

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

佳作

080213

皇宮聚膠綠電池

學校名稱：臺南市東區復興國民小學

作者： 小六 曾子恩 小六 韋泳廷 小六 陳建蒼	指導老師： 李孟娟 蔡佳錚
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：葉綠素、皇宮菜、果膠

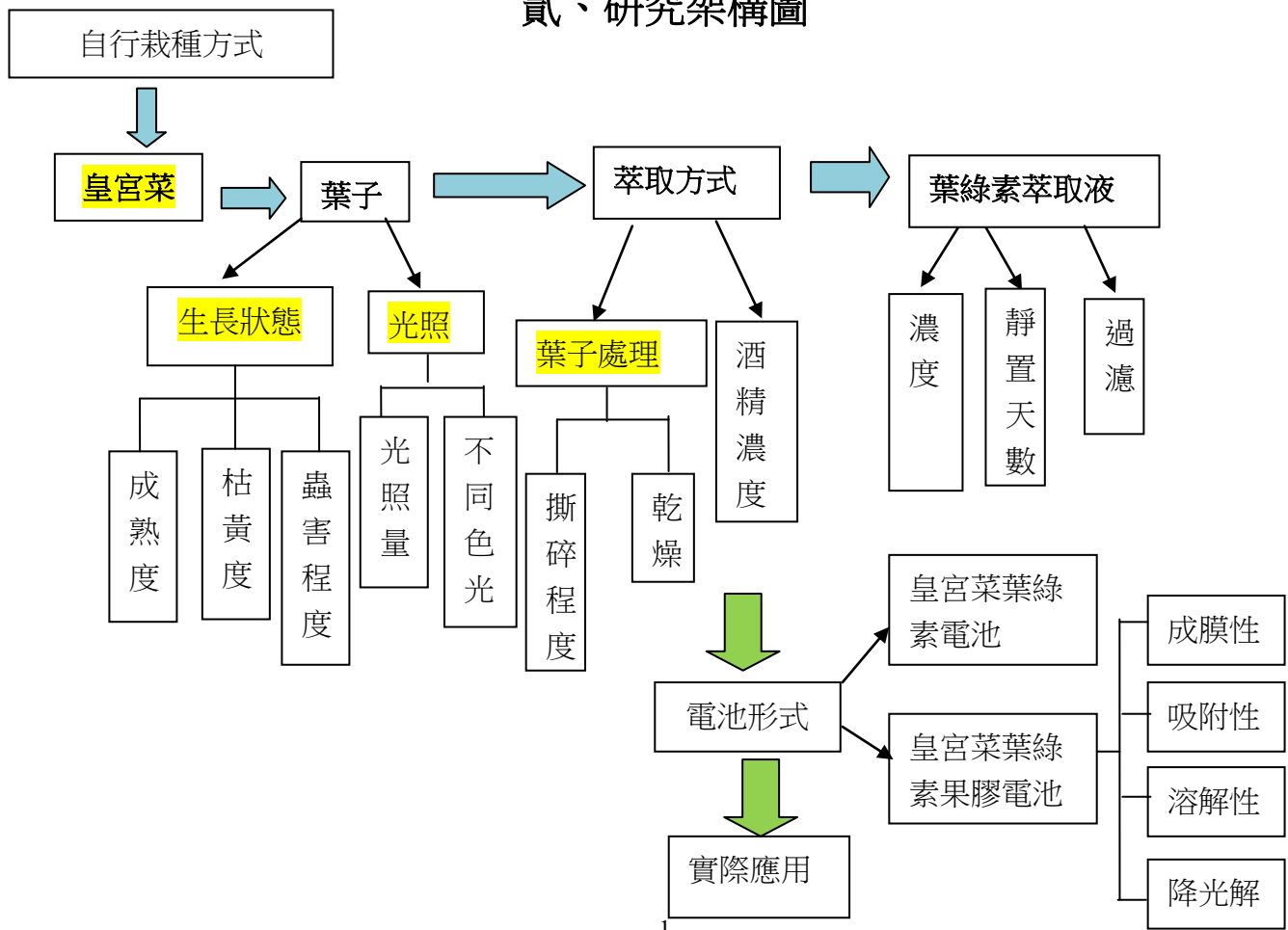
摘要

翠綠的皇宮菜葉所含葉綠素可以拿來發電，這引起我們興趣。本研究自行栽種皇宮菜，以它為自製綠電池的材料，且降低葉片選取上所形成誤差。首先，以伏打電池形式，嘗試找出有最佳發電效果的葉綠素萃取液，萃取方式上將葉子撕成 1/2，乾燥後浸泡 50%酒精，在暗箱中萃取出葉綠素；葉子則選擇光照足、成熟、綠色、無蟲害的來進行萃取；將葉綠素萃取液配製成 75%，靜置後可以提升發電效益。研究最後發展自製出皇宮葉綠素電池和皇宮葉綠素果膠電池，各電池形式都可以讓 LED 燈發亮。自製葉綠素果膠具有成膜性、吸附性、溶解性和降光解等特性，讓葉綠素果膠膜比較好攜帶，延長葉綠素保存時間，避免被光解破壞，加水就能發電，增加電池應用性，和提高發電效益。

壹、研究動機

很多人喜歡吃皇宮菜，他們看起來非常翠綠，原來這可能含有豐富的葉綠素，那葉綠素可以拿來做什麼呢？在研究中指出它可以拿來發電，葉綠素竟然可以拿來發電，這真的很神奇！這樣可以把原本不環保的傳統電池，作成環保的電池，因此我們想到了將皇宮菜葉製成葉綠素電池，發展出環保可分解且能實際應用的電池。

貳、研究架構圖



參、研究目的

- 一、研究自行栽種皇宮菜的方式
- 二、研究萃取皇宮菜葉綠素方式對發電效益的影響
 - 二-1、探討不同酒精濃度、萃取濕乾皇宮菜葉對發電效益的影響
 - 二-2、探討不同乾燥方式對發電效益的影響
- 三、研究皇宮菜葉處理方式對發電效益的影響
 - 三-1、探討皇宮菜葉處理方式對發電效益的影響
 - 三-2、探討皇宮菜葉撕碎程度對發電效益的影響
- 四、研究不同生長狀態皇宮菜葉對發電效益的影響
- 五、研究光對皇宮菜葉發電效益的影響
 - 五-1、探討光照量對皇宮菜葉發電效益的影響
 - 五-2、探討不同色光對皇宮菜葉發電效益的影響
- 六、研究皇宮菜葉萃取液不同濃度、不同靜置天數對發電效益的影響
- 七、自製不同形式的皇宮綠電池
- 八、皇宮綠電池的實際應用

肆、研究原理和設計

一、名詞定義：

(一)、葉綠素電池：

葉子裡面的葉綠體所含葉綠素在光合作用的過程會捕捉陽光，製造能量。葉綠素遇水之後，會先成為離子態，再進行化學反應與水進行氧化還原反應，產生電流。電池的基本結構包含電解液與導電材質等，葉綠素電池就是將其中電解液以葉綠素替代，再不斷進行改造發展各種形式綠電池。

(二)、葉綠素萃取液：實驗中，利用不同方式將皇宮菜葉內葉綠素萃取出來的液體。

(三)、果膠：

果皮經過熬煮會形成液態果膠，且果膠不溶於酒精當中，倒入酒精之後，果膠會分離出來，此固體狀的果膠為固態果膠。

(四)、葉綠素果膠：實驗中，利用不同方式製作含葉綠素的果膠。

(五)、光解：葉綠素萃取液，在照光後進行化學作用，葉綠素被分解了。

二、歷屆作品分析：

分析全國科展第 56 屆國小化學「豐功偉『葉』」，第 59 屆國小化學「葉來 YA 有電---葉綠素電池」...等，和其他作品不同，材料上我們自行栽種皇宮菜，依照皇宮菜葉的特性找到最佳自製葉綠素萃取液的方式。在萃取方式上，將皇宮菜葉乾燥後，浸泡酒精萃取出葉綠素，不用加熱或攪打再過濾的方式。此外，利用液態果膠和葉綠素萃取液交互作用後，可形成含葉綠素果膠的現象，自製成乾燥葉綠素果膠。發現其具有成膜性、吸附性、溶解性和降光解的特性，讓葉綠素果膠膜可以延長葉綠素保存時間，增加電池應用性，和提高發電效益。

三、皇宮菜：

三-1、皇宮菜簡介：

皇宮菜為落葵的俗稱（學名：*Basella alba*），它是落葵科植物，它幾乎沒有蟲害，四季皆可生長，無須噴灑農藥，生長過程會有纏繞東西的現象，在土壤肥沃的地方，葉片會又大又厚。它是一種夏、秋季常供食用的蔬菜。

三-2、自行栽種皇宮菜：

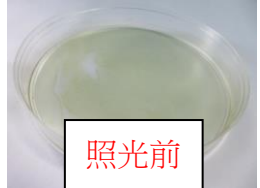

皇宮菜可以將莖利用扦插的方式進行栽種，為了讓實驗過程中，降低皇宮菜葉選取上所形成的誤差，我們決定自己來種皇宮菜。

我們將在菜市場買來的皇宮菜，取莖的部分，利用扦插的方式自行栽種皇宮菜，再摘取皇宮菜葉進行實驗。

			
<p>皇宮菜葉 100 克中含有鈉55 mg、鎂 48mg、鈣 124mg 鐵 1.5mg、鉀256 mg、維生素 C5.9mg。且含葉綠素。</p>	<p>扦插方式進行栽種</p>	<p>給予陽光、澆水</p>	<p>生長茂盛的皇宮菜</p>

三-3、萃取葉綠素方式：

蒐集資料，發現將含葉綠素的植物浸泡在酒精中，就可以萃取出葉綠素。此外，葉綠素照光後容易光解失去效用，避免萃取歷程中受到光照的干擾，因此放入暗箱中進行萃取。

 <p>照光前</p>	 <p>照光後</p>			
<p>葉綠素在陽光下光解的狀況，葉綠素照光後會不見。</p>		<p>含葉綠素的皇宮菜葉浸泡酒精。</p>	<p>放入暗箱萃取出葉綠素。</p>	

四、自製電池：

自製出在製作、產生電力和丟棄處理歷程中，對於環境衝擊影響較少、污染性較低的電池。

研究中，電池會進行氧化還原反應，把正極、負極活性物質化學能，轉化為電能的裝置。

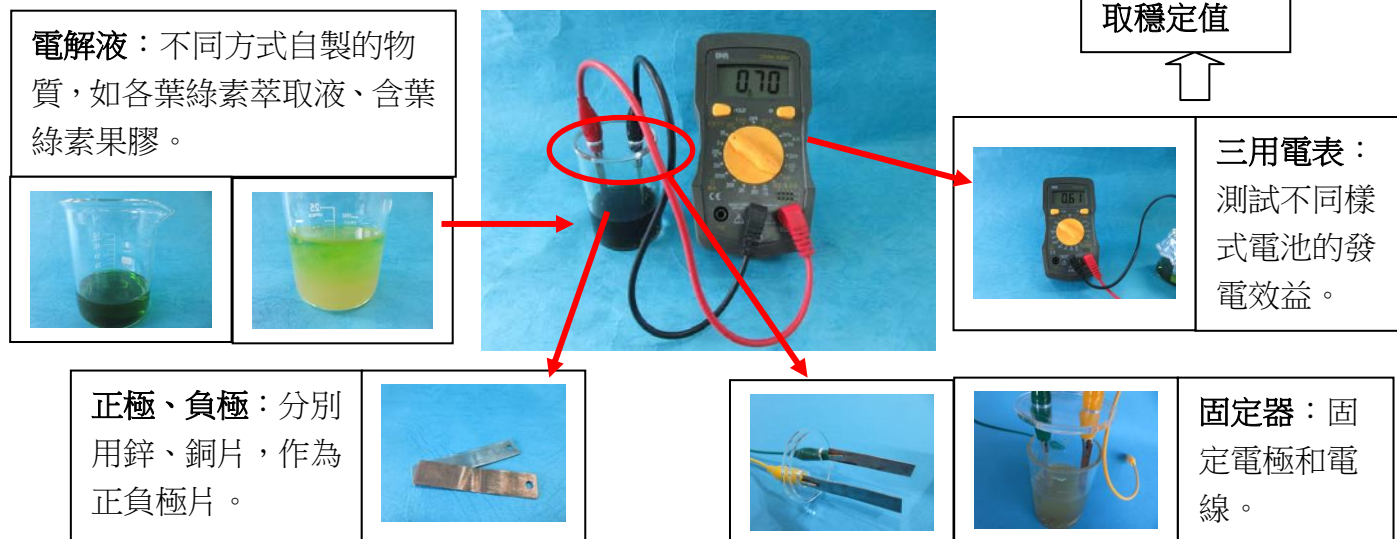
例如：以鋅銅為兩極的電池，反應如下。

A 負極(氧化反應)：鋅片為負極，從化學式可知鋅丟掉電子產生氧化反應。 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ 。

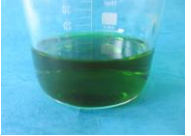

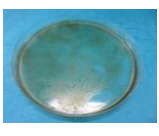


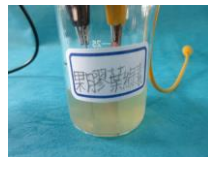
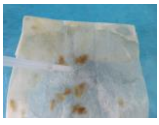

B 正極(還原反應)：銅片為正極，從化學式可知銅得到電子產生還原反應。 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ 。

C 總反應化學式 $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ 。

四-1、電池發電效益的測試方式：



四-2、不同形式的電池：如下表。

名稱	電解液	形式	名稱	電解液	形式
A 皇宮菜葉綠素電池	不同方式萃取的葉綠素萃取液。 	伏打電池 	C 皇宮菜乾燥葉綠素果膠電池	自製含葉綠素果膠，乾燥後加水。 	伏打電池 
B 皇宮菜葉綠素果膠電池	不同方式製作的含葉綠素果膠。 	伏打電池 	D 皇宮菜乾燥葉綠素果膠炭電池	乾燥葉綠素果膠，放在吸附物。 	炭電池 

伍、研究設備和材料

一、**實驗設備：**三用電表、鋅片、銅片、燒杯(25mL、50mL、150mL、250mL、500mL)、培養皿、量筒、玻璃漏斗、滴管、湯匙、濾網、電子秤、紫外線燈、計算機、果汁機、烘乾機、微波爐、烤箱、3D 列印機、照度計、手電筒、LED。

二、**實驗材料：**皇宮菜、盆栽、保鮮膜、紙箱、雲彩紙、標籤紙、玻璃紙、咖啡濾紙、砂紙、濾紙、廚房紙巾、鋁箔盤、葡萄柚皮、檸檬皮、活性炭粉。

三、**實驗藥品：**蒸餾水、乙醇。

陸、研究過程與結果

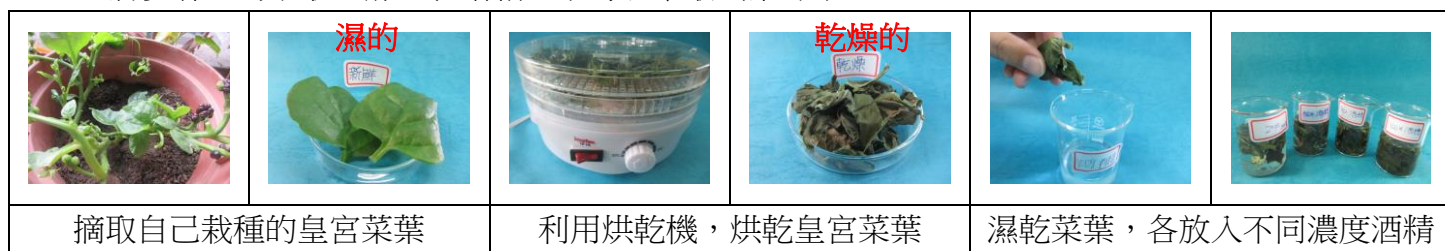
研究一：研究萃取皇宮菜葉綠素方式對發電效益的影響

研究一-1：探討不同濃度的酒精、萃取濕乾皇宮菜葉對發電效益的影響

(一)、實驗步驟：

1.準備濕和乾燥的皇宮菜。

- 2.配製 25%、50%、75%、100%等濃度酒精各 25mL。分別放入皇宮菜(濕的 5gw、乾的 0.5gw)。
- 3.將步驟 1 的溶液，靜置在暗箱 4 小時以萃取出葉綠素。



4.了解所萃取葉綠素情形。

原理：查閱資料發現紫外線燈照射含有葉綠素物質，葉綠素在紫外線作用下會呈現紅光。

測試裝置如下：

葉綠素萃取液：
不同方式萃取的
葉綠素溶液。



紫外線燈：了解葉綠素萃取的情形。



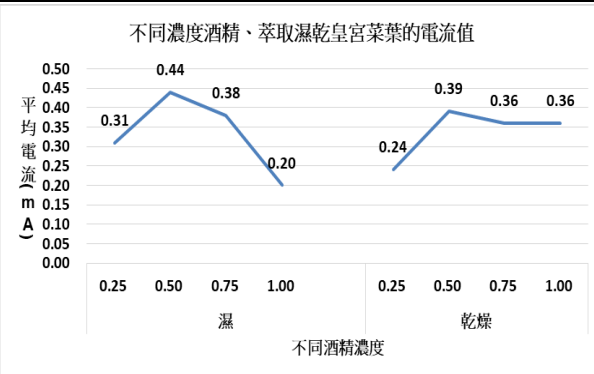
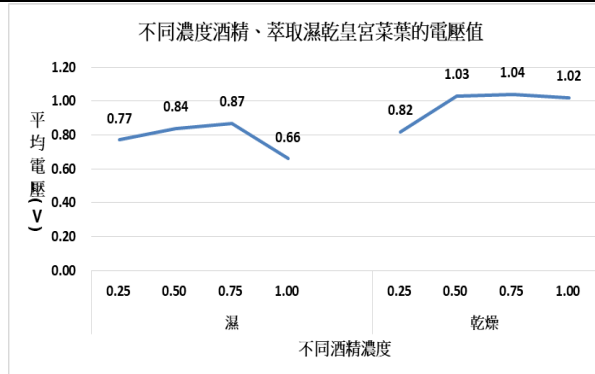
暗箱：在暗箱中
進行觀察，避免
光線的干擾。

