

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

第二名

080212

雜草也能做電池？

學校名稱：臺中市豐原區翁子國民小學

作者： 小六 吳佳臻 小四 范宇芮 小四 連名好 小六 管雅涵 小四 游雅涵 小四 張承涵	指導老師： 楊宗榮 劉宜姍
---	-------------------------

關鍵詞：葉綠素、電池

摘要

利用車前草以「打汁過濾法」萃取葉綠素液，再以 100 毫升+4 克洋菜粉比例製作葉綠素膠作為電解質。以銅片(4cm×1.5cm)為正極、鋅片(4cm×1.5cm)為負極，有最好的發電效率(0.828V、0.72mA)。串聯 5 組電池，可讓 LED 燈持續發光 66 小時，滴水後亦能持續發光。顯示利用平時視為雜草的植物，也可作為新一代的能源

壹、研究動機

最近新聞一直在報導核四續建問題，這股能源危機風潮已蔓延到小學，老師讓我們在課堂上說出自己的看法，說實在，我們真的很擔心輻射外洩，為了解決這個問題，我們想要用替代能源來解決電力需求，以前學長們曾用馬鈴薯製作電池，現在我們想要用雜草來試試看，希望能找到新型的電池來源。

貳、研究目的

- 一、了解葉綠素電池的原理和作法。
- 二、找出最佳的萃取方式製作電解液。
- 三、找出最適合製作雜草電池的植物。
- 四、製作輕薄短小的雜草電池。

參、研究問題

- 一、什麼是葉綠素電池？
- 二、哪一種萃取方法最適合？
- 三、萃取液的凝膠程度對發電效率的影響？
- 四、相同日照環境，不同種類的植物萃取液對發電效率的影響？
- 五、相同植物，不同日照時間的萃取液對發電效率的影響？
- 六、不同電極組合對發電效率的影響？
- 七、串聯雜草電池對發電效率的影響？
- 八、串聯雜草電池能讓 LED 燈發光嗎？
- 九、雜草電池組讓 LED 燈持續亮多久呢？

