

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

082801

「綠」真的能發電？植物發電可行性之研究

學校名稱：慈濟學校財團法人慈濟大學附屬高級中學
附設國小部

作者： 小五 洪藝恩 小五 林承叡 小六 吳婉睿 小六 高沛妍 小五 陳致曦 小五 李咏恩	指導老師： 蕭幸青
---	------------------

關鍵詞：植物發電、綠色能源、環保

摘要

全球能源需求日益增加，發展永續且環保的再生能源是當務之急。本研究以「植物發電」為主軸，探討發電與儲電的可行性，期望為綠色能源帶來創新。植物若能有效發電與儲電，不僅具美觀與功能性，更能兼具減碳與供能的綠色解方。

本研究透過系統性實驗，探討不同土壤種類與濕度、植物種類（虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤）、混合土壤比例及添加劑（如 EM 菌、B1 維生素、花寶系列）對電壓與電流的影響。結果顯示：泥炭土表現最佳，虎尾蘭電壓最高，虎尾蘭電流最穩定，EM 菌能有效提升發電效能。將植物串聯可穩定供電，驅動 LED 燈與數位小時鐘，並可儲存至充電電池。

本研究顯示植物發電具實用性與發展潛力，期望未來應用於日常綠能設備為再生能源貢獻新方向。

壹、研究動機

在五年級自然課，有學到植物這個單元，知道它們會進行光合作用，製造有機物來養活自己。那時我們就在想，植物的有機物除了養活自己以外，還可以做什麼？

剛好發現行光合作用的重要元素「太陽」可以發展太陽能，而現在世界上很多國家都在發展綠色能源，像是太陽能和風力，想要解決氣候變化和能源短缺的問題。台灣也從 2010 年開始推廣綠能，不過這些方式還是有成本高、受天氣影響大的問題。所以我們想試試看，用植物來發電，是不是也能成為一種穩定又環保的綠能方式。

學校的專題研究，我們做了植物發電的實驗，發現像山蘇這種大葉植物比九層塔更會發電，土壤加了益生菌也有幫助。今年我們想進一步研究不同的觀葉植物會不會影響發電效率，還會改善土壤環境，試著提升發電效果。

最後我們會嘗試把好幾組植物發電機連起來，看能不能讓電力更穩定。我們希望這項研究能讓植物發電變得更實用，讓大家在家也能輕鬆用綠能，幫地球減碳、做環保！

貳、研究目的

根據研究動機，我們討論並擬定以下的研究目的，進一步實驗操作！

- 一、探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤的電壓。
- 二、探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤在潮濕環境的電壓
- 三、探討不同種類土壤以不同比例混合，對發電效果的影響。
- 四、探討不同種類的觀葉植物對發電效果的影響
- 五、探討不同添加劑對觀葉植物發電效果的影響
- 六、探討植物串聯數量對發電效果的影響
- 七、探討植物發電的儲電可行性

參、文獻探討

為了深入了解植物發電的基本運作機制與影響效能的相關因素，並準確掌握研究方向與重點，先行閱讀相關文獻，作為本研究之依據，以下敘述相關文獻之探討：

一、植物發電的基本原理

植物透過光合作用產生有機物，土壤中的微生物會分解植物根部釋放的有機物，會產生電子，這些電子可以被收集形成電流，稱為植物微生物燃料電池 (Plant Microbial Fuel Cell, PMFC)。

植物會透過光合作用將太陽能轉化為化學能，並以糖類的形式儲存。部分有機物質會經由根系分泌至土壤中，為土壤微生物提供碳源。當這些微生物分解有機物時，產生電子進而產生電力 (何郁庭，2023)。



圖 1:學生討論(來源：自行拍攝)

二、植物發電的影響因素

影響植物發電效能的主要因素包括：

(一)土壤環境

有機質豐富的土壤通常能提供較佳的發電效果。適量的水分也可提高離子移動，幫助植物發電。

(二)植物種類

不同植物的根系發達程度、葉片狀況不同，會影響微生物的種類與數量。例如：水生植物（如水稻、蘆葦）常應用於 PMFC 研究，因其根系適應淺水環境，可提高電極與微生物的接觸效率。陸生植物（如黃金葛、常春藤）也可應用於土壤型 PMFC，但發電效率依土壤條件而異。

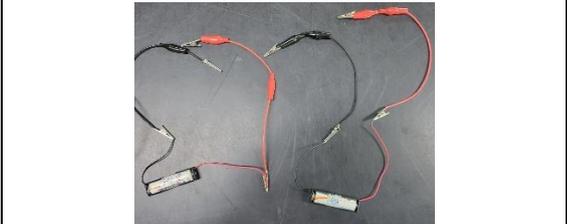
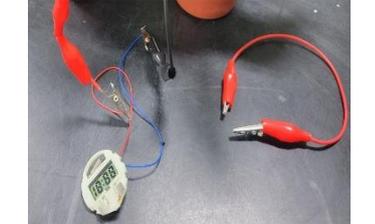
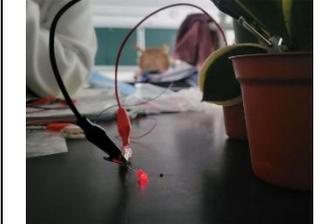
植物發電是一種創新技術，透過植物根系與土壤中的物質相互作用產生電能。但目前技術尚未成熟，但在環境監測、智慧農業與可再生能源領域具有潛在應用價值。植物發電的研究可進一步優化土壤環境、菌種選擇與電極材料，以提升發電效率，推動植物發電的實際應用。

肆、研究架構

此研究的架構可分為三大階段，首先進行「土壤是否能發電」的測試，將泥炭土、培養土與田土分別不加水或加水進行比較，接著進行不同土壤以不同比例混合測試發電效果，找出最適合的土壤進行後續實驗。

第二階段，選用四種植物統一加入 50ml 水進行發電實驗，接著再以不同添加劑進行比較，

動。選擇三種不同土壤與四種植物比較其發電差異；搭配五種添加劑探討養分對發電的影響，電子秤用來精準控制土壤重量，確保實驗公平。

			
圖 3：銅、鋅片	圖 4：鱷魚夾 充電電池 電池座	圖 5：三用電表	
			
圖 6：小時鐘	圖 7：LED 燈	圖 8：露營燈	圖 9：電子秤
			
圖 10：EM 菌/ B1 維生素/花寶 3、4、5 號		圖 11：泥炭土/培養土/田土	
			
圖 12：虎尾蘭	圖 13：山蘇	圖 14：黃金葛	圖 15：常春藤

(圖片來源：均為作者自行拍攝)

陸、研究過程

研究問題一：不同種類的土壤能否發電？

一、研究目的：探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤的電壓。

二、實驗器材

1. 不同種類的土壤（田土、培養土、泥炭土）
2. 銅電極與鋅電極
3. 導線與鱷魚夾（用於連接電極）
4. 三用電表（用於測量電壓）

三、實驗步驟

1. 記錄土壤的外觀特徵（顏色、顆粒大小、濕潤度）及來源
2. 每個容器中裝填 200 克的土壤。
3. **插入電極**：將銅電極和鋅電極插入混合土壤中，兩者保持 5 公分，電極露出 1 公分連接導線。
4. **連接電路**：用導線將銅電極和鋅電極分別連接至電壓計。
5. **測量電壓**：記錄每種土壤在相同條件下產生的電壓。
6. **重複實驗**：為確保數據準確，每種類型重複測量三次，取平均值。

四、實驗記錄

表一：不同種類土壤且土壤乾燥情況下的電壓紀錄 實驗日期：1 月 20 日(一)

土壤種類	第一次電壓	第二次電壓	第三次電壓	平均值	外觀描述
田土	0.59	0.53	0.58	0.567	看起來細細，摸起來有一點硬
培養土	0.81	0.79	0.79	0.790	黑黑的，摸起來軟軟的、很鬆
泥炭土	0.88	0.86	0.86	0.867	顏色最黑，超級輕，摸起來軟軟的

五、實驗發現與結果

本實驗探討不同種類的土壤在相同條件下的發電效能，結果如下：

1. **泥炭土產生的電壓最高（平均 0.867V）**，其次為培養土（平均 0.79V），田土的電壓最低（平均 0.567V）。
2. 不同種類的土壤會影響發電效能，以實驗結果看來泥炭土表現最佳。



圖 16：觀察及觸摸不同土壤



圖 17：進行實驗記錄



圖 18：測量土壤的電壓

(上述圖片來源：均為作者自行拍攝)

研究問題二：不同種類的土壤，在潮濕環境下的發電效果？

一、研究目的：探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤在潮濕環境的電壓

二、實驗器材

1. 不同種類的土壤（田土、培養土、泥炭土）
2. 銅電極與鋅電極

3. 導線與鱷魚夾（用於連接電極）
4. 三用電表（用於測量電壓）

三、實驗步驟

1. 記錄土壤的外觀特徵（顏色、顆粒大小、濕潤度）及來源
2. 每個容器中裝填 200 克的土壤，並添加 50ml 的水保持濕潤。
3. 插入電極：將銅電極和鋅電極插入不同土壤中，兩者保持 5 公分，電極露出 1 公分連接導線。
4. 連接電路：用導線將銅電極和鋅電極分別連接至電壓計。
5. 測量電壓：記錄每種土壤在相同條件下產生的電壓。
6. 重複實驗：為確保數據準確，每種類型重複測量三次，取平均值。

四、實驗記錄

表二：不同種類土壤且潮濕情況下電壓紀錄

實驗日期：1 月 20 日(一)

土壤種類	第一次電壓	第二次電壓	第三次電壓	平均值	外觀描述
田土	0.84	0.85	0.82	0.837	比較黏稠，有點像泥巴一樣
培養土	0.85	0.80	0.80	0.817	鬆軟，水會快速滲入，摸起來濕濕的但不黏
泥炭土	0.89	0.84	0.93	0.887	吸水快，手按下會有回彈感

五、實驗發現與結果

本實驗探討不同種類且潮濕的土壤在相同條件下的發電效能，結果如下：

(一)電壓表現比較

泥炭土產生的電壓最高（平均 0.887V），顯示其發電效能最佳。其次是田土以 0.837V 緊隨其後，培養土產生的電壓最低（平均 0.817V）。

(二)潮濕度對發電的影響

與實驗一未加水的實驗相比，所有土壤類別的電壓均有提升，顯示水分可能有助增加電壓輸出。根據數據顯示，泥炭土的平均值最高，發電效能最好且維持最高的電壓輸出。田土與培養土的電壓數值接近，但培養土的數據稍差，電壓略低於田土。

(三)不同種類的潮濕土壤確實會影響發電效能，其中泥炭土的電壓還是最高。潮濕度對於土壤發電有正向影響，可提升電壓輸出。



圖 19：土壤加水使均勻潮濕



圖 20：潮濕的培養土



圖 21：測量土壤的電壓

(上述圖片來源：均為作者自行拍攝)

研究問題三：農田土、培養土及泥炭土以不同混合比例對發電效果的影響。

一、研究目的：探討不同種類土壤以不同比例混合，對發電效果的影響。

二、實驗器材

1. 不同種類的土壤（田土、培養土、泥炭土）
2. 銅電極與鋅電極（各一組）
3. 導線與鱷魚夾（用於連接電極）
4. 三用電表（用於測量發電量）

三、實驗步驟

1. 準備土壤：使用秤重器量取每種類型的土壤，按照混合比例混合（200 克總重量）。將混合好的土壤放入容器中，填滿至容器高度的 2/3 處。
2. 設置土壤容器：在每個容器中裝填相同重量的土壤（200 克）加入 50ml 水，使土壤保持濕潤但不積水。
3. 插入電極：將銅電極與鋅電極插入土壤中，兩者保持一定距離（5 公分），並確保電極露出部分 1 公分，方便連接導線。
4. 連接電路：用導線將銅電極和鋅電極分別連接至三用電表。
5. 測量發電量：記錄每種土壤在相同條件下產生的電壓
6. 重複實驗：為確保數據準確，對每種比例的土壤進行 3 次測量，並取平均值。

四、實驗記錄

配方編號	泥炭土 (%)	培養土 (%)	田土 (%)	電壓 (V) 第一次	電壓 (V) 第二次	電壓 (V) 第三次	平均
A	25	25	50	0.84	0.88	0.91	0.877
B	25	50	25	0.91	0.82	0.89	0.873
C	50	25	25	0.91	0.82	0.85	0.87
D	33	33	33	0.90	0.87	0.81	0.86

