

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

080203

蓮霧葉葉綠素電池—家鄉綠能產業相關研究

學校名稱：屏東縣林邊鄉竹林國民小學

作者：	指導老師：
小六 洪瑞慶	阮惠華
小六 阮俊嘉	鐘敏翠
小六 黃敬倫	
小六 陳敏欣	
小五 甘政偉	
小五 陳軒亦	

關鍵詞：葉綠素電池、酸鹼度、太陽光

# 摘要

配合家鄉「養水種電」與學校「綠色能源」特色課程，並結合家鄉的特產「蓮霧」做為研究主題。利用蓮霧葉來製作葉綠素電池不但可以研製無污染的能源，還可以減少農夫露天焚燒蓮霧葉的問題。希望能實驗出讓蓮霧葉綠素電池有較高電流、電壓數據的方式，並以環保少污染的製作過程，讓蓮霧葉綠素電池可以運用在日常生活。

研究結論如下：

- 一、蓮霧葉中葉(成熟度為1~3個月)所萃取的葉綠素液有較強的電流和電壓，酸鹼度的數據也比較低(pH值約4)。
- 二、根據實驗數據，葉綠素液「溫度越高」、「酸鹼度越低(酸)」、「太陽光越強」、「電極接觸面積越大」是影響「電流」強度的重要因素。
- 三、蓮霧葉綠素電池較其他葉綠素液材料(蔬菜、雜草)有較好的發電效果。

## 壹、研究動機

在八八水災後，縣政府輔導我們家鄉的產業轉型為「養水種電」，學校的特色課程也以科學和綠色能源為主軸，所以去年科展的主題是家鄉蔬果電池。那今年要做什麼呢？老師讓我們看了一部短片「葉綠素電池」。

「咦！跟我們特色課程和去年研究的主題有關耶！」「自然課也教過“神奇的電力”和“電與磁的奇妙世界”。」

「我們家鄉的特產是蓮霧，蓮霧的葉子又大又多，拿來做實驗很適合。」

「而且，屏東的太陽最熱情了，蓮霧葉的葉綠素一定很多。」

「如果蓮霧葉可以拿來做電池，那麼農夫就比較不會露天焚燒修剪下來的樹枝樹葉，空氣品質也會比較好。」

其中有兩位同學每天負責上網查看空氣品質並升上空氣品質旗幟，如果是紅旗和紫旗就比較不能到戶外活動，因此，同學很在乎這個問題。

老師請同學們想想看：「如果我們利用蓮霧葉做出葉綠素電池，對環境有什麼幫助呢？」同學們七嘴八舌的討論，似乎今年的科展研究已經找到方向。

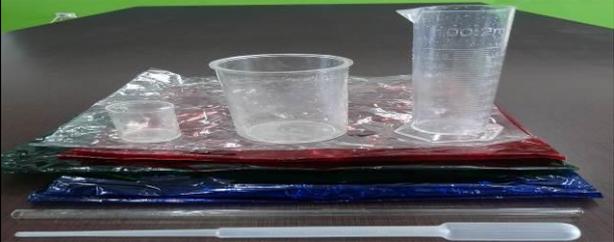
化學電池中的重金屬對自然環境會造成很大的汙染，而且目前太陽能電池轉換效率只有在30%以內。因此，我們希望研發無汙染的電池，並且運用一些生活中可以取得的材料來設計，用簡單環保的方式來增加發電效果。

## 貳、 研究目的

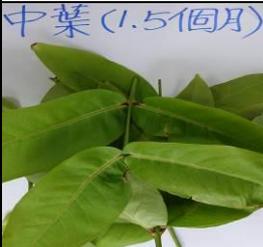
- 一、 探討不同「**成熟度**」的蓮霧葉製作的蓮霧葉綠素電池，其電流、電壓與酸鹼度的數據。
- 二、 探討蓮霧葉綠素電池在不同「**溫度**」、「**酸鹼度**」、「**光源**」、「**色光**」下，其電流、電壓的數據。
- 三、 探討蓮霧葉綠素電池在**電極**與電解質「**接觸面積**」不同時，其電流、電壓和酸鹼度的數據。
- 四、 探討蓮霧葉綠素電池在**不同濃度的**「**吸附劑**」時，其電流、電壓的數據。
- 五、 探討蓮霧葉綠素電池「**持續通電**」時，其電流、電壓與酸鹼度的數據。
- 六、 探討蓮霧葉綠素「**靜置**」一段時間後通電，其電流、電壓的數據。
- 七、 根據實驗結果，歸納出讓蓮霧葉綠素電池達到最大發電效能的方式。

## 參、 研究設備及器材

### 一、設備與器材

三用電表、pH 酸鹼計、照度計、果汁機	電子秤、計時器、鹵素燈、LED 燈
	
電極(銅片、鋅片)、砂紙、鱷魚夾線 溫度計、麵包板、過濾袋	大小燒杯、量筒、滴管、玻璃棒 玻璃紙(透明、紅、綠、藍)
	

### 二、材料

蓮霧葉(中葉)、RO 水、檸檬酸、小蘇打、碳粉			
			
			

## 肆、 研究方法

- 一、 蓮霧葉分類：嫩葉(1個月內)、中葉(1.5個月)、老葉(3個月以上)。
- 二、 以實驗出最佳數據(電流、電壓)之蓮霧葉種類作為實驗用材料。
- 三、 蓮霧葉清洗後晾乾，器材在進行實驗前都經過清洗或刷洗。
- 四、 葉綠素液(打汁過濾法)：在果汁機裡加入**200毫升的RO水**，與**100克蓮霧葉(中葉)**，攪碎時間共2分鐘，再用過濾袋盡力擠壓出葉綠素液。
- 五、 以銅片為正極，鋅片為負極，正負電極相隔兩公分，浸入葉綠素液的電極尺寸為(1.5公分×3公分)。
- 六、 連接數位三用電表**通電平衡**後(約4分鐘)，測量並記錄電流、電壓數據。
- 七、 以新的葉綠素液及乾淨的電極**重複測量三次**，紀錄結果，再呈現平均數據。

## 伍、實驗過程與結果

【實驗一】不同「成熟度」的蓮霧葉所製作的蓮霧葉綠素電池，其電流、電壓與酸鹼度的數據。

(一)實驗變因：取不同成熟度的蓮霧葉，分為嫩葉、中葉、老葉(不足1個月、約1.5個月、3個月以上)三種製作葉綠素液，各取20毫升實驗。

(二)以【研究方法三~七】進行實驗。

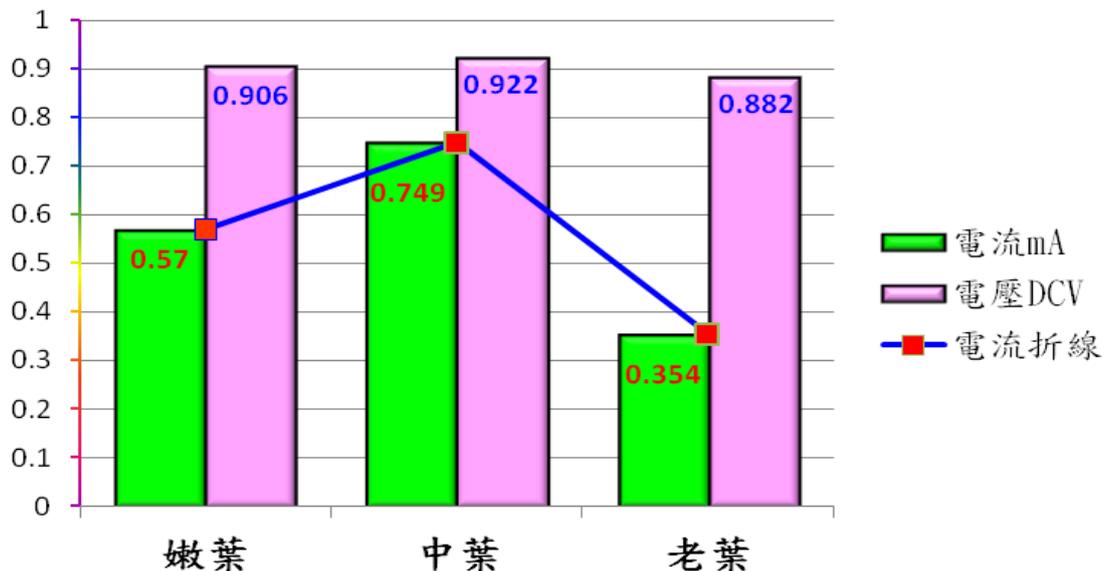
(三)實驗數據：

電流mA	嫩葉(不足1個月)			中葉(約1.5個月)			老葉(3個月以上)		
三次數據	0.607	0.539	0.563	0.749	0.719	0.778	0.327	0.459	0.277
平均值	<b>0.570</b>			<b>0.749</b>			<b>0.354</b>		
順序	<b>2</b>			<b>1</b>			<b>3</b>		

電壓DCV	嫩葉(不足1個月)			中葉(約1.5個月)			老葉(3個月以上)		
三次數據	0.883	0.911	0.925	0.926	0.925	0.915	0.876	0.891	0.880
平均值	<b>0.906</b>			<b>0.922</b>			<b>0.882</b>		
順序	<b>2</b>			<b>1</b>			<b>3</b>		

酸鹼度	嫩葉(不足1個月)			中葉(約1.5個月)			老葉(3個月以上)		
pH值	<b>5.51</b>			<b>4.37</b>			<b>5.54</b>		
酸度	<b>2</b>			<b>1</b>			<b>3</b>		
萃取量	<b>92%</b>			<b>98%</b>			<b>84%</b>		
順序	<b>2</b>			<b>1</b>			<b>3</b>		

(四)實驗圖表：



## (五)實驗發現：

### 【實驗過程方面】

1. 因為老葉纖維質較多，果汁機不容易絞碎，因此以老葉和水比例(1:2)為主，作為實驗葉綠素液萃取的比例。(實際上嫩葉可用1:1的比例萃取)
2. 剛開始電流數據很大，有時候會超過電錶的2毫安培(mA)，之後逐漸下降，大約4分鐘後電流就比較穩定，因此用4分鐘作為每次測量電流、電壓實驗的時間。
3. 剛開始電壓數據較低，之後慢慢升高，大約2分鐘就會呈現穩定的狀態。
4. 酸鹼度pH值較為穩定，因此只測量一次，但是必須先校正pH測量儀器。
5. 老葉纖維質較多，不容易絞碎，第一次打汁時因為水放太少，還導致果汁機銅片脫落；嫩葉在經過幾小時後便逐漸枯萎，都不是適合的實驗材料。

### 【實驗結果方面】

1. 老葉所萃取的葉綠素液最為青翠而且不容易沉澱，大家都認為它應該是葉綠素最多、電流量最大的，但是第一次實驗時居然出乎意料是電流量最低的，在不敢置信的情況下，於第二天又用新的蓮霧葉萃取，結果還是一樣，大家終於接受這個事實。
2. 原本預期老葉的電流應該最高，可是結果不是，是不是因為葉綠素的活性已經降低了呢？但是我們的設備沒辦法研究這個因素。
3. 照理說嫩葉汁萃取量應該最多，會造成誤差的原因可能是人力擠壓力道無法控制的關係。
4. 因為實驗結果是蓮霧「中葉」電流量最大，電壓也最大(雖然三種葉子電壓差異不大)，而且中葉也比嫩葉容易取得，因此決定用中葉作為實驗材料。
5. 在實驗結果方面，電流、電壓和酸鹼度的大小順序居然相當一致，都是中葉>嫩葉>老葉，讓大家對實驗充滿信心。
6. 實驗後觀察電極片，發現銅極(正極)和原來一樣，但是鋅極(負極)有一些黃綠色的結垢現象，恐怕影響實驗結果，因此每次實驗前都要先用砂紙刷洗過。
7. 在去年蔬果電池的研究中，以「檸檬」的pH值最低(酸)，電流電壓也有不錯的數據，而蓮霧中葉葉綠素液的pH值大約在4，電流超過0.7毫安培(mA)，電壓超過0.9伏特(V)，應該可取代蔬果電池，避免浪費可以食用的蔬菜水果，就像避免用糧食來製造生質燃料一樣。

### 【其他】

1. 詢問種蓮霧的伯伯：修剪蓮霧枝葉的目的是什麼？得到的原因有三個：(1)讓樹形美觀、(2)避免枝葉過於茂密不通風，容易長蟲、(3)調整蓮霧的產期。通常蓮霧園都會保持乾淨，因此修剪下來的枯樹枝葉大都以露天焚燒的方式處理，但是這樣會造成空氣汙染。
2. 老葉葉綠素液青翠的顏色最漂亮，而且帶著蓮霧清香的味道，大家都想知道嚐起來的味道如何？雖然大家不敢多喝，但是感覺還不錯，說不定可以開發成飲料，還有人覺得做蓮霧葉精油也不錯，可以作為下次科展的主題。

