

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080213

"葉"來 YA 有電--葉綠素電池

學校名稱：新竹縣竹北市興隆國民小學

作者： 小五 黃曼青 小五 蔡言均 小五 傅子齊 小五 黃紹瑋	指導老師： 陳毓芝
-------------------------------------------------------------	------------------

關鍵詞：葉綠素(chlorophyll)、吸附劑(Adsorbent)、
發電(generator)

摘要：

地球暖化碰上環境汙染，生活在二十一世紀的我們，幾乎天天都要面對PM2.5的難題，活動也受限於呼吸困難、不能外出。風力發電還是核能發電？是個大課題！身為小學生的我們也很著急。看到虎尾科技大學的教授與學生合力發明了葉綠素電池的報導，讓我們興起何不動手做做看的念頭。利用身邊隨手可得的植物葉子，萃取光合作用後產生的葉綠素後，透過適當的封存在自製的電池裡，讓它產生電力，連接在生活中常用的小電器，提供一般日常生活之所需，減少使用需要回收的電池量，隨手做環保。實驗中發現應用植物的葉綠素真的能發電!但是跟葉綠素多寡和天氣息息相關，如何萃取葉綠素？萃取後的封存方式是關鍵，可以決定電力的可利用情形，也是本實驗的課題。

壹、研究動機

最近，環境汙染的問題越來越嚴重，二氧化碳的濃度越來高，尤其是像火力發電那種燃燒石油或需要長時間才能製造出的不環保能源，是讓二氧化碳的濃度增加的原因，因此許多學者致力於研發環保綠能源，像是太陽能、水力、風力、地熱能、氫能源、生質能等，但這些能源都較不容易取得。

透過報導得知：虎尾科技大學的教授與學生合力發明了葉綠素電池。葉綠素電池的構想來自植物的光合作用，即葉綠素(chlorophyll)吸光、遇水後，會先成為離子態，再進行化學反應。電池的基本結構包含電解質與導電材質等，若將其中電解質以葉綠素替代，加水形成離子態後，一樣會有發電效果。特別的是，葉綠素形成離子態後，還可與水進行氧化還原反應，產生電流。因此我們決定自動手試試看。

貳、研究目的

藉由以下的實驗，來探討對葉綠素電池的發電效率及其影響。

實驗一、比較不同濃度的酒精所萃取出來的葉綠素製作出的電池電流電壓表現

實驗二、比較不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池電流電壓表現

實驗三、比較不同吸附劑做出來的電池在電壓和電流的表現

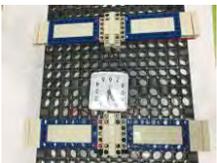
實驗四、比較葉綠素萃取的時間長短做出來的電池在電壓和電流的表現

實驗五、比較串聯和並聯電池的效果

實驗六、比較萃取時有使用回流方式和沒有使用回流方式的效果差異

實驗七、比較葉綠素在不同的燈光下保存後製作的電池在電壓和電流的表現

參、研究設備及器材

					
3D 列印電池盒	碳棒	三用電表	酒精	燒杯	試管
					
鑷子	電熱爐	電子秤	鋁箔紙	計時器	熱熔膠槍
					
瓊崖海棠	大花咸豐草	茄冬樹	馬纓丹	光臘樹	蒲公英
					
咖啡用濾紙	實驗用濾紙	餐巾紙	口罩	柔巾	智高積木
					
回流設備	250ml 錐形瓶	照明箱	手指燈	洋菜粉	碳粉

肆、研究過程或方法

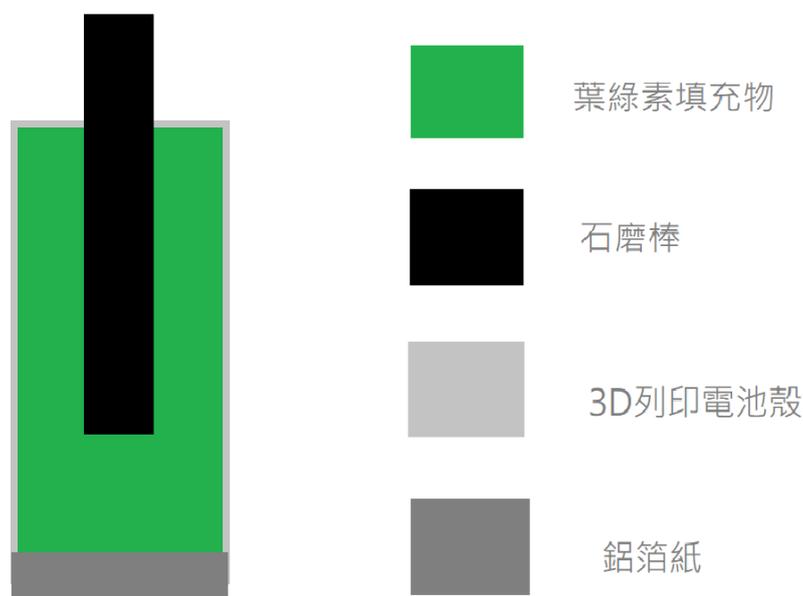
一、葉綠素電池製作方法

(一)、電池外殼的製作：

用 3D 印表機列印電池殼

(二)、電池內部填充物的製作

- 1.將石磨棒插入 3D 印表機列印出來的電池殼，並用熱熔膠黏牢
- 2.放入吸附劑
- 3.滴入葉綠素
- 4.蓋上鋁箔紙



實驗一、比較用不同濃度的酒精所萃取出來的葉綠素製作出的電池電流電壓表現

實驗器材：濃度為 95%、75%、50%、25%的酒精、自來水跟 RO 水、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、實驗用濾紙、三用電表

實驗過程：

- 1.用濃度 75% 的酒精配置濃度 50%、25% 的酒精
- 2.分別取出 25%、50%、75%、95%的酒精、自來水、RO 水各 100ml
- 3.將步驟 2 不同濃度的酒精中分別加入 0.3g 的葉子
- 4.分別萃取十分鐘使其沸騰後取出製作電池測量其電流和電壓

實驗二、比較不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池電流電壓表現

實驗器材：採集具有細毛的大花咸豐草和馬纓丹、有細刺的蒲公英、表面具有臘質的光臘樹和瓊崖海棠、茄冬樹等的葉子、濃度 25%的酒精、電爐、燒杯、電池殼、實驗用濾紙、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

- 1.採取具有不同特徵的植物有細毛的大花咸豐草和馬纓丹、有細刺的蒲公英表面具有臘質的光臘樹和瓊崖海棠、茄冬樹等的葉子葉子葉綠素，各 0.3g。
- 2.倒入濃度為 25%的酒精 100ml 萃取五分鐘。
- 3.將萃取出來的葉綠素製作成電池，分別測量其電池電流電壓表現。

實驗三、比較不同吸附劑做出來的電池在電壓和電流的表現

實驗器材：咖啡用濾紙、實驗用濾紙、口罩、餐巾紙、柔巾、葉綠素電池、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

- 1.將咖啡用濾紙、實驗用濾紙、口罩、餐巾紙、柔巾裁剪成適當的大小備用
- 2.利用各種不同的紙張的毛細作用製作吸附劑，讓葉綠素吸附在各種吸附劑上，用這種方法可以避免因為葉綠素溢出，所造成的發電效果降低，進而影響實驗結果。
- 3.取出濃度為 25%的酒精 100ml
- 4.分別加入馬纓丹、茄冬 0.3g 的葉子進行比較
- 5.萃取五分鐘致使其沸騰
- 6.將萃取出來的葉綠素製作電池，測量其電壓和電流

實驗四、比較葉綠素萃取的時間長短做出來的電池在電壓和電流的表現差異

實驗器材：濃度為 25%的酒精、馬纓丹的葉子、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

- 1.取出濃度為 25%的酒精 100ml
- 2.加入馬纓丹的葉子 0.3g
- 3.分別萃取五分鐘、十分鐘、二十分鐘製作葉綠素電池進行測量

實驗五、比較串聯和並聯的效果後的電池在電壓和電流的表現差異

實驗材料：葉綠素電池、蜂鳴器、智高積木、鱷魚夾電線、三用電表

實驗過程：

- 1.將電池 1~4 顆串在一起，試著讓蜂鳴器響
- 2.串並聯電池 1~4 顆並測量電流與電壓

實驗六、比較萃取時有使用回流方式和沒有使用回流方式的效果差異

實驗材料：回流設備、濃度為 25%的酒精、馬纓丹的葉子、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

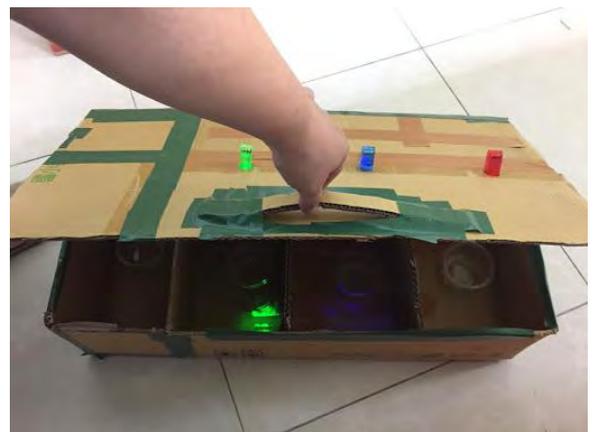
- 1.取出濃度為 25%的酒精 100ml
- 2.加入馬纓丹的葉子 0.3g
- 3.分別使用回流設備、電爐煮葉綠素
- 4.製做電池測量