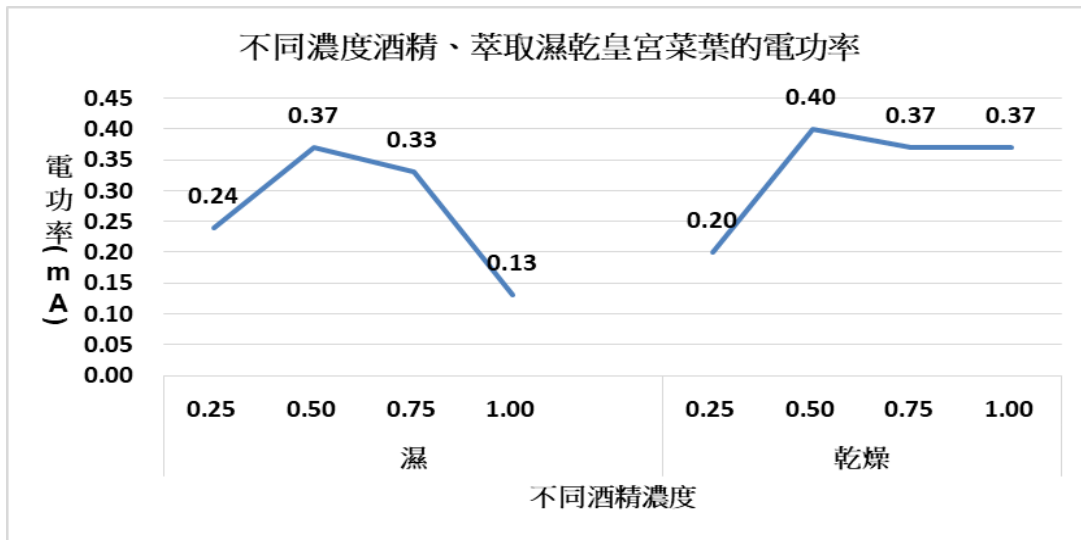


(二)、實驗結果：

表一-1-1 不同濃度酒精、萃取濕乾皇宮菜葉的發電效益

狀態	濕				乾燥			
酒精濃度	25%	50%	75%	100%	25%	50%	75%	100%
照片								
平均電壓(V)	0.77	0.84	0.87	0.66	0.82	1.03	1.04	1.02
平均電流(mA)	0.31	0.44	0.38	0.20	0.24	0.39	0.36	0.36
電功率(mW)	0.24	0.37	0.33	0.13	0.20	0.40	0.37	0.37





表一-1-2 不同濃度酒精、萃取濕乾皇宮菜葉，紫外線燈照射的情形

酒精濃度	25%	50%	75%	100%
濕的 皇宮菜葉				
乾燥的 皇宮菜葉				

(三)、討論：

- 1.濕的、乾燥的皇宮菜葉，發現都是浸泡 50%的發電效益最佳。
- 2.乾燥的皇宮菜葉所萃取的葉綠素萃取液有較高的發電效益。推測菜葉在乾燥後，所含的葉綠素濃度較高，因此會有較佳的發電效益。
- 3.在紫外線燈的照射下，可以發現不論濕的或乾的皇宮菜葉都是用 100%酒精萃取呈現紅光最為明顯，這表示 100%酒精可以萃取出較多的葉綠素。
- 4.利用 100%酒精可以萃取出較多的葉綠素，但是發電效果不佳，在五年級水溶液中有學到酒精不導電，因此酒精在電解液中所占太多比例，發電效果因此不佳。所以 50%酒精萃取的可以有較佳的發電效益。

結論：

將皇宮菜葉利用烘乾機烘乾去除水分後，用 50%的酒精所萃取出來的葉綠素萃取液，做為電解液時候，可以有較高的發電效益。因此之後以乾燥皇宮菜葉浸泡 50%的酒精進行實驗。

研究一-2：探討不同乾燥方式對發電效益的影響

(一)、實驗步驟：

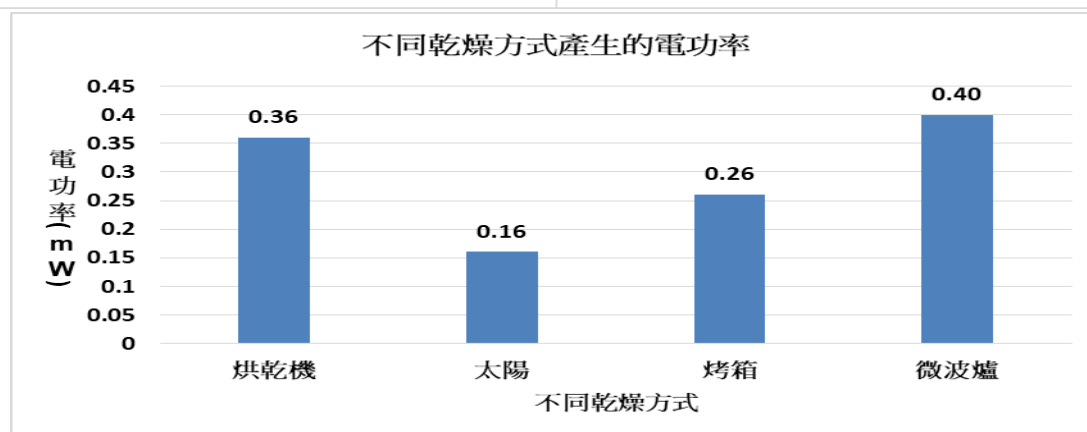
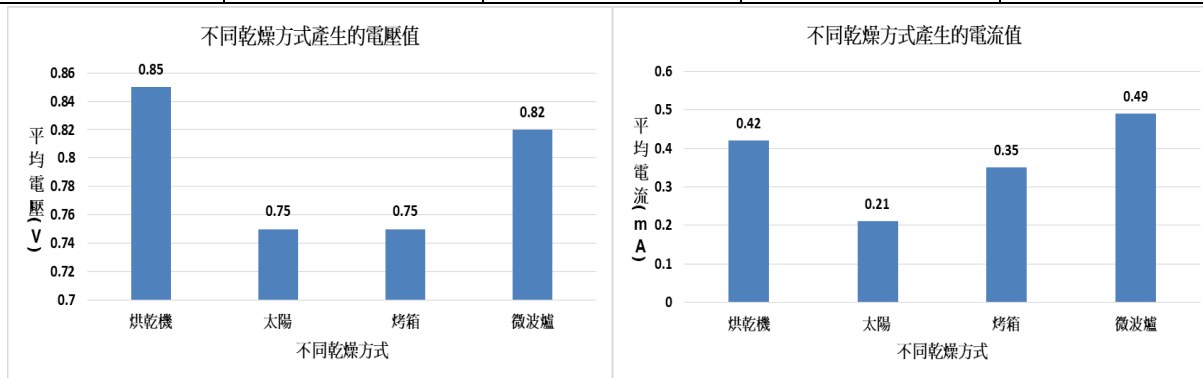
- 1.以不同乾燥方式為操縱變因，包含烘乾機、太陽、烤箱和微波爐。

			
利用烘乾機烘乾，需 4 小時的時間。	在太陽底下曬乾，需一星期的時間。	在烤箱中乾燥，小火下需 5 分鐘。	利用微波爐乾燥，微波下需 5 分鐘。

(二)、實驗結果：

表一-2-1 不同方式乾燥皇宮菜葉對發電效益的影響

處理方式	烘乾機	太陽	烤箱	微波爐
顏色	呈現綠色 	呈現棕色 	呈現黑色 	呈現綠色 
平均電壓(V)	0.85	0.75	0.75	0.82
平均電流(mA)	0.42	0.21	0.35	0.49
電功率(mW)	0.36	0.16	0.26	0.40



(三)、討論：

- 1.不同乾燥方式，發電效益是微波爐>烘乾機>烤箱>太陽。
- 2.利用烤箱的會變黑；太陽曬乾的方式，所用的時間很長且葉子會變成褐色，兩者的發電效益都不高。
- 3.推測微波爐的加熱均勻、速度快、時間短，葉片內的葉綠素被破壞掉的量會較少，因此發電效益較佳。

結論：利用微波爐讓皇宮菜葉乾燥，烘乾時間短，且可以有較高的發電效益。

研究二：研究皇宮菜葉處理方式對發電效益的影響

研究二-1：探討皇宮菜葉處理方式對發電效益的影響

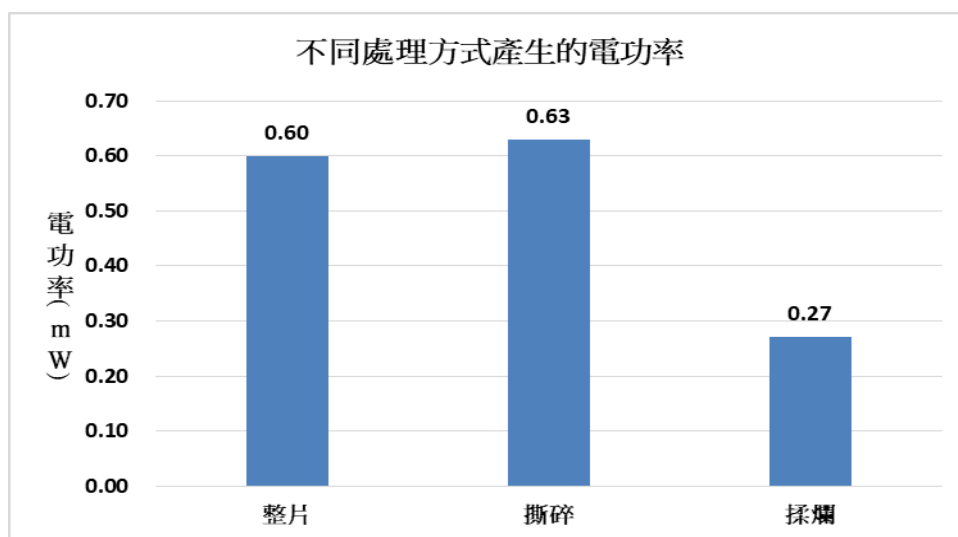
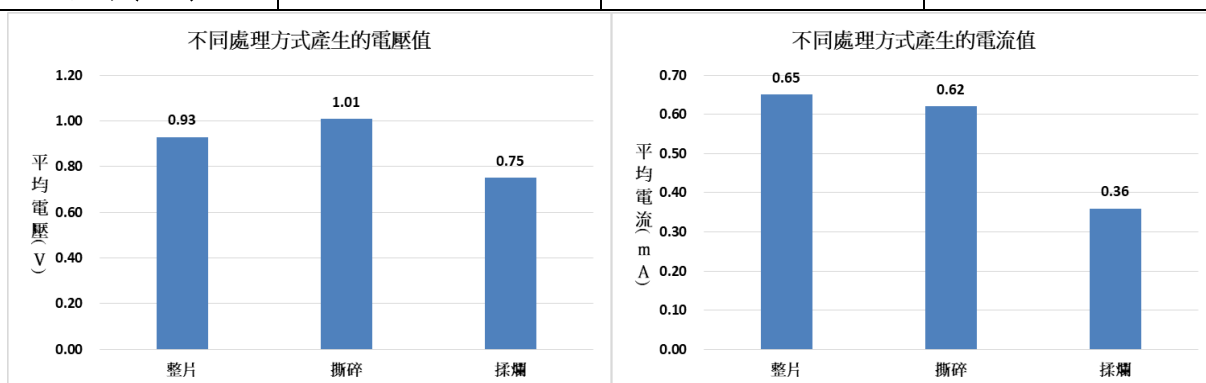
(一)、實驗步驟：

- 1.將皇宮菜葉依照**整片、撕碎和揉爛**方式進行處理後烘乾，作為操縱變因。
- 2.各取 0.5 公克浸泡在 50% 的 25mL 酒精中，在暗箱中靜置 4 小時。
- 3.取各個葉綠素萃取液 15mL，測試電壓、電流值。

(二)、實驗結果：

表二-1-1 不同處理方式皇宮菜葉的發電效益

處理方式	整片	撕碎	揉爛
平均電壓(V)	0.93	1.01	0.75
平均電流(mA)	0.65	0.62	0.36
電功率(mW)	0.60	0.63	0.27



(三)、討論：

- 1.發現將葉子撕碎後烘乾有較佳的發電效益，揉爛的效果最差。

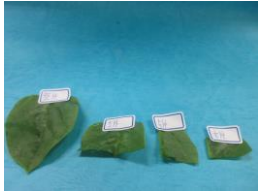

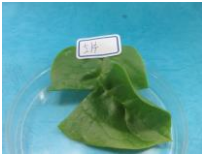
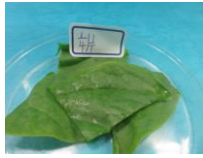

研究二-2：探討皇宮菜葉細碎程度對發電效益的影響

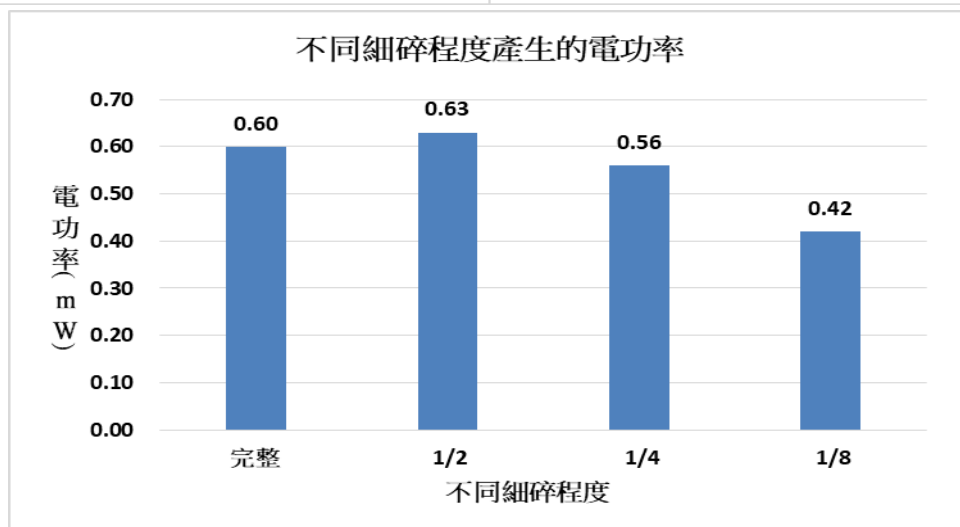
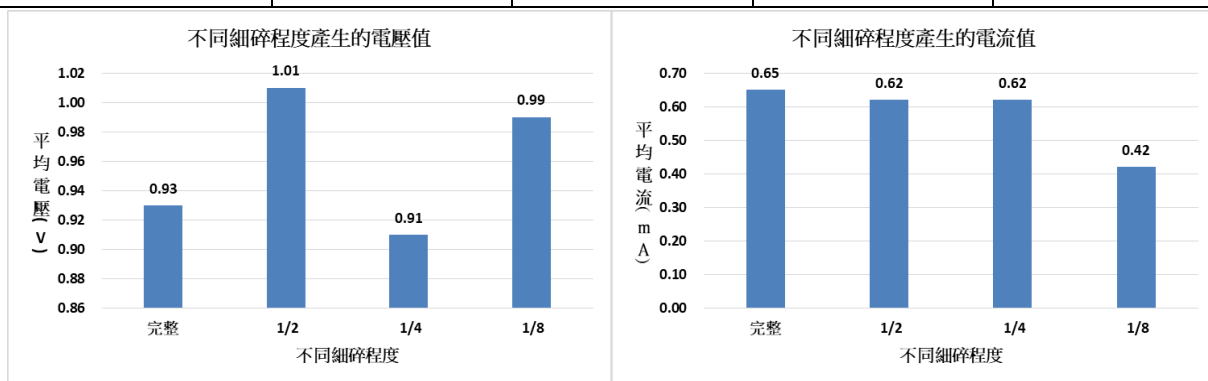
(一)、實驗步驟：

- 1.將皇宮菜撕碎，分成「**整片、1/2、1/4、1/8**」的大小，利用微波爐烘乾，作為操縱變因。接著同步驟二-1。

(二)、實驗結果：

表二-2-1 不同細碎程度皇宮菜葉的發電效益

葉子大小	完整	1/2	1/4	1/8
				
平均電壓(V)	0.93	1.01	0.91	0.99
平均電流(mA)	0.65	0.62	0.62	0.42
電功率(mW)	0.60	0.63	0.56	0.42



(三)、討論：

- 1.發現撕成 1/2 大小的葉子，所自製的葉綠素萃取液發電效果最高。
- 2.發現撕成 1/8 大小的葉子，所自製的葉綠素萃取液發電效果最低。
- 3.接下來實驗都將皇宮菜葉子撕碎成 1/2 的大小進行實驗。

