周圍的表皮細胞 → 網狀組織。從這個結構分析，網狀組織細網格子內外圍繞整個苞子皮再與三片氣室的隔膜構成整個苞子。而氣室的隔膜由圖 三十 觀察得知是很緻密，似乎不透氣，但是圖 十三 至圖 十五 的觀察顯示倒地鈴的三個氣室是相通的。那麼保衛細胞在此所擔任的角色就是控制氣體的出入，因為每個氣孔都為一對保衛細胞所包含。根據 參三，白天陽光照射，因鉀離子泵作用，易使水分進入保衛細胞，因而膨脹分開即所謂氣孔張開，讓光合作用所需的二氧化碳進入。日落後，鉀離子泵不作用，水分流出保衛細胞，關閉氣孔。

七、由實驗中苞子表皮的顯微鏡觀察，可見苞子表皮外表層具有網狀結構組織如圖 十七、十八，且其中含有許多的葉綠體，這些網狀的結構組織形成許多空洞，從這些空洞中則隱約可見其下密實的表皮細胞如圖 二十二，而在表皮細胞中則有保衛細胞夾雜其中，保衛細胞則為其唯一向外連通管道，亦即可能是氣體出入的場所。而苞子內層看到的情形與外表層看到的情形雷同！一樣有網狀含葉綠體結構，下則有緊緊相連表皮細胞及一些保衛細胞。另外每個苞子中都有三個隔室，中間以白色隔膜作分隔，且呈三面體，其中一面披覆在苞子外皮之內層，即網狀組織上方。從顯微鏡下又可見其緊密排列如圖 三十、三十一，我們也觀察到網狀組織和保衛細胞內有葉綠體，那麼從這些結果推測，由於苞子外層的網狀結構纖維組織的骨架滿結實，可以隨著苞子的長大而膨大，猶如鷹架一般。雖然苞子被壓破仍但其仍具有彈性，可恢復回原來形狀；再加上苞子內氣體與大氣比較實驗中，可推測氣體與大氣中的成份大致一樣。由此推論苞子內的氣體應是從大氣中進入，其通道乃藉由保衛細胞進入，

然後由於骨架逐步長大撐開，而使氣體進入苞子內，且苞子中有緊密之隔膜分隔，加上保衛細胞的調控，故可將氣體保留於苞子中。

八、所以將觀察到的苞子結構與保衛細胞的功能加以分析比對，我們建立以下的模型說明觀察到的一些結果

<p>圖 三十三 網狀組織細網格</p>	<p>圖 三十四 保衛細胞與表皮細胞</p>	<p>圖 三十五 氣室隔膜與綠色種子</p>
		

將圖 三十三 至 三十四 結合形成苞子模型為圖 三十五。網狀組織上的網格條不斷增長，氣室空間也隨著變大。

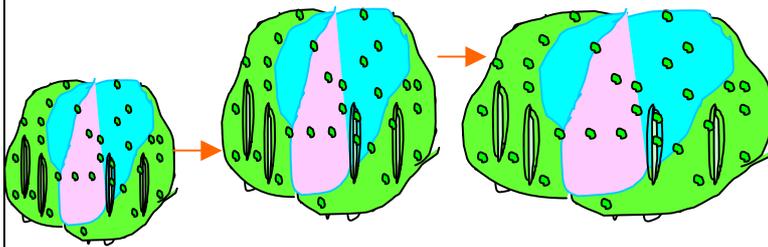


圖 三十六 白天陽光照射保衛細胞，氣孔張開，CO₂份為光合作用使用，部分進入氣室

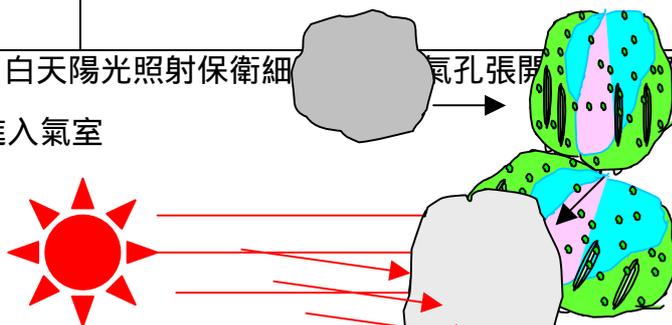


圖 三十七 白天 陽光旺盛，氣孔張大，外界空氣與氣室內氣體取得氣壓平衡。

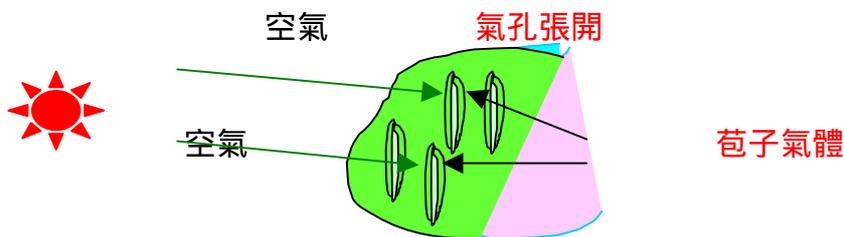
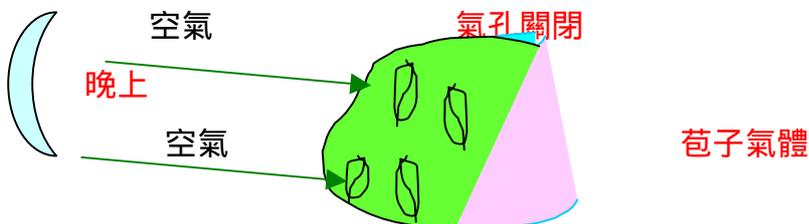