實驗七、比較葉綠素在不同的燈光下保存後做出來的電池在電壓和電流的表現

實驗材料：濃度為 25%的酒精、馬纓丹的葉子、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、照明箱、三用電表、三種手指燈(紅、藍、綠)

實驗過程：

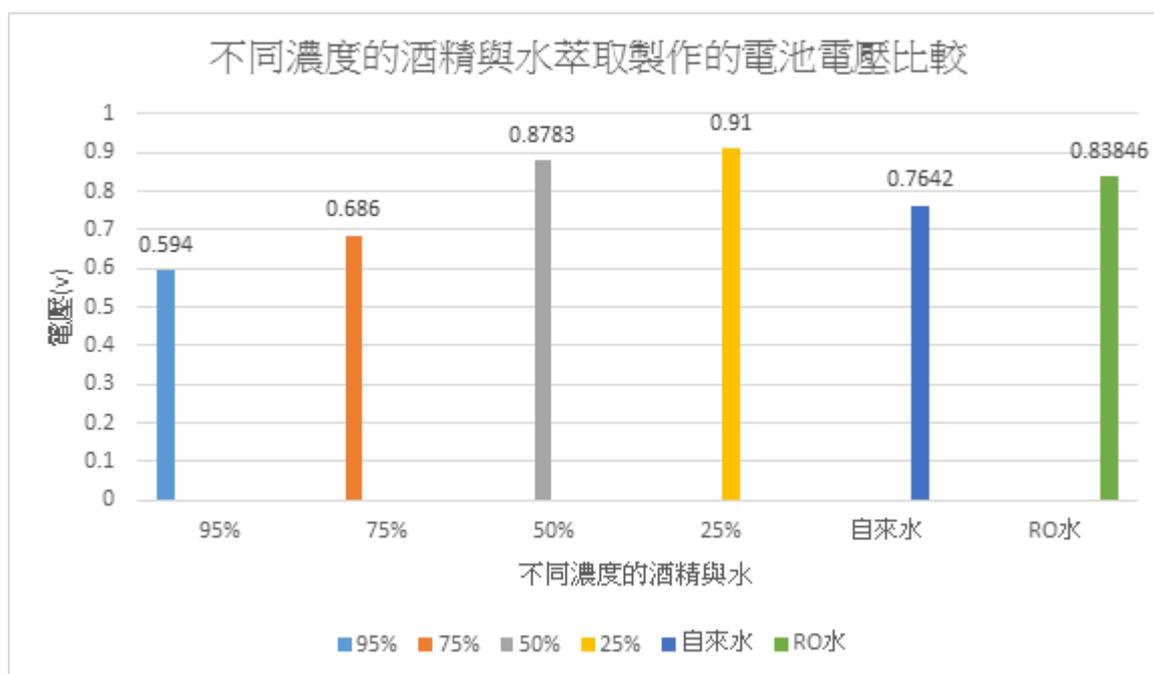
- 1.加入馬纓丹的葉子 0.45g
- 2.使用電爐萃取葉綠素
- 3.將萃取好取出濃度為 25%的酒精 250ml
- 4.的葉綠素分裝成四杯,放入照明箱 (如右圖)
- 5.等待一小時
- 6.製作電池測量
- 7.等待兩小時
- 8.製作電池測量



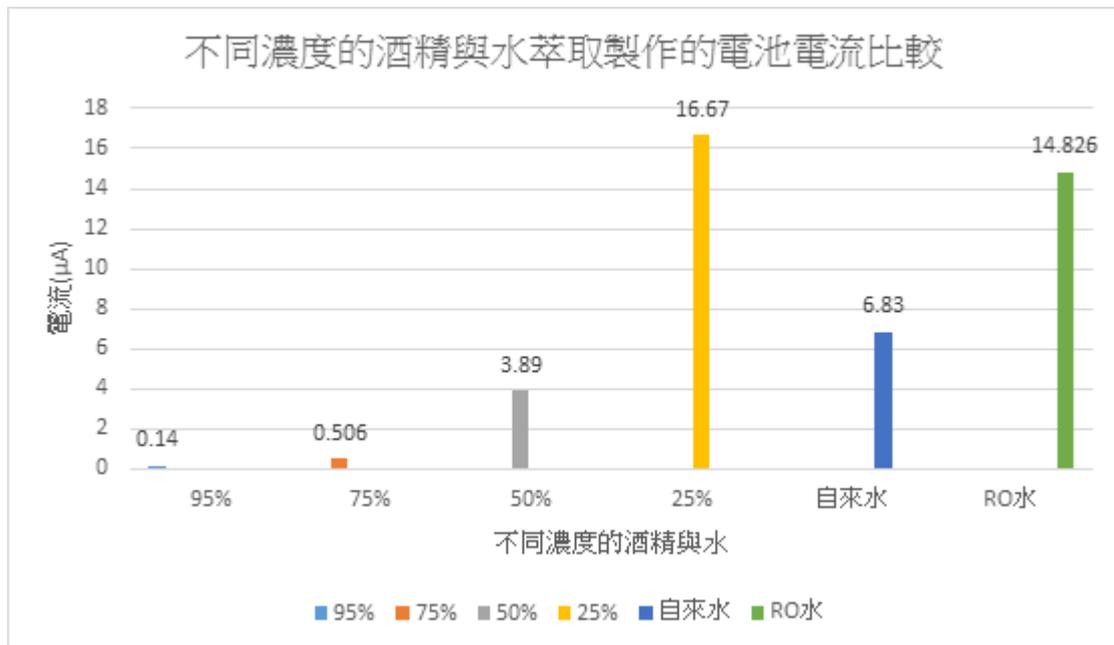
伍、研究結果

實驗一、比較不同濃度的酒精與水所萃取出來的葉綠素製作出的電池電流電壓表現

萃取溶液	95%酒精	75%酒精	50%酒精	25%酒精	自來水	RO水
平均電壓(V)	0.59400	0.68600	0.87830	0.91000	0.76420	0.83846



萃取溶液	95%酒精	75%酒精	50%酒精	25%酒精	自來水	RO水
平均電流(μ A)	0.14000	0.50600	3.89000	16.67000	6.83000	14.82600

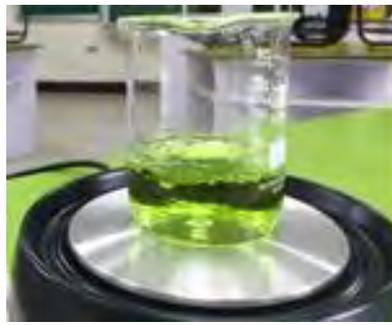


實驗結果：

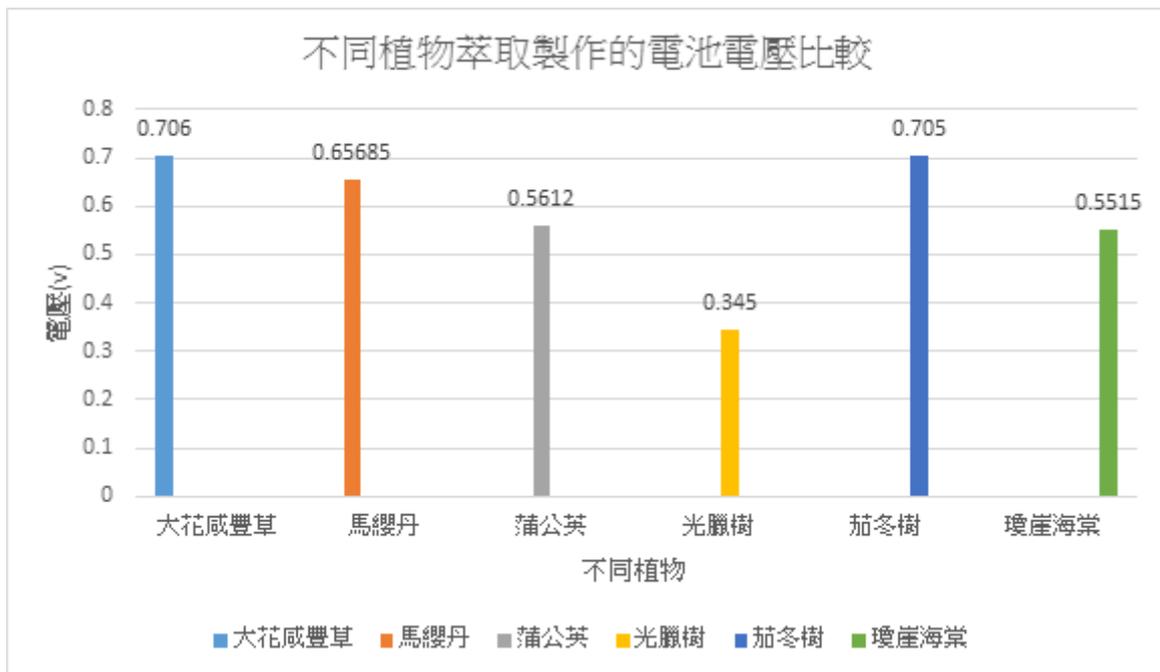
我們使用濃度分別為自來水、RO 水、25%、50%、75%和 95%的酒精 100ml 進行實驗，分別放入 0.3g 的葉子加入酒精煮十分鐘，待其沸騰，結果發現濃度 25%效果最好，因此採用濃度 25%的酒精進行後續實驗。