研究三：研究不同生長狀態皇宮菜葉對發電效益的影響









構思概念：

發現自行種植的皇宮菜葉，有的綠、有的不綠、還有少數被蟲咬的，令我們好奇的是皇宮菜葉的成熟程度、枯黃程度、有蟲害的葉片等生長狀態，對發電效益的影響。



(一)、實驗步驟：

1.把皇宮菜分類，如下表。

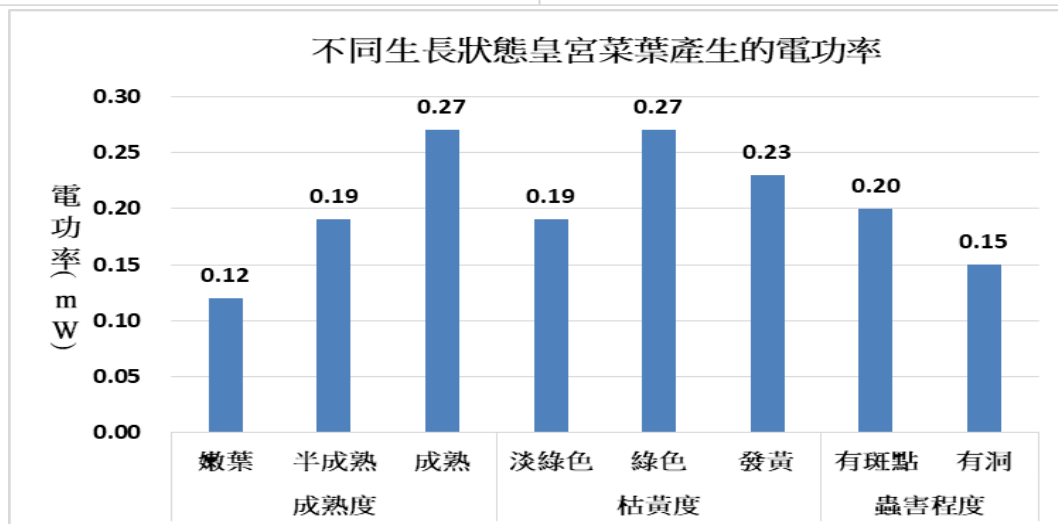
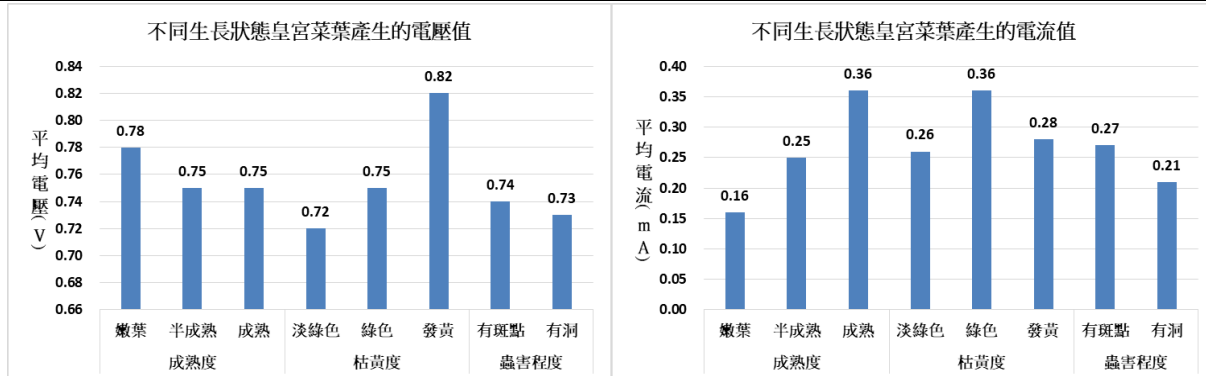
不同生長狀態皇宮菜葉							
成熟度			枯黃度			蟲害程度	
嫩葉	半成熟	成熟	淡綠色	綠色	發黃	有斑點	有洞
							

2.將葉子撕碎乾燥，浸泡在 50%酒精中，暗箱中靜置 4 小時。測試電壓、電流值。

(二)、實驗結果：

表三-1 不同生長狀態皇宮菜葉的發電效益

生長狀態	成熟度			枯黃度			蟲害程度	
	嫩葉	半成熟	成熟	淡綠色	綠色	發黃	有斑點	有洞
照片								
平均電壓(V)	0.78	0.75	0.75	0.72	0.75	0.82	0.74	0.73
平均電流(mA)	0.16	0.25	0.36	0.26	0.36	0.28	0.27	0.21
電功率(mW)	0.12	0.19	0.27	0.19	0.27	0.23	0.20	0.15




(三)、討論：

- 1.以**成熟度**來看，成熟>半成熟>嫩葉，成熟的葉子，發電效果最佳。因為初發育的嫩葉，光合作用能力較弱；成熟葉子的光合作用能力較強，裡頭含有的葉綠素較多。
- 2.以**枯黃度**來看，綠色的>發黃的>淺綠的，葉子呈現綠色的發電效果較佳，因為綠色葉子所含葉綠素較豐富。
- 3.以**蟲害程度**來看，斑點的>有洞的，有斑點和有洞的葉子，都比沒有蟲害的發電效果差。

結論：

1.在葉子的選擇上，整理如下表：

項目	照片	說明
成熟度		成熟葉子光合作用能力較強，裡頭含有的葉綠素較多，因此成熟的葉子，發電效果最佳。
枯黃度		綠色葉子所含葉綠素較豐富，所以綠色的葉子發電效果較佳。
蟲害程度		沒有蟲害的葉子萃取的葉綠素萃取液，發電效果較佳。

2.成熟度對發電效果的影響較大，成熟後顏色有些枯黃、斑點也可以有不錯的發電效果，葉子成熟才會有較多的能量，可以形成較高的發電效益。

延伸實驗：葉綠素對皇宮菜葉發電效益的影響。

發現成熟呈現綠色的皇宮菜葉的發電效益較佳，這代表富含葉綠素的葉子可以有較高的發電效益，那葉綠素對皇宮菜葉發電效益有什麼樣的影響呢？

現象：如右圖說明。

萃取過的皇宮菜葉顏色會由綠色變成褐色。





原理：活性碳是一種多孔性物質，它的多孔隙結構提供了大量的表面積，可藉由這些孔隙吸附色素、氣味、雜質、水氣等，是一種極優良的吸附劑。

(一)、實驗步驟：

1.將葉綠素萃取液利用葉綠素過濾裝置，進行多次過濾。測試各葉綠素萃取液電壓、電流值。



量筒：盛裝過濾後的葉綠素萃取液。






活性炭

濾紙和活性炭：過濾葉綠素用。

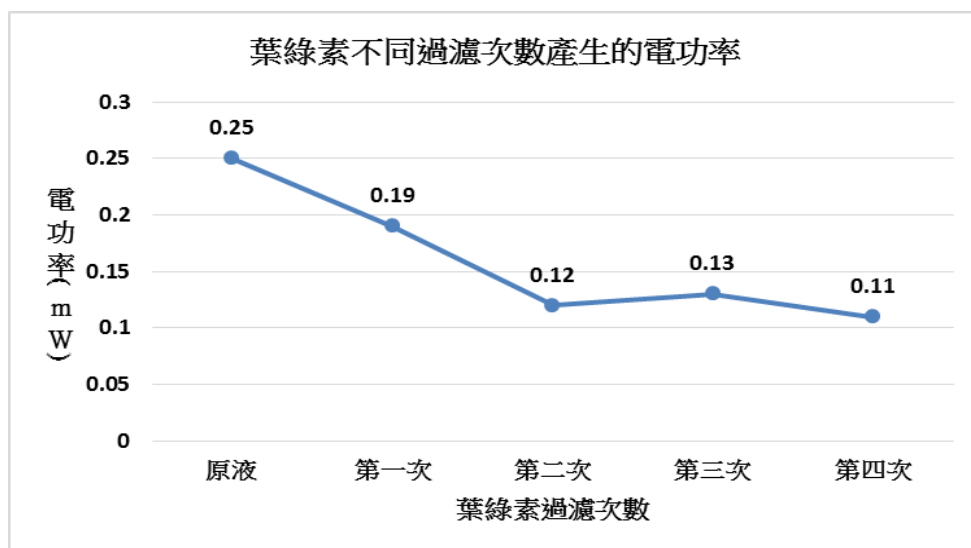
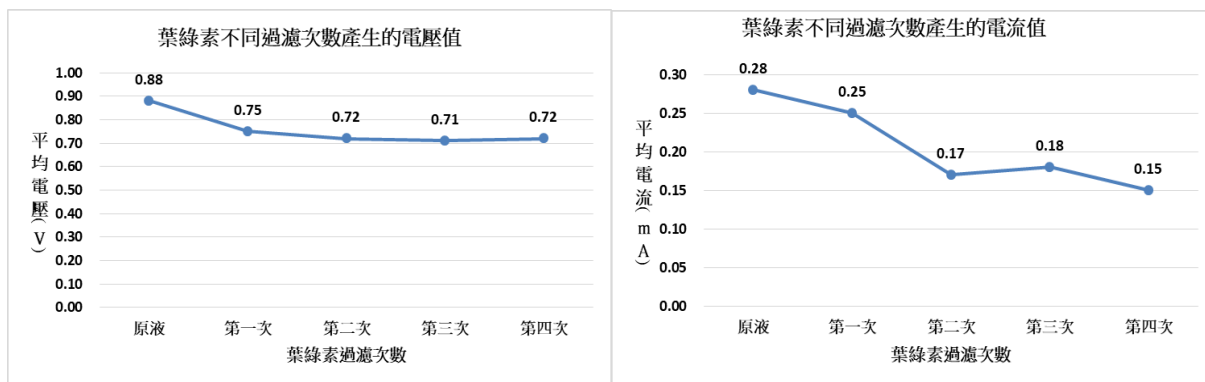


結果

(二)、實驗結果：

表三-2 葉綠素不同過濾次數的發電效益

過濾次數	原液	第一次	第二次	第三次	第四次
平均電壓(V)	0.88	0.75	0.72	0.71	0.72
平均電流(mA)	0.28	0.25	0.17	0.18	0.15
電功率(mW)	0.25	0.19	0.12	0.13	0.11



(三)、討論：

- 1.發現把葉綠素過濾後的電功率逐漸下降，因此我們可以知道被多次過濾後的葉綠素萃取液，發電效果會越來越差。
- 2.我們是利用過濾葉綠素的方式進行實驗，這和全國科展第 61 屆，國小化學「綠電愛地球-葉綠素電池之探討」利用添加葉綠素的方式不同，但一樣發現葉綠素會影響發電效益。
- 3.葉綠素萃取液中的葉綠素，可以讓電池產生發電效益。

研究四：研究光對皇宮菜葉發電效益的影響



研究四-1：探討光照量對皇宮菜葉發電效益的影響

構思概念：

接著研究光照量對皇宮菜葉發電效益的影響，減少光照的皇宮菜葉為實驗組，以正常光照的皇宮菜葉為對照組，實驗設計如下。

(一)、實驗步驟：

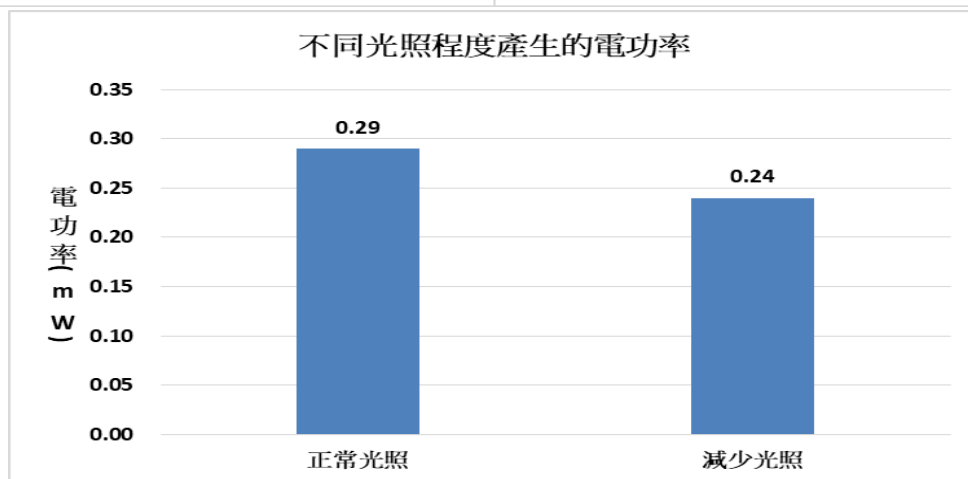
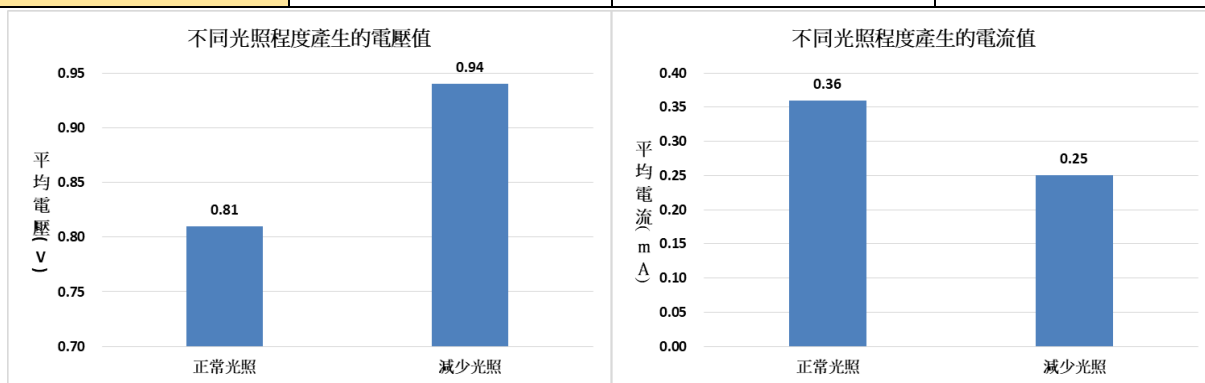
1.實驗設計如下：

組別	實驗組	對照組
照片		
說明	葉子包上黑色紙張減少光照量	皇宮菜葉接受正常光照

(二)、實驗結果：

表四-1-1 不同光照量皇宮菜葉的發電效益

光照情形	平均電壓(V)	平均電流(mA)	電功率(mW)
正常光照	0.81	0.36	0.29
減少光照	0.94	0.25	0.24



(三)、討論：

- 1.發現正常光照的葉綠素萃取液的效果比較好，所以我們之後摘採的葉子都是正常光照。
- 2.正常光照讓葉綠素形成過程可以吸收的光量較多，讓葉綠素遇水之後，成為離子態進行化學反應過程中可以釋放較多的能量。
- 3.皇宮菜必須照光，進行足夠光合作用，才能讓葉綠素發揮作用，如果減少光照時間，就會影響到發電效果。

研究四-2：探討不同色光對皇宮菜葉發電效益的影響

(一)、實驗步驟：

構思概念：全國科展第 56 屆，國小化學「蓮霧葉葉綠素電池—家鄉綠能產業相關研究」等作品，利用燈加上玻璃紙形成不同色光，照射在葉綠素萃取液上，我們則嘗試在皇宮菜上直接照射不同色光，讓它成長過程就可以吸收不同色光，再測試所形成的效果。

1.自製形成不同色光裝置，如下：

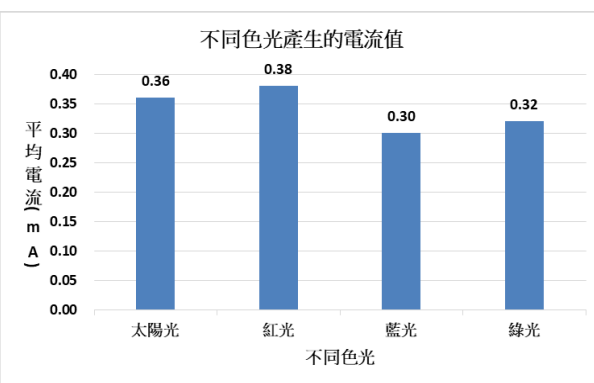
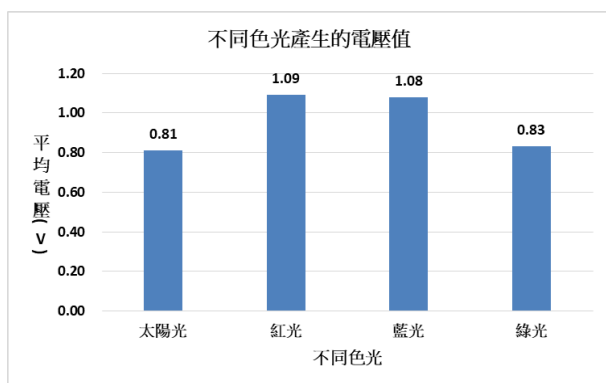


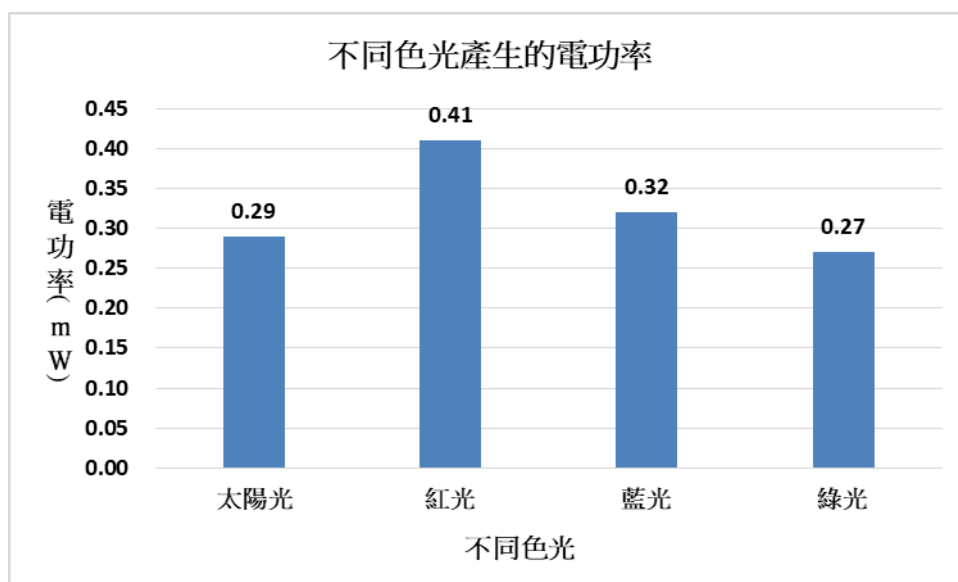
- 2.將皇宮菜盆栽放置在紅光、綠光、藍光下，進行栽種。
- 3.一星期後，將受到不同色光(紅光、綠光、藍光)的葉子烘乾，浸泡 50%酒精，萃取出葉綠素。
- 4.測試各組的電壓、電流值，以直接照射太陽光的皇宮菜葉為對照組。

(二)、實驗結果：

表四-2-1 不同色光照射下皇宮菜葉的發電效益

不同色光	太陽光	紅光	藍光	綠光
照片				
平均電壓(V)	0.81	1.09	1.08	0.83
平均電流(mA)	0.36	0.38	0.30	0.32
電功率(mW)	0.29	0.41	0.32	0.27





