彰化縣 112 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選
作品說明書（封面）

作品編號： **11231003**

組別：■國小組　　□數學類
　　□國中組　　■自然、科技
　　□人文社會類

作品名稱：

多肉大作戰
—多肉植物電壓研究

第一階段　研究訓練階段

一、　近二年學校獨立研究課程之規劃

（一）　中年級

(1) 網際網路的使用與限制。

(2) 文書處理軟體的使用。

(3) 相片編輯。

(4) 各類儀器設備的操作與保養。

(5) 文章閱讀摘要技巧。

(6) 研究方法的認識與應用。

（二）　高年級

(1) 閱讀與評析歷屆獨立研究得獎作品。

(2) 選定有興趣的研究主題，並擬定計畫。

(3) 依研究主題蒐集與分析各種資料。

(4) 研究報告的撰寫與反思。

二、　學校如何提供該生獨立研究訓練

（一）　中年級：

每週安排兩節專題研究，訓練基礎的研究技巧；同時安排各類校內外參訪活動，並觀摩校內外的獨立研究成果發表會，讓學生發掘自身有興趣的議題，從認識周遭環境開始，再向外拓展進而認識家鄉特色，以實際活動進行生活問題探索，為將來銜接高年級的獨立研究課程做準備。

（二）　高年級：

每週安排兩節獨立研究，透過學生有興趣的研究主題，在教師的引導下擬定研究計畫。學生利用在中年級所學習的各類研究方法與科學儀器來進行研究主題探究，並將蒐集到的資料進行歸納與分析，培養學生自行解決問題的能力；除了完成研究報告外，學生應對於每一個研究歷程有自省與反思的能力。