**【實驗二-1】蓮霧葉綠素電池在不同「溫度」時，其電流、電壓的數據。**

(一) **實驗變因**：取三杯各20毫升的葉綠素液(pH4.50)，分別以放入冰箱、常溫、隔水增溫的方式分別將溫度控制為3°C、23°C、43°C。

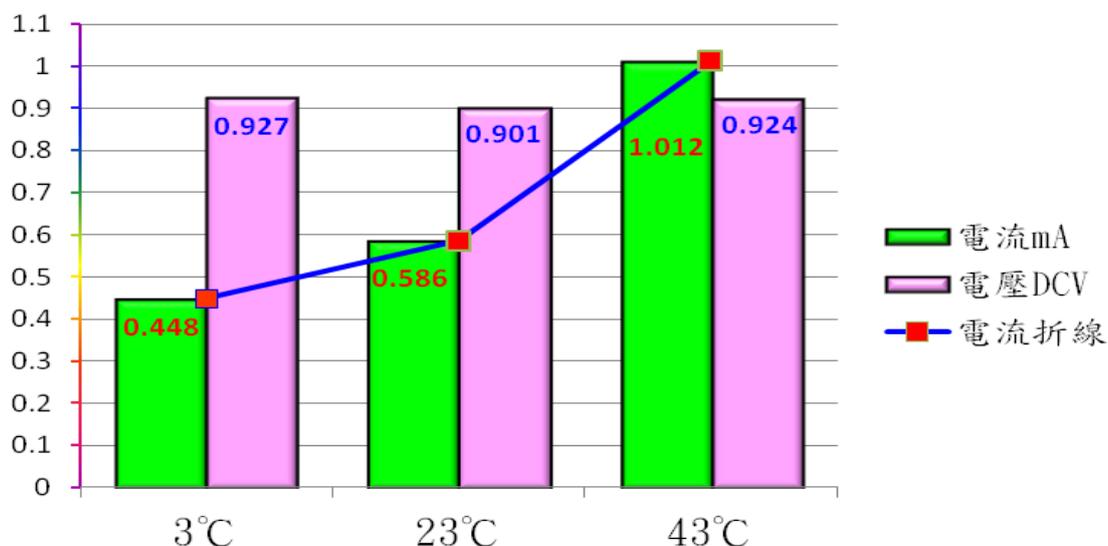
(二) 以【研究方法三~七】進行實驗。

(三) 實驗數據：

電流mA	3°C			23°C			43°C		
三次數據	0.439	0.453	0.469	0.534	0.607	0.616	0.958	1.016	1.063
平均值	<b>0.448</b>			<b>0.586</b>			<b>1.012</b>		
順序	<b>3</b>			<b>2</b>			<b>1</b>		

電壓DCV	3°C			23°C			43°C		
三次數據	0.919	0.933	0.928	0.884	0.902	0.916	0.919	0.926	0.926
平均值	<b>0.927</b>			<b>0.901</b>			<b>0.924</b>		
順序	<b>1</b>			<b>3</b>			<b>2</b>		

(四) 實驗圖表：



(五) 實驗發現：

- 每一種實驗用同一批蓮霧葉(液)作為材料，因為蓮霧葉可能因為**栽種地**、**栽種方法**和**氣候因素**(日照強度、陰雨日數)等，而影響葉綠素的活性。
- 3°C的葉綠素液是每一杯實驗完，再從冰箱拿出。43°C的葉綠素液是直接在隔水加熱的容器中保溫，避免因為取出後外面溫度影響而改變太大。
- 電流隨著葉綠素液溫度升高而變大，而且在23°C→43°C之間升高很多，**可見「溫度」是很大的影響因素**。
- 而三種不同溫度的電壓平均都在0.9V以上，並沒有因為葉綠素液溫度提高而有明顯的差異。

**【實驗二-2】 蓮霧葉綠素電池在不同「酸鹼度」，其電流、電壓的數據。**

(一) **實驗變因**：取三杯各20ml的葉綠素液，第一杯加入檸檬酸將其酸鹼度調整為 **pH2.95**，第二杯為原汁(**pH4.43**)，第三杯加入小蘇打將其酸鹼度調整為**pH6.26**，其餘三杯分別為純檸檬酸水(**pH1.53**)、純小蘇打水(**pH8.10**)、RO水(**pH7.35**)。

(二) 以【研究方法三~七】進行實驗。

(三) 實驗數據：

電流mA	純檸檬酸水(pH1.53)			加檸檬酸(pH2.95)			原汁(pH4.43)		
三次數據	3.36	3.59	3.51	1.072	1.038	1.015	0.599	0.662	0.640
平均值	<b>3.49</b>			<b>1.042</b>			<b>0.634</b>		
順序	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

電壓DCV	純檸檬酸水(pH1.53)			加檸檬酸(pH2.95)			原汁(pH4.43)		
三次數據	0.949	0.950	0.923	0.885	0.861	0.873	0.923	0.884	0.861
平均值	<b>0.949</b>			<b>0.879</b>			<b>0.889</b>		
順序	<b>2</b>			<b>5</b>			<b>4</b>		

電流mA	純小蘇打水(pH8.10)			加小蘇打(pH6.26)			RO水(pH7.35)		
三次數據	0.543	0.415	0.416	0.537	0.513	0.419	0.046	0.042	0.044
平均值	<b>0.458</b>			<b>0.490</b>			<b>0.044</b>		
順序	<b>5</b>			<b>4</b>			<b>6</b>		

電壓DCV	純小蘇打水(pH8.10)			加小蘇打(pH6.26)			RO水(pH7.35)		
三次數據	0.960	0.969	0.969	0.914	0.918	0.898	0.756	0.741	0.749
平均值	<b>0.966</b>			<b>0.910</b>			<b>0.749</b>		
順序	<b>1</b>			<b>3</b>			<b>6</b>		



純檸檬酸水pH1.53

加檸檬酸pH2.95

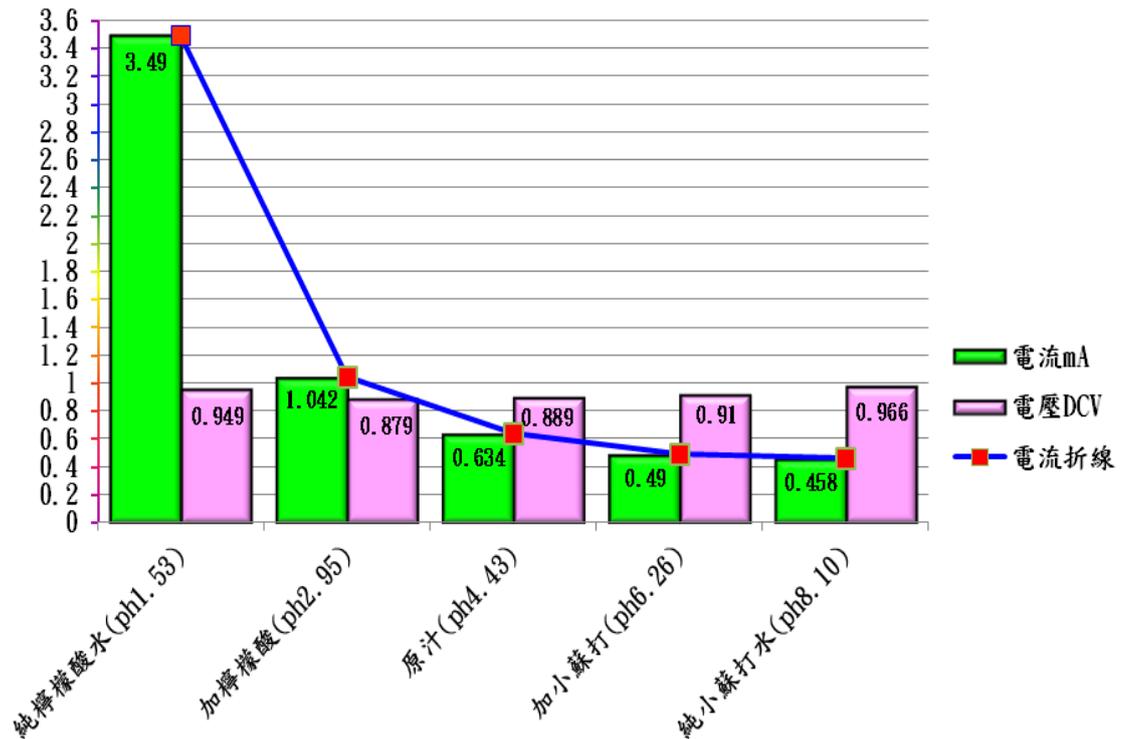
原汁pH4.43

加小蘇打pH6.26

純小蘇打水pH8.10

RO水pH7.35

(四) 實驗圖表：



(五) 實驗發現：

1. 在調配純檸檬酸水時因為想盡量增加酸度，因此在60ml的RO水中加了10公克的檸檬酸(pH1.53)，沒想到60ml的RO水並沒辦法溶解10公克的小蘇打粉，最後加至200ml才完全溶解(pH8.10)，這時候才注意到溶解度的不同。
2. 加入檸檬酸的葉綠素液pH值約為純檸檬酸水與原汁的中間值，加入小蘇打的葉綠素液pH值約為純小蘇打水與原汁的中間值，在調整酸鹼度的時候，發現必須慢慢的調整添加檸檬酸和小蘇打的份量。
3. 純檸檬酸水的pH1.53屬強酸，純小蘇打水pH8.10屬弱鹼。
4. 在純檸檬酸水的實驗項目中，銅極片和鋅極片都有氣泡。
5. 在電流方面，純檸檬酸水的電流3.49mA遠遠超過其他溶液，電流的大小隨著溶液的酸度降低而變小，可見「酸鹼度」是很大的影響因素。
6. 在電壓方面，不同酸鹼度的溶液並無顯著的差異，大約在0.86~0.97V之間。
7. 有人想到，是不是RO水本身就有電流和電壓，因此加入RO水這項溶液實驗，發現RO水的電壓雖然在0.7V左右，但是電流卻大約只有0.044mA，應該不至於影響太大。
8. 在收拾實驗後的器材和溶液時，老師提醒我們強酸和強鹼的腐蝕性，還有「酸鹼中和」的效應。
9. 實驗葉綠素電池的目的在於用環保的方式找出最大的發電量，加入檸檬酸測量只是想證實酸度對電流量的影響，並了解葉綠素液加入酸鹼物質後，是否會改變它的發電性質。
10. 實驗結果顯示，加入小蘇打粉的葉綠素液電流降低，加入檸檬酸後葉綠素液電流較高，以後可以將混合液放置一天後再做實驗，看看酸鹼物質是不是會影響葉綠素液的發電性質。

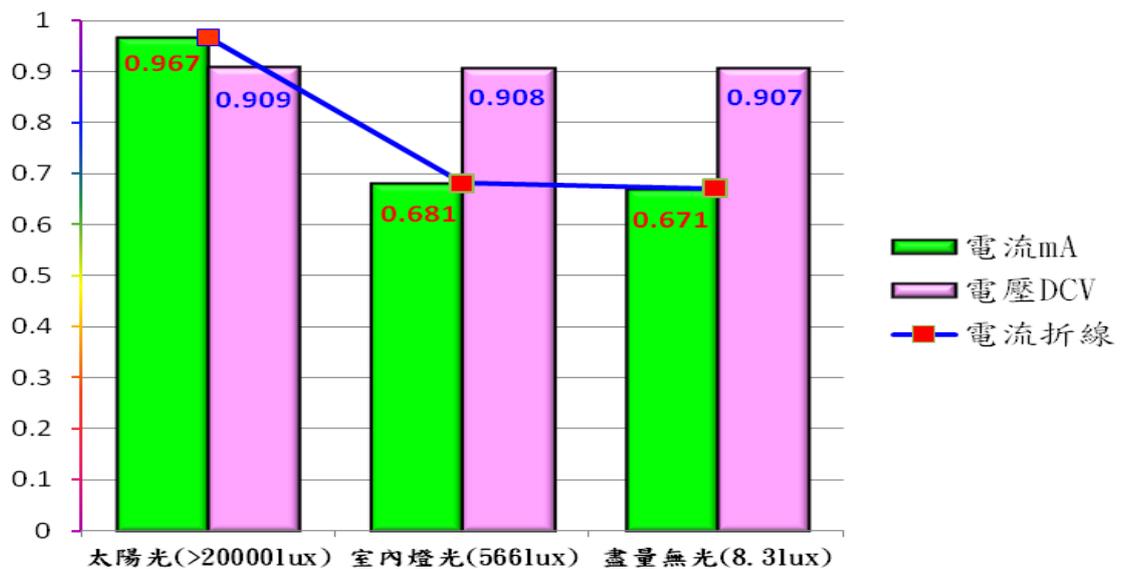
**【實驗二-3】蓮霧葉綠素電池在不同「光源」，其電流、電壓的數據。**

- (一) **實驗變因**；取三杯各20ml的葉綠素液，分別放置於陽光下、燈光下、盡量無光下，30分鐘後測量。
- (二) 以【研究方法三~七】進行實驗。
- (三) 實驗數據：