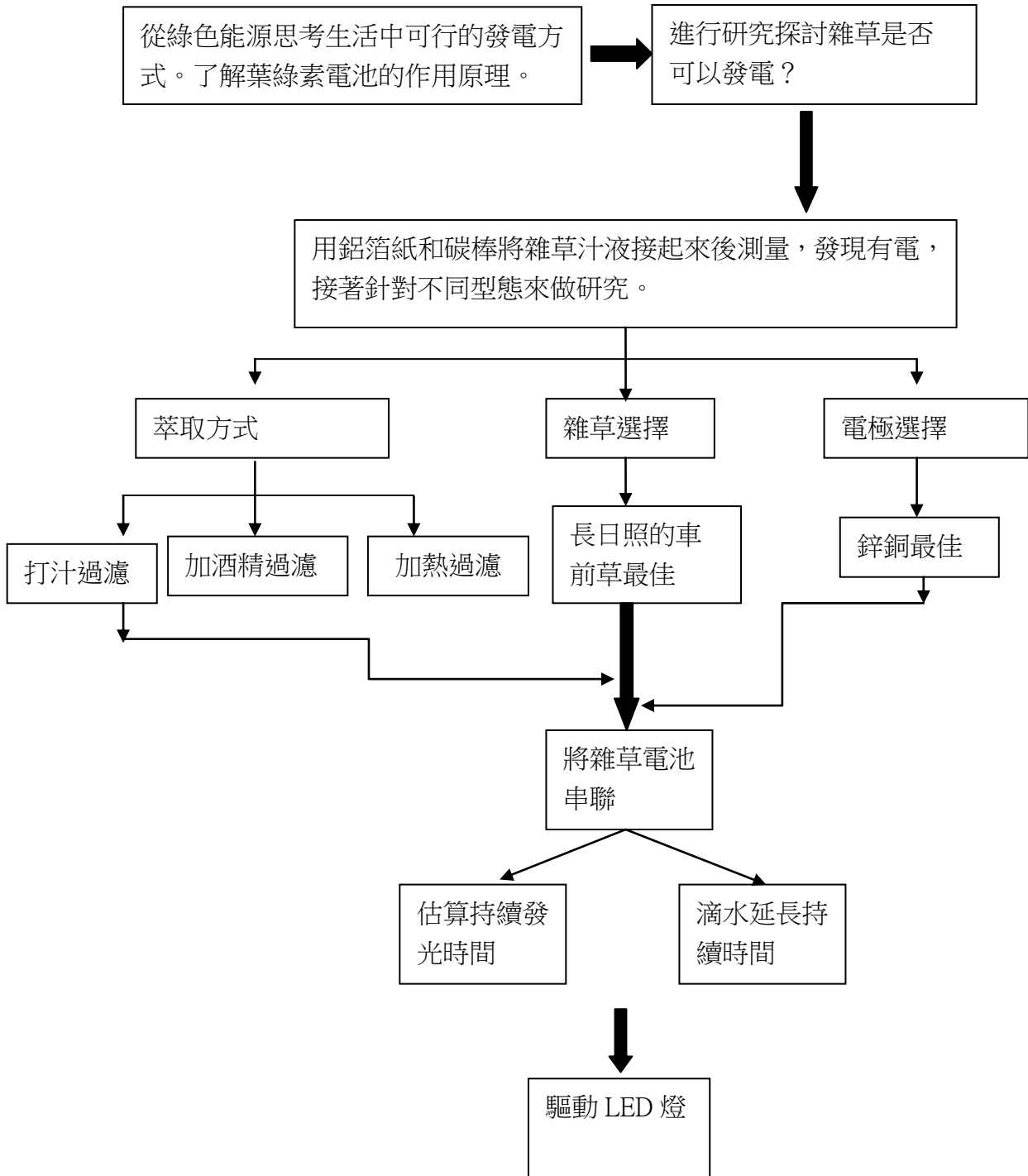


肆、研究設備及器材

研究工具		研究材料	
測量工具	三用電表	雜草電池材料	植物：車前草、榕樹、藻類、布袋蓮、幸運草、水芙蓉 電極：鋁箔紙、碳棒、鋅片、銅片
秤重工具	電子秤		
製作工具	剪刀、溫度計、量杯、果汁機、鍋子、電磁爐、酒精 95%、濾紙、濾網、洋菜粉、攪拌棒、鱈魚夾、電線		

伍、研究方法與結果

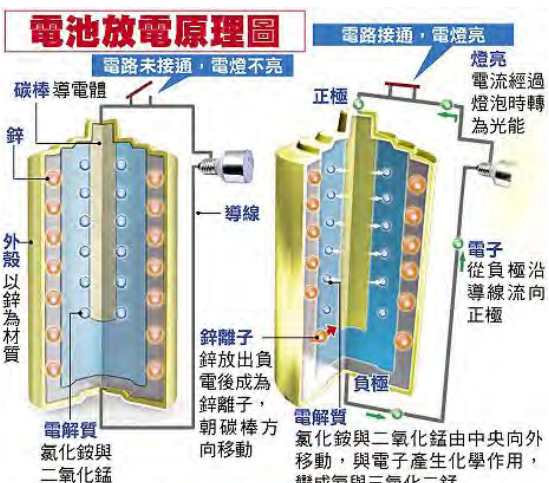
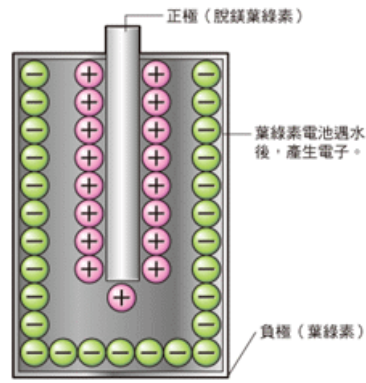
研究流程



【實驗一】：什麼是葉綠素電池？

1. 收集網路資料加以分析比較(圖片引用自 [科學人電子報](#))
2. 分析結果

表 1 . 碳鋅電池和葉綠素電池比較表

碳鋅電池	葉綠素電池
 <p>電池放電原理圖</p> <p>電路未接通，電燈不亮</p> <p>電路接通，電燈亮</p> <p>燈亮 電流經過 燈泡時轉 為光能</p> <p>正極</p> <p>負極</p> <p>電子 從負極沿 導線流向 正極</p> <p>電解質 氯化銨與 二氧化錳</p> <p>電解質 氯化銨與二氧化錳由中央向外 移動，與電子產生化學作用， 變成銨與三氧化二錳</p> <p>資料來源：虎尾科技大學光電與材料研究所教授廖重賓、建國中學 物理老師鄭永銘</p>	 <p>正極 (脫鎂葉綠素)</p> <p>葉綠素電池遇水後，產生電子。</p> <p>負極 (葉綠素)</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>
<p>電極為碳棒和鋅殼，電解質為氯化銨和二氧化錳，直接和電極起反應，產生電流</p>	<p>電極為脫鎂葉綠素和葉綠素，電解質為水，中間須有一層半透膜協助離子交換</p>

3. **【思考方向】**

根據收集來的資料，大多將萃取出來的葉綠素做為電極，但這對我們來說太困難，所以我們轉而綜合兩種電池，以葉綠素液做為電解質來設計「雜草電池」。





【實驗二】：哪一種萃取方法最適合？

一、 研究步驟

(一) 秤取 300 克榕樹葉，以下列方法萃取葉綠素液做為電解質，並以鉛筆芯和鋁箔紙為電極。

1. 作法 A：加入 300 毫升的水，用果汁機打成泥，再用濾紙過濾 2 小時。
2. 作法 B：加入 100 毫升的水、200 毫升的 75%酒精，用果汁機打成泥，再用濾紙過濾 2 小時。
3. 作法 C：加入 300 毫升的水，用果汁機打成泥，隔水加熱 30 分鐘，再用濾紙過濾 2 小時。
4. 作法 D：加入 100 毫升的水、200 毫升的 75%酒精，用果汁機打成泥，隔水加熱 30 分鐘，再用濾紙過濾 2 小時。

