

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

080204

礁溪薤菜裡的祕密

學校名稱：宜蘭縣羅東鎮竹林國民小學

作者： 小六 李昕叡 小六 林語宣 小六 林雁琳 小六 莊詒文	指導老師： 陳金助
---	--------------

關鍵詞：氧氣、二氧化碳、薤菜(空心菜)

# 作品名稱：礁溪薺菜裡的祕密

## 摘要

礁溪薺菜(空心菜)裡面有什麼？裡面是真空嗎？還是有氣體呢？如果裡面有氣體，會是什麼樣的氣體呢？與空氣的成分一樣嗎？如果不同？那與空氣的成分組成比例有差異嗎？

氧氣及二氧化碳是植物生存的重要氣體，植物行光合作用時需要二氧化碳、葉綠素及光產生氧氣，植物行呼吸作用時則是吸入氧氣吐出二氧化碳。如果空心菜裡有氣體，這兩種氣體的含量會是多少呢？

我們用大理石與鹽酸來產生二氧化碳，再將二氧化碳與空氣混合成不同的比例，利用二氧化碳與澄清石灰水會產生白色混濁的現象，再利用透光率的不同，去比較估算礁溪空心菜裡面的氣體所含二氧化碳的含量。我們也利用鋼絲絨生鏽時所耗掉的氧氣量來與空氣做比對，估算空心菜中的氧氣含量是多少。

## 壹、研究動機

在自然與生活科技課本的「空氣和風」單元中提到，空氣充滿在我們的四周，還會隱藏在海綿、麵包、毛巾、泥沙等物體中，凡是占有空間的地方都隱藏著空氣。當時就想到生活中常常吃到的礁溪薺菜(空心菜)裡是否也有氣體或是空氣呢？因此，我們對以下的問題深感興趣：

1. 礁溪空心菜裡面是真空的嗎？還是有氣體呢？
2. 如果礁溪空心菜裡面有氣體，那麼裡面的氣體與普通空氣中的成分是否相同呢？裡面是否含有二氧化碳？裡面是否有氧氣？

我們想以自然課所學到的知識與實驗方法，進行以上的探究，希望能揭開礁溪空心菜的奧秘。我們用排水集氣法先收集空心菜中的氣體，利用二氧化碳與氧氣的特性來設計實驗，進而估算礁溪空心菜中所含二氧化碳與氧氣的含量是多少。

## 貳、研究目的

- 一、礁溪空心菜裡有氣體嗎？
- 二、礁溪空心菜裡有二氧化碳嗎？含量是多少？
- 三、礁溪空心菜裡有氧氣嗎？含量是多少？
- 四、最後剩下的氣體可能是什麼？

## 參、研究設備及器材

礁溪空心菜、鋼絲絨、有側管的錐形瓶、薊頭漏斗、水槽、大理石、鹽酸、光電比色計、電子天平、錐形瓶、廣口瓶、燃燒匙、量筒、試管、密閉的容器、滴管、玻棒、水槽、水、澄清石灰水、酚酞指示劑、氨水、注射筒。

## 肆、研究方法

實驗一：空心菜裡是否有氣體的實驗及使用排水集氣法收集氣體：

1. 將空心菜去除葉子及嫩芽部分，將一節一節的莖放在水面下，用牙籤刺小孔，看看有沒有氣泡跑出來。
2. 以排水集氣法收集氣體(每把空心菜收集的的氣體約 $20\text{-}30\text{cm}^3$ )。收集約 $200\text{ mL}$ 的4瓶氣體備用。

實驗二：空心菜裡是否有二氧化碳的實驗及含量檢驗：

(一)方法一：以澄清石灰水上升的體積測量二氧化碳的含量

1. 取 $30\text{mL}$ 澄清石灰水，倒入從空心菜收集的備用氣體錐形瓶中，搖一搖，以檢驗是否含有二氧化碳。
2. 準備 $35\text{cm}$ 長的玻璃管(容量 $10\text{cm}^3$ )，一端封住，裝滿水後，以排水集氣法，用注射針筒打入空心菜收集的氣體 $8\text{ cm}^3$ ，將長玻璃管壓入澄清石灰水中，使內外等高，並以封口膜封住避免液面蒸發，3天後記錄液面上升的高度。