五、實驗發現與結果

本實驗探討不同比例的田土、培養土及泥炭土混合對發電量的影響，並找出最佳發電比例。

(一)電壓表現比較

根據測試結果，各組合的平均電壓如下：

A 組 (25% 泥炭土 + 25% 培養土 + 50% 田土) → 平均 0.877V

B 組 (25% 泥炭土 + 50% 培養土 + 25% 田土) → 平均 0.873V

C 組 (50% 泥炭土 + 25% 培養土 + 25% 田土) → 平均 0.87V

D 組 (33% 泥炭土 + 33% 培養土 + 33% 田土) → 平均 0.86V

從數據來看，**A 組的發電效能最佳**，B 組與 C 組表現相近，而 D 組的電壓略低於其他組合。

(二)不同比例對發電的影響

1. 泥炭土的影響：**泥炭土對於提升發電量可能有積極作用**。然而，當比例達到 50%（C 組）時，電壓未明顯提升，顯示過多的泥炭土未必能進一步提高發電效能。
2. 田土的影響：A 組中占 50%，並且該組獲得最高電壓，顯示適量的田土可能有助於提升導電性。
3. 培養土的影響：B 組（培養土 50%）的電壓與 A 組相近，顯示培養土的導電能力與田土相近，但當培養土與泥炭土比例從 25%提升至 33%時（如 D 組），發電量略下降。

(三)有加水的泥炭土的是電壓 **0.887**，沒有加水的泥炭土是電壓 **0.867**，混合泥炭土 25%+培養土 25%+田土 50%的是電壓 **0.877**，根據實驗的數據顯示，濕潤的泥炭土電壓最高，所以接下的實驗以濕潤的泥炭土進行實驗。

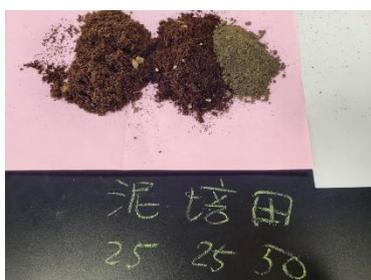


圖 22：不同的比例混和土壤



圖 23：調製混和土



圖 24：以電子秤秤土壤重量

(上述圖片來源：均為作者自行拍攝)

研究問題四：探討不同觀葉植物發電效果的影響

一、研究目的：探討不同種類的觀葉植物對發電效果的影響。

二、實驗器材

1. 泥炭土、虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤
2. 銅電極與鋅電極（每個實驗組 1 組）
3. 三用電表

三、實驗步驟

1. 以泥炭土種植虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤
2. 為四種植物提供相同的光照條件，控制一樣的生長環境。
3. 在每個花盆中插入銅電極與鋅電極，電極保持 5 公分距離，露出 1 公分，確保測量位置一致。
4. 中午 1 點使用三用電表測量各組植物的電壓（V）和電流（ μA ）。測量電流時，持續 10 秒並記錄最高數值及第 10 秒時的電流，重複測量三次，取平均值後記錄數據。

四、實驗記錄

表四：不同種類的觀葉植物對發電效果

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
第 1 天	電壓 V	電壓 V	電壓 V	電壓 V
3/4(二)	第 1 次：0.80	第 1 次：0.85	第 1 次：0.81	第 1 次：0.84
天氣下雨天	第 2 次：0.85	第 2 次：0.88	第 2 次：0.83	第 2 次：0.86

電流下降 速度非常快	第3次：0.84 平均值：0.83 電流 μA 第1次：0.408-0.339 第2次：0.425-0.350 第3次：0.418-0.349 平均值：0.417-0.346	第3次：0.91 平均值：0.88 電流 μA 第1次：0.386-0.278 第2次：0.401-0.291 第3次：0.392-0.286 平均值：0.393-0.285	第3次：0.85 平均值：0.83 電流 μA 第1次：0.337-0.204 第2次：0.351-0.215 第3次：0.344-0.211 平均值：0.344-0.209	第3次：0.85 平均值：0.85 電流 μA 第1次：0.187-0.157 第2次：0.193-0.167 第3次：0.198-0.162 平均值：0.193-0.162
第2天 3/5(三) 天氣陰天 電流下降 速度趨於緩 和	電壓 V 第1次：0.83 第2次：0.85 第3次：0.84 平均值：0.84 電流 μA 第1次：0.412-0.343 第2次：0.428-0.360 第3次：0.426-0.350 平均值：0.422-0.351	電壓 V 第1次：0.88 第2次：0.90 第3次：0.92 平均值：0.90 電流 μA 第1次：0.390-0.282 第2次：0.403-0.296 第3次：0.401-0.289 平均值：0.398-0.288	電壓 V 第1次：0.86 第2次：0.89 第3次：0.89 平均值：0.88 電流 μA 第1次：0.342-0.207 第2次：0.354-0.218 第3次：0.350-0.212 平均值：0.349-0.213	電壓 V 第1次：0.87 第2次：0.88 第3次：0.89 平均值：0.88 電流 μA 第1次：0.190-0.162 第2次：0.201-0.171 第3次：0.197-0.167 平均值：0.196-0.167
第3天 3/6(四) 下雨後的陰 天	電壓 V 第1次：0.84 第2次：0.86 第3次：0.85 平均值：0.85 電流 μA 第1次：0.414-0.337 第2次：0.423-0.349 第3次：0.420-0.346 平均值：0.419-0.344	電壓 V 第1次：0.87 第2次：0.89 第3次：0.91 平均值：0.89 電流 μA 第1次：0.389-0.284 第2次：0.398-0.291 第3次：0.395-0.289 平均值：0.394-0.288	電壓 V 第1次：0.83 第2次：0.87 第3次：0.85 平均值：0.85 電流 μA 第1次：0.339-0.203 第2次：0.351-0.212 第3次：0.346-0.207 平均值：0.346-0.208	電壓 V 第1次：0.85 第2次：0.87 第3次：0.86 平均值：0.86 電流 μA 第1次：0.189-0.159 第2次：0.199-0.168 第3次：0.194-0.164 平均值：0.194-0.164
第4天 3/7(五) 下雨後的陰 天	電壓 V 第1次：0.81 第2次：0.85 第3次：0.86 平均值：0.84 電流 μA 第1次：0.418-0.342 第2次：0.424-0.351 第3次：0.421-0.354 平均值：0.421-0.349	電壓 V 第1次：0.90 第2次：0.91 第3次：0.92 平均值：0.91 電流 μA 第1次：0.390-0.280 第2次：0.405-0.290 第3次：0.396-0.288 平均值：0.397-0.286	電壓 V 第1次：0.80 第2次：0.84 第3次：0.82 平均值：0.82 電流 μA 第1次：0.340-0.206 第2次：0.352-0.214 第3次：0.347-0.211 平均值：0.347-0.211	電壓 V 第1次：0.86 第2次：0.87 第3次：0.88 平均值：0.87 電流 μA 第1次：0.195-0.158 第2次：0.195-0.167 第3次：0.193-0.163 平均值：0.192-0.163
第5天 3/8(六)	電壓 V 第1次：0.82	電壓 V 第1次：	電壓 V 第1次：0.85	電壓 V 第1次：0.83

	第 2 次：0.84 第 3 次：0.86 平均值：0.84 電流 μA 第 1 次：0.417-0.343 第 2 次：0.426-0.357 第 3 次：0.420-0.350 平均值：0.421-0.350	第 2 次：0.86 第 3 次：0.87 平均值：0.88 電流 μA 第 1 次：0.400-0.281 第 2 次：0.386-0.293 第 3 次：0.393-0.287 平均值：0.393-0.287	第 2 次：0.88 第 3 次：0.88 平均值：0.87 電流 μA 第 1 次：0.338-0.205 第 2 次：0.353-0.212 第 3 次：0.344-0.210 平均值：0.345-0.210	第 2 次：0.85 第 3 次：0.84 平均值：0.84 電流 μA 第 1 次：0.189-0.155 第 2 次：0.198-0.165 第 3 次：0.195-0.160 平均值：0.195-0.160
5 天平均值	電壓 V 0.84 電流 μA 0.420-0.348	電壓 V 0.89 電流 μA 0.395-0.287	電壓 V 0.85 電流 μA 0.346-0.210	電壓 V 0.86 電流 μA 0.194-0.163

五、實驗發現與結果

本實驗探討不同種類的觀葉植物對發電效果的影響。實驗中選用虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤四種植物，在相同環境下測量。結果如下：

(一)電壓分析：

山蘇的電壓平均為 0.89 V，是所有植物中最高的。常春藤與黃金葛電壓表現也相對穩定，落在 0.85~0.86 V。虎尾蘭為最低，但也有穩定的 0.84 V。

(二)電流分析

虎尾蘭的電流值表現最高（0.420 μA 起始，降到 0.348 μA ）。山蘇電流次高，但略低於虎尾蘭。黃金葛電流中等，常春藤電流最低，僅約 0.194→0.163 μA 。

(三)不同植物的發電能力與其植物特性有關：

虎尾蘭與山蘇可能根部與泥炭土的接觸較良好，導電性較強。常春藤雖然電壓不低，但電流偏低。電壓與電流未必成正比，常春藤的電壓接近山蘇，但電流卻是最低的，顯示不能只看電壓高低來判斷發電能力，電流也要一起考量。



圖 25：到園藝店購買植物

圖 26：原泥土清除換培養土

圖 27：全部放置在同一地點

(上述圖片來源：均為作者自行拍攝)

研究問題五：探討不同添加劑對觀葉植物發電效果的影響

一、研究目的：探討不同添加劑對觀葉植物發電效果的影響

二、實驗器材

1. 以泥炭土種植的虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤(根據實驗四)
2. 銅電極與鋅電極（每個實驗組 1 組）

3. 三用電表
4. 營養劑：B1 維生素、EM 菌生長素、花寶 3 號、花寶 4 號、花寶 5 號

三、實驗步驟

1. 對照組為不添加任何額外添加劑，只使用純泥炭土(實驗四的結果)。實驗組為植物添加 B1 維生素、EM 菌生長素、花寶 3 號、花寶 4 號、花寶 5 號。
2. 將植物原本的土壤清除，改以泥炭土種植，四種植物提供相同的光照條件，控制一樣的生長環境。
3. 在每個花盆中插入銅電極與鋅電極，電極保持 5 公分距離，露出 1 公分，確保測量位置一致。
4. 中午 1 點使用三用電表測量各組植物的電壓 (V) 和電流 (μA)。測量電流時，持續 10 秒並記錄最高數值及第 10 秒時的電流。重複測量三次，取平均值後記錄數據。

四、實驗記錄

(一)添加 EM 菌生長素

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
第 1 天 3/4(二) 天氣下雨天	電壓 V 第 1 次：0.950 第 2 次：0.945 第 3 次：0.948 平均值：0.948	電壓 V 第 1 次：0.910 第 2 次：0.905 第 3 次：0.907 平均值：0.907	電壓 V 第 1 次：0.917 第 2 次：0.913 第 3 次：0.915 平均值：0.915	電壓 V 第 1 次：0.845 第 2 次：0.840 第 3 次：0.842 平均值：0.842
	電流 μA 第 1 次：0.420-0.321 第 2 次：0.418-0.401 第 3 次：0.419-0.320 平均值：0.419-0.347	電流 μA 第 1 次：0.395-0.280 第 2 次：0.392-0.280 第 3 次：0.391-0.300 平均值：0.3940-0.287	電流 μA 第 1 次：0.336-0.210 第 2 次：0.334-0.210 第 3 次：0.335-0.210 平均值：0.337-0.210	電流 μA 第 1 次：0.195-0.110 第 2 次：0.193-0.190 第 3 次：0.194-0.190 平均值：0.194-0.163
第 2 天 3/5(三) 天氣陰天	電壓 V 第 1 次：0.955 第 2 次：0.935 第 3 次：0.917 平均值：0.936	電壓 V 第 1 次：0.910 第 2 次：0.891 第 3 次：0.874 平均值：0.891	電壓 V 第 1 次：0.917 第 2 次：0.887 第 3 次：0.898 平均值：0.898	電壓 V 第 1 次：0.845 第 2 次：0.828 第 3 次：0.811 平均值：0.828
	電流 μA 第 1 次：0.425 - 0.224 第 2 次：0.404 - 0.212 第 3 次：0.384 - 0.202 平均值：0.404-0.290	電流 μA 第 1 次：0.395 - 0.265 第 2 次：0.375 - 0.251 第 3 次：0.356 - 0.239 平均值：0.375-0.251	電流 μA 第 1 次：0.336 - 0.215 第 2 次：0.319 - 0.204 第 3 次：0.303 - 0.194 平均值：0.319-0.204	電流 μA 第 1 次：0.195 - 0.085 第 2 次：0.185 - 0.081 第 3 次：0.176 - 0.077 平均值：0.185-0.081
第 3 天 3/6(四) 下雨後的陰	電壓 V 第 1 次：0.815 第 2 次：0.818	電壓 V 第 1 次：0.842 第 2 次：0.842	電壓 V 第 1 次：0.825 第 2 次：0.826	電壓 V 第 1 次：0.821 第 2 次：0.821