(二) 以三用電表測量電壓及電流 3 次後，算出平均，觀察其結果。(mA 表示電流，DCV 表示電壓)

			
用果汁機打成泥	隔水加熱 30 分鐘	用濾紙過濾 2 小時	左瓶為 A 萃取液, 右瓶為 C 萃取液

【結果】

表 2. 不同萃取方式發電效率紀錄表

萃取方式	A	B	C	D
1. mA(測量次數 1)	0.038	0.031	0.021	0.027
2. mA(測量次數 2)	0.034	0.032	0.022	0.022
3. mA(測量次數 3)	0.033	0.033	0.022	0.018
平均	0.035	0.032	0.033	0.022
1. DCV(測量次數 1)	0.532	0.461	0.346	0.546
2. DCV(測量次數 2)	0.533	0.456	0.348	0.547
3. DCV(測量次數 3)	0.534	0.453	0.346	0.546
平均	0.533	0.451	0.347	0.546

【說明】以加入 300 毫升的水，用果汁機打成泥，再用濾紙過濾 2 小時的發電效率最佳。

【思考方向】

因為液體的電解液容易打翻，且有文獻說讓電解液以凝膠的型態發電，效果比較好，所以採用洋菜粉進行後續實驗。

【實驗三】：萃取液的凝膠程度對發電效率的影響？

一、 研究步驟

- (一) 秤取 50 克榕樹葉，加入 300 毫升的水，用果汁機打成泥，再用濾紙過濾 2 小時，萃取葉綠素液為電解質。
- (二) 取 100 毫升的葉綠素液，分別加入 1 克、2 克、3 克、4 克、5 克洋菜粉，攪拌均勻後，靜待 2 分鐘，讓溶液慢慢變成凝膠態，再倒入底片盒中。
- (三) 以鉛筆芯和鋁箔紙為電極，測量電壓及電流 3 次後，算出平均，觀察其結果。

	
加入 4 克 洋菜粉	倒入底片盒 30 毫升

【結果】

表 3. 不同洋菜粉克數發電效率紀錄表

萃取方式/洋菜粉	0 克	1 克	2 克	3 克	4 克	5 克
1. mA(測量次數 1)	0.023	0.061	0.060	0.061	0.116	0.179
2. mA(測量次數 2)	0.022	0.059	0.060	0.062	0.107	0.068
3. mA(測量次數 3)	0.022	0.059	0.060	0.058	0.105	0.067
平均	0.022	.060	0.060	0.0690	0.142	0.105
1. DCV(測量次數 1)	0.529	0.571	0.580	0.773	0.805	0.423
2. DCV(測量次數 2)	0.530	0.578	0.582	0.773	0.800	0.424
3. DCV(測量次數 3)	0.528	0.586	0.5*6	0.773	0.790	0.424
平均	0.439	0.575	0.585	0.773	0.798	0.424

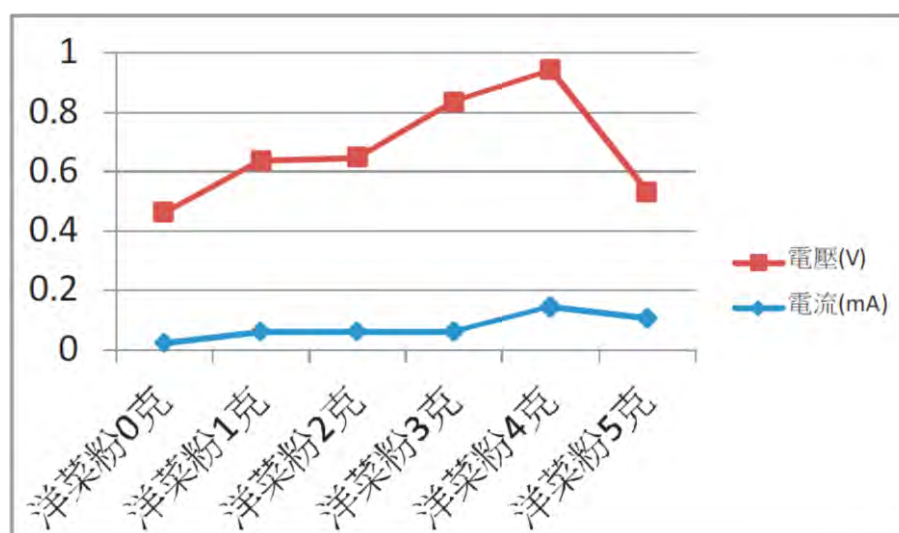


圖 1. 添加不同洋菜粉克數的葉綠素液發電效率折線圖

【說明】如圖所示 100 毫升葉綠素液+4 克洋菜粉，能夠測出 0.36 毫安培的電流，但是電壓沒有明顯變化，添加 5 克的洋菜粉，則使電流明顯下降。

【思考方向】

雖然學校雜草很多，樹也很多，但是哪一種植物所含的葉綠素比較多呢？所以我們採相同日照環境下的各種植物進行以下實驗。

【實驗四】：相同日照環境，不同種類的植物萃取液對發電效率的影響？

一、 研究步驟

(一) 秤取 50 克新鮮的藻類、幸運草、榕樹葉、車前草、水芙蓉、布袋蓮，加入 300 毫升的水，用果汁機打成泥，再用濾紙過濾 2 小時，取葉綠素液為電解質。

(二) 取 100 毫升的葉綠素液，分別加入 4 克洋菜粉，攪拌均勻後，靜待 2 分鐘，再倒入底片盒中。

(三) 以鉛筆芯和鋁箔紙為電極，測量電壓及電流 3 次後，算出平均，觀察其結果。



車前草(只取葉子及葉柄)

