

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

組別：國小組

科別：化學科

作品名稱：水果電壓大作戰

作者： 小四 王祐鈞 小四 陳宣宇 小四 劉杰泓 小四 劉曜愷	指導老師： 張鈞傑 曾佩綺
---	---------------------

關鍵詞：水果電池、電池電極、電池電壓

摘要

本研究以五種不同水果做為電解質溶液，有別於文獻中使用金屬片作為電極，改採生活中隨手可得的鋁箔、不同金屬釘、鉛筆筆芯等材料，自行設計成可以發電的水果電池，並進行一系列操縱變因的研究，發現電極以鋼釘及鉛筆筆芯，搭配綠皮檸檬，產生的電壓最高；再將其進行串聯後，發現僅需兩顆組合即可使紅色 LED 燈持續發亮 45 分鐘，三顆亦可使白色 LED 燈明亮 4 分鐘。

在實驗過程中，發現水果電池的電壓可能受到兩電極的活性差異、水果本身種類與汁液多寡及濃度等因素影響。水果電池較一般電池，隱藏著許多不穩定性，目前研究僅能做為應急電力使用，但利用簡易生活材料製作電池，瞭解生活就是科學運用，動腦思考不同物品的用途，使我們更加珍惜現有資源。

壹、研究動機

當發生停電情形，也沒有備用電池時，該怎麼供給物品所需的電力？在四年級上學期的自然科學「好玩的電路」單元，曾經學習過電路連接、金屬多為良導體、串並聯等知識，讓我們連想到綠能環保的水果電池。但是家裡都沒有各種金屬片，是否有材料是家中隨手可得的？因此嘗試利用不同金屬製成的釘子、鉛筆筆芯和鋁箔等作為電極，經由檢測不同的排列組合，試圖找尋出一種最穩定的供電方式。

貳、研究目的

- 一、探索不同水果與不同電極組合對電池電壓產生的影響。
- 二、確定能產生最高電壓的水果與電極組合。
- 三、測試需串聯幾個最高電壓的組合可使 LED 燈發亮。
- 四、探討 LED 燈成功發亮的影響因素。
- 五、評估水果電池的可行性及應用潛力。

參、研究設備及器材

一、水果：

- (一) 綠皮檸檬、(二) 柳丁、(三) 蕃茄、(四) 奇異果、(五) 棗子

二、電極：

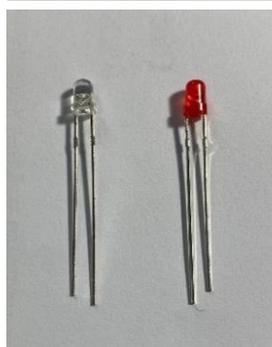
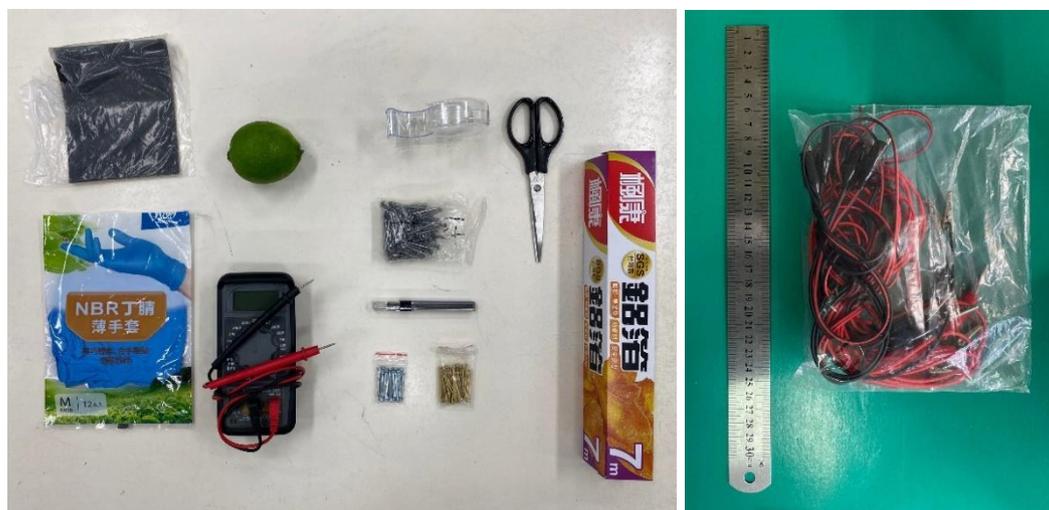
- (一) 鋁箔捲成棒狀 (長 3cm × 直徑 0.2cm)
(二) 銅釘 (長 3cm × 直徑 0.2cm)
(三) 鋼釘 (長 3cm × 直徑 0.2cm)
(四) 鐵釘 (長 3cm × 直徑 0.2cm)
(五) 鉛筆筆芯 (長 3cm × 直徑 0.2cm)