電流mA	太陽光(>20000lux)			室內燈光(566lux)			盡量無光(8.3lux)		
三次數據	1.008	0.981	0.913	0.631	0.682	0.729	0.605	0.692	0.715
平均值	<b>0.967</b>			<b>0.681</b>			<b>0.671</b>		
順序	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

電壓DCV	太陽光(>20000lux)			室內燈光(566lux)			盡量無光(8.3lux)		
三次數據	0.931	0.892	0.905	0.918	0.908	0.898	0.903	0.905	0.913
平均值	<b>0.909</b>			<b>0.908</b>			<b>0.907</b>		
順序	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

(四) 實驗圖表：



(五) 實驗發現：

1. 在太陽光下葉綠素電池電流明顯增加，一度高於1mA，而且電流量很穩動。但是實驗當天雲量比較多，當陽光被雲遮住時，電流量明顯降低，但是仍然維持在0.9 mA以上，讓我們明顯的觀察到太陽光強度對電流的影響。
2. 在室內實驗的葉綠素液溫度為27°C，陽光下的是36°C，也是影響電流大小的因素之一。
3. 室內燈光(566lux)和盡量無光(8.3lux)的電流量差異並沒有想像中的大。
4. 在電壓方面，雖然太陽光(>20000lux)、室內燈光(566lux)、盡量無光(8.3lux)照度相差很多，但電壓方面並沒有明顯差異。

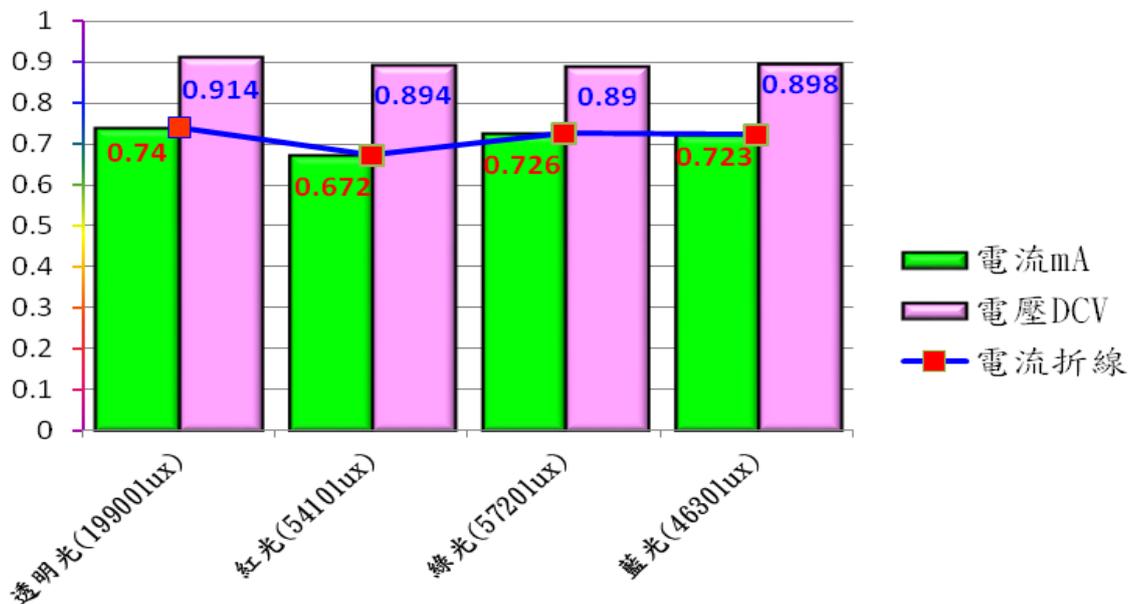
**【實驗二-4】 蓮霧葉綠素電池在不同「色光」下，其電流、電壓的數據。**

- (一) **實驗變因**：取四杯各20ml的葉綠素液，分別以透明、紅色、綠色、藍色玻璃紙包覆，並在30公分的距離下以鹵素燈照射2分鐘後再開始測量。
- (二) 以【研究方法三~七】進行實驗。
- (三) 實驗數據：

電流mA	透明光(19900lux)			紅光(5410lux)			綠光(5720lux)			藍光(4630lux)		
三次數據	0.733	0.748	0.739	0.679	0.674	0.663	0.767	0.711	0.700	0.720	0.701	0.748
平均值	<b>0.740</b>			<b>0.672</b>			<b>0.726</b>			<b>0.723</b>		
順序	<b>1</b>			<b>4</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

電壓DCV	透明光(19900lux)			紅光(5410lux)			綠光(5720lux)			藍光(4630lux)		
三次數據	0.915	0.916	0.910	0.905	0.911	0.866	0.900	0.878	0.892	0.905	0.884	0.905
平均值	<b>0.914</b>			<b>0.894</b>			<b>0.890</b>			<b>0.898</b>		
順序	<b>1</b>			<b>3</b>			<b>4</b>			<b>2</b>		

- (四) 實驗圖表：



- (五) 實驗發現：

1. 為了避免影響實驗結果，透明光的項目仍然用透明玻璃紙覆蓋。
2. 照度數據(lux米燭光)非常容易受到環境光影的影響，應該有較大的誤差範圍。
3. 原本以為透明光的電流應該較大，結果差異卻不大，可見照度應該不是影響電流大小因素。
4. 電流方面大小順序為透明光>綠光>藍光>紅光。
5. 在不同的色光下電壓差異不大，範圍在0.024V間。
6. 鹵素燈沒辦法取代太陽光，如果在太陽光下進行這項實驗，可能有不一樣的效果。

**【實驗三】電極與蓮霧葉綠素液「接觸面積」不同時，其電流、電壓和酸鹼度的數據。**

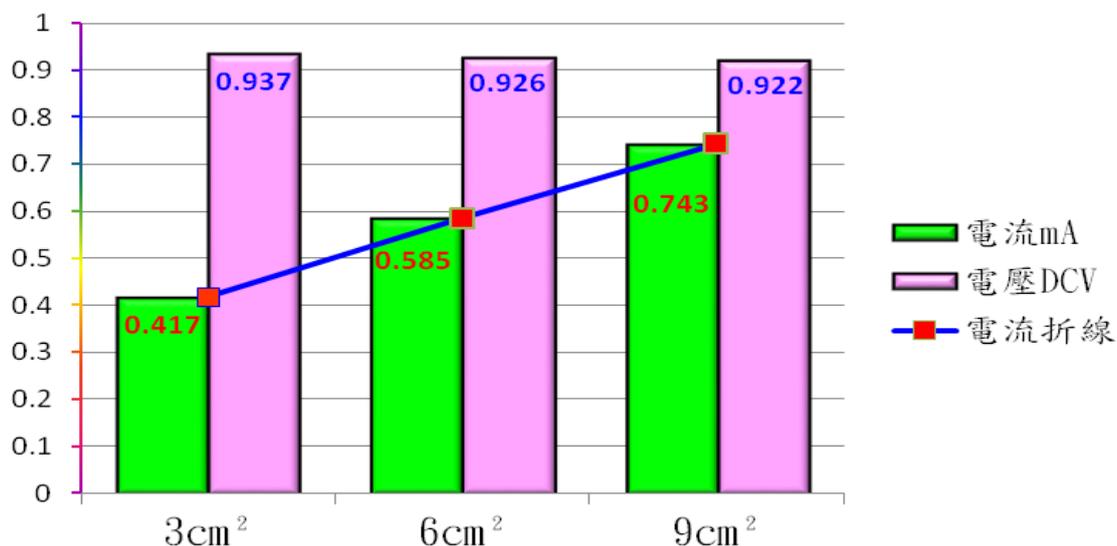
- (一) **實驗變因**：將銅片、鋅片電極(寬度是1.5公分)分別浸入蓮霧葉綠素液1公分、2公分、3公分，計算電極雙面面積。
- (二) 以【研究方法三~七】進行實驗。
- (三) 實驗數據：

電流mA	電極接觸面3cm <sup>2</sup>			電極接觸面6cm <sup>2</sup>			電極接觸面9cm <sup>2</sup>		
三次數據	0.478	0.363	0.411	0.566	0.574	0.616	0.752	0.724	0.754
平均值	<b>0.417</b>			<b>0.585</b>			<b>0.743</b>		
順序	<b>3</b>			<b>2</b>			<b>1</b>		

電壓DCV	電極接觸面3cm <sup>2</sup>			電極接觸面6cm <sup>2</sup>			電極接觸面9cm <sup>2</sup>		
三次數據	0.931	0.944	0.936	0.930	0.916	0.932	0.934	0.915	0.918
平均值	<b>0.937</b>			<b>0.926</b>			<b>0.922</b>		
順序	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

	實驗前	3cm <sup>2</sup> (實驗後)	6cm <sup>2</sup> (實驗後)	9cm <sup>2</sup> (實驗後)
pH值	<b>4.48</b>	<b>4.54</b>	<b>4.51</b>	<b>4.51</b>

(四) 實驗圖表：



(五) 實驗發現：

- 由實驗結果得知，電極片與葉綠素液的接觸面積和電流量成正比，**接觸面積越大，電流量越大。**
- 不同的接觸面積電壓差異不大，範圍在0.015伏特(V)之間。
- 葉綠素液的酸鹼度在不同電極接觸面積的實驗(10分鐘)後，pH值約上升0.06。

**【實驗四】蓮霧葉綠素電池在不同濃度的「吸附劑」時，其電流、電壓的數據。**

(一)實驗變因：取三杯各20ml的葉綠素液，第一杯為原汁，第二、三杯分別加入1/3公克、3公克碳粉，攪拌均勻。

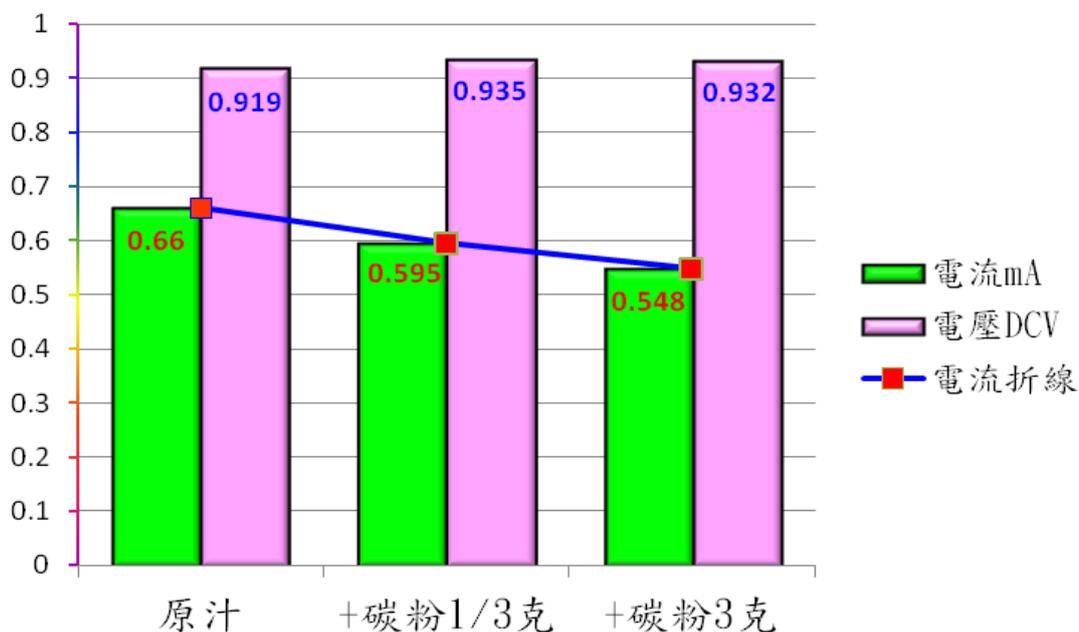
(二)以【研究方法三~七】進行實驗。

(三)實驗數據：

電流mA	原汁			+ 碳粉1/3克			+ 碳粉3克		
三次數據	0.716	0.659	0.605	0.545	0.689	0.550	0.614	0.515	0.514
平均值	<b>0.660</b>			<b>0.595</b>			<b>0.548</b>		
順序	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

電壓DCV	原汁			+ 碳粉1/3克			+ 碳粉3克		
三次數據	0.934	0.924	0.900	0.939	0.928	0.937	0.930	0.928	0.937
平均值	<b>0.919</b>			<b>0.935</b>			<b>0.932</b>		
順序	<b>3</b>			<b>1</b>			<b>2</b>		

