

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

080207

綠電愛地球-葉綠素電池之探討

學校名稱：高雄市苓雅區四維國民小學

作者： 小六 曾家樂 小六 劉奕辰 小六 謝澤楷 小六 蕭皓璟	指導老師： 金叔芬 陳韻丞
---	---------------------

關鍵詞：葉綠素、電解液、綠能電池

## 摘要

近年來國際各國紛紛提出新興能源與綠能相關之研究，而為了因應再生能源發電量不穩定，必須搭配儲能設備使電力輸出穩定，進而發展出許多儲能產品，在儲能系統中又因為電動車備受注目，使得電池設備最具話題性。本研究主要為探討葉綠素電池於不同操作變因下對電池性能之影響，藉以尋找最佳數據資料組合的條件並研發性能最佳之葉綠素電池。因葉綠素電池可藉由酒精從植物葉片中萃取葉綠素溶液，不僅可以避免過多之能源消耗以及環境污染，同時期望將來能成為具有高安全及低成本的新能源系統。

## 壹、研究動機

為減緩氣候變遷，節能減碳是近幾年全球關注之議題，尤其是如何降低碳排放。為解決此問題，各國紛紛投入綠能研究，例如：太陽能以及風力發電，期望綠能發電最終能減少污染並讓整個能源使用體系達成永續使用的目標。

當我們上網瀏覽網頁的時候，無意間看到葉綠素電池這個有趣的主题，葉綠素電池沾水即能發電(楊嘉惠，2010)，我們在自然課學過植物藉著葉綠素行光合作用製造養分，沒想到竟然也可以用來發電，真是奇妙，葉綠素電池不僅是綠能也是再生能源，假如能好好利用，或許能替地球盡點心力。再生能源發電具有不穩定性之因素，必須透過儲能設備以達到穩定供電，於是我們著手收集資料，想以葉綠素電池為研究主题，運用自然課學過的實驗設計方法與電池結構原理探究葉綠素電池如何組成？如何提升電池效能？最後，動手設計製作出一顆實際可使用的葉綠素電池。希望藉由此研究可以達到節約能源、資源永續以及儲能開發的目的。

## 貳、研究目的

一顆電池的基本構造為：具有正負極且充滿電解液，經由電化學反應而產生電力。所謂的葉綠素電池就是將電池中的電解質以葉綠素取代之，當葉綠素吸光，會使葉綠素離子化，遇水則會進行氧化還原反應產生電流。綜合以上資訊，我們設計不同的變因來研究如何促進葉綠素電池的效能，以下為我們的研究目的：

- 一、探討不同酒精濃度及純丙酮萃取液對葉綠素電池性能之影響。
- 二、探討不同校園植物種類對葉綠素電池性能之影響。
- 三、探討不同葉綠素濃度對葉綠素電池性能之影響。
- 四、探討不同酒精用量對葉綠素電池性能之影響。
- 五、探討使用電極間不同距離對葉綠素電池性能之影響。
- 六、探討不同正負極之電極組合對葉綠素電池性能之影響。
- 七、探討不同添加物對葉綠素電池性能之影響。
- 八、探討葉綠素電池之保持效能。
- 九、探討不同色光對葉綠素電池性能之影響。
- 十、組裝出最佳性能葉綠素電池。
- 十一、確認葉綠素添加與否對葉綠素電池性能之影響。
- 十二、探討葉綠素電池電力之運用。

## 參、研究設備與器材

### 一、研究設備

本研究使用之實驗設備包含如下：電子秤、燒杯、滴管、酒精燈、溫度計、三用電表、電線、鱷魚夾、PVC 管、鋸子、C 型夾、小刀、剪刀、錢幣、紙盒、自製照光箱(含日光燈管、LED 白光燈、紅燈、黃燈、藍燈)、玻璃瓶、計時器、小馬達、驗鈔筆、尺。

### 二、研究材料

本研究使用之實驗材料包含如下：新鮮植物葉片(福木、春不老、鵝掌藤)、50%酒精、75%酒精、90%酒精、純丙酮、蒸餾水、小蘇打、食鹽、檸檬酸、碳棒、鋅片、鐵片、銅片、鋁片、洋菜粉、碘液、碳粉、膠水、錫箔紙、各色玻璃紙、導電膠帶、鈕扣電池外殼、紙巾。

# 肆、研究過程與方法

## 一、研究流程與架構

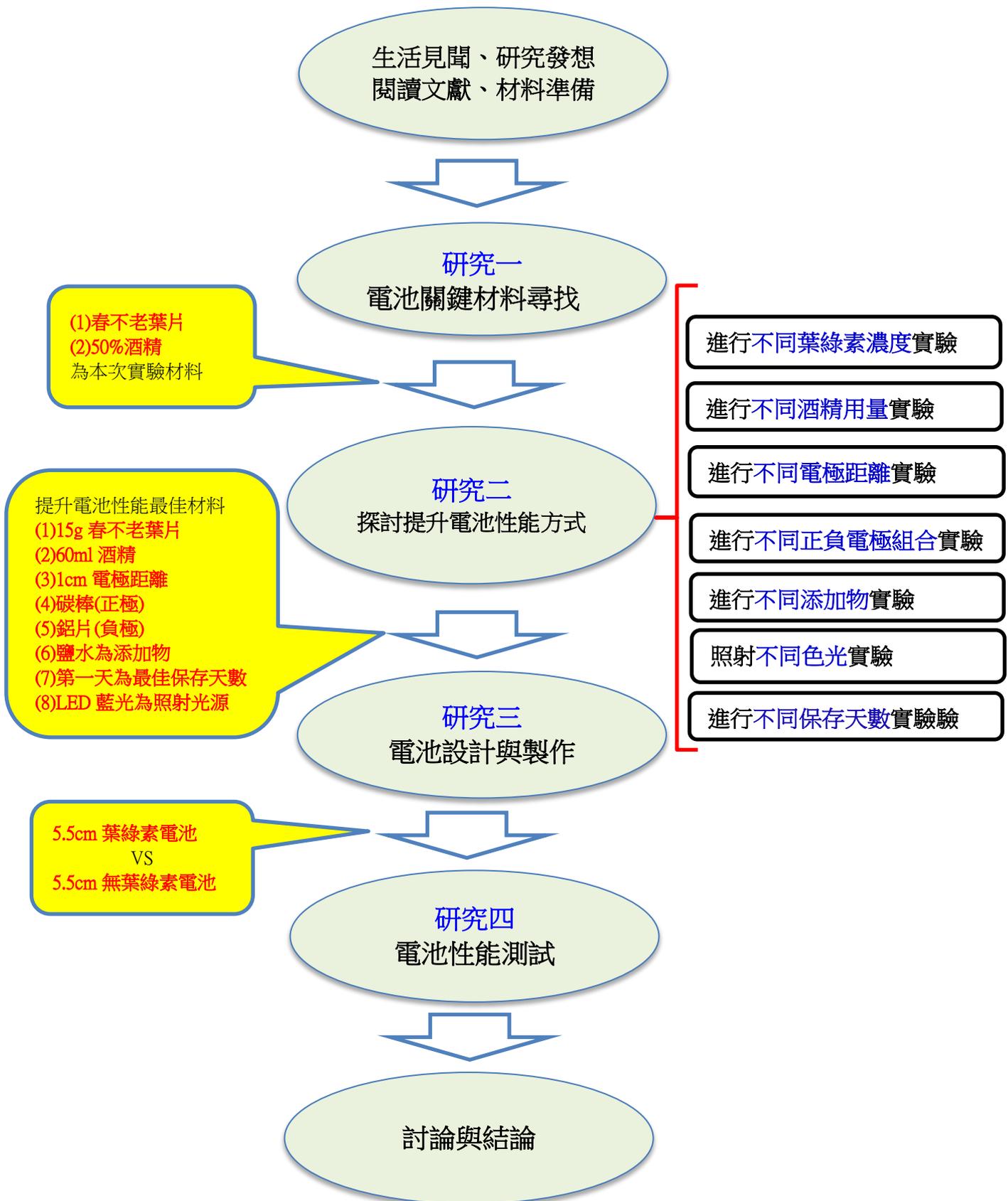


圖 4-1、研究架構圖

## 二、 實驗流程與步驟

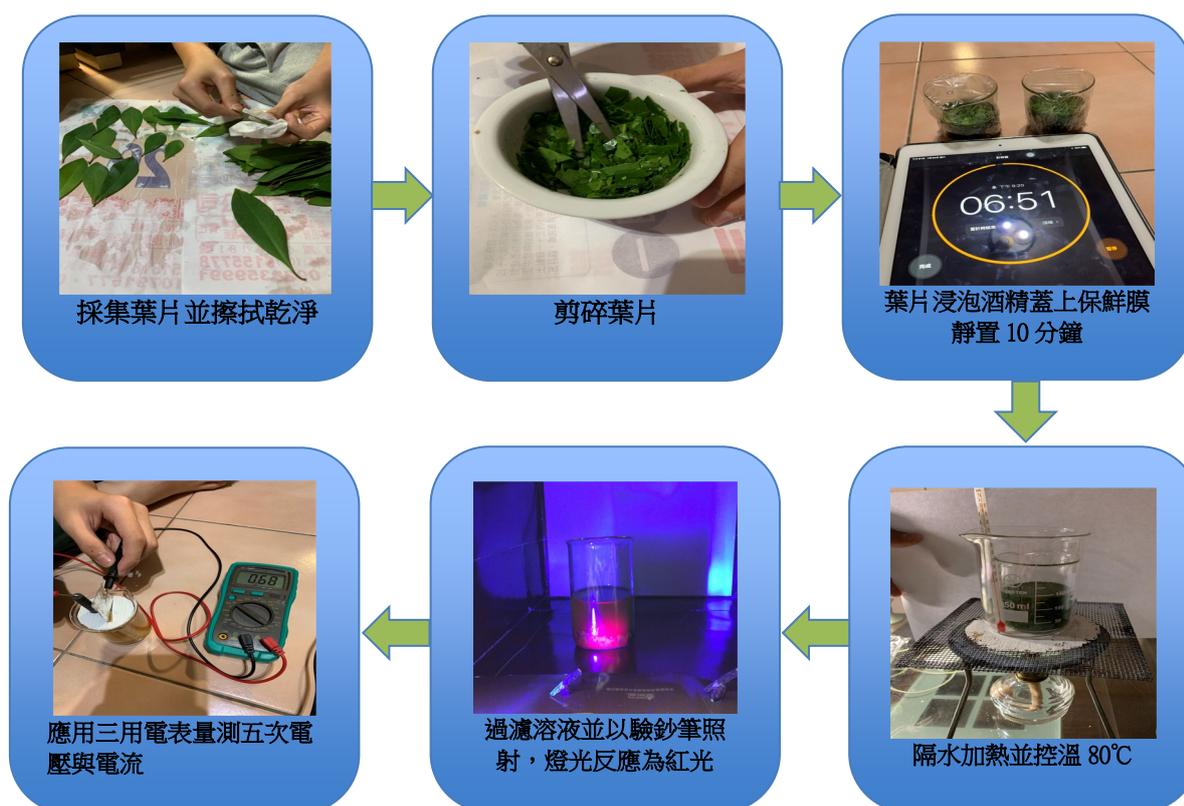


圖 4-2、 實驗流程圖

## 三、 探討不同操作變因之葉綠素電池性能

### (一)探討電池之電解液組成

#### 1.探討不同酒精濃度及純丙酮萃取液對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、75%酒精、95%酒精、純丙酮、福木葉片、銅片、鋅片、水、三用電表、計時器
- (2) 秤取 5g 福木清洗並剪成一平方公分的大小，讓葉綠素容易萃取。
- (3) 將剪碎的福木與 40ml 的 75%酒精放入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，靜置 10 分鐘並蓋上保鮮膜防止揮發。
- (4) 將靜置後之混合液用酒精燈隔水加熱，將加熱溫度維持於 80°C、加熱時間 20 分鐘，取出靜置待冷卻後將溶液以濾紙過濾，並用驗鈔筆照射溶液，確認其顯示為紅光表示葉綠素已溶出。

- (5) 以銅片作為電極正極，鋅片作為電極負極，將電極距離固定為 2cm，使用三用電表測量電池的電流與電壓，測量數據五次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。
- (6) 重複上述(2)~(5)步驟，分別使用不同萃取液:50%酒精、95%酒精、純丙酮取代 75%酒精來測試。

## 2. 探討不同校園植物種類對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、春不老葉片、鵝掌藤葉片、福木葉片、銅片、鋅片、水、三用電表、計時器。
- (2) 根據實驗 1 的實驗結果，取實驗數據最佳的材料，來作為實驗 2 葉綠素萃取溶液之基準。
- (3) 將每種不同校園植物的葉片（春不老、鵝掌藤、福木）各秤取 5g 後，清洗並剪成一平方公分的大小，以方便萃取葉綠素。
- (4) 將三種剪碎的葉片分別與 40ml、50%酒精混合並置入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，蓋上保鮮膜並靜置 10 分鐘。
- (5) 將靜置後之混合液用酒精燈隔水加熱，將加熱溫度維持於 80°C、加熱時間 20 分鐘，取出靜置待冷卻後將溶液以濾紙過濾，並用驗鈔筆照射溶液，確認其顯示為紅光表示葉綠素已溶出。
- (6) 以銅片作為電極正極，鋅片作為電極負極，將電極距離固定為 2cm，使用三用電表測量電池的電流與電壓，測量數據 5 次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。

以下將以實驗 1 及 2 所萃取的最佳葉綠素植物作為下述實驗之基礎，分別探討不同葉綠素濃度、酒精量、電極間之距離、正負極之電極組合、添加物以及不同色光其對葉綠素電池性能之影響，以期提升葉綠素電池之性能。

## 3. 探討不同葉綠素濃度對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、春不老葉片、銅片、鋅片、水、三用電表、計時器。
- (2) 分別秤取 5g、10g 及 15g 之春不老葉片，清洗並剪成一平方公分大小，以方便萃取葉綠素。

- (3) 將三種不同重量的葉片剪碎並分別與 40ml、50%酒精混合並置入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，蓋上保鮮膜並靜置 10 分鐘。
- (4) 將靜置後之混合液，用酒精燈隔水加熱，將加熱溫度維持於 80°C、加熱時間 20 分鐘，取出靜置待冷卻後將溶液以濾紙過濾，並用驗鈔筆照射溶液，確認其顯示為紅光表示葉綠素已溶出。
- (5) 以銅片作為電極正極，鋅片作為電極負極，將電極距離固定為 2cm，使用三用電表測量電池的電流與電壓，測量數據 5 次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。

#### 4. 探討使用不同酒精用量對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料:春不老葉片、50%酒精、銅片、鋅片、水、三用電表、計時器。
- (2) 秤取 15g 春不老葉片，清洗並剪成一平方公分大小，以方便萃取葉綠素。
- (3) 將剪碎的春不老葉片與 40ml、50%酒精置入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，蓋上保鮮膜並靜置 10 分鐘。
- (4) 將靜置後之混合液，用酒精燈隔水加熱，將加熱溫度維持於 80°C、加熱時間為 20 分鐘，取出靜置待冷卻後將溶液以濾紙過濾，並用驗鈔筆照射溶液，確認其顯示為紅光表示葉綠素已溶出。
- (5) 以銅片作為電極正極，鋅片作為電極負極，將電極距離固定為 2cm，使用三用電表測量電池的電流與電壓，測量數據五次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。
- (6) 重複上述步驟，探討使用不同酒精量(30、50 以及 60ml)的電池之電流與電壓。

