

# 2024年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

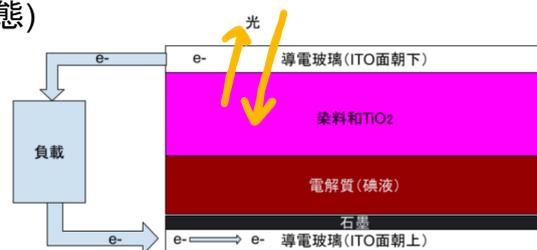
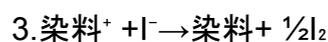
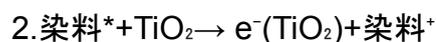
## 普高組 成果報告表單

題目名稱：植物色素染料敏化二氧化鈦太陽能電池
一、摘要
<p>比較不同種類的蔬菜與水果萃取出葉綠素、花青素、胡蘿蔔素製作成染料並作為吸光後產出電子的反應中心，再製作成太陽能電池。我們經過實驗後發現使用菠菜和空心菜的葉綠素在經過日光燈照射後，所測得的電壓最高，雖然電流尚須加強但是相較其他蔬菜或植物色素已經高出許多，未來可用串連的方式增強電壓。使用火龍果的花青素製成的太陽能電池，電壓較黑米高，但是電壓仍低於菠菜，電壓在三種植物色素中葉綠素&gt;花青素&gt;胡蘿蔔素。葉綠素製成的電池具有發展潛力，胡蘿蔔素所製成的電池則電壓過低，並不適合繼續發展太陽能電池。</p>
二、探究題目與動機
<p>在全球暖化的情況下，現今的社會比以往的任何一個時期更加重視綠能發電以及再生能源發電，以達到環境永續發展的目標。而台灣缺電的狀況在夏天國民大量使用冷氣之下日益嚴重，所以發展再生能源有更大的急迫性。剛好學校的探究與實作課程正在製作相關的染料敏化二氧化鈦太陽能電池，所以我們便想要往這方面更深入的鑽研。在本次實驗中我們使用了多項的蔬菜水果，從各蔬菜中萃取出葉綠素的同時比對何種蔬菜的葉綠素含量較高，更進一步比較其他常見的植物色素，如花青素、胡蘿蔔素作為染料，來測試哪一種植物色素的發電效果最好。且葉綠素為植物常見的光合色素，遍佈於葉上且易取得，在除草後的廢葉可再次利用，環保且不破壞生態，是另類的生質能源。</p>
三、探究目的與假設
<ul style="list-style-type: none"><li>● 目的 探討淺、深色蔬菜與大、小葉的蔬菜何者可提取較高的葉綠素濃度並為最佳的產電媒介，並在提取的過程使用葉綠體的等張溶液(0.5M蔗糖液)保留類囊體膜的完整性，以期發揮完整的光反應過程，再進一步與其他植物色素：花青素、胡蘿蔔素比較，何者可作為染料電池為最佳的產電來源，並且照射不同種波長的常見光源，探討染料電池於何種條件下產出的電壓以及電流最高。</li><li>● 假設</li></ul>

1. 葉綠素:為光合作用的光合色素,其中分為葉綠素a及b,主要吸收峰位於藍光(430-450 nm)與紅光波段(650-700 nm),我們假定在照射日光燈以及紫外光後電壓與電流都會因為葉綠素吸收光能丟出高能電子後上升,而滴定的碘液中的水,可作為穩定激發態葉綠素的原料。
2. 花青素:花青素在500~530nm 有最大吸收波長。而花青素是常見的抗氧化劑,花青素的結構可吸納電子或丟出電子與孤對電子等自由基使其恢復穩定,故自由基不會和細胞內其他物質結合並破壞細胞,因此可以保護植物免於受到陽光的傷害。故花青素可為傳遞電子媒介,照光可產出電流與電壓。
3. 胡蘿蔔素:是光合色素中的輔助色素,吸收陽光後轉移將電子協助轉移至葉綠素之反應中心,故照光後可產出電子並導出電壓電流。
4. 三者:我們認為光合作用中的葉綠素是光合色素中的主要色素且在葉子中含量較高,而胡蘿蔔素則是輔助色素,故葉綠素產出的電壓、電流應大於胡蘿蔔素,而花青素因為存在於液泡,且於花瓣或果實中較多,也非光合色素產出的電壓與電流應該最小。而所有色素皆會在照光時產生較高的電壓與電流,且於暗箱無光時電壓與電流降低。

#### 四、探究方法與驗證步驟

一、原理 1.染料(基態)+光能→染料\*(激發態)