第二階段：獨立研究階段

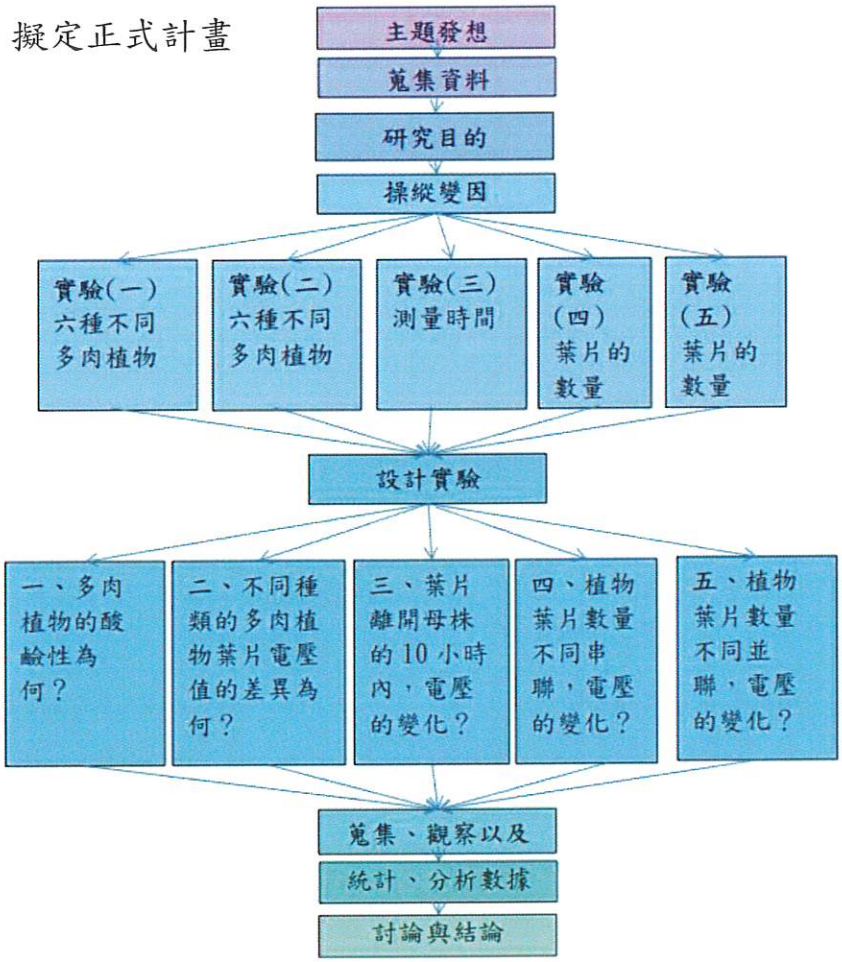
多肉大作戰－多肉植物電壓研究

壹、研究動機

之前我們在網路上看到有人利用水果串在一起發電的科學實驗影片，我們覺得十分奇妙，但是我們覺得和他們一樣使用水果來發電就太沒意思了，我們想，除了水果還有沒有其他意想不到的東西也能夠發電呢？水果發電的原理之一是運用它的汁液，如同我們在康軒文教事業出版的五上－自然與生活科技課本中第三單元「活動三－水溶液的導電性」中學習到的知識，剛好我們的指導老師喜愛種植各種多肉植物，教室外的走廊就種植了不少種類的多肉植物盆栽，包含有霜之朝、千兔耳、獠牙仙女之舞、玉吊鐘、金邊虎尾蘭以及蘆薈等，多肉植物含有豐富的汁液，正好符合了發電的需求，因此，我們挑選了它們來當作發電的對象。

貳、 擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

一、 擬定正式計畫



二、 研究問題

（一）多肉植物的酸鹼性為何？

（二）不同種類的多肉植物葉片電壓值的差異為何？

（三）葉片離開母株的 10 小時內，電壓的變化？

（四）植株葉片串聯不同數量，電壓的變化？

（五）植株葉片並聯不同數量，電壓的變化？

三、研究目的：

（一）了解多肉植物的酸鹼性。

（二）知道不同種類的多肉植物葉片電壓值的差異情形。

（三）觀察葉片離開母株測量的時間不同，電壓的變化情形。

（四）比較串聯時葉片數量不同，電壓的變化情形。

（五）比較並聯時葉片數量不同，電壓的變化情形。

四、工作進度表

執行時間 / 執行項目	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
搜尋主題										
確定主題										
閱讀文獻										
進行實驗										
數據紀錄										
資料分析										
論文編輯										

參、彙整相關文獻

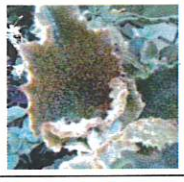
一、多肉植物

多肉植物泛指具有肉質的莖或葉的植物，含有儲存水分的構造，可以在沒有水的環境下生存久一點，而多肉植物的種類非常多樣，數量也非常龐大，常見的多肉植物主要分布於百合科、天門冬科、景天科、鳳梨科、仙人掌科、番杏科、大戟科…等。

(一)校內多肉植物

教室外的多肉植物的依照其外型特色，搜尋相關資料將其分析資料，如下表：

表 3-1-1 校內常見多肉植物分析表

植物	霜之朝	千兔耳	玉吊鐘	獠牙仙女之舞	蘆薈	金邊虎尾蘭
照片						
科	景天科	景天科	景天科	景天科	百合科	天門冬科
屬	擬石蓮屬	伽藍菜屬	伽藍菜屬	伽藍菜屬	蘆薈屬	龍血樹屬

(二)景天科植物

景天科，虎耳草目中的一科，屬於多年生草本或低矮灌木。產自於較溫暖及乾燥地段，分布於北半球，景天科中大約含有 34 屬及 1426 種，在夏、秋季開花，花小茂密，顏色眾多。表皮蠟厚、氣孔下陷，減少了蒸散作用，為旱生植物，繁殖性強，落地生根。

1. 校內景天科植物葉片比較表

將教室外景天科植物進行觀察葉片後做分析比較表，如下表：

▼表 3-1-2 景天科植物葉片比較表

種類	霜之朝	千兔耳	獠牙仙女之舞	玉吊鐘
照片				
葉緣	全緣	齒牙緣	齒牙緣	齒牙緣
葉脈	無葉脈	無葉脈	無葉脈	無葉脈
葉序	輪生葉	對生葉	對生葉	對生葉
葉形	心形	卵形	卵形	倒卵形
單葉與複葉	掌狀複葉	掌狀複葉	掌狀複葉	掌狀複葉

2. 景天科植物生長環境比較表

將景天科植物分析其生長環境後做分析比較表，如下表：

▼表 3-1-3 景天科植物生長環境比較表

植物種類 / 生長環境	霜之朝	千兔耳	獠牙仙女之舞	玉吊鐘
濕度	不須多水	不須多水	不須多水	一般
雨量	不須多水	不須多水	不須多水	一般
溫度	15~25℃	15~25℃	25~32℃	15~25℃
日照	全日照	全日照	全日照	全日照
適合生長土壤性質	鹼性	弱酸性，中性，弱鹼性	酸性，中性，鹼性	酸性，中性，鹼性