天	第3次：0.816 平均值：0.817 電流 μA 第1次：0.423-0.212 第2次：0.431-0.212 第3次：0.426-0.212 平均值：0.426-0.212	第3次：0.845 平均值：0.843 電流 μA 第1次：0.365-0.228 第2次：0.366-0.226 第3次：0.336-0.227 平均值：0.366-0.297	第3次：0.827 平均值：0.826 電流 μA 第1次：0.230-0.188 第2次：0.232-0.190 第3次：0.228-0.188 平均值：0.2300.188	第3次：0.820 平均值：0.820 電流 μA 第1次：0.243-0.230 第2次：0.240-0.229 第3次：0.242-0.228 平均值：0.241-0.249
第4天 3/7(五) 下雨後的陰 天	電壓 V 第1次：0.774 第2次：0.775 第3次：0.776 平均值：0.775 電流 μA 第1次：0.234-0.186 第2次：0.277-0.180 第3次：0.265-0.170 平均值：0.260-0.178	電壓 V 第1次：0.845 第2次：0.845 第3次：0.846 平均值：0.845 電流 μA 第1次：0.403-0.277 第2次：0.400-0.277 第3次：0.413-0.278 平均值：0.406-0.277	電壓 V 第1次：0.831 第2次：0.830 第3次：0.831 平均值：0.831 電流 μA 第1次：0.231-0.162 第2次：0.230-0.162 第3次：0.231-0.162 平均值：0.230-0.162	電壓 V 第1次：0.740 第2次：0.740 第3次：0.740 平均值：0.740 電流 μA 第1次：0.301-0.091 第2次：0.300-0.091 第3次：0.298-0.089 平均值：0.300-0.091
第5天 3/8(六)	電壓 V 第1次：0.784 第2次：0.784 第3次：0.786 平均值：0.785 電流 μA 第1次：0.402-0.212 第2次：0.380-0.210 第3次：0.401-0.210 平均值：0.394-0.210	電壓 V 第1次：0.892 第2次：0.893 第3次：0.892 平均值：0.892 電流 μA 第1次：0.338-0.228 第2次：0.336-0.227 第3次：0.338-0.220 平均值：0.387-0.309	電壓 V 第1次：0.857 第2次：0.857 第3次：0.858 平均值：0.858 電流 μA 第1次：0.231-0.162 第2次：0.230-0.160 第3次：0.230-0.162 平均值：0.230-0.161	電壓 V 第1次：0.745 第2次：0.746 第3次：0.748 平均值：0.747 電流 μA 第1次：0.298-0.089 第2次：0.300-0.089 第3次：0.299-0.089 平均值：0.299-0.089
5天平均值	電壓 V 0.774 電流 μA 0.3806	電壓 V 0.918 電流 μA 0.3856	電壓 V 0.861 電流 μA 0.2692	電壓 V 0.668 電流 μA 0.2438

(二)添加 B1 維生素

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
第1天 3/4(二) 天氣下雨天 電流下降 速度非常快	電壓 V 第1次：0.838 第2次：0.840 第3次：0.836 平均值：0.838 電流 μA 第1次：0.520-0.360	電壓 V 第1次：0.832 第2次：0.832 第3次：0.834 平均值：0.833 電流 μA 第1次：0.176-0.122	電壓 V 第1次：0.835 第2次：0.830 第3次：0.823 平均值：0.837 電流 μA 第1次：0.230-0.205	電壓 V 第1次：0.889 第2次：0.890 第3次：0.891 平均值：0.890 電流 μA 第1次：0.378-0.310

	第2次：0.522-0.361 第3次：0.522-0.361 平均值：0.521-0.361	第2次：0.175-0.122 第3次：0.174-0.120 平均值：0.175-0.121	第2次：0.238-0.214 第3次：0.240-0.211 平均值：0.236-0.210	第2次：0.377-0.354 第3次：0.374-0.341 平均值：0.376-0.335
第2天 3/5(三) 天氣陰天 電流下降 速度趨於緩 和	電壓 V 第1次：0.838 第2次：0.840 第3次：0.842 平均值：0.840 電流 μA 第1次：0.521-0.361 第2次：0.520-0.361 第3次：0.520-0.361 平均值：0.520-0.361	電壓 V 第1次：0.832 第2次：0.830 第3次：0.841 平均值：0.835 電流 μA 第1次：0.149-0.122 第2次：0.148-0.120 第3次：0.149-0.122 平均值：0.149-0.121	電壓 V 第1次：0.835 第2次：0.836 第3次：0.836 平均值：0.836 電流 μA 第1次：0.228-0.205 第2次：0.228-0.210 第3次：0.228-0.208 平均值：0.228-0.208	電壓 V 第1次：0.921 第2次：0.920 第3次：0.920 平均值：0.920 電流 μA 第1次：0.370-0.311 第2次：0.372-0.310 第3次：0.370-0.311 平均值：0.371-0.311
第3天 3/6(四) 下雨後的陰 天	電壓 V 第1次：0.836 第2次：0.836 第3次：0.834 平均值：0.835 電流 μA 第1次：0.290-0.245 第2次：0.288-0.249 第3次：0.286-0.249 平均值：0.288-0.248	電壓 V 第1次：0.822 第2次：0.822 第3次：0.820 平均值：0.821 電流 μA 第1次：0.069-0.056 第2次：0.070-0.054 第3次：0.068-0.050 平均值：0.069-0.053	電壓 V 第1次：0.817 第2次：0.817 第3次：0.816 平均值：0.817 電流 μA 第1次：0.240-0.045 第2次：0.241-0.035 第3次：0.242-0.040 平均值：0.241-0.040	電壓 V 第1次：0.848 第2次：0.850 第3次：0.850 平均值：0.849 電流 μA 第1次：0.171-0.086 第2次：0.169-0.086 第3次：0.166-0.086 平均值：0.169-0.086
第4天 3/7(五) 下雨後的陰 天	電壓 V 第1次：0.834 第2次：0.835 第3次：0.836 平均值：0.835 電流 μA 第1次：0.274-0.201 第2次：0.274-0.200 第3次：0.275-0.201 平均值：0.274-0.201	電壓 V 第1次：0.789 第2次：0.790 第3次：0.791 平均值：0.790 電流 μA 第1次：0.025-0.020 第2次：0.028-0.026 第3次：0.026-0.024 平均值：0.026-0.023	電壓 V 第1次：0.307 第2次：0.308 第3次：0.310 平均值：0.309 電流 μA 第1次：0.203-0.176 第2次：0.202-0.176 第3次：0.212-0.178 平均值：0.205-0.177	電壓 V 第1次：0.830 第2次：0.831 第3次：0.831 平均值：0.830 電流 μA 第1次：0.069-0.065 第2次：0.070-0.066 第3次：0.068-0.066 平均值：0.069-0.066
第5天 3/8(六)	電壓 V 第1次：0.844 第2次：0.840 第3次：0.840 平均值：0.841 電流 μA	電壓 V 第1次：0.746 第2次：0.746 第3次：0.745 平均值：0.745 電流 μA	電壓 V 第1次：0.814 第2次：0.817 第3次：0.815 平均值：0.815 電流 μA	電壓 V 第1次：0.851 第2次：0.850 第3次：0.850 平均值：0.850 電流 μA

	第1次：0.310-0.201 第2次：0.312-0.202 第3次：0.313-0.201 平均值：0.312-0.201	第1次：0.126-0.024 第2次：0.226-0.026 第3次：0.230-0.024 平均值：0.230-0.025	第1次：0.214-0.170 第2次：0.240-0.180 第3次：0.261-0.910 平均值：0.233-0.180	第1次：0.170-0.160 第2次：0.177-0.154 第3次：0.174-0.144 平均值：0.175-0.153
5天平均值	電壓 V 0.8378 電流 μ A 0.383	電壓 V 0.8048 電流 μ A 0.1298	電壓 V 0.7228 電流 μ A 0.2286	電壓 V 0.8678 電流 μ A 0.232

(三)添加花寶 3 號

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 電壓	植物 4 電壓
第 1 天 3/4(二) 天氣下雨天 電流下降 速度非常快	電壓 V 第 1 次：0.380 第 2 次：0.385 第 3 次：0.382 平均值：0.382 電流 μA 第 1 次：0.339-0.207 第 2 次：0.389-0.201 第 3 次：0.358-0.240 平均值：0.362-0.204	電壓 V 第 1 次：0.805 第 2 次：0.810 第 3 次：0.815 平均值：0.810 電流 μA 第 1 次：0.209-0.220 第 2 次：0.218-0.187 第 3 次：0.220-0.180 平均值：0.216-0.196	電壓 V 第 1 次：0.702 第 2 次：0.720 第 3 次：0.718 平均值：0.712 電流 μA 第 1 次：0.145-0.130 第 2 次：0.138-0.120 第 3 次：0.148-0.138 平均值：0.144-0.129	電壓 V 第 1 次：0.612 第 2 次：0.618 第 3 次：0.618 平均值：0.616 電流 μA 第 1 次：0.620-0.581 第 2 次：0.790-0.668 第 3 次：0.786-0.669 平均值：0.732-0.639
第 2 天 3/5(三) 天氣陰天 電流下降 速度趨於緩 和	電壓 V 第 1 次：0.780 第 2 次：0.788 第 3 次：0.768 平均值：0.775 電流 μA 第 1 次：0.336-0.202 第 2 次：0.380-0.210 第 3 次：0.340-0.201 平均值：0.352-0.204	電壓 V 第 1 次：0.725 第 2 次：0.762 第 3 次：0.762 平均值：0.741 電流 μA 第 1 次：0.207-0.210 第 2 次：0.208-0.198 第 3 次：0.208-0.189 平均值：0.208-0.199	電壓 V 第 1 次：0.765 第 2 次：0.760 第 3 次：0.760 平均值：0.762 電流 μA 第 1 次：0.143-0.132 第 2 次：0.138-0.128 第 3 次：0.140-0.136 平均值：0.140-0.132	電壓 V 第 1 次：0.613 第 2 次：0.616 第 3 次：0.614 平均值：0.615 電流 μA 第 1 次：0.613-0.160 第 2 次：0.780-0.650 第 3 次：0.760-0.660 平均值：0.568-0.490
第 3 天 3/6(四) 下雨後的陰 天	電壓 V 第 1 次：0.785 第 2 次：0.785 第 3 次：0.786 平均值：0.786 電流 μA 第 1 次：0.331-0.201 第 2 次：0.334-0.220 第 3 次：0.360-0.226 平均值：0.342-0.216	電壓 V 第 1 次：0.725 第 2 次：0.725 第 3 次：0.725 平均值：0.725 電流 μA 第 1 次：0.206-0.199 第 2 次：0.260-0.220 第 3 次：0.280-0.226 平均值：0.249-0.215	電壓 V 第 1 次：0.765 第 2 次：0.767 第 3 次：0.766 平均值：0.766 電流 μA 第 1 次：0.133-0.147 第 2 次：0.160-0.148 第 3 次：0.154-0.150 平均值：0.144-0.148	電壓 V 第 1 次：0.613 第 2 次：0.613 第 3 次：0.616 平均值：0.614 電流 μA 第 1 次：0.820-0.640 第 2 次：0.820-0.660 第 3 次：0.850-0.660 平均值：0.830-0.653