(三)、發現與討論：




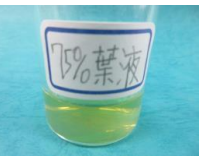
- 1.發現照射紅光的葉片萃取的葉綠素發電效果最佳。
- 2.照射藍光、綠光和太陽光照的發電效益差異不大。

結論： 皇宮菜葉在成長過程中照射紅光，可以提升發電效益。

研究五、研究皇宮菜葉汁液不同濃度、不同靜置天數對發電效益的影響

(一)、實驗步驟：

- 1.將乾燥的皇宮菜 0.5 公克，浸泡在 25mL 的 50%酒精 4 小時，萃取出葉綠素。
- 2.將皇宮菜葉綠素萃取液，配製成 25%、50%、75%、100% 等不同濃度葉綠素汁液。

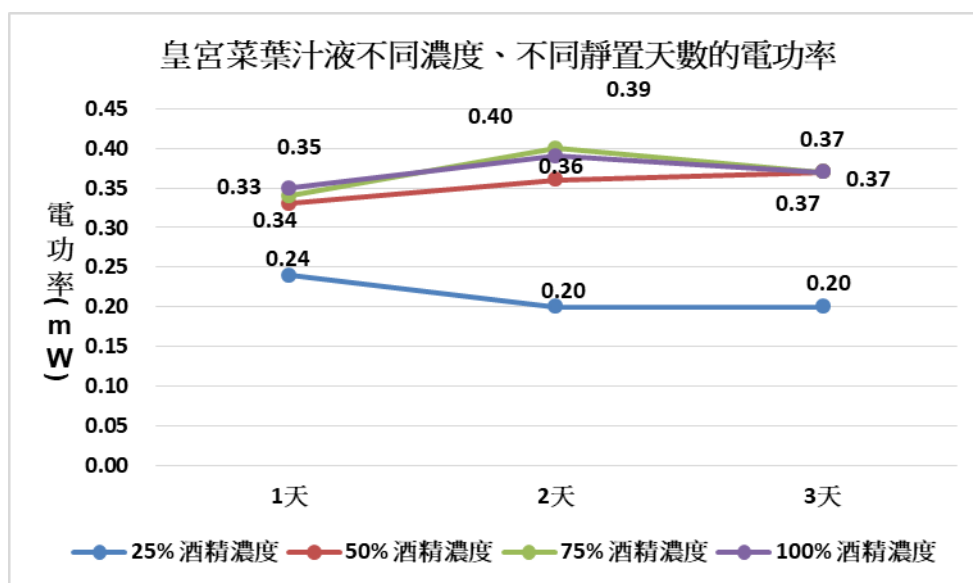
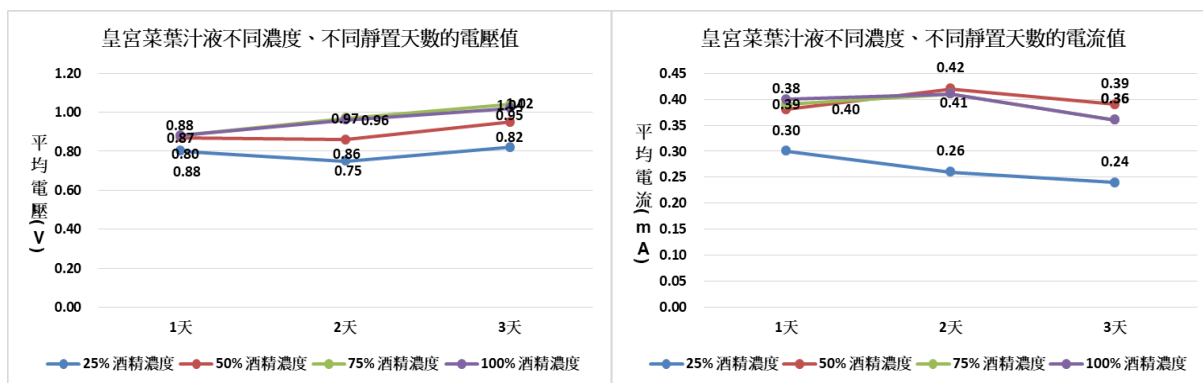
葉綠素萃取液濃度	25%	50%	75%	100%
配製方式	1.8mL 水+6mL 葉綠素萃取液	7.5mL 水+7.5mL 葉綠素萃取液	6mL 水+1.8mL 葉綠素萃取液	1.5mL 葉綠素萃取液
				

- 3.各取 15mL，測量各葉綠素萃取液的電壓、電流值。
- 4.靜置 1-3 天，測量靜置後的電壓、電流值。

(二)、實驗結果：

表五-1 皇宮菜葉汁液不同濃度、不同靜置天數的發電效益

汁液濃度	25%			50%			75%			100%		
	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
靜置天數												
1 天	0.80	0.30	0.24	0.87	0.38	0.33	0.88	0.39	0.34	0.88	0.40	0.35
2 天	0.75	0.26	0.20	0.86	0.42	0.36	0.97	0.41	0.40	0.96	0.41	0.39
3 天	0.82	0.24	0.20	0.95	0.39	0.37	1.04	0.36	0.37	1.02	0.36	0.37



(三)、討論：



- 1.發現皇宮菜葉綠素萃取液調降到 50%後，發電效益會變低。
- 2.發現葉綠素萃取液調降到 75%時發電效益依然很高，且在第二天時有最佳的發電效益。
- 3.全國科展「豐功偉『葉』」等作品，在濃度實驗上，是探討含葉綠素物質和酒精的比例，我們則是嘗試調整葉綠素萃取液的濃度，加上靜置天數，進行研究。發現將葉綠素萃取液的濃度調降靜置後，可以有更高的發電效益。

結論：

將葉綠素萃取配置成 75%，到第二天時會有最佳的發電效益。葉綠素萃取液添加適當的水可以提升發電效益。靜置後，發電效益不會一下子就降低，在第二天時反而有更高的發電效益。

總結論：

將可以產生較佳發電效益的方式，整理如下表：

項目	照片	說明	項目	照片	說明
自行栽種 皇宮菜		將皇宮菜的莖，利用扦插的方式進行栽種，可以控制實驗時的變項。	葉子生長狀態		選取熟成、綠色、無蟲害的葉子，可以產生較高的發電效益。






暗箱萃取葉綠素		葉綠素照光後容易光解，為避免光影響葉綠素的萃取，因此在暗箱萃取葉綠素萃取液。	光照量		正常光照會讓葉綠素發揮功能，提升發電效益。
萃取酒精濃度		利用 50% 的酒精萃取葉綠素會有較佳的發電效益。	不同色光		葉子照射紅光可以提升發電效益。
乾燥葉子		葉子乾燥後會有較高的發電效益，且利用微波爐乾燥效果最佳。	葉綠素萃取液濃度、靜置時間		將葉綠素萃液配置成 75%，靜置到第二天時會有最佳發電效益。
葉子撕碎程度		將葉子撕碎成 1/2 再進行乾燥會有較高的發電效益。	葉綠素		葉綠素萃取液中的葉綠素，可以讓電池產生發電效益。

研究六：不同形式電池

研究六-1：自製不同形式電池

形式一：皇宮菜葉綠素電池

(一)、自製方式：

				
選正常光照、綠色、成熟且無病蟲害的葉子，撕碎成 1/2 用微波爐烘乾，接著用 50% 酒精浸泡 4 小時調配成的葉綠素萃取液，配製成 75% 靜置到第 2 天。		利用 3D 列印，自製伏打電池裝置，將葉綠素萃取液放入裝置內，裝上電極。		成品：皇宮菜葉綠素電池。

形式二：皇宮菜葉綠素果膠電池

構思概念：

果皮經過熬煮會形成液態果膠，且果膠不溶於酒精當中，倒入酒精之後，果膠會分離出來，此固體狀的果膠為固態果膠。嘗試將含酒精的葉綠素萃取液和果膠進行反應後，製作成葉綠素果膠電池。




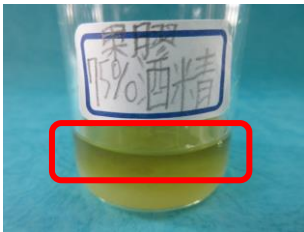


(一)、製作歷程與結果：

研究(一)-1、不同酒精濃度葉綠素萃取液，製作葉綠素果膠電池的效果：

1.實驗步驟：

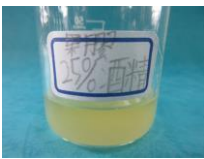

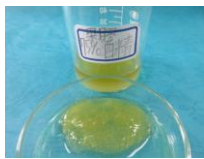
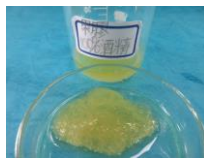
(1).製作方式如下表：

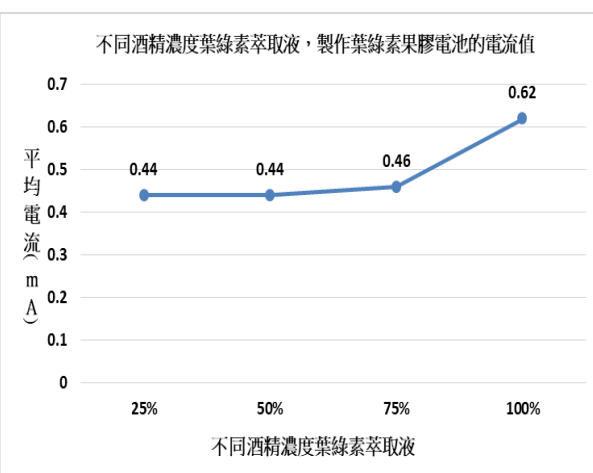
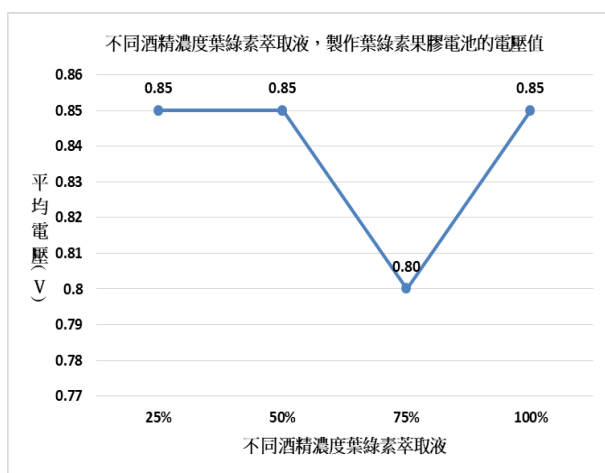
			
準備葡萄柚皮和水，比例為 50gw/500mL，煮 1 小時，以自製成液態果膠。	用 25%、50%、75% 和 100% 酒精，配製葉綠素萃取液。	將各濃度酒精所萃取葉綠素 10mL 加入 10mL 液態果膠溶液中，形成固態果膠。	有形成果膠是酒精 75%、100%，各取 15mL 葉綠素果膠，測試電壓、電流值。

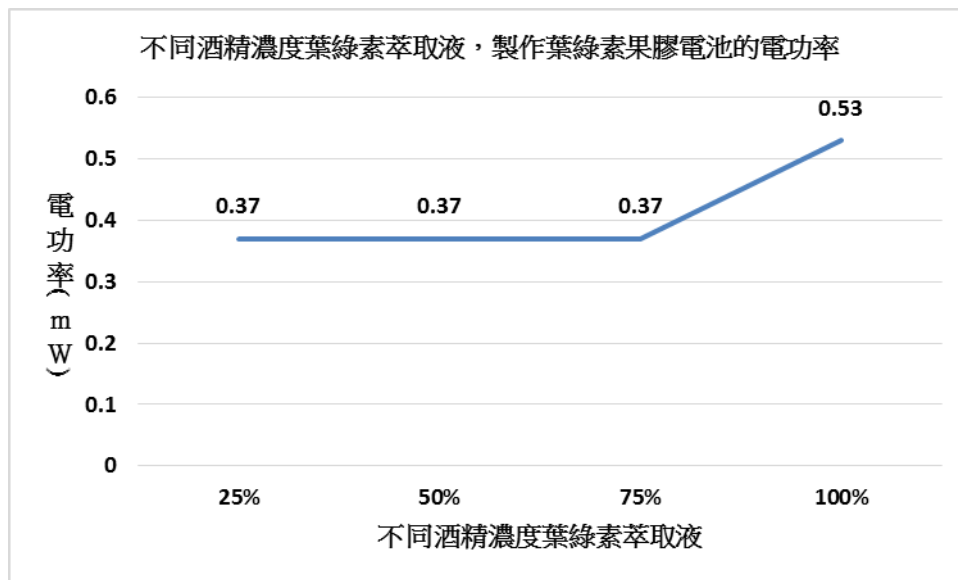
(2).比較葉綠素萃取液、無葉綠素固態果膠、含葉綠素固態果膠和萃取果膠後的殘餘溶液，各種物質的發電效益。

2.實驗結果：

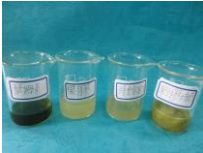
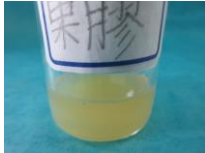
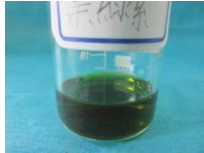
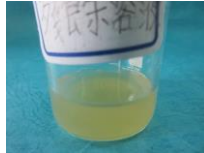
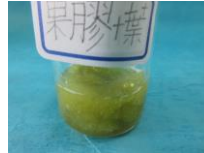
表六-1-1 不同濃度酒精葉綠素萃取液，製作葉綠素果膠電池的效果

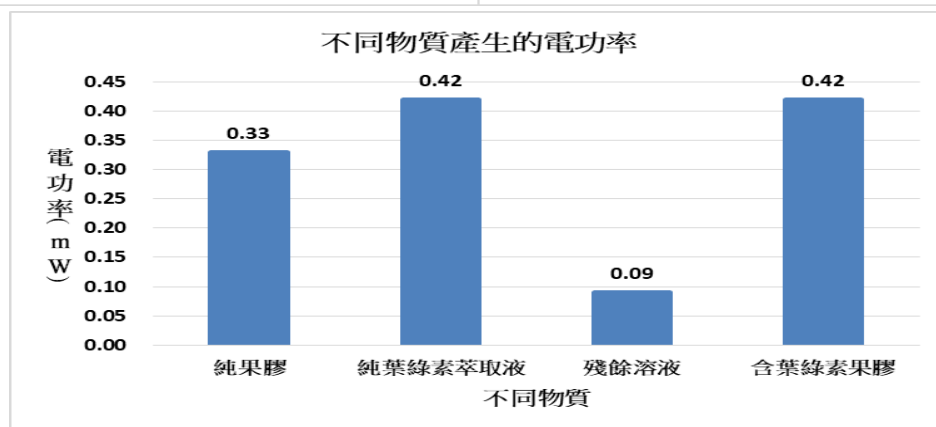
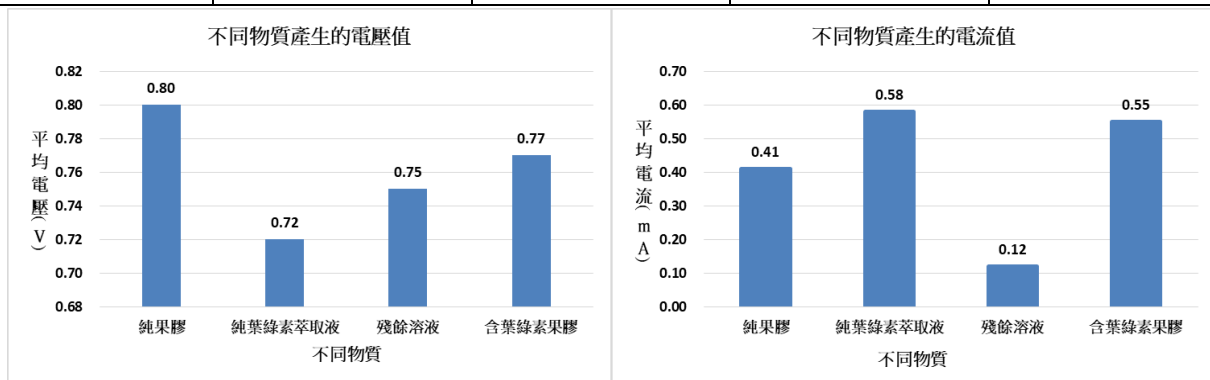
不同濃度酒精 萃取葉綠素果膠	25%	50%	75%	100%
照片				
平均電壓(V)	0.85	0.85	0.80	0.85
平均電流(mA)	0.44	0.44	0.46	0.62
電功率(mW)	0.37	0.37	0.37	0.53





表六-1-2 不同物質製作成電池的效果

不同物質	純果膠	純葉綠素萃取液	殘餘溶液	含葉綠素果膠
				
平均電壓(V)	0.80	0.72	0.75	0.77
平均電流(mA)	0.41	0.58	0.12	0.55
電功率(mW)	0.33	0.42	0.09	0.42

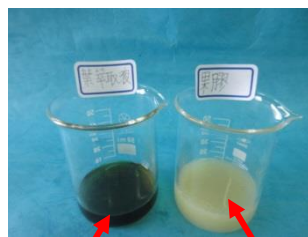


3.討論：

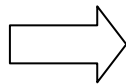
- (1).酒精濃度 75%、100%所製作葉綠素萃取液，和液態果膠反應後可以形成含葉綠素果膠。
- (2).以酒精濃度 100%所製作的葉綠素萃取液，和液態果膠反應後所形成的含葉綠素果膠，可以形成較高的發電效益。
- (3).不同物質發電效益是含葉綠素果膠 > 純葉綠素萃取液 > 純果膠 > 殘餘溶液。
- (4).純果膠和純葉綠素萃液都有不錯的發電效益，但是含葉綠素果膠有更高的發電效益。
- (5).殘餘溶液的發電效益最差，它沒有葉綠素和果膠，所以幾乎沒有發電效益。
- (6).發現含葉綠素果膠的發電效果最佳，因此我們得知葉綠素萃取液和液態果膠反應後，產生的固態果膠可以有更高的發電效益。