(四)實驗圖表：



(五)實驗發現：

1. 在添加碳粉攪拌時，發現碳粉不容易溶解，會浮在葉綠素液上面。
2. 最近兩天陰雨，可能影響蓮霧葉綠素液的電流量。
3. 這個實驗沒有測量酸鹼度，因為學校這種形款的pH測量計不容易清洗。
4. 在參考資料中，添加碳粉當吸附劑有助於電流和電壓的提升，但是在這個實驗中電壓沒有明顯增加，電流反而降低。進一步查詢相關資料後發現，應該要使用活性碳粉，而我們使用的是學校影印機回收的碳粉，回收碳粉中的主要成分不是碳，而大多數是樹脂和黏合劑，因此，反而影響葉綠素液的電流量。

**【實驗五】蓮霧葉綠素電池「持續通電」時，其電流、電壓與酸鹼度的數據。**

(一) **實驗變因**：取三杯各20ml的葉綠素液，分別在通電5分鐘、10分鐘、15分鐘後，測量並記錄電壓、電流與酸鹼度數據。

(二) 以【研究方法三~七】進行實驗。

(三) 實驗數據：

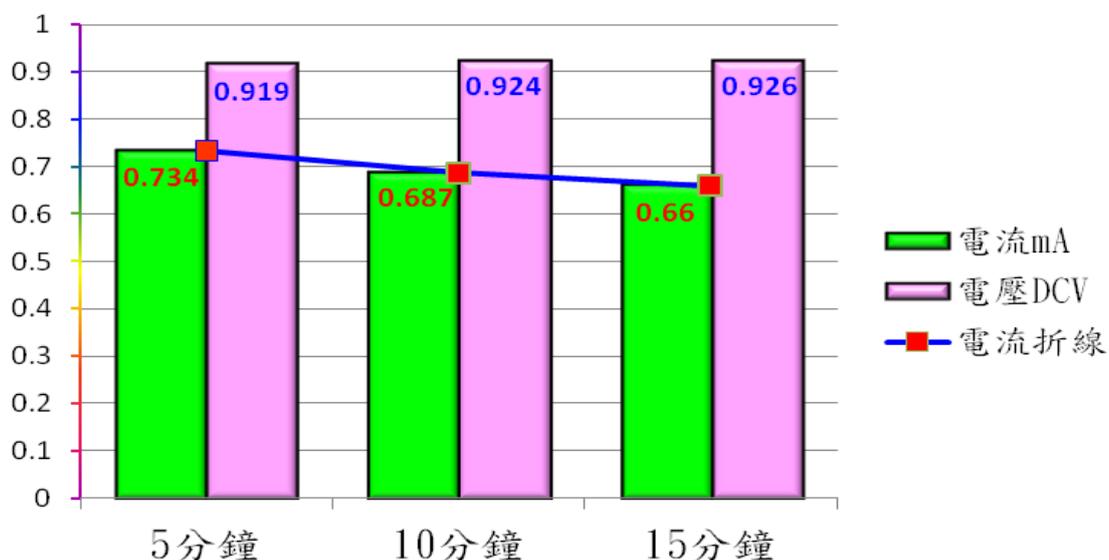
電流mA	通電5分鐘			通電10分鐘			通電15分鐘		
三次數據	0.793	0.686	0.724	0.758	0.628	0.674	0.719	0.605	0.656
平均值	<b>0.734</b>			<b>0.687</b>			<b>0.660</b>		
順序	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

電壓DCV	通電5分鐘			通電10分鐘			通電15分鐘		
三次數據	0.915	0.927	0.914	0.918	0.934	0.919	0.921	0.936	0.920
平均值	<b>0.919</b>			<b>0.924</b>			<b>0.926</b>		
順序	<b>3</b>			<b>2</b>			<b>1</b>		

酸鹼度pH	未通電前			通電30分鐘後			酸鹼值變化		
三次數據	4.49	4.48	4.48	4.65	4.60	4.58	↑0.16	↑0.12	↑0.10
平均值	<b>4.48</b>			<b>4.61</b>			<b>↑0.13</b>		

酸鹼度pH	10分鐘內(未通電)	24小時(未通電)	48小時(未通電)	酸鹼值變化
另一批葉子	<b>4.25</b>	<b>4.27</b>	<b>4.28</b>	<b>↑0.03</b>
順序	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	

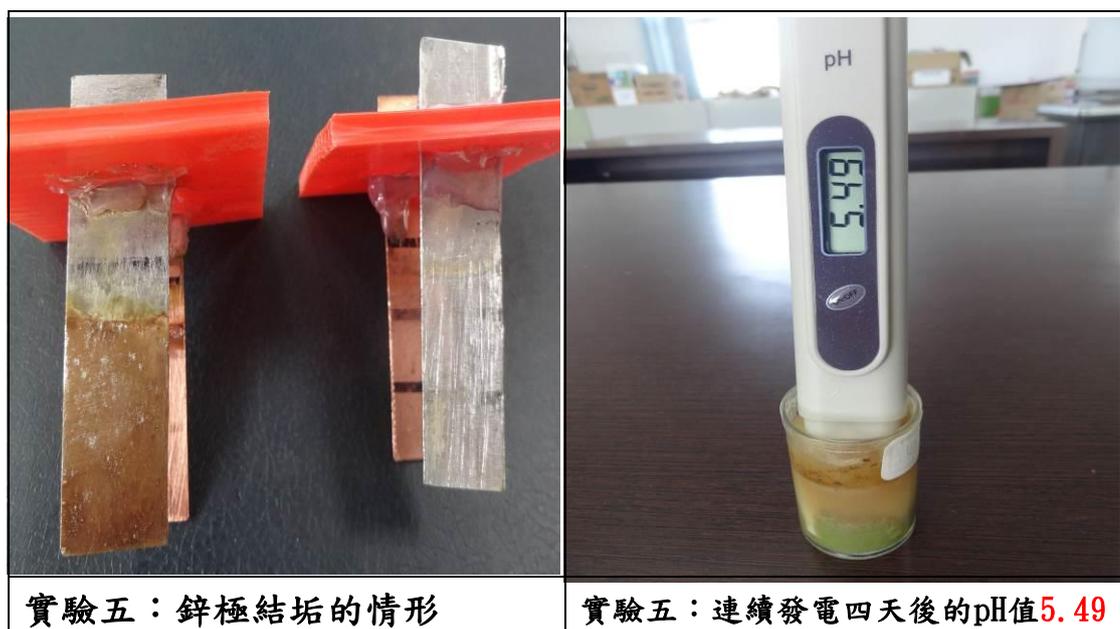
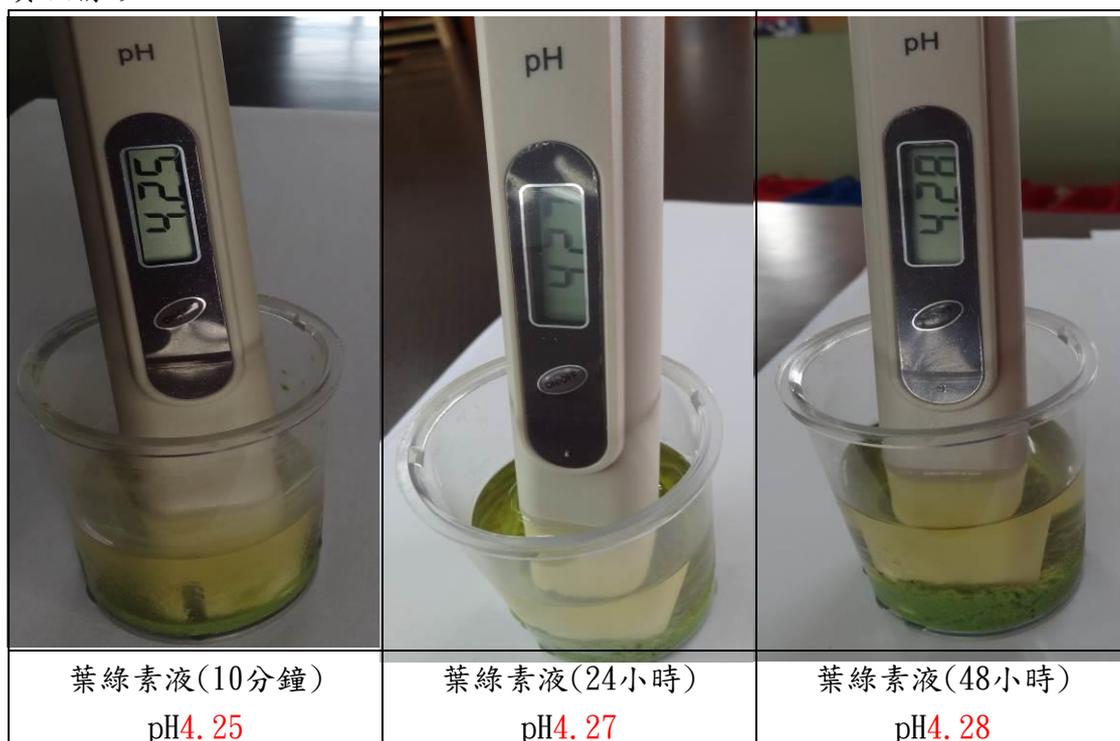
(四) 實驗圖表：



(五) 實驗發現：

1. 電流在持續通電一段時間後有下降的趨勢，通電5~10分鐘內下降0.047mA，通電10~15分鐘內下降0.027mA。
2. 電壓在持續通電15分鐘後稍有上升，通電5~15分鐘內上升0.007V，沒有明顯變化。
3. 酸鹼度在為通電前約為pH4.48，通電30分鐘後酸鹼度為pH4.61，pH值上升0.13。
4. 隔天使用另一批蓮霧葉液測量酸鹼度，發現：在沒有通電的情況下，pH值在24小時後、48小時後變化不大。
5. 未發電前pH值4.65，連續發電四天後的pH值5.49，pH值上升0.84。

(六) 實驗情形



**【實驗六】蓮霧葉綠素「靜置」一段時間後通電，其電流、電壓的數據。**

(一) **實驗變因**：分別在蓮霧葉綠素液現製10分鐘內、24小時後、48小時後，測量並記錄電流、電壓數據。

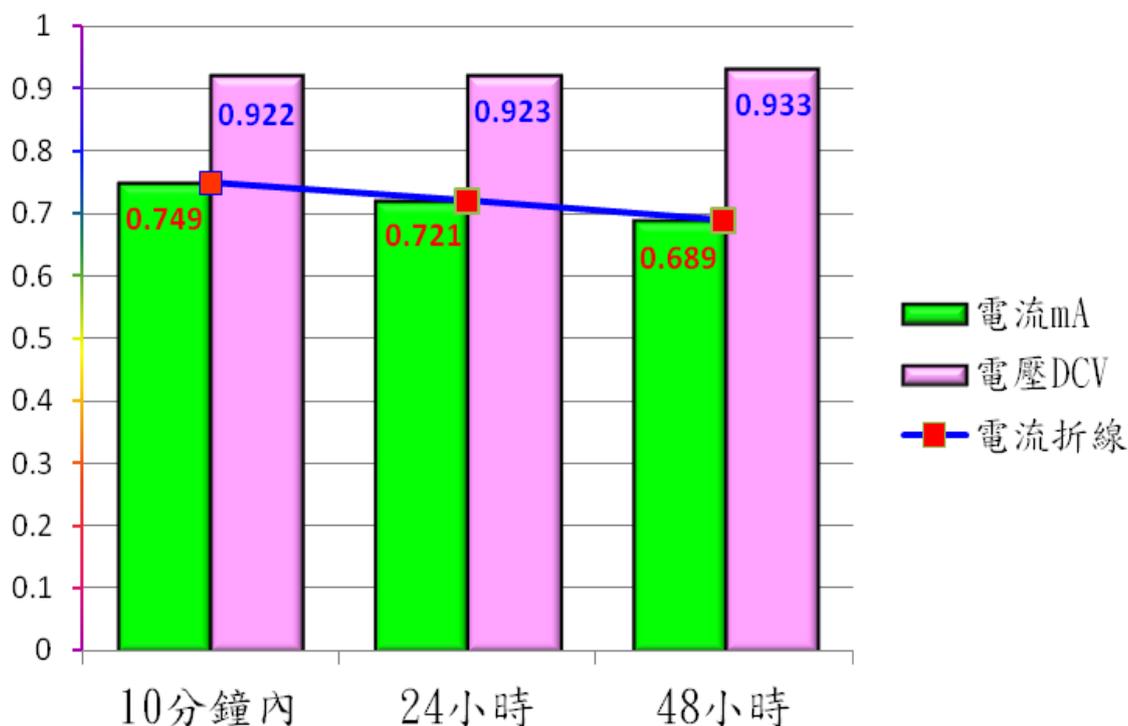
(二) 以【研究方法三~七】進行實驗。

(三) 實驗數據：

電流mA	10分鐘內			24小時			48小時		
三次數據	0.749	0.719	0.778	0.710	0.729	0.724	0.726	0.675	0.667
平均值	<b>0.749</b>			<b>0.721</b>			<b>0.689</b>		
順序	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		