三、測量工具：

- (一) 三用電錶、(二) 直尺、(三) LED 燈(白色與紅色)

四、其他工具：

- (一) 鱷魚線、(二) 剪刀、(三) 手套、(四) 砂紙、(五) 膠帶



←LED燈



◎器材一覽圖

←電極順序：由左至右，分別為銅釘、鐵釘、鋼釘、筆芯、鋁

肆、研究過程或方法

一、探討不同電極對水果電池的影響

- (一) 水果種類：以春天盛產的當季水果為主，並從中挑選出汁液較多者，作為本實驗之電解質溶液。共選出五種，分別為綠皮檸檬、奇異果、柳丁、番茄、棗子，且購買以上水果時，盡量保持大小及新鮮度一致。
- (二) 電極深度：電極深度統一為 1.5cm，因各電極長度皆為 3cm，所以當電極插入水果中，需露出的部分同樣為 1.5cm。
- (三) 電極距離：兩電極距離統一為 2cm。
- (四) 電極種類
 1. 電極種類的挑選，以生活中較為容易取得的導電物品為主，包含鐵釘、銅釘、鋼釘，還有從鉛筆盒中即可找到的鉛筆筆芯，以及廚房裡常準備的鋁箔。
 2. 金屬釘的尺寸皆為長度 3cm × 直徑 0.2cm；鉛筆筆芯選擇 0.2cm 直徑，長度部分再自行修剪為 3cm；鋁箔紙則是先利用直尺、筆和剪刀，裁剪出 3cm × 8cm 的長方形，再由 3cm 的邊開始捲起，捲成一條鋁箔棒後，將其壓實，將直徑控制在 0.2cm 左右。



