

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

■國中組 □普高組 □技高組 成果報告格式

題目名稱：綠能發電：C3、C4、CAM 葉綠素的發電效能比較

一、摘要

在這個實驗中，我們分別將 C3、C4 及 CAM 植物的葉綠素提煉出來，探討葉綠素電池在不同植物中的發電效率。我們的植物取用地瓜葉、白莧菜和石蓮，研究過程包括從中提取葉綠素，測量其吸光值及發電效率，並分析不同植物的效果。研究結果顯示，石蓮在常溫和高濕條件下的發電效果最佳，也就可以比較得知 CAM 植物的發電效率是最好的。因此未來可以考慮在做葉綠素電池時可以以 CAM 植物為優先開發，但未來也須要把植物的生長期和成本考慮進去。

二、探究題目與動機

(一)研究動機：

我們曾經在網路上看到了許多有關於臺灣能源拮据的問題，恰好發現一篇有關植物發電的文章，這讓我們靈光乍現，想要知道如何利用植物來發電，解決臺灣現有的電力缺乏的問題。

三、探究目的與假設

(一) 研究目的：

- 1、探討如何以植物的葉綠素發電。
- 2、做出葉綠素電池。
- 3、比較 C3、C4、CAM 植物發電的效率。

(二) 研究假設：

- 1、植物的碳反應不同會影響發電效率
- 2、葉綠素酒精溶液的濃度不同會影響發電效率。
- 3、植物的種類會影響吸光的效率
- 4、照光和通電條件會影響發電效率
- 5、用不同種類的溶液稀釋會影響發電效率
- 6、常溫和冷藏環境下會影響發電效率