二、水果電池：

水果電池是在水果裡面插入化學活性不同的金屬，由於水果裡有酸性電解質，可以形成原電池，而理論上電流大小和果酸濃度有關係。

三、pH 值

pH 值是溶液氫離子活度的一種標度，也是衡量溶液酸鹼程度的最普遍標準，大於 7 為鹼性，小於 7 為酸性，等於 7 則是中性，pH 值可用酸鹼指示計、廣用試紙、石蕊試紙等測出。

▼表 3-3-1 pH 值對電壓值的影響

作品名稱	作者	內容	網址
循環改良式電動力系統之電化學反應	廖盈智	pH 值越接近中性電導度越低，越偏離中性電導度越高。	https//reurl.cc/DoLMO5
請『土』出電來--土壤發電之研究	黃英綺、黃聆歆、陳宥均、盧麗柔	酸鹼值對電壓值無直接的影響。	https：//reurl.cc/QZg940

四、電壓單位

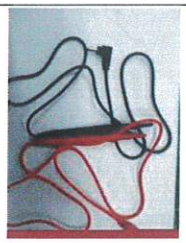
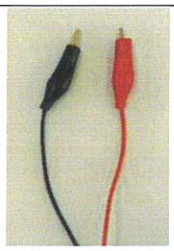
伏特（V）是電壓的單位。安培（A）是電流的單位。瓦特（W）是功率的單位，而瓦特＝伏特＊安培。

五、實驗器具介紹：

在此次實驗中會使用到實驗器具與測量工具，如下表：

▼表 3-5-1 實驗器材一覽表

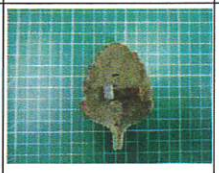
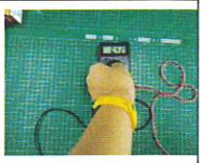
名稱	照片	介紹
三用電表		三用電表通常來檢查壞掉的電子儀器，功能眾多，一般主要是用來測量電壓和電流。

測試棒		筆頭材質為銀，軟桿，絕緣護套，十字頭插口，確保連接的有效性。
銅鋅片		銅表面會有氣泡是因為鋅丟失的電子遇到溶液中的氫離子發生反應，在流經銅導線時，將電子給銅四周的氫離子。
鱷魚夾		鱷魚夾材質為鐵鍍鎳，用來做電子儀器的測試。
酸鹼指示劑		酸鹼指示劑的變色範圍及其在酸、鹼溶液中呈現的顏色， pH=7 為中性（綠色）、 pH>7 為鹼性（藍紫色）、pH<7 為酸性（紅色）。