結論：

- 1.葉綠素果膠發電效益最高。



葉綠素萃取液和純果膠發電效益比葉綠素果膠低。



葉綠素果膠發電效益最高。

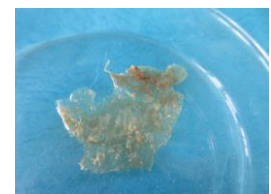
殘餘溶液發電效益最低。

- 2.果膠具有導電性，可以解決酒精在電解液中占太多比例，發電效果不佳情形。所以酒精濃度 100%所製作的葉綠素萃取液，和液態果膠反應後，就可以有最佳的發電效益。

研究(一)-2、乾燥葉綠素果膠，製作葉綠素果膠電池的效果：

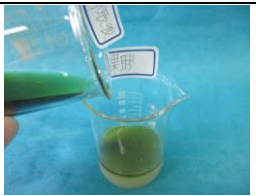

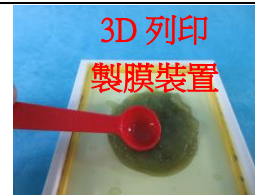

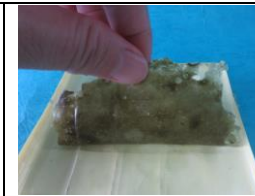
構思概念：

葉綠素果膠靜置乾燥後，發現會變成一層**薄膜**，依據此現象進行研究，以提高它的應用性，進行下列實驗。



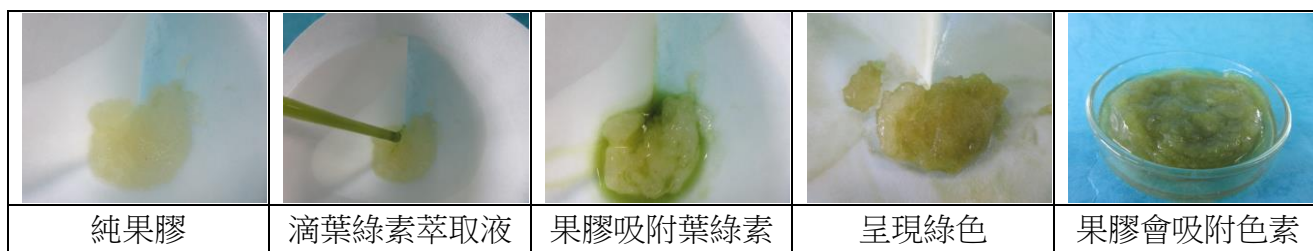
乾燥葉綠素果膠特性與應用：

A 成膜性：葉綠素果膠膜自製方式如下。

				
將葉綠素萃取液 倒入液態果膠中	自製成 葉綠素果膠	3D 列印 製膜裝置 葉綠素果膠， 放入製膜裝置中	靜置乾燥	葉綠素果膠膜

結論：葉綠素果膠乾燥後會成膜狀，這樣比液態狀的好攜帶，可提高它的應用。

B 吸附性：測試果膠的吸附性。

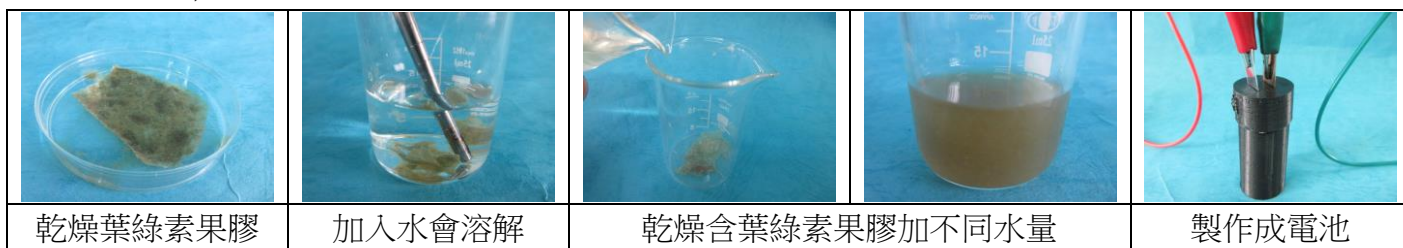


結論：果膠具有吸附色素的特性，因此葉綠素萃取液和果膠交互作用時，將葉綠素吸附在果膠裡面，提高葉綠素果膠的發電效果。

C 溶解性：測試乾燥葉綠素果膠的溶解性。

1. 實驗步驟：

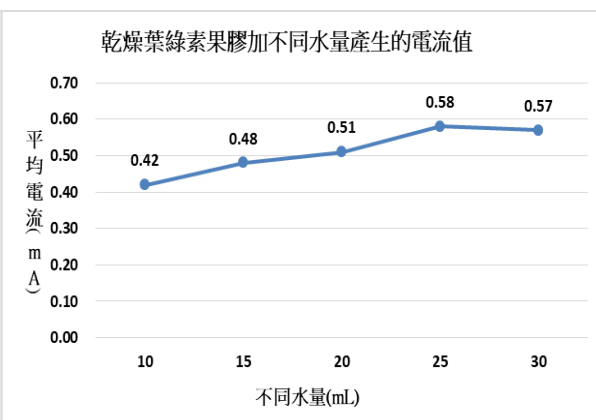
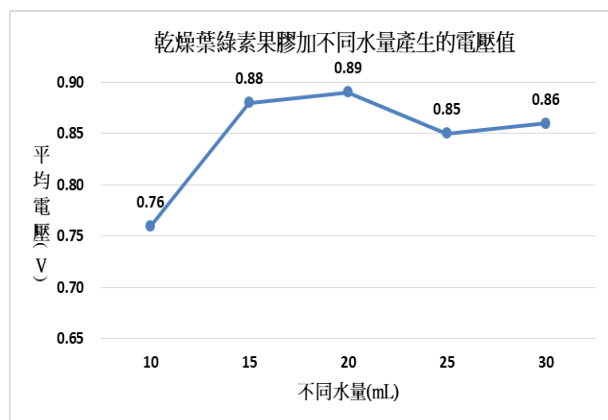
(1). 將葉綠素果膠靜置乾燥，取 0.5gw 加入不同水量的水中(10mL、15 mL、20 mL、25 mL、30 mL)，測試電壓、電流值。

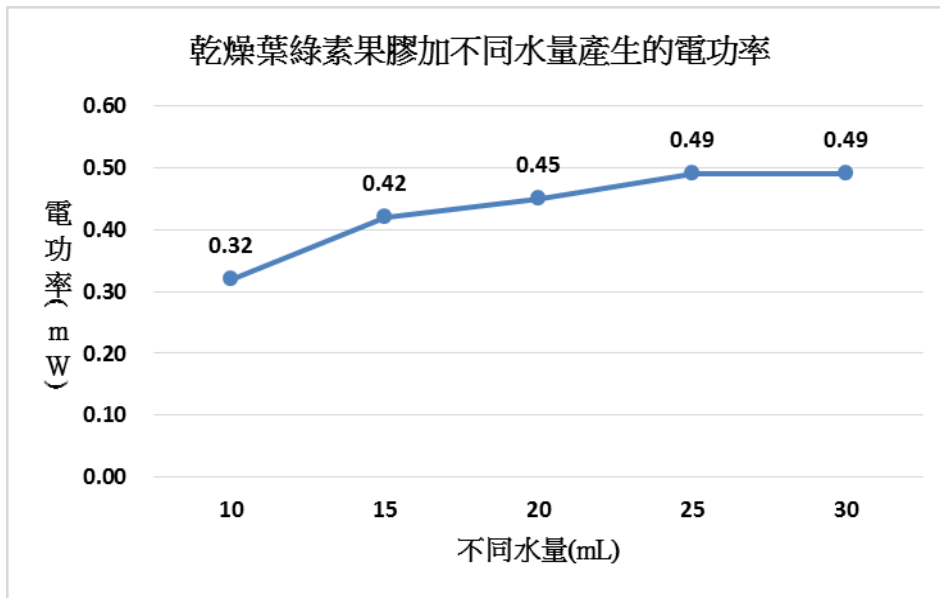


2. 實驗結果：

表六-1-3 乾燥葉綠素果膠加不同水量的發電效益

水量(mL)	10	15	20	25	30
平均電壓(V)	0.76	0.88	0.89	0.85	0.86
平均電流(mA)	0.42	0.48	0.51	0.58	0.57
電功率(mW)	0.32	0.42	0.45	0.49	0.49





3.討論：

- (1).發現含葉綠素果膠乾燥後加水之後，它會溶解在水中，且發電效果比乾燥前效果佳。
- (2).發現 0.5gw 的乾燥葉綠素果膠加入的水大概在 25mL 就可以有不錯的效果。

結論：

自製乾燥葉綠素果膠膜具有溶解性，它是一種可溶物，加水之後可以有很不錯的發電效果。

D 光解性：測試葉綠素萃取液和乾燥葉綠素果膠的光解情形。

1.實驗步驟：

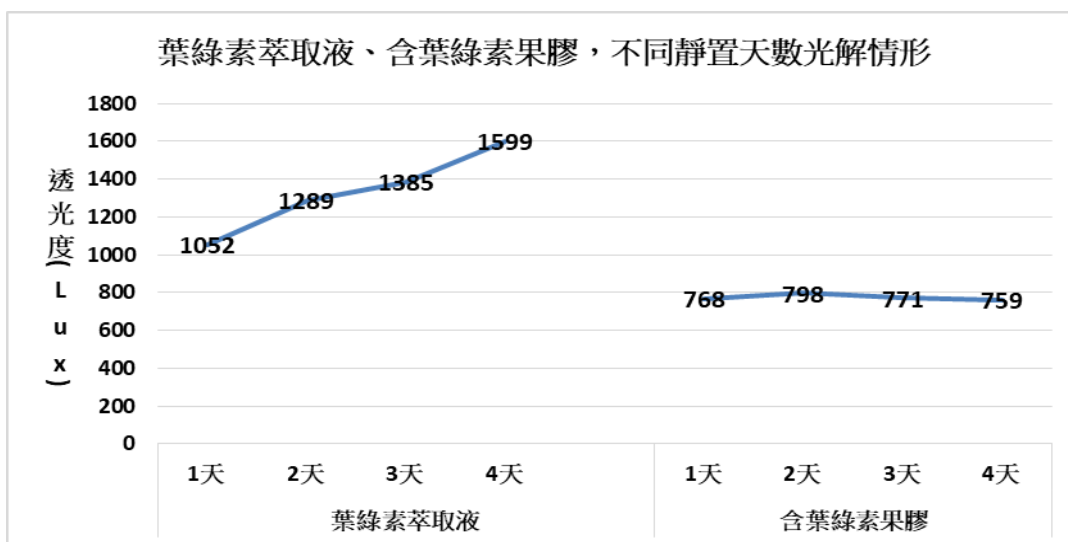
利用照度計了解葉綠素光解的情形，透光度愈高表示葉綠素光解越快。



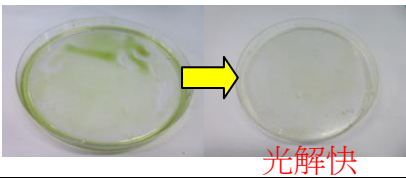
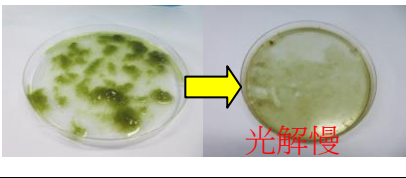
2.實驗結果：

表六-1-4 葉綠素萃取液、含葉綠素果膠，不同靜置天數光解情形

名稱	葉綠素萃取液				含葉綠素果膠			
靜置天數(天)	1	2	3	4	1	2	3	4
照片								
透光度(Lux)	1052	1289	1385	1599	768	798	771	759

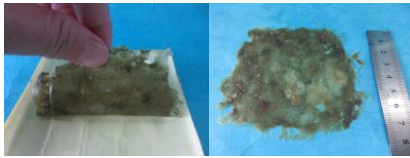


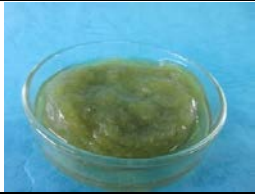
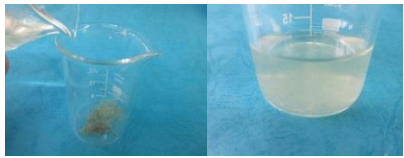

3.結論：

名稱	葉綠素萃取液	含葉綠素果膠
照片		
結果	葉綠素萃取液靜置後，所含的葉綠素會因為光解消失無法再利用來發電。	含葉綠素果膠靜置乾燥後，會讓葉綠素光解速度變慢，可以長時間保存，避免被快速光解破壞。

總結論：

1.乾燥葉綠素果膠特性與應用，整理如下：

特性	應用	照片
成膜性	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">液態狀</div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">➔</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;">固態狀膜</div> </div> <p>葉綠素果膠乾燥後會成膜，這樣比液態狀的好攜帶，可提高它的應用。</p>	






吸附性	果膠具有吸附色素的特性，因此葉綠素萃取液和果膠交互作用時，將葉綠素包覆在果膠裡面，提高葉綠素果膠的發電效果。	
溶解性	自製乾燥葉綠素果膠膜具有溶解性，可溶解於水中，加水之後可以有很不錯的發電效果。	
降光解	含葉綠素果膠靜置乾燥後，讓葉綠素光解速度變慢，可以長時間保存，避免被快速光解破壞。	

2.液態果膠和葉綠素萃取液交互作用後，可自製成乾燥葉綠素果膠。發現它具有成膜性、吸附性、溶解性和降光解等特性，葉綠素果膠膜會讓葉綠素光解速度變慢，可以延長葉綠素保存時間，攜帶上更便利，加水就能發電，提高了電池應用性，和它的發電效益。

研究(一)-3、乾燥葉綠素果膠以炭形式，製作果膠葉綠素電池的效果：

1.實驗步驟：



(1).製作方式如下：

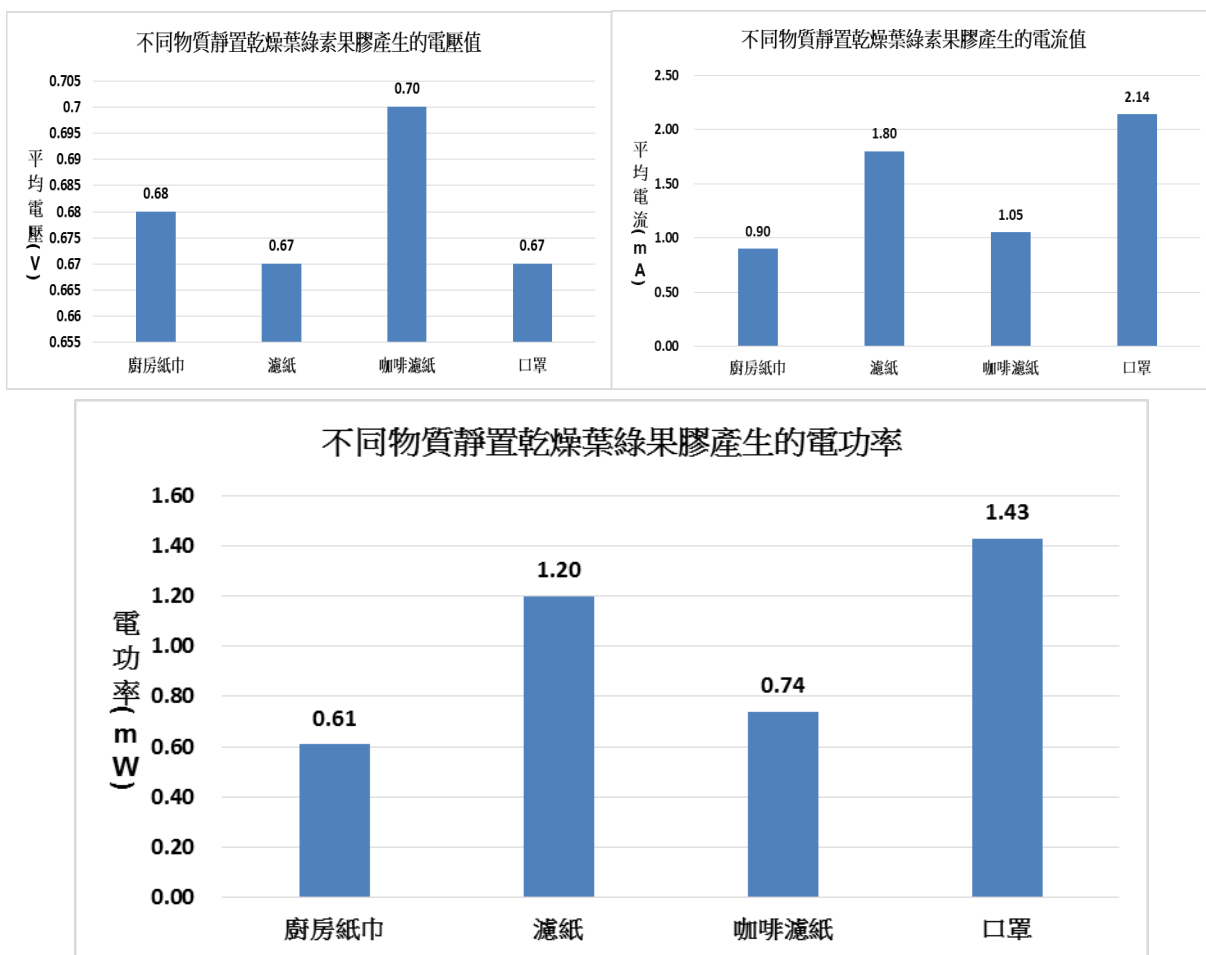
				
葉綠素果膠膜	0.5gw 放在咖啡濾紙上，滴 10mL 水	咖啡濾紙會吸附溶解的葉綠素	加上 20gw 的炭粉放在鋁盤上	測試電壓、電流值有發電效益

(2).以不同物品吸附乾燥葉綠素果膠為操縱變因，包含濾紙、咖啡濾紙、廚房紙巾、口罩等。

2.實驗結果：

表六-1-5 不同物品吸附乾燥葉綠素果膠的發電效益

物品名稱	廚房紙巾	濾紙	咖啡濾紙	口罩
照片				
平均電壓(V)	0.68	0.67	0.70	0.67
平均電流(mA)	0.90	1.80	1.05	2.14
電功率(mW)	0.61	1.20	0.74	1.43