### (二)葉綠素電池之正負極距離與種類

#### 5. 探討不同電極距離對葉綠素電池電壓及電流的影響

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、春不老葉片、銅片、鋅片、水、三用電表、計時器
- (2) 秤取 15g 春不老葉片清洗並剪成一平方公分的大小，以方便萃取葉綠素。
- (3) 將剪碎的春不老葉片加入 60ml 的 50%酒精放入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，蓋上保鮮膜並靜置 10 分鐘。
- (4) 將靜置後之混合液，用酒精燈隔水加熱，將加熱溫度維持於 80°C、加熱時間為 20 分鐘，取出靜置待冷卻後將溶液以濾紙過濾，並用驗鈔筆照射溶液，確認其顯示為紅光表示葉綠素已溶出。

- (5) 以銅片作為電極正極，鋅片作為電極負極，電極距離固定為 1cm，使用三用電表測量電池的電流與電壓，測量數據五次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。
- (6) 重複以上步驟，使用不同電極距離: 1.5cm、2cm、2.5cm 取代 1cm 電極距離來測試

## 6. 探討不同正負極之電極組合對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、春不老葉片、銅片、鋅片、鋁片、碳棒、水、三用電表、計時器。
- (2) 秤取 15g 春不老葉片清洗並剪成一平方公分的大小，以方便萃取葉綠素。
- (3) 將剪碎的春不老葉片加入 60ml 的 50%酒精放入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，蓋上保鮮膜並靜置 10 分鐘。
- (4) 將靜置後之混合液，用酒精燈隔水加熱，將加熱溫度維持於 80°C、加熱時間為 20 分鐘，取出靜置待冷卻後將溶液以濾紙過濾，並用驗鈔筆照射溶液，確認其顯示為紅光表示葉綠素已溶出。
- (5) 分別使用不同正負極的電極組合（銅鋅、銅鋁、碳鋅、碳鋁、鐵鋅、鐵鋁）置入葉綠素溶液，電極距離固定為 1cm，使用三用電表測量電池的電流與電壓，測量數據五次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。

### (三)提升葉綠素電池性能

#### 7.探討不同添加物對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料:春不老葉片、50%酒精、小蘇打、鹽、檸檬酸、碳粉、膠水、洋菜粉、碳棒、鋁片、水、三用電表、計時器。
- (2) 秤取 15g 春不老葉片清洗並剪成一平方公分的大小，以方便萃取葉綠素。
- (3) 將剪碎的春不老葉片加入 60ml 的 50%酒精放入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，蓋上保鮮膜並靜置 10 分鐘。
- (4) 將靜置後之混合液，用酒精燈隔水加熱，將加熱溫度維持於 80°C、加熱時間為 20 分鐘，取出靜置待冷卻後將溶液以濾紙過濾，並用驗鈔筆照射溶液，確認其顯示為紅光表示葉綠素已溶出。
- (5) 將不同添加物質配製濃度為 10%的水溶液，取 10ml 加入葉綠素溶液中。以碳棒為電極正極，鋁片為電極負極，電極距離固定為 1cm，使用三用電表測量電池的電

流與電壓，測量數據五次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。

- (6) 重複以上步驟，分別使用:小蘇打水、鹽水、檸檬酸水、碳粉、膠水、洋菜粉水來測試。

## 8.探討葉綠素電池之保存效能

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、春不老葉片、鋁片、碳棒、洋菜粉、鹽水、三用電表、燒杯數個，電子秤。
- (2) 秤取 15g 春不老葉片清洗並剪成一平方公分的大小，以方便萃取葉綠素。
- (3) 將剪碎的春不老葉片加入 60ml 的 50%酒精放入燒杯中，搖晃燒杯使其充分混合後，蓋上保鮮膜並靜置 10 分鐘。
- (4) 將靜置後之混合液，隔水加熱，在 80 度 C 下加熱 20 分鐘，取出靜置冷卻後，將溶液以濾紙過濾。
- (5) 添加物配置濃度為 10%，將葉綠素溶液、添加物(鹽水)、洋菜粉以 10:1:1 製成電解液。
- (6) 以碳棒為電極正極，鋁片為電極負極，電極距離固定為 1 公分，使用三用電表測量電解液的電壓與電流。
- (7) 連續 1 個星期每天固定時間量測電解液的電壓與電流變化，測量數據 5 次，刪除最高與最低數據，並求平均值，以降低實驗誤差，來研究探討其保存效能。

## 9.探討不同色光對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料:LED 燈、鞋盒、透明玻璃紙、藍色玻璃紙、黃色玻璃紙、紅色玻璃紙、碳棒、鋁片、三用電表、計時器。
- (2) 根據上述所得之實驗結果，製作 5 個相同條件之葉綠素電池，並貼上各色玻璃紙與避光用之鋁箔紙。
- (3) 製作照光暗箱，使用無色 LED 光源作為實驗燈光。
- (4) 將葉綠素電池置於暗箱中進行照射，每照射 10 分鐘量測一次，共量測 6 次，合計時間為一小時。

#### (四)最佳化葉綠素電池之開發與應用

##### 10.組裝最佳性能葉綠素電池

一開始原始構想為製作一顆伏打電池，如圖 4-3 所示，但因無法量測到數據而修正為製作葉綠素直立式電池，其製作流程如圖 4-4 所示。

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、春不老葉片、碳棒、鋁片、透明 PVC 管(分別為 2.5cm、3.5cm、4.5cm、5.5cm)、洋菜粉、鹽水、三用電表。
- (2) 依上述實驗結果，將葉綠素溶液、添加物、洋菜粉以 10:1:1 製成電解液填充各尺寸水管。
- (3) 以碳棒為電極正極，鋁片為電極負極，電極距離固定 1cm，使用三用電表 and 鱷魚夾測量電流與電壓，測量數據五次，刪除最高與最低，求平均值，以降低實驗誤差。
- (4) 實際操作流程如下所示：

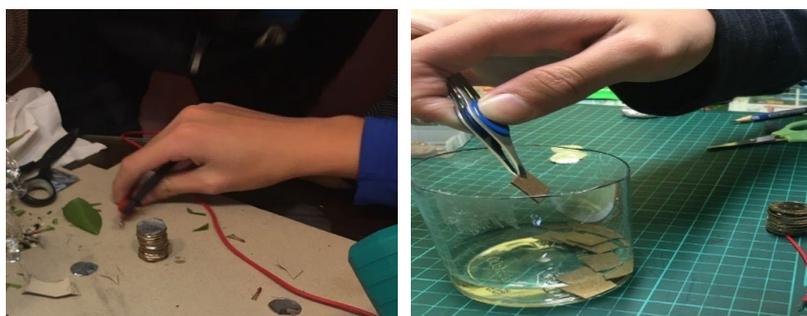


圖 4-3、伏打電池之製作

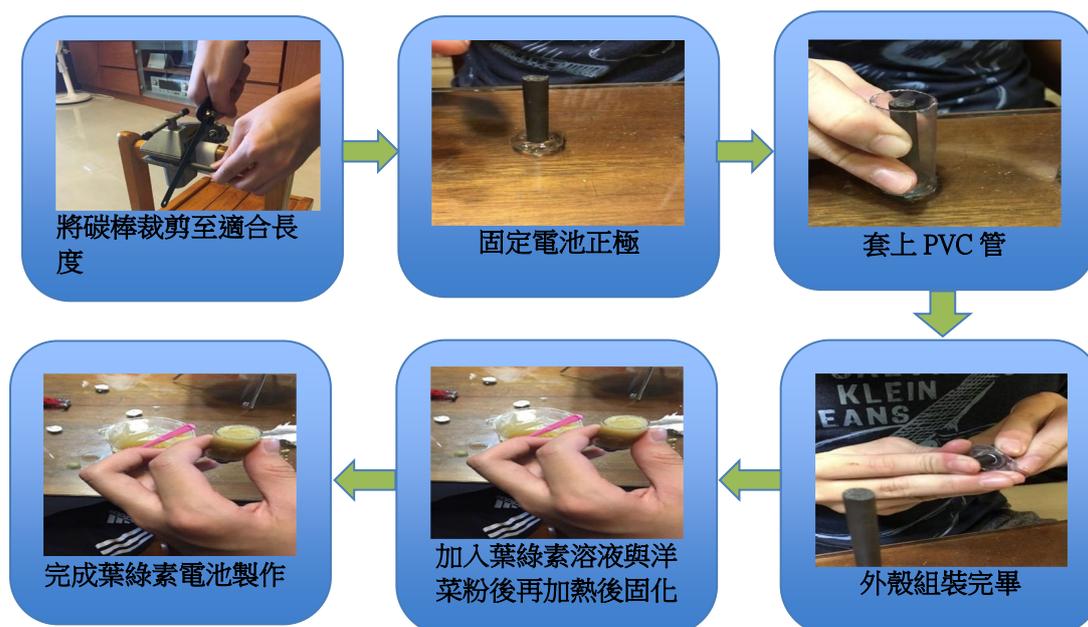


圖 4-4、葉綠素電池製作流程圖

## 11. 葉綠素添加與否對葉綠素電池性能之影響

- (1) 準備實驗材料: 50%酒精、春不老葉片、碳棒、鋁片、透明 PVC 管、洋菜粉、鹽水、三用電表。
- (2) 製作兩顆電池，實驗組為未添加葉綠素之電池，對照組為已添加葉綠素之電池。
- (3) 以碳棒作為電極正極，鋁片作為電極負極，將電極距離固定為 1cm，使用三用電表量測電池之電流與電壓，每次實驗皆測量五次，刪除最高與最低數據並求其平均值，以降低實驗誤差。

## 12. 探討葉綠素電池電力之運用

- (1) 製作實驗(十)最佳性能的葉綠素電池 6 顆。
- (2) 串聯 1~4 顆電池來點亮燈泡或驅動馬達。
- (3) 串聯葉綠素電池驅動 LED 燈泡實際操作如右圖 4-5 所示：

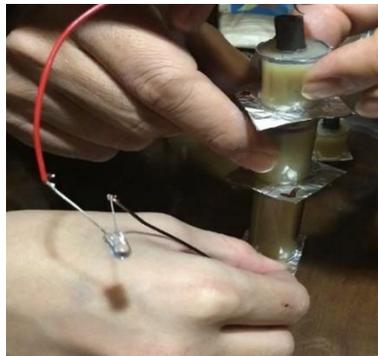


圖 4-5、串連葉綠素電池

## 伍、研究結果

### 一、探討不同操作變因之葉綠素電池性能

#### (一)探討不同酒精濃度及純丙酮萃取液對葉綠素電池性能之影響

本實驗為比較使用不同濃度的酒精與純丙酮來萃取福木葉片的葉綠素萃取溶液，實驗結果顯示電壓與電流會隨著酒精濃度之增加而逐漸減少。

在純丙酮部分，其電壓比使用酒精時還低，電流則是介於 50%酒精與 75%酒精之間。由表 5-1 可知使用 50%之酒精來進行萃取時，其葉綠素之萃取液所獲得的電壓為 0.76 V，電流為 0.35mA，而使用其他濃度之酒精與純丙酮時，電壓約為 0.5V，電流則落在 0.04mA~0.24mA 間。因此，後續實驗將選用濃度為 50%的酒精來進行葉綠素之萃取實驗。

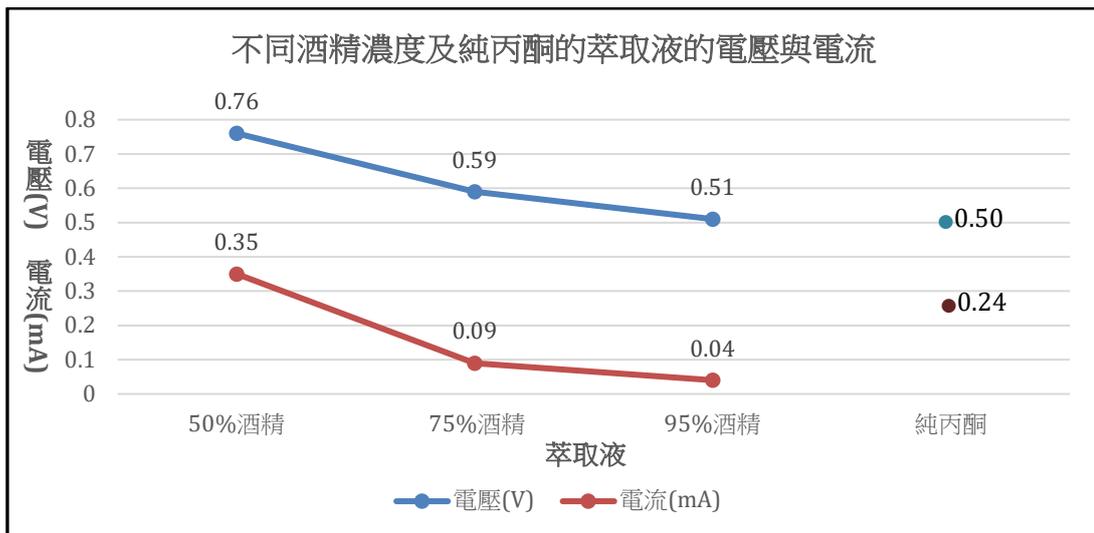


圖 5-1、不同酒精濃度及純丙酮的萃取液的電壓與電流圖

表 5-1、不同酒精濃度及純丙酮之萃取液的電壓與電流之數據

測試項目		50%酒精	75%酒精	95%酒精	純丙酮
電壓(v)	第一次	0.77	0.63	0.52	0.50
	第二次	0.76	0.53	0.50	0.50
	第三次	0.75	0.62	0.51	0.50
	平均	0.76	0.59	0.51	0.50
電流(mA)	第一次	0.36	0.09	0.04	0.22
	第二次	0.34	0.09	0.04	0.25
	第三次	0.36	0.09	0.05	0.27
	平均	0.35	0.09	0.04	0.24

## (二)探討不同校園植物種類對葉綠素電池性能之影響

本實驗為比較不同校園植物的萃取液對葉綠素電池性能之影響，實驗結果顯示春不老葉片萃取液產生的電壓與福木葉片萃取液相同，而鵝掌藤葉片的萃取液電壓最低。電流部分，春不老葉片所萃取的萃取液所獲得的電流最大，在電壓與電流實驗分析後，後續實驗將選用春不老葉片所萃取的萃取液來進行葉綠素電池實驗。