實驗二：比較不同植物萃取的葉綠素製作的電池在電流電壓表現

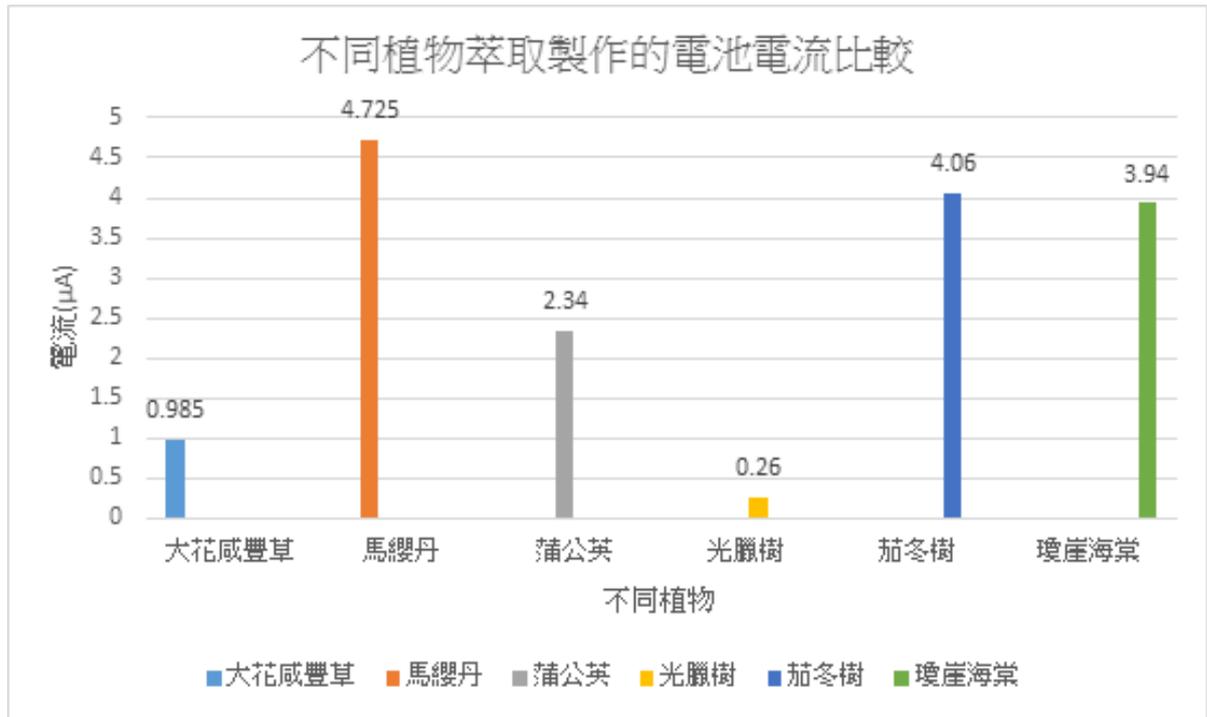




植 物	大花咸豐草	馬纓丹	蒲公英	光臘樹	茄冬樹	瓊崖海棠
平均電壓(v)	0.70600	0.65685	0.56120	0.34500	0.70500	0.55150



植 物	大花咸豐草	馬纓丹	蒲公英	光臘樹	茄冬樹	瓊崖海棠
平均電流(μ A)	0.98500	4.72500	2.34000	0.26000	4.06000	3.94000



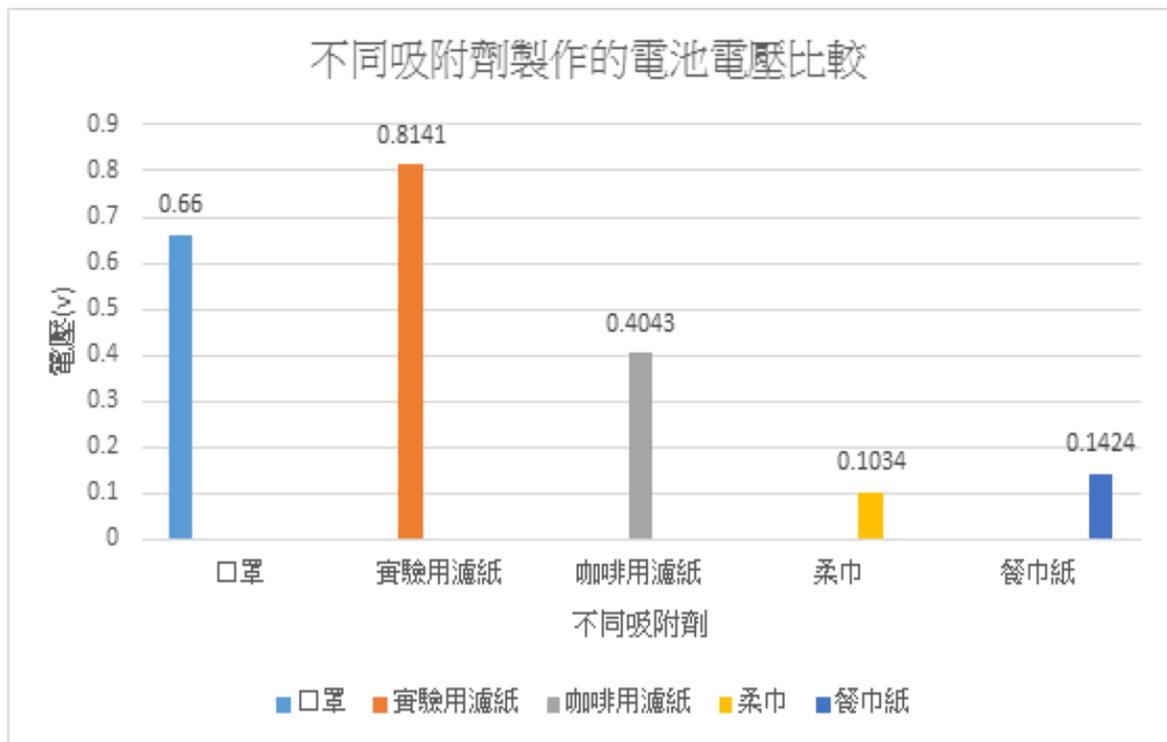
實驗結果：

我們發現使用表面具有細毛的馬纓丹葉子製作出來的電池在電流部分的表現最好，而在電壓部分表現則為差距較小的第二，因此我們採用馬纓丹進行實驗後續實驗。

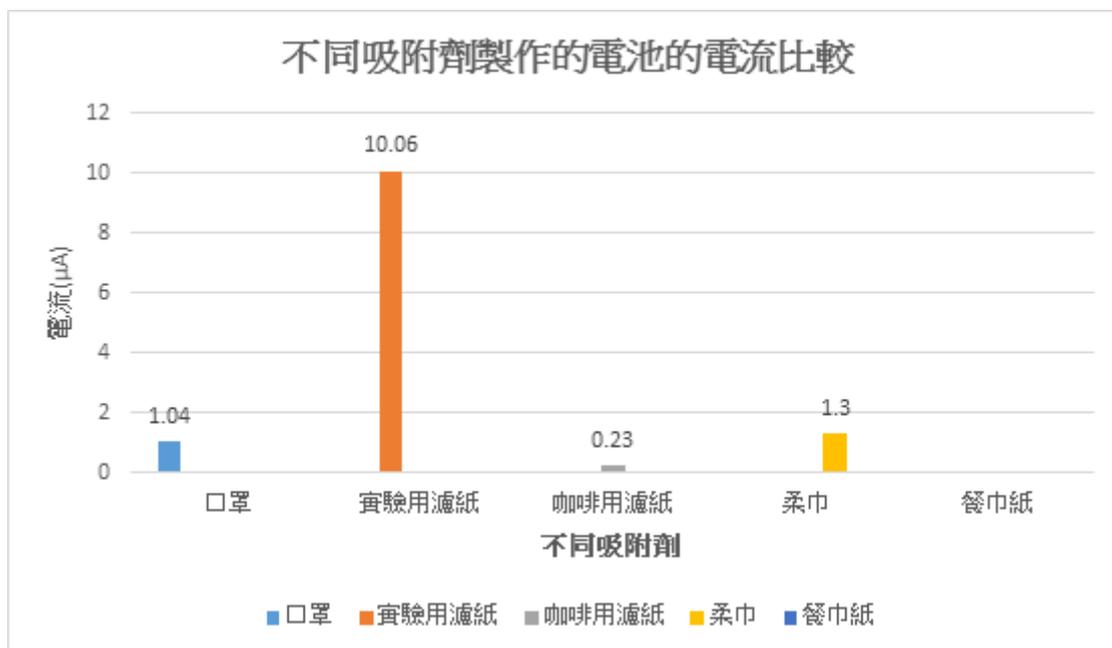
實驗三：比較用不同吸附劑製作出來的電池在電壓和電流的表現



吸 附 劑	口 罩	實 驗 用 濾 紙	咖 啡 用 濾 紙	柔 巾	餐 巾 紙
平均電壓(V)	0.66000	0.81410	0.40430	0.10340	0.14240



吸 附 劑	口 罩	實 驗 用 濾 紙	咖 啡 用 濾 紙	柔 巾	餐 巾 紙
平均電流(μA)	1.0400	10.06000	0.23000	1.3000	0.49000