四、探究方法與驗證步驟

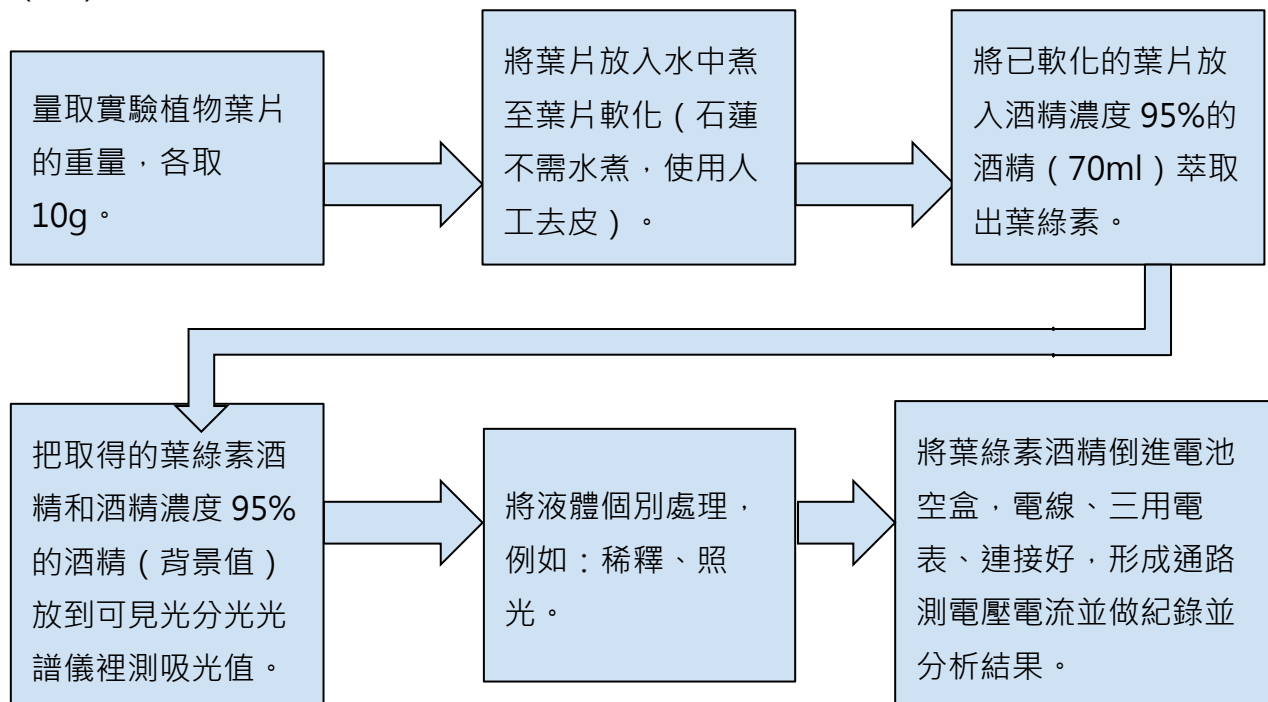
(一) 研究方法

我們會準備實驗中要使用到的植物以及簡易電池材料，製作葉綠素電池，並比較 C3、C4、CAM 植物用來做葉綠素電池的效率，比較液體稀釋、有無照光等影響。

表一、實驗植物的種類

實驗植物	光合作用類型	植物分類
地瓜葉	C3	雙子葉植物
白莧菜	C4	雙子葉植物
石蓮	CAM	雙子葉植物

(二) 實驗流程



測量取出10公克的葉片→軟化葉片→萃取出葉綠素酒精溶液→測量其溶液的吸光值→製成電池。或以鋅片（負極）和碳棒（正極）作為電極，直接測量葉綠素萃取液的電力→測量各個自製葉綠素電池的電壓電流，比較差異。

