

彰化縣 113 學年度國民中小學學生獨立研究作品甄選

作品說明書

作品編號：

☐ 國小組

☐ 數學類

組別：

☒ 自然與科學類

☒ 國中組

☐ 人文社會類

作品名稱：「葉葉」來電真有趣

壹、研究訓練階段

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

(一)、本校獨立研究課程目標：

1. 早自修時間及周六早上時段，培訓科目為數學、英文自然科學、創意語文。
2. 輔導室統籌規劃結合熱心且具備相關指導經驗的教師組成各科教學團隊。
3. 學生依照自己興趣選擇數理或語文兩大領域，教師引導學生從課本延伸，找尋研究題材，進行主題探究。
4. 在硬體方面提供生物、理化、地科實驗研究器材、電腦設備的使用及資訊編輯軟體。
5. 提供歷年彰化縣獨立研究之成果資料供學生參閱。

(二)、本校獨立研究課程目標：

1. 提供學生適性學習，發揮潛能。
2. 培養學生探索的精神和思維之能力。
3. 培養學生解決問題、研究問題的能力。
4. 培養學習科學態度和科學道德，掌握科學研究的方法。
5. 培養學生社會責任感和互助合作的精神。

二、學校如何提供該生獨立研究訓練

(一)、資優資源班的學生：藉由獨立研究課程來訓練學生的研究能力，及情意課程來培養學生的表達與溝通能力。

(二)、非資優資源班的學生：將有興趣的學生，引導適當的指導老師，指導老師利用課餘時間，團體討論尋求研究的主題及分工來進行研究課程，並指導學生撰寫研究內容與格式，學校會提供場地與相關的設備。

結語：學校希望藉由這個過程讓學生了解生活中的問題，透過創意的想法、科學的方法、嚴謹的過程來將問題解決，

或者改善生活。

貳、獨立研究階段

摘要

本實驗目的是在探討植物汁液跟電壓反應，想要知道樹葉是否能做為電池的材料，希望未來能夠利用植物來環保發電。

我們用幾種植物來做測試，實驗中發現，黃金露花的樹葉發電效果最好。我們也將植物汁液變成固體，並將它們串聯，發現燈泡真的能夠發亮，而且串聯的數量愈多，發電效果愈好。

一、研究動機

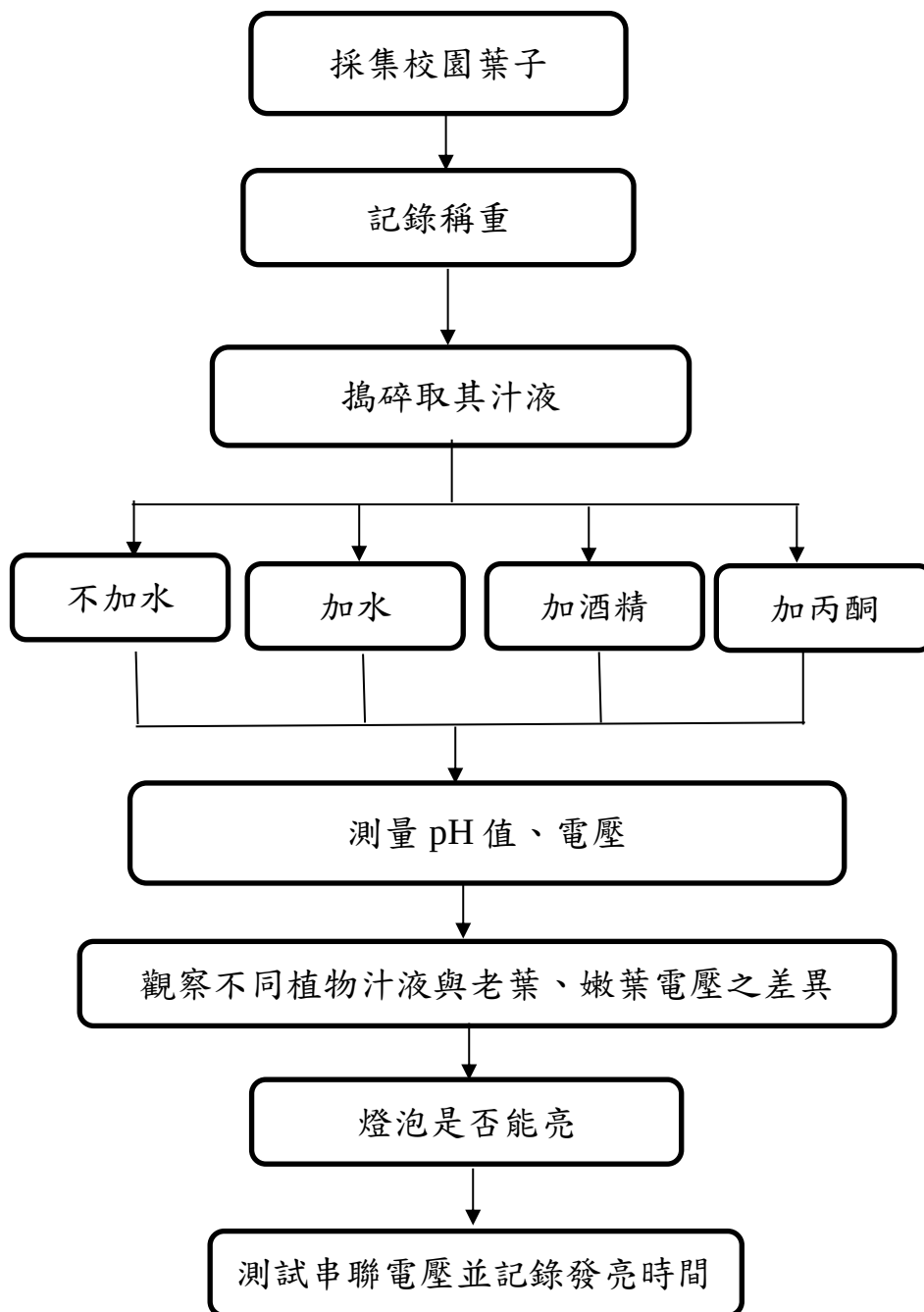
在生活中，處處都使用著電力，但能源總是不夠我們使用，全世界的人都在尋找更多的替代能源，目前台灣以火力發電為主，但卻會造成空氣環境污染。太陽能雖然是能源來源穩定的再生能源，但是建置費用又太高，沒有辦法讓每個人都使用。剛好老師有講到植物發電，我們對植物居然可以發電這件事相當的有趣，於是我們上網尋找相關資料，這時我才知道原來有些植物的汁液可以通電。真是太神奇了！

看完一些資料，我深受植物發電的吸引，發現只需採集校園植物以及準備 LED 燈泡、鋅銅片、三用電表等實驗器材就可以用植物的力量進行有機發電。由於我好奇其中的原理，於是便與同學一起請老師帶領我們探索其中的奧妙！

二、擬定正式計畫、研究目的及工作進度表

(一)、擬定正式計畫

表 2-1-1 正式計畫



(二)、研究問題

1. 研究不同植物汁液的電壓
2. 研究植物汁液在不同溫度下的 pH 值和電壓的關係
3. 研究植物汁液加入不同溶劑中的電壓與 pH 值
4. 研究葉子嫩葉與老葉的電壓與 pH 值之差異
5. 研究植物汁液凝固後串聯與電壓的關係
6. 研究植物汁液是否可使 LED 發亮

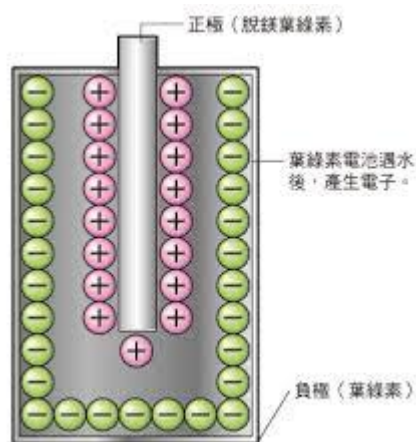
(三)、工作進度表

時間 / 工作	5/ 1 -5/ 15	5/ 16 ~5/ 31	6/ 1 ~6/ 15	6/ 16 ~6/ 30	7/1 ~ 15	7/ 16 ~7/ 31	8/ 1 -8/ 15	8/ 16 ~8 /31	9/ 1 ~9/ 15	9/ 16 ~9/ 30	10/ 1 ~10/ 15	10/ 16 ~10/ 31	11/ 1 ~11/ 15	11/ 16 ~11/ 30
擬定 研究 題目														
資料收 集／彙 整相關 文獻														
前置 工作 準備 ／實驗 試做														
正式 實驗														
數據 分析														
結果 與 討論														
撰寫 報告														

三、彙整文獻

(一) 葉綠素電池

葉綠素電池是一種有機電池，2008年由國立虎尾科技大學教授廖重賓與研究生楊秉晃、陳俊郎共同研發。其正負極由隔離膜隔開，其中正極由電解質製成，而負極上方則有碳棒用來通電，外部則由防水紙製成。不含汞、鋰等，丟棄後將被大自然分解。於任何液體中，10秒內即能發電，沒電時放入液體10秒可重複使用。成本低，售價不到新台幣5元。效率高。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。



(二) 電流、電壓和電阻

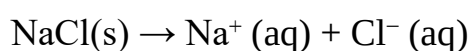
歐姆定律(Ohm's law)是指在同一電路中，通過某段導體的電流跟這段導體兩端的電壓成正比，跟這段導體的電阻成反比。該定律是由德國物理學家喬治·西蒙·歐姆 1826年4月發表的《金屬導電定律的測定》論文提出的。科爾勞施使用 Dellmann 靜電計在 1849 年研究了歐姆定律。通過電流表測量電流，象限電位表測量電位差，則依據測量結果，導體的電流強度與電位差成正比。隨研究電路工作的進展，人們逐漸認識到歐姆定律的重要性，歐姆本人的聲譽也大大提高。為了紀念歐姆對電磁學的貢獻，物理學界將電阻的單位命名為歐姆，以符號 Ω 表示。