(二)方法二：以澄清石灰水混濁程度並以透光度測量二氧化碳的含量

1. 以大理石、鹽酸製備二氧化碳，前30秒的氣體不收集，並以排水集氣法收集4瓶備用。
2. 分別以注射針筒吸取二氧化碳 $10\text{ mL}$ 及空氣 $90\text{ mL}$ (注射針筒吸取2次)混合，然後以 $100\text{mL}$ 澄清石灰水充分震盪，使澄清石灰水充分與二氧化碳反應，產生白色混濁。
3. 取10隻試管，分別量取步驟2得到的石灰水各 $1\text{ mL}$ 、 $2\text{ mL}$ 、 $3\text{ mL}$ 、 $4\text{ mL}$ 、 $5\text{ mL}$ 、 $6\text{ mL}$ 、 $7\text{ mL}$ 、 $8\text{ mL}$ 、 $9\text{ mL}$ 、 $10\text{ mL}$ ，再分別加入蒸餾水製成總體積為 $10\text{ mL}$ 的溶液，以光電比色計測量其透光度，並記錄之。並將測量值作成檢量線。
4. 以注射針筒吸取澄清石灰水 $20\text{ mL}$ ，小心排除所有氣體，再吸取空心菜收集的氣體 $20\text{ mL}$ ，用手指壓住，反覆用力震盪，觀察白色混濁的程度，並以光電比色計測量其透光度。重複3次，以求二氧化碳含量的平均值。

(三)方法三：以酚酞指示劑加氨水檢驗，測試二氧化碳的含量：

1. 取一個量杯，裝入400mL蒸餾水，滴入10滴酚酞指示劑，一邊攪拌，一邊慢慢滴入10滴氨水，使溶液變成紅色。
2. 用70mL的注射筒吸取步驟1.所配製的紅色溶液20mL，抽取從空心菜收集的氣體20mL，用食指堵住注射筒的吸入口，用力震盪2分鐘，然後將注射筒吸入口向上，小心將餘氣排出，不要把溶液排出。再重複上述的操作，直到注射筒內的溶液紅色恰好褪去變成無色，記錄抽氣的次數。
3. 再用70mL的注射筒吸取步驟1.所配製的紅色溶液20mL，抽取二氧化碳與空氣比例為1：99混合的氣體，其他方法同上述實驗步驟2，記錄抽氣的次數。

實驗三：空心菜裡是否有氧氣的實驗及含量檢驗：

先備好規格相同的試管10隻，裝入0.5克的鋼絲絨，壓入水中排出所有的氣體，分成2組各5隻，分別以注射針筒打入空氣10mL及空心菜收集的氣體10mL，記錄液面上升的高度，及反應後剩餘的體積。

實驗四：剩下來的氣體可能是什麼？

我們排除空心菜中的二氧化碳及氧氣，以燃燒的鎂帶進行測試，並觀察反應前後的變化，並作定性的分析。

實驗五：在空心菜每節的氣室中，偵測其中二氧化碳的差異性？

- (一)在晚上11：30~01：30以注射針筒吸取空心菜每一節的氣體5mL至氣體收集瓶中，以二氧化碳偵測器偵測，並紀錄之。
- (二)在白天11：30~01：30以注射針筒吸取空心菜每一節的氣體5mL至氣體收集瓶中，以二氧化碳偵測器偵測，並紀錄之。

## 伍、實驗結果

實驗一：空心菜裡是否有氣體的實驗及使用排水集氣法收集氣體：

實驗結果：以牙籤將空心菜的氣室刺小洞，真的有氣泡跑出來；實驗多次，均有氣源源源不斷地從氣室裡跑出來。

	
<p>以牙籤將空心菜的氣室刺小洞，觀察有氣泡一直產生</p>	<p>以排水集氣法收集氣體備用</p>


說明：

我們很高興地發現，氣泡從空心菜的氣室裡跑出來，證明了一節一節的氣室裡是有氣體的。在水中直接觀察，很容易就可以觀察到很多的氣泡，證明空心菜裡不是真空，而是充滿了氣體。