(三) 研究設計

實驗一：地瓜葉、白莧菜、石蓮的葉綠素溶液原液

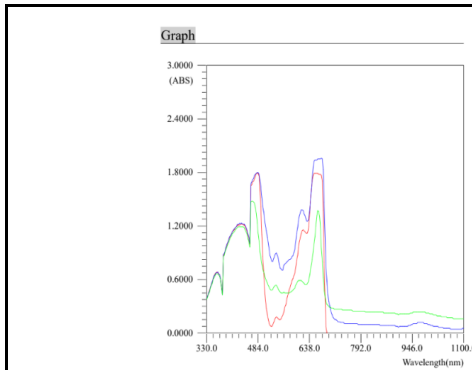
實驗二：常溫保存、冷藏保存

實驗三：用純水或酒精稀釋成25%、50%、75%

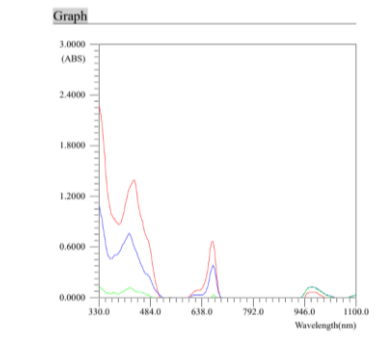
實驗四：照光、通電續航力

(四) 研究結果

實驗一：



圖一、地瓜葉、白莧菜和石蓮 15g 葉綠素酒精溶液的吸光值

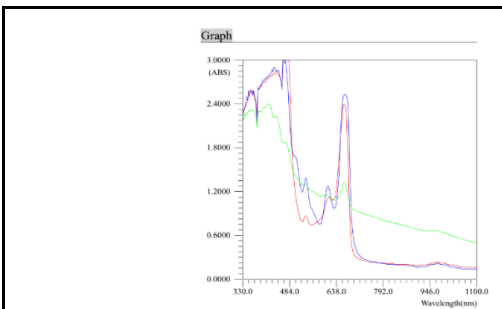


圖二、地瓜葉、白莧菜和石蓮各 15g 用純水稀釋後的葉綠素酒精溶液吸光值

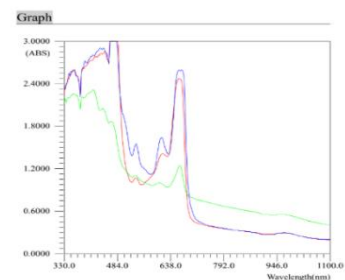
由圖一、二可知：

1. 純水稀釋會導致吸光率下降，吸收光的效率變差。
2. 三種植物的吸光度高峰的波長相近

實驗二：



圖三、地瓜葉、白莧菜和石蓮 15g 葉綠素酒精溶液常溫一週後的吸光值



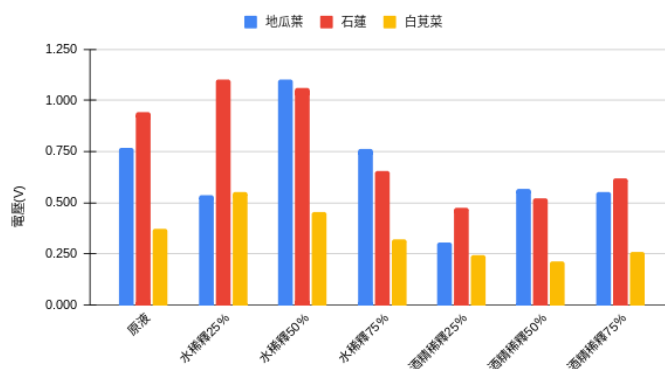
圖四、地瓜葉、白莧菜和石蓮 15g 葉綠素酒精溶液冷藏一週後的吸光值

由圖三、四可知：

吸光值受時間影響較小，數值大致相同，但冷藏和常溫下的吸光值仍有差異。

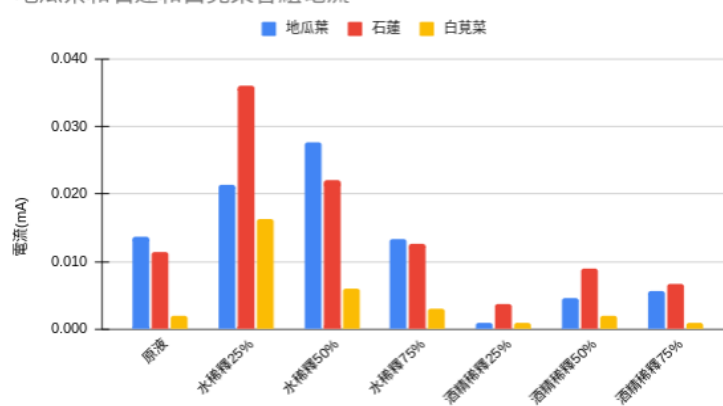
實驗三：酒精稀釋和純水稀釋發電比較

地瓜葉和石蓮和白莧菜各組電壓



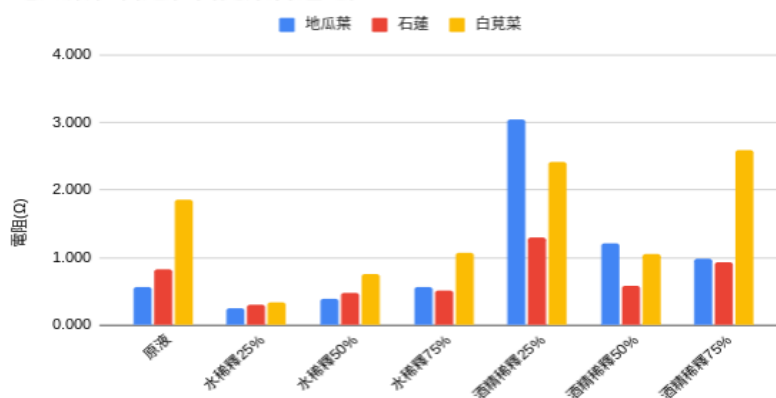
圖五、地瓜葉和石蓮和白莧菜各組電壓

地瓜葉和石蓮和白莧菜各組電流



圖六、地瓜葉和石蓮和白莧菜各組電流

地瓜葉和石蓮和白莧菜各組電阻

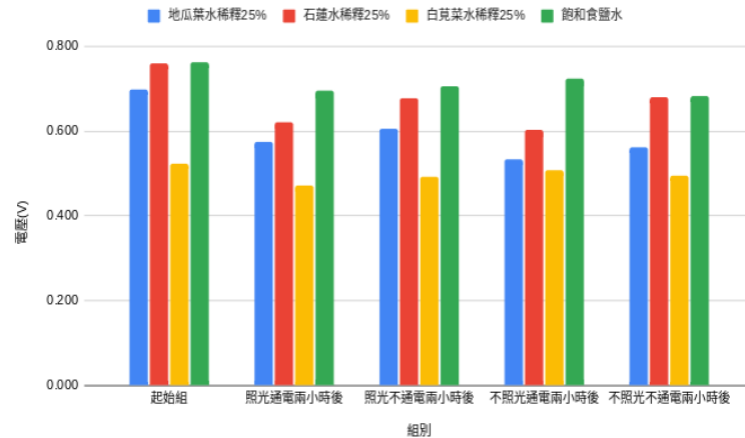


圖七、地瓜葉和石蓮和白莧菜各組的電阻

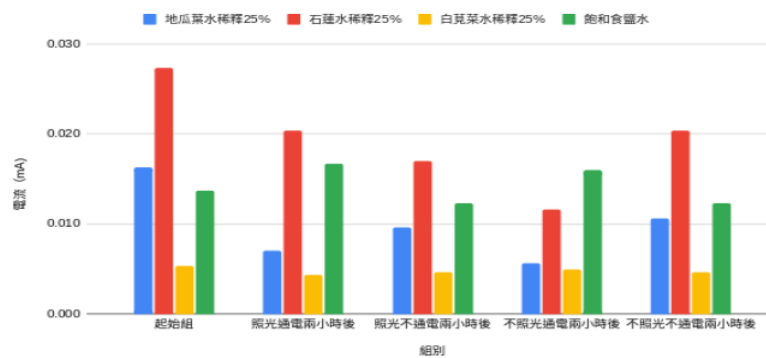
由圖五～七，我們發現：