電壓DCV	10分鐘內			24小時			48小時		
三次數據	0.926	0.925	0.915	0.919	0.923	0.926	0.933	0.936	0.930
平均值	<b>0.922</b>			<b>0.923</b>			<b>0.933</b>		
順序	<b>3</b>			<b>2</b>			<b>1</b>		

(四) 實驗圖表：



(五) 實驗發現：

- 蓮霧葉綠素液在靜置24小時後，電流下降0.028 mA，再靜置24小時後，電流再下降0.032 mA，靜置越久電流有下降的趨勢。
- 電壓方面沒有下降，反而有上升的趨勢，但不明顯。

**【實驗七】蓮霧葉綠素電池串聯時，其電流、電壓的數據，與讓LED燈泡發亮的組數。**

(一) **實驗變因**：準備18杯各20ml的葉綠素液，取1杯、2杯、3杯來做串聯迴路，測量並記錄電流、電壓數據，再實驗讓LED燈發亮的情形。

(二) 以【研究方法三~七】進行實驗。

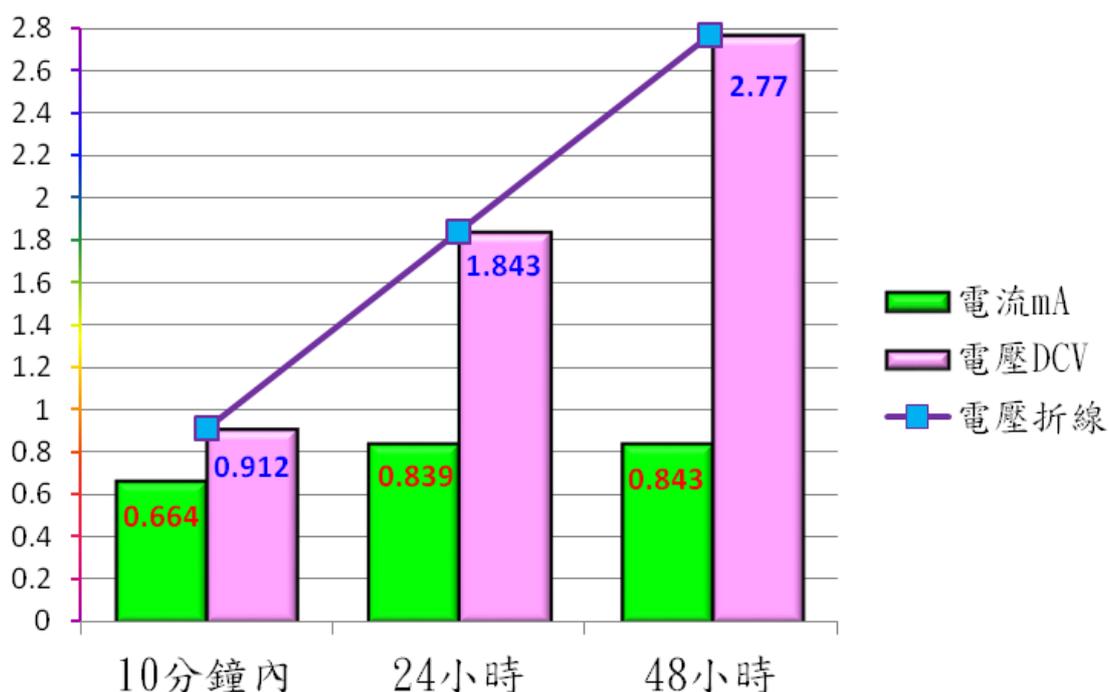
(三) 實驗數據：

電流mA	1組			2組串聯			3組串聯		
三次數據	0.679	0.657	0.655	0.821	0.873	0.824	0.847	0.841	0.842
平均值	<b>0.664</b>			<b>0.839</b>			<b>0.843</b>		
順序	<b>3</b>			<b>2</b>			<b>1</b>		

電壓DCV	1組			2組串聯			3組串聯		
三次數據	0.923	0.910	0.904	1.830	1.847	1.852	2.77	2.77	2.78
平均值	<b>0.912</b>			<b>1.843</b>			<b>2.77</b>		
順序	<b>3</b>			<b>2</b>			<b>1</b>		

串聯組數	1組	2組串聯	3組串聯
LED燈亮	<b>0個</b>	<b>300個</b>	<b>100個</b>
連亮時間	<b>0</b>	<b>可點亮，但亮度低</b>	<b>100小時以上</b>

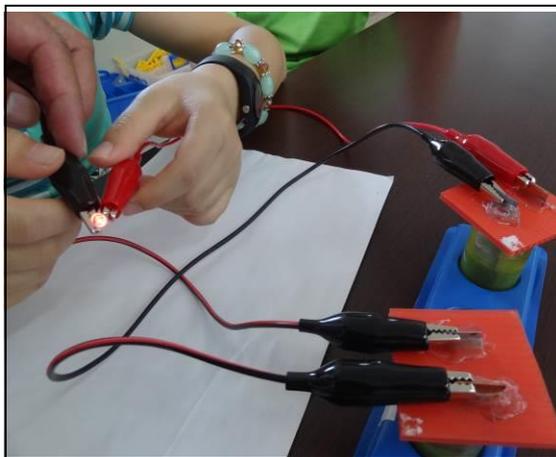
(四) 實驗圖表：



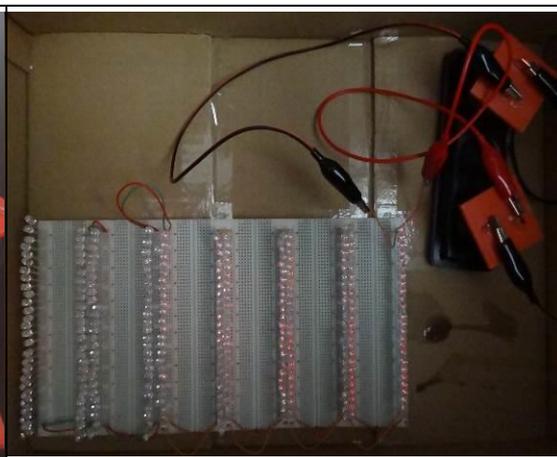
(五) 實驗發現：

1. 電流方面：串聯2組、3組葉綠素電池時，電流幾乎一樣大，但是比單獨1組時稍微大些。
2. 電壓方面：葉綠素電池串聯時，電壓數據隨串聯組數的增加，以倍數的成長。
3. 只有一組葉綠素電池時(電流約0.664mA、電壓約0.912DCV)，並沒有辦法讓1顆LED燈發亮，但是2組葉綠素電池串聯時(電流約0.839mA、電壓約1.843DCV)，卻可以讓300顆LED燈發亮，可見，要讓LED燈發亮，最重要的是要有某個大小的電壓數據以上。
4. 串聯3組葉綠素電池時，可以讓100顆LED燈聯繫發亮100小時以上，可見蓮霧葉綠素電池的發電效果相當持久。
5. 要讓比較多顆的LED燈發亮，LED燈要採用並聯的方式在麵包板上連接。
6. 用眼睛看比較能夠看清楚LED燈發亮的情形，照片不容易拍清楚。

(六) 實驗情形



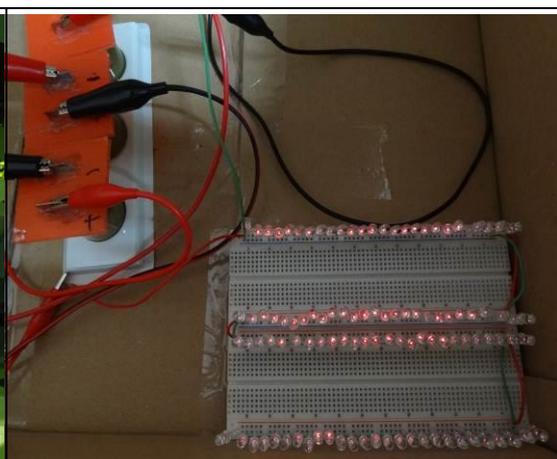
實驗七：2組串聯點亮1顆LED燈



實驗七：2組串聯點亮300顆LED燈

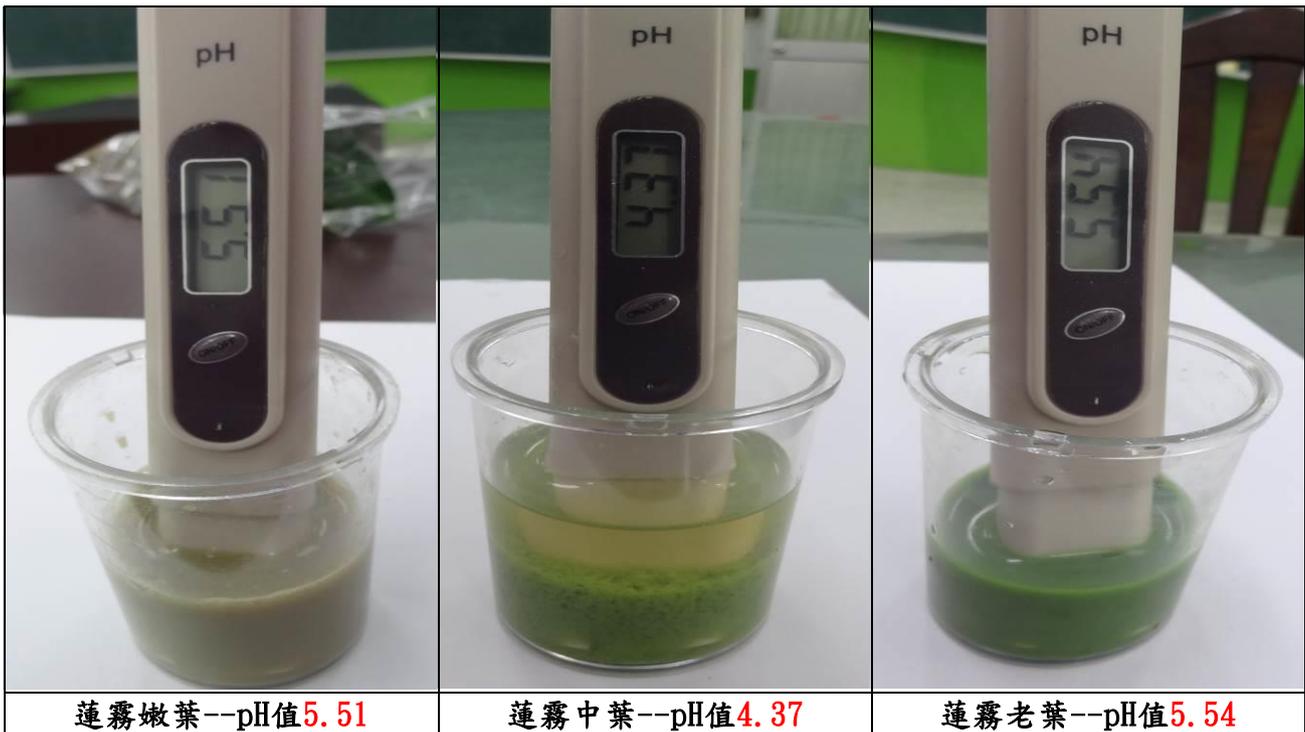
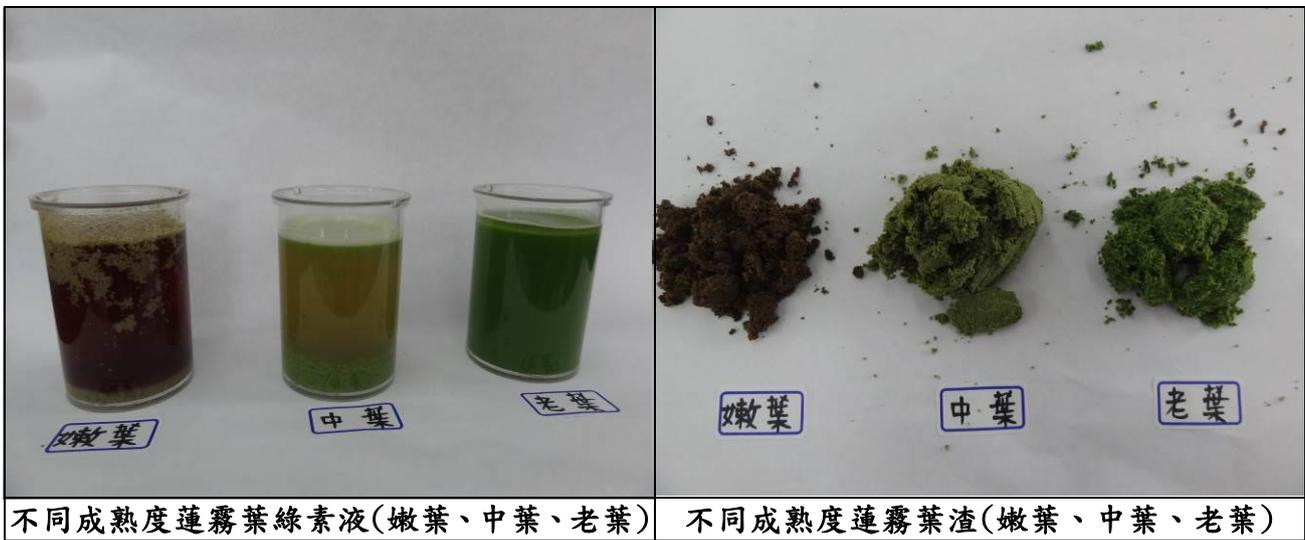