第 4 天 3/7(五) 下雨後的陰 天	電壓 V 第 1 次：0.770 第 2 次：0.772 第 3 次：0.771 平均值：0.771	電壓 V 第 1 次：0.769 第 2 次：0.760 第 3 次：0.765 平均值：0.765	電壓 V 第 1 次：0.786 第 2 次：0.780 第 3 次：0.783 平均值：0.783	電壓 V 第 1 次：0.669 第 2 次：0.666 第 3 次：0.668 平均值：0.667
	電流 μA 第 1 次：0.229-0.164 第 2 次：0.230-0.164 第 3 次：0.240-0.168 平均值：0.233-0.165	電流 μA 第 1 次：0.197-0.130 第 2 次：0.199-0.140 第 3 次：0.198-0.142 平均值：0.198-0.137	電流 μA 第 1 次：0.085-0.163 第 2 次：0.165-0.085 第 3 次：0.168-0.089 平均值：0.112-0.112	電流 μA 第 1 次：0.069-0.048 第 2 次：0.069-0.042 第 3 次：0.070-0.044 平均值：0.069-0.044
第 5 天 3/8(六)	電壓 V 第 1 次：0.779 第 2 次：0.781 第 3 次：0.785 平均值：0.780	電壓 V 第 1 次：0.773 第 2 次：0.774 第 3 次：0.774 平均值：0.774	電壓 V 第 1 次：0.774 第 2 次：0.788 第 3 次：0.780 平均值：0.784	電壓 V 第 1 次：0.638 第 2 次：0.666 第 3 次：0.657 平均值：0.659
	電流 μA 第 1 次：0.230-0.168 第 2 次：0.254-0.169 第 3 次：0.256-0.170 平均值：0.255-0.169	電流 μA 第 1 次：0.199-0.140 第 2 次：0.198-0.150 第 3 次：0.198-0.158 平均值：0.198-0.149	電流 μA 第 1 次：0.214-0.168 第 2 次：0.165-0.140 第 3 次：0.172-0.052 平均值：0.183-0.120	電流 μA 第 1 次：0.840-0.780 第 2 次：0.786-0.524 第 3 次：0.785-0.606 平均值：0.804-0.637
5 天平均值	電壓 V 0.6988 電流 μA 0.3088	電壓 V 0.763 電流 μA 0.2138	電壓 V 0.7614 電流 μA 0.1446	電壓 V 0.6342 電流 μA 0.6006

(四)添加花寶 4 號

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
第 1 天 3/4(二) 天氣下雨天 電流下降 速度非常快	電壓 V 第 1 次：0.680 第 2 次：0.678 第 3 次：0.682 平均值：0.680	電壓 V 第 1 次：0.910 第 2 次：0.880 第 3 次：0.902 平均值：0.897	電壓 V 第 1 次：0.910 第 2 次：0.898 第 3 次：0.902 平均值：0.904	電壓 V 第 1 次：0.848 第 2 次：0.840 第 3 次：0.842 平均值：0.844
	電流 μA 第 1 次：0.191-0.148 第 2 次：0.192-0.148 第 3 次：0.195-0.150 平均值：0.193-0.149	電流 μA 第 1 次：0.301-0.200 第 2 次：0.307-0.201 第 3 次：0.306-0.221 平均值：0.305-0.208	電流 μA 第 1 次：0.190-0.141 第 2 次：0.192-0.143 第 3 次：0.193-0.142 平均值：0.192-0.142	電流 μA 第 1 次：0.184-0.155 第 2 次：0.182-0.157 第 3 次：0.182-0.156 平均值：0.274-0.156
第 2 天 3/5(三) 天氣陰天	電壓 V 第 1 次：0.687 第 2 次：0.688 第 3 次：0.680	電壓 V 第 1 次：0.922 第 2 次：0.920 第 3 次：0.918	電壓 V 第 1 次：0.912 第 2 次：0.910 第 3 次：0.916	電壓 V 第 1 次：0.847 第 2 次：0.840 第 3 次：0.838

電流下降 速度趨於緩 和	<p>平均值：0.683</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.191-0.158 第2次：0.193-0.159 第3次：0.195-0.181</p> <p>平均值：0.193-0.166</p>	<p>平均值：0.920</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.308-0.199 第2次：0.309-0.201 第3次：0.312-0.203</p> <p>平均值：0.309-0.203</p>	<p>平均值：0.913</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.189-0.137 第2次：0.190-0.138 第3次：0.191-0.128</p> <p>平均值：0.190-0.134</p>	<p>平均值：0.842</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.183-0.152 第2次：0.192-0.162 第3次：0.186-0.161</p> <p>平均值：0.187-0.158</p>
第3天 3/6(四) 下雨後的陰 天	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.842 第2次：0.844 第3次：0.844</p> <p>平均值：0.842</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.196-0.165 第2次：0.199-0.167 第3次：0.197-0.165</p> <p>平均值：0.196-0.166</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.830 第2次：0.836 第3次：0.838</p> <p>平均值：0.834</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.263-0.182 第2次：0.274-0.175 第3次：0.281-0.189</p> <p>平均值：0.273-0.182</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.735 第2次：0.742 第3次：0.746</p> <p>平均值：0.741</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.199-0.087 第2次：0.199-0.124 第3次：0.201-0.134</p> <p>平均值：0.200-0.115</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.788 第2次：0.784 第3次：0.820</p> <p>平均值：0.797</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.162-0.128 第2次：0.167-0.138 第3次：0.165-0.148</p> <p>平均值：0.165-0.138</p>
第4天 3/7(五) 下雨後的陰 天	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.801 第2次：0.812 第3次：0.814</p> <p>平均值：0.809</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.209-0.147 第2次：0.218-0.148 第3次：0.221-0.164</p> <p>平均值：0.216-0.153</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.813 第2次：0.810 第3次：0.808</p> <p>平均值：0.810</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.169-0.128 第2次：0.174-0.130 第3次：0.170-0.131</p> <p>平均值：0.171-0.130</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.809 第2次：0.810 第3次：0.814</p> <p>平均值：0.811</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.089-0.030 第2次：0.191-0.132 第3次：0.141-0.122</p> <p>平均值：0.140-0.094</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.748 第2次：0.760 第3次：0.764</p> <p>平均值：0.757</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.169-0.117 第2次：0.171-0.121 第3次：0.172-0.125</p> <p>平均值：0.171-0.121</p>
第5天 3/8(六)	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.853 第2次：0.860 第3次：0.872</p> <p>平均值：0.861</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.200-0.162 第2次：0.202-0.172 第3次：0.203-0.175</p> <p>平均值：0.202-0.170</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.825 第2次：0.840 第3次：0.832</p> <p>平均值：0.832</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.170-0.126 第2次：0.182-0.134 第3次：0.187-0.132</p> <p>平均值：0.180-0.130</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.752 第2次：0.764 第3次：0.760</p> <p>平均值：0.758</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.120-0.110 第2次：0.151-0.130 第3次：0.148-0.124</p> <p>平均值：0.140-0.121</p>	<p>電壓 V</p> <p>第1次：0.769 第2次：0.760 第3次：0.772</p> <p>平均值：0.767</p> <p>電流 μA</p> <p>第1次：0.801-0.165 第2次：0.780-0.152 第3次：0.778-0.162</p> <p>平均值：0.786-0.160</p>
5天平均值	<p>電壓 V 0.775 電流 μA 0.2884</p>	<p>電壓 V 0.8586 電流 μA 0.1372</p>	<p>電壓 V 0.8254 電流 μA 0.1222</p>	<p>電壓 V 0.8014 電流 μA 0.1982</p>

(五)添加花寶 5 號

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
第 1 天 3/4(二) 天氣下雨天	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.860 第 2 次：0.862 第 3 次：0.856 平均值：0.859	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.808 第 2 次：0.804 第 3 次：0.802 平均值：0.804	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.812 第 2 次：0.814 第 3 次：0.816 平均值：0.814	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.748 第 2 次：0.750 第 3 次：0.744 平均值：0.747
電流下降 速度非常快	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.332-0.213 第 2 次：0.330-0.212 第 3 次：0.334-0.214 平均值：0.335-0.213	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.152-0.112 第 2 次：0.154-0.124 第 3 次：0.156-0.124 平均值：0.152-0.123	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.160-0.122 第 2 次：0.162-0.134 第 3 次：0.168-0.124 平均值：0.163-0.126	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.210-0.106 第 2 次：0.215-0.110 第 3 次：0.222-0.126 平均值：0.215-0.114
第 2 天 3/5(三) 天氣陰天	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.857 第 2 次：0.860 第 3 次：0.854 平均值：0.857	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.811 第 2 次：0.810 第 3 次：0.802 平均值：0.807	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.811 第 2 次：0.810 第 3 次：0.808 平均值：0.809	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.746 第 2 次：0.748 第 3 次：0.742 平均值：0.745
電流下降 速度趨於緩 和	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.333-0.233 第 2 次：0.334-0.236 第 3 次：0.330-0.246 平均值：0.332-0.238	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.150-0.110 第 2 次：0.152-0.120 第 3 次：0.150-0.124 平均值：0.150-0.118	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.161-0.133 第 2 次：0.160-0.134 第 3 次：0.158-0.130 平均值：0.159-0.132	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.204-0.105 第 2 次：0.214-0.112 第 3 次：0.212-0.120 平均值：0.210-0.112
第 3 天 3/6(四) 下雨後的陰 天	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.784 第 2 次：0.788 第 3 次：0.780 平均值：0.784	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.818 第 2 次：0.820 第 3 次：0.824 平均值：0.820	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.742 第 2 次：0.750 第 3 次：0.752 平均值：0.748	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.732 第 2 次：0.742 第 3 次：0.760 平均值：0.744
	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.283-0.196 第 2 次：0.280-0.196 第 3 次：0.282-0.188 平均值：0.281-0.193	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.131-0.120 第 2 次：0.132-0.128 第 3 次：0.135-0.126 平均值：0.132-0.124	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.117-0.108 第 2 次：0.119-0.112 第 3 次：0.120-0.110 平均值：0.118-0.113	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.231-0.166 第 2 次：0.234-0.168 第 3 次：0.246-0.164 平均值：0.237-0.166
第 4 天 3/7(五) 下雨後的陰 天	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.804 第 2 次：0.810 第 3 次：0.806 平均值：0.806	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.850 第 2 次：0.848 第 3 次：0.864 平均值：0.854	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.734 第 2 次：0.744 第 3 次：0.748 平均值：0.742	<p>電壓 V</p> 第 1 次：0.719 第 2 次：0.720 第 3 次：0.722 平均值：0.720
	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.239-0.169	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.123-0.078	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.075-0.074	<p>電流 μA</p> 第 1 次：0.158-0.134

	第 2 次：0.240-0.170 第 3 次：0.242-0.171 平均值：0.240-0.170	第 2 次：0.124-0.080 第 3 次：0.126-0.081 平均值：0.124-0.079	第 2 次：0.086-0.080 第 3 次：0.090-0.081 平均值：0.083-0.078	第 2 次：0.160-0.140 第 3 次：0.168-0.154 平均值：0.162-0.142
第 5 天 3/8(六)	電壓 V 第 1 次：0.760 第 2 次：0.768 第 3 次：0.770 平均值：0.766	電壓 V 第 1 次：0.780 第 2 次：0.782 第 3 次：0.774 平均值：0.778	電壓 V 第 1 次：0.818 第 2 次：0.820 第 3 次：0.843 平均值：0.827	電壓 V 第 1 次：0.803 第 2 次：0.810 第 3 次：0.814 平均值：0.809
	電流 μA 第 1 次：0.282-0.169 第 2 次：0.242-0.172 第 3 次：0.240-0.168 平均值：0.254-0.169	電流 μA 第 1 次：0.125-0.109 第 2 次：0.130-0.062 第 3 次：0.129-0.089 平均值：0.128-0.086	電流 μA 第 1 次：0.078-0.071 第 2 次：0.092-0.076 第 3 次：0.096-0.079 平均值：0.088-0.075	電流 μA 第 1 次：0.168-0.160 第 2 次：0.165-0.148 第 3 次：0.169-0.142 平均值：0.167-0.150
5 天平均值	電壓 V 0.8144 電流 μA 0.2425	電壓 V 0.8126 電流 μA 0.1216	電壓 V 0.788 電流 μA 0.1135	電壓 V 0.753 電流 μA 0.164