- 1、石蓮用純水稀釋 25%、地瓜葉用純水稀釋 50%的電壓是一樣的，白莧菜各組平均的直流電壓是三種植物中最低的。
- 2、石蓮用純水稀釋 25%的電流位居第一，白莧菜各組的直流電流是三種植物中最低的。
- 3、地瓜葉用酒精稀釋 25%的電阻非常高，白莧菜各組平均的電阻是三種植物中最高的。

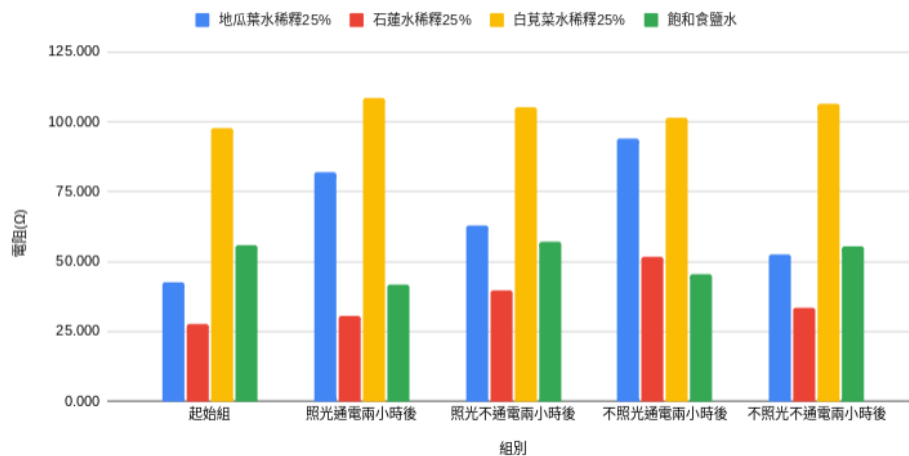
實驗四、三種植物 25%純水稀釋照光通電電壓、電流、電阻、飽和食鹽水比較



圖八、稀釋組電壓



圖九、稀釋組電流



圖十、稀釋組電阻

由圖八～十，我們發現：

- 1.飽和食鹽水的電壓最高，石蓮純水稀釋 25%次之，地瓜葉純水稀釋 25%再次之，白莧菜純水稀釋 25%最後一名。
- 2.石蓮純水稀釋 25%不照光通電兩小時後的電流居然比飽和食鹽水的電流還要低。
- 3.白莧菜純水稀釋 25%的電阻最高，地瓜葉純水稀釋 25%次之，飽和食鹽水再次之，石蓮純水稀釋 25%最後一名。

五、結論與生活應用

實驗一：石蓮葉綠素電池的發電效率最佳，發電功率是白莧菜的 4.04 倍、地瓜葉的 1.57 倍，也就可以推斷出 CAM 植物發電效率最佳，未來在開發葉綠素電池時，可優先考慮此類植物。而最讓我們意外的是，石蓮的葉綠素濃度約為白莧菜和地瓜葉的 66%，可是發電功率卻是其他的幾倍。

實驗二：我們發現無論是使用何種植物，放在常溫中的電池，效果比放在冷藏中的電池還好，以石蓮為例：放了兩週之後，在常溫的電功率下降了約 3%，冷藏電功率下降了約 63%。而在兩週後常溫的電功率比冷藏電功率高了約 159%。

實驗三：我們發現，如果使用純水稀釋至濃度 25% 的效果會是最好的，電壓是最高的，甚至比原液的電壓還高，以石蓮為例：電壓比高出近 56%。也就是說，我們未來在做葉綠素電池的時候，可以用純水來稀釋使發電效率更佳。

如果我們是使用酒精來稀釋的話，我們發現效果並不會變好，電壓都會直接下降變得更差了很多，以 25% 酒精和純水稀釋為例，高出了約 132%。因此我們可以了解到，葉綠素在酒精中解離度是比純水還要差的。