六、實驗步驟：

在實驗過程中每一組的實驗將步驟分析，如下表：

▼表 3-6-1 實驗步驟分析表

步驟	步驟一	步驟二	步驟三	步驟四	步驟五
照片					
內容	使用三用電表。	獠牙仙女之舞葉片。	插上銅鋅片。	連接三用電表。	記錄電壓數據。

我們每一組實驗均進行七次的測量工作，去掉最大值和最小值後求平均值，留下五組實驗數據求得平均後即為該組的實驗數值。

肆、資料分析

一、多肉植物的酸鹼性為何？

(一)實驗變因

1. 操作變因：六種不同的多肉植物
2. 控制變因：同瓶廣用指示劑、同植物汁液量
3. 應變變因：pH 值差異

▼表 4-1-1 六種多肉植物的酸鹼性分析表

植物名稱 / pH 值	霜之朝	千兔耳	玉吊鐘	獠牙仙女之舞	金邊虎尾蘭	蘆薈
酸鹼照片						
pH 值	pH7	pH9	pH7	pH1	pH4	pH1

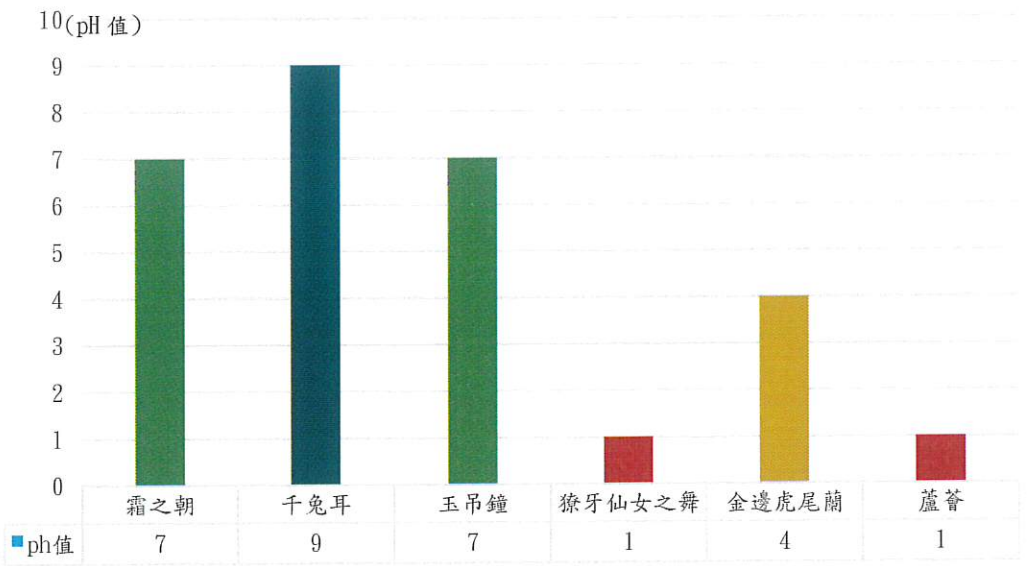


圖 4-1-1 六種不同多肉植物 pH 值分析長條圖

(二)分析討論：

從表 4-1-1 可以知道以 pH 值為 7 的有霜之朝以及玉吊鐘，為中性；在 pH 值 7 以上有千兔耳，為鹼性；在 pH 值 7 以下有獠牙仙女之舞以及蘆薈，為酸性。

從圖 4-1-1 可以知道最酸的為獠牙仙女之舞和蘆薈，而最鹼的為千兔耳，最靠近中性的為霜之朝及玉吊鐘。

二、不同種類的多肉植物葉片電壓值的差異為何？

(一)實驗變因

1. 操作變因：六種不同的多肉植物

2. 控制變因：同三用電表、銅鋅片連接 、三用電表單位

3. 應變變因：電壓差異

▼表 4-2-1 不同種類多肉植物葉片電壓值差異分析表

電壓值(V) / 植物名稱	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
霜之朝	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
千兔耳	0.9	0.9	0.9	0.89	0.89	0.9
獠牙仙女之舞	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
玉吊鐘	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
金邊虎尾蘭	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81	0.82
蘆薈	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91