3.討論：

發現效果最佳的是利用口罩內層。

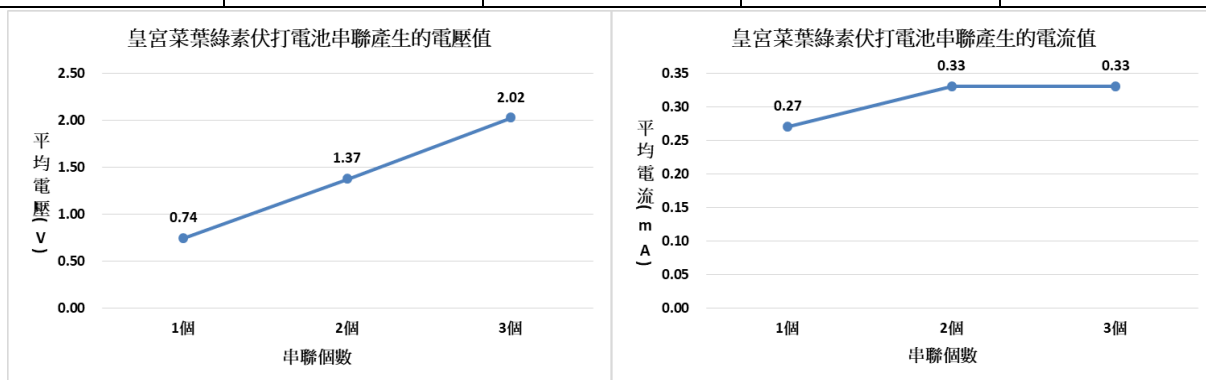
研究六-2：實際應用

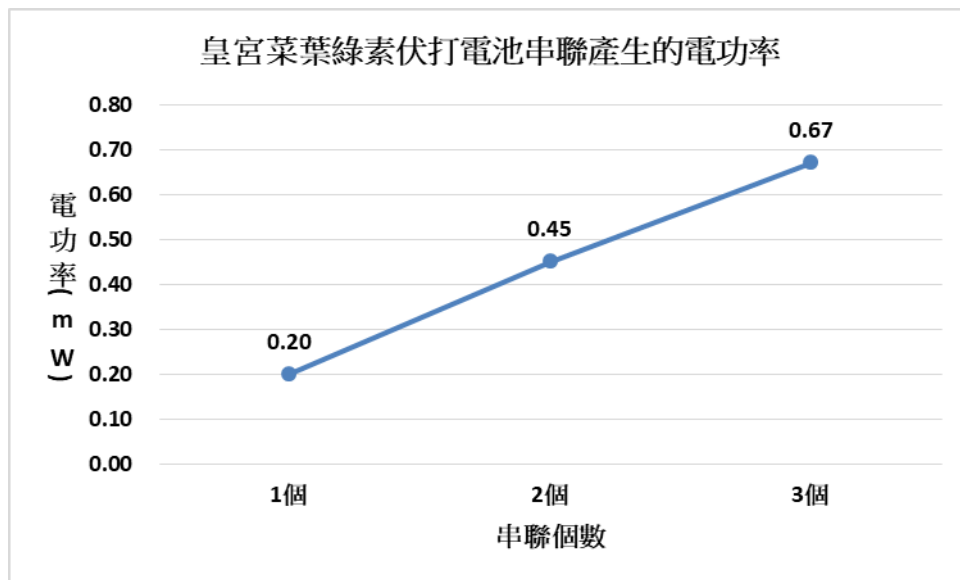
研究綜合上面的研究發現，將效果較佳的電池形式，進行串聯測試發電效益。

一、皇宮菜葉綠素伏打電池：

表六-2-1 皇宮菜葉綠素伏打電池串聯的發電效益

串聯個數	平均電壓(V)	平均電流(mA)	電功率(mW)	LED 燈
1	0.74	0.27	0.20	沒亮
2	1.37	0.33	0.45	沒亮
3	2.02	0.33	0.67	微微亮

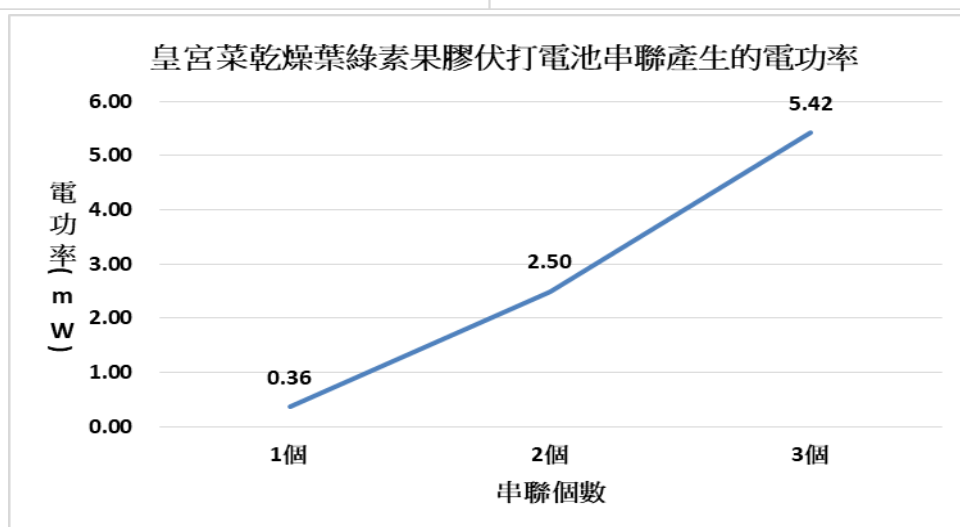
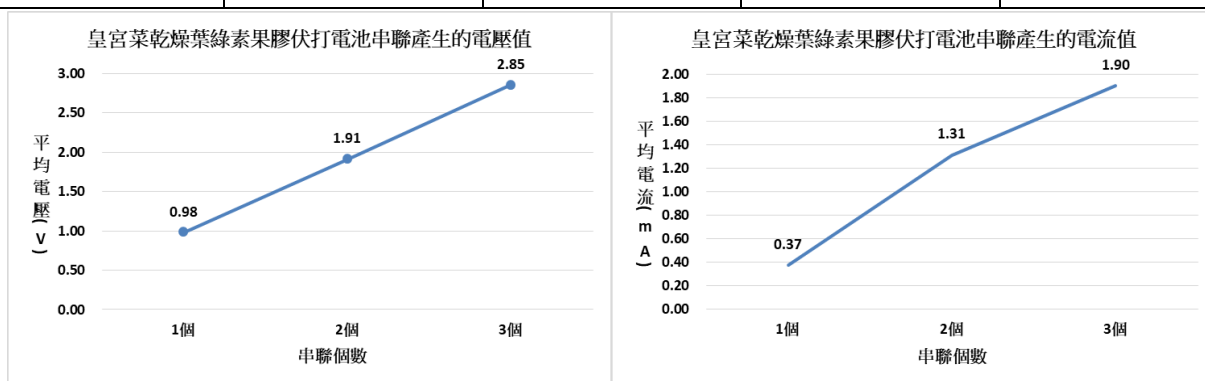




二、皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池：

表六-2-2 皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池串聯的發電效益

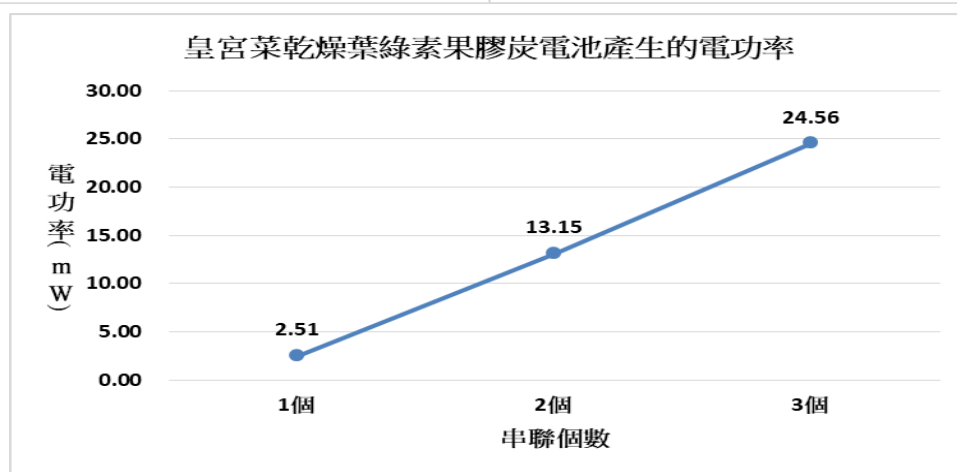
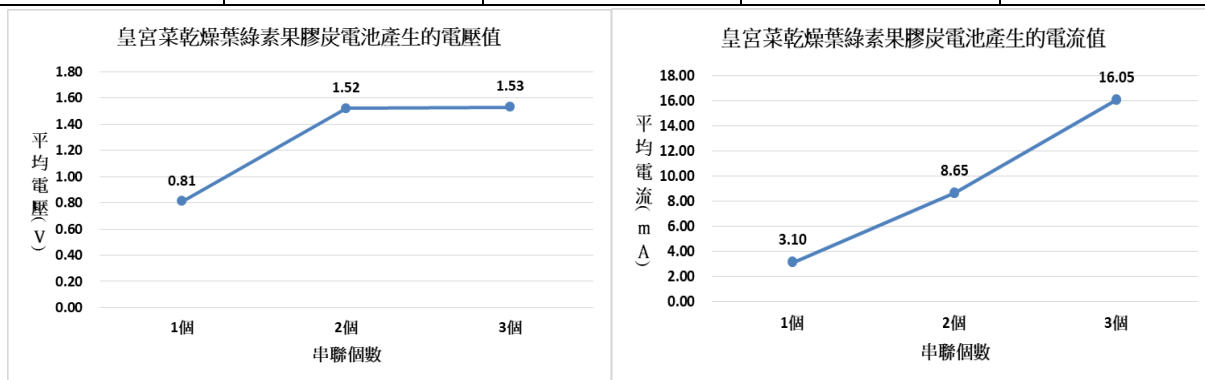
串聯個數	平均電壓(V)	平均電流(mA)	電功率(mW)	LED 燈
1	0.98	0.37	0.36	沒亮
2	1.91	1.31	2.50	微亮
3	2.85	1.90	5.42	亮



三、皇宮菜乾燥葉綠素果膠炭電池：

表六-2-3 皇宮菜乾燥葉綠素果膠炭電池串聯的發電效益

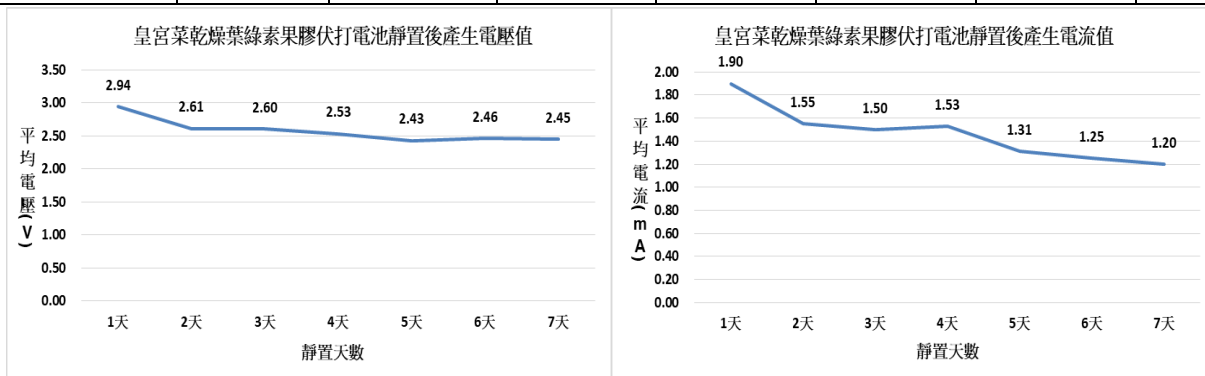
串聯個數	平均電壓(V)	平均電流(mA)	電功率(mW)	LED 燈
1	0.81	3.10	2.51	沒亮
2	1.52	8.65	13.15	微亮
3	1.53	16.05	24.56	亮

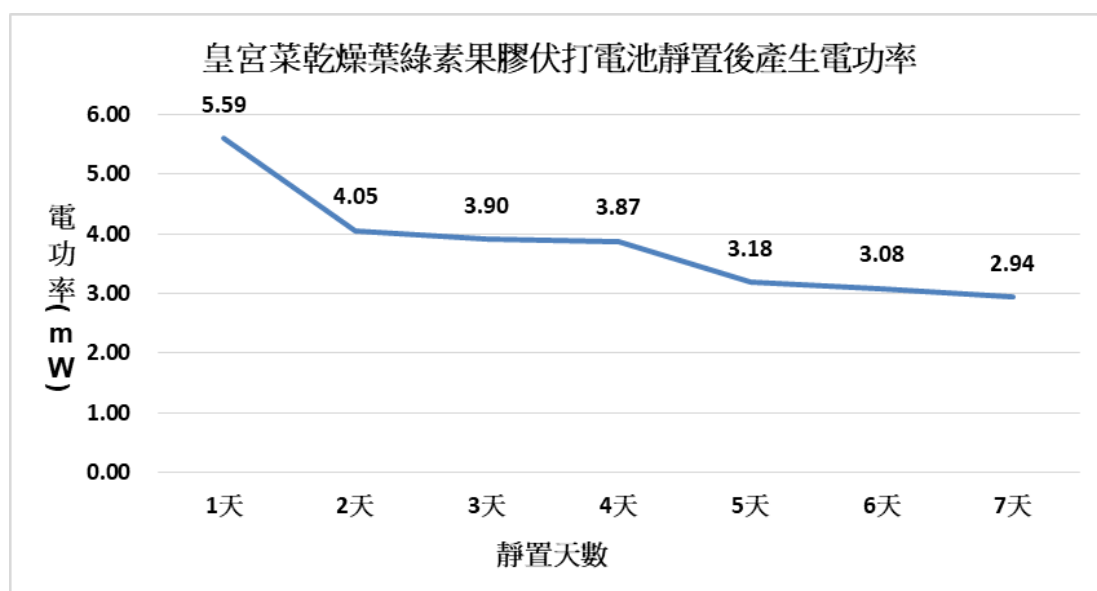


延伸實驗：皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池，靜置後的發電效益。

表六-2-4 皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池靜置後的發電效益


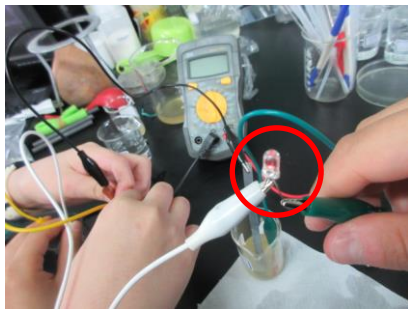
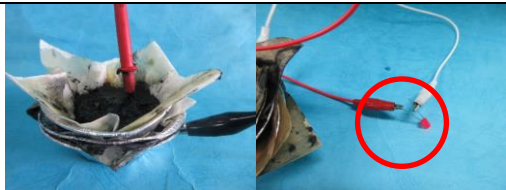
靜置天數	1天	2天	3天	4天	5天	6天	7天
平均電壓(V)	2.94	2.61	2.60	2.53	2.43	2.46	2.45
平均電流(mA)	1.90	1.55	1.50	1.53	1.31	1.25	1.20
電功率(mW)	5.59	4.05	3.90	3.87	3.18	3.08	2.94
LED 燈	亮	亮	亮	亮	亮	亮	亮





結論：

- 1.發現不論何種形式的電池，串聯的個數越多，發電效益越高。
- 2.自製各形式電池串聯後都可以讓 LED 燈發亮。
- 3.將各形式電池整理如下表：

名稱	電解液	照片	結果
皇宮菜葉綠素伏打電池	選取正常光照、綠色、成熟且無病蟲害的葉子，撕碎成 1/2 大小用微波爐烘乾，接著用 50%酒精浸泡 4 小時調配成的葉綠素萃取液，配製成 75%靜置到第 2 天。		發現串聯 3 個皇宮菜葉綠素伏打電池，會讓 LED 燈亮起來。
皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池	10mL 葉綠素萃取液加入 10mL 的液態果膠中萃取出固態果膠，靜置乾燥後，取 0.5gw 加入 25mL 水。		發現串聯 2 個皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池，就會讓 LED 燈亮起來，串聯 3 個的時候，發現亮度會更亮。
皇宮菜乾燥葉綠素果膠炭電池	液態果膠 0.5gw 鋪平在口罩內層上，加上 10mL 的水，加上炭粉後，放置在鋁盤上。		發現串聯 2 個皇宮菜乾燥葉綠素果膠炭電池，也會讓 LED 燈亮起來。

- 4.以皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池進行測試，靜置多天後，仍然有很高的發電效益和驅動 LED 燈。