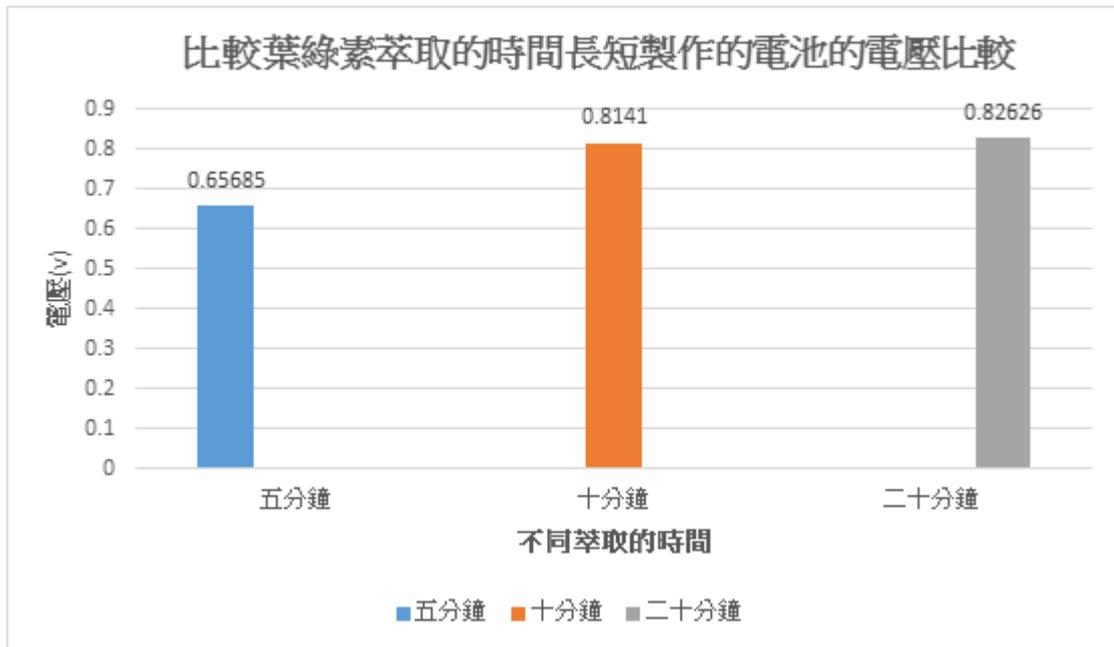
實驗結果：

我們發現實驗用濾紙當做吸附劑製作的電池電壓和電流的效能最好，因此我們使用實驗用濾紙進行實驗後續實驗。

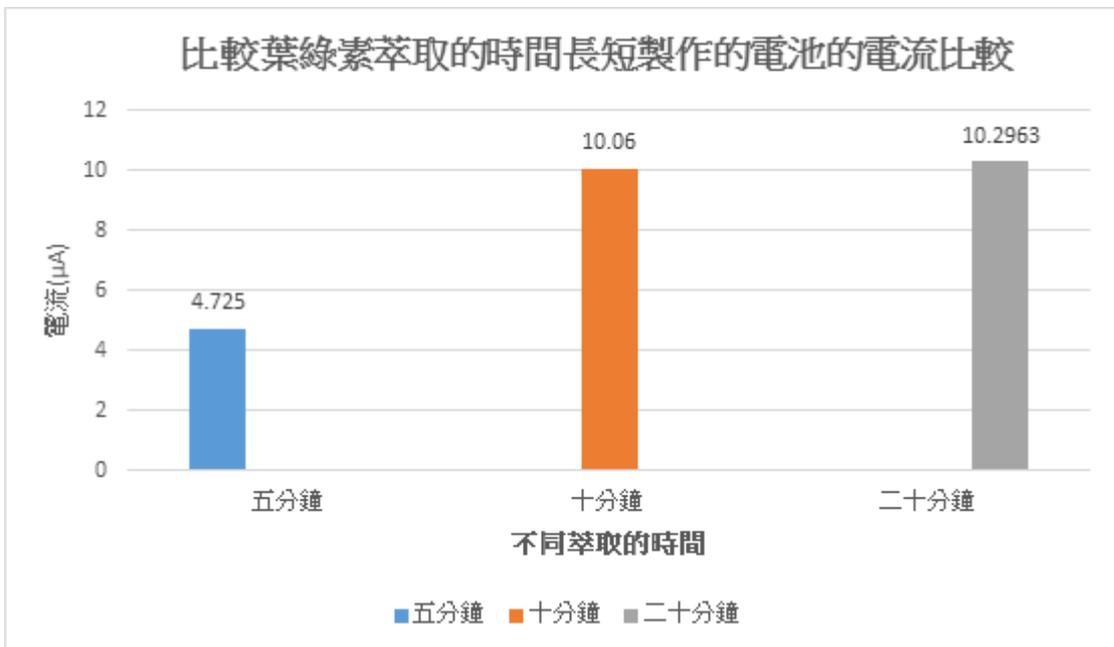


實驗四：比較葉綠素萃取的時間長短做出來的電池在電壓和電流的表現差異

時 間	五分鐘	十分鐘	二十分鐘
平均電壓(V)	0.65685	0.81410	0.82626



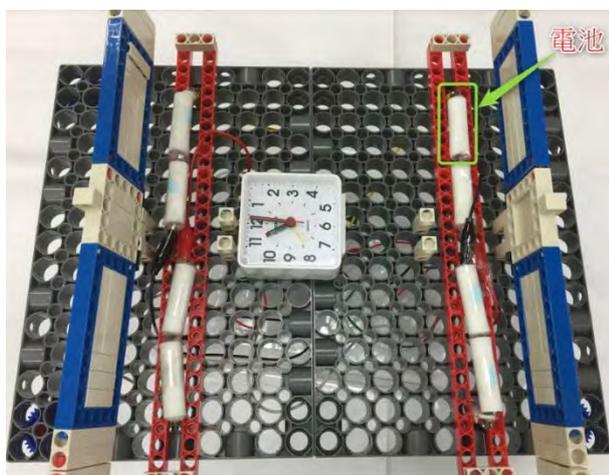
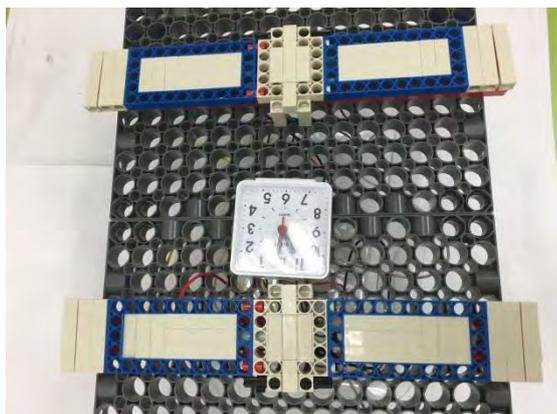
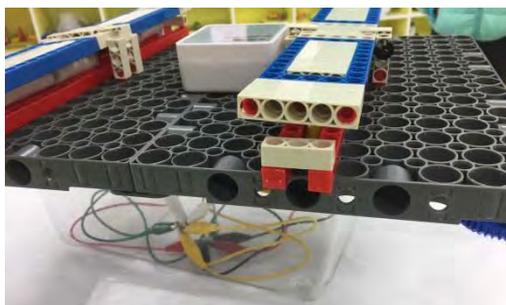
時 間	五分鐘	十分鐘	二十分鐘
平均電流(μA)	4.72500	10.06000	10.29630