實驗二：空心菜裡是否有二氧化碳的實驗及含量檢驗：

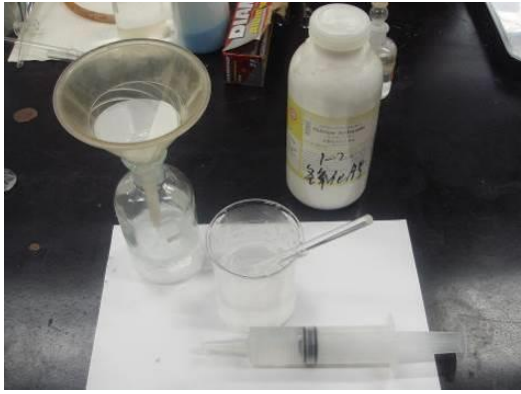

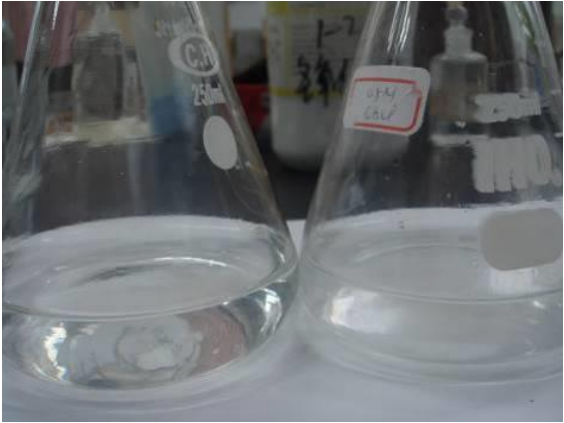
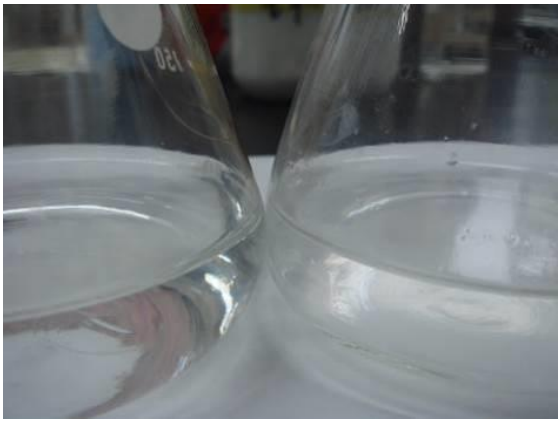
(一)方法一：以澄清石灰水上升的體積測量二氧化碳的含量

實驗前先以大理石及鹽酸，製造二氧化碳氣體備用



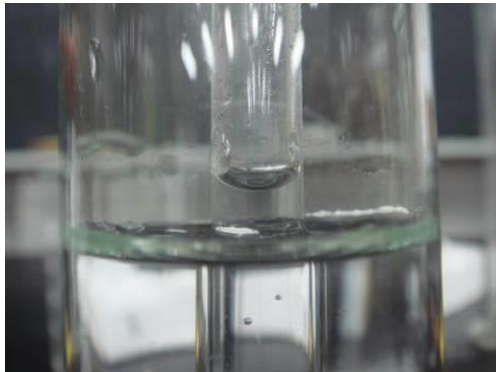
	
<p>以排水集氣法收集CO<sub>2</sub>，前30秒不收集</p>	<p>實驗過程</p>
	
<p>實驗過程</p>	<p>收集4瓶備用</p>

實驗結果：

1. 在含有二氧化碳氣體的錐形瓶中倒入30mL 的澄清石灰水，搖一搖，澄清的石灰水變成淡淡的白色混濁。
2. 在含有空心菜氣體的錐形瓶中倒入30mL 的澄清石灰水，搖一搖，澄清的石灰水變成淡淡的白色混濁。
3. 連續實驗三次，都能使澄清的石灰水變成白色混濁。

	
<p>澄清石灰水的配置及過濾</p>	<p>澄清石灰水</p>
	
<p>左邊是澄清石灰水，右邊是通入空心菜收集的氣體，呈現出混濁，證明氣體中含有二氧化碳</p>	<p>近距離照相，右邊比較混濁</p>

3. 準備35cm長的玻璃管(容量10cm<sup>3</sup>)，一端封住，裝滿水後，再以注射針筒吸取空心菜的氣體8mL，小心慢慢的注入，控制大試管的液面，使內外高度一致，大試管再以封口膜封住，3天後記錄液面上升的高度。