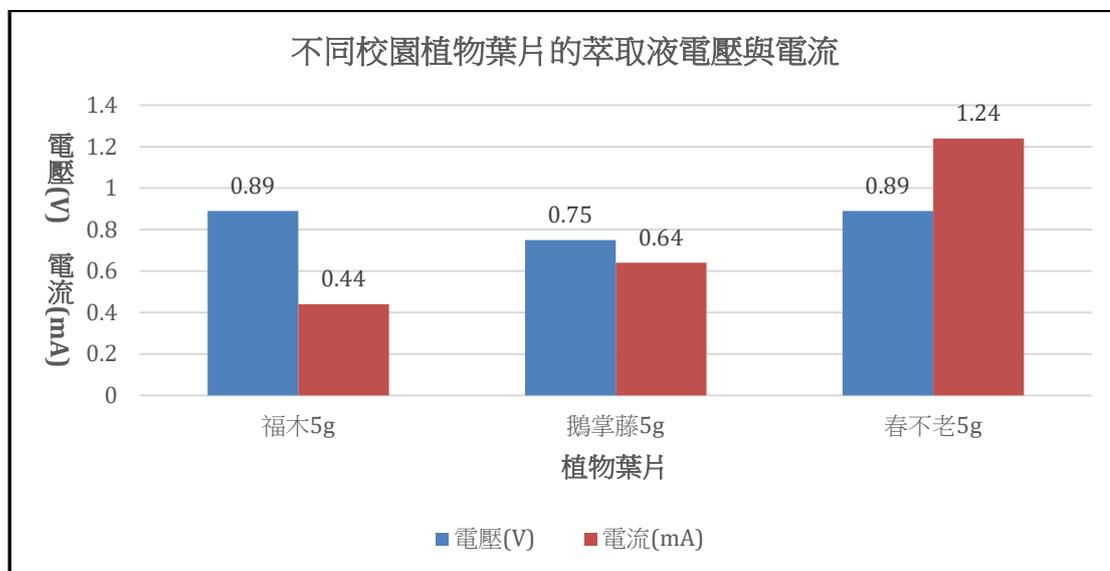


圖 5-2、不同植物葉片萃取液的電壓與電流圖

## (三)探討不同葉綠素濃度對葉綠素電池性能之影響

本實驗為比較不同葉綠素濃度對葉綠素電池性能之影響，結果顯示當葉片重量為 15g 時，具有較高之電壓與電流。當萃取液中春不老葉片重量增加，葉綠素濃度提升後的電壓電流表現更佳。後續實驗的葉綠素萃取液將選用春不老植物葉片重量 15g 於 40ml、50%酒精中萃取之葉綠素濃度進行葉綠素電池之性能分析。

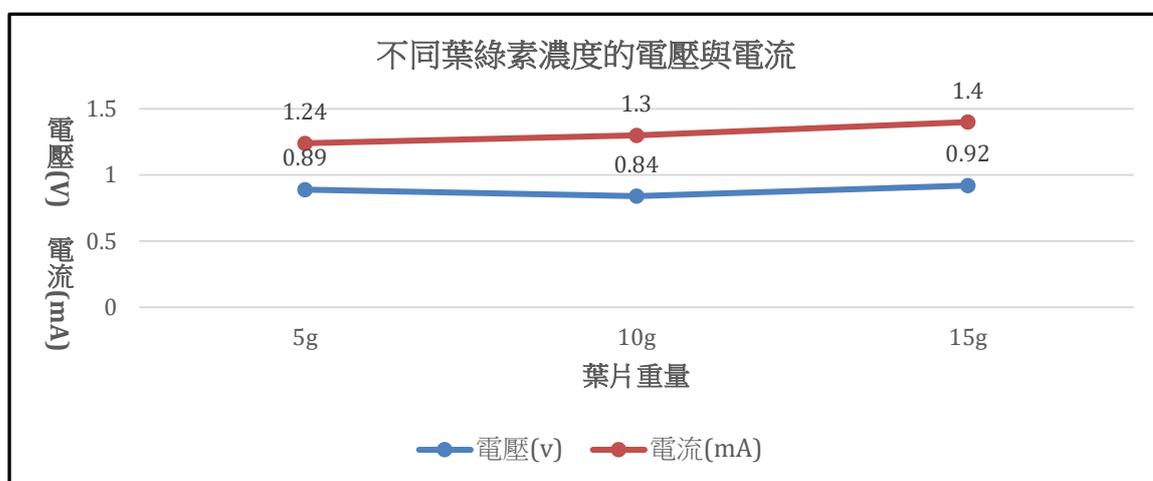


圖 5-3、不同葉綠素濃度的電壓與電流圖

#### (四)探討不同酒精量其對葉綠素電池性能之影響

本實驗為比較不同酒精量對葉綠素電池性能之影響，實驗結果顯示電壓與電流會隨著酒精量增加而逐漸增加。分析酒精用量與電壓與電流的相關性後，使用 15g 之春不老葉片及 60ml、50%之酒精時，對於電池效能表現是最佳的。因此，後續實驗將選用 60ml、50%之酒精來進行葉綠素電池之性能分析。

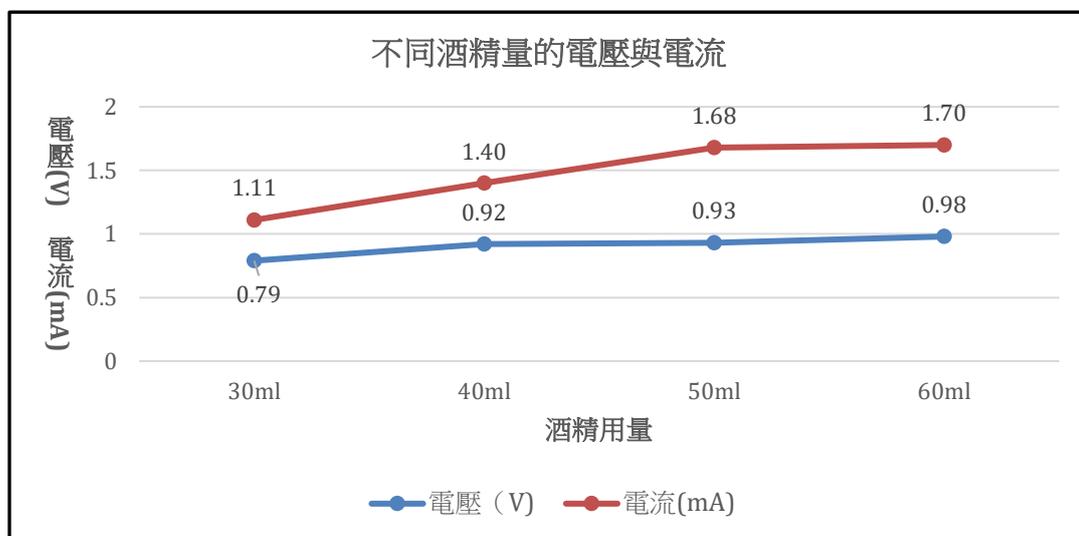


圖 5-4、不同酒精量的電壓與電流圖

## 二、 探討葉綠素電池正負極距離及種類

#### (五)探討電極間不同距離對葉綠素電池性能之影響

本實驗為比較電極間不同距離對葉綠素電池性能之影響，實驗結果顯示春不老溶液在電極距離為 1cm 時，電壓約為 1.03V，之後電壓隨著電極間之距離增加而逐漸減少，電流下降的幅度更為明顯。分析電極間不同距離與電壓與電流的相關性後，後續實驗將選用電極距離為 1cm 來進行葉綠素電池之性能分析。

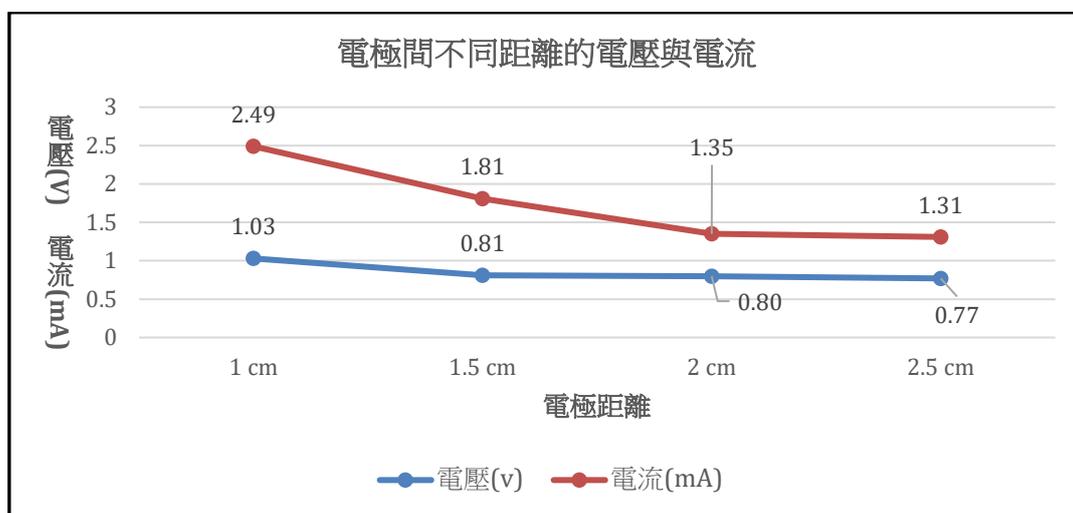


圖 5-5、電極間不同距離的電壓與電流圖

### (六)探討不同正負極之電極組合其對葉綠素電池性能之影響

本實驗為比較不同正負極之電極組合對葉綠素電池性能之影響，實驗結果顯示當正極使用碳棒、負極使用鋁片時具有較高之電壓。而正極使用碳棒、負極使用鋅片則具有較高之電流。

當葉綠素電池使用不同正負極之電極組合時其電壓與電流之變化，其中可以發現當碳棒作為正極、鋅片作為負極其電壓與電流呈現穩定狀態，而正極使用碳棒、負極使用鋁片其電壓之平均值為所有電極組合中最高，數值約為 0.91V。考量未來實際應用之可能性，後續實驗將應用碳棒作為正極、鋁片作為負極來進行後續之實驗分析。

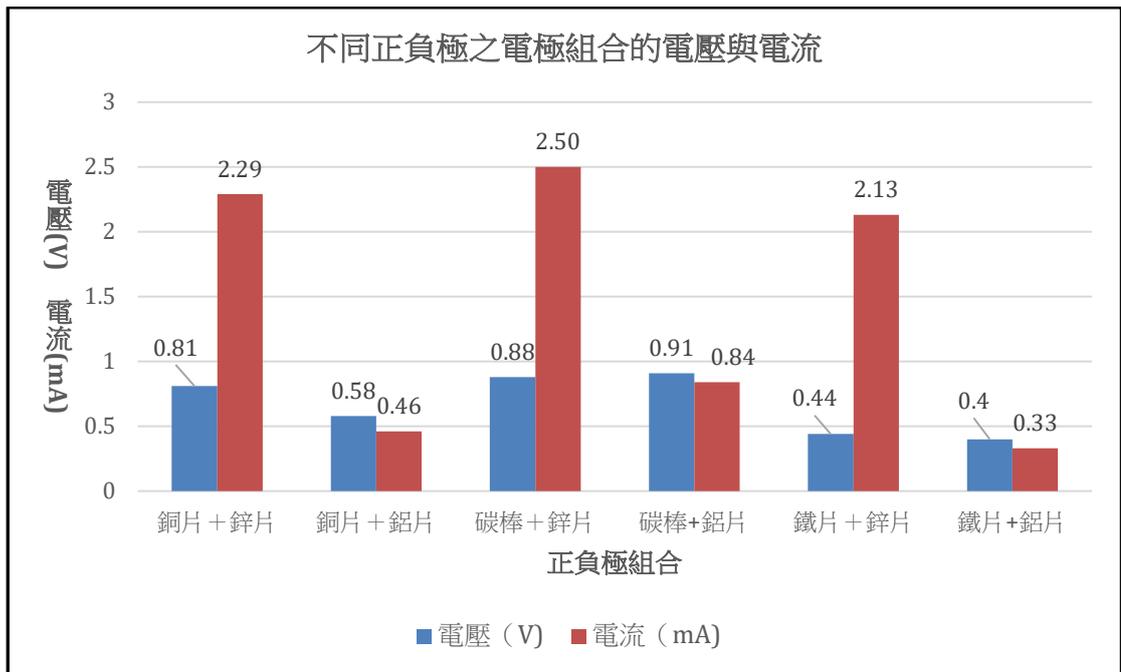


圖 5-6、不同正負極之電極組合的電壓與電流圖

表 5-2、不同正負極之電極組合的電壓與電流之數據

正負電極組合 測試項目		正負電極組合					
		銅片 + 鋅片	銅片 + 鋁片	碳棒 + 鋅片	碳棒 + 鋁片	鐵片 + 鋅片	鐵片 + 鋁片
電壓 (V)	第一次	0.82	0.58	0.88	0.89	0.44	0.42
	第二次	0.80	0.58	0.88	0.92	0.44	0.41
	第三次	0.82	0.58	0.89	0.91	0.45	0.38
	平均	0.81	0.58	0.88	0.91	0.44	0.40
電流 (mA)	第一次	2.35	0.46	2.50	0.78	2.15	0.34
	第二次	2.29	0.46	2.50	0.93	2.15	0.33
	第三次	2.23	0.46	2.50	0.82	2.10	0.32
	平均	2.29	0.46	2.50	0.84	2.13	0.33

### 三、提升葉綠素電池之性能

#### (七)探討不同添加物對葉綠素電池性能之影響

本實驗比較不同添加物對葉綠素電池性能之影響，實驗結果顯示當葉綠素萃取液中添加鹽水時具有較高之電壓與電流。

電壓之表現為鹽水>小蘇打水>檸檬酸>水>洋菜粉>碳粉>膠水。電流之表現為鹽水>小蘇打水>檸檬酸>碳粉>水>膠水>洋菜粉。由圖 5-7 也可得知在葉綠素萃取液中加入添加物有助於提升葉綠素電池之性能，而添加鹽水時具有較佳之電壓與電流，從圖中也發現在葉綠素電解液中添加鹼性物質(如小蘇打水)或是酸性物質(如檸檬酸水)等都會提升電池之性能。在電解液中添加膠水後會降低電壓和電流的效能，我們查閱資料顯示膠水內含聚乙烯醇 (PVA) 為非導體，後續電池組裝製作時不採用此添加物。在電壓與電流實驗分析後，後續實驗將於葉綠素電池中添加鹽水來進行實驗探討與分析。

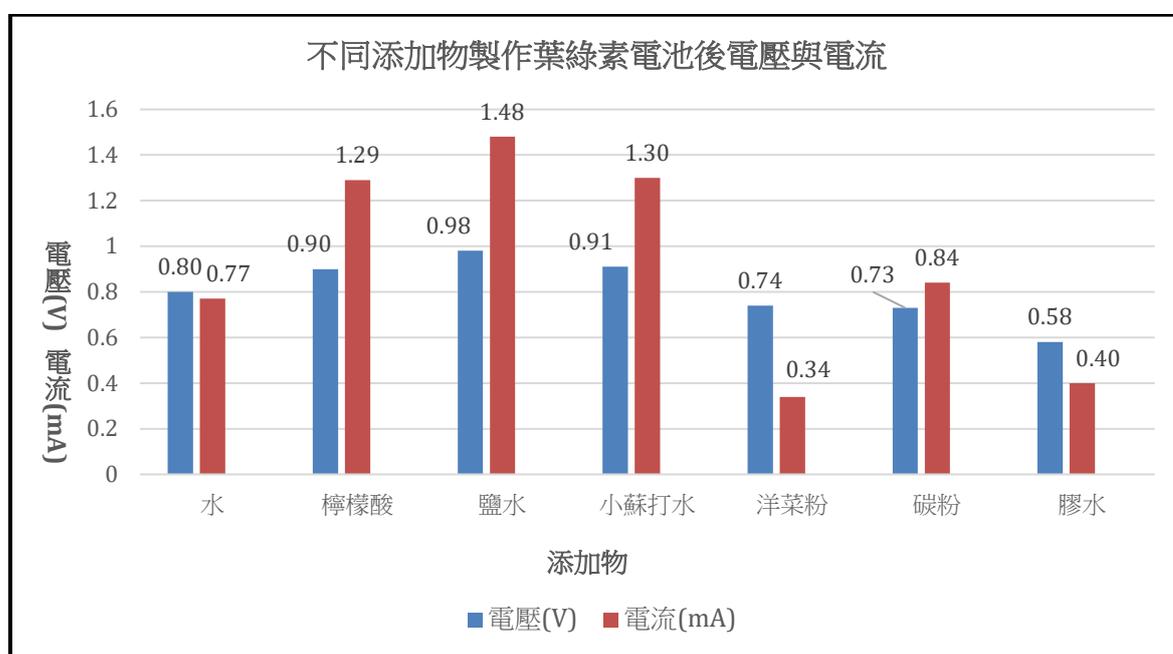


圖 5-7、不同添加物製作葉綠素電池後電壓與電流圖

### (八)最佳葉綠素電池之保存效能實驗結論

本實驗根據先前所做出最佳葉綠素電池，為了探討其在靜置狀態下之保存效能，連續一星期每天固定時間下量測電壓與電流，實驗結果發現，電壓變化不大，電流有日益趨向微量減少，這可能是因為電解液產生微電流的關係。