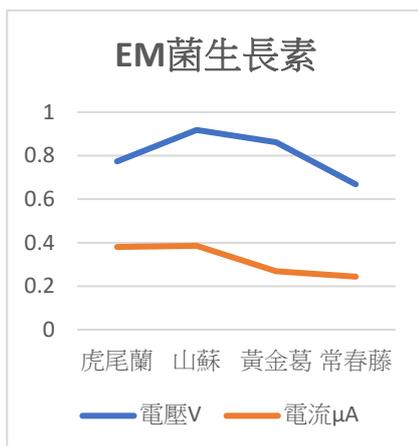


圖 28：EM 菌折線圖

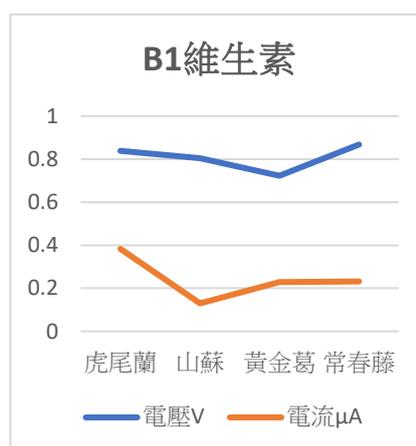


圖 29：B1 維生素折線圖

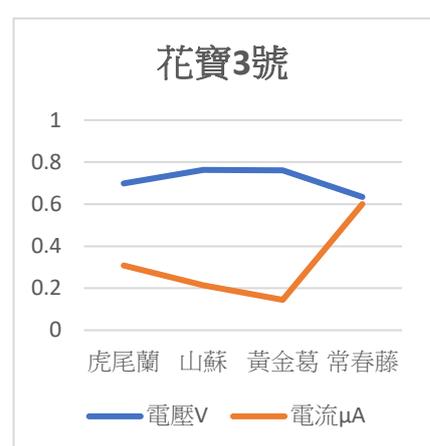


圖 30：花寶 3 號折線圖

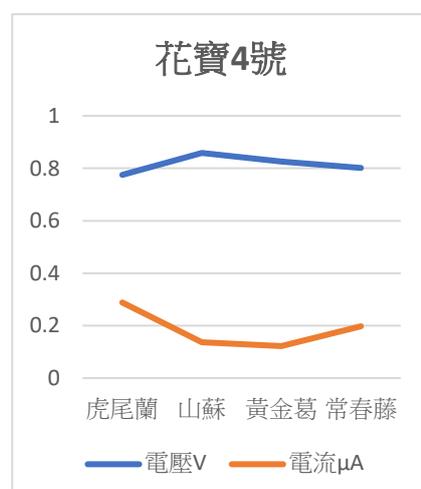


圖 31：花寶 4 號折線圖

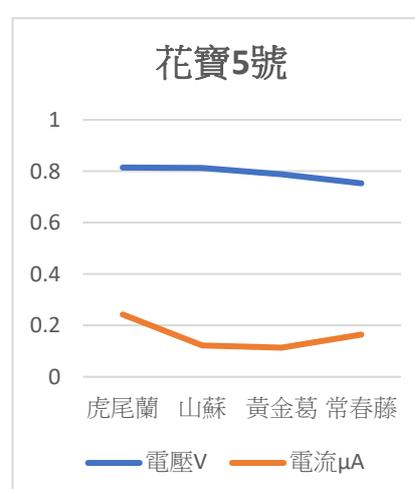


圖 32：花寶 5 號折線圖

(以上圖片來源：均為作者自行繪製)

五、實驗結果與發現

(一) 不同添加劑對植物發電能力的影響

根據實驗記錄，五種不同的營養劑（B1 維生素、EM 菌生長素、花寶 3 號、花寶 4 號、花寶 5 號）對植物發電能力的影響程度有所不同。

1. EM 菌生長素：使山蘇和黃金葛電壓較高，虎尾蘭和山蘇電流較高。
2. B1 維生素：使虎尾蘭發電效果明顯，電壓與電流皆高，但是山蘇電壓高，電流卻是最低。
3. 花寶 3 號：使山蘇和黃金葛電壓較高，常春藤電流特高。
4. 花寶 4 號：各種植物電壓表現好，但電流數值表現低，發電效果不佳。
5. 花寶 5 號：各種植物電壓表現好，但電流數值表現一樣低，所以發電效果不好。

(二) 不同植物對於添加劑後的表現

四種植物（虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤）在不同營養劑下的發電表現也有所不同：

1. 虎尾蘭：在五種添加劑的電壓和電流的數值比現相對都較高，顯示虎尾蘭在發電能力上表現較好。
2. 山蘇：在五種添加劑下，電壓數值表現佳，但電流數值卻不佳，發電能力一般。
3. 黃金葛：電壓數值表現不錯，但電流數值較低，發電能力一般。
4. 常春藤：電壓數值表現也不錯，但電流數較低，發電能力一般。

(三) 根據上述結果，**虎尾蘭可能是最佳的植物選擇，因為發電能力在所有營養劑或植物種類的條件下均較高。**EM 菌生長素和 B1 維生素可能是植物發電有幫助的營養劑，因為其在多數植物上的電壓和電流變化較小，保持較穩定的發電能力。



圖 33：調製不同的添加劑 圖 34：以小量杯及滴管添加 圖 35：滴入不同的添加劑

(以上圖片來源：均為作者自行拍攝)

研究問題六：植物的串聯數量能否提升植物發電的效果

一、研究目的：探討植物串聯數量對發電效果的影響

二、實驗器材

1. 以實驗五所種植的虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤
2. 銅電極與鋅電極（每個實驗組 1 組）

3. 三用電表
4. LED 小燈泡、數位時鐘

三、實驗步驟

1. 以實驗五所種植的虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤，將**不同添加劑但同一種植物**以串聯方式連結
2. 再連接 LED 小燈泡或數位時鐘，並以三用電表測量電壓並記錄。
3. 同樣方式重複操作**不同植物但同一種添加劑**以串聯方式連結

四、實驗記錄

表 串聯**同一種植物**對於發電效果的影響

植物	虎尾蘭	山蘇	黃金葛	常春藤
單一棵	LED 小燈泡 不亮 數位時鐘 不顯示			
串聯二棵	LED 小燈泡 不亮 數位時鐘 不顯示			
串聯五棵	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 4.92 第二次電壓 5.96 第三次電壓 4.94	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 3.84 第二次電壓 3.80 第三次電壓 3.78	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 3.62 第二次電壓 3.61 第三次電壓 3.64	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 3.52 第二次電壓 3.52 第三次電壓 3.52
平均值	5.27 V	3.80 V	3.62 V	3.52 V

表 串聯**同一種添加劑的植物**對於發電效果的影響

添加	EM	B1 生長素	花寶 3 號	花寶 4 號	花寶 5 號
串聯 四種 植物	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 3.43 第二次電壓 3.43 第三次電壓 3.43	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 3.15 第二次電壓 3.14 第三次電壓 3.18	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 2.78 第二次電壓 2.80 第三次電壓 2.81	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 2.83 第二次電壓 2.84 第三次電壓 2.83	LED 小燈泡 亮 數位時鐘 顯示 第一次電壓 2.87 第二次電壓 2.91 第三次電壓 2.90
平均	3.43 V	3.16 V	2.80 V	2.83 V	2.89 V

五、實驗結果與發現

(一)串聯同一種植物的發電效果

串聯五棵同一種植物皆能成功點亮 LED 與數位小時鐘，電壓最高的是虎尾蘭 (5.27V)，發電效果最顯著，其他三種植物約落在 3.5V~3.8V 之間，差異較小。

(二)串聯使用同一種添加劑但不同植物的發電效果

所有組合都可以點亮燈泡與數位小時鐘，**但串聯相同添加劑但不同植物的電壓普遍低於串聯單一種植物**，以 EM 菌的效果最佳 (3.43V)，但仍低於串聯全都虎尾蘭 5.27V。

(三)串聯多棵相同植物可以有效提升植物發電的效果，尤其是像虎尾蘭這樣本身電壓表現高的植物。添加劑的影響相對有限，無法顯著提升不同植物混合串聯的發電效果。要提升植物電池的發電能力，可優先考慮挑選高電壓的植物並進行串聯，例如虎尾蘭。



圖 36：測量山蘇的串聯效果

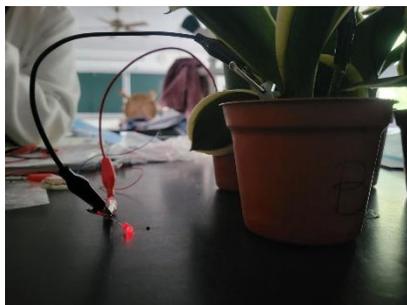


圖 37：測試 LED 燈是否發亮



圖 38：測量數位小時鐘



圖 39：測量不同植物同一添加劑



圖 40：測試添加花寶 5 號的植物串聯的數位小時鐘效果

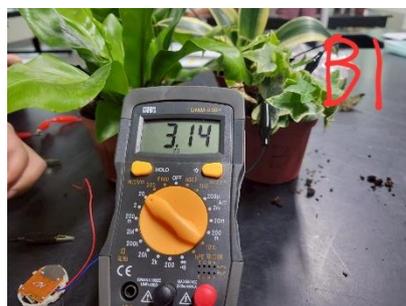


圖 41：測量添加 B1 維生素的植物串聯後的電壓數值

(以上圖片來源：均為作者自行拍攝)

研究問題七：植物的發電可否儲存於充電電池

一、研究目的：探討植物發電的儲電可行性

二、實驗器材

1. 以泥炭土種植的虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤(根據實驗四)
2. 銅電極與鋅電極（每個實驗組 1 組）
3. 三用電表
4. 3 號充電電池及電池座

三、實驗步驟

1. 將 3 號充電電池以露營燈放電至電量為 0，以三用電表測量 3 號充電電池電量為 0
2. 以實驗五所種植的虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤，將同一種植物以串聯方式連結，並將 3 號充電電池裝入電池座，形成電路系統。
3. 一天後拆下 3 號充電電池測量電壓並記錄。
4. 重複同樣的實驗步驟，再操作一次同一種添加劑不同植物的電池充電效果。

四、實驗記錄

表五 同一種植物串聯的電池充電效果。

植物種類	虎尾蘭	山蘇	黃金葛	常春藤
充電前電壓	0	0	0	0
第一天電壓 (單位 V)	第一次 1.286 第二次 1.286 第三次 1.286	第一次 1.301 第二次 1.301 第三次 1.301	第一次 1.308 第二次 1.308 第三次 1.308	第一次 1.290 第二次 1.290 第三次 1.290
第二天電壓 (單位 V)	第一次 1.302 第二次 1.302 第三次 1.302	第一次 1.307 第二次 1.307 第三次 1.307	第一次 1.314 第二次 1.314 第三次 1.314	第一次 1.293 第二次 1.293 第三次 1.293
電壓增加值	+0.016	+0.006	+0.006	+0.003

表六 同一種添加劑不同植物串聯的電池充電效果。

添加劑	EM 菌	B1 維生素	花寶 3 號	花寶 4 號	花寶 5 號
充電前電壓	0	0	0	0	0
第一天電壓 (單位 V)	第一次 1.186 第二次 1.186 第三次 1.186	第一次 1.190 第二次 1.190 第三次 1.190	第一次 1.114 第二次 1.114 第三次 1.114	第一次 1.285 第二次 1.285 第三次 1.285	第一次 1.196 第二次 1.196 第三次 1.196
第二天電壓 (單位 V)	第一次 1.194 第二次 1.194 第三次 1.194	第一次 1.195 第二次 1.195 第三次 1.195	第一次 1.132 第二次 1.132 第三次 1.132	第一次 1.289 第二次 1.289 第三次 1.289	第一次 1.204 第二次 1.204 第三次 1.204
電壓增加值	+0.008	+0.005	+0.018	+0.004	+0.008

五、實驗結果與發現

- (一)所有植物都能為電池充電。植物發電確實可以儲存到充電電池中，而且經過一天兩天後，電壓都有提升。黃金葛與虎尾蘭的發電效果較佳，其中黃金葛的電壓最高，而虎尾蘭電壓提升最多。
- (二)不同添加劑**同一種觀葉植物串聯**的充電情況：黃金葛的電壓數值最高（持續 1.308 →1.314V）。虎尾蘭的電壓上升最多（+0.016V）。常春藤電壓上升最少。
- (三)同一添加劑**不同種觀葉植物串聯**的充電情況：花寶 4 號第一天電壓就很高（1.285V），幾乎接近植物原始表現，但增幅不大。花寶 3 號雖然初始電壓最低，但增加最多（+0.018V），EM 菌與花寶 5 號都有穩定提升。
- (四)不同添加劑**同一種觀葉植物串聯**充電電池的電壓都優於同一添加劑**不同種觀葉植物串聯**充電電池的電壓，故以植物進行充電時，可選擇**同一種觀葉植物串聯**進行充電。

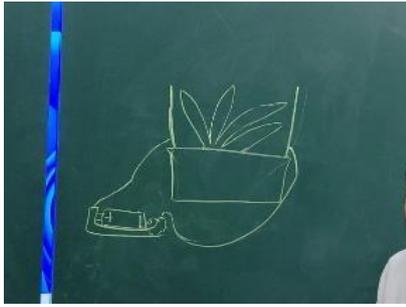


圖 42：思考如何儲電



圖 43：如何利用充電電池



圖 44：檢驗電壓是否歸 0



圖 45：不同植物的充電



圖 46：不同添加劑的充電

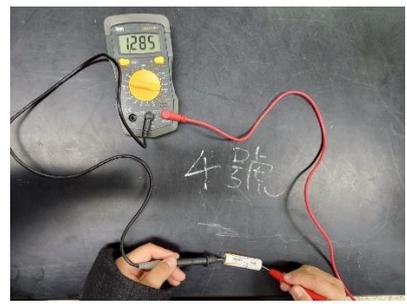


圖 47：充電後的電池電壓

(以上圖片來源：均為作者自行拍攝)