採摘新鮮的蓮霧中葉



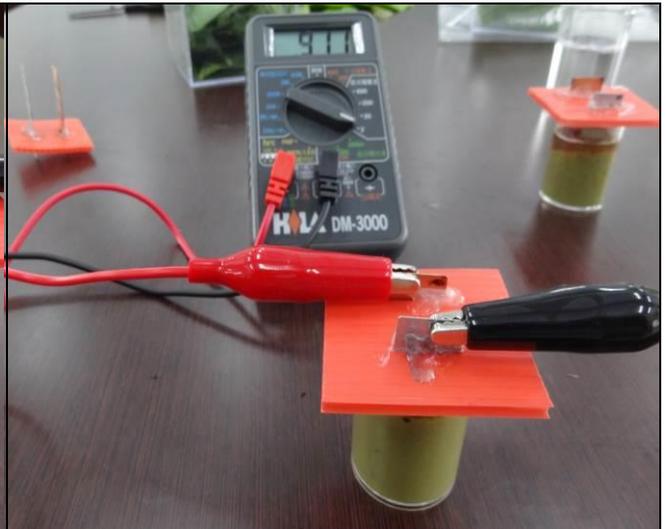
實驗七：3組串聯點亮100顆LED燈

【實驗照片】

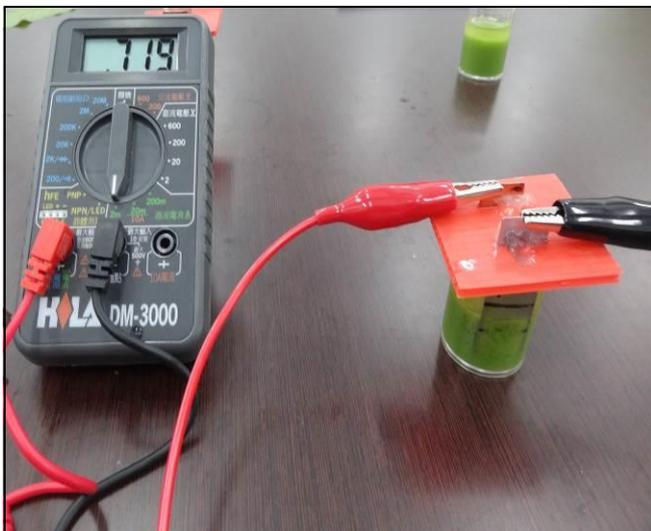




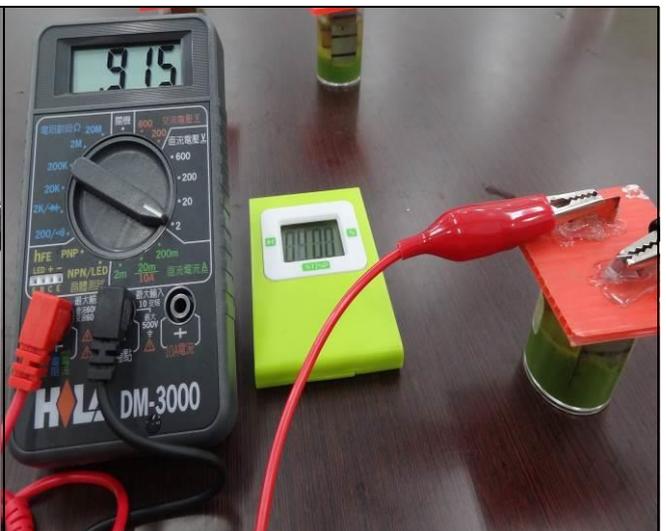
實驗一：嫩葉電流0.607mA



實驗一：嫩葉電壓0.911V



實驗一：中葉電流0.719mA



實驗一：中葉電壓0.915V



實驗一：老葉電流0.277mA



實驗一：老葉電壓0.881V(慢六秒拍，實為0.880)