但是，可以確定的是，經過一星期，電解液仍有一定量的電壓與電流，證明本實驗之最佳葉綠素電池具有一定的保存效能。

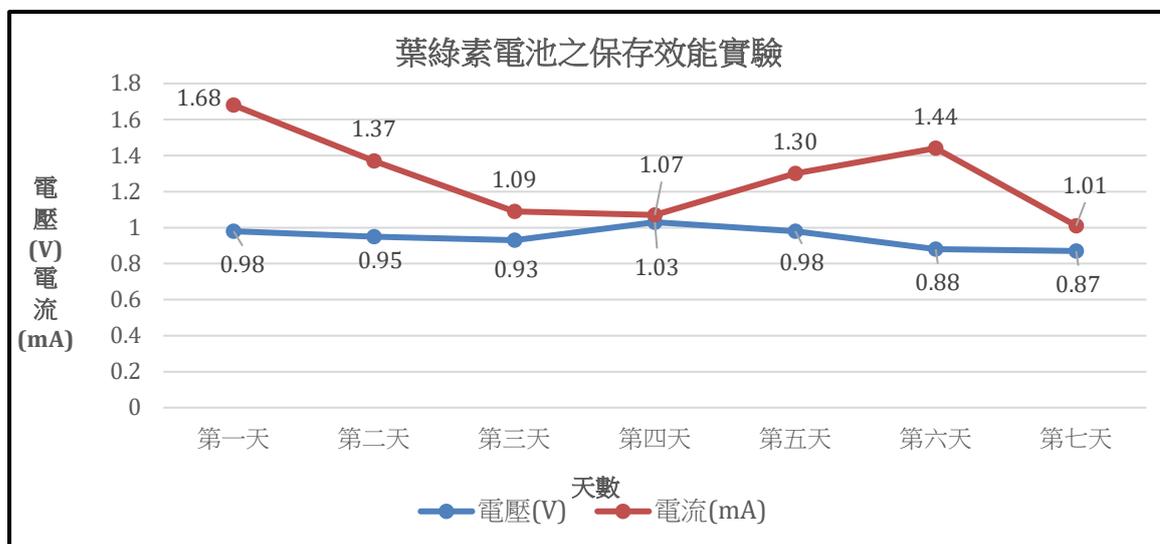


圖 5-8、最佳葉綠素電池之保存效能實驗圖

### (九)探討不同色光對葉綠素電池性能之影響

本實驗為探討照射不同色光對葉綠素電池性能之影響。我們使用自製照射燈箱以及不同顏色玻璃紙進行實驗，實驗結果顯示葉綠素電池在黃光下照射 10 分鐘具有最佳的電壓及電流值，從圖 5-10 發現若將葉綠素電池置於黃光下照射其性能將優於其他色光之照射。



圖 5-9 自製不同色光之照射實驗箱

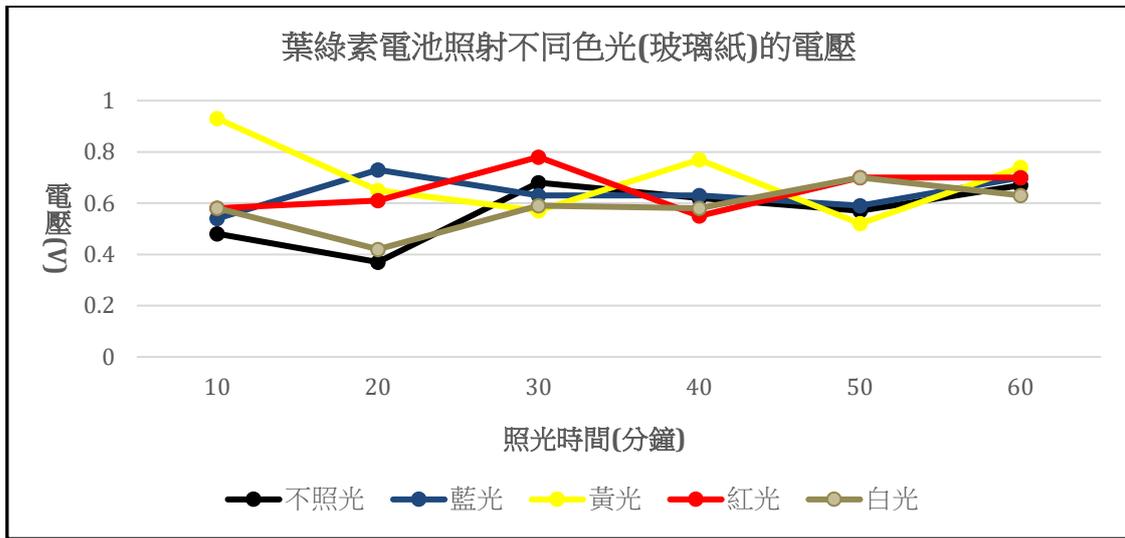


圖 5-10 葉綠素電池照射不同色光(玻璃紙)的電壓圖

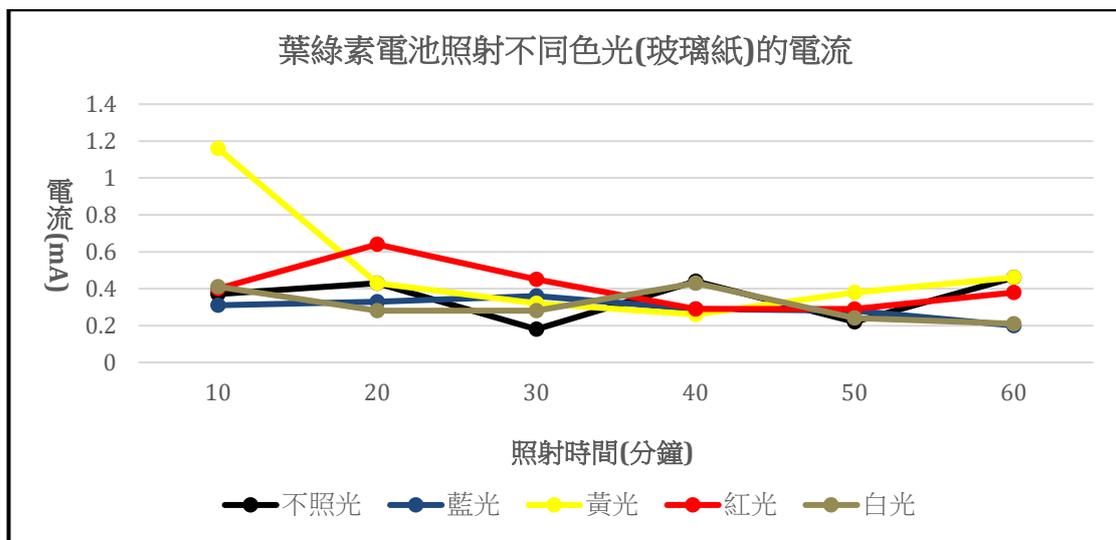


圖 5-11 葉綠素電池照射不同色光(玻璃紙)的電流圖

表 5-3 葉綠素電池照射不同色光(玻璃紙)後之電壓值

照射時間(分鐘) 不同色光	10	20	30	40	50	60
不照光	0.48	0.37	0.68	0.62	0.57	0.67
藍光	0.54	0.73	0.63	0.63	0.59	0.70
黃光	0.93	0.65	0.57	0.77	0.52	0.74
紅光	0.58	0.61	0.78	0.55	0.70	0.70
白光	0.58	0.42	0.59	0.58	0.70	0.63

表 5-4 葉綠素電池照射不同色光(玻璃紙)後之電流值

照射時間(分鐘) 不同色光	10	20	30	40	50	60
不照光	0.37	0.43	0.18	0.44	0.22	0.46
藍光	0.31	0.33	0.36	0.29	0.28	0.20
黃光	1.16	0.43	0.32	0.26	0.38	0.46
紅光	0.40	0.64	0.45	0.29	0.29	0.38
白光	0.41	0.28	0.28	0.43	0.24	0.21

表 5-5 葉綠素電池照射不同色光(玻璃紙)後最佳電壓與電流之色光

照射時間(分鐘) 測試項目	10	20	30	40	50	60
電壓 (V)	黃	藍	紅	黃	紅、白	黃
電流 (mA)	黃	紅	紅	不照光	黃	黃、不照光

然而，此實驗結果與一般認知葉綠素吸收藍光與紅光的資訊不同，我們與老師討論後便著手尋找相關文獻，由科展作品「光芒萬丈-探討色光的性質」中發現透過玻璃紙所產生之色光並不一定為肉眼所見之單一色光，於是將此部分實驗改以各色 LED 燈光重新進行測試。

我們使用自製 LED 燈箱進行實驗，實驗結果顯示葉綠素電池在藍光下照射 60 分鐘具有最佳之電壓及電流值，從表 5-6 中發現葉綠素電池在 LED 藍色燈光照射下，電壓會隨著照射時間的拉長而逐漸增加。

在上述實驗分析後發現，葉綠素電池在光的照射下的確有助於電池性能的提升，尤其是照射藍色的光源。由表 5-7 中也可發現照射時間的長短對電流的影響較為明顯。更值得注意的是葉綠素電池在白光照射下其電池性能也位居第二。此外，為瞭解照光是否影響葉綠素電池之性能，本部分也將進行不照光實驗以作為對照組，由表 5-6 和表 5-7 中可以發現當葉綠素電池在不照射任何光源的情況下，隨著時間的增加其電壓與電流將逐漸下降。綜合以上分析，後續實驗將採用 LED 藍色燈光、照射 60 分鐘來提升葉綠素電池之性能。

<p>自製 LED 燈光照射燈箱</p>	<p>測量照光設備之密合度</p>	<p>以 LED 燈準備照光實驗</p>
<p>同一色光進行照光實驗，每次 10 分鐘，共計 6 次</p>	<p>不照光之葉綠素溶液</p>	<p>量測電壓與電流</p>

圖 5-12 製 LED 燈箱進行葉綠素實驗流程

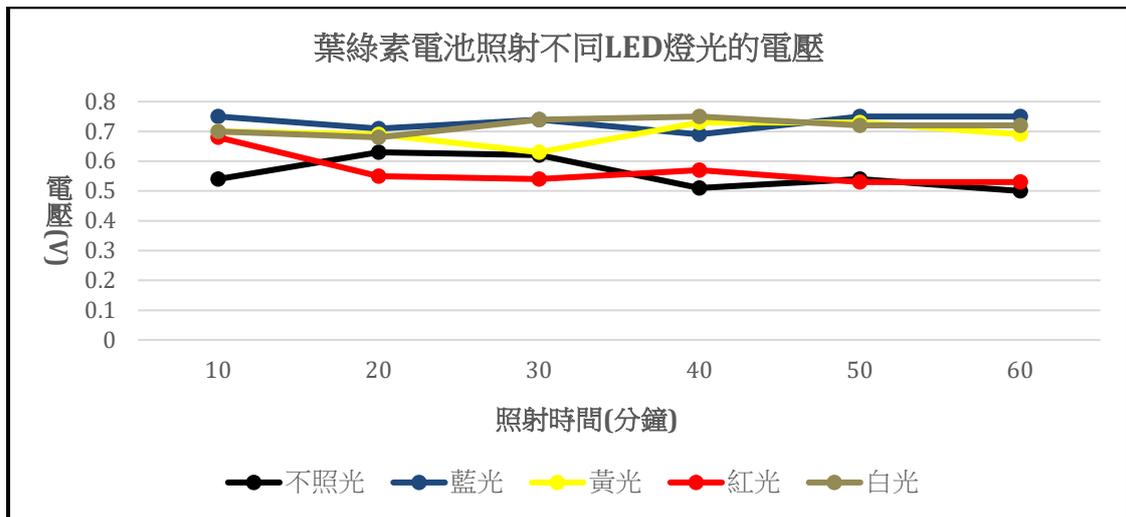


圖 5-13 葉綠素電池照射不同 LED 燈光的電壓圖

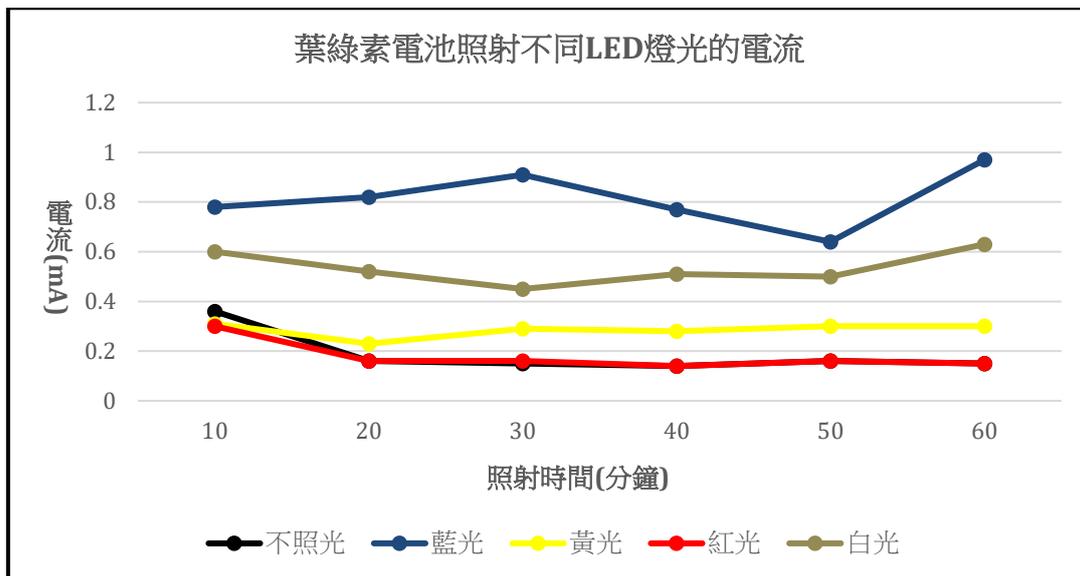


圖 5-14 葉綠素電池照射不同 LED 燈光的電流圖

表 5-6 葉綠素電池照射不同 LED 燈光後之電壓值

照射時間(分鐘) \ 不同色光	10	20	30	40	50	60
不照光	0.54	0.63	0.62	0.51	0.54	0.50
藍光	0.75	0.71	0.74	0.69	0.75	0.75
黃光	0.70	0.69	0.63	0.73	0.73	0.69
紅光	0.68	0.55	0.54	0.57	0.53	0.53
白光	0.70	0.68	0.74	0.75	0.72	0.72