實驗結果：

我們發現萃取二十分鐘後製作的電池在電壓和電流表現最好。

實驗五：比較電池串聯和並聯電池的效果

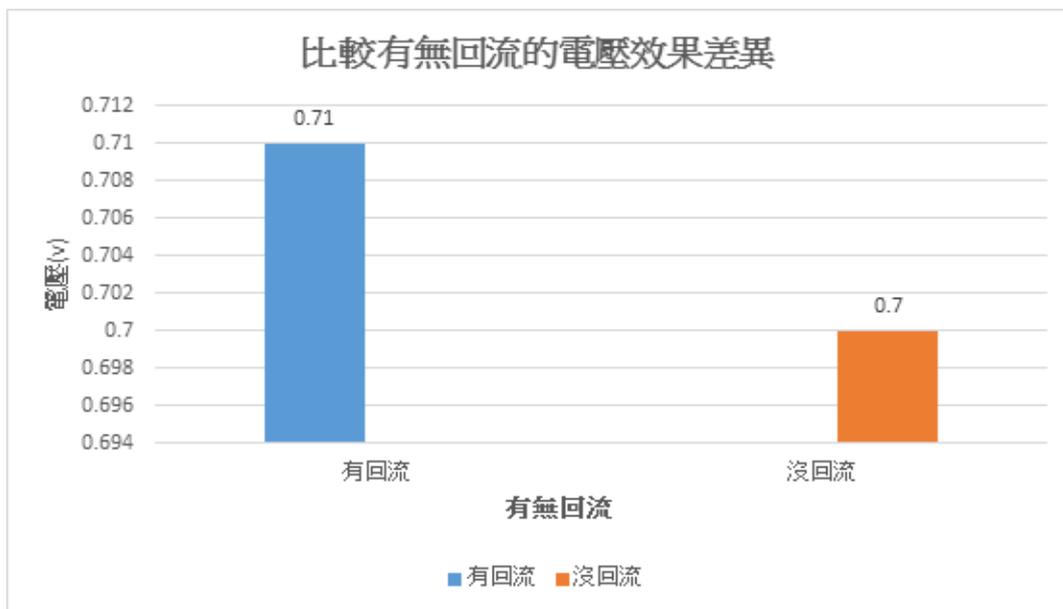


實驗結果：

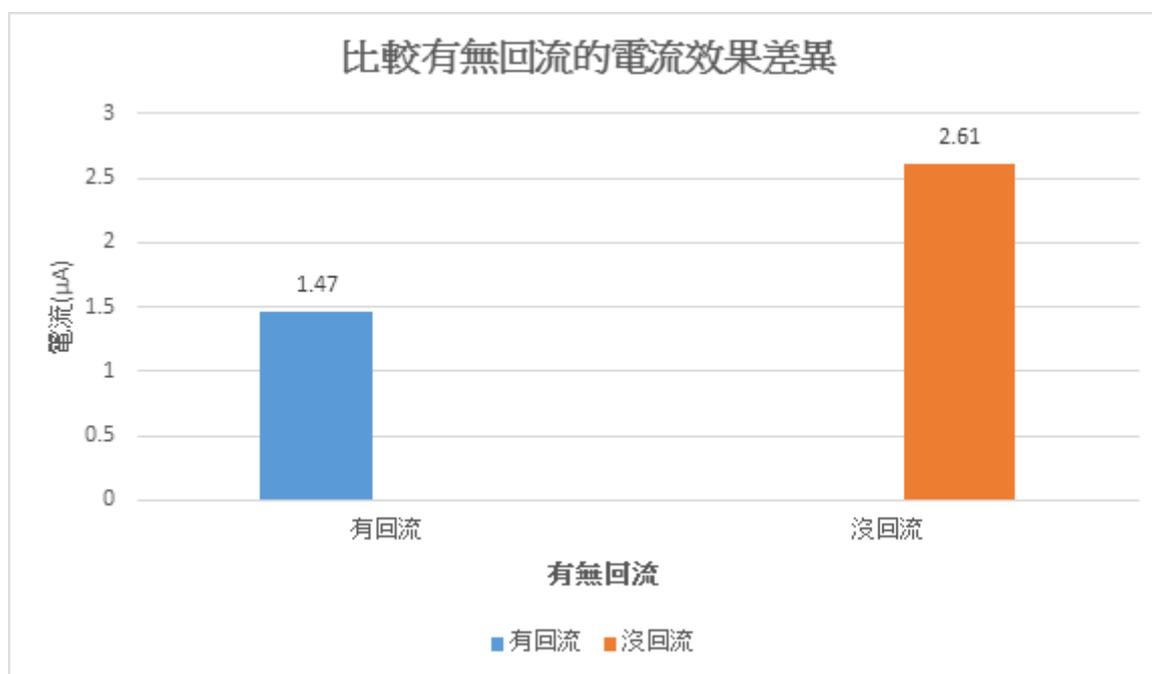
我們發現串聯可以增加電壓，並聯增加了電流，但仍然電池的電流和電壓仍然偏低。

實驗六：比較萃取時有使用回流方式和沒有使用回流方式的效果差異

有無回流	有用回流方式	沒用回流方式
平均電壓(V)	0.71000	0.70000



有無回流	有回流	沒回流
平均電流(μA)	1.47000	2.61000

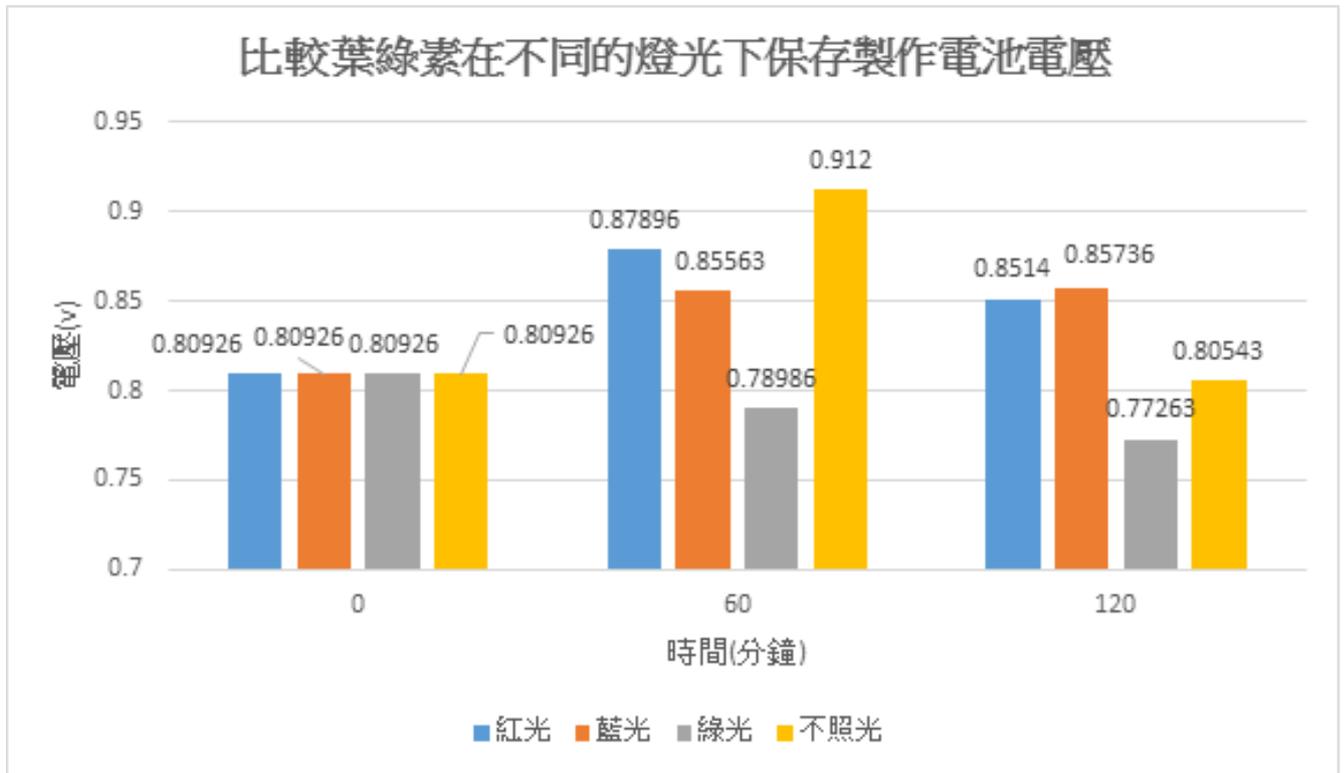


實驗結果：

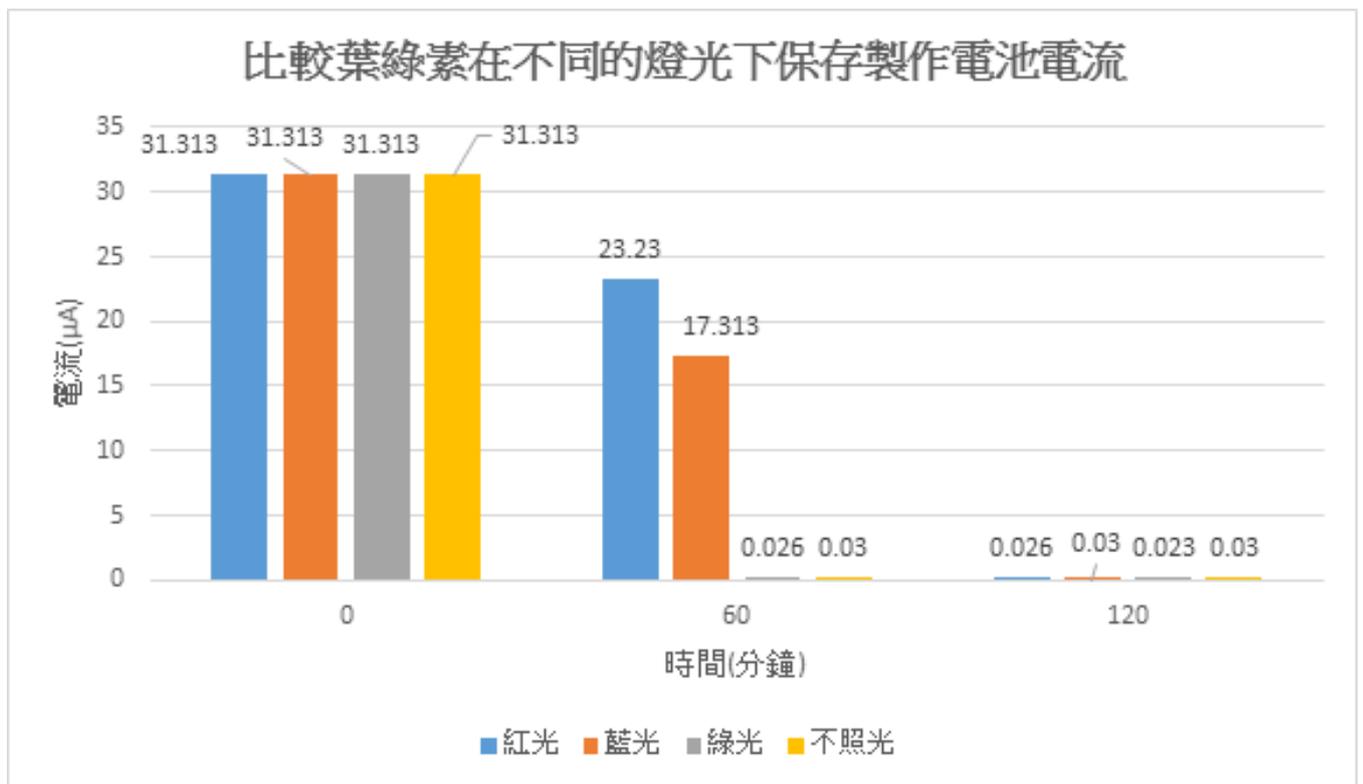
有回流做出的電池在電壓的表現略略優於沒回流製作的電池；沒回流做出的電池在電流的表現高於有回流製作的電池。