圖源:研究者自製

二、實驗變因

1. 控制變因:二氧化鈦厚度、染料毫升數、照光時間、碳粒厚度、導電玻璃面積、導電玻璃厚度
2. 操縱變因:照光種類、染料種類
  - (1)照光種類:日光、暗箱、6W紫外線燈
  - (2)染料種類:葉綠素、花青素、胡蘿蔔素
3. 應變變因:不同照光種類與不同染料所測得的電壓及電流

三、實驗材料與器材

- 實驗材料:

材料	數量	材料	數量
TiO <sub>2</sub> 膏狀溶液	2g	淺綠色大葉:小白菜 深綠色大、中、小葉:菠菜、空心菜、甜菠菜	20g
酒精紙	少許	黑米、火龍果	20g

碘酒	1~2g	胡蘿蔔塊	20g
蔗糖溶液	100ml	水	100ml
● 實驗器材：			
器材	數量	器材	數量
三用電錶	一台	烤箱	一台
電線(探針、鱷魚夾)	一組	長尾夾(小)	兩個
培養皿	一個	打火機、蠟燭	一組
隱形膠帶	一捲	燒杯	一個
滴管	一枝	鑷子	一支
紫外線燈6w	一台	暗箱	一個
玻璃棒	一根	紗布	兩張
分光度計	一台		

#### 四、實驗步驟

##### (一) 萃取植物色素

##### A、葉綠素：空心菜、小白菜、菠菜、甜菠菜

1. 選定蔬菜後取20g, 切碎放入果汁機並加入0.5M蔗糖溶液100ml, 利用果汁機攪打20秒
2. 以紗布過濾菜渣2次

##### B、花青素：火龍果、黑米

- 火龍果
  1. 將火龍果切塊備用
  2. 火龍果塊放入紗布過濾擠出火龍果汁
- 黑米
  1. 將黑米泡入清水15分鐘
  2. 以紗布過濾出黑米水

##### C、胡蘿蔔素：胡蘿蔔

1. 將胡蘿蔔削皮切碎並取20g備用
2. 放進果汁機並加100ml水低速攪打20秒
3. 以紗布過濾2次

##### (二) 調配二氧化鈦膏狀溶液

1. 將3.6克二氧化鈦粉末和8.8ml酒精和2.4克1M鹽酸混合至膏狀

##### (三) 製作光敏電池

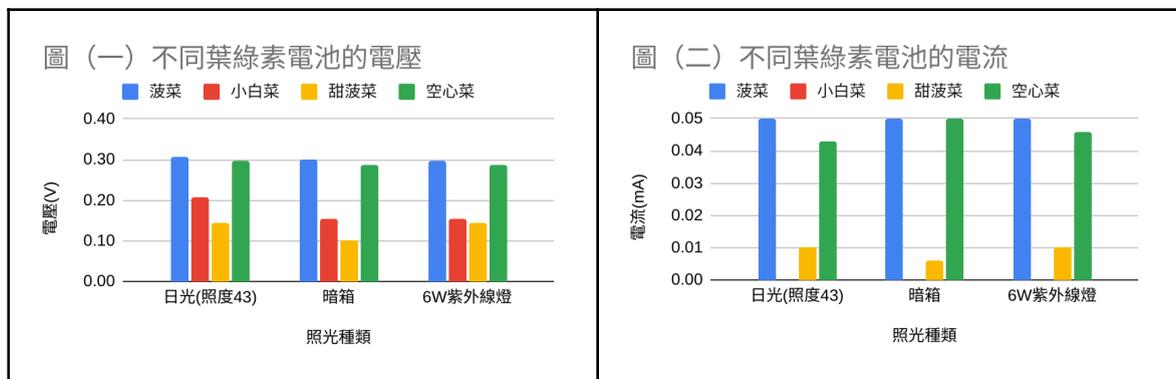
1. 用三用電錶測出導電玻璃導電面
2. 導電面朝上, 用隱形膠帶固定住三邊貼在電腦卡上
3. 以酒精紙擦拭表面髒污
4. 其中一片(導電玻璃A)均勻塗上TiO<sub>2</sub>膏狀溶液
5. 將另一片(導電玻璃B)導電面朝下以鑷子夾住一邊, 以蠟燭火焰燒之, 使導電面均勻覆蓋碳微粒(預留0.5cm)
6. 導電玻璃A取下放入培養皿並放進120°C烘箱烘15分鐘
7. 取出放涼備用, 以滴管吸染料沿邊緣滴滿導電玻璃A, 靜置15分鐘
8. 靜置後導電玻璃A滴入碘液並輕輕搖晃均勻
9. 將導電玻璃AB導電面疊在一起(碳微粒與TiO<sub>2</sub>接觸, 兩片導電玻璃各露出一部份以供鱷魚夾夾住), 上下端用長尾夾固定, 左右側接電線, 依照操縱變因紀錄數據
10. 每組測量三次電壓和電流, 取平均值