表 5-7 葉綠素電池照射不同 LED 燈光後之電流值

照射時間(分鐘) \ 不同色光	10	20	30	40	50	60
不照光	0.36	0.16	0.15	0.14	0.16	0.15
藍光	0.78	0.82	0.91	0.77	0.64	0.97
黃光	0.31	0.23	0.29	0.28	0.30	0.30
紅光	0.30	0.16	0.16	0.14	0.16	0.15
白光	0.60	0.52	0.45	0.51	0.50	0.63

表 5-8 葉綠素電池照射不同 LED 燈光後最佳電壓與電流之色光

照射時間(分鐘) \ 測試項目	10	20	30	40	50	60
電壓(V)	藍	藍	藍、白	白	藍	藍
電流(mA)	藍	藍	藍	藍	藍	藍

#### 四、最佳化葉綠素電池之開發

##### (十) 組合出最佳性能葉綠素電池

本實驗為探討電池長度對葉綠素電池性能之影響，結果顯示電壓會隨著電池長度的增加而提升，推測原因為電池內葉綠素溶液的填充量會隨著電池長度增加而變多。因此，電池長度為 5.5cm 時其電壓值最佳。然而，電流卻隨著電池長度的增加而逐漸減少，推測主要原因可能為電池內之離子在電解液傳輸時受到阻礙，導致整體之電流下降。綜合電壓與電流整體分析，後續實驗將採用長度為 5.5cm 的電池來製作葉綠素電池。

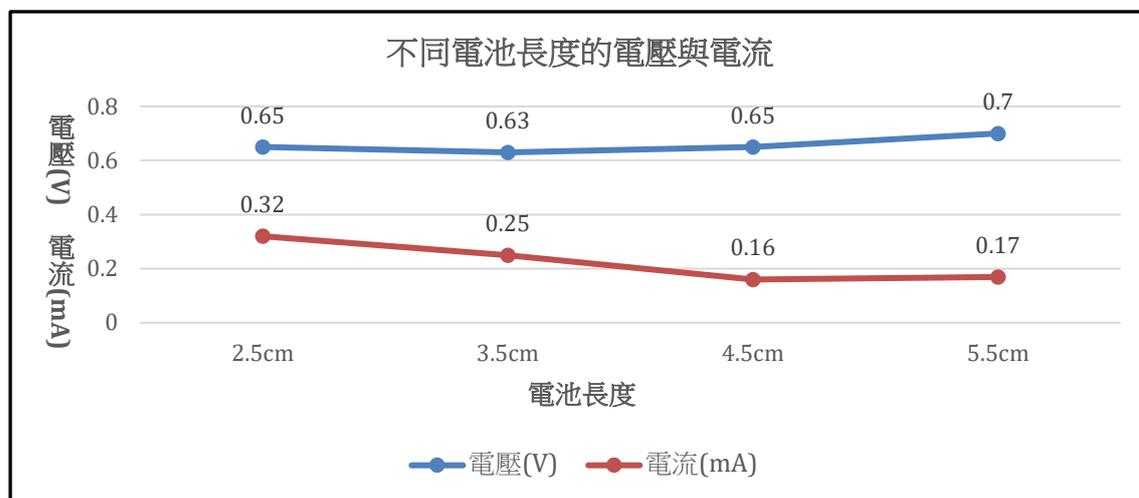


圖 5-15 不同電池長度的電壓與電流圖

##### (十一) 確認葉綠素添加與否對葉綠素電池性能之影響

本實驗探討有無添加葉綠素對葉綠素電池性能之影響，實驗結果可知添加葉綠素之電池的電壓值將高於未添加之電池；但未添加葉綠素之電池其電流值略高於添加葉綠素之電池，推測主要原因可能為添加葉綠素分子較大將會影響電池內離子傳輸，進而導致整體之電流下降。

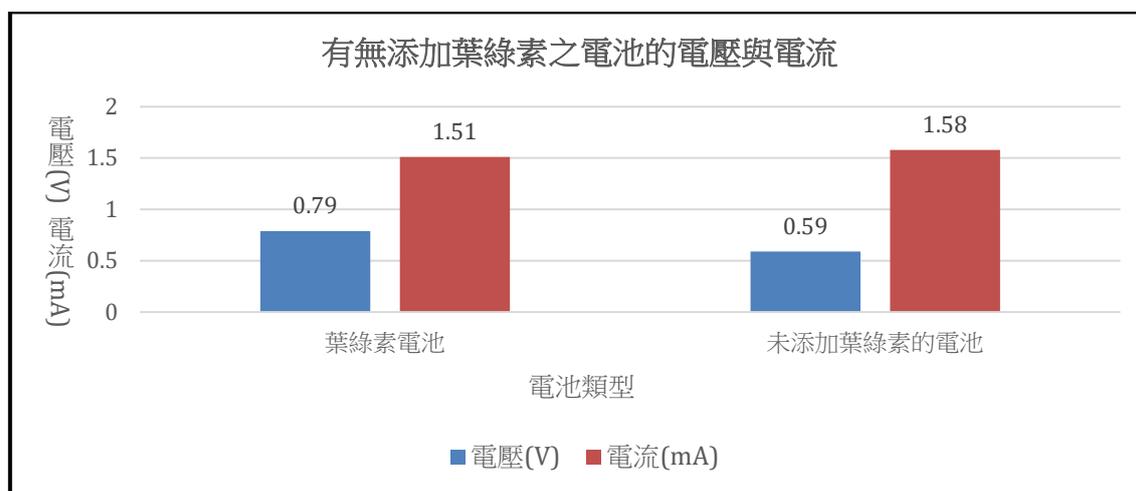


圖 5-16 有無添加葉綠素之電池的電壓與電流圖

## (十二) 葉綠素電池之實際運用

### 1. 葉綠素 PVC 5.5cm 電池之效能

我們使用上述所獲得的實驗結果進行最佳化葉綠素電池之製作，並嘗試應用電池串聯的模式驅動 LED 燈泡與小馬達。

實驗結果發現當電池串聯時其電壓將逐漸增加，當串聯兩顆葉綠素電池時所產生之電壓已足夠驅動 LED 燈泡，若將電池串聯數量增加將提升 LED 燈泡之亮度。從表 5-9 中也可發現即使已串聯四顆葉綠素電池仍無法驅動小馬達，推測主要原因為此串聯電壓不足，若要驅動小馬達需要再增加串聯葉綠素電池之數量。

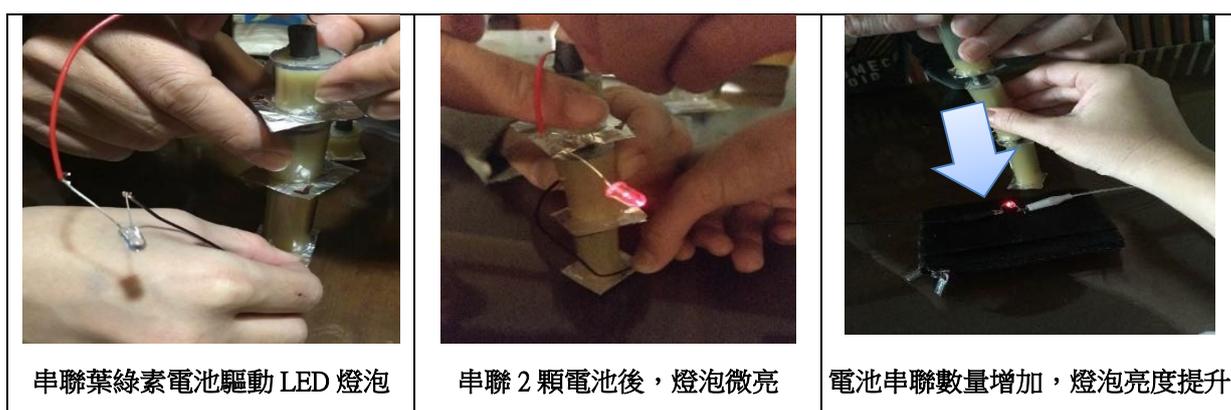


圖 5-17 串聯葉綠素電池以驅動 LED 燈泡

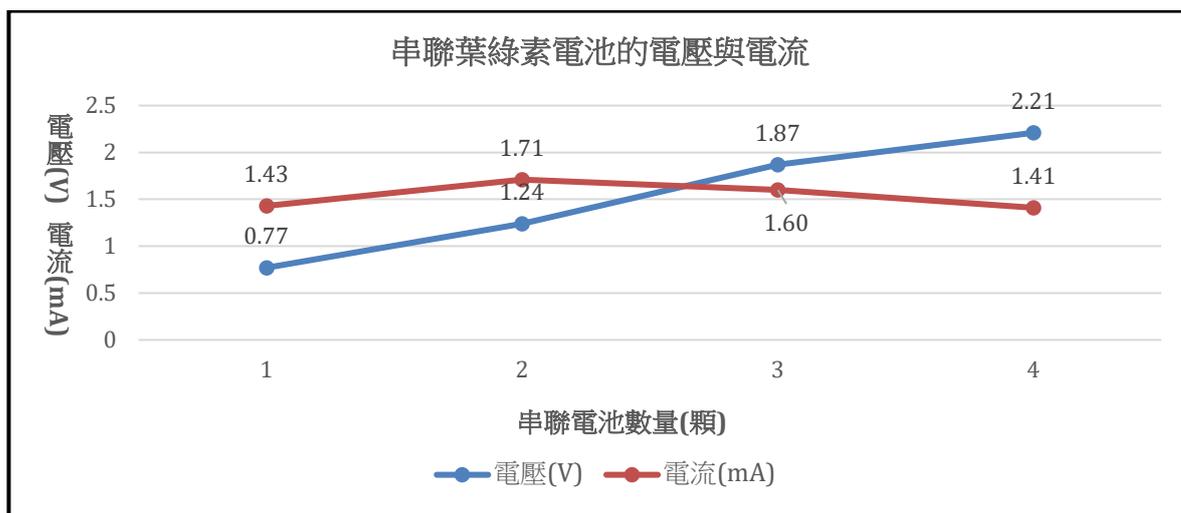


圖 5-18 串聯葉綠素電池的電壓與電流圖

表 5-9 串聯葉綠素電池的電壓與電流之數據

串聯數量 測試項目	1	2	3	4
電壓(V)	0.77	1.24	1.87	2.21
電流(mA)	1.73	1.91	1.80	1.61
LED	不亮	微亮	亮	更亮
小馬達	不轉	不轉	不轉	不轉

## 2. 葉綠素粉末加水還原電池之效能

實驗後我們發現電池內的膠狀葉綠素電解液，會隨著放置時間增長而乾掉硬化，於是我們想探討若將已結塊的乾燥葉綠素萃取物，磨成粉末後再加水還原成膠狀，填裝回原電池殼中，此時，葉綠素粉末加水的電池電壓與電流性能的表現是否有差異？



圖 5-19 粉末磨粉之實驗流程圖

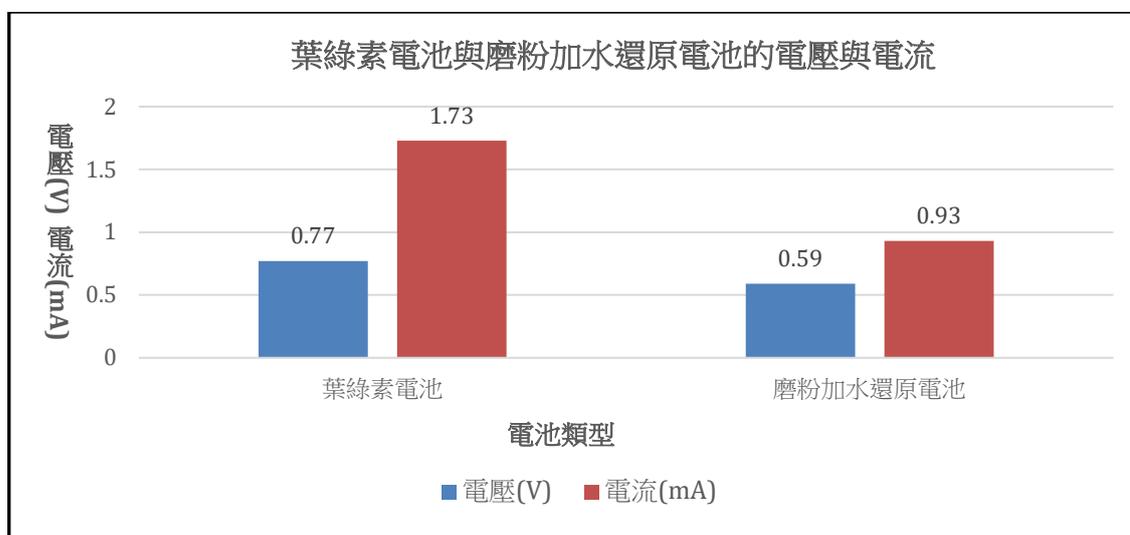


圖 5-20 葉綠素電池與磨粉加水還原電池的電壓與電流

從圖 5-20 中葉綠素粉末加水還原電池之效能實驗結果中，發現磨粉加水還原的葉綠素電池之電壓表現還可維持原來葉綠素電池的 76.6%。因此我們發現它具有可重複使用的特性，當在野外遇緊急危難時，只要有水就可以還原電池之效能，進而能點亮緊急照明設備。

### 3. 葉綠素鈕扣電池之效能

我們想縮小葉綠素電池的體積並提高其效能，從「葉綠素電池之應用」報告中閱讀到在電解液中加入「碘液」，因碘液的自身氧化還原反應，可有效提供電子給激發態的葉綠素，使其還原為穩定的基態，讓反應得以重複進行，所以我們嘗試添加碘液製作鈕扣電池。

從圖 5-21 中，發現添加 10%鹽水 5ml、10%碘液 5ml 的葉綠素電解液最能提升鈕扣電池的電流，解決了之前葉綠素電池電流較低的問題，因此將以此比例 15ml 葉綠素萃取液、10%鹽水 5ml、10%碘液 5ml 添加測試來製作葉綠素鈕扣電池，如圖 5-22 為鈕扣電池製作流程。