然而並不是每一種元件都遵守歐姆定律，此定律是經過多次實驗而推斷的法則，只有在理想狀況下，才會成立。凡是遵守歐姆定律的元件或電路都稱為「歐姆元件」或「歐姆電路」或「歐姆式導體」，其電阻與電流、電壓的變動無關；不遵守歐姆定律的元件或電路稱為「非歐姆元件」或「非歐姆電路」或「非歐姆式導體」，其電阻可能會與電流、電壓的變動有關。

（三）電解質

電解質（英語：electrolyte）是指在水溶液或熔融狀態可以產生自由離子而導電的化合物。通常指在溶液中導電的物質，而固態可導電的物質則不算電解質。這包括大多數可溶性鹽、酸和鹼。有些氣體，例如氯化氫，在高溫或低壓的條件下也可以作為電解質。電解質通常分為強電解質和弱電解質。與此相對地，在溶液中可溶解但不導電的物質則稱為非電解質（英語：non-electrolyte; anelectrolyte）。

當酸，鹼，鹽被置於溶劑中時往往會形成電解質溶液，在溶劑化時水和各個組分便會由於溶劑和溶質分子之間的熱力學相互作用而離解。舉個例子，根據離解反應，當氯化鈉（NaCl）置於水中時，固態鹽會溶解成其成分中的離子：



物質還可能與水反應並產生離子。例如，二氧化碳氣體在水中溶解後會得到含有水合氫離子、碳酸根離子和碳酸氫根離子的溶液。熔融鹽也可變為電解質。例如，氯化鈉熔融時，液體導電。尤其是離子液體，它是一種熔點低於 100°C 的低溫熔融鹽高導電性的非水電解質，也正因此，它得以在各種電池中被越來越廣泛的利用。

(四)歷屆科展相關文獻

表 3-1 植物發電有關的科展、獨立研究報告

序號	名稱	作者	年份	結論
1	雜草也能做電池？	吳佳臻 范宇芮 連名好 管雅涵 游雅涵 張承涵	中華民國第 53 屆中小學科學展覽會	1.以葉綠素為電解質的方法，雜草也能萃取出葉綠素來發電。 2.「打汁過濾法」萃取出的葉綠素不會有過多的脫鎂葉綠素，發電效率較好 3.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。 4.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。
2	藻出能源，發電我最行——探討影響藻類電池發電效率之影響	陳佳旻 郭喜濤 王心駢	中華民國第 53 屆中小學科學展覽會	1.藻類電池的製作，必須要內外兩盒都充滿藻類溶液，如此才能有較好的發電效率。因為其中一盒可做為質子提供者，但仍需要另一盒做為質子接受者，如此才能維持兩盒間的質子濃度差，才能造成質子電化學梯度，使得電流能夠持續流動。 2.照射藍光與紅光對於藻類電池的發電效率提昇最顯著，而綠光則是發電效率最低。主要原因為葉綠素為綠色，因此會反射出綠色，而吸收藍光與紅光，所以當照射藍光與紅光時，葉綠素吸收效果最佳，發電效果也最佳。
3	豐功偉『葉』~做一顆最佳『綠能』可充式行動電池之研究	洪千卉 許子謙 盧瑋澤 陳語柔	中華民國第 56 屆中小學科學展覽會	1.以 75%酒精隔水加熱，水 60 度時，定溫十分鐘的萃取方法能萃取出較高含量的葉綠素。 2.為方便攜帶性，在 50 毫升龍舌蘭葉綠素液中加入 1 克洋菜粉的凝固程度得到最佳的電壓與最大電流量。 3.串聯 2 個龍舌蘭葉綠素凍，即能使 2.0V LED 燈發光超過兩星期，且葉綠素電解液 仍未明顯乾掉，若加微量的水，可使它恢復較佳的導電性。 4.建議日後研究能將龍舌蘭葉綠素凍變得更小、更輕巧，以便串聯多顆，不但增加攜帶方便性，也能增加發電效率。

4	"葉"來 YA 有 電---葉 綠素電 池	黃曼青 蔡言均 傅子齊 黃紹瑋	中華民國第 59 屆 中小 學科學 展覽會	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.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.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。
5	來電~ 「樹」 「素」 看！	吳宇森 劉鈺祥 蔡承陽 葉宇軒	105 年度 獨立研 究競賽	1.以校園植物作為樹葉電池為填充物，發現以月桃葉的效果最佳，隨著濃度越大，電池提供的電壓及電功率也隨之上升。 2.月桃葉的顏色越深，作為樹葉電池的效果最好，但意外的是，黃葉發電效果也不錯。 3.月桃葉若以 83%酒精的萃取液、33.3% 丙酮萃取液，做作為樹葉電池的效果最好，但跟水相較起來，提供的功率是下降的。 4.月桃葉濾液添加入酸性電解質，有助於樹葉電池的發電功率；而添加洋菜粉，除了可增加發電功率，並能使樹葉電池發電的持續力變長。 5.樹葉電池以鋅銅作為電極發電效果最好，而且兩極越靠近、沒入填充物越深，樹葉電池發電效果更佳。 6.本實驗串聯 5 個自製樹葉電池，可提供 3.6V、5.04W 的功率，並可持續發電 168 小時以上。
6	花青素 來電 『蠶』 是神奇	彭芊榕	中華民國第 62 屆中小 學科學 展覽會	1.含有絲膠蛋白 TiO₂ 膠體導電膜的綠電池，結合花青素染料，能產生較佳的發電情形。 2.花青素相較於葉綠素吸光能力較強，pH 變化會影響植物色素傳遞電子效能，蠶絲蛋白中的成分絲膠蛋白相較於絲素蛋白，具有更高吸收紫外線和促進二氧化鈦光觸媒導電的能力。

四、資料分析

(一)實驗器材

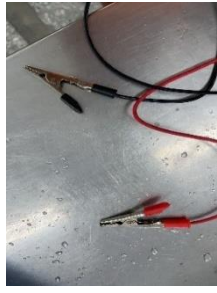
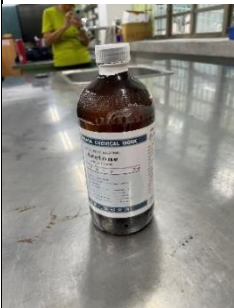
			
a. 二極體 LED	b. 三用電表	c. 榨汁機	d. 電子秤
			
e. 燒杯	f. 量筒	g. 研鉢	h. 鱷魚夾
			
i. pH 計	j. 酒精	k. 丙酮	l. 酒精燈
			
m. 鋅銅片	n. 果凍粉	o. 冰棒模型	

圖 4-1 實驗器材

			
a. 變葉木	b. 黃金露花	c. 阿勃勒	d. 茶花
			
e. 銀葉木	f. 檫木	g. 馬櫻丹	h. 蝶豆花
			
i. 小葉欖仁	j. 七里香	k. 香蕉葉	l. 芒草
			
m. 青木			

圖 4-2 植物名稱

(二)實驗分析

實驗 1. 研究不同植物汁液在水中的電壓

實驗步驟：

我們隨機取樣將不同植物的葉子 20 克（黃金露花、七里香、茶花、青蕉葉、變葉木、青木），搗碎後加入 20ml 的水，以鋅銅片為電極，觀察其電壓。

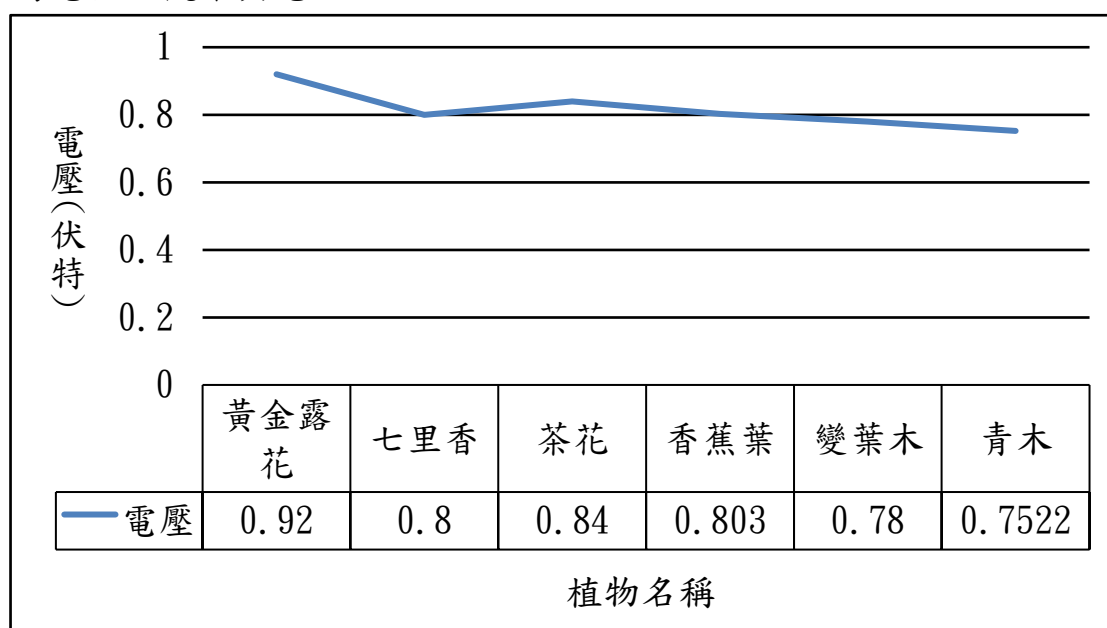


圖 4-3 不同植物之葉綠素溶於水中的電壓

【實驗分析】：我們一開始先測量 20ml 的水電壓為 0.749，加入植物汁液後發現電壓大小是黃金露花＞茶花＞香蕉葉＞七里香＞變葉木＞青木。由實驗觀察到不同植物汁液在水中產生之電壓有差異，因此本組繼續進行不同植物在相同條件下之變化。