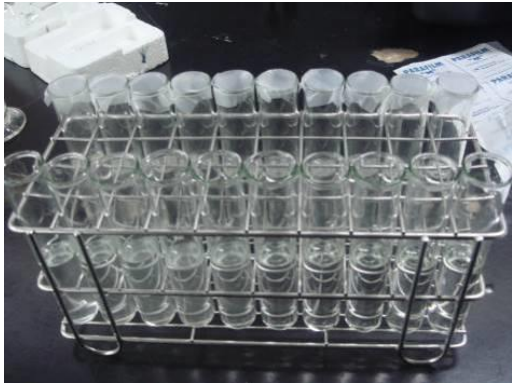
	
<p>裝置圖</p>	<p>使內外液面等高</p>
	
<p>使內外液面等高</p>	<p>3天後記錄液面上升的高度</p>

4. 液面高度記錄如下：

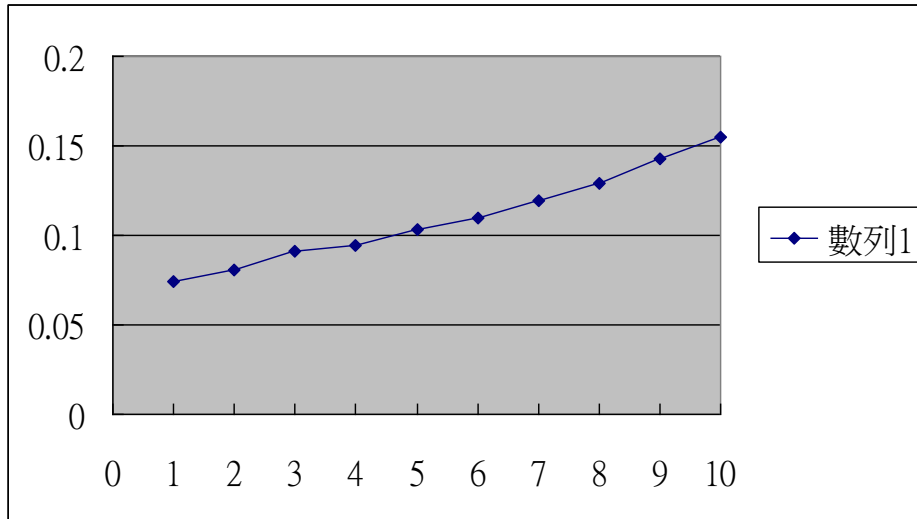
	液面上升高度	除以原來液面上的氣柱長度(28cm)
第一次	0.51cm	1.82%
第二次	0.52cm	1.86%
第三次	0.54cm	1.93%
平均	0.52cm	1.87%



(二)方法二：以澄清石灰水混濁程度並以透光度測量二氧化碳的含量

	
<p>光電比色計</p>	<p>分別加1mL~10mL吸收CO<sub>2</sub>的石灰水</p>
	
<p>再加入蒸餾水至總體積10mL，以光電比色計測量其透光度，並做成檢量線。</p>	<p>透光度的實驗</p>

1. 以(CO<sub>2</sub>10mL+空氣90mL)作檢量線



說明：(1) 若100mL澄清石灰水全部吸收了混合氣體中的二氧化碳10mL，就表示10mL澄清石灰水吸收了1mL的二氧化碳。


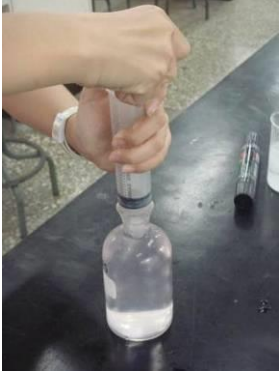


(2) 在稀釋的10支試管中，10mL的溶液分別吸收了0.1mL、0.2mL、0.3mL、0.4mL、0.5mL、0.6mL、0.7mL、0.8mL、0.9mL及1mL的二氧化碳。

(3) 換算回去二氧化碳所占的體積百分比分別為1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%。

3. 我們以注射針筒吸取20mL的澄清石灰水，小心排除氣體後，再吸取空心菜中的氣體20mL，反覆用力震盪，使澄清石灰水與氣體充分反應，並取反應後的溶液10mL，以光電比色計測量吸收度，記錄如下：

實驗次數	光電比色計的數據	二氧化碳所占的體積百分比
第一次	0.079	1.71%
第二次	0.084	2.30%
第三次	0.077	1.43%
第四次	0.083	2.20%
第五次	0.085	2.40%
平均	0.082	2.01%

(三)方法三：以酚酞指示劑加氨水檢驗，測試二氧化碳的含量：

	
<p>配置好的酚酞指示劑(右)與對照組(左)</p>	<p>先以注射針筒吸取酚酞指示劑20mL</p>
	
<p>再吸取空心菜的備用氣體20mL，用力搖盪</p>	<p>慢慢排出氣體後再吸取空心菜的備用氣體20mL，反覆實驗步驟直到酚酞指示劑退色</p>

說明：酚酞指示劑是淡紅色，所以在實驗過程要反覆比對確定指示劑退色





實驗結果：

實驗次數	空心菜的氣體 (抽氣次數)	二氧化碳與空氣1：99混合的氣體 (抽氣次數)
第一次	9	16
第二次	8	15
第三次	9	16
第四次	9	15
第五次	8	14
平均	9	15