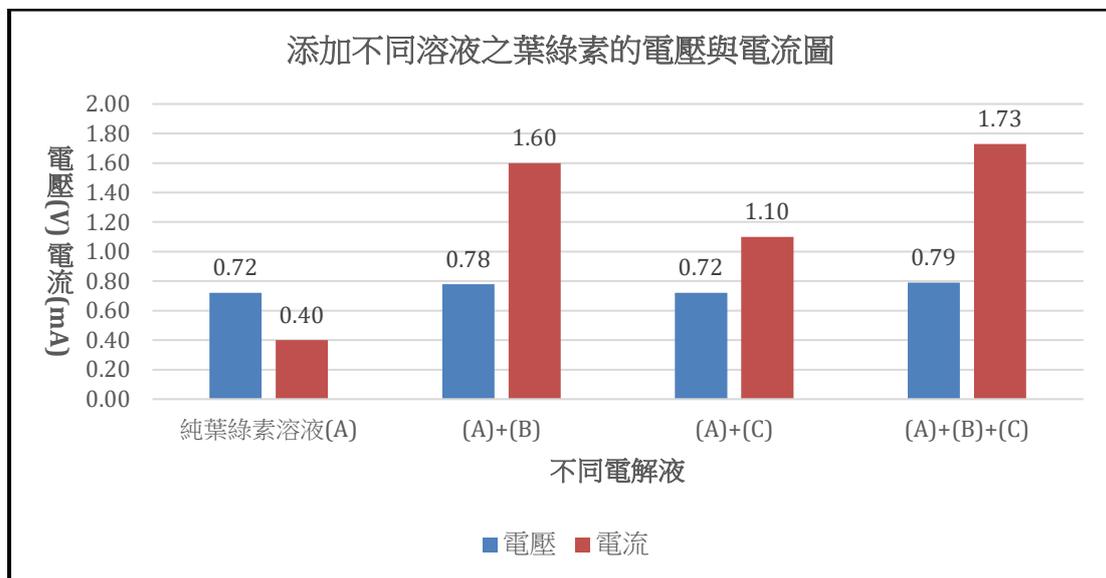


圖 5-21 添加不同溶液之葉綠素的電壓與電流圖

註：不同電解液代號定義 (A) 15ml 葉綠素萃取液、(B) 10%鹽水 5ml、(C) 10%碘液 5ml



圖 5-22 葉綠素鈕扣電池製作流程圖

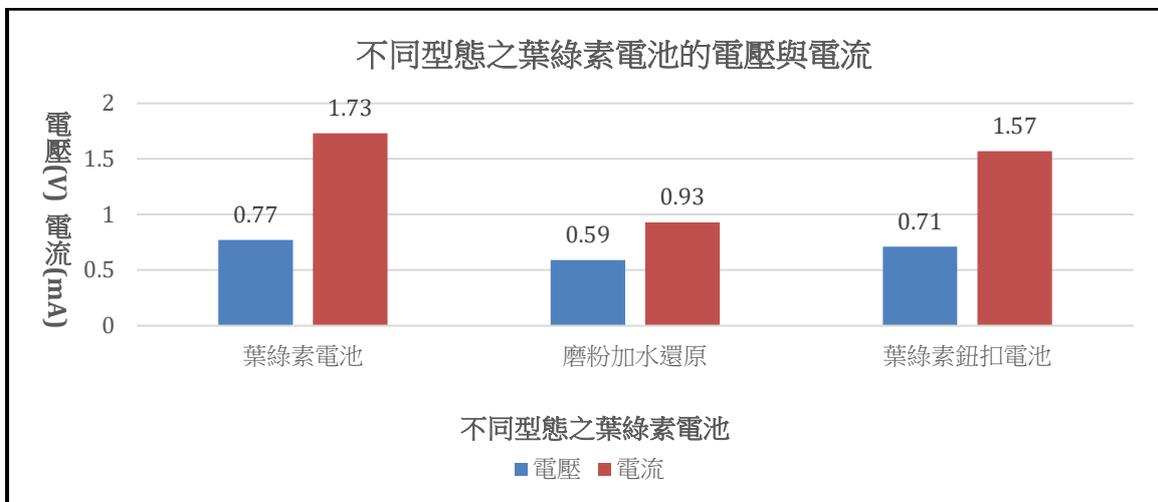


圖 5-23 不同型態之葉綠素電池的電壓與電流圖



圖 5-24: 串聯葉綠素鈕扣電池

葉綠素鈕扣電池之效能實驗結果中，發現添加碘液的葉綠素鈕扣電池電流表現明顯上升，解決了我們之前製作的葉綠素電池電流較低的問題，串連 4 顆葉綠素鈕扣電池即可使 LED 燈發亮。因此我們發現這是一顆更輕便、更容易攜帶且更省材料的環保電池。

## 陸、討論

- 一、因葉綠素為脂溶性，不溶於水，因此在萃取葉綠素時使用丙酮及酒精等溶劑，同時為了讓葉綠素更容易溶出，我們將葉片剪碎並浸泡於酒精中提高葉綠素溶出量。由實驗(一)中可發現使用濃度為 50%酒精來進行萃取時具有最佳之電池性能。
- 二、由實驗(二)研究採用在校園內經常被修剪的植物，剛開始想測試植物植株高度是否會影響葉綠素電池之效能，因此挑選三種不同植株高度的植物，分別為福木(高)、春不老(中)以及鵝掌藤(低)，實驗中發現春不老具有最佳之電池性能，其次為福木，鵝掌藤是第三，此結果似乎無法看出植株高度是否影響葉綠素吸收。而此部分影響之原因推測為葉片厚度的關係，太厚的葉片在萃取葉綠素時，單位重量的照光表面積較少。我們也曾將葉子磨成粉狀讓萃取效果更佳，但葉片磨成泥狀在研磨過程中將會產生熱量進而間接破壞葉綠素。因此，本實驗將採用較薄之春不老葉片作為製作葉綠素電池材料之關鍵條件。
- 三、由實驗(二)中發現，春不老葉片的電池性能表現最佳，在多數文獻中大部分使用 10g 之葉片來萃取，且考慮 40ml 的酒精無法完全覆蓋 20g 的葉片，因此，本實驗使用 5g、10g 和 15g 重的葉片來進行實驗。由實驗(三)結果顯示電池性能隨著葉片重量的增加而提升，可能是葉綠素濃度增加所造成。故推測葉綠素濃度將會影響電池性能，因此，後續實驗將採用重量為 15g 之春不老葉片來進行實驗。
- 四、由實驗(四)中發現，添加的酒精量將會影響電池之性能，大部分文獻在進行萃取時使用的酒精量為 40ml。而從實驗結果中可得知應用 60ml、50%之酒精來進行葉綠素之萃取將獲得最佳之電池性能。推測使用 15g 春不老葉片浸泡於 60ml 酒精的實驗中可萃取更多的葉綠素量，因酒精量增加時其電壓與電流會隨著酒精量增加而逐漸增加，推測酒精量增加後，可以萃取更多葉綠素量。葉綠素量會影響葉綠素電池之效能，因此後續實驗將以 60ml 之 50%酒精為萃取液。
- 五、由實驗(五)中發現，電極間之距離將會影響電池性能，電池之電壓與電流會隨著電極間之距離增加而逐漸減少。
- 六、由實驗(六)中發現，在電極選擇部分，運用元素活性的高低來設計電極組合，將活性高的作為負極，而活性低的作為正極，以嘗試找出最佳電極組合。實驗結果顯示使用碳棒作為正極、鋅片作為負極其電壓與電流呈現穩定狀態，而正極使用碳棒、負極使用鋁片其電壓之平均值為所有電極組合中最高，雖鋁金屬活性比鋅金屬活性高，但電流卻表現

不佳，推測可能是因為鋁金屬容易在金屬表面產生氧化層，導致負極的鋁金屬表面反應不佳。

七、由實驗(七)中發現，葉綠素萃取液中額外加入少量添加物將有助於提升葉綠素電池之性能，而添加鹽水有效提升葉綠素電池之電壓與電流。將葉綠素電池之電解液添加弱鹼性的小蘇打水或弱酸性的檸檬酸溶液都會提升電池性能。當添加物為水時因酒精濃度被稀釋電池效能反而下降。添加洋菜粉組實驗中葉綠素(葉綠素 a 藍綠色 C<sub>55</sub>H<sub>72</sub>N<sub>4</sub>O<sub>5</sub>Mg；葉綠素 b 黃綠色 C<sub>55</sub>H<sub>70</sub>N<sub>4</sub>O<sub>6</sub>Mg)的分子結構較大，導致其在洋菜膠內的流動的阻力較大，而使電流值下降。

八、由實驗(八)發現，葉綠素電池靜置數天後，電壓變化不大，電流則日益趨向微量減少，但經過一個禮拜，電解液仍有一定量的電壓與電流，可見具有一定的保存效能。

九、由實驗(九)中發現，葉綠素電池在 LED 藍光燈光照射下的電池性能最佳。在 LED 白色燈光照射下，也能有效提升葉綠素電池性能。由此發現無論光照射時間長短都能提升葉綠素電池效能，但對電流之影響較為明顯。

十、由實驗(十)中發現，電池內葉綠素溶液之填充量會隨著電池長度增加而增加。此時，電池電壓會隨著電池長度的增加而提升，但電池電流卻隨著電池長度的增加而逐漸減少。推測可能原因是電池內的正負離子傳輸時受到阻礙，進而導致整體之電流下降。

十一、由實驗(十一)中發現，液態電解液封裝時無法克服漏液問題，因此，在液態葉綠素萃取液中添加洋菜粉使其變為膠態葉綠素萃取液以利於製作電池時電解液之填裝，除此之外，在電解液裡加入洋菜粉還可以使液體蒸發量降低。

十二、由實驗(十二)中發現，電池內的膠狀葉綠素電解液，久放已結塊的乾燥葉綠素電解液，再加水還原後之電壓表現還可維持原來葉綠素電池的 76.6%。添加碘液的葉綠素鈕扣電池電流表現明顯上升，串連 4 顆葉綠素鈕扣電池即可使 LED 燈發亮。因此我們發現這是一顆更輕便、更容易攜帶且更省材料的環保電池。

## 柒、結論

- 一、本研究探討許多與葉綠素電池效能相關的實驗，最佳組合如下：15g 春不老葉片、50%酒精濃度 60ml、碳棒作為電極正極、鋁片作為電極負極、電極距離為 1cm、電池長度為 5.5cm、添加鹽水並且在 LED 藍色燈光下照射 60 分鐘為最佳。
- 二、本研究中所設計製作的葉綠素電池可藉由萃取液與校園常見植物葉片進行葉綠素萃取，進而發展成一簡單、輕便、可攜式且環保之電池。
- 三、本研究中所設計製作之葉綠素電池在利用串聯方式後，可驅動小型電力裝置，如實驗中串連兩顆葉綠素電池使 LED 燈泡點亮。串連 4 顆葉綠素鈕扣電池可使 LED 燈泡點亮，且 4 顆葉綠素鈕扣電池使用的電解液量約只有 5.5 公分 PVC 管使用的電解液量的五分之一，但電流卻能明顯提升。因此我們發現這是一顆更輕便、更容易攜帶且更省材料的環保電池。
- 四、久放已結塊的乾燥葉綠素電解液，加水還原後電壓表現還可維持原來葉綠素電池的七成效能，若添加鹽水或碘液後能有效提升其效能，更增加葉綠素電池反覆使用的可行性。
- 五、本研究延續實驗將葉綠素電解液添加碘液以後發現可穩定提升電流並成功製作出更輕便、更容易攜帶且更省材料的鈕扣環保電池。
- 六、未來發展綠能產業極為重要，因此為兼顧環保、資源永續以及儲能開發，希望我們研究的葉綠素電池未來能延伸出更多可應用的領域，避免過多的能源消耗以及環境污染。
- 七、葉綠素電池與太陽能儲能設備皆可藉著光能轉為電能，目前太陽能儲能設備已有許多研究，期望未來葉綠素萃取技術突破後，能繼續提升葉綠素電池之性能，結合太陽能技術，為未來儲能設備創造另一種新能源。

## 捌、參考資料與其他

江育哲，黃梓宸，洪聖佑(2019)。光芒萬丈－探討色光的形質。中華民國第 51 屆中小學科展國中組物理科。

李微、陳昭錦(2013)。葉綠素。科學 Online -高瞻自然科學教學資源平台。取自：

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=48452>

林芷瑄、林姿婷(2019)。葉綠素電池之應用。中華民國第 59 屆中小學科展高中組環境學科。

阿簡生物筆記部落格(2006 年 11 月 16 日)。看見葉綠素的螢光。【部落格文字資料】取自：

[http://a-chien.blogspot.com/2006/11/blog-post\\_16.html](http://a-chien.blogspot.com/2006/11/blog-post_16.html)

張雅菱、張永達(2018)。電池變變變-葉綠素電池。科學 Online -高瞻自然科學教學資源平台。取自：<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=6775>

教育大市集，學習加油站國中生物科教材資源(2000 年 11 月 15 日)。部頒教科書第三章第三

節植物怎樣製造養分。取自：[http://163.28.10.78/content/junior/bio/tc\\_wc/textbook/ch03/text-ch03-3.htm#%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%AF%80](http://163.28.10.78/content/junior/bio/tc_wc/textbook/ch03/text-ch03-3.htm#%E7%AC%AC%E4%B8%89%E7%AF%80)

許彧嘉、林昀頡、吳上慶、許祐齊、謝宜珊、王鼎欣(2018)。「蓮」跡四伏，用「綠」發電－葉綠素電池之研究與應用。嘉義縣第 58 屆中小學科展國小組化學科。

曾益晴(2016)。發射光譜，科學 Online -高瞻自然科學教學資源平台。取自：

<http://www.cbu.edu/~seisen/Photosynthesis.htm>

黃俊誠、陳藹然(2009)。鋅碳電池與鹼性電池。科學 Online -高瞻自然科學教學資源平台。取自：<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=5102>

黃曼青、蔡言均、傅子齊、黃紹瑋(2019)。「葉」來 YA 有電---葉綠素電池。中華民國第 59 屆中小學科展國小組化學科。

楊嘉惠(2010)。葉綠素電池沾水即發電「葉綠素電池沾水即發電」，科學人雜誌，取自：

<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=1522>

材料人(2016)手把手教你置備鋰離子電池漿料，組裝扣式電池。取自：

<https://kknews.cc/zh-tw/science/annprx.html>

## 【評語】 080207

各國皆致力於環保再生能源之開發，研究題目符合環保趨勢以主題環保實用。研究中對變因探討與實驗設計完整詳細，符合科學探究精神，唯主題是電池研究，實驗材料宜符合電池短小易攜帶的特性。葉綠素電池的研究在科展作品不少，可針對如何增加電量以及續航力做研究。將葉綠素添加到鋅銅電池中的工作，在科展中已有一些前例，但學生工作仔細，值得嘉許。以下是一些建議：

1. 器材應標明規格型號。
2. 歷年科展已有多篇關於葉綠素電池的研究，應做論文回顧並說明本研究不同之處為何。
3. ml 應寫 成 mL。
4. 由圖 5-1，50%酒精的電流電壓最大，作者就下結論：50%酒精為最佳濃度。但，作者應增作更小酒精濃度的數據後才能下結論。
5. 電池的條件應附上，否則無法比較。
6. 圖 5-20 磨粉加水還原電池雖有電池電壓，但不能下結論說有價值，因其電池電壓小於圖 5-16 無添加葉綠素電池。
7. 參考資料如取自網站，應標明上網日期。