【結果】

表 4. 不同植物發電效率紀錄表

萃取方式/植物	藻類	幸運草	榕樹葉	車前草	水芙蓉	布袋蓮
1. mA(測量次數 1)	0.041	0.039	0.052	0.116	手過敏	0.049
2. mA(測量次數 2)	0.039	0.040	0.048	0.110	手過敏	0.045
3. mA(測量次數 3)	0.036	0.039	0.047	0.109	手過敏	0.047
平均	0.038	0.039	0.049	0.111	手過敏	0.047
1. DCV(測量次數 1)	0.349	0.428	0.070	0.525	手過敏	0.422
2. DCV(測量次數 2)	0.556	0.437	0.709	0.523	手過敏	0.427
3. DCV(測量次數 3)	0.558	0.445	0.717	0.524	手過敏	0.428
平均	0.487	0.446	0.708	0.524	手過敏	0.425

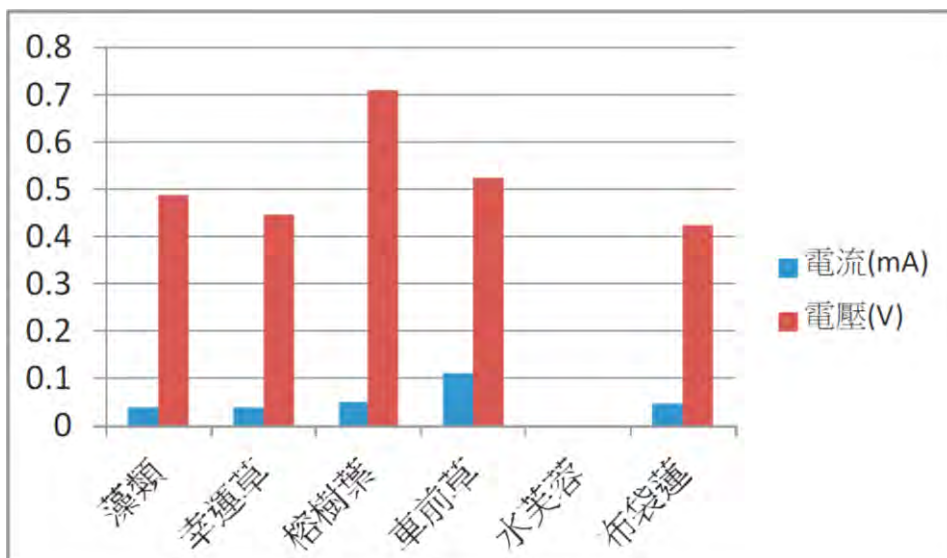


圖 2. 不同植物的葉綠素液發電效率直條圖

【說明】如圖所示，車前草葉綠素液，能夠測出 0.111 毫安培的電流，比榕樹葉強，發電效率好。

【思考方向】

資料上提到葉綠素必須照光才能發揮作用，如果減少日照時間，可能會影響到發電效果。

【實驗五】：相同植物，不同日照時間的萃取液對發電效率的影響？

一、 研究步驟

(一)將車前草移植到盆栽中，分別照射太陽光 6 小時(8 點~14 點)、3 小時(8 點~11 點)、0 小時，其他時間移至室內用黑布罩住。

(二)一週後各取 50 克車前草葉，以同樣方法萃取葉綠素液。

(三)以鉛筆芯和鋁箔紙為電極，測量電壓及電流 3 次後，算出平均，觀察其結果。

【結果】

表 5. 不同日照時間發電效率紀錄表

萃取方式/日照	6 小時	3 小時	0 小時
1. mA(測量次數 1)	0.126	0.1	0.09
2. mA(測量次數 2)	0.105	0.091	0.05
3. mA(測量次數 3)	0.109	0.089	0.07
平均	0.113	0.09	0.07
1. DCV(測量次數 1)	0.522	0.509	0.512
2. DCV(測量次數 2)	0.515	0.511	0.502
3. DCV(測量次數 3)	0.514	0.514	0.521
平均	0.517	0.511	0.512