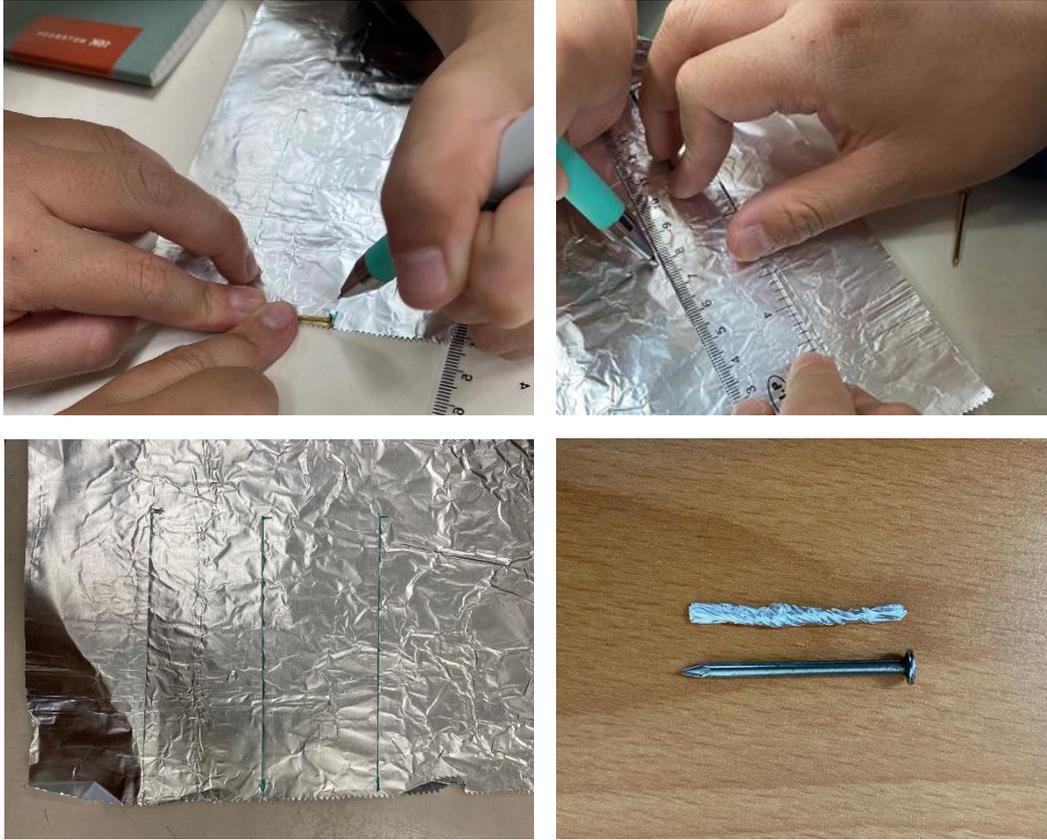
◎ 電極深度及露出部分皆為 1.5cm。



◎ 兩電極距離 2cm。



◎ 將筆芯裁剪為 3cm。



◎ 鋁箔棒製作步驟

(五) 電極組合

1. 電極組合共有九種，分別為鋁箔棒與鐵釘、鋁箔棒與筆芯、鋁箔棒與鋼釘、鋁箔棒與銅釘、筆芯與鐵釘、筆芯與鋼釘、筆芯與銅釘、銅釘與鐵釘、銅釘與鋼釘。
2. 因鋼釘為鐵合金，故不再與鐵釘組合。
3. 每種水果各經由九次不同的電極組合，來測量其電壓數據。

(六) 實驗步驟

1. 從電極組合中，先選擇一組電極插入水果。
2. 利用直尺測量電極露出的部分，應為 1.5cm。
3. 從已插好的電極最右方做為基準 0，量出 2cm 的距離，再插入另一種電極，並檢查其露出水果的部分長度是否為 1.5cm。
4. 使用三用電表測量水果電池之電壓。

5. 觀察水果電池之電壓數據，一種電極組合需重複操作以上步驟三次，並將數據記錄，取其平均值。每一次重複操作均須利用膠帶將水果上已拔出電極的凹洞進行貼補，以免汁液滲出。



◎ 使用膠帶貼補破洞，以防汁液流出。

二、探討串聯最高電池電壓的組合對 LED 燈成功發亮的影響

- (一) 先依照以上步驟準備好多組最高電壓的組合，但調整之處在於電極露出的部分由 1.5cm 修正為 1.0cm，兩電極之距離由 2cm 修正為 1cm。
- (二) 利用銅線或鱷魚夾將一個最高電壓組合的負極連接另一個的正極，反之亦然。
- (三) 將沒有連接到其他組合的正負電極各一，連接至三用電表，先記錄其電壓是否超過 LED 燈所需電壓。
- (四) 如電壓已超出 LED 燈所需，則將正負電極與 LED 燈連接，觀察 LED 燈是否會發亮，且電力供給是否穩定。