## 作品簡報

# 綠電愛地球-葉綠素電池之探討

科別：化學科

組別：國小組

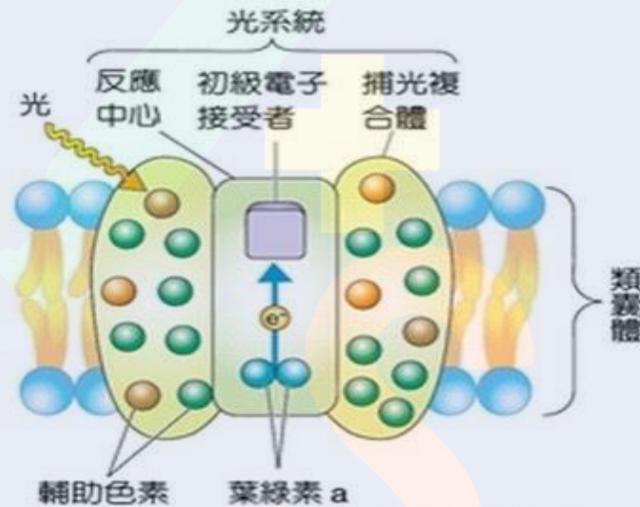
編號：080207

# 研究動機

## 摘要

- 新興綠色能源興起
- 再生能源與儲能系統相輔相成
- 追求環保願景

## 背景知識

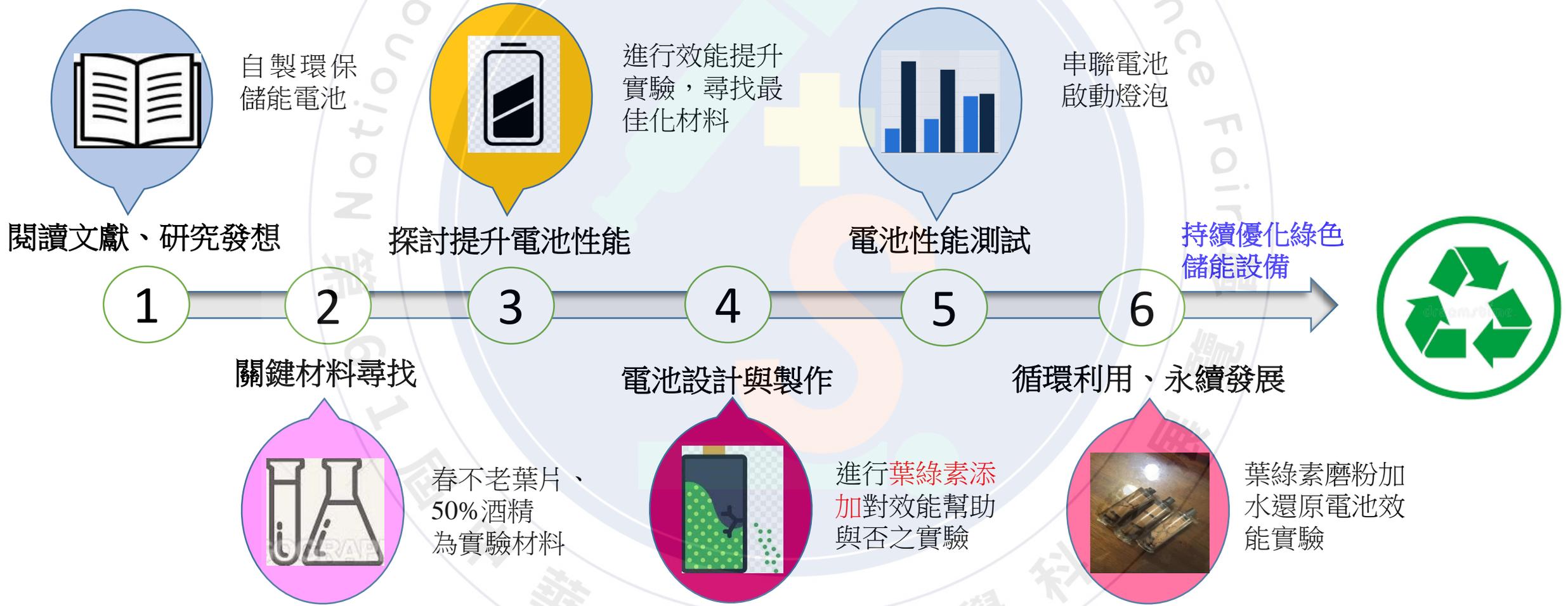


- 葉綠素吸光激發： $\text{Chl} + \text{light} \rightarrow \text{Chl}^*$
- 氧化反應： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

## 研究目的

- 以校園內植物為主角，探討葉綠素電池於不同操作變因下對電池性能之影響，藉以尋找最佳數據資料組合的條件並研發性能最佳化之葉綠素電池
- 嘗試設計「環保儲能裝置」概念為出發點，並加入
  - (1)再生綠能
  - (2)循環利用
  - (3)方便攜帶等永續發展綠色因子進行研究

# 研究方法



# 研究方法

## 葉綠素電解液實驗流程



葉片浸泡酒精蓋上保鮮膜靜置10分鐘



隔水加熱並控溫80度C



應用三用電表量測五次電壓與電流

## 葉綠素電池製作



將碳棒裁剪至適合長度



填充固態電解液並封上鋁片



完成葉綠素電池製作

## 葉綠素磨粉加水 還原電池效能實驗



乾掉的葉綠素電池



取出乾掉的固態電解液



磨粉並加水進行還原實驗，量測電壓與電流

## 葉綠素鈕釦電池製作



碳片放入正極蓋子，並滴入葉綠素電解液



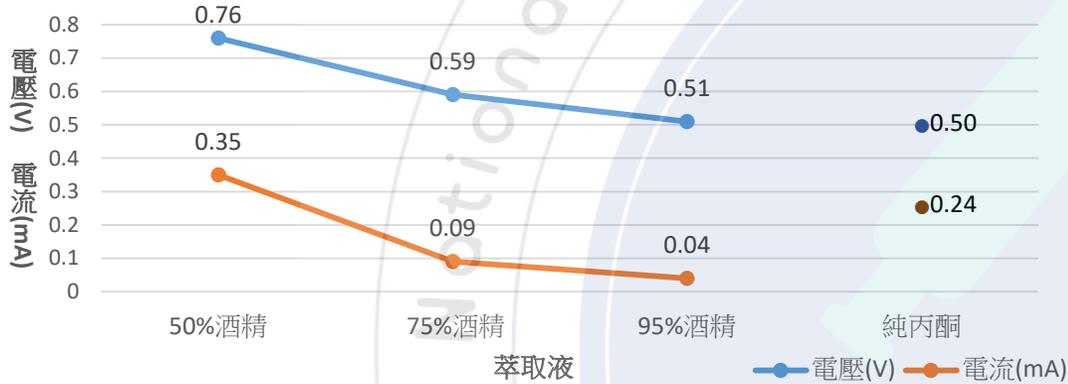
依序放入一鋁片、墊片、彈片，並蓋上負極蓋子



C型夾壓合後，完成葉綠素鈕釦電池製作

# 研究結果(一)

## 不同濃度萃取液對葉綠素電池性能之影響



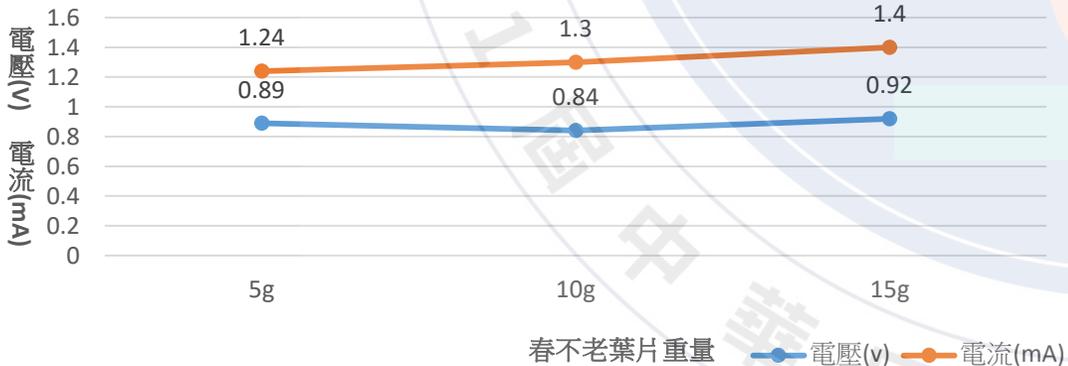
結果：選用濃度為**50%酒精**來進行葉綠素之萃取實驗

## 不同校園植物對葉綠素電池性能之影響



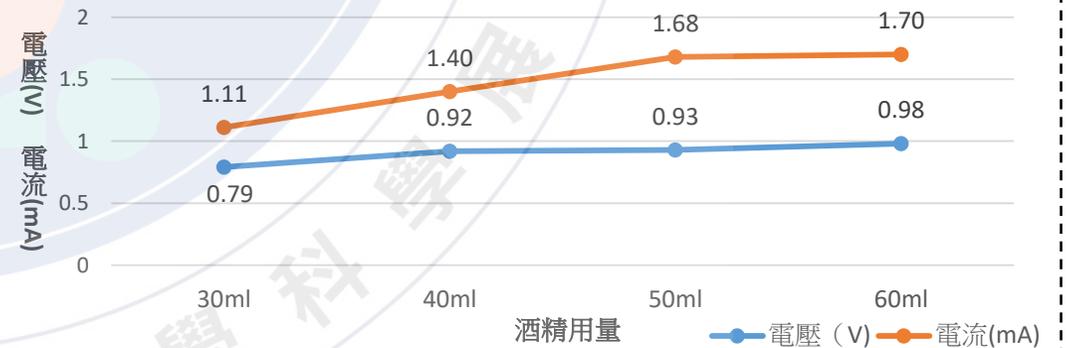
結果：將以**春不老葉片**來進行葉綠素之萃取實驗

## 不同葉綠素濃度對葉綠素電池性能之影響



結果：選用**春不老植物葉片15g**來作為葉綠素萃取液之重量

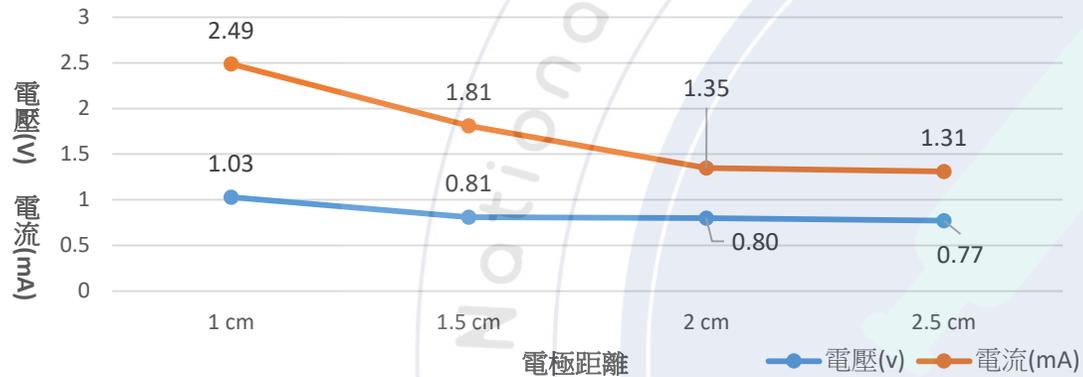
## 不同酒精量對葉綠素電池性能之影響



結果：選用**60ml、50%**之酒精來進行葉綠素之萃取實驗

# 研究結果(二)

## 不同電極間距對葉綠素電池性能之影響



結果：將選用電極距離為1cm來進行葉綠素電池之性能分析

## 不同正負極之電極組合對葉綠素電池性能之影響



結果：考量實際應用可能性，後續將以碳棒為正極、鋁片為負極來進行實驗

## 不同添加物對葉綠素電池性能之影響



結果：後續實驗將於葉綠素電池中添加鹽水來進行實驗探討與分析

## 最佳化葉綠素電池之保存效能實驗



結果：經過連續7天的量測，電壓電流表現僅微幅下降

# 研究結果(三)

## 探討不同色光對葉綠素電池性能之影響

### 自製LED燈箱進行葉綠素色光實驗



1 自製LED燈光照射燈箱



2 測量照光設備之密合度



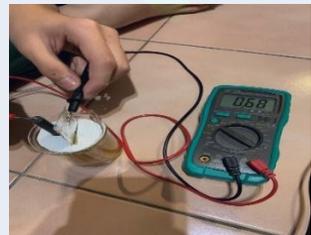
3 以LED燈準備照光實驗



4 同一色光進行照光實驗，每次10分鐘，共計6次



5 不照光之葉綠素溶液



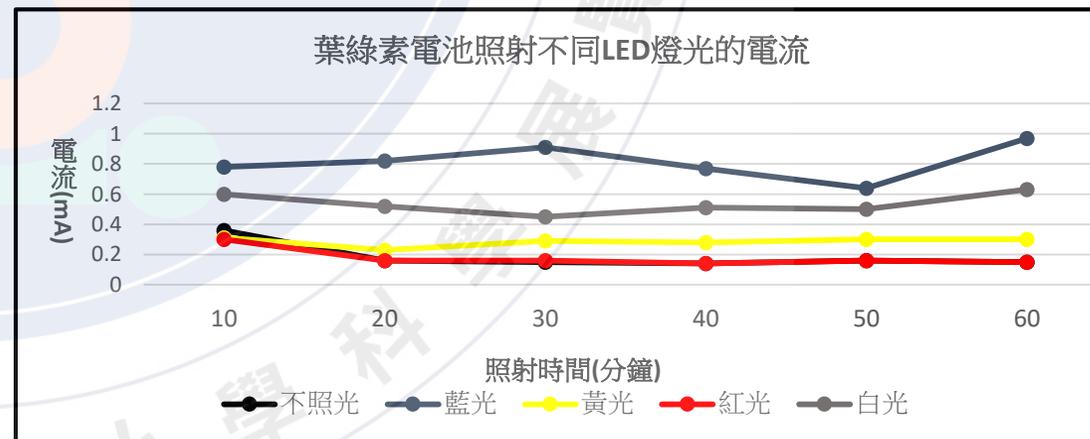
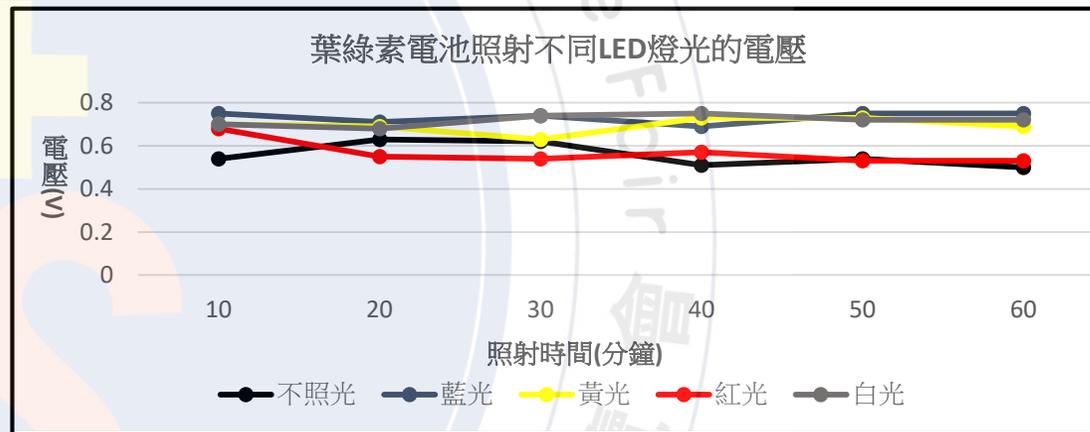
6 量測電壓與電流