實驗 2. 研究植物汁液在不同溫度下的電壓關係

實驗步驟：

我們分別找到不同植物（黃金露花、七里香、阿勃勒、欖木、銀葉木、馬櫻丹、小葉欖仁、變葉木），將 20 克的葉子搗碎後加入 40ml 的水，隔水加熱，外鍋的水煮到沸騰再降溫，在不同溫度下，以鋅銅片為電極，測量其電壓，再用 pH 計測 pH 值。

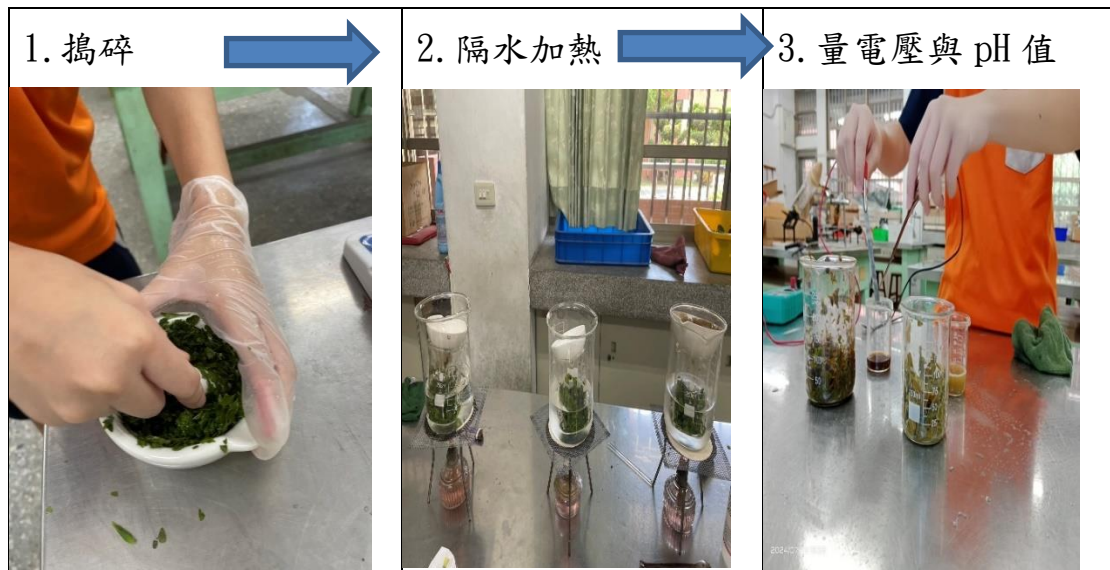


圖 4-4 實驗步驟

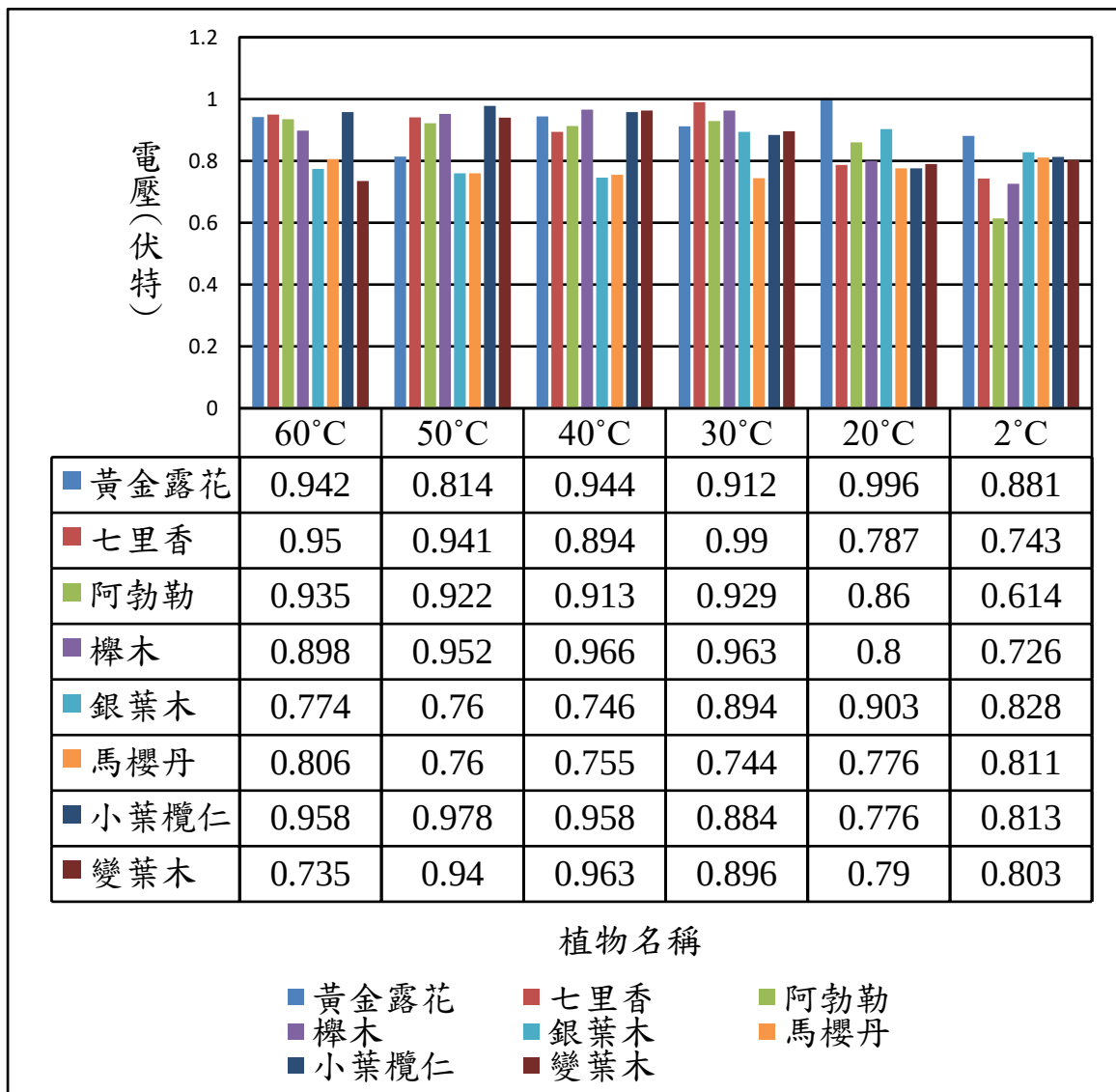


圖 4-5 不同的植物在不同的溫度下的電壓

【實驗分析】：觀察發現，在 60°C 和 50°C 時，小葉欖仁的電壓是最高，是 0.958 伏特和 0.978 伏特。在 40°C 時，最大的是檸檬木，0.966 伏特。在 30°C 時，最大的是七里香，0.99 伏特。在 20°C 和 2°C 時，最大的是黃金露花，0.996 伏特，0.881 伏特。