柒、研究結論

- 1.我們將皇宮菜的莖利用扦插的方式進行栽種，直接在皇宮菜生長過程中進行實驗，進一步依照皇宮菜葉的特性找到最佳自製葉綠素萃取液的方式，也降低了實驗過程中皇宮菜葉選取所形成的誤差。
- 2.葉綠素照光後容易光解失去效用，為避免萃取歷程中受到光照的干擾，我們利用暗箱進行萃取葉綠素。
- 3 我們發現皇宮菜葉乾燥後，浸泡酒精就可以萃取出葉綠素，不需用加熱或攪打再過濾的方式，且這樣的發電效果比利用濕的菜葉效果高。進一步發現可以使用微波爐來乾燥，這樣受熱均勻、速度快、時間短，葉片內的葉綠素被破壞掉的量會較少，因此發電效益較佳。
- 4.發現了不論濕的或乾的皇宮菜葉在紫外線燈的照射下，都是以 100%酒精呈現紅光最為明顯，這表示 100%酒精可以萃取出較多的葉綠素，但因為酒精不導電，所以 100%酒精的電功率並不是最高的，卻是以 50%的酒精所萃取的效果最佳。
- 5.發現撕成 1/2 大小的葉子，所自製的葉綠素萃取液發電效果比整片、揉爛效果高。
- 6.發現成熟、綠色、沒有蟲害的皇宮菜葉，光合作用能力較強，所含葉綠素較豐富，因此製作的葉綠素萃取液，可以有較高的發電效益。
- 7.在不同生長狀態的變項中，成熟度對發電效果的影響較大，成熟後顏色有些枯黃、斑點也可以有不錯的發電效果，葉子成熟才會有較多的能量，可以形成較高的發電效益。
- 8.把葉綠素萃取液中的葉綠素多次過濾後，發電效果會越來越差。葉綠素萃取液中的葉綠素，可以讓電池產生發電效益。
- 9.皇宮菜必須照光，進行足夠光合作用，才能讓葉綠素發揮作用，如果減少光照時間，就會影響到發電效果。且皇宮菜葉照射紅光可以提升發電效益。
- 10.皇宮菜葉綠素萃取液調降到 50%後，發電效益會變低。將葉綠素萃取液配置成 75%，靜置後，發電效益不會一下子就降低，在第二天時反而有更高的發電效益。
- 11.最佳葉綠素萃取液製作方式，選正常光照、綠色、成熟且無病蟲害的葉子，撕碎成 1/2 大小，用微波爐烘乾，接著用 50%酒精浸泡 4 小時調配成的葉綠素萃取液，配製成 75%靜置到第 2 天。
- 12.葉綠素萃取液和液態果膠反應後，產生的固態果膠可以有更高發電效益，比純葉綠素萃取液和純果膠的發電效益高。殘餘溶液最差，它沒葉綠素和果膠，所以幾乎沒有發電效益。
- 13.一開始，發現利用 50%酒精萃取葉綠素效果較佳，因為 100%酒精可以萃取出較多的葉綠素，但因為酒精不導電，無法發揮葉綠素效果。最後在自製葉綠素果膠時，發現果膠具有導電性，解決了酒精在電解液中占太多比例，發電效果不佳情形。所以酒精濃度 100%所製作的葉綠素萃取液，和液態果膠反應後，就可以有最佳的發電效益。
- 14.液態果膠和葉綠素萃取液交互作用後，可自製成乾燥葉綠素果膠。發現它具有成膜性、吸附性、溶解性和降光解等特性，葉綠素果膠膜會讓葉綠素光解速度變慢，可以延長葉綠素保存時間，攜帶上更便利，加水就能發電，提高了電池應用性，和它的發電效益。
- 15.研究發展出皇宮菜葉綠素伏打電池、皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池、皇宮菜乾燥葉綠素果膠炭電池等，自製各形式電池串聯後都可以讓 LED 燈發光。一種在製作、產生電力和丟棄處理歷程中，對於環境衝擊影響較少、污染性較低的綠能電池。

捌、參考資料

- 1.顏世枋等(2018)。水溶液的性質。自然與生活科技五下。台南市：南一。
- 2.顏世枋等(2018)。珍愛家園。自然與生活科技六下。台南市：南一。
- 3.全國科展第 56 屆，國小化學「豐功偉『葉』~做一顆最佳『綠能』可充式行動電池之研究」。
- 4.全國科展第 56 屆，國小化學「蓮霧葉葉綠素電池—家鄉綠能產業相關研究」。
- 5.全國科展第 59 屆，國小化學「葉來 YA 有電---葉綠素電池」。
- 6.全國科展第 61 屆，國小化學「綠電愛地球-葉綠素電池之探討」。
- 7.國語日報，110.11.17，漫天蓋地 落葵類。
- 8.維基百科 落葵。

【評語】 080213

本作品從綠能觀點出發，用自己栽種的皇宮菜製作葉綠素電池，進行有系統的研究。雖然相關的植物水果電池之類的科展作品不算少，但研究葉綠素電池，主題有關能源，值得鼓勵。此外是很少有自己栽種植物的，本研究自行栽種皇宮菜並以它為材料，自製綠電池的電解液，找出最佳化的條件，並報導用紅光照射的皇宮菜液果膠有較佳的效果，工作仔細且得到不錯的結果，又製作出果膠電池讓 LED 燈發亮，另外在電池的製作上，也依據萃取出來的形式不同而有不同的電池型態，值得嘉許。

一些建議：工作內容相當豐富。但是在報告整理上可以再精進，因為本作品的實驗細項很多，其間的連結邏輯沒有很清楚的交代，看起來比較鬆散，應可嘗試去蕪存菁，重新整理什麼是最重要的、一定要報告的數據，把沒有相關的數據移除，讓報告的邏輯性更好。此外需要做長時間電池反應才能知道其效能的好壞，且電池仍須要串聯多顆，其電池效率須加強。

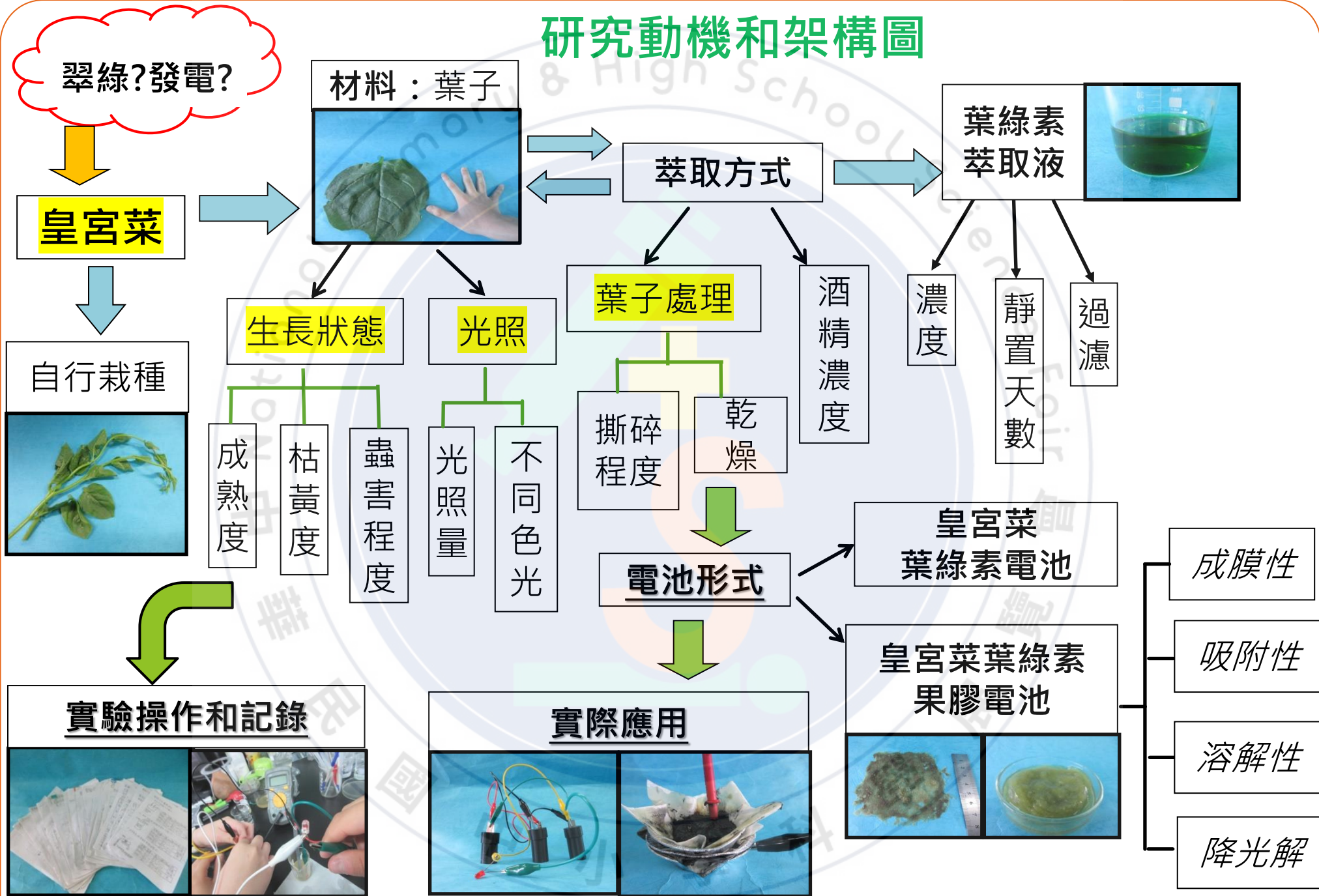
作品簡報

皇宮聚膠綠電池

組別:國小組

科別:化學科

研究動機和架構圖



研究設計

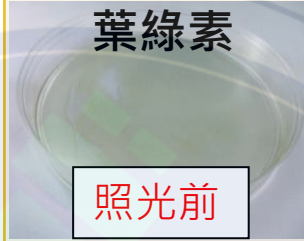
一、自行栽種皇宮菜：



利用莖扦插栽種、
給予陽光、澆水

生長茂盛的皇宮菜。

二、葉綠素萃取方式：



葉綠素在陽光下**光解**的狀況，
葉綠素照光後會不見。

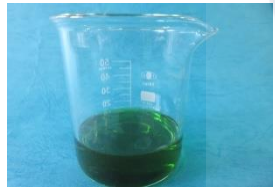
暗箱



菜葉浸泡酒精，放入暗箱萃取葉綠素。

三、電池發電效益的測試方式：

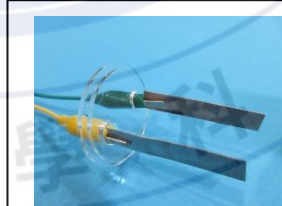
電解液：不同方式自製的物質，如各葉綠素萃取液、含葉綠素果膠。



三用電表：
測試不同樣式電池的發電效益。

取穩定值

正極、負極：
分別用鋅、銅片，
作為正負極片。



固定器：固定電極和電線。

研究過程與結果

研究一-1：探討不同濃度酒精、萃取濕乾皇宮菜葉

一、實驗步驟、結果：



摘取自己栽種的皇宮菜葉

利用烘乾機，烘乾皇宮菜葉

葉綠素

不同濃度酒精、萃取濕乾皇宮菜葉的電功率



不同濃度酒精、萃取濕乾皇宮菜葉，紫外線燈照射的情形

酒精濃度	25%	50%	75%	100%
濕的皇宮菜葉				
乾燥皇宮菜葉				

研究一-2：探討不同乾燥方式對發電效益的影響

(一)、實驗步驟：



乾燥
4小時

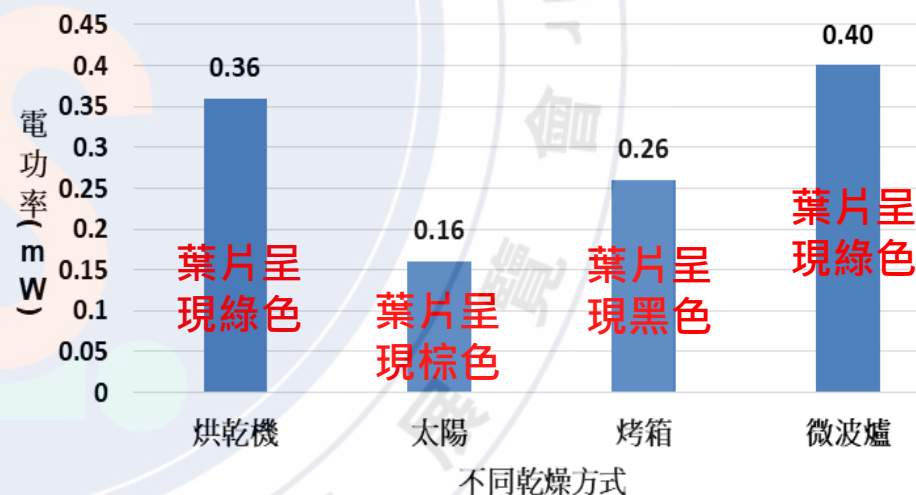
太陽下需
一星期

小火下需
5分鐘

微波下需
5分鐘

(二)、實驗結果：

不同乾燥方式產生的電功率



結論： 將皇宮菜葉利用微波爐烘乾去除水分後，用50%的酒精所萃取出來的葉綠素萃取液，做為電解液時候，可以有較高的發電效益。

研究三：不同生長狀態皇宮菜葉對發電效益的影響

(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：



結論：1.成熟、綠色、沒有蟲害的皇宮菜葉，光合作用能力較強，所含葉綠素較豐富，因此製作的葉綠素萃取液，可以有較高的發電效益。

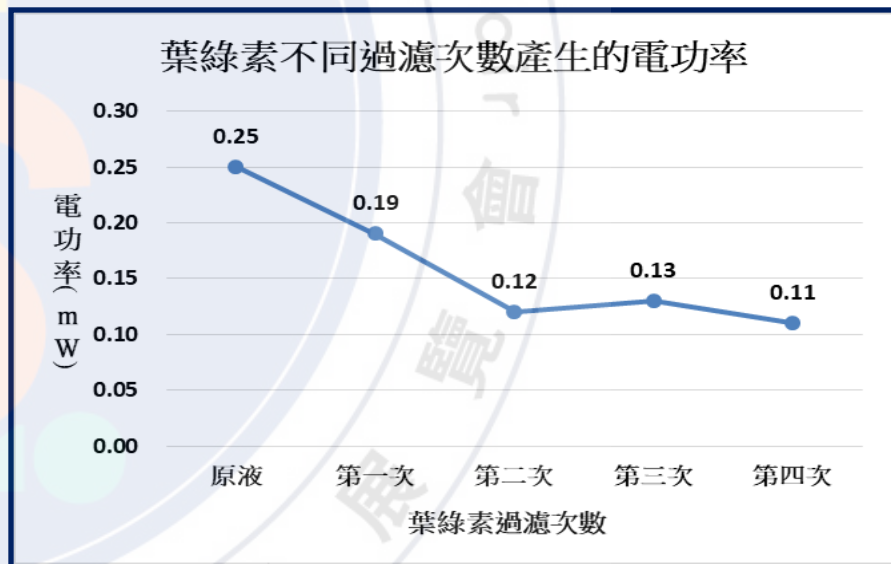
2.成熟度對發電效果的影響較大，成熟後顏色有些枯黃、斑點也可以有不錯的發電效果。