實驗七：比較葉綠素在不同的燈光下保存後做出來的電池在電壓和電流的表現

平均電壓(V)	藍 光	綠 光	紅 光	不照光
0 分鐘	0.80926	0.80926	0.80926	0.80926
60 分鐘	0.87896	0.85563	0.78986	0.91200
120 分鐘	0.85736	0.77263	0.85140	0.80543



平均電流(μA)	藍 光	紅 光	綠 光	不照光
0 分鐘	31.31300	31.31300	31.31300	31.31300
60 分鐘	23.23000	17.31300	0.02600	0.03000
120 分鐘	0.02600	0.02600	0.02300	0.03000



實驗結果：

照射藍光與紅光之後，確實改善了葉綠素電池隨著時間而效能降低的問題。



陸、討論

我們發現：

1. 隨著天氣的陰晴變化，採集到的葉子在萃取時會有所不同的結果，晴天時得到的結果優於陰天。因此我們嘗試用燈光 24 小時照著馬纓丹，確實對我們後來的實驗有幫助。
2. 經過不同濃度的酒精萃取的葉綠素製作電池的實驗發現：用酒精來萃取葉綠素，酒精濃度越低萃取的葉綠素製作出電池效果越好。
3. 實驗中發現：不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池電壓部分和電流部分表現未必相同。
4. 萃取後的葉綠素若沒有直接製作成電池，會有保存期限的問題。

5. 葉綠素製作出來的電池重新泡水後可以再使用，但是效能會遞減。
6. 萃取葉綠素的時間越長效果越好，但是要注意酒精會揮發的問題。
7. 葉綠素製作出來的電池同樣可以透過串聯和並聯來提升電壓和電流。
8. 使用洋菜凍的保濕性很好，當作吸附劑製作的電池效能遞減的速度也比較慢。
9. 對萃取出來的葉綠素進行不同顏色的光照射時，會有不同的效果

柒、結論

- 1、經過不同濃度的酒精萃取的葉綠素製作出的電池進行實驗，結果濃度為 25% 的酒精效果最好。
- 2、在用不同植物萃取出來的葉綠素製作出的電池實驗中發現：不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池電壓部分和電流部分表現未必相同。電壓或電流過低都不是製作電池的好選擇。
- 3、用不同吸附劑製作出來的電池實驗中，發現洋菜粉當成吸附劑製作出的電池發電效果最好。還可以嘗試其他的材料製作吸附劑，找出更好的材料，提升或維持電池的效能。
- 4、萃取葉綠素的時間長短差異實驗中發現：用 100ml 的酒精萃取二十分鐘後的葉綠素製作的電池效果最好。在酒精尚未揮發完之前，煮越久越好。
- 5、除了提升葉綠素製作出來的電池本身的電壓和電流之外，同樣可以透過串聯和並聯來提升電壓和電流。
- 6、在使用回流方式與沒有使用回流方式的實驗中發現：沒有使用回流方式製作的葉綠素電池整體效能較好。
- 7、實驗七中，藍光與紅光確實能改善葉綠素產生變化的問題。
- 8、葉綠電池效能提升的試驗仍有繼續努力的空間，展望未來一定會發明或發現更好的材料，提升葉綠素電池的效能。

捌、參考資料及其他

一、參考資料

1. 科學人雜誌
<http://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=easylearn&id=152>
2. 科技新能源--葉綠素電池
<http://www.slvs.tc.edu.tw/125/20120921102204.pdf>
3. 葉綠素電池發電效益之探討

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/11/2012111618515645.pdf>

4. 雜草也能做電池？

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/080212.pdf>

5. 豐功偉『葉』~做一顆最佳『綠能』可充式行動電池之研究

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080217.pdf>

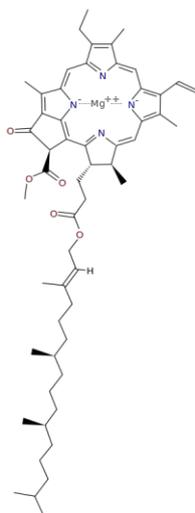
6. 新型葉綠素電池的研究與開發

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/040810.pdf>

二、其他

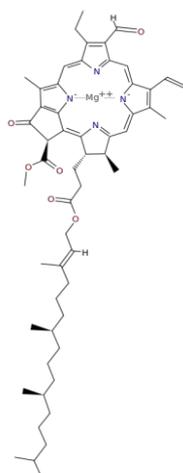
1. 葉綠素構造介紹

葉綠素是二氫卟吩（chlorin）色素，結構上和卟啉（porphyrin）色素例如血紅素類似。在二氫卟吩環的中央有一個鎂原子。葉綠素有多個側鏈，通常包括一個長的植基。葉綠素主要分布於葉片柵狀組織及海綿組織中，亦存在於表皮之保衛細胞之中，「葉綠素是存在於植物，藻類和藍藻中的光合色素。」「主要由蛋白質，類脂類，類胡蘿蔔素，自由胺基酸，及各金屬離子等所組成。」而葉綠素，可分為 a、b、c1、c2、d、f，其中葉綠素 a 是最常見的，葉綠素 a 之分子式為 $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ （圖一）。並非只有葉子才有葉綠素，葉柄的薄壁細胞都有葉綠素的存在。就是在一片葉子之中，也並非只有葉肉細胞有葉綠素，維管束鞘，表皮細胞和門衛細胞都有葉綠素。



（圖一）

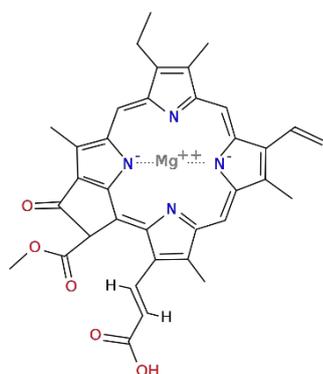
陸生植物與綠藻、輪藻等是葉綠素 b，葉綠素 b 之分子式為 $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ (圖二)



(圖二)

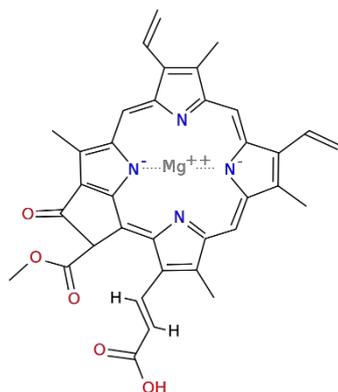
「兩者皆為二氫卟啉,但它與葉綠素 a 的差別在於 c-3 的**甲基被醛基**所取代。」在光合作用中,兩者皆為將吸收得來之光能轉化為化學能(葡萄糖),「葉綠素 a 主要可吸收 400~450 毫微米波長,而葉綠素 b 則可吸收 450~5000 毫微米波長光」 「而類胡蘿蔔素,其功能為捕捉光能並傳遞給葉綠素,是光合作用的捕光色素及天線色素」藉由光合作用,經**光反應**、**暗反應**,將二氧化碳、水,再結合成**葡萄糖**,成為其養分。

其他多種藻類則是葉綠素 c1 和 c2，葉綠素 c1 之分子式為 $C_{35}H_{30}O_5N_4Mg$ (圖三)



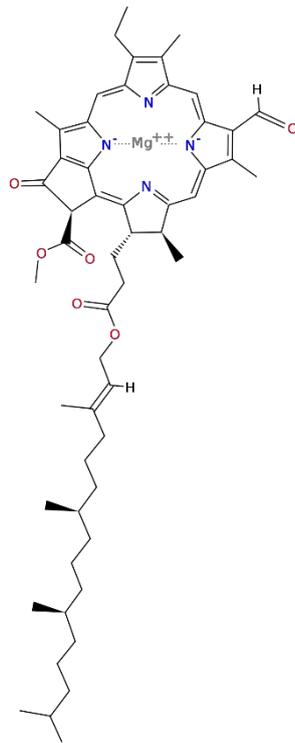
(圖三)

葉綠素 c2 之分子式為 $C_{35}H_{28}O_5N_4Mg$ (圖四)



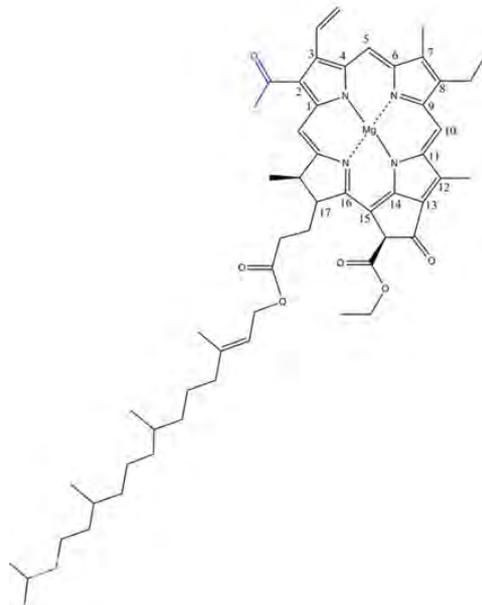
(圖四)

部分紅藻是葉綠素 d，葉綠素 d 之分子式為 $C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$ (圖五)



(圖五)

部分藍藻是葉綠素 f，葉綠素 f 之分子式為 $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ (圖六)