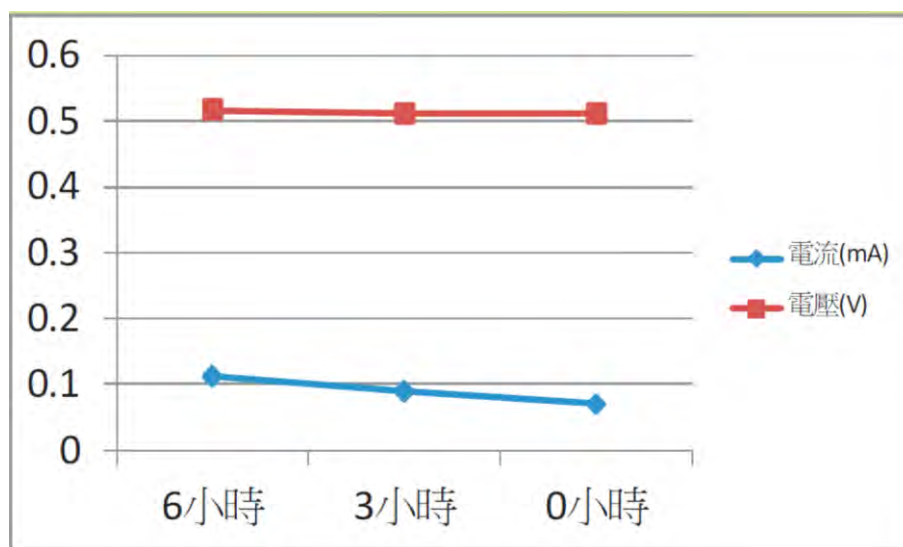


圖 3. 不同日照時間的葉綠素液發電效率折線圖

【說明】如圖所示，日照時間越長，葉綠素液產生的電流也越高，日照 6 小時的葉綠素液可產生 0.113 毫安培電流。

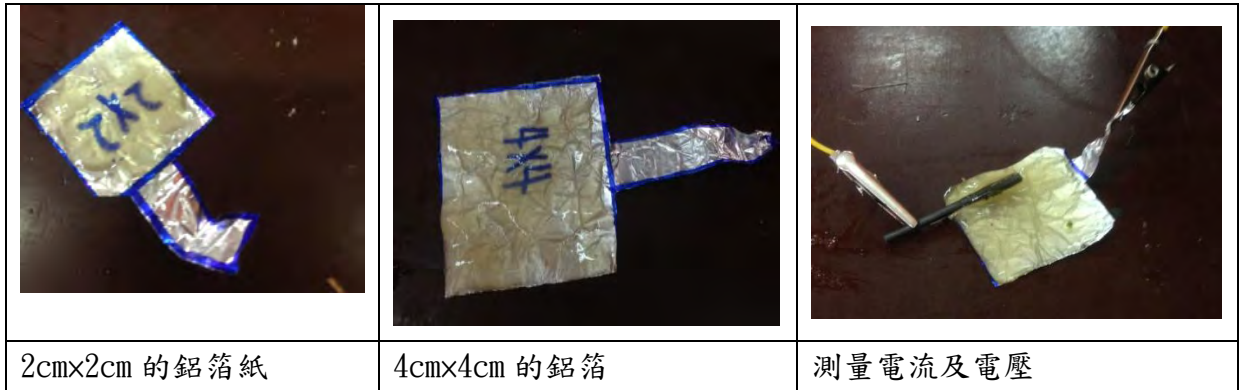
【思考方向】採用筒狀的電池會消耗比較多葉綠素液，想製作平面電池。

【實驗六】：不同電極面積對發電效率的影響？

一、 研究步驟

(一)製作車前草電解液，分別塗在不同面積的鋁箔紙上(2cm×2cm、3cm×3cm、4cm×4cm、5cm×5cm)。

(二)利用鉛筆芯作為電極，測量三次電流及電壓。



【結果】

表 6. 不同電極大小發電效率紀錄表

萃取方式/鋁箔紙面積	2cm×2cm	3cm×3cm	4cm×4cm	5cm×5cm
1. mA(測量次數 1)	0.112	0.219	0.221	0.228
2. mA(測量次數 2)	0.015	0.215	0.204	0.227
3. mA(測量次數 3)	0.116	0.218	0.189	0.225
平均	0.111	0.217	0.204	0.226
1. DCV(測量次數 1)	0.45	0.49	0.43	0.45
2. DCV(測量次數 2)	0.48	0.47	0.47	0.47
3. DCV(測量次數 3)	0.42	0.44	0.45	0.45
平均	0.45	0.466	0.45	0.456