柒、研究討論

本研究探討植物發電的可行性及其影響因素，透過一系列實驗來分析不同土壤類型、植物種類、添加劑及植物串聯數量對植物發電效果的影響。以下是每個實驗的討論：

一、實驗一：不同種類土壤的電壓

在無植物的情況下，**實驗結果顯示泥炭土的發電效能最佳，平均電壓達到 0.867V**，可能有機物質較多，進而提升電壓輸出，相對而言，田土的電壓最低（0.567V），這表示土壤成分對發電能力有顯著影響，**本實驗結果與文獻探討內容提到，土壤環境會影響植物發電效能相符。**

二、實驗二：乾燥與潮濕環境下的土壤電壓

實驗二和實驗一比較，結果顯示，**潮濕環境下所有土壤的電壓均有提升，尤其是泥炭土的電壓達到 0.887V**，顯示水分對於提升電壓輸出有正向影響。顯示在植物發電系統中，適當的水分是提升發電效率的關鍵因素。**本實驗結果與文獻探討內容提到，水分能幫助土壤導電對植物發電有正面的幫助相符。**

三、實驗三：不同土壤混合比例對發電效果的影響

不同土壤的混合比例可以提升植物的發電效果。其中以 A 組（25%泥炭土 + 25%培養土 + 50%田土）表現最佳，平均電壓為 0.877V。顯示適量不同土壤的組合能有效提升發電能力，未來可進一步研究不同土壤混合或成分找出最佳效果。**根據實驗二純泥炭土的發現效能為 0.887V 還是最佳，故仍以純泥炭土作為後續實驗的採用的土壤。**

四、實驗四：不同觀葉植物的發電效果

不同植物的發電能力差異明顯，**虎尾蘭在多數條件下表現最佳**，顯示選擇合適的植物種類對於提升植物發電系統的效能至關重要。**文獻探討內容提到黃金葛和常春藤可以發電，本實驗證實的確可以發電，但虎尾蘭和山蘇的發電效果比較好。**

五、實驗五：不同添加劑對植物發電效果的影響

實驗結果顯示，添加劑對植物發電能力的影響各異。**EM 菌生長對山蘇有較好的提升，B1 維生素對發虎尾蘭有一定促進作用。**但多數植物加了添加劑後，電壓均較沒有加時低，電流有些會較高些，顯示其可提升植物電流能力。

六、實驗六：植物串聯數量對發電效果的影響

串聯多棵相同植物能有效提升發電效果，尤其是虎尾蘭的表現最為顯著。這表示在設計植物發電系統時，應考慮植物的串聯，以提高整體電壓輸出。

七、實驗七：植物發電的儲電可行性

不論是同一種植物不同添加劑的植物充電或是同一種添加劑不同職務的充電，均能為充電電池充電，且經過一、天後，電壓均有提升，而且虎尾蘭的電壓表現最佳，顯示其在儲電方面的潛力。這表明植物發電不僅能即時供電，還具備儲電的可行性，未來可進一步探索其在實際應用中的潛力。

文獻中指出有機質豐富的土壤（如泥炭土）與適當水分均能提升發電效能，與本研究的實驗一、二結果相符，驗證土壤類型與水分為關鍵因素。文獻也提到植物根系影響發電表現，**本研究發現證實文獻提到的黃金葛與常春藤的確可發電，但虎尾蘭與山蘇表現更佳，證實植物種類影響效能。**

文獻尚未深入探討的部分，在本研究中進一步設計實驗進行探討，如合混土壤的效能比較、添加劑影響、植物串聯及植物發電後電力儲能，日常生活如何應用與設計，提供具體且實證的參考依據。

捌、研究結論

本研究探討了植物發電的可行性及其影響因素，通過一系列實驗分析不同土壤類型、植物種類、添加劑及串聯數量對植物發電效果的影響。以下是詳細的研究結論：

一、植物發電的可行性

本研究證實了植物發電的可行性，所有實驗中所使用的植物均能成功產生電壓，並且能夠為充電電池充電。這表明植物不僅能進行光合作用，還能透過植物根部與土壤間相互作用，轉化為電能，為可再生能源的發展提供了新的思考。

二、土壤類型的影響

實驗結果顯示，不同類型的土壤對植物發電的影響顯著。**潮濕的泥炭土發電效能最佳，平均電壓達到 0.887V，能有效提升電壓輸出。**相對而言，田土的電壓最低（0.567V），

這表明土壤成分對植物發電能力的影響不可忽視。未來的研究可進一步探討土壤成分對電力提升的影響。

三、水分的重要性

在不同的環境條件下，水分添加對植物發電效果有顯著影響。**潮濕環境下，所有土壤的電壓均有提升**，尤其是泥炭土的電壓達到 0.887V，顯示水分對於提升電壓輸出有正向影響。因此，在設計植物發電系統時，適當的水分添加是提升發電效能的關鍵因素。

四、植物種類的選擇

不同植物的發電能力差異明顯，虎尾蘭在多數條件下表現最佳，能有效促進電壓提升。這表明選擇合適的植物種類對於提升植物發電效能至關重要。未來的研究建議可進一步研究不同植物根系特性對發電效率的影響。

五、添加劑的影響

添加劑對植物發電的影響各異，但多數植物加了添加劑後，電流有些植物會較高些。

六、串聯配置的優勢

串聯相同植物或是**串聯相同添加劑但不同種植物均能有效提升發電效果**，以串聯同類植物效果較顯著，顯示設計植物發電時，應考慮同一種植物串聯，整體電壓效果更好。

七、儲電的可行性

所有植物均能為充電電池充電，且經過一天或兩天後，電壓均有提升。黃金葛的電壓表現最佳，顯示**植物發電在儲電方面具有潛力**。植物發電不僅能即時供電，還具備儲電的可行性，未來可進一步探索其在實際應用中的潛力。

本研究的結果顯示，植物發電是一種具有潛力的綠色能源技術，能夠有效利用植物的光合作用及土壤成分的相互作用來產生電能。未來的研究建議可以優化土壤環境及添加劑，並探索植物發電系統的實際應用，以推動可再生能源的發展。

捌、參考資料

1. 屏東縣第61屆國中小學科學展覽國小組化學科(2021)。作品說明書。土壤電池與土壤性質相關性研究～以屏東縣土壤為例。
2. 臺東縣第63屆中小學科學展覽會國小組化學科(2023)。作品說明書。神奇的植物電流
3. 張雅雲。(2018)。用植物發電。綠建築56期。
4. 何郁庭(2023)。種植物也可以發電？植物微生物燃料電池黑科技。擷取自 <https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=41493>
5. 高憲章(2018)。向植物學習發電－更環保的新一代太陽能電池。科學少年40期。
6. 花蓮縣太平洋盃全國小論文比賽(2024)。書面報告。用綠發電-渦輪植物發電機。

【評語】 082801

研究具創新性與環保意識，結合不同土壤與植物進行發電實驗。建議後續加強數據客觀性的確認，並量化光合作用、土壤酸鹼值與植物結構對發電效果的關聯性。繼續保持科學探究精神，相信你們能在綠色能源領域取得更多突破！

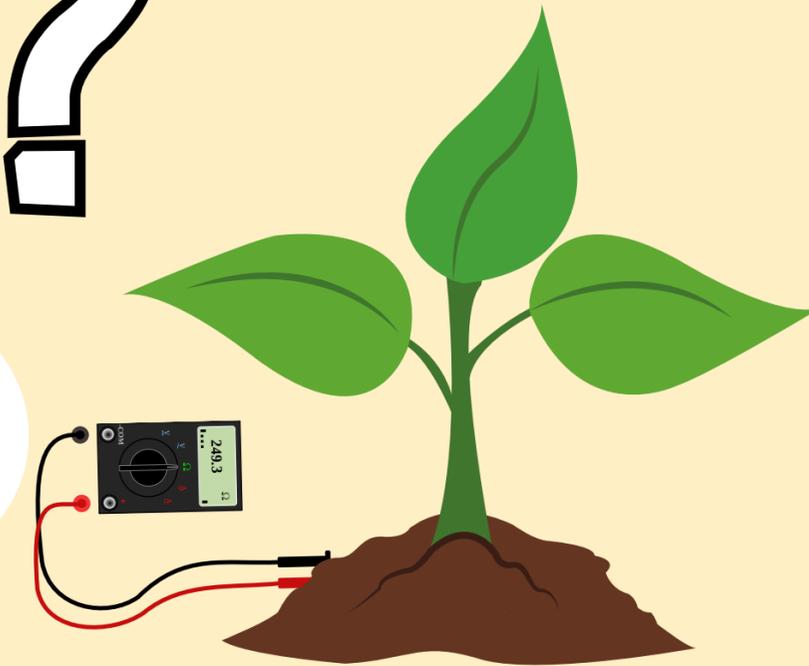
作品海報



綠

真的能發電?

植物發電可行性之研究



摘要

全球能源需求日益增加，發展永續且環保的再生能源是當務之急。本研究以「植物發電」為主軸，探討發電與儲電的可行性，期望為綠色能源帶來創新。植物若能有效發電與儲電，不僅具美觀與功能性，更能兼具減碳與供能的綠色解方。

本研究透過系統性實驗，探討不同土壤種類與濕度、植物種類（虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤）、混合土壤比例及添加劑（如EM菌、B1維生素、花寶系列）對電壓與電流的影響。結果顯示：泥炭土表現最佳，虎尾蘭電壓最高，虎尾蘭電流最穩定，EM菌能有效提升發電效能。將植物串聯可穩定供電，驅動LED燈與數位小時鐘，並可儲存至充電電池中。本研究顯示植物發電具實用性與發展潛力，期望未來應用於日常綠能設備為再生能源貢獻新方向。

研究動機

在五年級自然課學到植物會行光合作用，製造養分養活自己，我們開始好奇，植物行光合作用除了製造養分外可以生長以外，還有哪些用途？我們聯想到目前世界各國正積極發展太陽能、風力等綠色能源，太陽光可以行光合作用，也可以發展太陽能，台灣也從2010年開始推廣綠能，但這些方式常受天氣影響，成本也較高。於是我們想嘗試用植物發電，探索是否能成為一種穩定又環保的替代能源。去年專題研究發現，像山蘇這種大葉植物比九層塔更能發電，土壤中加入益生菌也有助提升效果。今年我們想進一步研究不同的觀葉植物會不會影響發電效率，還會改善土壤環境，試著提升發電效果。

最後我們會嘗試把好幾組植物發電機連起來，看能不能讓電力更穩定。我們希望這項研究能讓植物發電變得更實用，讓大家在家也能輕鬆用綠能，幫地球減碳、做環保！

研究問題

根據研究動機，我們討論擬定以下的研究目的來進一步實驗操作與深化！

- 一、探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤的電壓。
- 二、探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤在潮濕環境的電壓
- 三、探討不同種類土壤以不同比例混合，對發電效果的影響。
- 四、探討不同種類的觀葉植物對發電效果的影響
- 五、探討不同添加劑對觀葉植物發電效果的影響
- 六、探討植物串聯數量對發電效果的影響
- 七、探討植物發電的儲電可行性



圖1：討論情形

(圖片來源：作者自行拍攝)

文獻探討

一、植物發電的基本原理

植物透過光合作用產生有機物，土壤中的微生物會分解植物根部釋放的有機物，會產生電子，這些電子可以被收集形成電流，稱為植物微生物燃料電池 (Plant Microbial Fuel Cell, PMFC)。

植物會透過光合作用將太陽能轉化為化學能，並以糖類的形式儲存。部分有機物質會經由根系分泌至土壤中，為土壤微生物提供碳源。當這些微生物分解有機物時，產生電子進而產生電力 (何郁庭, 2023)。

二、植物發電的影響因素

影響植物發電效能的主要因素包括：

(一)土壤環境

有機質豐富的土壤通常能提供較佳的發電效果。適量的水分也可提高離子移動，幫助植物發電。

(二)植物種類

不同植物的根系發達程度、葉片狀況不同，會影響微生物的種類與數量。例如：水生植物（如水稻、蘆葦）常應用於 PMFC 研究，因其根系適應淺水環境，可提高電極與微生物的接觸效率。陸生植物（如黃金葛、常春藤）也可應用於土壤型 PMFC，但發電效率依土壤條件而異。