延伸實驗：葉綠素對皇宮菜葉發電效益的影響。

(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：



結論：我們利用過濾葉綠素的方式進行實驗，這和全國科展第61屆「綠電愛地球-葉綠素電池之探討」用添加葉綠素的方式不同，但一樣發現葉綠素會影響發電效益。

研究四：研究光對皇宮菜葉發電效益的影響

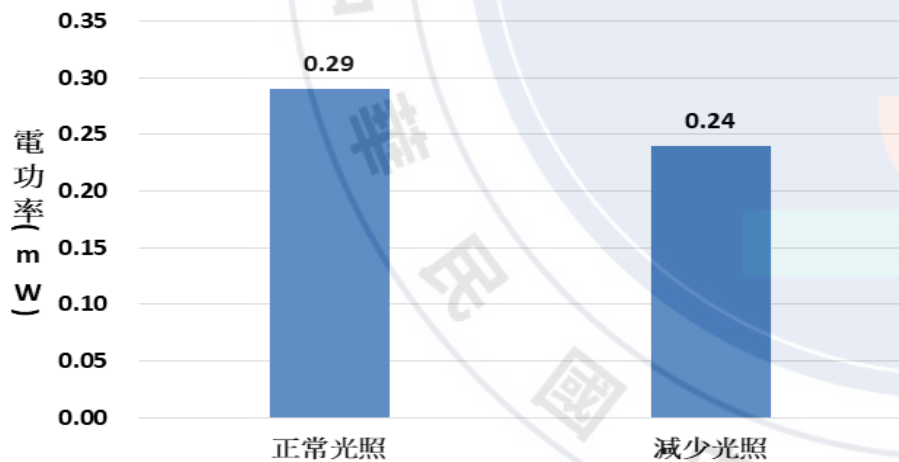
研究四-1：探討光照量對皇宮菜葉發電效益的影響

(一)、實驗步驟：

組別	實驗組	對照組
照片		
說明	葉子包上黑色紙張 減少光照量	皇宮菜葉接受 正常光照

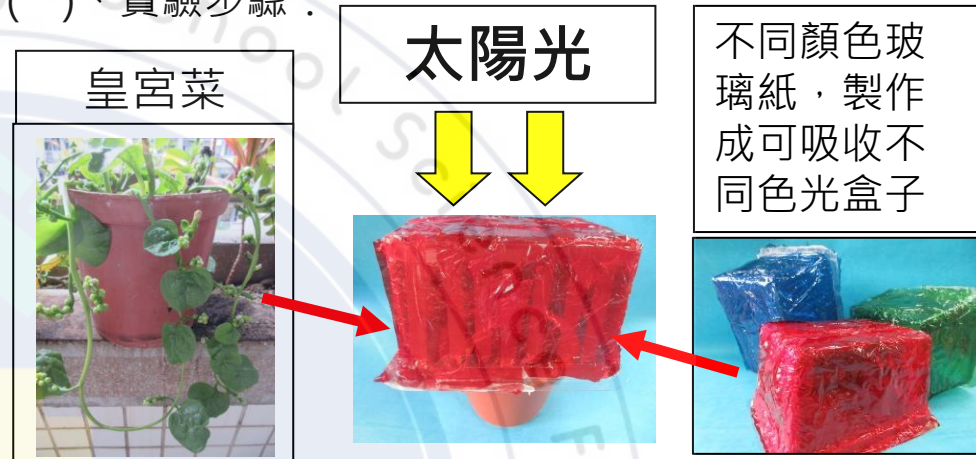
(二)、實驗結果：

不同光照程度產生的電功率



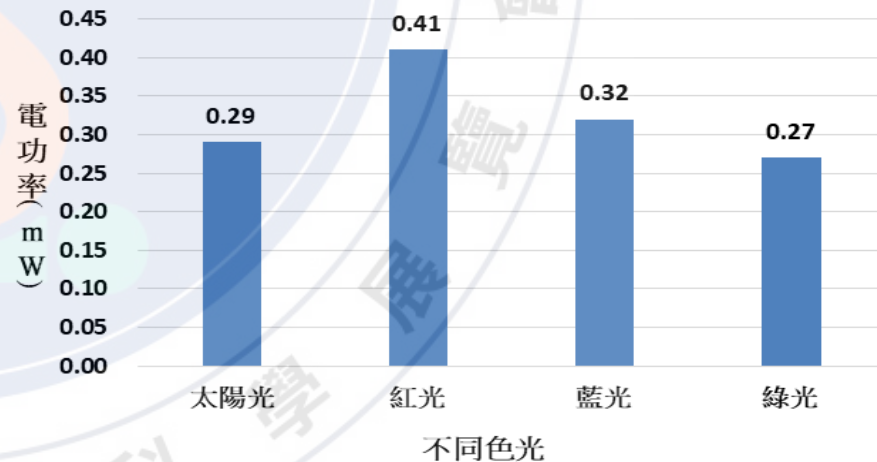
研究四-2：探討不同色光對皇宮菜葉發電效益的影響

(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

不同色光產生的電功率



結論：皇宮菜必須照光，進行足夠光合作用，才能讓葉綠素發揮作用，如果減少光照時間，就會影響到發電效果。且皇宮菜葉照射紅光可以提升發電效益。

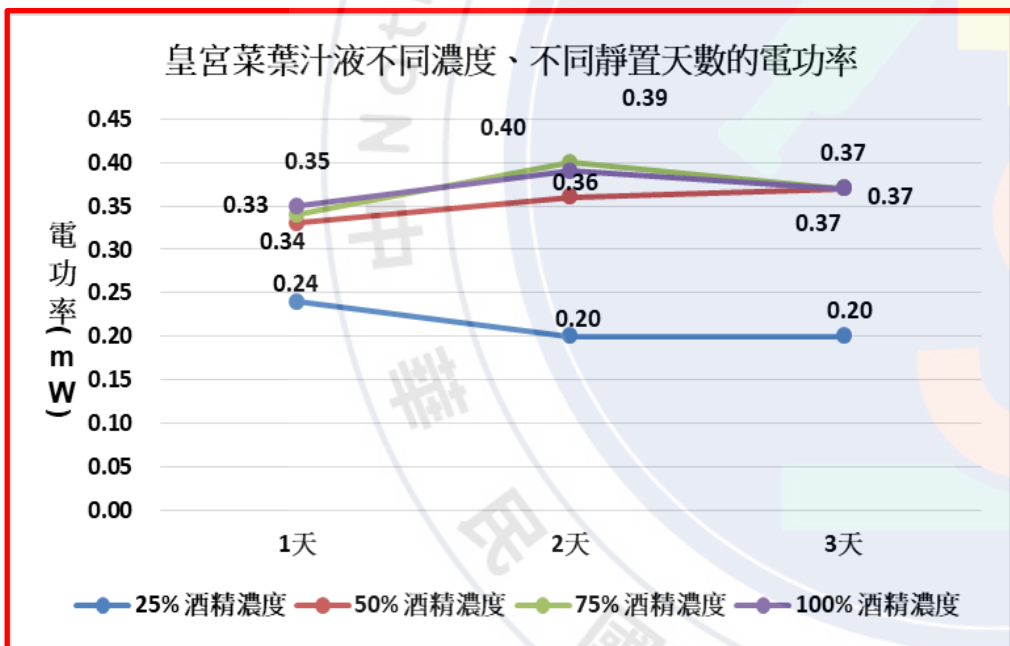
研究五、研究皇宮菜葉汁液不同濃度、不同靜置天數

總結論：產生較佳發電效益的方式，整理如下。

(一)、實驗步驟：

	25%	50%	75%	100%
葉綠素萃取液濃度				
配製方式	18mL 水 +6mL 葉綠素	7.5mL 水 +7.5mL 葉綠素	6mL 水 +18mL 葉綠素	15mL 葉綠素萃取液

(二)、實驗結果：



結論：在濃度實驗上，不同其它研究，我們直接調整葉綠素萃取液的濃度，加上靜置天數，進行研究。發現將葉綠素萃取液的濃度調降靜置後，可以有更高的發電效益。

項目	照片	項目	照片
自行栽種		生長狀態	
暗箱萃取		光照量	
酒精濃度		不同色光	
乾燥葉子		葉綠素萃取液	
撕碎程度		葉綠素	

研究六-1：自製不同形式電池

形式一：皇宮菜葉綠素電池

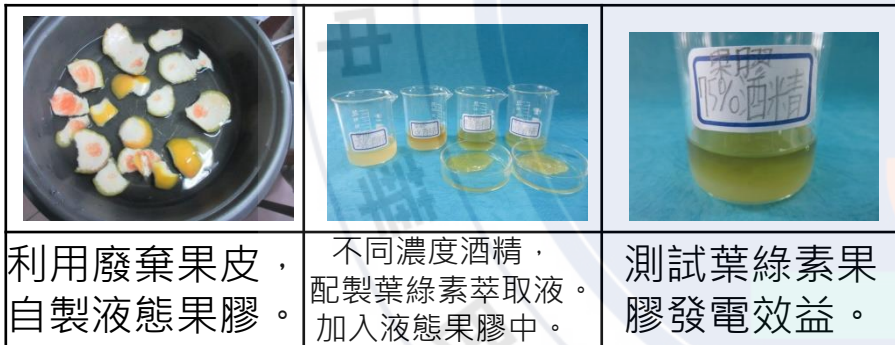


利用**3D列印**，自製伏打電池裝置，將葉綠素萃取液放入裝置內，裝上電極。

成品：
皇宮菜葉綠素電池。

形式二：皇宮菜葉綠素果膠電池

1. 自製方式和測試：



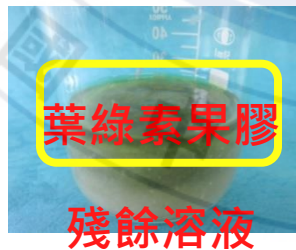
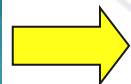
利用廢棄果皮，自製液態果膠。

不同濃度酒精，配製葉綠素萃取液。加入液態果膠中。

測試葉綠素果膠發電效益。

葉綠素
萃取液

液態果膠

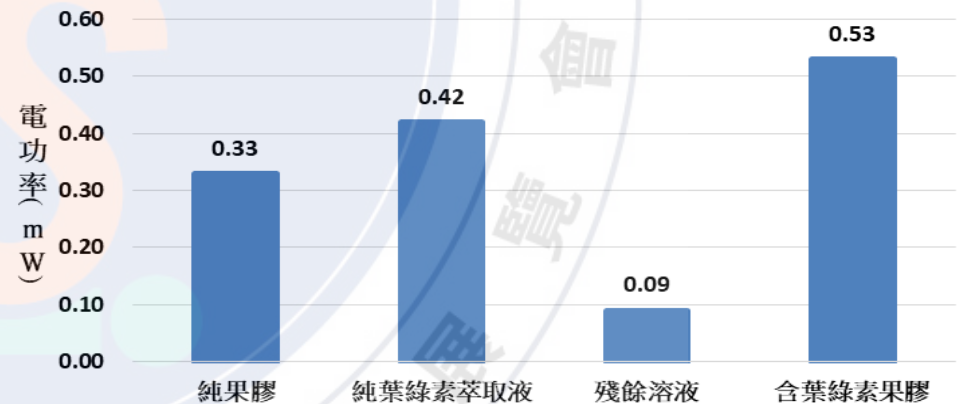


2. 實驗結果：

不同酒精濃度葉綠素萃取液，製作葉綠素果膠電池的電功率



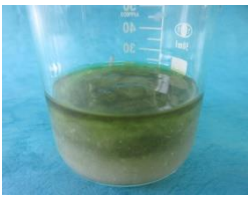


不同物質產生的電功率



結論：葉綠素萃取液和液態果膠反應後，產生的固態果膠可以有更高發電效益，比純葉綠素萃取液和純果膠的發電效益高。殘餘溶液最差，它沒葉綠素和果膠，所以幾乎沒有發電效益。

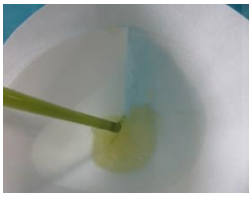


研究(一)-2、乾燥葉綠素果膠特性與應用：

A 成膜性：葉綠素果膠膜自製方式。

		
自製 葉綠素果膠	靜置乾燥	自製成葉綠 素果膠膜

結論：葉綠素果膠乾燥後會成膜狀，這樣比液態狀的好攜帶，可提高應用。

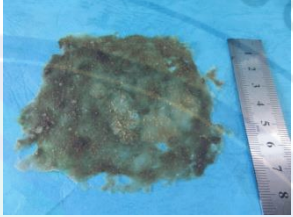


B 吸附性：測試果膠的吸附性。

		
葉綠素滴在 純果膠上	淡黃色果膠 會變成綠色	果膠有吸附 色素特性

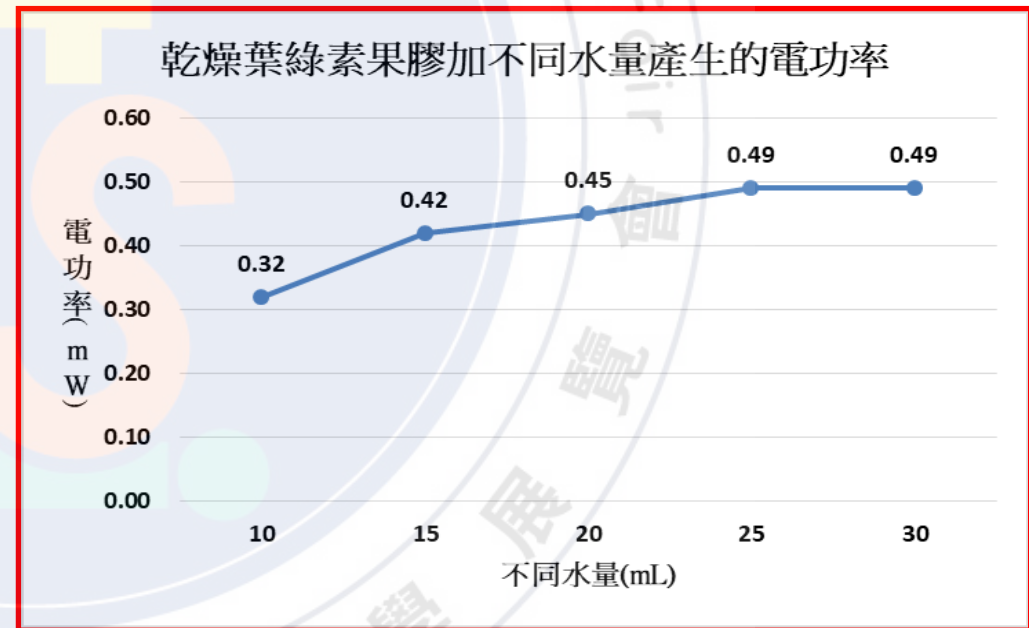
結論：因此葉綠素萃取液和果膠交互作用時，將葉綠素吸附在果膠裡面，提高葉綠素果膠的發電效果。

C 溶解性：測試乾燥葉綠素果膠的溶解性。

1. 實驗步驟：

		
乾燥葉綠素果膠	加水就會溶解	製作成電池

2. 實驗結果：



結論：自製乾燥葉綠素果膠膜具有溶解性，它是一種可溶物，加水之後可以有很不錯的發電效果。

D光解性：1.自製測試裝置如下。

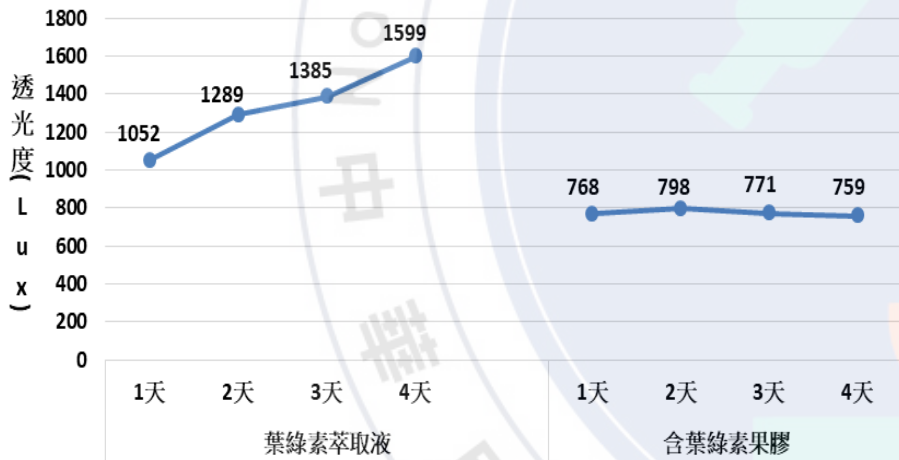
照度計：
測試透光度，了解光解情形。



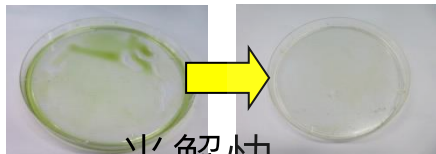
手電筒：
放置黑色圓筒內，形成一致性光源。

2.實驗結果：

葉綠素萃取液、含葉綠素果膠，不同靜置天數光解情形



葉綠素萃取液



光解快

含葉綠素果膠

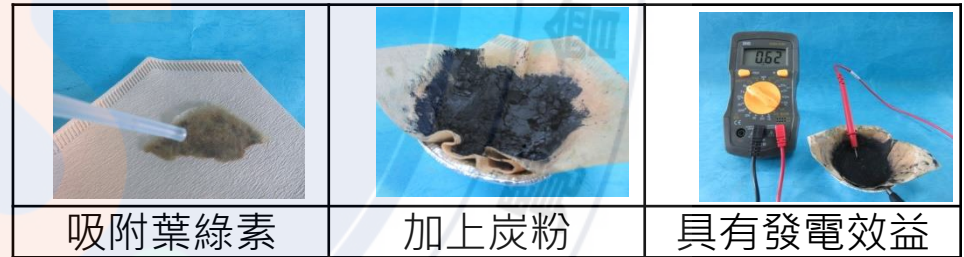


光解慢

葉綠素果膠膜靜置後，製作成電池的發電量

物質名稱	葉綠素萃取液		固態果膠		葉綠素果膠膜	
	前	後	前	後	前	後
靜置前後						
平均電壓(V)	0.74	0.58	0.80	0.99	0.98	0.90
平均電流(mA)	0.46	0.03	0.41	0.24	0.37	0.46
電功率(mW)	0.34	0.02	0.33	0.24	0.36	0.41
變化率	剩下6%發電量		剩下73%發電量		變成114%發電量	

研究(一)-3、乾燥葉綠素果膠以炭形式：



結論：發現乾燥葉綠素果膠具有成膜性、吸附性、溶解性和降光解等特性，葉綠素果膠膜會讓葉綠素光解速度變慢，可以延長葉綠素保存時間，攜帶上更便利，加水就能發電，提高了電池應用性，和它的發電效益。

研究六-2：實際應用：

一、皇宮菜葉綠素伏打電池：

個數	電功率(mW)	LED燈	
1	0.20	沒亮	
2	0.45	沒亮	
3	0.67	微微亮	

二、皇宮菜乾燥葉綠素果膠伏打電池：

個數	電功率(mW)	LED燈	
1	0.36	沒亮	
2	2.50	微亮	
3	5.42	亮	

三、皇宮菜乾燥葉綠素果膠炭電池

個數	電功率(mW)	LED燈	
1	2.51	沒亮	
2	13.15	微亮	
3	24.56	亮	

延伸實驗：靜置後的發電效益。

靜置天數	1天	3天	5天	7天
平均電壓(V)	2.94	2.60	2.43	2.45
平均電流(mA)	1.90	1.50	1.31	1.20
電功率(mW)	5.59	3.90	3.18	2.94
LED燈	亮	亮	亮	亮

研究結論

一、自製電池：

1.在形式上，研究發展出三種自製電池，各形式電池串聯後都可以讓LED燈發光。且靜置多天後，仍然有很高發電效益。

2.研究中測試的各種電解液發電效益如下，

名稱	葉綠素萃取液	液態果膠	含葉綠素果膠	殘餘溶液	乾燥葉綠素果膠膜+水
排名	3	4	2	5	1

因此將自製葉綠素果膠膜加水所配置的電解液可以有最高的發電效益。

3.在提升應用性上，液態果膠和葉綠素萃取液交互作用後，可自製成乾燥葉綠素果膠，攜帶上更便利，加水就能發電。

4.在環保上，一種在製作、產生電力和丟棄處理歷程中，對於環境衝擊影響較少、污染性較低的綠能電池。

二、分析本研究 and 歷屆作品：

項目	歷屆作品	本研究	說明
材料選取	摘取各式各樣的植物。	自行栽種皇宮菜。	可在生長過程中進行實驗，進一步依照菜葉特性自製出最佳葉綠素萃取液，和控制實驗變項。
萃取方式： 葉子處理	利用加熱或攪打再過濾的方式。	皇宮菜葉乾燥後，浸泡酒精、靜置暗箱就可以萃取出葉綠素。	發電效果比利用濕的菜葉效果高，且乾燥葉子較容易保存。
萃取方式： 酒精濃度	因酒精不具導電特性，未使用可以萃取較多葉綠素的100%酒精。	最後使用萃取較多葉綠素的100%酒精。	果膠具有導電性，因此自製葉綠素果膠，解決了酒精在電解液中占太多比例，發電效果不佳情形。
選取葉子： 生長狀態	探討成熟度和光照量	更多面向的探討，包含成熟度、枯黃度、蟲害程度、照光量。	更多變因的深入探討，更加證明光合作用能力較強，所含葉綠素較豐富，製作的葉綠素萃取液，可以有較高的發電效益。
選取葉子： 不同色光	燈加上玻璃紙形成不同色光，照射在葉綠素萃取液上。	直接在皇宮菜上照射不同色光，讓它成長過程就直接吸收。	直接利用太陽光在玻璃紙上形成紅光，不用再耗電就可以提升發電效益。
葉綠素保存 和提升效益	利用光照射葉綠素萃取液來提升發電效益。	自製葉綠素果膠膜。	葉綠素果膠膜會讓葉綠素光解速度變慢，可以延長葉綠素保存時間，且可以提高發電效益。

參考文獻：參閱作品說明書。