估算的結果空心菜裡的氣體其二氧化碳的含量，約為二氧化碳與空氣1：99混合的氣體的1.7倍。

實驗三：空心菜裡是否有氧氣的實驗及含量檢驗：

1. 實驗過程

	
<p>以剪刀剪取鋼絲絨，並以電子天平秤取0.5克</p>	<p>鋼絲絨塞入試管，再用蒸餾水排出試管內的氣體，分別以空心菜收集的氣體11 mL打入試管內，記錄水面上升的改變量、及減少氣體的體積</p>
	
<p>經過7天後，試管內的水面高度不再變化</p>	<p>因試管略有不同，最後再以排水法把剩餘的氣體小心的排入量筒，相減即是消耗的氧氣量</p>

2. 數據計算如下：

次數	原空氣體積	剩餘體積	耗氧量	占氧百分比
1	11.0	7.0	4.0	36.36%
2	11.0	6.8	4.2	38.18%
3	11.0	6.7	4.3	39.09%
4	11.0	7.0	4.0	36.36%
5	11.0	7.1	3.9	35.45%
6	11.0	7.2	3.8	34.55%
7	11.0	6.9	4.1	37.27%
8	11.0	6.7	4.3	39.09%
9	11.0	7.0	4.0	36.36%
10	11.0	6.8	4.2	38.18%
平均值	11.0	6.92	4.08	37.09%


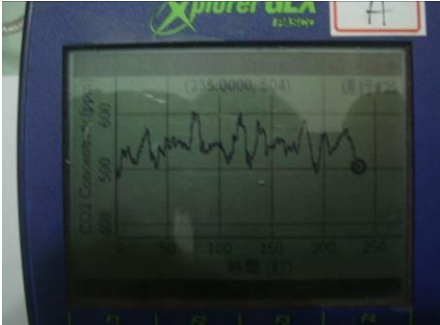
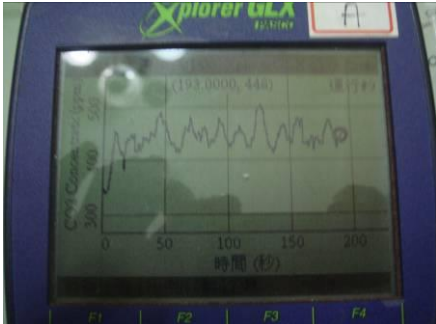
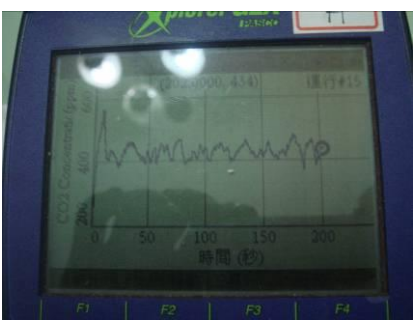
實驗四：剩下來的氣體可能是什麼？

	
<p>準備廣口瓶(內為空心菜的氣體)，備好燃燒的蠟燭，以廣口瓶快速壓入，讓瓶中的氧氣燃燒完</p>	<p>先點燃鎂帶，呈白熾亮光</p>
	
<p>以燃燒的鎂帶迅速放入廣口瓶中，廣口瓶以透明的壓克力板壓住，儘量減少外面的空氣流入</p>	<p>燃燒的鎂帶放入後，火焰變小較不亮</p>

說明：最後觀察燃燒匙有白色及淡黃色的粉末，加入水搗聞，可聞到一股氨的味道，證明了剩下的氣體含有氮氣。

實驗五：在空心菜每節的氣室中，偵測其中二氧化碳的差異性？

(一)在晚上11：30~01：30以注射針筒吸取空心菜每一節的氣體5mL至氣體收集瓶中，以二氧化碳偵測器偵測，紀錄如下。

	
<p>二氧化碳偵測器</p>	<p>偵測空氣中的二氧化碳當作比較值約400ppm</p>
	
<p>第一枝空心菜 第1節氣室的偵測值平均約585ppm</p>	<p>第一枝空心菜 第2節氣室的偵測值平均約558ppm</p>
	
<p>第一枝空心菜 第3節氣室的偵測值平均約496ppm</p>	<p>第一枝空心菜 第4節氣室的偵測值平均約485ppm</p>
	
<p>第一枝空心菜 第5節氣室的偵測值平均約457ppm</p>	<p>第一枝空心菜 第6節氣室的偵測值平均約424ppm</p>

3枝空心菜的實驗數據如下(濃度單位為ppm)：

次數	第 1 節	第 2 節	第 3 節	第 4 節	第 5 節	第 6 節
1	585	558	496	485	457	424
2	554	537	519	471	443	437
3	579	545	527	506	485	453