植物發電是一種創新技術，透過植物根系與土壤中的物質相互作用產生電能。但目前技術尚未成熟，但在環境監測、智慧農業與可再生能源領域具有潛在應用價值。植物發電的研究可進一步優化土壤環境、菌種選擇與電極材料，以提升發電效率，推動植物發電的實際應用。

研究架構

此研究的架構可分為三大階段，首先進行「土壤是否能發電」的測試，將泥炭土、培養土與田土分別不加水或加水進行比較，接著進行不同土壤以不同比例混合測試發電效果，找出最適合的土壤進行後續實驗。

第二階段，選用四種植物統一加入50ml水進行發電實驗，接著再以不同添加劑進行比較，探討不同植物不同添加劑的發電效果。

最後一階段，測試植物串聯與否對電力輸出的影響，發現植物串聯可成功提高電壓也可以儲電並穩定驅動裝置，且同一植物加添加劑的組合，電壓表現顯著高於無添加劑組。

先進行土壤是否能發電實驗

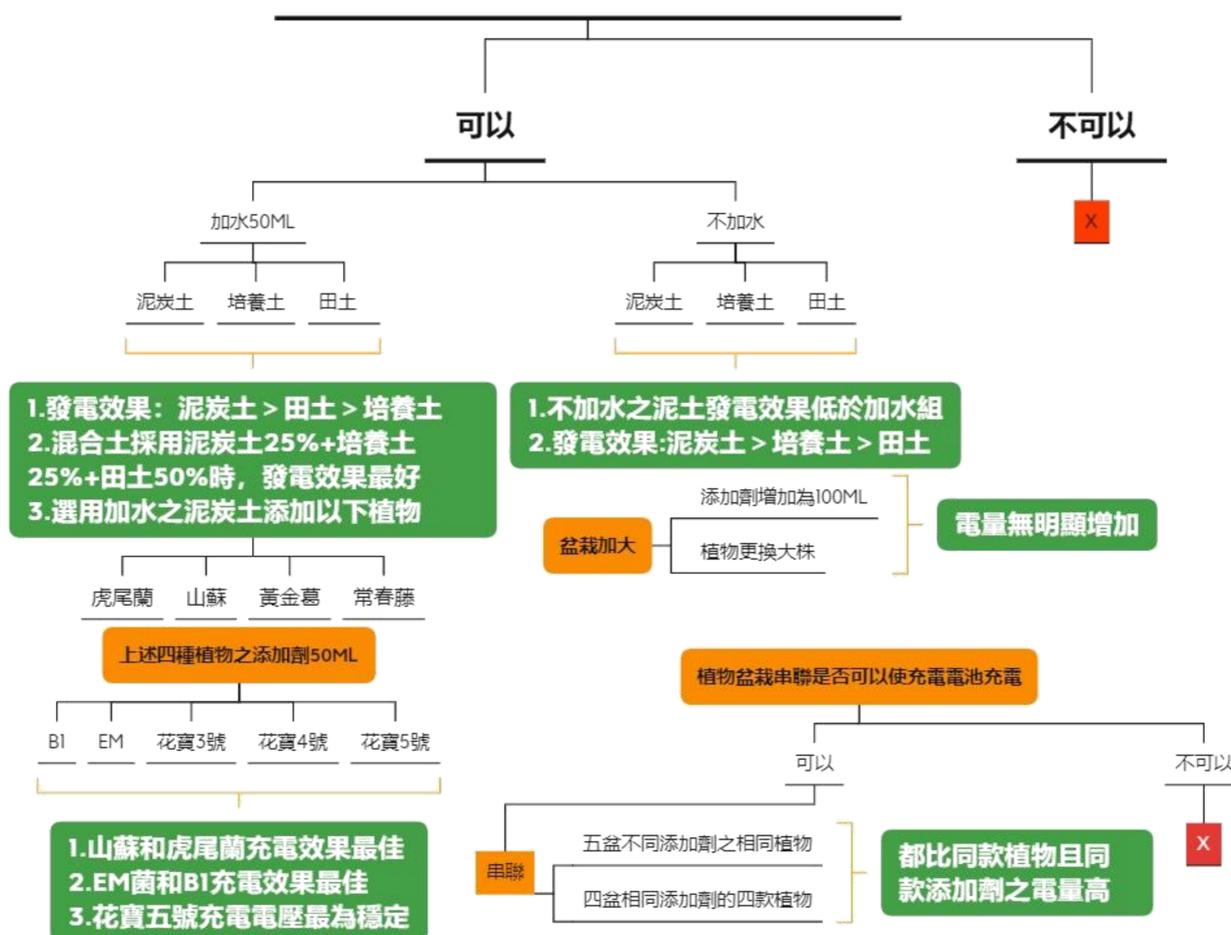


圖2：研究架構 (圖片來源：作者自行繪製)

研究設備與器材

本研究為探討植物發電與儲電的可行性，選用銅片與鋅片作為電極，並利用三用電表測量電壓與電流，準確掌握發電表現。LED燈、數位小時鐘、露營燈則用於測試電力是否足以驅動。選擇三種不同土壤與四種植物比較其發電差異；搭配五種添加劑探討養分對發電的影響，電子秤用來精準控制土壤重量，確保實驗公平。



圖 3：銅、鋅片。

圖 4：鱷魚夾、充電電池、電池座。

圖 5：三用電表。

圖 6：小時鐘。

圖 7：LED 燈。

圖 8：露營燈。

圖 9：電子秤。



圖 10：EM 菌/B1 維生素/花寶 3、4、5 號。

圖 11：泥炭土/培養土/田土。

圖 12：虎尾蘭。

圖 13：山蘇。

圖 14：黃金葛。

圖 15：常春藤。

(本頁圖片來源：均為作者自行拍攝)

研究過程與方法

研究問題一：不同種類的土壤能否發電？

研究目的：探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤的電壓。

研究紀錄：

土壤種類	第一次電壓	第二次電壓	第三次電壓	平均值	外觀描述
田土	0.59	0.53	0.58	0.567	看起來細細，摸起來有一點硬
培養土	0.81	0.79	0.79	0.790	黑黑的，摸起來軟軟的、很鬆
泥炭土	0.88	0.86	0.86	0.867	顏色最黑，超級輕，摸起來軟軟的

研究問題二：不同種類的土壤，在潮濕環境下的發電效果？

研究目的：探討沒有種植任何植物情況下，不同種類土壤在潮濕環境的電壓

研究紀錄：

土壤種類	第一次電壓	第二次電壓	第三次電壓	平均值	外觀描述
田土	0.84	0.85	0.82	0.837	比較粘稠，有點像泥巴一樣
培養土	0.85	0.80	0.80	0.817	鬆軟，水會快速滲入，摸起來濕濕的但不粘
泥炭土	0.89	0.84	0.93	0.887	吸水快，手按下會有回彈感

研究問題三：農田土、培養土及泥炭土以不同混合比例對發電效果的影響。

研究目的：探討不同種類土壤以不同比例混合，對發電效果的影響。

研究紀錄：

配方編號	泥炭土 (%)	培養土 (%)	田土 (%)	電壓 (V) 第一次	電壓 (V) 第二次	電壓 (V) 第三次	平均
A	25	25	50	0.84	0.88	0.91	0.877
B	25	50	25	0.91	0.82	0.89	0.873
C	50	25	25	0.91	0.82	0.85	0.87
D	33	33	33	0.90	0.87	0.81	0.86

研究問題四：探討不同種類的觀葉植物對發電效果的影響。

研究目的：探討不同種類的觀葉植物對發電效果的影響。

研究紀錄：

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
5 天平均值	電壓 V 0.84 電流 μ A 0.420-0.348	電壓 V 0.89 電流 μ A 0.395-0.287	電壓 V 0.85 電流 μ A 0.346-0.210	電壓 V 0.86 電流 μ A 0.194-0.163



圖 22：到園藝店購買植物。

圖 23：原泥土清除換培養土。

圖 24：全部放置在同一地點。

研究問題五：探討不同添加劑對觀葉植物發電效果的影響

研究目的：探討不同添加劑對觀葉植物發電效果的影響

研究紀錄：

(一) 添加EM菌生長素

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
5 天平均值	電壓 V 0.774 電流 μ A 0.3806	電壓 V 0.918 電流 μ A 0.3856	電壓 V 0.861 電流 μ A 0.2692	電壓 V 0.668 電流 μ A 0.2438

(二) 添加B1維生素

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
5 天平均值	電壓 V 0.8378 電流 μ A 0.383	電壓 V 0.8048 電流 μ A 0.1298	電壓 V 0.7228 電流 μ A 0.2286	電壓 V 0.8678 電流 μ A 0.232

(三) 添加花寶3號

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 電壓	植物 4 電壓
5 天平均值	電壓 V 0.6988 電流 μ A 0.3088	電壓 V 0.763 電流 μ A 0.2138	電壓 V 0.7614 電流 μ A 0.1446	電壓 V 0.6342 電流 μ A 0.6006

實驗發現與結果

(一) 不同添加劑對植物發電能力的影響

- EM菌生長素：使山蘇和黃金葛電壓較高，虎尾蘭和山蘇電流較高。
- B1維生素：使虎尾蘭發電效果明顯，電壓與電流皆高，但是山蘇電壓高，電流卻是最低。
- 花寶3號：使山蘇和黃金葛電壓較高，常春藤電流特高。
- 花寶4號：各種植物電壓表現好，但電流數值表現低，發電效果不佳。
- 花寶5號：各種植物電壓表現好，但電流數值表現一樣低，所以發電效果不好。

(二) 不同植物對於添加劑後的表現

- 虎尾蘭：在五種添加劑的電壓和電流的數值比現相對都較高，顯示虎尾蘭在發電能力上表現較好。
- 山蘇：在五種添加劑下，電壓數值表現佳，但電流卻不佳，發電能力一般。

(三) 根據上述結果，虎尾蘭可能是最佳的植物選擇，因為發電能力在所有營養劑或植物種類的條件下均較高。EM菌生長素和B1維生素可能是植物發電有幫助的營養劑

實驗結果與發現

本實驗探討不同種類的土壤在相同條件下的發電效能，結果如下：

- 泥炭土產生的電壓最高（平均 0.867V），其次為培養土（平均 0.79V），田土的電壓最低（平均 0.567V）
- 不同種類的土壤會影響發電效能，以實驗結果看來泥炭土表現最佳。



圖 16：觀察及觸摸不同土壤。



圖 17：進行實驗記錄。



圖 18：測量土壤的電壓。

實驗發現與結果

本實驗探討不同種類且潮濕的土壤在相同條件下的發電效能，結果如下：

- 電壓表現比較：泥炭土產生的電壓最高（平均 0.887V）顯示其發電效能最佳。
- 潮濕度對發電的影響：水分可能有助增加電壓輸出。
- 不同種類的潮濕土壤確實會影響發電效能，其中泥炭土的電壓還是最高。潮濕度對於土壤發電有正向影響，可提升電壓輸出。



圖 19：土壤加水使均勻潮濕。



圖 20：潮濕的培養土。



圖 21：測量土壤的電壓。

實驗發現與結果

- 電壓表現比較：從數據來看，A組的發電效能最佳，B組與C組表現相近，而D組的電壓略低於其他組合。
- 不同比例對發電的影響

- 泥炭土的影響：泥炭土對於提升發電量可能有積極作用。當比例達到50%（C組）時，電壓未明顯提升，顯示過多的泥炭土未必能進一步提高發電效能。
 - 田土影響：A組中占50%，並且該組獲得最高電壓，顯示適量的田土可能有助於提升導電性。
 - 培養土影響：B組培養土50%電壓與A組相近，但比例從25%提升至33%時（如D組），電量略下降。
- (三) 根據實驗的數據顯示，濕潤的泥炭土電壓最高，所以接下的實驗以濕潤的泥炭土進行實驗。

實驗發現與結果

實驗中選用虎尾蘭、山蘇、黃金葛、常春藤四種植物，在相同環境下測量。結果如下：

(一) 電壓分析：

山蘇的電壓平均為 0.89 V，是所有植物中最高的。常春藤與黃金葛電壓表現也相對穩定，落在 0.85~0.86 V。虎尾蘭為最低，但也有穩定的0.84 V。

(二) 電流分析

虎尾蘭的電流值表現最高（0.420 μ A起始，降到0.348 μ A）。山蘇電流次高，但略低於虎尾蘭。黃金葛電流中等，常春藤電流最低，僅約 0.194→0.163 μ A。