2. 葉綠素變質

並非只有葉子才有葉綠素，葉柄的薄壁細胞都有葉綠素的存在。就是在一片葉子之中，也並非只有葉肉細胞有葉綠素，維管束鞘和保衛細胞都有葉綠素。當秋天漸漸來臨，日照時間和空氣適度都逐漸變少時，一層在葉柄和樹的木質部的細胞就慢慢形成了。這層細胞妨礙了水和養料的輸送，因此光合作用減產了，沒有了葉綠素的葉子在短時間內就變成其他顏色了。

【評語】 080213

1. 探討葉綠素電池，題目有趣且具實用與環保價值。
2. 參考資料全來自網頁，宜多元化並在文中引用處標示。網頁部分宜加上上網日期。
3. 葉綠素所扮演的角色為何？電解質還是染料？應說明清楚。
4. 酒精濃度如果更低，結果會如何？有往低濃度作的空間。
5. 有些圖和表表達亦一樣，擇一呈現即可，不需重複呈現。
6. 文章打字有些遺漏，化學式的上下標亦沒標好。宜加強校稿工作。
7. 實驗條件應描述清楚。
8. 沒有列出本研究特色，補充的其他材料部份皆為網路文章照抄，應該避免。

摘要

地球暖化碰上環境汙染，生活在二十一世紀的我們，幾乎天天要面對 PM 2.5 的難題，活動也受限於呼吸困難、不能外出。風力發電還是核能發電？是個大課題！身為小學生的我們也很著急。看到虎尾科技大學的教授與學生合力發明葉綠素電池的報導，讓我們興起何不動手做做看的念頭。利用身邊隨手可得的植物葉子，萃取光合作用後產生的葉綠素後，透過適當的封存在自製的電池裡，讓它產生電力，接上生活中常用的小電器，提供一般日常生活所需，減少使用需要回收的電池量，隨手做環保。實驗中發現應用植物的葉綠素真的能發電！但是跟葉綠素的多寡和天氣息息相關，如何萃取葉綠素？萃取後的封存方式是關鍵，決定電力的利用情形，也是本實驗的課題。

研究動機

最近，環境汙染的問題越來越嚴重，二氧化碳的濃度越來高，尤其是像火力發電那種要燃燒石油或需要長時間才能製造出的不環保能源，是讓二氧化碳的濃度增加的原因之一，因此許多學者致力於研發環保綠能源，像太陽能、水力、風力、地熱能、氫能源、生質能等，但這些能源都需要大費周章才能取得。

透過報導得知：虎尾科技大學的教授與學生合力發明了葉綠素電池。葉綠素電池的構想來自植物的光合作用，即葉綠素(chlorophyll)吸光、遇水後，會先成為離子態，再進行化學反應。電池的基本結構包含電解質與導電材質等，若將其中電解質以葉綠素替代，加水形成離子態後，一樣會有發電效果。特別的是，葉綠素形成離子態之後，還可與水進行氧化還原反應，產生電流。因此我們決定自己動手試試看。

研究目的

藉由以下的實驗，來探討對葉綠素電池的發電效率及其影響：

實驗一、比較不同濃度的酒精所萃取出來的葉綠素製作出的電池在電流電壓的表現差異

實驗二、比較不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池在電流電壓的表現差異

實驗三、比較不同吸附劑做出來的電池在電壓電流的表現差異

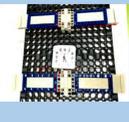
實驗四、比較葉綠素萃取的時間長短在電壓電流的表現差異

實驗五、比較萃取時有使用回流方式和沒有使用回流方式在電壓電流的表現差異

實驗六、比較葉綠素在不同的燈光下保存後製作的電池在電壓電流的表現差異

實驗七、比較串聯和並聯電池在電壓和電流的表現差異

研究設備及器材

					
3D 列印電池盒	碳 棒	三用電表	酒 精	燒 杯	試 管
					
鑷 子	電熱爐	電子秤	鋁箔紙	計時器	熱熔膠槍
					
大花咸豐草	瓊崖海棠	茄冬樹	馬纓丹	尤臘樹	蒲公英
					
咖啡用濾紙	實驗用濾紙	口 罩	餐巾紙	柔 巾	智高積木
					
回流設備	250ml 錐形瓶	照明箱	手指燈	洋菜粉	碳 粉

研究過程或方法

一、葉綠素電池製作方法

(一)、電池外殼的製作：用 3D 印表機列印電池殼

(二)、電池內部填充物的製作

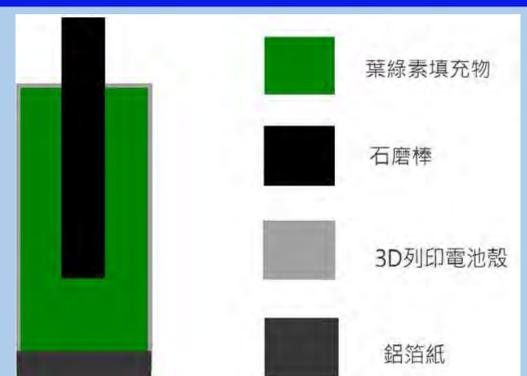
1. 將石磨棒插入 3D 印表機列印出來的電池殼，並用熱熔膠黏牢
2. 放入吸附劑
3. 滴入葉綠素
4. 蓋上鋁箔紙

實驗一、比較用不同濃度的酒精所萃取出來的葉綠素製作出的電池在電流電壓的表現差異

實驗器材：濃度 95%、75% 的酒精、自來水跟 RO 水、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、實驗用濾紙、三用電表

實驗過程：

1. 用濃度 75% 的酒精配置濃度 50%、25% 的酒精
2. 分別取出 95%、75%、50%、25% 的酒精、自來水、RO 水各 100ml，各加入 0.3g 的葉子
3. 分別萃取十分鐘使其沸騰後取出製作電池測量其電流和電壓



實驗二、比較用不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池在電流電壓的表現差異

實驗器材：

具有細毛的大花咸豐草和馬纓丹、有細刺的蒲公英、表面具有臘質的光臘樹和瓊崖海棠、茄冬樹等的葉子、濃度 75% 的酒精、電爐、燒杯、電池殼、實驗用濾紙、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

1. 採集具有不同特徵的植物：有細毛的大花咸豐草和馬纓丹、有細刺的蒲公英、表面具有臘質的光臘樹和瓊崖海棠、茄冬樹等的葉子各 0.3g
2. 加入濃度為 75% 的酒精 100ml 萃取五分鐘
3. 將萃取出來的葉綠素製作成電池，分別測量其電池電流電壓表現



實驗三、比較用不同吸附劑做出來的電池在電壓和電流的表現差異

實驗器材：

咖啡用濾紙、實驗用濾紙、口罩、餐巾紙、柔巾、葉綠素電池、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

1. 將咖啡用濾紙、實驗用濾紙、口罩、餐巾紙、柔巾裁剪成適當的大小備用
2. 利用各種不同的紙張的毛細作用製作吸附劑，讓葉綠素吸附在各種吸附劑上，用這種方法可避免因為葉綠素溢出，造成的發電效果降低，進而影響實驗結果
3. 取出濃度為 75% 的酒精 100ml，分別加入馬纓丹、茄冬 0.3g 的葉子，萃取五分鐘致使其沸騰
4. 將萃取出來的葉綠素製作電池，測量其電壓和電流，進行比較



追加實驗

實驗器材：洋菜粉、實驗用濾紙、碳粉、馬纓丹、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

1. 重複實驗三步驟 2-5
2. 將萃取出來的葉綠素一部分使用實驗用濾紙當吸附劑製作電池，測量其電壓和電流
3. 將萃取出來的葉綠素一部分和碳粉等量攪拌後，取一部分填裝滿電池殼，製作電池，測量其電壓和電流
4. 將萃取出來的葉綠素一部分放入洋菜粉加熱至沸騰，取一部分填裝滿電池殼，製作電池，測量其電壓和電流
5. 將步驟 3 的葉綠素碳粉溶液和步驟 4 的葉綠素洋菜溶液等量填裝滿電池殼，製作電池，測量其電壓和電流
6. 隔一天再將電池回泡葉綠素，再測量其電壓和電流，重複這個步驟三天。

實驗四、比較葉綠素萃取的時間長短做出來的電池在電壓電流的表現差異

實驗器材：濃度為 75% 的酒精、馬纓丹的葉子、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：

1. 取出濃度為 75% 的酒精 100ml
2. 加入馬纓丹的葉子 0.3g
3. 分別萃取五分鐘、十分鐘、二十分鐘製作葉綠素電池進行測量

實驗五、比較萃取時有使用回流方式和沒有使用回流方式在電壓電流的表現差異

實驗材料：回流設備、濃度為 25% 的酒精、馬纓丹的葉子、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、三用電表

實驗過程：取出濃度為 25% 的酒精 100ml 加入馬纓丹的葉子 0.3g，分別使用回流設備萃取葉綠素，製做電池進行測量



實驗六、比較葉綠素在不同的燈光下保存後製作的電池在電壓電流的表現差異

實驗材料：濃度為 25% 的酒精、馬纓丹的葉子、電爐、燒杯、電池殼、鋁箔紙、照明箱、三用電表、三種顏色的手指燈(紅、藍、綠)

實驗過程：

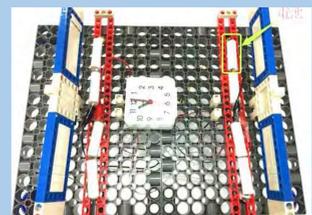
1. 在濃度為 25% 的酒精 250ml 加入馬纓丹的葉子 0.45g 萃取葉綠素，將萃取出來的葉綠素分裝成四杯，放入照明箱 (如右圖)
2. 分別等待一小時和兩小時後取一部分製作電池測量