#### (四) Spectral分光光度計測定植物色素吸收波長

1. 開機並暖機15分鐘
2. 比色槽放入樣品室前需確認外壁無任何液體與灰塵附著
3. 加入蒸餾水取得校正
4. 將植物色素加入比色槽8分滿位置, 並選用全光譜模式
5. 測定植物色素吸光值與吸光範圍
6. 各色素皆測定三次吸光值, 確認最大吸光值與吸光範圍穩定

### 五、實驗結果

#### 實驗一、蔬菜之葉綠素電流與電壓



#### 實驗二、花青素與胡蘿蔔素素的電流與電壓

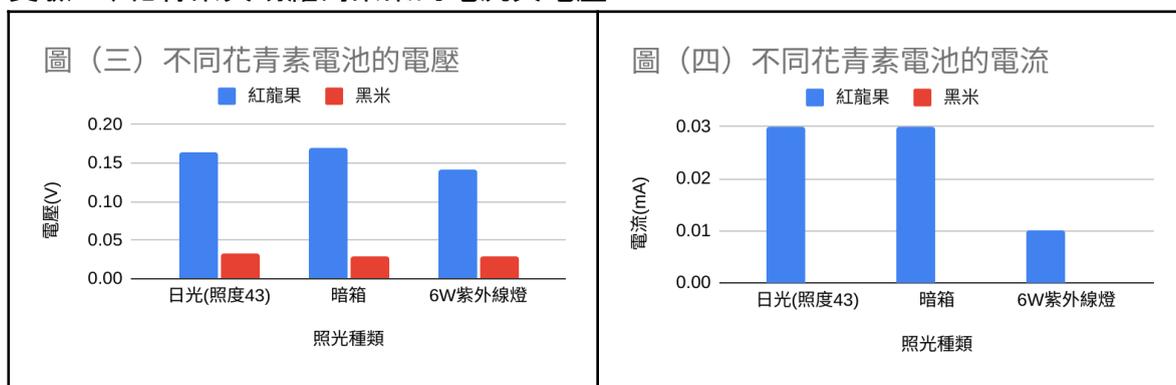


圖 (五) 胡蘿蔔素的電壓

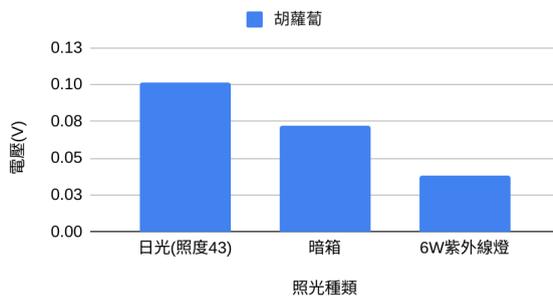


圖 (六) 胡蘿蔔素的電流



圖 (七) 不同染料電池的電壓

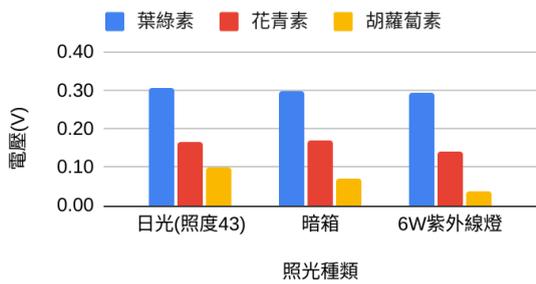
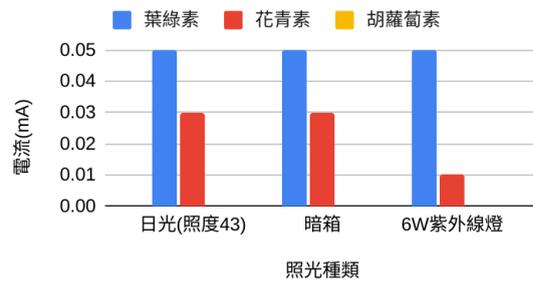
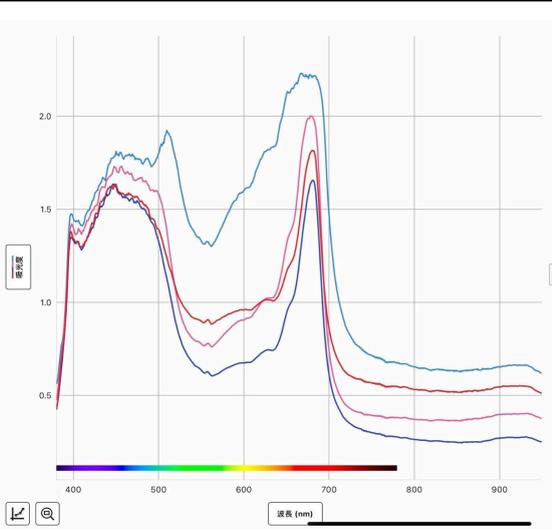