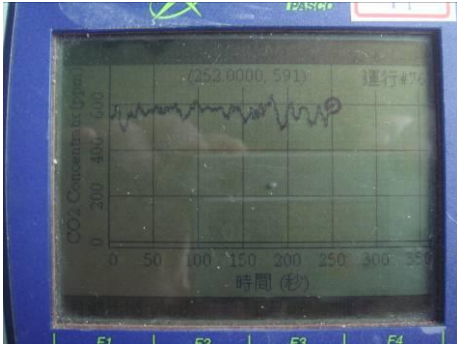
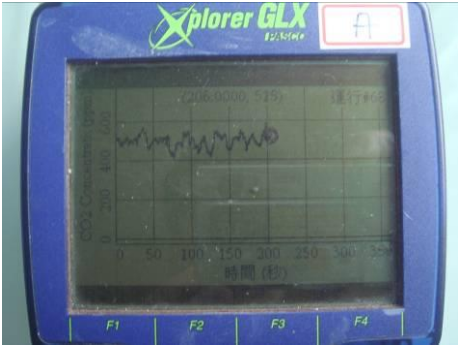
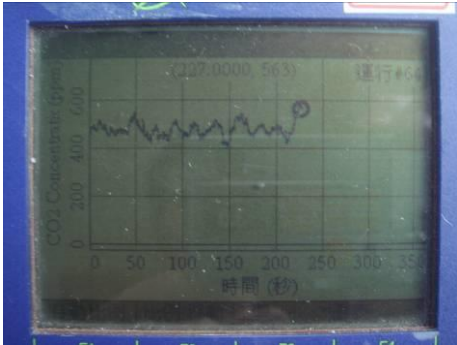
(空氣中的二氧化碳值約為400ppm)