### 葉綠素電池照射不同LED燈光後最佳電壓與電流之色光

照射時間(分鐘)	10	20	30	40	50	60
測試項目						
電壓(V)	藍	藍	藍、白	白	藍	藍
電流(mA)	藍	藍	藍	藍	藍	藍

## 照射藍光對電壓電流幫助最大

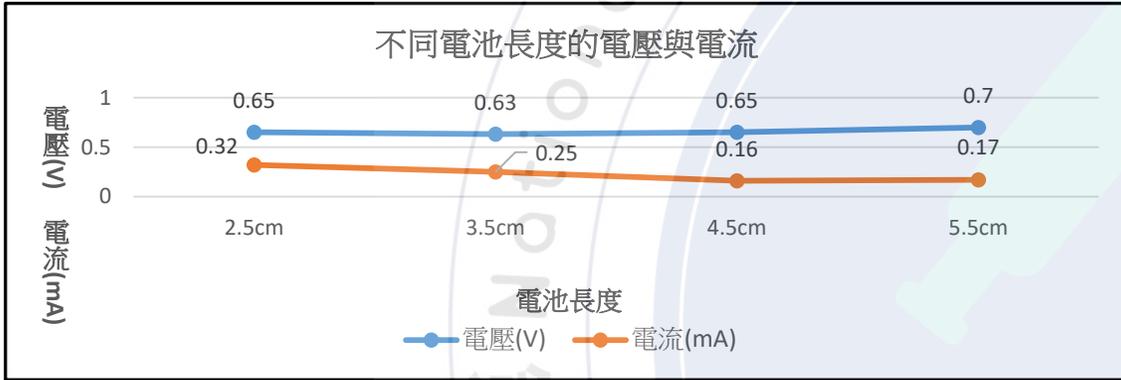
- 實驗結果顯示葉綠素電池在藍光下照射60分鐘具有最佳之電壓及電流值，葉綠素電池在LED藍色燈光照射下，電流會隨著照射時間的拉長逐漸增加。



# 研究討論(一)

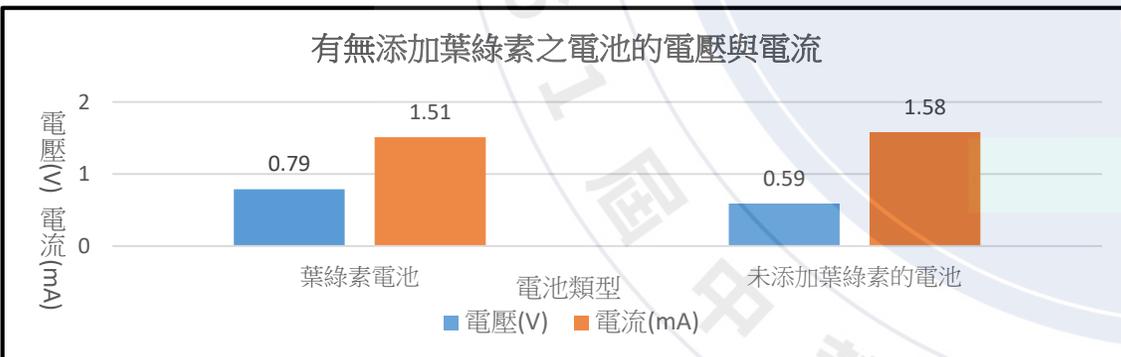
## 最佳化葉綠素電池開發

### 尋找最佳化葉綠素電池的電池長度



結果：電壓會隨著電池長度的增加而提升，電流卻隨著電池長度的增加而逐漸減少，後續實驗將採用長度為5.5cm的電池來製作葉綠素電池。

### 確認葉綠素添加與否對葉綠素電池性能之影響



結果：添加葉綠素之電池的電壓值將高於未添加之電池；相反的，未添加葉綠素之電池其電流值將高於添加葉綠素之電池，推測主要原因可能為添加葉綠素將會阻礙電池內離子傳輸，進而導致整體之電流下降。

## 最佳化葉綠素電池組合



# 研究討論(二)

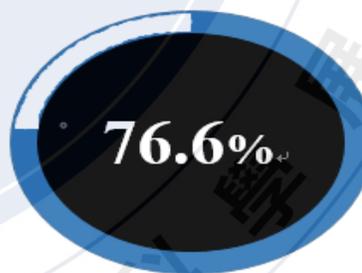
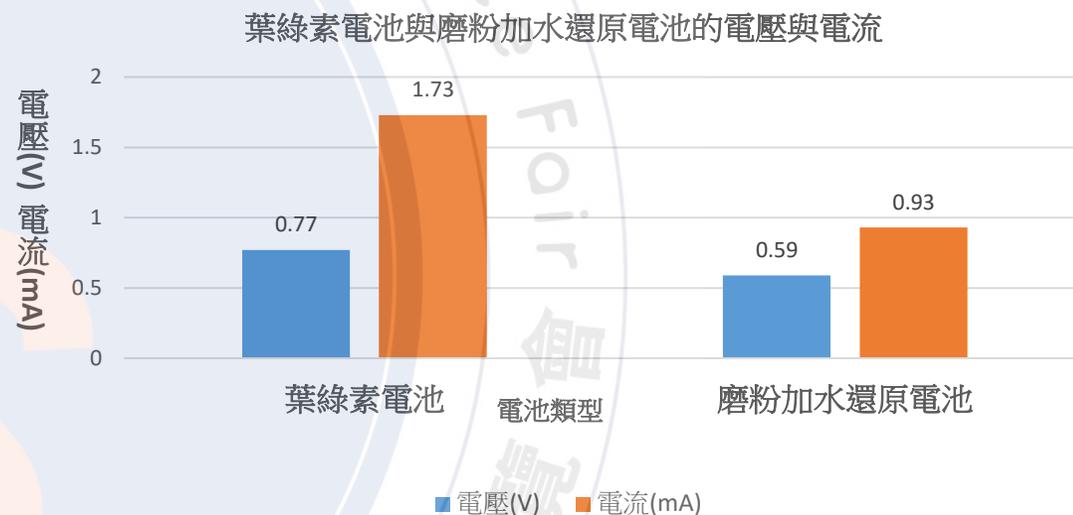
## 葉綠素電池效能測試

串聯數量 (顆) 測試項目	1	2	3	4
電壓(V)	0.77	1.24	1.87	2.21
電流(mA)	1.73	1.91	1.80	1.61
LED	不亮	微亮	亮	更亮
小馬達	不轉	不轉	不轉	不轉

- 串聯兩顆葉綠素電池，即可驅動LED燈泡
- 燈泡亮度隨著串聯電池數量而增強
- 電壓、電流不足以啟動馬達



## 葉綠素磨粉加水還原電池效能實驗



葉綠素電池效能測試

2021年3月

葉綠素磨粉加水還原電池效能實驗

2021年4月

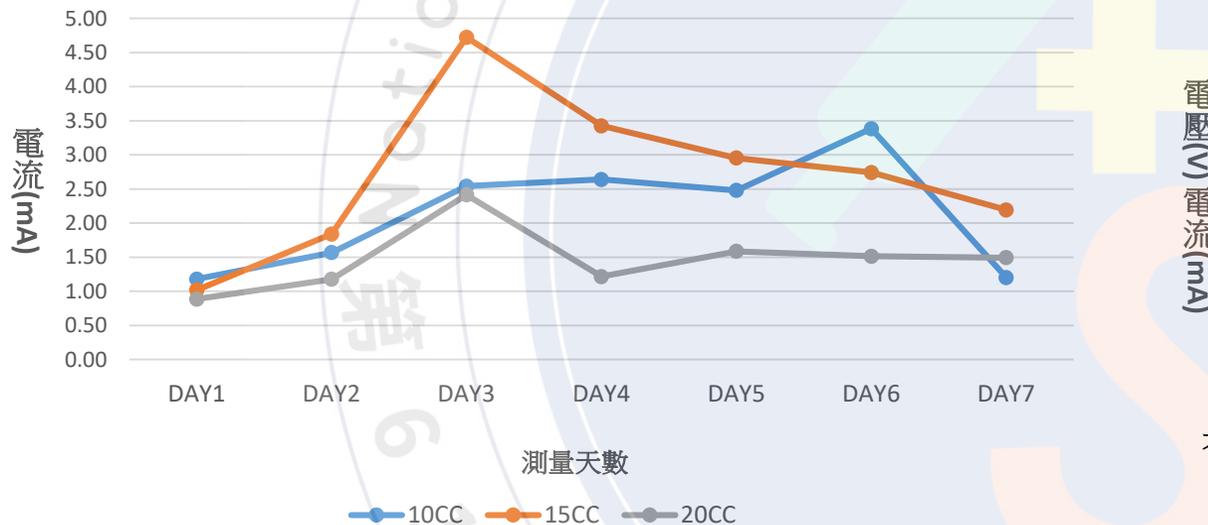
葉綠素鈕釦電池實驗

2021年5月

# 研究討論(三)

## 添加碘液提升電池效能

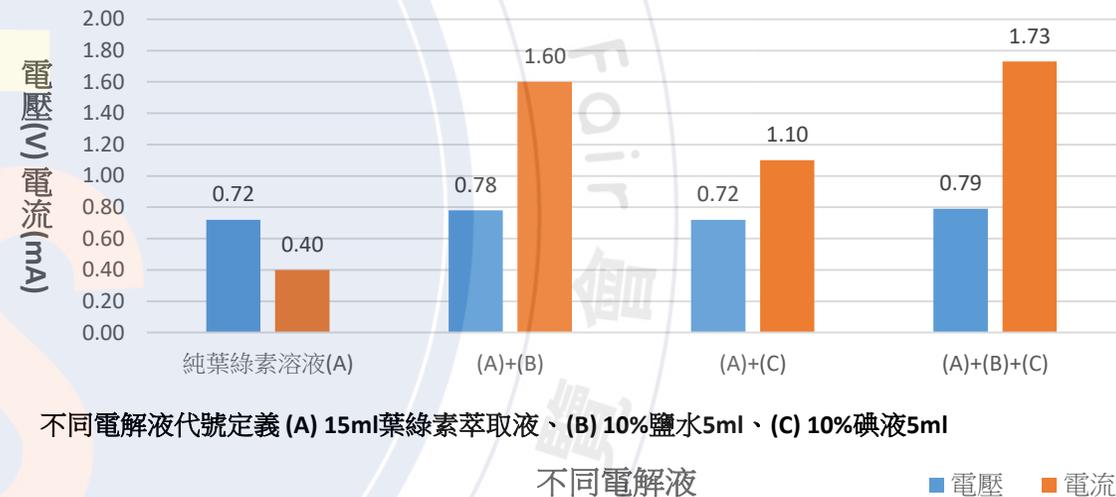
不同比例葉綠素溶液添加碘液之電流日趨勢



- 「碘液」添加、電流上升
- 推測碘離子於溶液中扮演電解質角色，增進電流傳遞

## 探討鈕釦電池電解液

不同添加物之電解液的電壓與電流



- 葉綠素溶液：添加物 = 3:1
- 結果顯示添加10%鹽水5ml、10%碘液5ml，能提升電流

葉綠素電池效能測試

2021年3月

葉綠素磨粉加水還原電池效能實驗

2021年4月

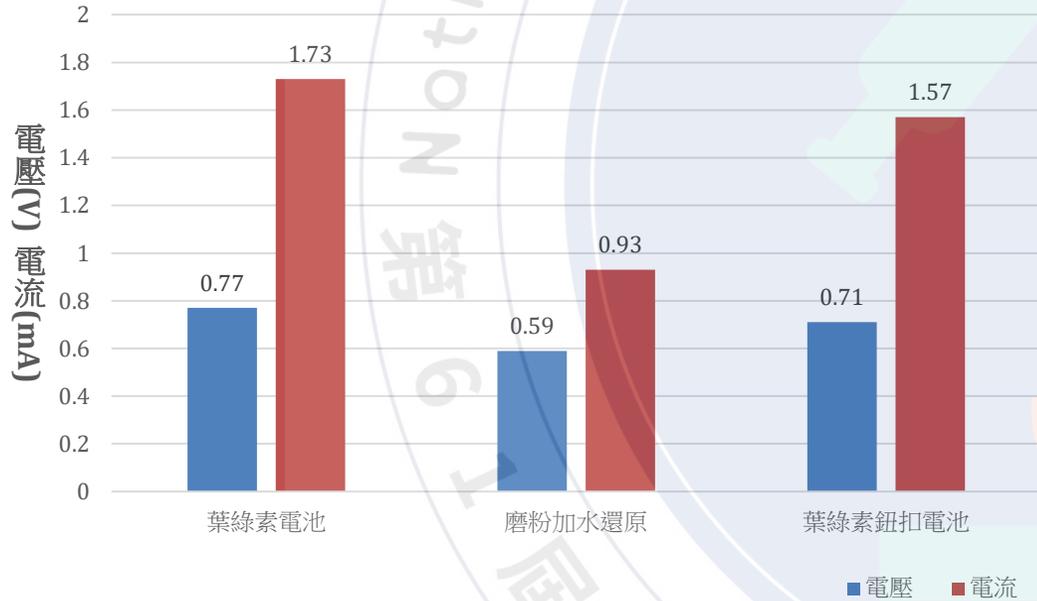
葉綠素鈕釦電池實驗

2021年5月

# 研究討論(四)

## 不同型態電池電壓電流比較

不同型態之葉綠素電池的電壓與電流



不同型態之葉綠素電池

- 添加碘液的葉綠素鈕扣電池效能電流穩定
- 磨粉加水還原電池效能表現良好，具循環使用性
- 鈕扣電池特色：體積小、易攜帶與效能穩定，電解液容量僅為第一代電池的1/20



持續精進改良

葉綠素電池效能測試

2021年3月

葉綠素磨粉加水還原電池效能實驗

2021年4月

葉綠素鈕扣電池實驗

2021年5月

# 結論

## 再生綠能：最佳化葉綠素電池組合

- 最佳組合為：15g春不老葉片、50%酒精60ml、電極正負極為碳棒與鋁片、電極距離為1cm、電池長度為5.5公分、添加鹽水並照射LED藍色燈光60分鐘

## 方便攜帶：葉綠素鈕釦電池

- 碘液的自身氧化還原反應，可有效提供電子給激發態的葉綠素，使其還原為穩定的基態能提升電流，而能做出容易攜帶、重複利用且更省材料的鈕釦環保電池

## 循環利用：磨粉加水還原可重複發電

- 加水還原後電壓表現還可維持原來葉綠素電池的76.6%效能，若添加鹽水或碘液後能有效提升其效能，更增加葉綠素電池反覆使用的可行性

## 未來展望：技術突破、產業結合

- 葉綠素電池與太陽能儲能設備皆可藉著光能轉為電能，期望未來葉綠素萃取技術突破後，能繼續提升葉綠素電池性能，結合太陽能技術，創造另一種新儲能設備

# 參考資料

- 李微、陳昭錦 (2013)。葉綠素。科學Online -高瞻自然科學教學資源平台<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=48452>
- 林芷瑄、林姿婷(2019)。葉綠素電池之應用。中華民國第59屆中小學科展高中組環境學科。
- 張雅菱、張永達(2018)。電池變變變-葉綠素電池。科學Online -高瞻自然科學教學資源平台。
- 楊嘉惠(2010)。葉綠素電池沾水即發電「葉綠素電池沾水即發電」，科學人雜誌，<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=1522>