圖 三十八 晚上沒有陽光，氣孔關閉，此時白天，若外界空氣與氣室內氣體沒有取得氣壓平衡，苞子的樣子就像不夠氣的皮球一樣。這可以解釋為何苞子有時看起來沒氣的樣子。



為什麼田野 和採光罩下的苞子充氣狀態會有差別呢？陽光、水、空氣、氣孔的張合、網狀組織的生長，彼此的相關性所造成的。

圖 三十九

表 八 鋁箔紙完全覆蓋小苞子，空氣量較少或凡士林塗抹整個小苞子。將造成隔絕空氣或陽光，無法行光合作用，小苞子內氣體存量不足，最後萎縮成褐色。

若先用盒子包裝苞子留有較多空氣再將盒子覆蓋鋁箔，只是造成無法行光合作用，苞子表皮的颜色變淡如圖 十一，生長緩慢。時間久亦會萎縮

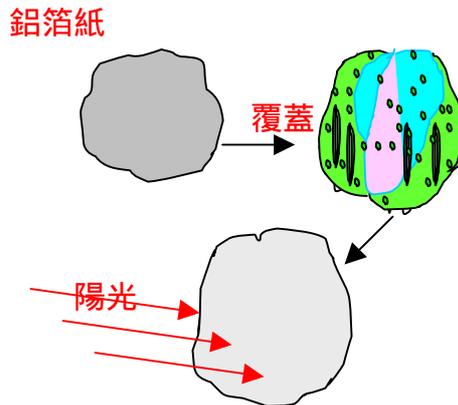
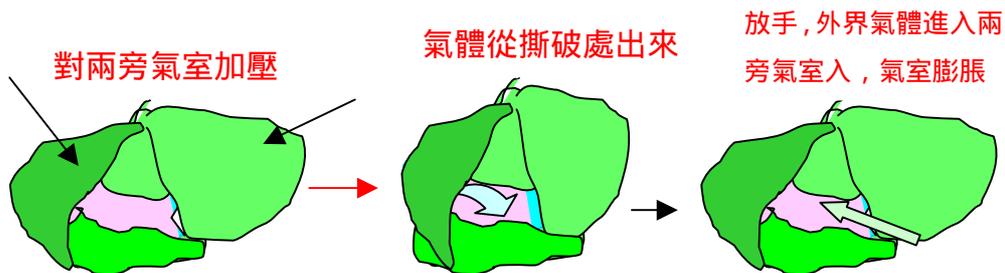


圖 四十

將苞子刺破其中一個氣室，氣室隔膜仍是完整的。捏壓兩旁氣室，放手兩旁氣室會再恢復原狀。說明雖然有隔膜氣室是相通的。所以對圖 七 長大的苞子塗三面可延後變褐色，因為水分不易蒸發，氣室內氣體可共用行光合作用。

小小苞子圖 九 氣室氣體存量不足，塗凡士林或覆蓋鋁箔易萎縮



捌、結論

一、生命是會尋找出路的。從倒地鈴身上我們觀察到生命為了延續物種的生存所展現的生命機制，令人敬佩。

二、將倒地鈴的種子適當的處理播種，一段時間後，新的生命降臨來到了這個世界，每天澆一些水，這株新生命就不斷的長大，蜿蜒蔓生，為了取得槓桿的平衡，它會在適當的地方開小白花，結小苞子。在我們的觀察中，一年四季皆會開花結苞，只是夏天結苞會比較多。所以陽光、水分、溫度這些外在環境會影響到苞子氣室與空氣之間的進出平衡。生命機制愈簡單愈能在自然中生長，倒地鈴的苞子藉著保衛細胞，調控苞子氣室與大氣之間的平衡，加上光合作用使得苞子內外圍的網狀組織成長，造成氣室空間的擴張，當氣孔張開時，因大氣壓力的關係，空氣得以進入氣室，少部分二氧化碳作為光合作用。所以線香測試苞子內氣體無法更旺盛，因為苞內氣體含氧量與空氣接近。同樣地二氧化碳和乙烯測試也就沒有反應了。所以許多觀察實驗結果都在此結構分析中獲得解釋。陽光和水分影響了氣孔的張合，也影響了氣室的成長空間，苞子的長大，我們可以說是自然的美妙運作結晶。心中不由得對大地的讚嘆。當苞子長大到一定程度，水分將無法再獲得根部供應，陽光照射苞子的剩餘水分緩緩蒸發，苞子外層漸漸由綠轉褐色，隨著溫度的升高，氣孔的張開，外界較高溫度氣體進入與氣室氣體進行熱平衡，氣室溫度的增高，造成綠色種子逐漸轉變成黑色，一段時間後，整個苞子已成脆弱的褐色苞子，外界溫度越高，更顯得脆弱。此時在田野的苞子只要任何外力介入如風力、下雨、動物踐踏等，苞子內的種子將破苞而出，此時只要環境允許，生命將得以延續。

玖、參考資料

- 一、國中生物 國立編譯館 民國 90 年
- 二、國中理化 國立編譯館 民國 90 年
- 三、新編化學 編譯 郁仁貽 徐氏基金會出版 民國 74 年
- 四、最新生物學 藝軒圖書出版社 民國 82 年
- 五、花卉園藝家 網址 <http://www.flower.idv.tw/default.htm>