實驗七、比較串聯和並聯電池在電壓和電流的表現差異

實驗過程：

1. 將電池串聯後，試著讓燈泡發亮
2. 並聯步驟 1 的電池共 4 組(共 12 顆)，試著讓鬧鐘轉動

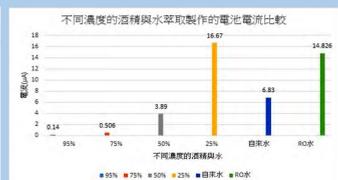
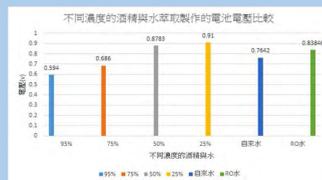


研究結果

實驗一、比較用不同濃度的酒精所萃取出來的葉綠素製作出的電池在電流電壓的表現差異

實驗記錄：

萃取溶液	95%酒精	75%酒精	50%酒精	25%酒精	自來水	RO水
平均電壓(V)	0.59400	0.68600	0.87830	0.91000	0.76420	0.83846
平均電流(μA)	0.14000	0.50600	3.89000	16.67000	6.83000	14.82600



實驗結果：我們發現使用 25% 的酒精製作的電池在電壓和電流的表現最好，因此採用濃度 25% 的酒精進行後續實驗。

實驗二：比較不同植物萃取的葉綠素製作的電池在電流電壓的表現差異

實驗記錄：

植物	大花咸豐草	馬纓丹	蒲公英	光臘樹	茄冬樹	瓊崖海棠
平均電壓(V)	0.70600	0.65685	0.56120	0.34500	0.70500	0.55150
平均電流(μA)	0.98500	4.72500	2.34000	0.26000	4.06000	3.94000



實驗結果：我們發現使用馬纓丹葉子萃取葉綠素製作的電池在電流部分表現最好、最穩定；在電壓部分

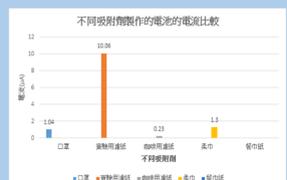
表現為差距較小的第二、最穩定，因此我們用馬纓丹進行後續實驗。

實驗三：比較用不同吸附劑製作出來的電池在電壓電流的表現

實驗記錄：馬纓丹葉子與不同吸附劑製作的電池電壓電流

實驗結果：我們發現以實驗用濾紙當做吸附劑製作的電池在電壓電流的表現最好。

吸附劑	口罩	實驗用濾紙	咖啡用濾紙	柔巾	餐巾紙
平均電壓(V)	0.66000	0.81410	0.40430	0.10340	0.14240
平均電流(μA)	1.04000	10.06000	0.23000	1.30000	0.49000



追加實驗：

平均電壓 (V)	實驗用濾紙	洋菜粉	碳粉	混合	平均電壓 (μA)	實驗用濾紙	洋菜粉	碳粉	混合
第一次	0.78380	0.65900	0.00500	0.67000	第一次	9.00000	13.52670	0.00000	13.82670
第二次回泡一次	0.77390	0.76480	0.06170	0.19360	第二次回泡一次	11.28300	13.73000	0.00000	0.00000
第三次回泡兩次	0.73660	0.68290	0.00330	0.15880	第三次回泡兩次	16.57000	12.35000	0.01000	0.02000
第四次回泡三次	0.69100	0.65300	0.00130	0.15010	第四次回泡三次	10.00000	15.53000	0.00000	0.05000

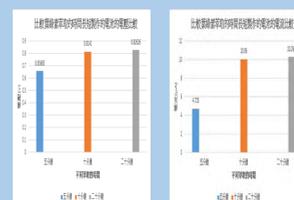


實驗結果：我們發現使用洋菜粉當做吸附劑，製作出來的電池在電壓和電流的效能最好，因此我們使用洋菜粉進行後續實驗。

實驗四：比較葉綠素萃取時間長短製作的電池在電壓電流的表現差異

實驗記錄：

時間	五分鐘	十分鐘	二十分鐘
平均電壓(V)	0.65685	0.81410	0.82626
平均電流(μA)	4.72500	10.06000	10.29630

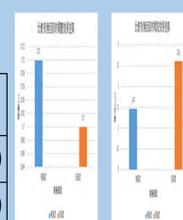


實驗結果：我們發現萃取二十分鐘製作的電池在電壓和電流表現最好。

實驗五、比較萃取使用回流和沒有使用回流在電壓電流的表現差異

實驗記錄：

有無回流	使用回流方式	沒用回流方式
平均電壓(V)	0.71000	0.70000
平均電流(μA)	1.47000	2.61000



實驗結果：使用回流方式做的電池在電壓表現略優於沒使用回流製作的電池；而沒使用回流方式做的電池在電流表現高於有使用回流製作的電池，因此我們不使用回流設備進行後續實驗。

實驗六：比較葉綠素在不同的燈光下保存後製作的電池在電壓電流的表現差異

實驗記錄：

平均電壓(V)	藍光	綠光	紅光	不照光	平均電流(μA)	藍光	紅光	綠光	不照光
0分鐘	0.80926	0.80926	0.80926	0.80926	0分鐘	31.31300	31.31300	31.31300	31.31300
60分鐘	0.87896	0.85563	0.78986	0.91200	60分鐘	23.23000	17.31300	0.02600	0.03000
120分鐘	0.85736	0.77263	0.85140	0.80543	120分鐘	0.02600	0.02600	0.02300	0.03000

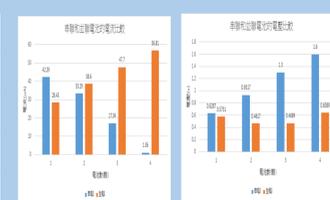


實驗結果：照射藍光與紅光之後，製作的電池改善了葉綠素電池隨著時間效能降低的問題。

實驗七：比較電池串聯和並聯電池在電壓電流的表現差異

實驗記錄：

數量	1	2	3	4
串聯電壓(V)	0.62820	0.913702	1.30000	1.60000
串聯電流(μA)	42.292000	33.29000	17.04000	1.06000
並聯電壓(V)	0.57510	0.46370	0.46890	0.36890
並聯電流(μA)	28.43000	38.00000	47.70000	56.81000



實驗結果：我們發現串聯會增加電壓，並聯會增加電流，但電池的電流和電壓仍然偏低。

討 論

我們發現：

1. 隨著天氣的陰晴變化，採集到的葉子在萃取時會有所不同的結果，晴天優於陰天。因此我們用燈光 24 小時照著馬櫻丹，實驗後來證明，確實對我們後來的實驗有幫助。
2. 經過不同濃度的酒精萃取葉綠素製作電池的實驗發現：用酒精來萃取葉綠素，酒精濃度越低萃取的葉綠素製作出電池效果越好。
3. 實驗發現：不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池在電壓部分和電流部分的表現不盡相同。
4. 萃取後的葉綠素若沒有直接製作電池，會有保存期限的問題。
5. 葉綠素製作出來的電池重新泡水後可以再使用，但是效能會遞減，回泡葉綠素效能較好。
6. 萃取葉綠素的時間越長效果越好，但是要注意酒精會揮發的問題，使用回流設備後電壓部分和電流部分的表現不盡相同。
7. 對萃取出來的葉綠素進行不同顏色的光照射時，會有不同的效果。
8. 使用洋菜凍製作的電池保濕性好，當作吸附劑製作的電池效能遞減的速度比較慢。
9. 葉綠素製作出來的電池同樣可以透過串聯和並聯來提升電壓和電流。



結 論

1. 經過不同濃度的酒精萃取的葉綠素製作出的電池進行實驗，結果濃度為 25% 的酒精效果最好。
2. 在用不同植物萃取出來的葉綠素製作出的電池實驗中發現：不同植物萃取出來的葉綠素製作的電池電壓部分和電流部分表現未必相同。電壓或電流過低都不是製作電池的好選擇。
3. 用不同吸附劑製作出來的電池實驗中，發現洋菜粉當成吸附劑製作出的電池發電效果最好。還可以嘗試用其他的材料製作吸附劑，找出更好的材料，提升或維持電池的效能。
4. 萃取葉綠素的時間長短差異實驗中發現：用 100ml 的酒精萃取二十分鐘後的葉綠素製作的電池效果最好。在酒精尚未揮發完之前，煮越久越好。
5. 在使用回流方式與沒有使用回流方式的實驗中發現：沒有使用回流方式製作的葉綠素電池整體效能較好。
6. 實驗六中，藍光與紅光確實能改善葉綠素產生變化的問題。
7. 除了提升葉綠素製作出來的電池本身的電壓和電流之外，同樣可以透過串聯和並聯來提升電壓和電流。
8. 葉綠素電池效能仍有繼續努力的空間，展望未來一定會發明或發現更好的材料，可以提升葉綠素電池的效能。

參考資料

- 一塊錢電池充手機【LIS 實驗室】 <https://www.youtube.com/watch?v=xowTjeVzdZA>
- 科學人雜誌 <http://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=easylearn&id=152>
- 雜草也能做電池? <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/080212.pdf>
- 科技新能源--葉綠素電池 <http://www.slvs.tc.edu.tw/125/20120921102204.pdf>
- 葉綠素電池發電效益之探討 <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/11/2012111618515645.pdf>
- 新型葉綠素電池的研究與開發 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/040810.pdf>
- 豐功偉『葉』~做一顆最佳『綠能』可充式行動電池之研究 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080217.pdf>