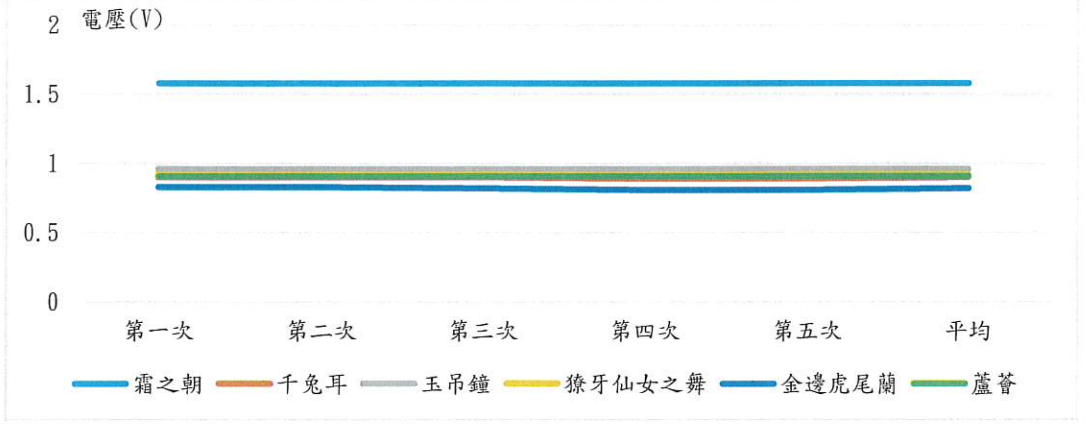


圖 4-2-1 不同種類的多肉植物葉片電壓值分析折線圖

(二)分析討論：

從表 4-2-1 可以看出霜之朝的平均電壓為最大，為 1.58V；而金邊虎尾蘭的平均電壓為最小，為 0.82V。

從圖 4-2-1 可以知道六種植物在這次實驗中的數據都沒有太大的變化，非常穩定，但可以明顯看到霜之朝的電壓為最大，而最小的為金邊虎尾蘭。

三、葉片離開母株 10 小時內，電壓的變化？

(一)實驗變因

1. 操作變因：不同時間

2. 控制變因：同三用電表、銅、鋅片連接 、三用電表單位

3. 應變變因：電壓差異

▼表 4-3-1 葉片離開母株 10 小時內，電壓的變化差異性表

離開時間 / 植物名稱	第零小時	第一小時	第二小時	第三小時	第四小時	第五小時	第六小時	第七小時	第八小時	第九小時	第十小時	總平均
霜之朝	0.868	0.894	0.89	0.88	1.448	0.85	1.46	1.492	0.84	0.81	0.816	1.023
千兔耳	0.906	0.928	0.924	1.522	0.92	0.872	0.9	0.92	1.444	1.444	0.88	1.06
玉吊鐘	1.634	0.852	1.388	0.922	0.86	0.86	1.516	1.558	0.838	0.878	0.822	1.103
獠牙仙女之舞	0.96	0.96	0.94	1.56	1.482	1.392	0.86	0.93	0.83	0.94	0.92	1.07
蘆薈	1.566	0.966	0.936	0.95	0.934	0.93	0.91	1.428	1.448	0.924	1.37	1.124
金邊虎尾蘭	0.94	0.92	1.482	0.942	0.95	0.92	1.538	0.89	0.9	1.478	0.43	1.035

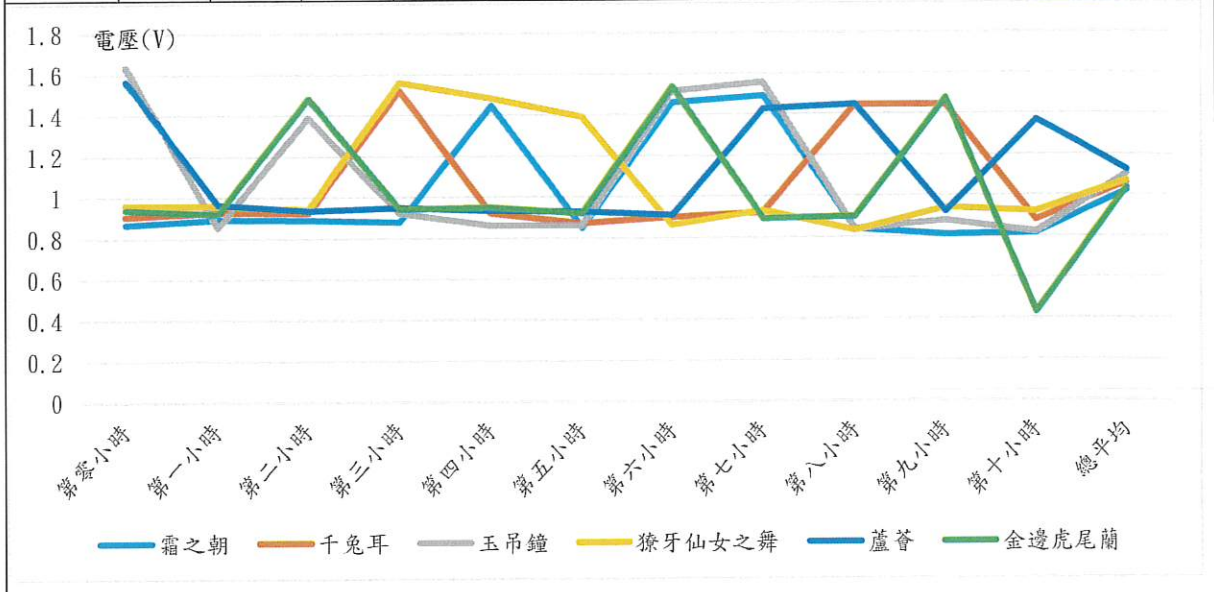


圖 4-3-1 葉片離開母株測量的時間不同，電壓變化分析折線圖

(二)分析討論：

從表 4-3-1 可以知道葉片的電壓總平均最高的是蘆薈，為 1.124V，總平均最少的是霜之朝，為 1.023V。

從圖 4-3-1 可以知道霜之朝雖然在第四小時為 1.448V、第七小時為 1.492V，都是當次實驗中電壓值的第二高，但最終還是六種多肉植物電壓總平均最低值，為 1.023V。

金邊虎尾蘭在第九小時時達到了 1.478V，但到第十小時時電壓平均值卻掉到了 0.43V，減少了 1.048V，成了此次實驗中差異性最大的數據，電壓值的起伏較為明顯。