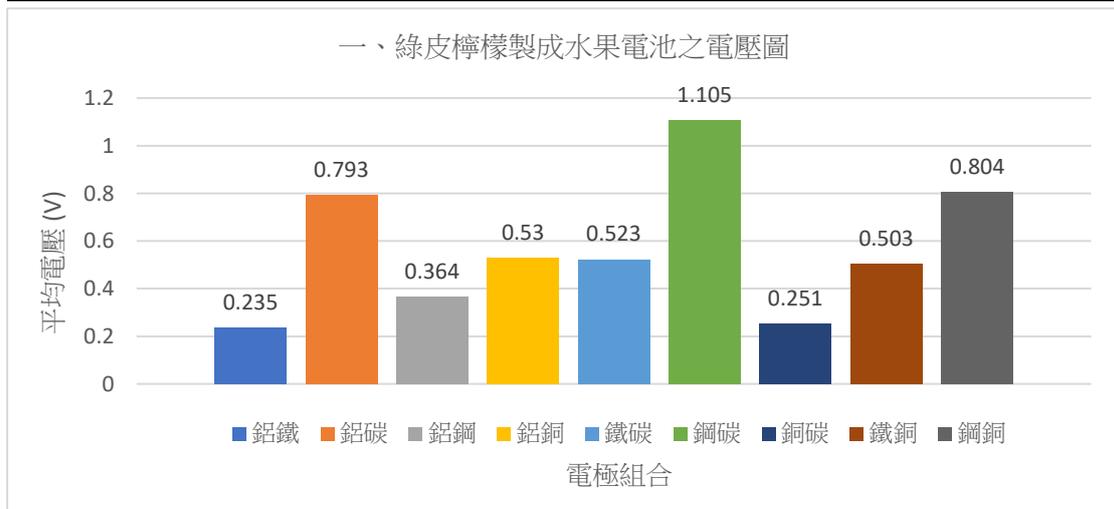
伍、研究結果與討論

一、探討不同電極對水果電池的影響

由於鉛筆筆芯的主要成分是石墨和黏土，利用石墨的導電性，也就是碳棒作為電極，因此以下以碳棒表示鉛筆筆芯。但不同於真實碳棒，鉛筆筆芯仍存有內容物的其他不確定成分，可能影響電壓。

(一) 綠皮檸檬之電壓(伏特 V)

電極組合	第一次	第二次	第三次	平均值
鋁箔、鐵釘	0.238 V	0.232 V	0.235 V	0.235 V
鋁箔、碳棒	0.772 V	0.820 V	0.788 V	0.793 V
鋁箔、鋼釘	0.390 V	0.361 V	0.340 V	0.364 V
鋁箔、銅釘	0.522 V	0.530 V	0.537 V	0.530 V
鐵釘、碳棒	0.527 V	0.520 V	0.523 V	0.523 V
鋼釘、碳棒	1.154 V	1.064 V	1.098 V	1.105 V
銅釘、碳棒	0.242 V	0.244 V	0.268 V	0.251 V
鐵釘、銅釘	0.513 V	0.507 V	0.489 V	0.503 V
鋼釘、銅釘	0.815 V	0.814 V	0.784 V	0.804 V



綠皮檸檬製成的水果電池中，鋁碳組合的電壓為第三高(0.793V)，而以鋼碳為電極組合的電壓最高(1.105V)，鋼銅組合次之(0.804V)。

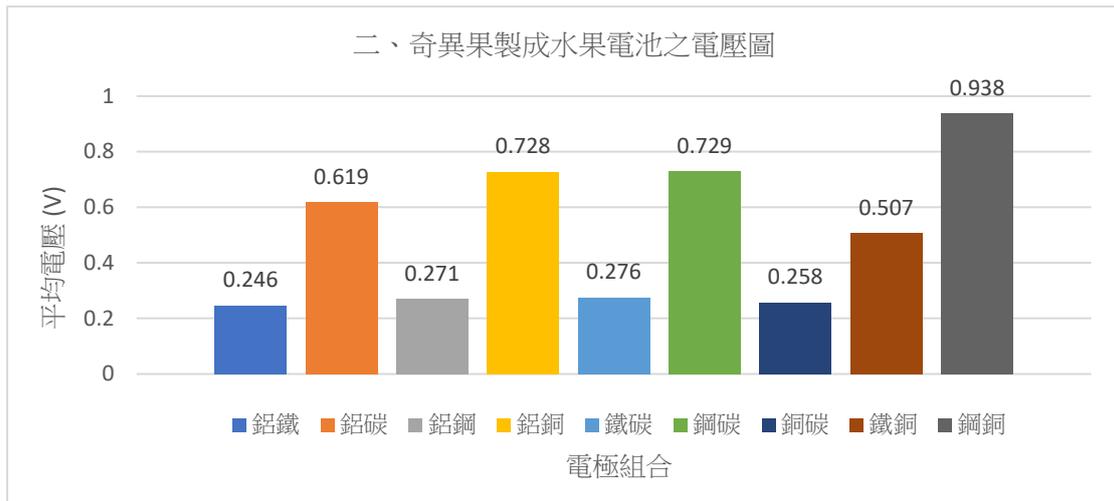
在鋁碳組合中，由於碳是非金屬，所以鋁和碳的活性差異大於鋁和其他金屬電極，因此將鋁和碳連結，能增加鋁放出電子的趨勢，因而增大電壓。不過，鋼碳組合的電壓又較鋁碳組合高一些，可推論鋼的合金內容物有比鋁更適宜做為電池負極放出電子的材料。由於鋼是金屬的混合物，不同金屬粒子混合在一起，改變了原有粒子整齊有序的排列方式，可能因此影響到金屬既有的活性。

本實驗電壓數據均是以瞬間最大電壓做記錄，但實驗過程發現凡是含有鋼的電極組合，常常電壓接近 1 伏特時，又會突然下降至接近 0 伏特，數據變化範圍極大，因此推測可能原因是鋼為金屬合金，無法確定放出電子的是合金中的哪種金屬，而該金屬在合金整體的分布不均，所以導致電壓不穩定。