實驗 3. 研究植物汁液在不同溫度下的 pH 關係

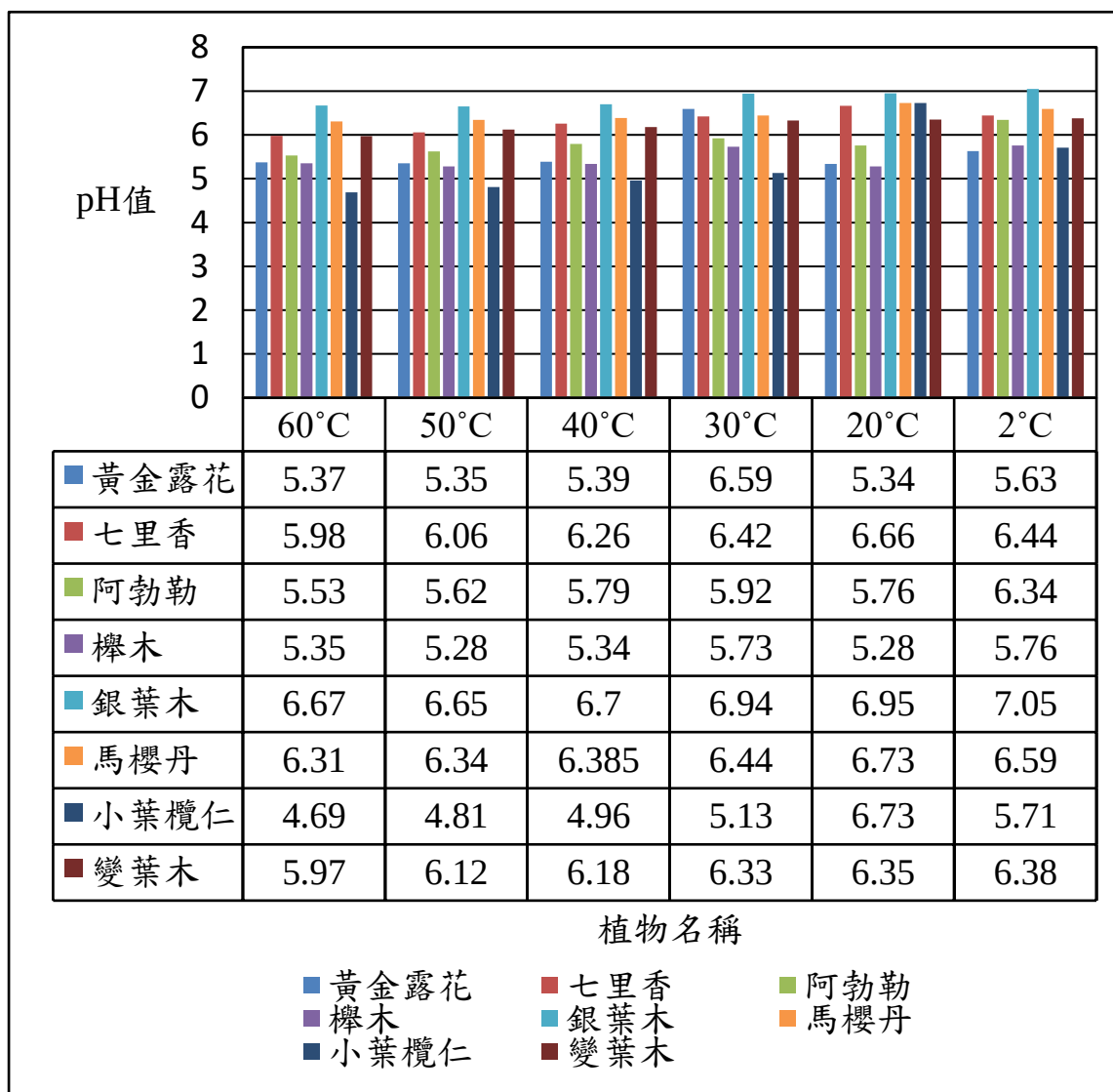


圖 4-6 不同的植物在不同溫度的 pH 值

【實驗分析】：銀葉木在任何溫度下，pH 值都是最大。而小葉欖仁在 20°C~60°C 的 pH 值最小的。這些植物的 pH 值範圍在 4.5~7 之間。

實驗 4. 研究黃金露花在不同溶劑中的電壓和 pH 值的關係

1. 黃金露花在不同溶劑中的電壓和 pH 值的關係

對照組：將 20 克黃金露花和 20ml 的水混合，再觀察其電壓與 pH 值。

實驗組：將 20 克黃金露花和 20ml 的 75%酒精還有跟 20 克的丙酮混合，再觀察其電壓與 pH 值。

實驗步驟:

分別將 20 克的葉子和 20ml 的水、75%酒精和丙酮與進行隔水加熱 10 分鐘，之後降溫到 26°C 再進行測量。

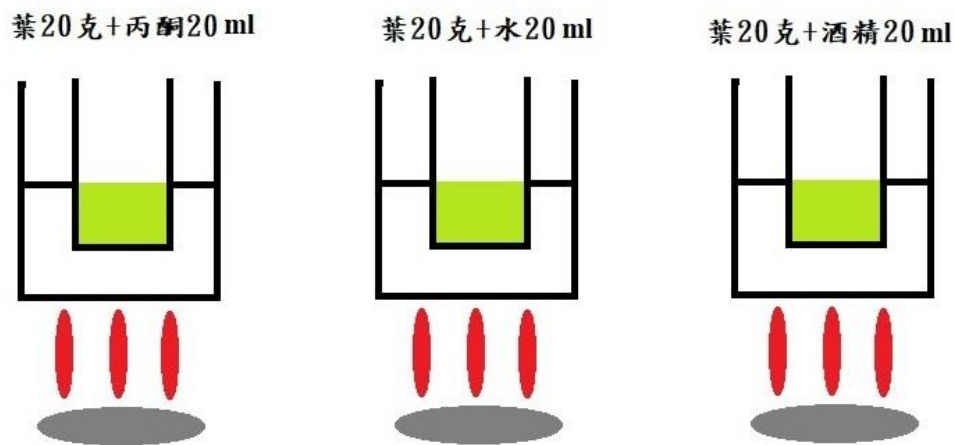


圖 4-7 加入不同溶劑實驗步驟

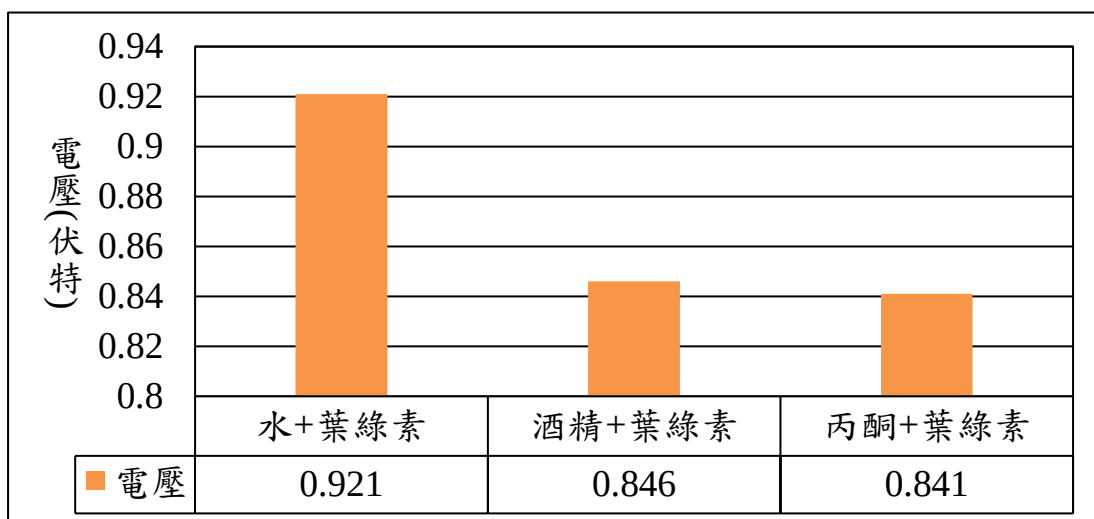


圖 4-8 各種水溶液加葉綠素的電壓

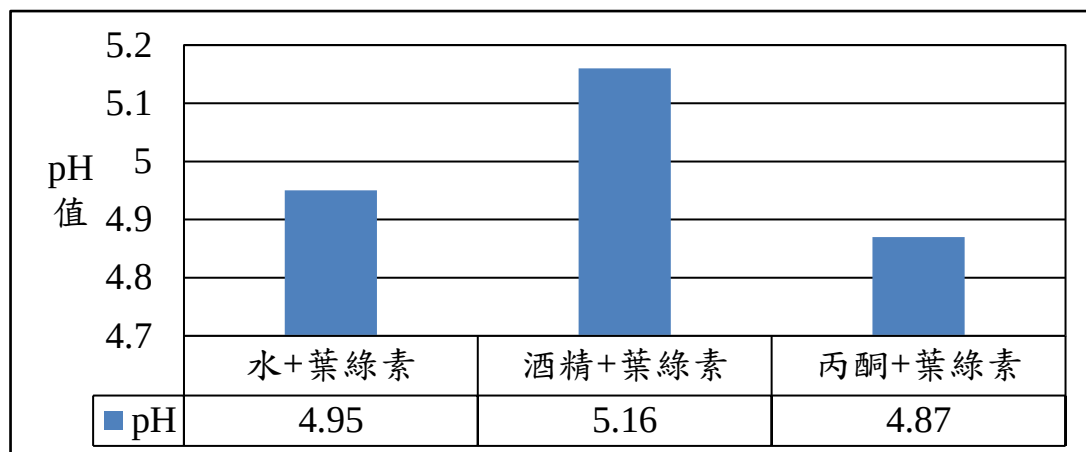


圖 4-9 各種水溶液加葉綠素的 pH 值

【實驗分析】：發現黃金露花在和水混合時，電壓為最大。pH 值則是與丙酮混合時為最低。

實驗 5. 研究芒草在不同溫度下，與不同溶液的 pH 值和電壓的關係
實驗步驟:

分別將 20 克的芒草和 20ml 的水、75%酒精和丙酮混合與進行隔水加熱 10 分鐘，等待冷卻，降溫到 52℃、42℃ 和 32℃ 再進行測量。

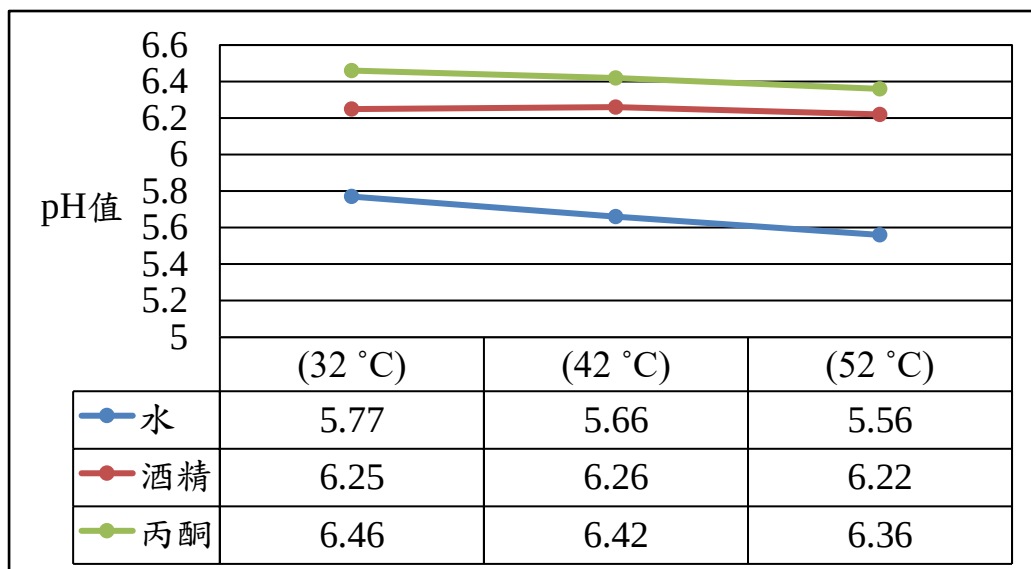


圖 4-10 芒草在不同溫度下的 pH 值

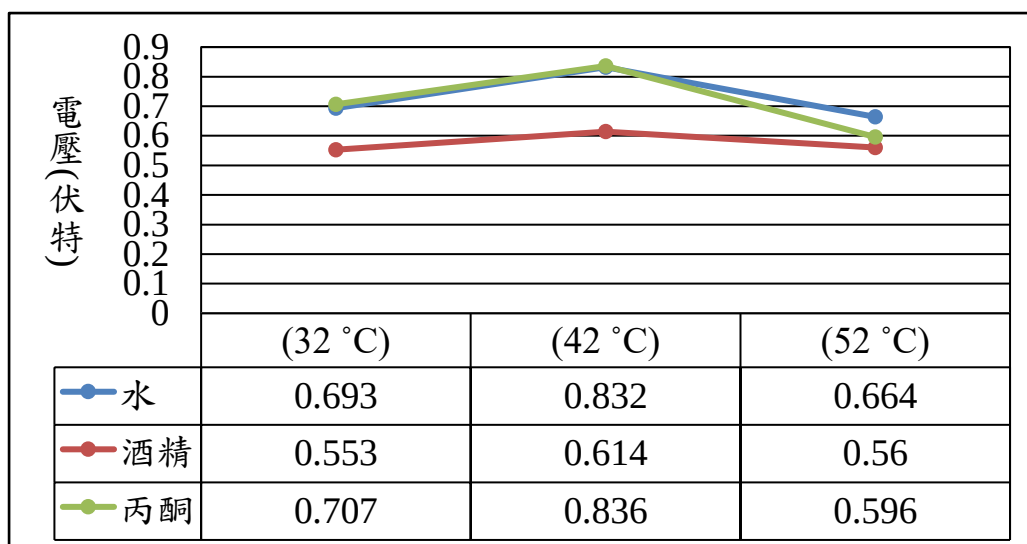


圖 4-11 芒草在不同溫度下的電壓

【實驗分析】經過上面的實驗結果發現，芒草在與水混合時，42°C 的電壓最大，是 0.832 伏特，發電效果最佳。在與酒精跟丙酮混合時也是 42°C 的電壓最大，分別是 0.614 伏特跟 0.836 伏特。pH 值差異不大，都是在 5.5-6.5 之間，沒有太大影響。

實驗 6. 研究蝶豆花在不同溫度下，與不同溶液的 pH 值和電壓關係。

實驗步驟:

分別將 20 克的蝶豆花和 20ml 的水、75%酒精和丙酮與進行隔水加熱 10 分鐘，等待冷卻，降溫到 52°C、42 °C 和 32 °C 再進行測量。

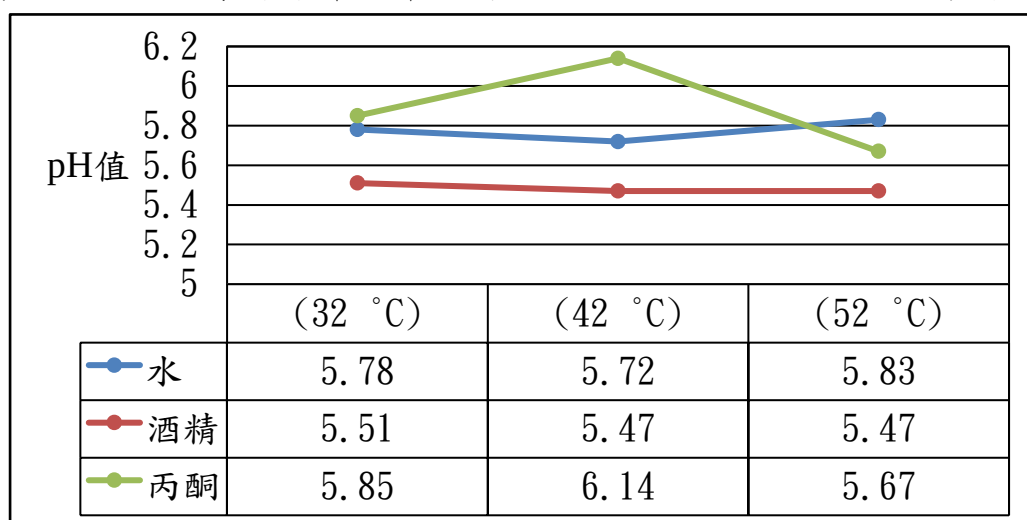


圖 4-12 蝶豆花在不同溫度下的 pH 值

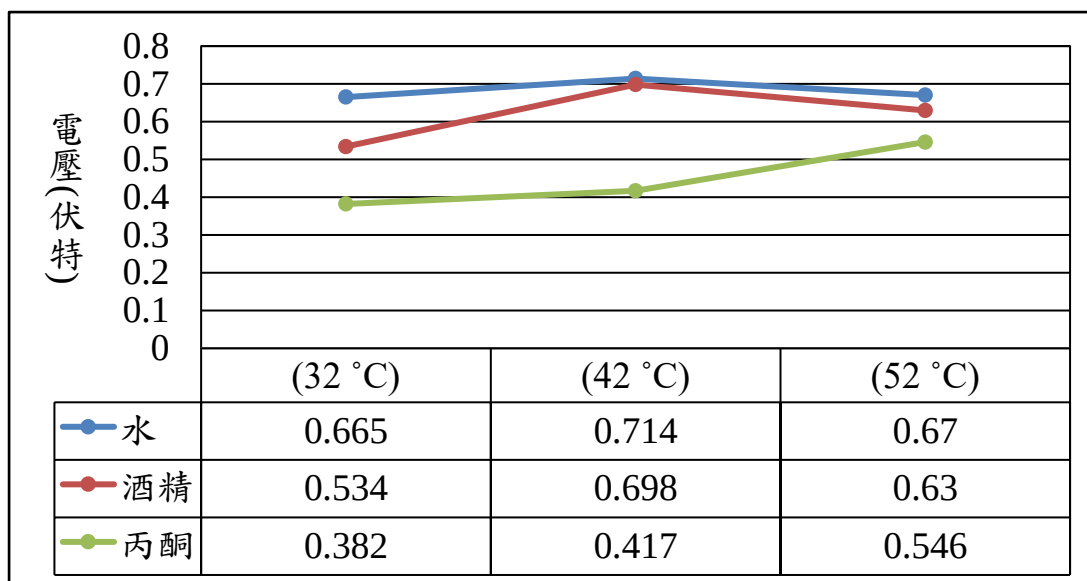


圖 4-13 蝶豆花在不同溫度下的電壓

【實驗分析】經過上面的實驗結果發現，蝶豆花在與水混合時，42°C 的電壓最大，是 0.714 伏特，發電效果最佳。在與酒精混合時是 42°C 的電壓最大，是 0.698 伏特。與丙酮混合則是 52°C 最大，是 0.546 伏特。pH 值差異不大，都是在 5~6.5 之間，沒有太大影響。