四、植株葉片串聯不同數量，電壓的變化？

(一)實驗變因

1. 操作變因：不同數量葉片串聯
2. 控制變因：同三用電表、銅、鋅片連接 、三用電表單位
3. 應變變因：電壓差異

▼表 4-4-1 六種多肉植物植株葉片串聯不同數量，電壓的變化表

葉片數量 / 植物名稱	單片	二片串聯	三片串聯	四片串聯	五片串聯	六片串聯
霜之朝	1.428	2.164	3.576	4.232	5.014	5.65
千兔耳	0.936	1.87	3.18	4.05	5.484	6.308
玉吊鐘	0.88	1.71	2.78	3.364	5.396	6.196
獠牙仙女之舞	0.966	1.896	3.348	4.034	4.502	6.226
蘆薈	0.892	1.814	3.192	4.08	4.906	6.218
金邊虎尾蘭	0.826	1.656	2.432	3.588	4.906	5.586

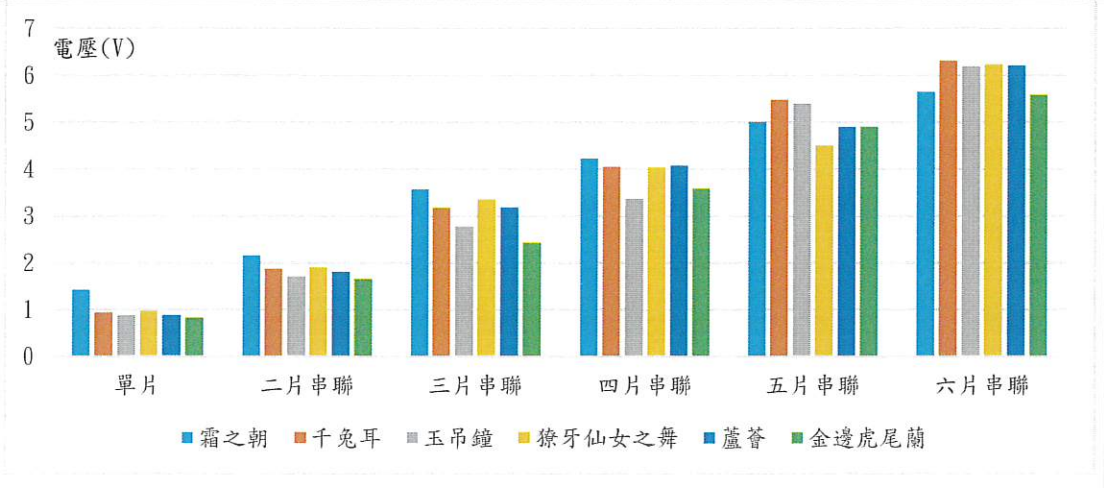


圖 4-4-1 植株葉片串聯不同數量，電壓的變化分析長條圖

(二)分析討論：

從表 4-4-1 可以知道，在六片串聯千兔耳平均電壓值達到 6.308V，創造了六片串聯實驗中最高的數據；而金邊虎尾蘭在單片時其電壓值為 0.826V，是單片測量實驗中最低的電壓數據。

從圖 4-4-1 知道，千兔耳在單片時電壓為 0.936V，是單片中的第三高，但卻在六片串聯時，達到了 6.308V 成了在六片串聯實驗中最高的電壓數據。玉吊鐘在第四片串聯為 3.364V，而在第五片串聯則為 5.396V，電壓多了 2.032V，為此組實驗中電壓差距最大值。

五、植株葉片並聯不同數量，電壓的變化？

(一)實驗變因

1. 操作變因：不同數量葉片並聯

2. 控制變因：同三用電表、銅、鋅片連接 、三用電表單位、同連接方式。

3. 應變變因：電壓差異

葉片數量 / 植物名稱	單片	二片並聯	三片並聯	四片並聯	五片並聯	平均
霜之朝	0.688	0.666	0.65	0.65	0.814	0.6936
千兔耳	0.808	0.83	0.93	0.93	1	0.8996
玉吊鐘	0.89	1.142	0.98	1.094	1.03	1.0272
獠牙仙女之舞	1.53	1.53	1.27	1.156	1.07	1.3112
蘆薈	0.83	1.178	1.04	1.01	0.98	1.0076
金邊虎尾蘭	0.876	0.856	0.868	0.87	0.996	0.893