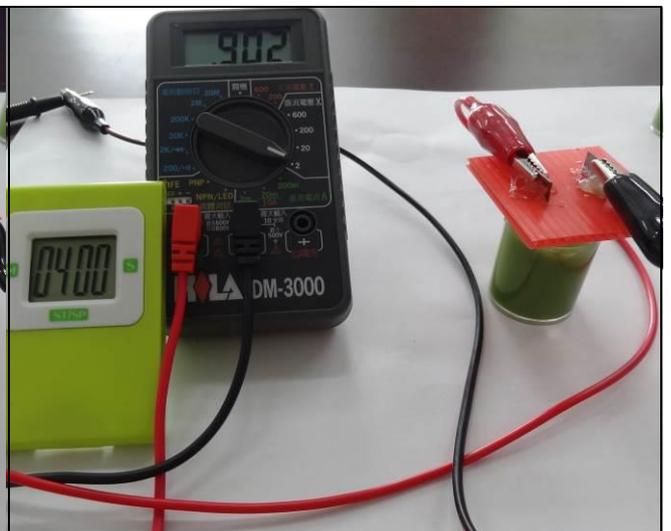
實驗二-1：3°C 葉綠素液電流0.453mA



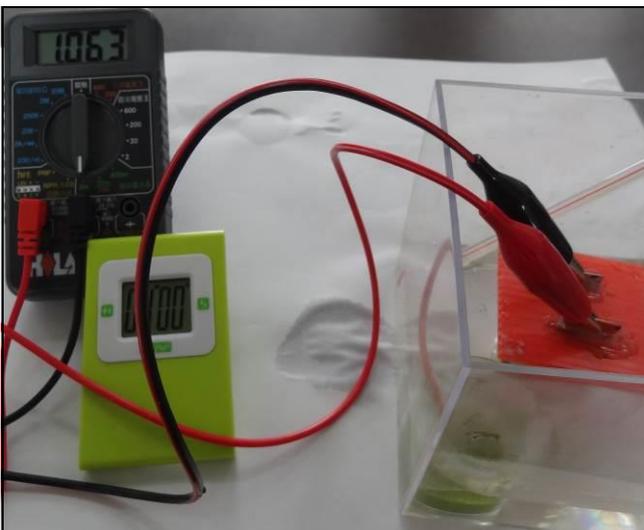
實驗二-1：3°C 葉綠素液電壓0.928V



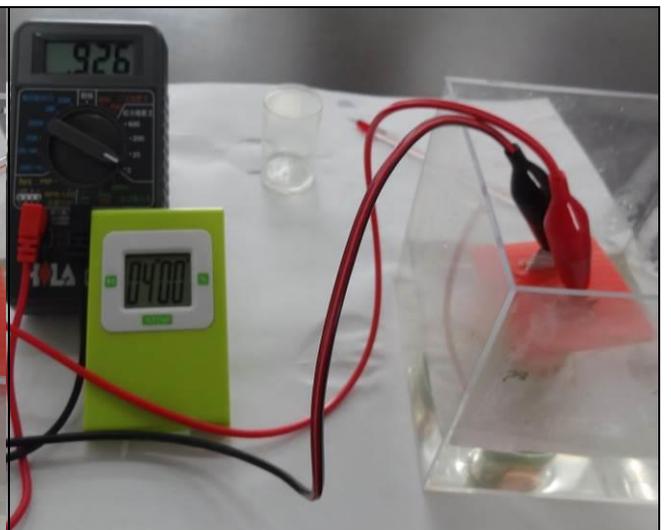
實驗二-1：23°C 葉綠素液電流0.607mA



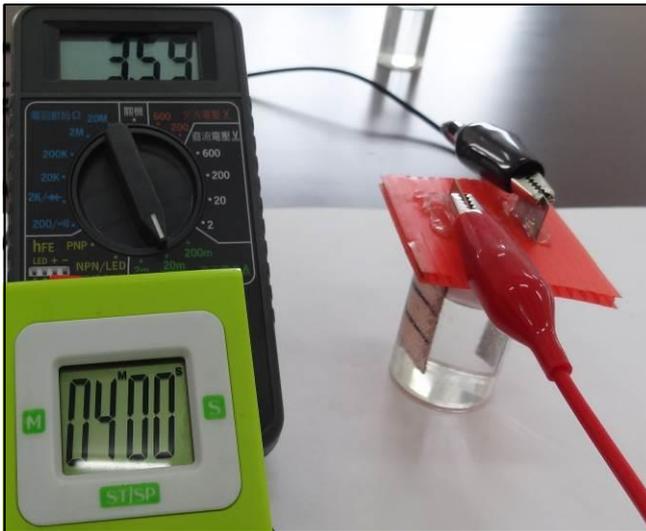
實驗二-1：23°C 葉綠素液電壓0.902V



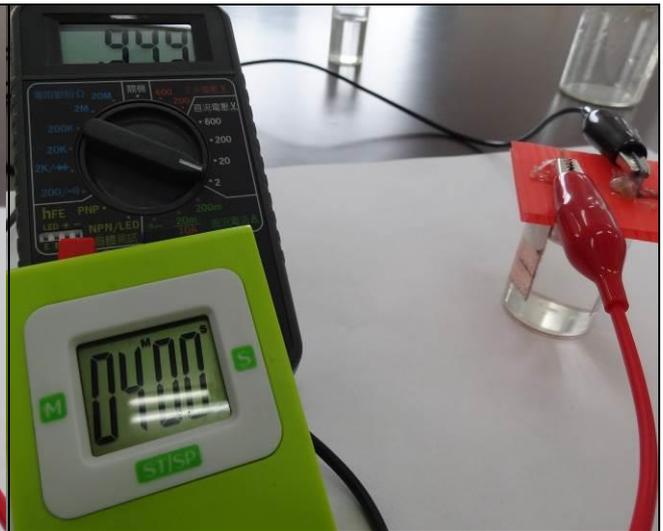
實驗二-1：43°C 葉綠素液電流1.063mA



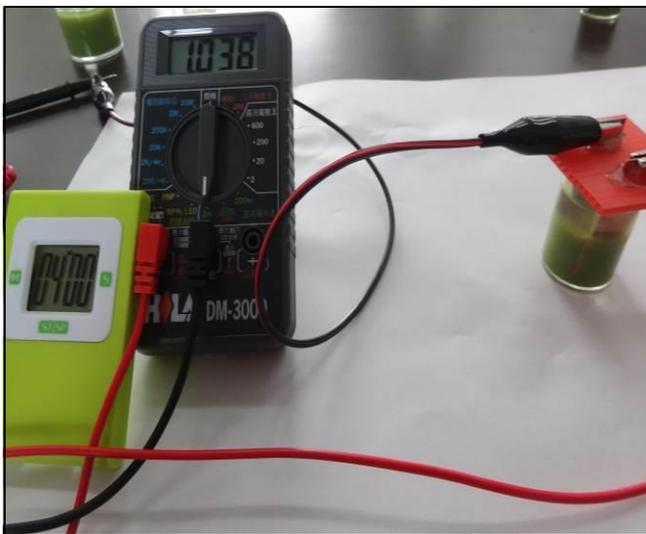
實驗二-1：43°C 葉綠素液電壓0.926V



實驗二-2：純檸檬酸水(pH1.53)電流3.59mA



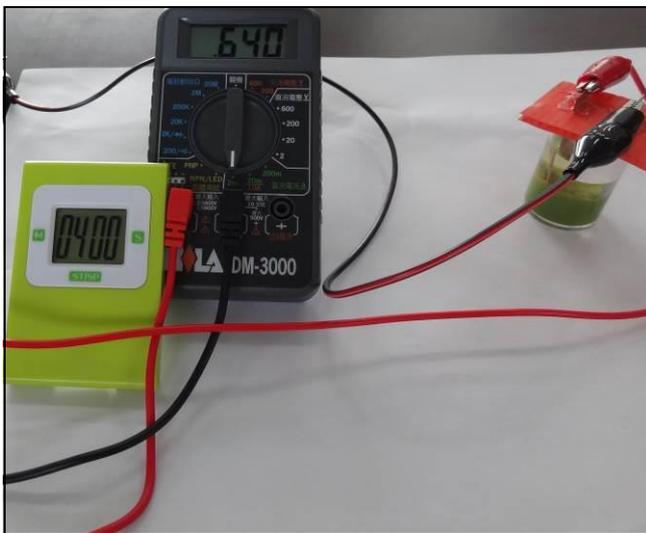
實驗二-2：純檸檬酸水(pH1.53)電壓0.949V



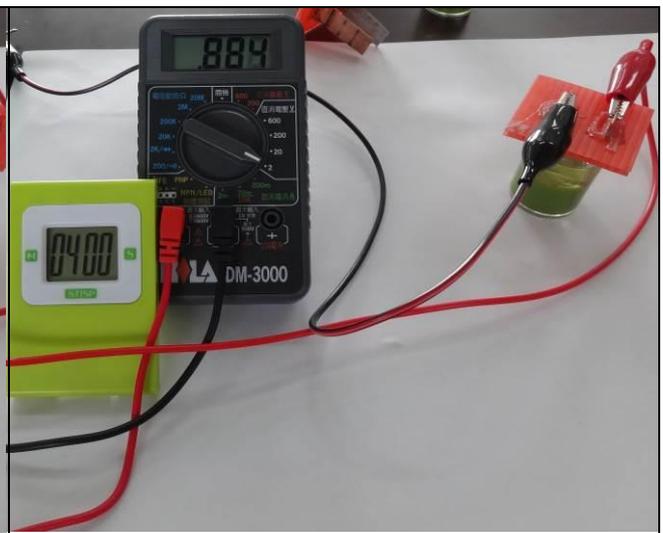
實驗二-2：加檸檬酸(pH2.95)電流1.038mA



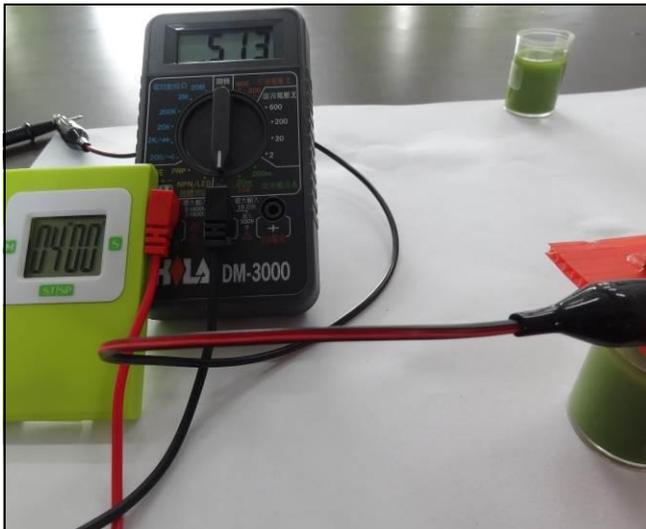
實驗二-2：加檸檬酸(pH2.95)電壓0.881V



實驗二-2：葉綠素液原汁(pH4.43)電流0.640mA



實驗二-2：葉綠素液原汁(pH4.43)電壓0.889V



實驗二-2：加小蘇打(pH6.26)電流**0.513mA**



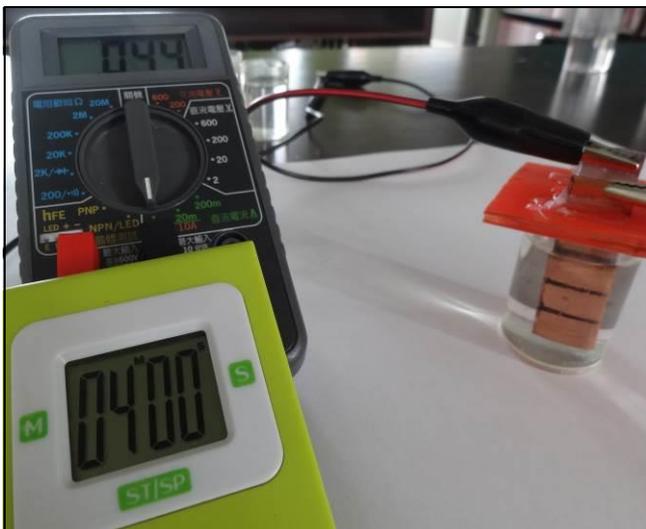
實驗二-2：加小蘇打(pH6.26)電壓**0.914V**



實驗二-2：純小蘇打水(pH8.10)電流**0.415mA**



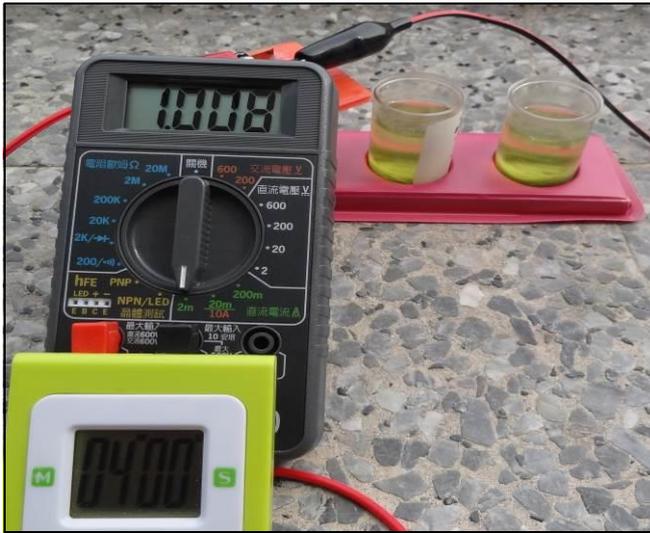
實驗二-2：純小蘇打水(pH8.10)電壓**0.969V**



實驗二-2：RO水(pH7.35)電流**0.044mA**



實驗二-2：RO水(pH7.35)電壓**0.749V**



實驗二-3：太陽光下(>20000lux)電流1.008mA



實驗二-3：太陽光下(>20000lux)電壓0.931V



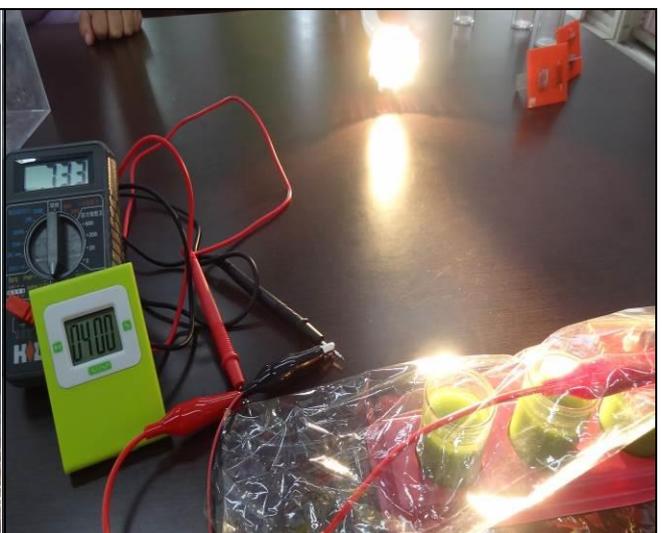
實驗二-3：盡量無光(8.3lux)電流0.692mA



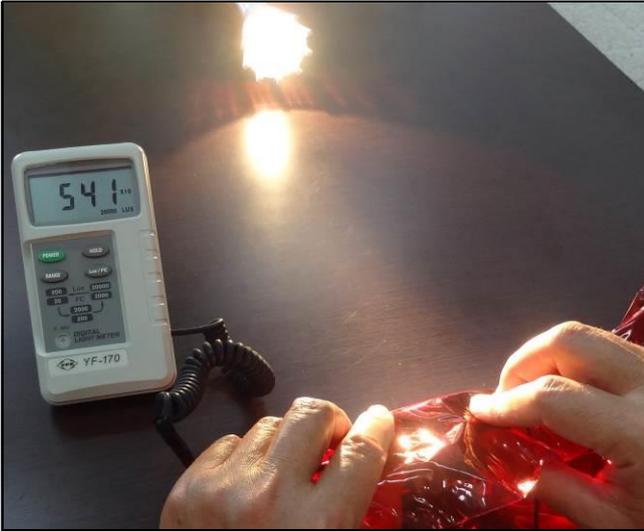
實驗二-3：盡量無光(8.3lux)電壓0.905V



實驗二-4：透明光照度1990lux



實驗二-4：透明光電流0.733mA



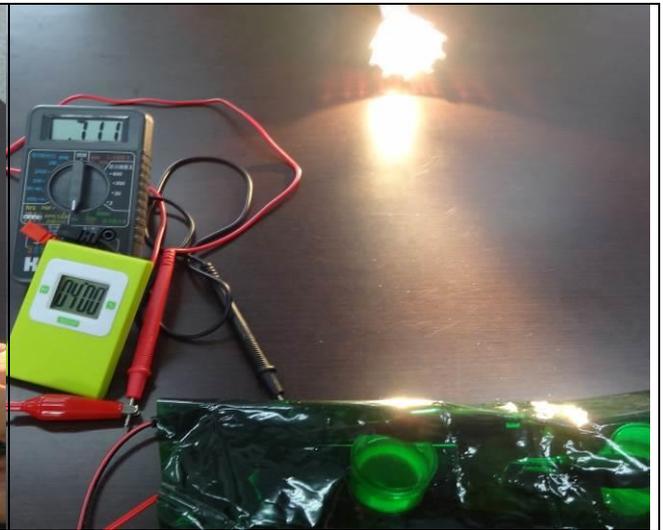
實驗二-4：紅光照度**5410**lux



實驗二-4：紅光電流**0.674**mA



實驗二-4：綠光照度**5720**lux



實驗二-4：綠光電流**0.771**mA



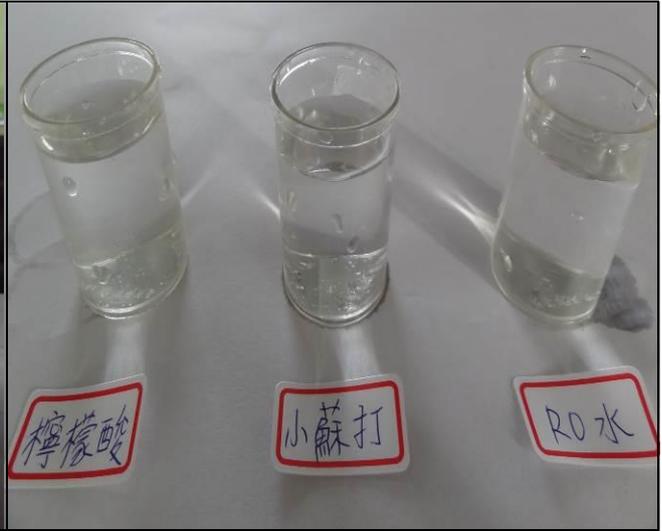
實驗二-4：藍光照度**4630**lux



實驗二-4：藍光電流**0.720**mA



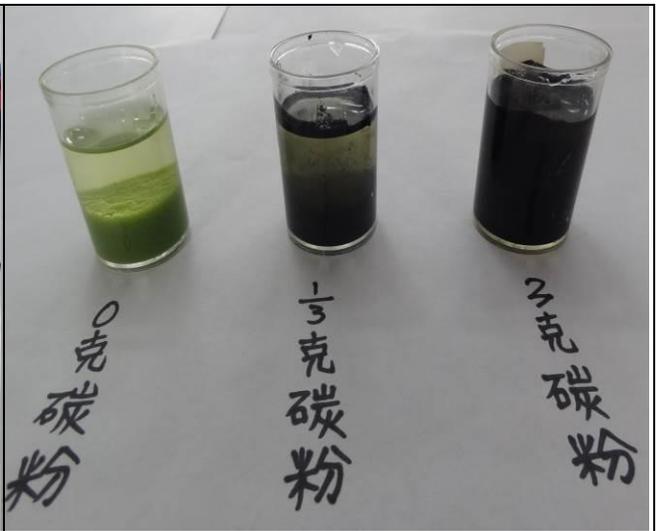
實驗二-1：隔水加熱蓮霧葉綠素液



實驗二-2：三種透明的實驗溶液



實驗四：控制每一份實驗劑量相同



實驗四：不同碳粉濃度的蓮霧葉綠素液



實驗六：放置12小時後電流0.710mA



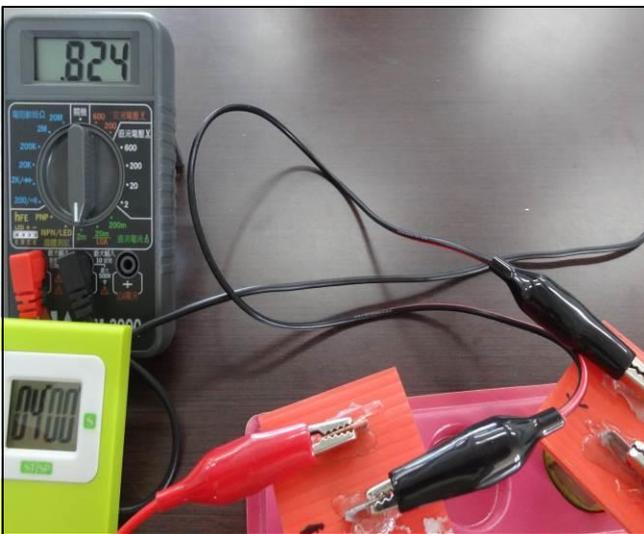
實驗六：放置12小時後電壓0.919V



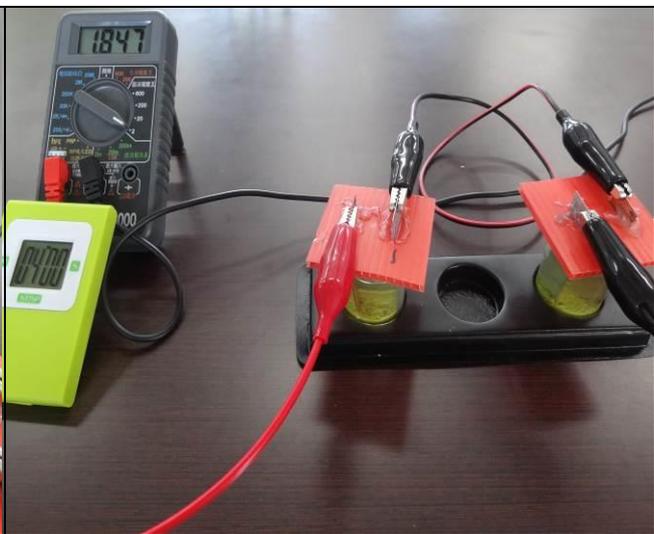
實驗七：1組葉綠素液電流0.657mA



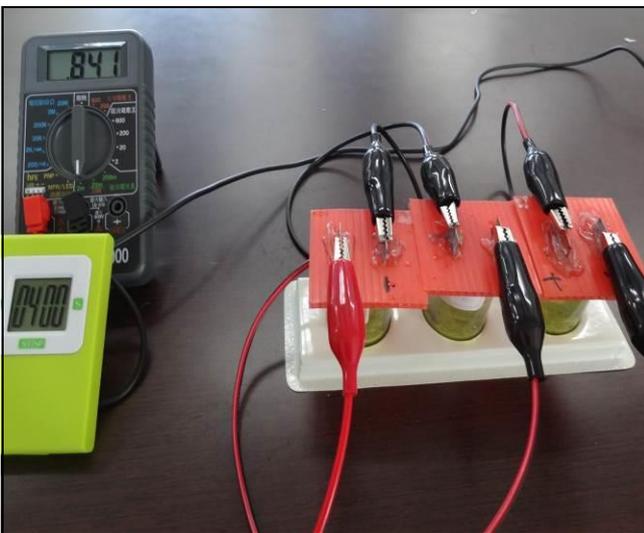
實驗七：1組葉綠素液電壓0.910V



實驗七：2組葉綠素液串聯電流0.824mA



實驗七：2組葉綠素液串聯電壓1.847V



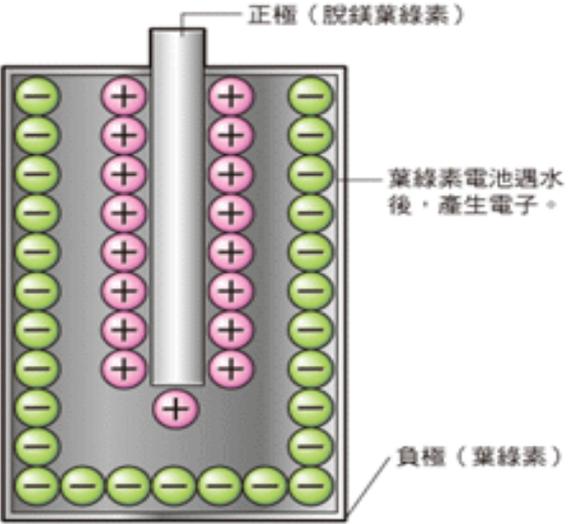
實驗七：3組葉綠素液串聯電流0.841mA



實驗七：3組葉綠素液串聯電壓2.77V

## 陸、 討論

- 一、 我們研究蓮霧葉綠素電池的目的是希望能發展綠色能源，因此盡量用環保的方式來做實驗，盡量不使用化學材料，以國小學生聽得懂的方式來操作實驗。
- 二、 我們希望能用簡單環保的方式製作蓮霧葉綠素電池，因為就算是使用環保的材料，如果過程太複雜，或者是要用掉很多資源才做得出來，那麼，葉綠素電池的環保概念就會降低了。
- 三、 我們希望蓮霧葉綠素電池可以在日常生活中推廣使用，因此，我們使用一般人也可以操作的打汁過濾法來萃取葉綠素液。也希望蓮霧葉綠素電池在一般的環境溫度下也能發電，因此將實驗溫度控制在 $3^{\circ}\text{C}\sim 43^{\circ}\text{C}$ 之間，因為不使用高溫，所以可以使用塑膠器材，增加實驗的安全性。
- 四、 為什麼葉綠素電池會可以發電呢？大家都有這個疑惑，上網收集資料後發現：當葉綠素吸收光線，會使葉綠素離子化，遇到水後進行氧化還原反應而產生電流。我們也上網看了許多和葉綠素電池相關的影片，覺得相當新奇，雖然不是很了解葉綠素電池的發電原理，但是我們想用家鄉的材料來做做看，讓人們認識這種環保的綠色能源。

 <p>(影像來源：廖重賓)</p> <p>葉綠素電池一沾水，即會進行氧化還原反應，產生電流。</p>	 <p>葉綠素電池中的成份葉綠素遇水會先發生解離，使葉綠素離子化，之後才進行氧化還原反應產生電流。(電腦繪圖：姚裕評)</p>