實驗 7. 研究黃金露花葉子【老葉、嫩葉】萃取

時間長短跟電壓和 pH 值的關係

實驗步驟：

先實驗老葉加水跟老葉加酒精的反應，再實驗嫩葉加水跟嫩葉加酒精的反應。

(1) 老葉

對照組：先將老葉 20 克搗碎加入 40ml 的水，隔水加熱並測其電壓與 pH 值。

實驗組：老葉 20 克搗碎加入酒精 40ml 隔水加熱，再測其電壓與 pH 值。

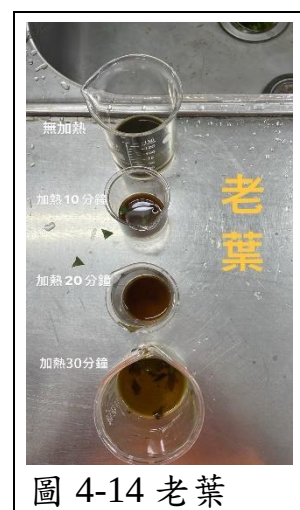


圖 4-14 老葉

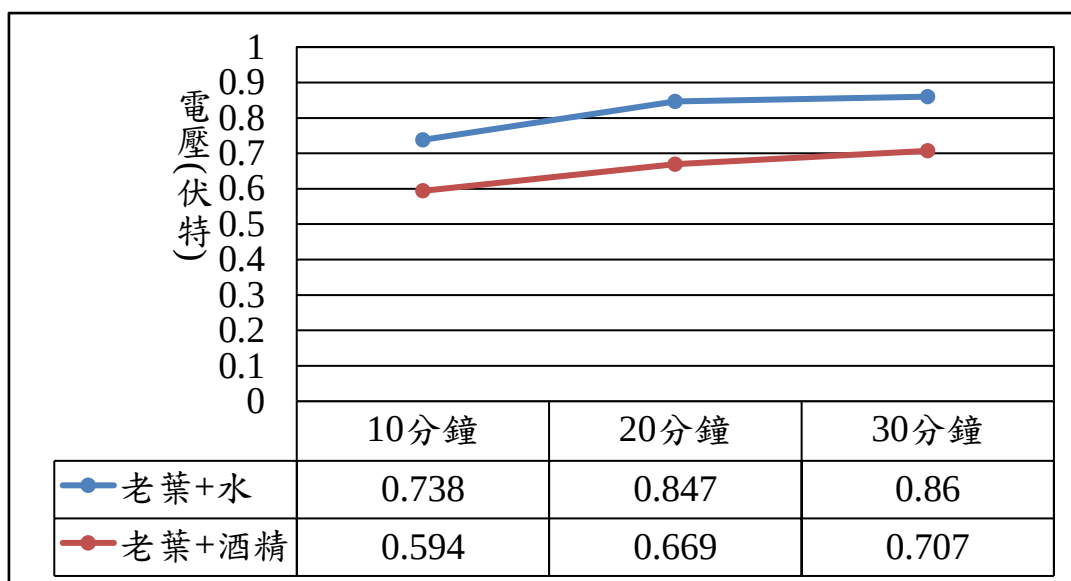


圖 4-15 老葉加水與加酒精的電壓

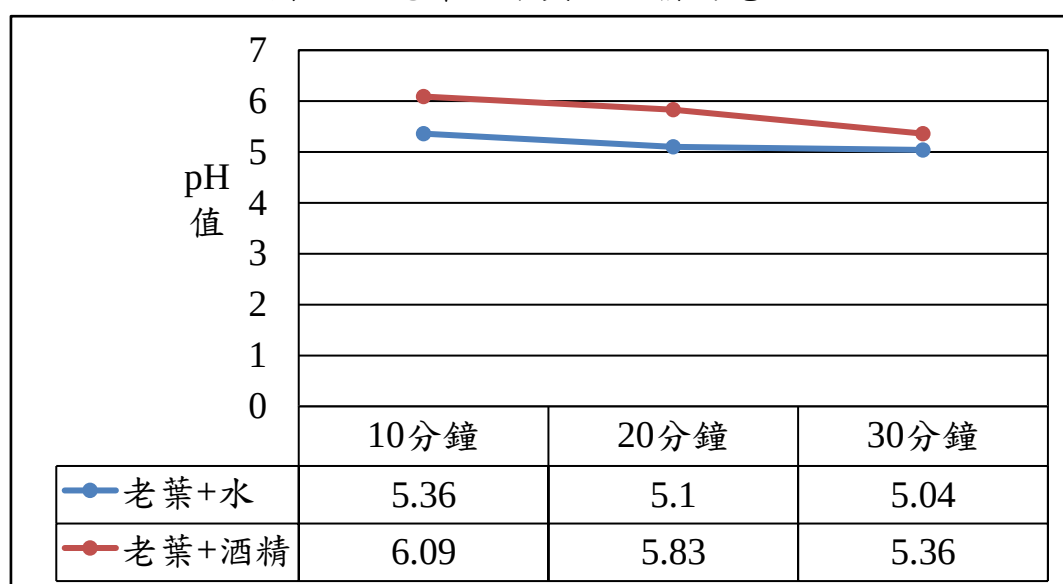


圖 4-16 老葉加水與加酒精的 pH 值

【實驗分析老葉】從上面的表格可以發現，加熱的時間愈長，則電壓愈大，而且老葉加水之電壓比老葉加酒精還要大。另外我們發現加熱的時間久，pH 值也會慢慢降低。

(2) 嫩葉

對照組：先將嫩葉 20 克搗碎加入 40ml 的水，隔水加熱並測其電壓與 pH 值。

實驗組：嫩葉 20 克搗碎加入酒精 40ml 隔水加熱，再測其電壓與 pH 值。



圖 4-17 嫩葉

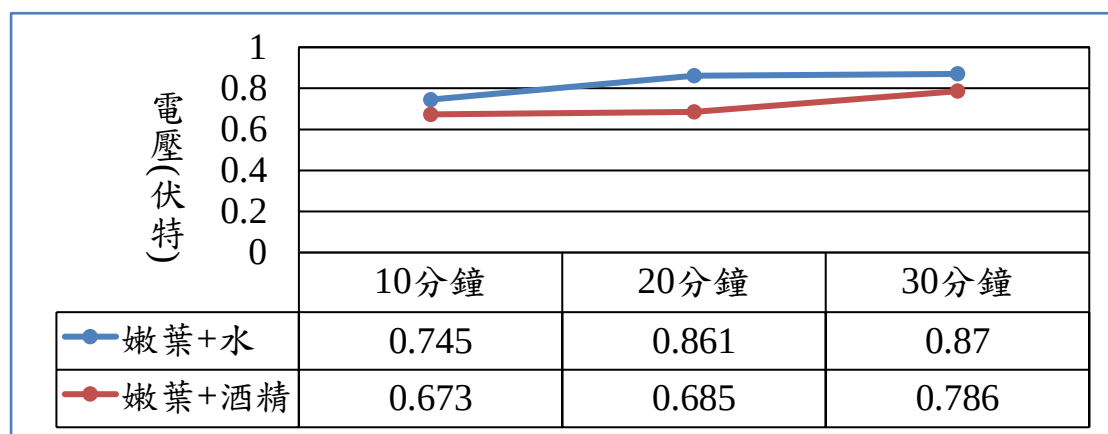


圖 4-18 嫩葉加水與加酒精的電壓

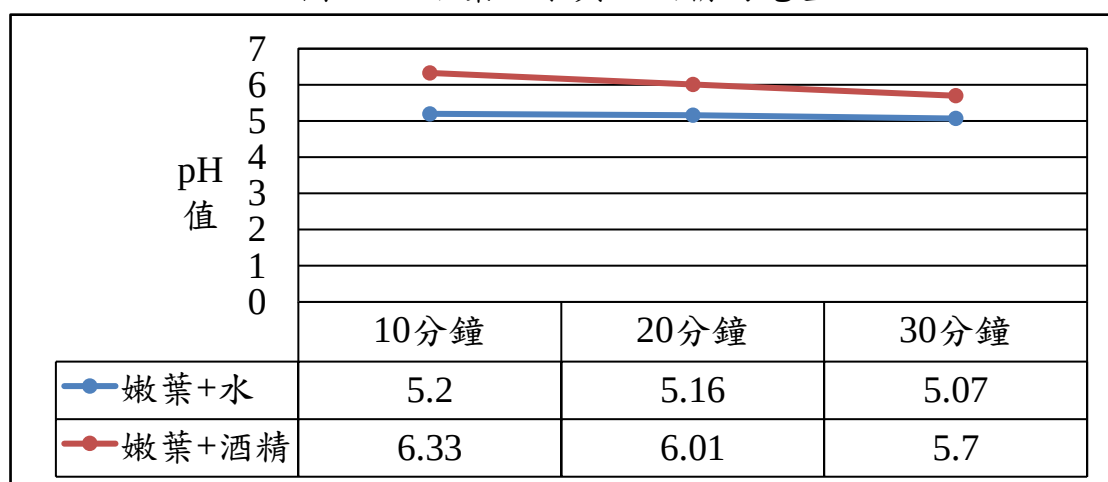


圖 4-19 嫩葉加水與加酒精的 pH 值

【實驗分析】加熱的時間愈長，則電壓愈大，而且嫩葉加水的電壓比嫩葉加酒精還要大。我們也發現嫩葉跟老葉一樣，加熱的時間久，pH 值也會慢慢降低。

實驗 8. 研究植物汁液是否可使燈泡發亮

實驗步驟：

我們由之前的實驗得知，植物汁液的電壓約 0.8 伏特上下，所以我們將黃金露花 20 克剪碎和水 40ml 一起加熱汁液，再將它們分別裝入量杯 40ml，並串聯起來。(圖 4-20)