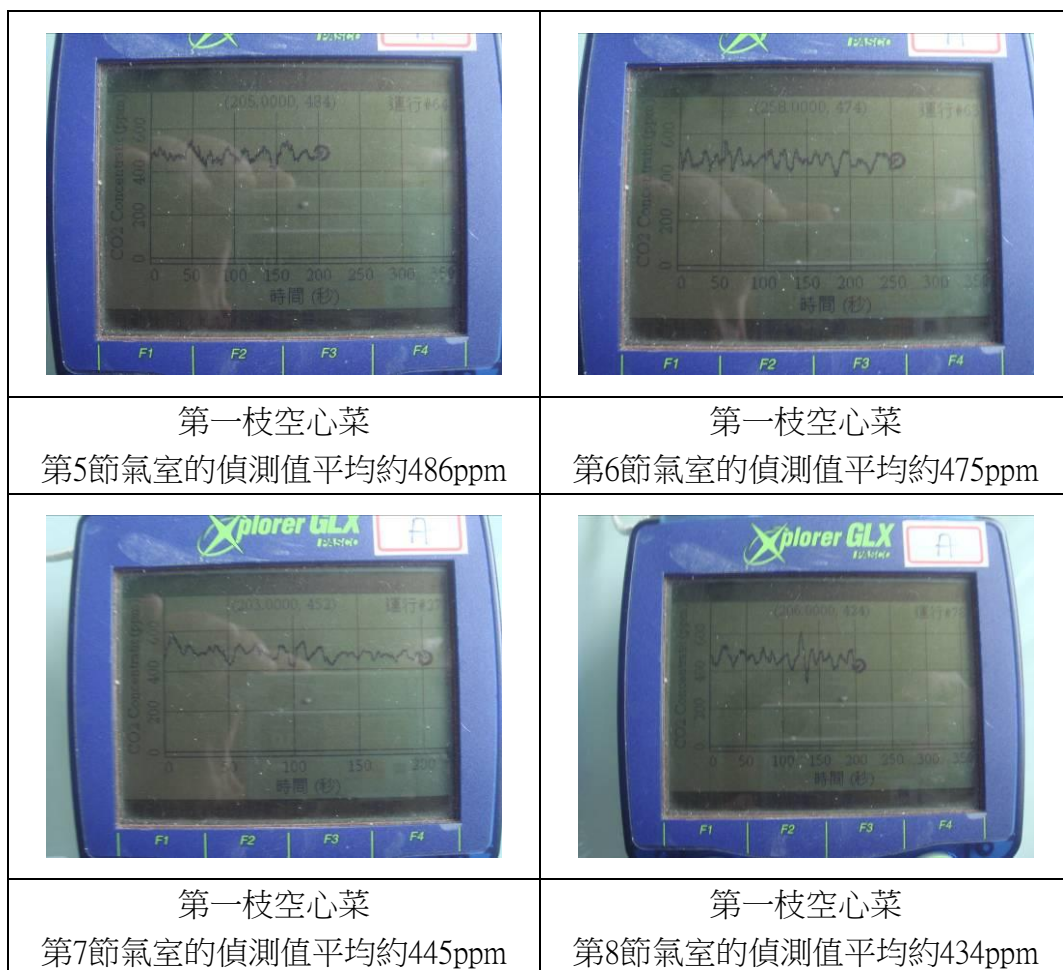
說明：

1. 空心菜以種植的最底下(接近泥土)為第1節，依序為第2節、第3節……；每一節均以注射針筒吸取5mL，作為固定體積，連續取3枝長約40~50cm的礁溪空心菜作為實驗的樣本。

2. 每次測量時間為200秒，收集瓶中空心菜氣體只有5mL。

(二)在白天11:30~01:30以注射針筒吸取空心菜每一節的氣體5mL至氣體收集瓶中，以二氧化碳偵測器偵測，紀錄如下。

	
<p>第一枝空心菜 第1節氣室的偵測值平均約650ppm</p>	<p>第一枝空心菜 第2節氣室的偵測值平均約590ppm</p>
	
<p>第3節氣室的偵測值平均約548ppm</p>	<p>第4節氣室的偵測值平均約530ppm</p>



3枝空心菜的實驗數據如下(濃度單位為ppm)：

次數	第 1 節	第 2 節	第 3 節	第 4 節	第 5 節	第 6 節	第 7 節	第 8 節
1	650	590	548	530	486	475	445	434
2	563	538	515	483	474	450		
3	546	522	481	452	440	425		

說明：

1. 空心菜以種植的最底下(接近泥土)為第1節，依序為第2節、第3節……；每一節均以注射針筒吸取5mL，作為固定體積，連續取3枝長約40~50cm的礁溪空心菜作為實驗的樣本。
2. 第1枝空心菜很長有8節的氣室可以採樣，第2枝及第3枝則可採樣6節。
3. 每次測量時間為200秒，收集瓶中空心菜氣體只有5mL。



## 陸、實驗討論

一、空氣中的二氧化碳體積大約是空氣的0.03%，由於含量較低，和澄清石灰水作用後，沒有什麼明顯變化，所以在實驗進行時不考慮空氣可能造成的變因。

二、由實驗的結果發現，空心菜裡面的氣體和澄清石灰水作用後，有淡淡的白色混濁，可以推測空心菜裡面的氣體中二氧化碳的含量高於空氣中的二氧化碳含量。但也可以知道二氧化碳的含量不高。

三、為了更確實了解空心菜裡二氧化碳的含量，我們設計了3種實驗：

(1)在長玻璃管中，以注射針筒打入氣體看液面上升的變化量。

(2)用光電比色計來觀察石灰水的透光度。

(3)以酚酞指示劑加氨水檢驗，來測試二氧化碳的含量。

因二氧化碳會略溶於水，實驗上都會有誤差，所以我們實驗的結果會比真正二氧化碳的值略低。

四、因為在前2次的測試中我們推測二氧化碳的含量在2%左右，所以我們在進行酚酞指示劑測試的過程中以二氧化碳對空氣的比例1：99進行實驗，進而估算空心菜裡二氧化碳的含量。

五、在二氧化碳的含量實驗中，我們用了3種方法，但是經由討論之後我們發現：

(1) 第一個方法由澄清石灰水的上升作為判斷有小缺失，因為不確定所有的二氧化碳氣體是否已經完全被澄清石灰水反應吸收。

(2) 第二個方法由澄清石灰水吸收二氧化碳後，再由光電比色計測量透光度，進而計算二氧化碳的含量，這個方法會比較精確。但是要測透光度之前要用力搖盪混合均勻，盡量避免白色的混濁物沉澱。