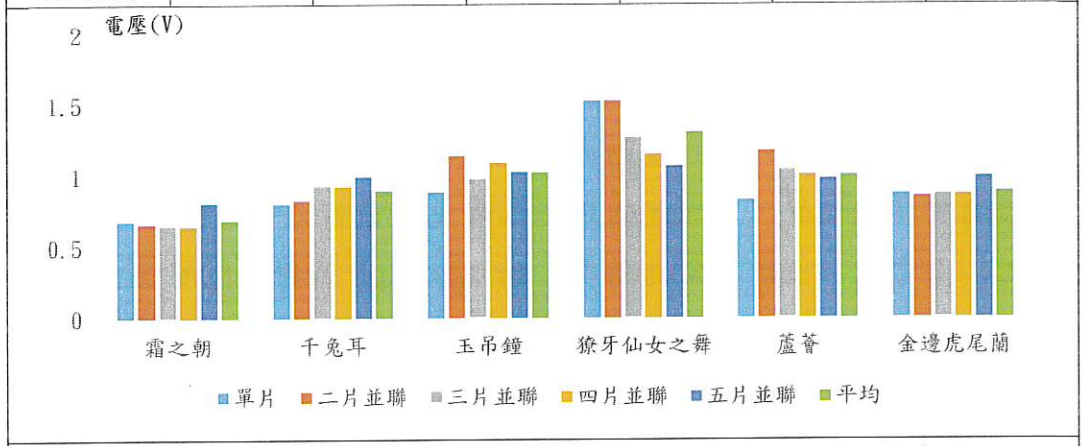


圖 4-5-1 植株葉片並聯不同數量，電壓變化分析長條圖

(二)分析討論：

從表 4-5-1 可以知道，獠牙仙女之舞的電壓總平均為 1.3112V，為本組實驗中最高；霜之朝的電壓總平均為 0.6936V，為本組實驗中電壓最低的。

從圖 4-5-1 可以知道，當多肉植物開始並聯時，以蘆薈為例，單一片時為 0.83V，而第二片時到達了 1.178V，增加了 0.348V，為本組實驗增加最多的電壓差值。

而獠牙仙女之舞在第二片並聯時，電壓值為 1.53V，在第三片並聯時，電壓值則是 1.27V，減少了 0.26V，為本組實驗減少最多的電壓值差。

伍、研究結果與討論

一、多肉植物的酸鹼性分析

實驗一中，蘆薈與獠牙仙女之舞的 pH 值為 1，是最酸；金邊虎尾蘭的 pH 值為 4，偏酸性；霜之朝與玉吊鐘的 pH 值為 7，是中性；而千兔耳的的 pH 值為 9，為偏鹼性植物。

pH 值大至小排序為：千兔耳＞霜之朝、玉吊鐘＞金邊虎尾蘭＞獠牙仙女之舞、蘆薈。

二、不同種類的多肉植物葉片電壓值的差異

在實驗二中，依六種多肉植物的平均電壓值大小排列順序為：霜之朝(1.58V、中性)＞玉吊鐘(0.96V、中性)＞獠牙仙女之舞(0.92V、酸性)＞蘆薈(0.91V、酸性)＞千兔耳(0.9V、鹼性)＞金邊虎尾蘭(0.82V、酸性)。

但根據「循環改良式電動力系統之電化學反應」的文獻，pH 值越酸的電壓值較好，反之越靠近中性者電壓值較差；而根據「請『土』出電來--土壤發電之研究」的文獻，pH 值對於電壓值並沒有影響，在我們的實驗一與實驗二的綜合比較之下發現：植物酸鹼性的不同，對於電壓值並沒有影響，與「請『土』出電來--土壤發電之研究」文獻結果相同。

三、葉片離開母株測量的時間不同，電壓的變化情形。

在實驗三中，植物離開母株，靜置時間更久，電壓值甚至還增高，以蘆薈為例，第六小時其電壓值為 0.91V，到了第七小時其電壓值為 1.428V，電壓值增長了 0.518V；發現每一種多肉植物都有類似增長情形，由此可知在十小時之內，葉片離開母株的時間長短與發電量無直接影響。

實驗結果：蘆薈(1.124V)＞玉吊鐘(1.103V)＞獠牙仙女之舞(1.07V)＞千兔耳(1.06V)＞金邊虎尾蘭(1.035V)＞霜之朝(1.023V)。

四、串聯時葉片數量不同，電壓的變化情形

在實驗四中，串聯時葉片數量不同中，依電壓的變化情形得知每增加一片多肉植物，電壓值就會增加最多的為 2.032V，最少的則為 0.468V。

六片串聯實驗結果：千兔耳(6.308V)＞獠牙仙女之舞(6.226V)＞蘆薈(6.218V)＞玉吊鐘(6.196V)＞霜之朝(5.65V)＞金邊虎尾蘭(5.586V)。