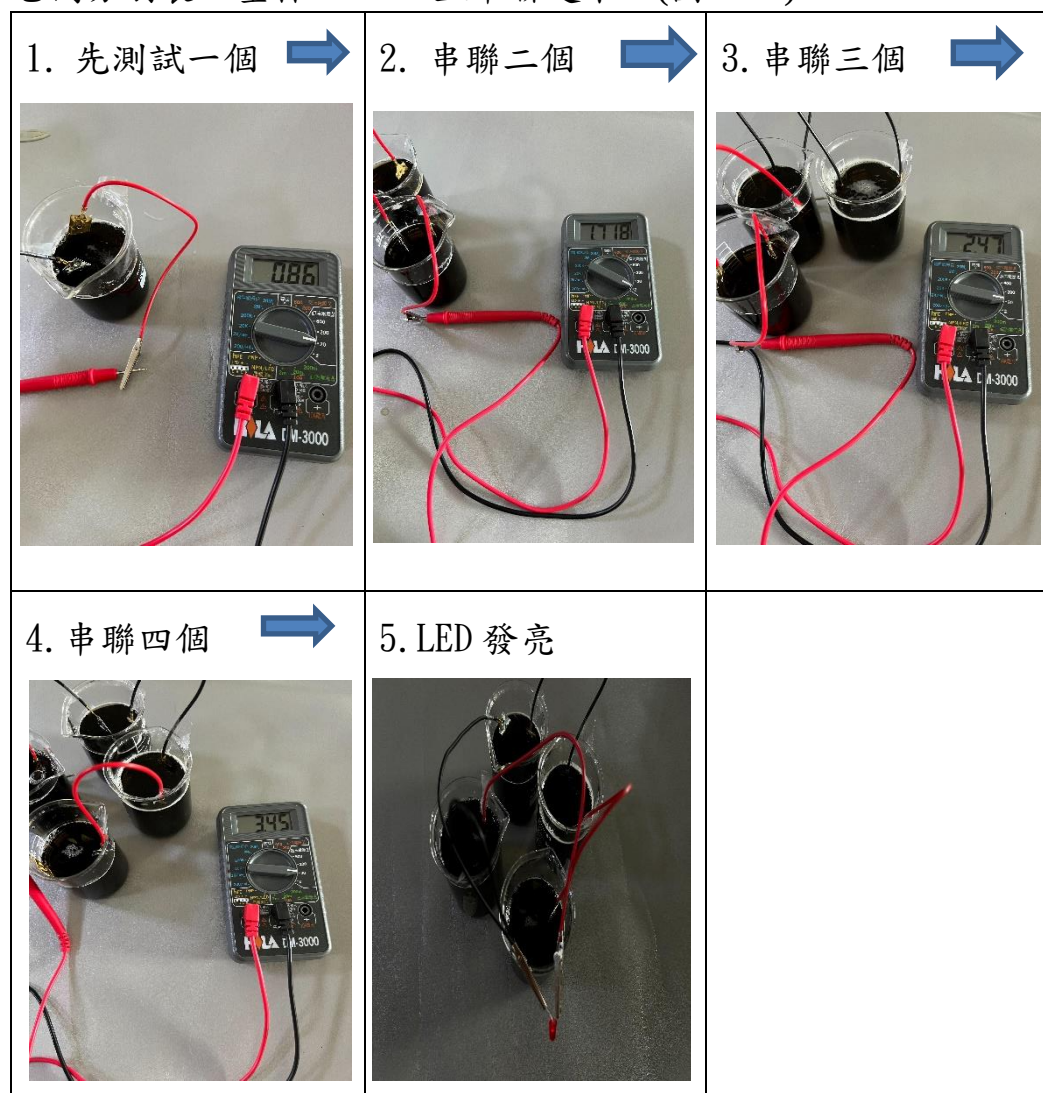


圖 4-20 植物汁液是否可使燈泡發亮

【實驗分析】我們將植物汁液進行串聯發現，當串聯四杯時，這時候的電壓為 3.45 伏特，才能使 LED 發亮。

實驗 9. 研究植物汁液凝固程度與電壓關係

實驗步驟：

1. 將黃金露花 80 克剪碎跟水 160ml 一起加熱後放涼 20 分鐘。

對照組：取 160ml 的水，分別加入果凍粉 1 克、2 克、3 克、4 克，攪拌均勻加熱後，測量電壓結果。

實驗組：取 160ml 的植物汁液，分別加入果凍粉 1 克、2 克、3 克、4 克，攪拌均勻加熱後，測量電壓結果。

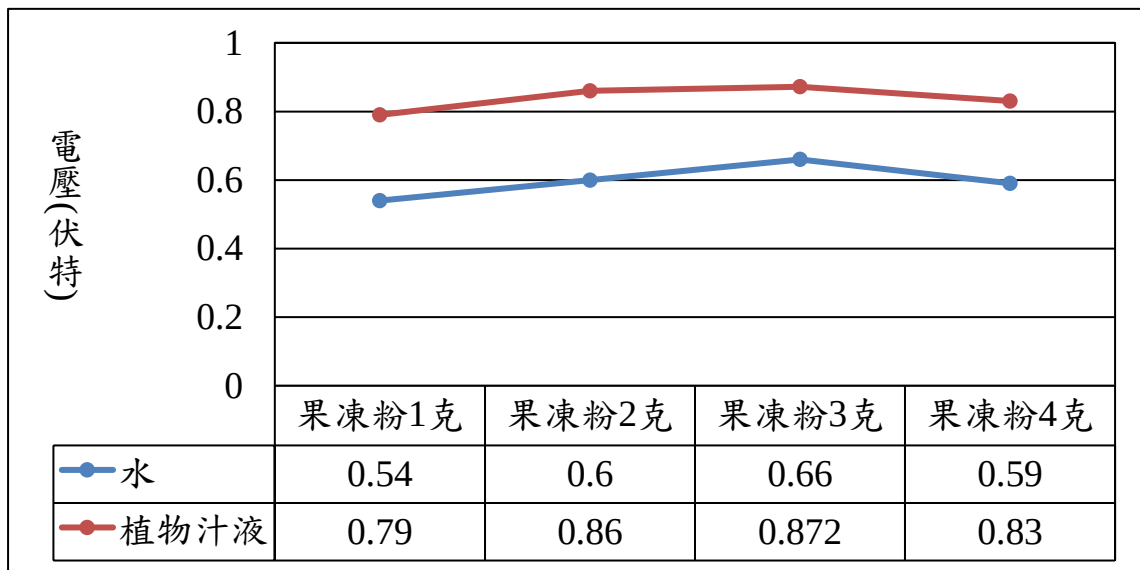


圖 4-21 水和植物汁液加入果凍粉的電壓

【實驗分析】若是水加入 1 克的果凍粉，汁液還不能凝固，只是糊糊的，電壓是 0.54 伏特，加入 3 克時，則比較有定型的狀態，此時電壓最高是 0.66 伏特。植物汁液加入果凍粉 1 克是 0.79 伏特，一樣 3 克時最高，0.872 伏特。所以植物汁液加入 3 克的果凍粉的發電效果最好。

實驗 10. 研究串聯植物汁液果凍的電壓關係

實驗步驟：

1. 將黃金露花 80 克剪碎跟水 160ml 一起加熱後放涼 20 分鐘。

2. 為了使汁液成固體，所以我們加入果凍粉 3 克，攪拌均勻加熱後，分別倒入冰棒模型中 40ml，等待 30 分鐘凝固，之後放進冰箱冷藏 2 小時。分別串聯 2 個、3 個、4 個植物汁液果凍，以鋅銅片為電極，觀察其電壓。

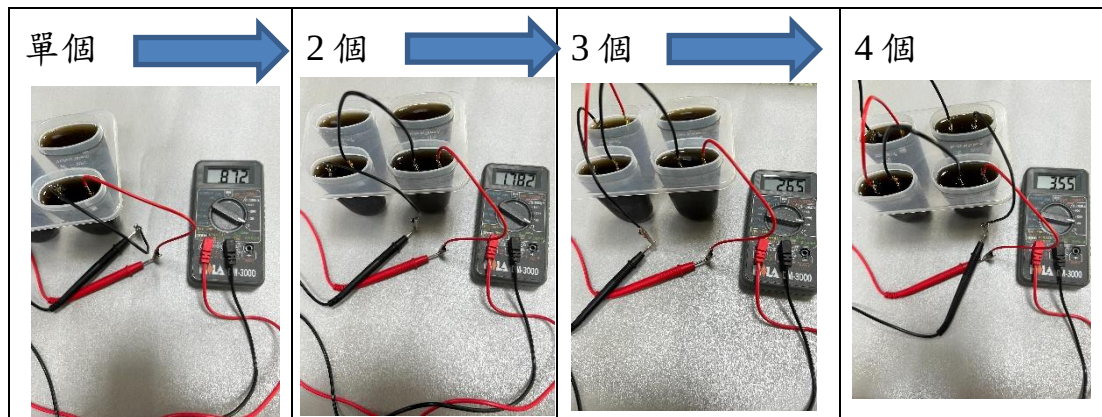


圖 4-22 植物汁液果凍串聯

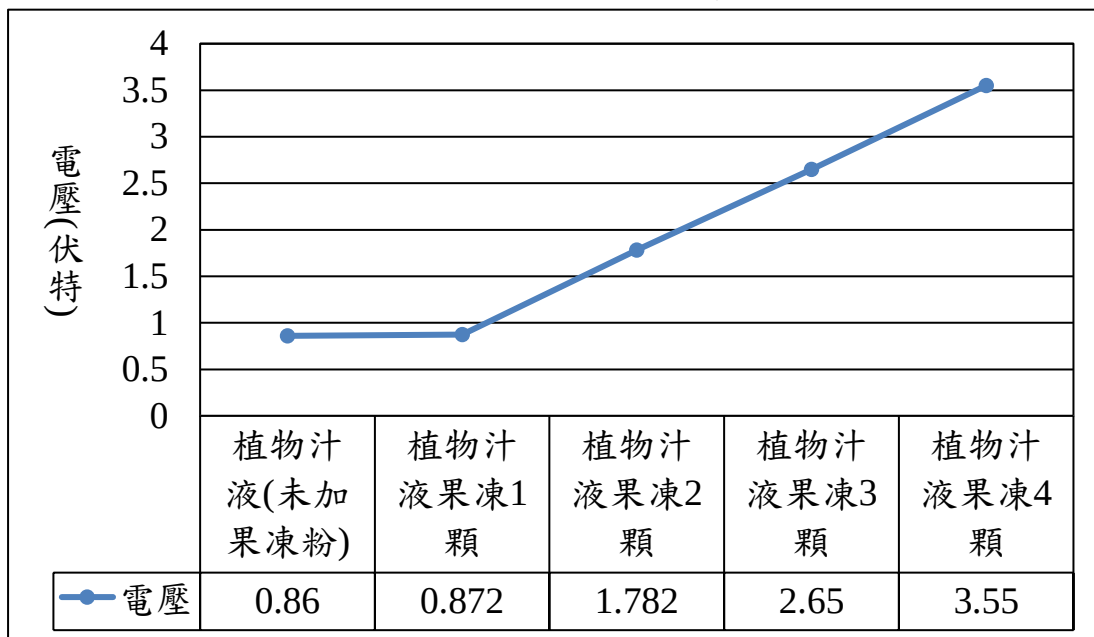


圖 4-23 植物汁液果凍串聯電壓

【實驗分析】我們發現加果凍粉的電壓比未加入果凍粉的大，而且串聯的數量愈多，電壓也愈大，1 個果凍電壓是 0.872，4 個是 3.55 伏特，串聯 4 個超過 3 伏特後，能使 LED 發亮。