以綠皮檸檬汁液為電解質，比較四種負極電極材料與碳的電極組合，發現電池電壓：鋼碳(1.105V) > 鋁碳(0.793V) > 鐵碳(0.523V) > 銅碳(0.251V)，可以推論提升水果電池電壓的負極材料適切性：鋼 > 鋁 > 鐵 > 銅。

(二) 奇異果之電壓(伏特 V)

電極組合	第一次	第二次	第三次	平均值
鋁箔、鐵釘	0.289 V	0.252 V	0.198 V	0.246 V
鋁箔、碳棒	0.629 V	0.580 V	0.647 V	0.619 V
鋁箔、鋼釘	0.257 V	0.281 V	0.276 V	0.271 V
鋁箔、銅釘	0.778 V	0.701 V	0.705 V	0.728 V
鐵釘、碳棒	0.248 V	0.260 V	0.321 V	0.276 V
鋼釘、碳棒	0.759 V	0.654 V	0.775 V	0.729 V
銅釘、碳棒	0.220 V	0.266 V	0.289 V	0.258 V
鐵釘、銅釘	0.503 V	0.520 V	0.498 V	0.507 V
鋼釘、銅釘	0.833 V	0.984 V	0.998 V	0.938 V



奇異果製成的水果電池中，以鋼銅為電極組合的電壓最高(0.938V)，鋼碳組合次之(0.729V)，鋁銅組合的電壓則為第三高(0.728V)。

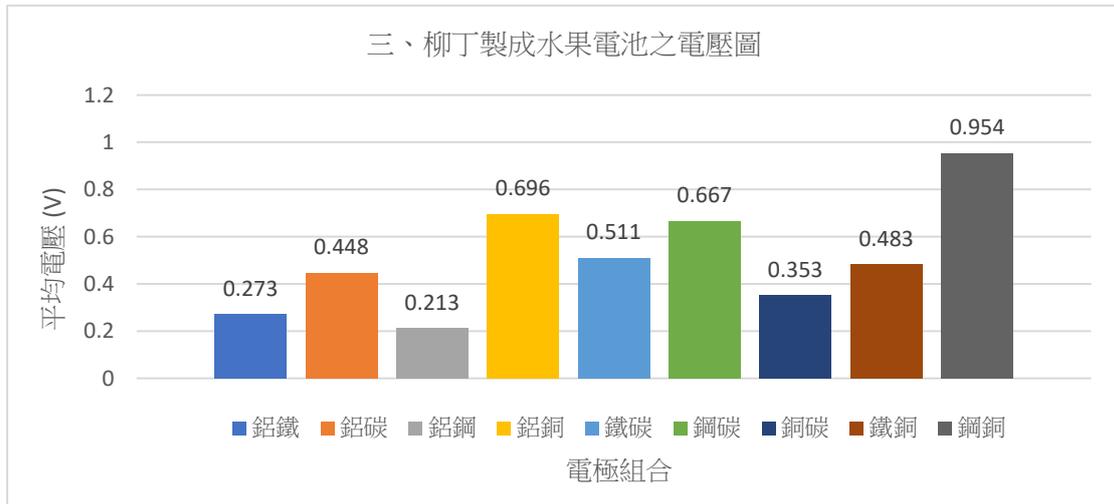
含有鋼的電極組合，電壓雖高但較不穩定；而鋁銅組合，本研究推測是因為金屬活性的大小順序為鋁>鐵>銅，由於鋁銅之間的活性差異較大，增強鋁放出電子的趨勢，而提高該組合的電壓。鋁碳組合的電壓在所有組合中也是較高，但同種不同顆水果中所含汁液多寡或濃度，也可能對電壓數據造成影響。

以奇異果汁液為電解質，比較四種負極電極材料與碳的電極組合，發現電池電壓：鋼碳(0.729V)>鋁碳(0.619V)>鐵碳(0.276V)>銅碳(0.258V)，可以推論提升水果電池電壓的負極材料適切性：鋼>鋁>鐵>銅，與綠皮檸檬結果具有相同排序。

(三) 柳丁之電壓(伏特 V)