五、並聯時葉片數量不同，電壓的變化情形

在實驗五中設計了不同數量的多肉植物葉片並聯實驗，得知每增加一片多肉植物，電壓值並無明顯變化。

依實驗五平均電壓值大小排序結果為：獠牙仙女之舞(1.3112V)＞玉吊鐘(1.0272V)＞蘆薈(1.0076V)＞千兔耳(0.8996V)＞金邊虎尾蘭(0.893V)＞霜之朝(0.6936V)。

陸、評鑑與檢討

一、尋找主題

在康軒五年級上學期第三單元有提到使用酸鹼性液體來發電，而在 2023 年時也有一則關於植物發電的新聞話題--植物也能發電，

這樣有趣的話題讓我們產生興趣，而教室外種植著許多不同品種的多肉植物，想著多肉植物水分大都比一般植物多，電壓值的數據會不會比較好，最終選擇了霜之朝、千兔耳、玉吊鐘、獠牙仙女之舞、金邊虎尾蘭、蘆薈，開始我們的研究。

二、實驗的心得

在做測電壓值實驗時，光是在第一部分收集實驗器材時，在彰化許多的五金材料行找不到銅、鋅片，而花了很多的時間，不過最終也在老師和同學的努力下，備齊了實驗器材，得以進行實驗。在剛開始實際進行實驗時，也因為經驗不足，對器材不熟悉，而頻頻出錯，我們才了解到，實驗是多麼的複雜，當一位科學家真的是非常艱難，因為他們的努力現在才可以探索這麼多不同的科學知識，真的要很感謝他們。

在每一組的實驗中最需要的就是團隊默契，在這次的實驗中，必須要有人負責拍照；有人負責記錄；有人負責做實驗；有人要幫忙清理，只有兩個人，一個人身兼多職，但也要把自己的本份工作做到最好，而且在實驗中會有許多的失敗以及挫折，是經過一次次的檢討、討論以及不斷的重複練習，去反思其中哪裡錯誤，得出結論，才會有現在最終的成果。

三、未來展望

經過本次研究，我們發現多肉植物的電壓值很持久，也容易種植，希望以後可以利用多肉植物來研發出一款綠能電池，這樣的話，大片種植多肉植物不僅僅可以綠化環境，還可以用來替代製造複雜、容易汙染環境以及含有危險性的一般電池，將這些多肉植物用來發電，保護生態環境，愛護美麗地球。

柒、參考文獻

一、 Youtube （2014 年 09 月 13 日）。生活裡的科學 20140913 一裝就來電的電池。 https://reurl.cc/gagQrX

二、 維基百科 （2021 年 09 月 29 日）。水果電池。 https：//reurl.cc/8jxbn4

三、 Youtube （2020 年 12 月 31 日）。DIY 沒那麼難，三用電表簡易使用。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日檢索自網路：https：//reurl.cc/94YLvX

四、 科學 Online（2013 年 9 月 19 日）。三用電表。檢索日期為 2023 年 7 月 21 日。檢索自網路： https：//reurl.cc/N0mLQ5

五、 百科知識中文網（ND）。銅鋅原電池。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日。檢索自網路：https：//reurl.cc/zY4gW6

六、 pengo（2018 年 12 月 24 日）。產品包裝上的伏特（V）、安培（A）、瓦特（W）是什麼意思？。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日。檢索自網路：https：//reurl.cc/nD46g8

七、 凱士士 KSS（ND）。鱷魚夾。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日。檢索自網路：https：//reurl.cc/MyzE3X

八、 杜昀翰、郭昱辰、邱國洲（2019 年）。探討「植物染料敏化光電池」發電效能及改良式光電池適用性之分析。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日。檢索自網路：https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-032906.pdf

九、 洪千卉、許子謙、盧瑋澤、陳語柔（2016 年）。探討豐功偉『葉』~做一顆最佳『綠能』可充式行動電池之研究。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日。檢索自網路：https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080217.pdf

十、 吳佳臻、范宇芮、連名妤、管雅涵、游雅涵、張承涵（2013 年）。雜草也能做電池？。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日。檢索自網路：https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/080212.pdf

十一、 謝姍蓉、洪儀靜、洪素美（2005 年）。不同光源對種子萌發與幼苗生長之影響。檢索日期為 2023 年 7 月 20 日。檢索自網路：https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/senior/0407/040708.pdf

十二、 科展群傑廳(2013 年)。遍地雜草變黃金。中華民國第 53 屆中小學科學展覽會作品說明書。檢索日期為 2023 年 8 月 31 日。檢索自網路：https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/53/pdf/091105.pdf