【說明】如表所示，電流及電壓並無明顯的改變。

【思考方向】當初學長是同時改變正負極的電極大小，才有明顯差異，因為鉛筆芯是固定大小，不容易改變，所以我們想將試試不同的電極組合，找出正負極都可為平面的電極材料。

【實驗七】：不同電極組合對發電效率的影響？

二、 研究步驟

(一)分別以長 4cm×寬 1.5cm 裁切鋅片、銅片、鋁箔、鐵片、鉛筆芯(用熱融膠固定)。

(二)依前述方法製作葉綠素電解液。

(三)兩兩組合，並塗滿電解液，測量電壓及電流 3 次後，算出平均，觀察其結果。



【結果】

表 7. 不同電極組合發電效率紀錄表

電極組合	筆芯+鋁箔	筆芯+銅片	筆芯+鐵片	筆芯+鋅片	鋁箔+銅片
電流 1(mA)	0.221	0.005	0.053	0.134	0.181
電流 2(mA)	0.204	0.005	0.051	0.130	0.186
電流 3(mA)	0.189	0.005	0.050	0.127	0.182
平均	0.204	0.005	0.051	0.130	0.184
電壓 1(V)	0.403	0.217	0.744	1.115	0.569
電壓 2(V)	0.412	0.223	0.743	1.115	0.550
電壓 3(V)	0.415	0.225	0.743	1.115	0.577
平均	0.41	0.221	0.743	1.115	0.565
電極組合	鋁箔+鐵片	鋁箔+鋅片	銅片+鐵片	銅片+鋅片	鐵片+鋅片
電流 1(mA)	0.029	0.001	0.278	0.638	0.011
電流 2(mA)	0.027	0.001	0.277	0.626	0.009
電流 3(mA)	0.024	0.001	0.218	0.643	0.008
平均	0.026	0.001	0.257	0.636	0.010
電壓 1(V)	0.202	0.225	0.277	0.745	0.458
電壓 2(V)	0.198	0.228	0.278	0.756	0.459
電壓 3(V)	0.199	0.234	0.275	0.757	0.459
平均	0.199	0.229	0.276	0.753	0.459

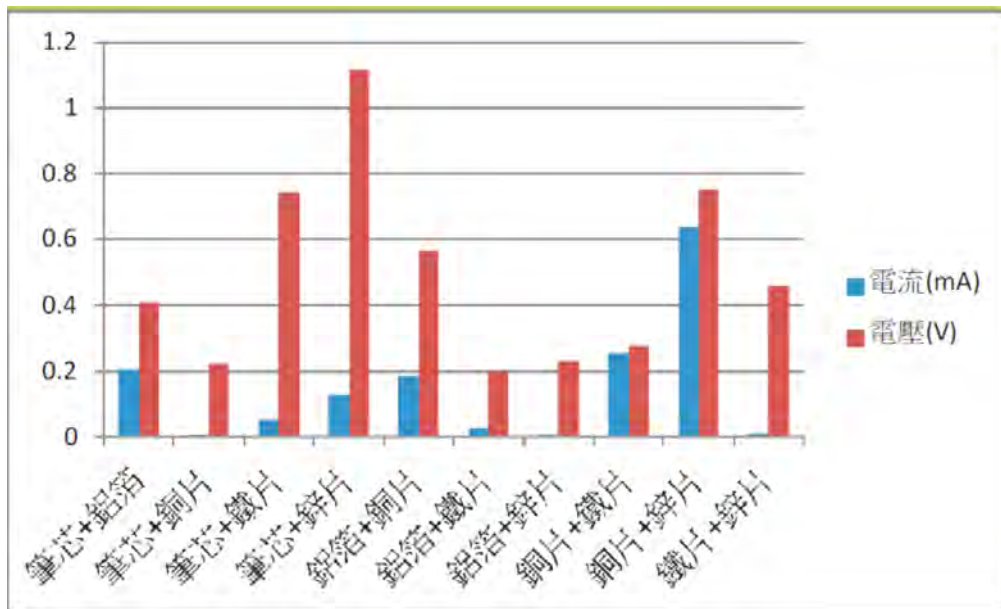


圖 4. 不同電極組合的葉綠素液發電效率直條圖

【說明】如圖所示，以鋅片為負極、銅片為正極，電流可達 0.686 毫安培，電壓可達 0.753 伏特，有最佳的發電效率，最適合用來製作平面電池。

【思考方向】單個電池無法讓 LED 燈亮，嘗試利用串聯來增加電壓及電流。

【實驗八】：串聯雜草電池對發電效率的影響？

一、 研究步驟

(一)利用鋅、銅片作為電極，中間以菜瓜布撐開，以便容納葉綠素膠。

(二)串聯電池，測量電流及電壓大小。



【結果】

表 8. 不同串聯電池數量發電效率紀錄表

串聯電池數量	1 顆	2 顆	4 顆	6 顆	8 顆	10 顆	14 顆	16 顆	18 顆	20 顆	22 顆	24 顆
1. mA(測量 1)	0.68	0.82	1.2	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.5	2.7	2.7	2.9
2. mA(測量 2)	0.66	0.75	1.4	1.4	1.6	1.7	2.3	2.1	2.4	2.9	3.0	3.1
3. mA(測量 3)	0.63	0.73	1.1	1.3	1.8	1.8	1.9	2.3	2.4	2.8	2.9	3.2
平均	0.65	0.76	1.23	1.4	1.7	1.8	2.1	2.26	2.43	2.8	2.86	3.06
1. V(測量 1)	0.755	0.115	2.02	2.02	3.84	3.5	4.72	5.85	6.10	7.37	8	9
2. V(測量 2)	0.756	0.914	2.01	2.10	3.86	3.5	4.74	5.94	6.14	7.45	8	9
3. V(測量 3)	0.757	0.915	2.02	2.30	3.92	3.5	4.72	5.14	6.11	7.47	8	9
平均	0.756	0.915	2.01	2.14	3.87	3.5	4.73	5.64	6.12	7.43	8	9