--	---

- 五、許多參考資料中的實驗方法我們沒有學過，但是去年做過用蔬果汁當作電解質的發電方式，因此，今年我們先研究如何提高蓮霧葉綠素電池的發電量，以後再研究怎樣做成電池形式的蓮霧葉綠素電池。
- 六、為什麼蓮霧葉綠素電池在溫度上升時，電流強度也跟著變大呢？根據研究資料：「在一定的氣壓下，溫度越高，物體所含的能量越大，粒子的運動速率加快，增加了碰撞機會，使得反應速率增加。」所以，加熱電解質(本實驗中的蓮霧葉綠素液)，可以使溫度升高，加快帶電離子的交換速率，進一步提高導電率，如此電流也就會提升了。驗證我們的實驗：葉綠素液溫度從 3°C 上升到 43°C 時，電流從 0.448mA 上升至 1.012mA，超過了 2 倍。
- 七、在酸鹼度的實驗中，發現 pH 值越低(酸)的溶液電流越高，這個結果跟去年蔬果汁電池的實驗一樣，檸檬的 pH 值比較低，電壓和電流也比較高。
- 八、在不同「光源」的實驗中，「室內燈光(566lux)」和「盡量無光(8.3lux)」的電流差異不大；在不同「色光」的實驗中，「透明光(19900lux)」、「綠光(5720lux)」和「藍光(4630lux)」的電流差異也不大，電壓也大致相同，但「太陽光(>20000lux)」下蓮霧葉綠素電池的電流明顯較高而且穩定。
- 九、根據【實驗二-4】，用玻璃紙製作色光的方式，電流數據大小依序為透明光>綠光>藍光>紅光，但是前面三種相差不大，只有紅光明顯較低。在電壓方面，以透明光電壓較高，其他三種色光電壓差異不大。跟所參考的研究報告結果有所不同。
- 十、為什麼蓮霧葉綠素電池在串聯後，會讓 LED 燈泡發亮呢？從【實驗七】中發現：葉綠素電池串聯數從第 1 個到第 3 個時，電流和電壓的強度都明顯遞增。在自然課中，老師教過「串聯」，我們將電池的正極和負極相接，兩個相同的電池串聯時，因為電流一定會通過兩個電池，所以可以獲得兩倍的電壓。所以，當電池串聯時，推動電荷的力量越大，電流也就越大，燈泡就會更亮喔！
- 十一、讓 LED 燈泡發亮的關鍵是電流還是電壓呢？只有一組葉綠素電池時(電流約 0.660mA、電壓約 0.912DCV)，並沒有辦法讓 1 顆 LED 燈發亮，但是 2 組葉綠素電池串聯時(電流約 0.839mA、電壓約 1.843DCV)，卻可以讓 300 顆 LED 燈發亮，可見，要讓 LED 燈發亮，最重要的是要有某個大小的電壓數據以上。老師教過：電流就像水流，如果水管兩邊的高低差得愈多，水管裡的水就會流得愈快，水壓也較大。
- 十二、製作簡易的葉綠素電池時，可以先將葉子絞碎但是不需要過濾，裝在透明的容器中，放置在陽光下，使用和葉綠素液接觸面較大的電極片，當陽光越強、溫度越高時，就能夠有較好的發電效果。

## 柒、 結論

- 一、 因為考慮實驗器材的普遍性，仍然以果汁機「打汁過濾」的方式取得葉綠素液，如果以慢磨機來萃取葉綠素液，應該有更好的實驗數據。
- 二、 蓮霧葉中葉(成熟度為1~3個月)所萃取的葉綠素液有較強的電流和電壓，酸鹼度的數據也比較低(pH值約4)。
- 三、 蓮霧葉綠素液添加檸檬酸有助於電流提升，但是添加小蘇打粉後的電流反而比原汁還低，而酸鹼度實驗的電壓的差異在0.076伏特(V)之間。
- 四、 分析不同「光源」與不同「色光」的實驗結果，發現「太陽光」對蓮霧葉綠素電池的發電量有顯著的幫助。
- 五、 根據實驗數據，葉綠素液「溫度越高」、「酸鹼度越低(酸)」、「太陽光越強」、「電極接觸面積越大」是影響「電流」強度的重要因素。
- 六、 在沒有通電的情況下，蓮霧葉綠素液在兩天內酸鹼度並沒有明顯的不同(pH值上升0.02)，但是在通電30分鐘後，pH值便上升0.13。
- 七、 在「持續通電」一段時間後電流有下降的趨勢，但電壓沒有明顯的差異，反而稍微上升。
- 八、 在「靜置」一段時間後通電，電流有下降的趨勢，但電壓沒有明顯的差異，反而稍微上升。
- 九、 在本實驗中單組葉綠素液電壓的變化不大，數據約在0.87~0.97V之間。
- 十、 串聯3組的蓮霧葉綠素電池可以讓100顆5mm的LED燈連續亮100小時以上。
- 十一、 蓮霧葉綠素電池的電壓和電流數據較去年蔬果電池實驗結果穩定。
- 十二、 在其他葉綠素電池的研究中，大都以深綠色葉菜類(如：菠菜、油菜、地瓜葉等)或雜草(如車前草、幸運草、布袋蓮等)來做為葉綠素電池實驗材料，在不添加吸附劑的情況下，蓮霧葉綠素液較其他葉綠素液材料有較好的發電效果(陽光下，純蓮霧葉綠素液最佳數據：電流大於1毫安培mA、電壓大約1伏特V)。

## 捌、待研究問題

- 一、為什麼蓮霧葉中葉的電流和電壓比嫩葉和老葉高，跟葉綠素的活性有關嗎？如何實驗測量？
- 二、本次實驗是以電解質的方式測量電流和電壓，以後可以進一步將蓮霧葉綠素電池製造成膠狀或固體等容易攜帶的方式，比較方便使用。
- 三、依據參考資料的研究結果，添加吸附劑可以大幅提升葉綠素電池的電流和電壓，但是本研究可能使用了不適合的材料，希望以後可以繼續研究有哪些既環保經濟又容易取得的吸附劑，對蓮霧葉綠素電池的發電量能有較明顯的幫助。

## 玖、參考資料

- 一、林鵬、黎上瑋、吳郁萱(2009)。新型葉綠素電池的研究與開發。中華民國第49屆中小學科學展覽會高中組作品說明書。
- 二、陳立達、陳泰宇、張政傑(2011)。科技新能源--葉綠素電池。100年全國高職學生實務專題製作競賽暨成果展報告書。
- 三、蘇順發、陳姿羽、沈宜蓁、蕭毓慧(2012)。葉綠素電池。南台科技大學化工系專題報告。
- 四、吳家臻、范宇芮、連名好、管雅涵、游雅涵、張承涵(2013)。雜草也能做電池？中華民國第53屆中小學科學展覽會國小組作品說明書。

## 【評語】 080203

1. 本作品結合綠能課程與家鄉特產蓮霧葉，製作葉綠素電池，並企圖減少農民焚燒葉子所產生的空氣汙染，符合能源開發與環保議題。
2. 唯葉綠素電池為主題的研究已經非常豐碩，建議可以詳加比較，以突顯作品創新之處。