(3) 第三個方法由酚酞指示劑的變色進行估算，誤差也比較大，因為要判斷淡紅色是否退色，而且抽氣愈多次誤差相對也變大，以抽取的次數來估算也比較不精確。

- 六、在測量氧氣的含量實驗時，我們用鋼絲絨的生鏽來測試氧氣的含量，總共測量10次，以求平均值，觀察7天後，水面不再上升，最後計算體積的變化，得到空心菜裡面的氣體中氧氣體積約為37%，但是我們討論的結果認為真正的氧氣含量應該會略高，因為我們7天後的觀察及記錄，試管內仍然可能還有少量的氧氣還沒跟鋼絲絨完全反應。
- 七、在剩餘的氣體檢驗中，我們查了資料發現氣體可能為氨氣，因此我們先備好燃燒的蠟燭迅速將廣口平壓入液面下，藉由石灰水吸收燃燒生成的二氧化碳，再用燃燒的鎂帶測試，果然可以觀察到燃燒匙中有鎂帶反應後生成白色的氧化鎂及黃色的氮化鎂，因廣口瓶內有水，所以氮化鎂遇到水又會生成氨氣，一經搦聞可以到氨水特殊的臭味。
- 但是這個實驗誤差會比較大，因為以廣口平壓入及以燃燒的鎂帶放入都會接觸到外界的空氣。而在我們的實驗觀察中，的確可以看到置入的鎂帶由白熾強光而瞬間減弱變成黃光，也聞到一股氨的味道。
- 八、經我們的實驗結果可以知道：空心菜裡的氣體中含有二氧化碳、氧氣及氨氣，但或許仍有其他微量的氣體，依我們目前的實驗技巧無法偵測。
- 九、第五個實驗原先是想比對空心菜的呼吸作用與光合作用可能造成的影響，所以我們選在晚上11：30~01：30及中午11：30~01：30時進行實驗，原因是呼吸作用會產生二氧化碳；光合作用會消耗二氧化碳，實驗時發現每個植株及每一節僅能採樣一次、實驗一次，且每個植株因生長時間的長短而有差異性。
- 十、在第五個實驗時保持通風良好，每次實驗結束，均用吹風機向內吹收集瓶，確保收集瓶內無實驗的氣體殘留。

## 柒、結論

經過一連串的實驗，我們終於完成這次的研究，雖然很辛苦，但是也有很大的收獲；這個研究讓我們揭開了空心菜裡的奧秘。我們的結論如下：

1. 空心菜的氣室裡有氣體，其成份與普通空氣有一些不同。
2. 空心菜裡的氣體含有二氧化碳約為2%，高於空氣中的二氧化碳含量。
3. 空心菜裡的氣體含有氧氣約為37%，高於空氣中的氧氣含量。
4. 剩下未反應的氣體，含有氮氣。
5. 空心菜氣室裡的氣體中，二氧化碳及氧氣的含量都比空氣中高，推測可能是空心菜進行光合作用及呼吸作用後產生的氣體會存留在氣室裡。
6. 在進行空心菜每一節的二氧化碳含量比對時，我們發現：
  - (1) 對每一植株而言，前端(第一節)含量多，愈末端則含量會較少。不論在晚上或白天進行實驗，其結果均相同。
  - (2) 由實驗中發現空心菜植株愈老，氣室的第一節所含二氧化碳的量會愈高；由二氧化碳的含量來判斷，氣室裡二氧化碳的含量會隨著植株的成長而慢慢的累積，所以每株空心菜的第1節含量都是該株最高的，愈往末端的氣室含量會愈減少。

## 捌、參考文獻

1. 翰林版自然與生活科技第一冊第三單元 空氣和風、第三冊第二單元 水中生物
2. 牛頓版自然與生活科技第七冊第四單元—燃燒和生鏽、第八冊第一單元—熱的傳遞、第八冊第三單元—生物和環境
3. 王祖浩、張天若等（2003）化學問題設計與問題解決。北京市：高等教育出版社。
4. 李千毅譯（John Suchocki著）（民95）。觀念化學V。台北市：天下遠見出版公司。

## 【評語】 080204

本研究是探討空心菜的莖內氣體的成分與含量，取材是在地的蔬菜，具有鄉土特色。實驗詳細且結果量化，有趣的是發現氣體的組成與空氣不同，所含二氧化碳及氧氣的量比空氣高，並且提出推理說明。缺點是對三種氣體檢測的方法有些缺失，可能造成較大的實驗誤差，宜作改進。