(三) 不同植物的發電能力與其植物特性有關：

虎尾蘭與山蘇可能根部與泥炭土的接觸較良好，導電性較強。常春藤雖然電壓不低，但電流偏低。電壓與電流未必成正比，常春藤的電壓接近山蘇，但電流卻是最低的。

(四) 添加花寶4號

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
5 天平均值	電壓 V 0.775 電流 μ A 0.2884	電壓 V 0.8586 電流 μ A 0.1372	電壓 V 0.8254 電流 μ A 0.1222	電壓 V 0.8014 電流 μ A 0.1982

(五) 添加花寶5號

時間(天數)	植物 1 虎尾蘭	植物 2 山蘇	植物 3 黃金葛	植物 4 常春藤
5 天平均值	電壓 V 0.8144 電流 μ A 0.2425	電壓 V 0.8126 電流 μ A 0.1216	電壓 V 0.788 電流 μ A 0.1135	電壓 V 0.753 電流 μ A 0.164

(圖片來源：均為作者自行繪圖)

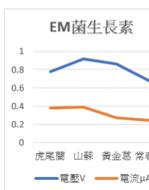


圖 25：EM 菌折線圖。



圖 26：B1 維生素折線圖。

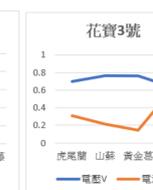


圖 27：花寶 3 號折線圖。

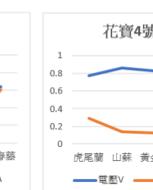


圖 28：花寶 4 號折線圖。

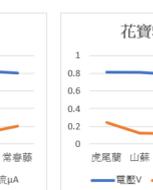


圖 29：花寶 5 號折線圖。

研究問題六：植物的串聯數量能否提升植物發電的效果

研究目的：探討植物串聯數量對發電效果的影響。

研究紀錄：

表 串聯同一種植物對於發電效果的影響

植物	虎尾蘭	山蘇	黃金葛	常春藤
單一	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示
串聯二棵	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示	LED 小燈泡不亮 數位時鐘不顯示
串聯五棵	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 4.92 第二次電壓 5.96 第三次電壓 4.94	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 3.84 第二次電壓 3.80 第三次電壓 3.78	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 3.62 第二次電壓 3.61 第三次電壓 3.64	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 3.52 第二次電壓 3.52 第三次電壓 3.52
平均值	5.27 V	3.80 V	3.62 V	3.52 V

表 串聯同一種添加劑的植物對於發電效果的影響

添加	EM	B1 生長素	花寶 3 號	花寶 4 號	花寶 5 號
串聯四種植物	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 3.43 第二次電壓 3.43 第三次電壓 3.43	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 3.15 第二次電壓 3.14 第三次電壓 3.18	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 2.78 第二次電壓 2.80 第三次電壓 2.81	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 2.83 第二次電壓 2.84 第三次電壓 2.83	LED 小燈泡亮 數位時鐘顯示 第一次電壓 2.87 第二次電壓 2.91 第三次電壓 2.90
平均	3.43 V	3.16 V	2.80 V	2.83 V	2.89 V

研究問題七：植物的發電可否儲存於充電電池

研究目的：探討植物發電的儲電可行性

研究紀錄：

表五 同一種植物串聯的電池充電效果。

植物種類	虎尾蘭	山蘇	黃金葛	常春藤
充電前電壓	0	0	0	0
第一天電壓 (單位 V)	第一次 1.286 第二次 1.286 第三次 1.286	第一次 1.301 第二次 1.301 第三次 1.301	第一次 1.308 第二次 1.308 第三次 1.308	第一次 1.290 第二次 1.290 第三次 1.290
第二天電壓 (單位 V)	第一次 1.302 第二次 1.302 第三次 1.302	第一次 1.307 第二次 1.307 第三次 1.307	第一次 1.314 第二次 1.314 第三次 1.314	第一次 1.293 第二次 1.293 第三次 1.293
電壓增加值	+0.016	+0.006	+0.006	+0.003

表六 同一種添加劑不同植物串聯的電池充電效果。

添加劑	EM 菌	B1 維生素	花寶 3 號	花寶 4 號	花寶 5 號
充電前電壓	0	0	0	0	0
第一天電壓 (單位 V)	第一次 1.186 第二次 1.186 第三次 1.186	第一次 1.190 第二次 1.190 第三次 1.190	第一次 1.114 第二次 1.114 第三次 1.114	第一次 1.285 第二次 1.285 第三次 1.285	第一次 1.196 第二次 1.196 第三次 1.196
第二天電壓 (單位 V)	第一次 1.194 第二次 1.194 第三次 1.194	第一次 1.195 第二次 1.195 第三次 1.195	第一次 1.132 第二次 1.132 第三次 1.132	第一次 1.289 第二次 1.289 第三次 1.289	第一次 1.204 第二次 1.204 第三次 1.204
電壓增加值	+0.008	+0.005	+0.018	+0.004	+0.008

(以上圖片來源：均為作者自行拍攝)

實驗結果與發現

(一)串聯同一種植物的發電效果

串聯五棵同一種植物皆能成功點亮LED與數位小時鐘，電壓最高的是虎尾蘭 (5.27V)，發電效果最顯著，其他三種植物約落在3.5V~3.8V之間，差異較小。

(二)串聯使用同一種添加劑但不同植物的發電效果

所有組合都可以點亮燈泡與數位小時鐘，但串聯相同添加劑但不同植物的電壓普遍低於串聯單一植物，以EM菌的效果最佳 (3.43V)，但仍低於串聯全都虎尾蘭5.27V。

(三)串聯多棵相同植物可以有效提升植物發電的效果，要提升植物電池的發電能力，可優先考慮挑選高電壓的植物並進行串聯，例如虎尾蘭。



圖 30：測量山蘇的串聯效果。

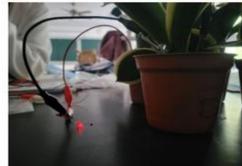


圖 31：測試 LED 燈是否發亮。



圖 32：測量數位小時鐘。



圖 33：測量不同植物同一添加劑。



圖 34：測試添加花寶 5 號的植物串聯的數位小時鐘效果。



圖 35：測量添加 B1 維生素的植物串聯後的電壓數值。

實驗結果與發現

(一)植物發電確實可以儲存到充電電池中，而且經過一天兩天後，電壓都有提升。黃金葛與虎尾蘭的發電效果較佳，其中黃金葛的電壓最高，而虎尾蘭電壓提升最多。

(二)不同添加劑同一種觀葉植物串聯的充電情況：黃金葛的電壓數值最高 (持續 1.308→1.314V)。虎尾蘭的電壓上升最多 (+0.016V)。常春藤電壓上升最少。

(三)同一添加劑不同種觀葉植物串聯的充電情況：花寶 4 號第一天電壓就很高 1.285V)，花寶 3 號雖然初始電壓最低，但增加最多 (+0.018V)。

(四)以物進行充電時，可選擇同一種觀葉植物串聯進行充電。



圖 36：檢驗電壓是否歸 0。



圖 37：不同植物的充電。

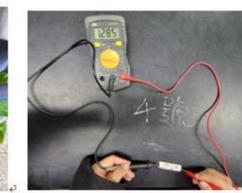


圖 38：充電後的電池電壓。

研究討論

本研究探討植物發電的可行性及其影響因素，透過實驗分析不同土壤類型、植物種類、添加劑及植物串聯數量對植物發電效果的影響。

一、實驗一：不同種類土壤的電壓

在無植物的情況下，實驗結果顯示泥炭土的發電效能最佳，平均電壓達到 0.867V，田土的電壓最低 (0.567V)，這表示土壤成分對發電能力有顯著影響，本實驗結果與文獻探討內容提到，土壤環境會影響植物發電效能相符。

二、實驗二：乾燥與潮濕環境下的土壤電壓

實驗二和實驗一比較，結果顯示，潮濕環境下所有土壤的電壓均有提升，尤其是泥炭土的電壓達到0.887V，顯示水分對於提升電壓輸出有正向影響。本實驗結果與文獻探討內容提到，水分能幫助土壤導電對植物發電有正面的幫助相符。

三、實驗三：不同土壤混合比例對發電效果的影響

不同土壤的混合比例可以提升植物的發電效果。其中以A組 (25%泥炭土 + 25%培養土 + 50%田土) 表現最佳，平均電壓為0.877V。顯示適量不同土壤的組合能有效提升發電能力，未來可進一步研究不同土壤混合或成分找出最佳效果。根據實驗二純泥炭土的發現效能為0.887V還是最佳，故仍以純泥炭土作為後續實驗的採用的土壤。

四、實驗四：不同觀葉植物的發電效果

不同植物的發電能力有差異，虎尾蘭在多數條件表現最佳，選擇合適的植物種類對於提升植物發電系統的效能至關重要。獻探討內容提到黃金葛和常春藤可以發電，實驗也證實可以發電，但虎尾蘭和山蘇發電效果更好。

五、實驗五：不同添加劑對植物發電效果的影響

EM菌生長對山蘇有較好的提升，B1維生素對發虎尾蘭有一定促進作用。但多數植物加了添加劑後，電壓均較沒有加時低，電流有些會較高些，顯示其可提升植物電流能力。

六、實驗六：植物串聯數量對發電效果的影響

串聯多棵相同植物能有效提升發電效果，尤其是虎尾蘭的表現最為顯著。這表示在設計植物發電系統時，應考慮植物的串聯，以提高整體電壓輸出。

七、實驗七：植物發電的儲電可行性

不論是同一種植物不同添加劑的植物充電或是同一種添加劑不同職務的充電，均能為充電電池充電，且經過一、二天後，電壓均有提升，而且虎尾蘭的電壓表現最佳，顯示其在儲電方面的潛力。這表明植物發電不僅能即時供電，還具備儲電的可行性，未來可進一步探索其在實際應用中的潛力。

文獻中指出有機質豐富的土壤 (如泥炭土) 與適當水分均能提升發電效能，與本研究的實驗一、二結果相符，驗證土壤類型與水分為關鍵因素。文獻也提到植物根系影響發電表現，本研究發現證實文獻提到的黃金葛與常春藤的確可發電，但虎尾蘭與山蘇表現更佳，證實植物種類影響效能。

文獻尚未深入探討的部分，在本研究中進一步設計實驗進行探討，如混合土壤的效能比較、添加劑影響、植物串聯及植物發電後電力儲能，日常生活如何應用與設計，提供具體且實證的參考依據。

研究結論

本研究探討了植物發電的可行性及其影響因素，通過一系列實驗分析不同土壤類型、植物種類、添加劑及串聯數量對植物發電效果的影響。以下是研究結論：

一、植物發電的可行性

本研究證實了植物發電的可行性，所有實驗中所使用的植物均能成功產生電壓，並且能夠為充電電池充電。這表明植物不僅能進行光合作用，還能透過植物根部與土壤間相互作用，轉化為電能，為可再生能源的發展提供了新的思考。

二、土壤類型的影響

實驗結果顯示，不同類型的土壤對植物發電的影響顯著。潮濕的泥炭土發電效能最佳，平均電壓達到0.887V，能有效提升電壓輸出。相對而言，田土的電壓最低 (0.567V)，這表明土壤成分對植物發電能力的影響不可忽視。未來的研究可進一步探討土壤成分對電力提升的影響。

三、水分的重要性

在不同的環境條件下，水分添加對植物發電效果有顯著影響。潮濕環境下，所有土壤的電壓均有提升，尤其是泥炭土的電壓達到0.887V，顯示水分對於提升電壓輸出有正向影響。因此，在設計植物發電系統時，適當的水分添加是提升發電效能的關鍵因素。

四、植物種類的選擇

不同植物的發電能力差異明顯，虎尾蘭在多數條件下表現最佳，能有效促進電壓提升。這表明選擇合適的植物種類對於提升植物發電效能至關重要。未來的研究建議可進一步研究不同植物根系特性對發電效率的影響。

五、添加劑的影響

添加劑對植物發電的影響各異，但多數植物加了添加劑後，電流有些植物會較高些。

六、串聯配置的優勢

串聯相同植物或是串聯相同添加劑但不同種植物均能有效提升發電效果，以串聯同類植物效果較顯著，顯示設計植物發電時，應考慮同一種植物串聯，整體電壓效果更好。

七、儲電的可行性

所有植物均能為充電電池充電，且經過一天或兩天後，電壓均有提升。黃金葛的電壓表現最佳，顯示植物發電在儲電方面具有潛力。植物發電不僅能即時供電，還具備儲電的可行性，未來可進一步探索其在實際應用中的潛力。

總結

本研究的結果顯示，植物發電是一種具有潛力的綠色能源技術，能夠有效利用植物的光合作用及土壤成分的相互作用來產生電能。未來的研究建議可以優化土壤環境及添加劑，並探索植物發電系統的實際應用，以推動可再生能源的發展。