實驗 11 研究串聯汁液果凍跟發亮時間的關係

實驗步驟：

取實驗 10 的串聯 4 個汁液果凍，接上 LED 紅色燈泡，測試燈泡亮燈時間。

串聯四個果凍測試發亮時間

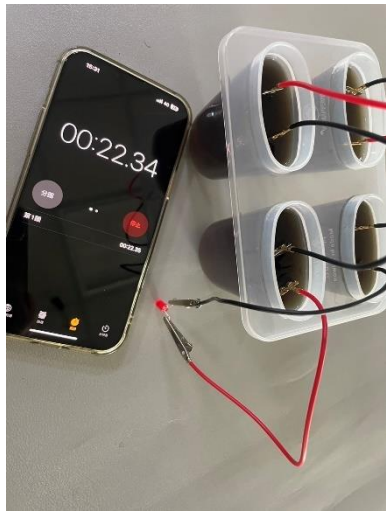


圖 4-24 植物汁液果凍串聯

【實驗分析】一開始 4 個串聯的電壓能讓 LED 燈泡發出明顯的紅光，經過 10 小時候，發現燈泡的亮度減弱，而且隨著時間變長，燈泡的亮度也愈來愈微弱。

五、研究結果與討論

（一）研究不同植物汁液溶於水中的電壓

由於我們是使用自來水，裡面含有一些電解質，所以有些微的電壓，但是加入植物汁液後發現，黃金露花的電壓最高為 0.92 伏特，其次為茶花 0.84 伏特，再來是香蕉葉、七里香、變葉木、最後是青木。本組一開始認為葉子的顏色會影響電壓的大小，沒想到是沒有影響，因為黃金露花並不是此次實驗植物裡顏色最深，但卻是電壓最大的。我們認為，葉綠素多寡或許不是影響電壓大小的主要原因，而是葉子在光合作用下吸收了光能，而產生了化學

變化，導致葉綠素中電解質產生了電壓。

（二）研究植物汁液在不同溫度下和電壓的關係

黃金露花在 20°C 時電壓是 0.996 伏特，電壓最高，發電效果最好。七里香 30°C 時電壓最高，是 0.99 伏特。阿勃勒 60°C 時電壓最高，是 0.935 伏特。檫木 40°C 時電壓最高，是 0.966 伏特。銀葉木 20°C 時電壓最高，是 0.903 伏特。馬櫻丹 2°C 時電壓最高，是 0.811 伏特。小葉欖仁 50°C 時電壓最高，是 0.978 伏特。變葉木 40°C 時電壓最高，是 0.963 伏特。本組發現在不同的溫度時，都會影響電壓大小，而且有些植物是在溫度較低的時候，電壓比較大，有的植物是在溫度高時，電壓比較大，所以溫度也是影響電壓的原因之一。

（三）研究植物汁液在不同溫度下 pH 值的關係

黃金花露在 20°C 時，pH 值最低，是 5.34 伏特。七里香是 60°C 時，pH 值最低，是 5.98 伏特。阿勃勒是 60°C 時，pH 值最低，是 5.53 伏特。檫木是 20°C 跟時，pH 值最低，是 5.28 伏特。銀葉木是 50°C 時，pH 值最低，是 6.65 伏特。馬櫻丹是 60°C 時，pH 值是最低，是 6.31 伏特。小葉欖仁是 60°C 時，pH 值是最低，是 4.69 伏特。變葉木是 60°C 時，pH 值是最低，是 5.97 伏特。本組推測 pH 值也是會影響電壓的大小，但不是 pH 值低，電壓就會愈大。

（四）研究植物汁液加入不同溶劑中的電壓和 pH 值的關係

酒精、丙酮不會導電且是中性，但我們在測酒精跟丙酮時，測得酒精電壓是 0.335 伏特跟 pH 值是 7.45，有微小的電壓，我們認為是因為 75% 酒精裡面有 25% 的水，或是裡面有雜質導致有電壓。但是我們發現將植物汁液加入溶劑裡，電壓都有明顯的上升，且 pH 值也跟著降低，尤其黃金露花加水溶液，其電壓最大。

（五）研究芒草在不同溶液中與溫度之間的 pH 值和電壓的關係

實驗結果加入水、酒精或丙酮的芒草，在 42°C 時，電壓都是最高的，pH 值差異不大。本組推測溫度會影響電壓，在 42°C 時能產生較多的電解質，發電效果最好。pH 值則不受溫度的影響。

（六）研究蝶豆花在不同溶液中與溫度之間的 pH 值和電壓的關係

實驗結果加入水、酒精的蝶豆花在 42°C 時，電壓都是最高的，但丙酮是 52°C 最高。本組推測蝶豆花在不同溶液中，電壓會受到溫度的影響，而蝶豆花加水在 42°C 時，電壓最大，發電效果最好。pH 值跟芒草一樣，差異不大，所以推測 pH 值不受溫度的影響。

（七）研究黃金露花葉子【老葉、嫩葉】萃取時間長短跟電壓和 pH 值的關係

由老葉和嫩葉實驗中，可以發現嫩葉加水混合或是跟酒精混合，不論任何加熱時間的長短，都比老葉的電壓大。本組推測雖然嫩葉顏色較淺，可能含有較少的葉綠素，但是嫩葉的葉綠素活性較高，光合作用效率也比較好，所以能有更大的電壓。另外我們也發現浸泡的時間久，汁液漸漸酸化，pH 值會降低，電解質導電性變強，電壓也漸漸變大。

（八）研究植物汁液是否可使二極體 LED 發亮

我們先測試 5mm 的 LED 需要 2 顆 3 號電池才能發亮，而 2 顆電池是 3 伏特，所以我們將植物汁液互相串聯。一杯植物汁液電壓是 0.86 伏特，我們串聯四杯汁液，四杯汁液測量電壓為 3.45 伏特，這時候 LED 就能發亮了。

（九）研究植物汁液凝固程度與電壓關係

因為液態的植物汁液不好保存，而且不容易攜帶，所以我們加入果凍粉，變成固體，增加攜帶的便利性。水加入果凍粉，電壓是 0.54 伏特，若是植物汁液加入果凍粉則是 0.79 伏特，而且慢慢增加果凍粉，電壓也有一點點的上升，

但是加到 4 克時，植物汁液變得太硬，電壓就開始下降。

（十）研究串聯植物汁液果凍的電壓關係

由於 LED 發亮需要 3 伏特的電壓，所以我們將 4 個汁液果凍做串聯，發現電壓比液態的植物汁液還要大，植物果凍 4 個的電壓是 3.55 伏特，而液態的 4 杯是 3.45 伏特，而且透過串聯的方式，可以提高電壓。

（十一）研究串聯汁液果凍跟發亮時間的關係

我們發現串聯 4 個植物汁液果凍能讓 LED 燈泡持續發亮 41 小時，但是在 6 小時候發現燈泡的亮度有減弱，所以燈泡會隨著串聯時間變長而亮度減弱，直到電壓不足就不會發亮。

六、評鑑與檢討（每一階段的省思與收穫）

（一）研究動機

當知道葉綠素可以製作成電池時，我們就覺得很新奇，因為之前都不會想到平凡無奇的樹葉居然可以發電，我們利用這次研究的機會可以讓自己實際去了解這方面的知識。

（二）正式計畫、研究問題及工作進度表

因為平常接觸研究的機會很少，所以我們先從網路上查詢相關的資料，還有我們要做實驗所需要的材料有哪些，避免之後手忙腳亂。一開始我們自己先思考要從哪邊做起，我們需要研究問題有哪些，再依照工作進度表下去進行，有任何問題再跟老師討論。

（三）彙整相關文獻

我們在網路上搜尋很多關於葉綠素電池的文獻，看完後將資料進行彙整，老師希望我們能大膽假設、小心求證，從資料中找出自己想要做的研究。

（四）資料分析

在實驗過程中，我們學會了如何使用 pH 計進行溶液酸鹼值跟三用電表電壓的測量，在測量電壓的過程中，我們發現實驗結果與理論上不同，這讓我們理解了實驗誤差可能性，並且多次重複實驗以提高數據的可靠性。我們也學會了如何分析數據，將數據透過表格及關係圖能一目了然的看出研究成果，還有寫報告方面的學習經驗。當然實驗過程中一定有失敗跟挫折，像是為了讓植物汁液凝固，一開始我們是使用木薯粉，但是發現它凝固後很像麻糬，非常的黏稠，導致鋅銅片只能使用一次，我們換用果凍粉後才成功。還有當在我們實驗時，LED 都不會發亮，我們就一直想是哪裡有什麼問題，為什麼就是不亮呢，我們就去詢問老師跟化學系的學長，慢慢地修正實驗過程，經過我們不斷的測試，看到 LED 發亮時，我們非常的開心，好有成就感，也更了解葉綠素跟電壓關係。

（五）研究結果與討論

經過這次的實驗，我們知道植物的汁液是可以發電的，而且串聯的數量愈多，所產生的電壓更大，發電效率愈好。這次的研究經過與組員的合作，我學會了如何分工和溝通的能力。希望我未來做實驗時，也能應用到這次實驗得到的心得。

（六）未來展望

地球上的能源是有限的，總是有用完的一天，我們要想辦法利用自然環保的材料，希望能做出較少汙染、好攜帶的電池，能夠提高發電效能，願小小的電源能立小功。

七、參考資料

- (一)、能發電的盆栽，植物越茂盛發電能力越強，每天能為 3 部手機充電

<https://www.youtube.com/watch?v=MMeGnox9Fpc>

- (二)、免插電不外接電源 植物變身成電燈

<https://www.youtube.com/watch?v=Bqkjk3M1ugM>

- (三)、雜草也能做電池？

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

- (四)、遍地雜草變黃金

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race1/53/pdf/091105.pdf>

- (五)、<https://youtu.be/u-zeGlvECfk>。生活裡的化學-裝來的電池

- (六)、課本 第 1 冊 南一出版社 3-3 P.76~P.78