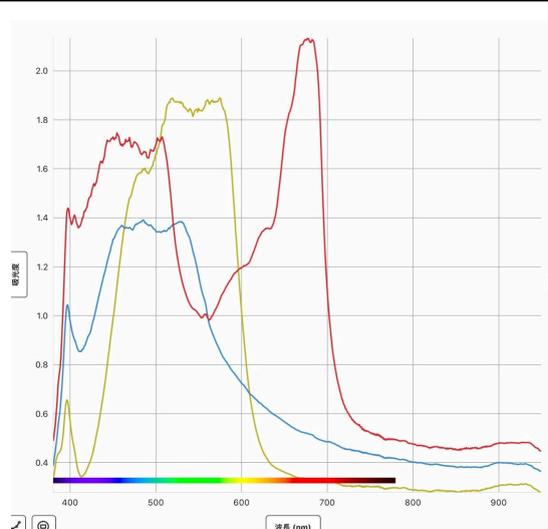
圖 (八) 不同染料電池的電流



實驗三、植物色素之吸收光譜



葉綠素吸光光譜  
 淺藍色: 菠菜; 粉紅色: 空心菜  
 深紅色: 小白菜; 深藍色: 甜菠菜



葉綠素、花青素、胡蘿蔔素吸光光譜  
 紅色: 菠菜葉綠素  
 黃色: 花青素; 藍色: 胡蘿蔔素

五、結論與生活應用

## 一、結論：

### ● 實驗一、蔬菜之葉綠素電流與電壓

透過圖(一)可以得知，實驗選定的蔬菜中，使用菠菜的葉綠素電壓(0.306V)最高、空心菜的葉綠素(0.296V)次之，兩者的電流(0.05mA)也是最高的。而從分光光度計的吸光值可知，深綠色蔬菜的葉綠素含量並無差異，僅淺色蔬菜的葉綠素含量較低，故葉綠素含量與葉片顏色深淺有關。

### ● 實驗二、花青素與胡蘿蔔素素的電流與電壓

根據圖(三)得知，使用火龍果花青素所製成的電池電壓(0.16V)遠大於黑米(0.03V)，但是和菠菜比起來仍有進步空間。未來可以再尋找其他含有花青素的植物。從圖(七)可知胡蘿蔔素的電壓最高到0.1V但和葉綠素電池比起來效果差太多了，不建議使用。由光照是否對效能有影響，可以看到葉綠素在無光照時電壓會變低，但火龍果的花青素卻會上升，可能是暗箱內有不可見光是花青素能吸收的。而胡蘿蔔素與假設相符，日光照射時有最大電壓(0.1V)，在紫外線光則有最低電壓(0.04V)與分光光度計的檢測結果相符。經過分光光度計的檢測後，發現菠菜在可見光光譜中吸光度是最大的，其中650~700nm有最大吸光值。在6w紫外線燈電壓下降的原因是所有葉綠素在400nm時有最低吸光度，而紫外光波長恰在400nm，因此吸收度下降而電壓下降。

### ● 實驗三、植物色素之吸收光譜

從四種選定的蔬菜中，可知菠菜的吸光值最高，故菠菜中的葉綠素濃度較高，可知菠菜為染料可產出較高電壓與電流具有相關。

植物色素的葉綠素、花青素與胡蘿蔔素都在正確的吸光波段，可知主要吸光的色素為我們預測定的染料色素

## 未來展望：

雖然現今的光敏電池電壓很低，但經過改良與修正後，未來或許可以代替厚重的太陽能板，有效利用綠色能源。相比昂貴的傳統太陽能板，光敏電池不僅相對便宜，且製作方便，也易攜帶。且與傳統太陽能板不同的地方是，光敏電池在有光的環境就可以發電。與電子用品結合後，可以有效減少乾電池的使用

## 參考資料

1. [染料敏化太陽能電池的再突破——專訪中興化學系教授葉鎮宇](#)
2. [染料敏化太陽能電池電解質概述](#)
3. [染料敏化電池](#)
4. [染料敏化太陽能電池\(DSSC\) - MoneyDJ理財網](#)
5. [染料敏化太陽能電池DIY | 科技大觀園](#)
6. [第14期染料敏化太陽電池\(Dye Sensitized Solar Cell, DSSC\)染料專利現況分析與市場分析](#)
7. [電子傳遞鏈\(Electron Transport Chain\) | 科學Online](#)