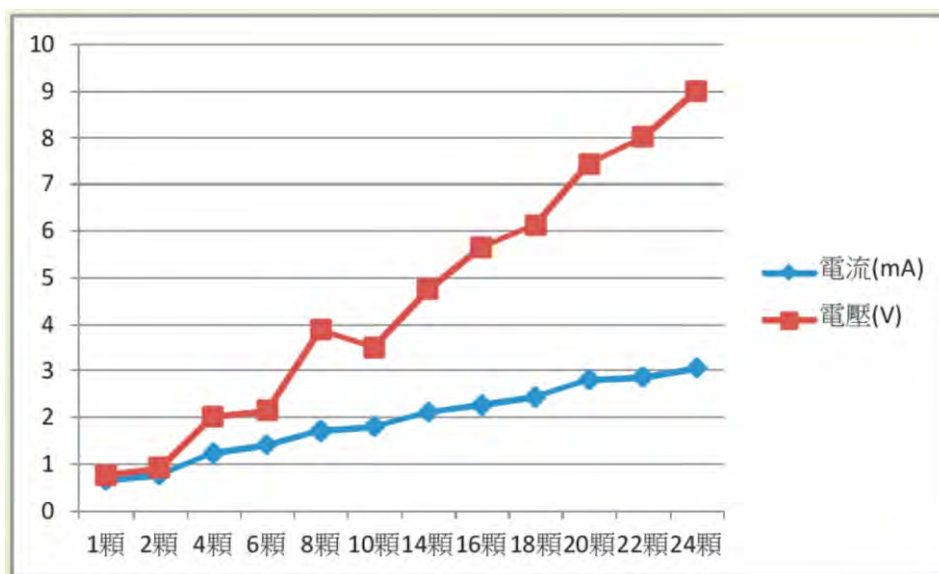


圖 5. 串聯不同電池數量發電效率折線圖

【說明】電壓和電流會隨著電池串聯的數量增加，串聯 24 顆電池，電壓可達 9V，電流可達 3.06mA。電壓增加的梯度比較明顯，電流則沒有快速增加的趨勢。

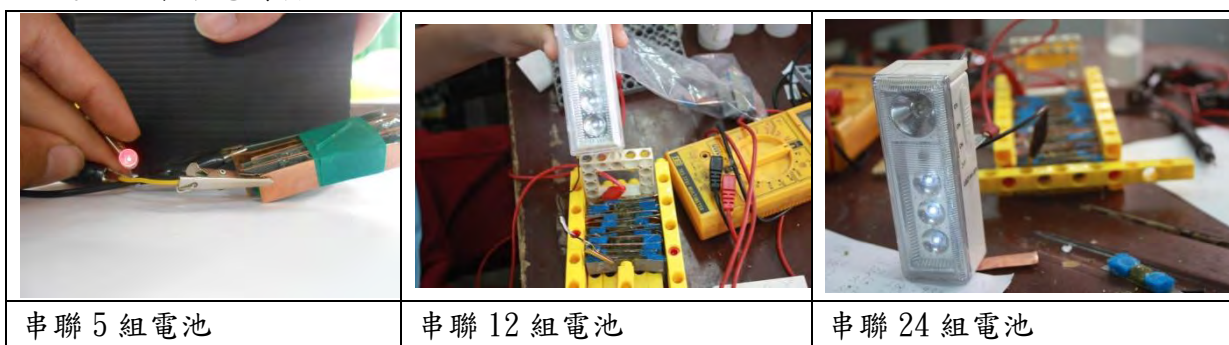
【思考方向】電池串聯的電壓很高，LED 燈只要 3 伏特即可發光，進行發光實驗。

【實驗九】：串聯雜草電池能讓 LED 燈發光嗎？

一、 研究步驟

(一)利用電氣膠帶分別串聯 3、4、5、6、7 顆電池，觀察讓紅色 LED 燈發光情形。

(二)利用積木設置串聯組，測試 4、6、8、10、12、14、15、16、18、20、22、24 組電池是否能讓手電筒發光。



串聯 5 組電池

串聯 12 組電池

串聯 24 組電池

【結果】

表 9. 不同串聯電池讓單顆紅光 LED 燈發光情形紀錄表

串聯數量	3 顆	4 顆	5 顆	6 顆	7 顆
發光情形	不會亮	微亮	會亮	會亮	較量

表 10. 不同串聯電池讓 LED 手電筒發光情形紀錄表

串聯數量	4 顆	6 顆	8 顆	10 顆	12 顆	14 顆	16 顆	18 顆	20 顆	22 顆	24 顆
發光情形	不會亮	不會亮	微亮	會亮	 越來越亮						

【說明】串聯 5 顆電池可讓紅光 LED 燈發光，串聯 10 顆電池可讓手電筒發光。

【思考方向】文獻上的葉綠素電池可讓手電筒發光 2 天，我們想知道自製的電池可持續發光多久的時間。

【實驗十】：雜草電池組讓 LED 燈持續亮多久呢？

一、 研究步驟

(一)分成單顆紅光 LED 燈組及手電筒組，分別串聯 5 顆及 10 顆電池，白天每隔 40 分鐘觀察 1 次，晚上每隔 1 小時觀察 1 次，晚上 11 點~早上 6 點休息。