實驗四：我們發現照光葉綠素電池的電功率高，以石蓮為例，電功率比高出近 71%，光照下電力 > 黑暗中電力，有助於他的續航力，此外，在不通電狀況下的電壓較高、且電流較小，更具備一個良好電池的特質。因此如果要讓電池續航力最高的狀態，電池外殼要是透明的會更有電，這是令人意外的，因為 C3、C4、CAM 植物主要的差異是在碳反應，沒想到這裡的光反應也有差，真是個有趣的發現，這也可以讓我們去深入研究光反應的機制看看這些 C3、C4、CAM 植物光反應的差異。

總結：使用 CAM 的植物、常溫保存、用純水稀釋為 25%、使電池照到光，會有最好的發電效率，由於葉綠素的穩定性、發電能力以及生產成本等問題，葉綠素電池仍有許多技術挑戰需解決。未來可以透過改進電池設計、尋找更穩定的葉綠素提取方法，以及探索不同植物類型來進一步提升葉綠素電池的實用性。也可以研究是 C3、C4、CAM 植物在光反應的不同。

參考資料

吳佳臻, 范宇芮, 連名妤, 管雅涵, 游雅涵, & 張承涵. (n.d.). 雜草也能做電池?/中華民國第 53 屆中小學科學展覽會作品說明書. 國立臺灣科學教育館. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/080212.pdf>

Exp.15 Photosynthetic Pigments. (n.d.). 東海大學生物化學實驗室. <https://bclab.thu.edu.tw/ppt/15.pdf>

臨床實驗室 (Ed.). (2022, November 9). 電解質檢驗| 衛教資訊| 臨床實驗室. 草屯療養院. https://www.ttpc.mohw.gov.tw/?aid=509&pid=105&page_name=detail&iid=1140

小小發電廠. (2016, May 1). 中央研究院. https://tea.japs.tp.edu.tw/~japsteagif/old/guaidis/10503-No39/Goods/Science_Middle_28_Wang.pdf

臺中市豐原區翁子國民小學的同學們.第 53 屆 國小化學科作品 (2015, November 1). 雜草也能做電池? / 科展指導老師 - 科學 X 博士. Doctorx9000.Com. <https://doctorx9000.com/126/>

楊嘉慧, & 楊秉晃. (2011). 葉綠素電池沾水即發電 (廖重賓, Ed.). 龍騰文化. <https://www.ltedu.com.tw/web/scientific-epaper-content.aspx?KEY=106&ARTICLE=01>

洪千卉, 許子謙, 盧瑋澤, & 陳語柔. (n.d.). 豐功偉『葉』~做一顆最佳『綠能』可充式行動電池之研究/中華民國第 56 屆中小學科學展覽會作品說明書. 國立臺灣科學教育館. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080217.pdf>

何郁庭. (2023, February 9). 種植物也可以發電? 植物微生物燃料電池黑科技. CASE 報科學. <https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=41493>

東森電視「科學大解碼」製作小組 (Ed.). (2009, April 1). 葉綠素電池. 科技大觀園. <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000009/detail?ID=de703a82-f608-4739-8bb4-e00927177473>

化工群 (Ed.). (n.d.). 植物能發電. 全國高級中等學校專業群科 105 年專題暨創意製作競賽. <https://vtedu.k12ea.gov.tw/uploads/1608706444044VJQZ5UcP.pdf>

蔡任圃. (2023, February 24). 【任圃講科普】181 C3、C4、CAM 植物的光合效率比較. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=VmzY2Ks9F60>

許庭羽, 王婷卉, & 沈晏如. (n.d.). 董兒藏奧秘・一葉知千秋/中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書. 國立臺灣科學教育館. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-052103.pdf>

林玟娟 (Ed.). (2009, July 10). 光呼吸作用-上 (Photorespiration). 科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台. <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1085>

Ted-ed. (2014, April 1). 自然界最小的工廠: 卡爾文循環 - 凱西·希明頓 (Cathy Symington). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=0UzMaoaXKaM>

匿名用戶 (Ed.). (2019, August 9). 葉綠素的提取和分離實驗步驟是什麼?. 化源網. <https://www.chemsrc.com/news/350.html>

林芷瑄, & 林姿婷. (n.d.). 葉綠素電池之應用/中華民國第 59 屆中小學科學展覽會. 國立臺灣科學教育館. <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-052609.pdf>

葉綠素 A、B、C 分析. (n.d.). EUROLAB Laboratory Services. <https://www.eurolab.net/zh-TW/testler/cevre-testleri/klorofil-a-b-c-analizi/>