(二)不亮後，滴水再使用，觀察持續時間。

【結果】

表 11. LED 燈持續發光情形紀錄表

	第一次發光時間	第二次發光時間	第三次發光時間	第四次發光時間
單顆紅光 LED 燈	約 66 時	約 48 時	約 25 時	約 11 時
手電筒組	約 52 時	約 32 時	約 10 時	約 6 時

【說明】

1. 單顆紅光 LED 燈可發光約 66 時，滴水後可重複使用，但是每次的持續時間會縮短。
2. 手電筒組可發光約 52 時，滴水後可重複使用，但是每次的持續時間會縮短。

陸、討論

一、文獻上的葉綠素電池作法太過複雜，不適合我們使用，所以採用葉綠素做為電解質的方法。

二、文獻上利用丙酮來萃取葉綠素，因為丙酮很臭，且不易取得，所以使用酒精、隔水加熱、過濾的方式取得葉綠素溶液，但是加熱會讓綠色葉綠素變成褐色的**脫鎂葉綠素**，發電效率就會變差，而酒精本身不導電，若沒有完全揮發，也會影響葉綠素電池的發電效率。所以就採用過濾的方式，雖然花較久的時間，但是比較簡單且安全。

三、完全液態的葉綠素液不容易保存，想到電池內部也是糊狀電解質，所以我們就參考網路上的做法，加入**洋菜粉**，一來**膠態狀比較容易放入電池內**，二來**發電效率也好一點**。不過加太多洋菜粉會使容易變硬，若是變硬，離子無法移動，電流和電壓就會瞬間下降很多。

四、我們原先的目的就是想拿雜草來做電池，原本不知道什麼是車前草，經過這次實驗就知道一些常見卻不知道的植物名稱。實際測量後發現**車前草**的葉綠素含量可能較多，所以發電效率比較好。使用水芙蓉實驗時，葉片上的細毛會造成皮膚紅腫，後來就知道要戴手套進行實驗，比較安全。這次使用的植物數量沒有很多種，未來可以試驗更多種植物。

五、常照陽光的植物葉綠素含量可能較多，所以發電效率比較好一點，建議雜草電池可用**長日照植物**的葉子做為電解液的來源。

六、不同的電極組合會讓電壓和電流產生變化，根據老師給我們的活性表，鉀>鈉>鈣>鎂>鋁>碳>鋅>鐵>鉛>銅，原本推測鋁銅組合會最好，後來發現鋅銅組合最佳，可能是因為葉綠素液只會跟特定的材料產生氧化還原作用，所以造成這個現象。

七、雜草電池串聯的數量越多，電壓和電流也會隨著增加，但是電流增加很少，這跟文獻所提的一樣，目前產生的電流都很微弱，這也是我們未來想努力的目標。串聯5顆就足以讓3伏特的LED燈發光，串聯的數量越多，電壓和電流越強，LED燈越亮，不過雖然電壓高，但是燈泡不會燒掉，這應是電流較弱的原因。

八、用了5片長度為4公分，寬度為1.5公分雜草電池組可以持續發光約3-4天，我們推測是因為乾掉的關係，所以滴水嘗試，果然**滴水**後還能持續發電，但是隨著離子交換，會使鋅銅片上產生黃色物質，慢慢減少發電時間。所以每次進行新的實驗前都必須將電極用砂紙磨一次。

柒、結論

一、以葉綠素為電解質的方法，雜草也能萃取出葉綠素來發電，目前以車前草的發電效率最好。

二、利用「打汁過濾法」最適合國小學生操作，且萃取出來的葉綠素不會有過多的脫鎂葉綠素，發電效率也較好。

三、以鋅銅片為電極，100 毫升萃取液+4 克洋菜粉調配葉綠素膠，所製成的平面葉綠素電池的發電效率最佳，最高可達 0.828V、0.72mA。

四、用了 5 片長度為 4 公分，寬度為 1.5 公分雜草電池組可以持續發光 66 小時，滴水後還能繼續使用。

五、平常拔掉丟棄的雜草，可用此方式，廢物利用，成為新一代能源。

捌、建議與展望

一、不同植物萃取液測量出的電流及電壓皆不相同，可依此作為判斷葉綠素含量多寡的依據。

二、目前嘗試將萃取液曬乾後，綜合洋菜粉、環保電極(石墨粉、鋁箔)製作可攜式葉綠素電池，只要加水搖晃即可發電，增加葉綠素電池的便利性。

玖、參考資料

1. 蘇順發、陳姿羽、沈宜蓁、蕭毓慧(2012)。葉綠素電池。南台科技大學化材系專題報告。
2. 林鵬、黎上璋、吳郁萱(2010)。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。

【評語】 080212

能以實驗組和對照組的設計來探討該主題，表現出科學探究的精神，但對於雜草中的葉綠素液體，當電解質用又能發電的看法，可能誤解發電之意。