電極組合	第一次	第二次	第三次	平均值
鋁箔、鐵釘	0.291 V	0.286 V	0.242 V	0.273 V
鋁箔、碳棒	0.502 V	0.404 V	0.438 V	0.448 V
鋁箔、鋼釘	0.187 V	0.193 V	0.258 V	0.213 V
鋁箔、銅釘	0.719 V	0.699 V	0.670 V	0.696 V
鐵釘、碳棒	0.517 V	0.512 V	0.505 V	0.511 V

鋼釘、碳棒	0.667 V	0.672 V	0.663 V	0.667 V
銅釘、碳棒	0.394 V	0.365 V	0.301 V	0.353 V
鐵釘、銅釘	0.524 V	0.483 V	0.441 V	0.483 V
鋼釘、銅釘	0.970 V	0.960 V	0.933 V	0.954 V



柳丁製成的水果電池中，以鋼銅為電極組合的電壓最高(0.954V)，鋁銅組合次之(0.696V)，鋼碳組合的電壓則為第三高(0.667V)。

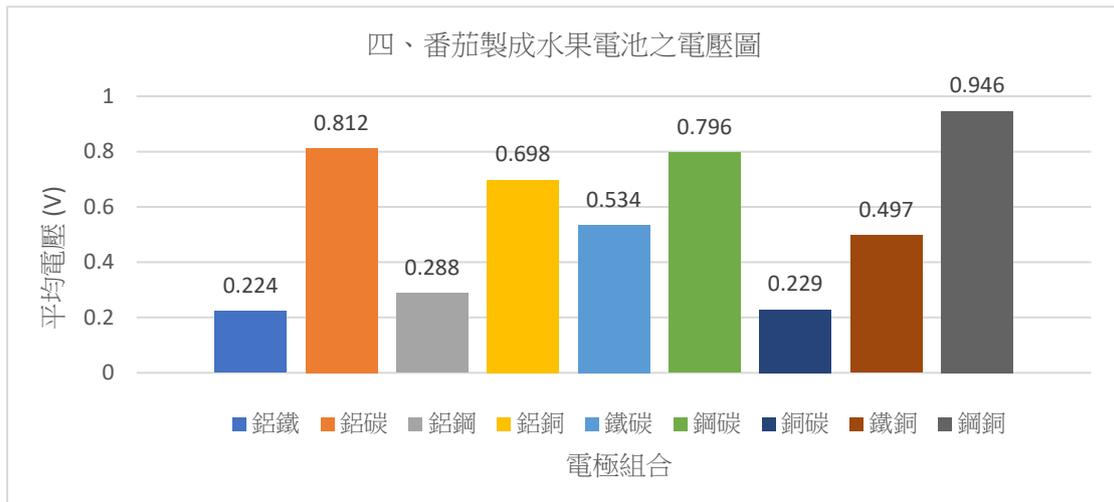
在柳丁的實驗結果中，電壓前三高的電極組合與奇異果所呈現的相似。

以柳丁汁液為電解質，比較四種負極電極材料與碳的電極組合，發現電池電壓：鋼碳(0.667V) > 鐵碳(0.511V) > 鋁碳(0.448V) > 銅碳(0.353V)，可以推論提升水果電池電壓的負極材料適切性：鋼 > 鐵 > 鋁 > 銅。與綠皮檸檬和奇異果稍有不同排序的是鋁與鐵的位置互換。

(四) 番茄之電壓(伏特 V)

電極組合	第一次	第二次	第三次	平均值
鋁箔、鐵釘	0.232 V	0.251 V	0.189 V	0.224 V
鋁箔、碳棒	0.782 V	0.831 V	0.822 V	0.812 V
鋁箔、鋼釘	0.308 V	0.288 V	0.268 V	0.288 V
鋁箔、銅釘	0.718 V	0.693 V	0.682 V	0.698 V

鐵釘、碳棒	0.550 V	0.516 V	0.536 V	0.534 V
鋼釘、碳棒	0.815 V	0.808 V	0.764 V	0.796 V
銅釘、碳棒	0.247 V	0.244 V	0.196 V	0.229 V
鐵釘、銅釘	0.504 V	0.479 V	0.508 V	0.497 V
鋼釘、銅釘	0.875 V	0.973 V	0.990 V	0.946 V



番茄製成的水果電池中，以鋼銅為電極組合的電壓最高(0.946V)，鋁碳組合次之(0.812V)，鋼碳組合的電壓則為第三高(0.796V)。

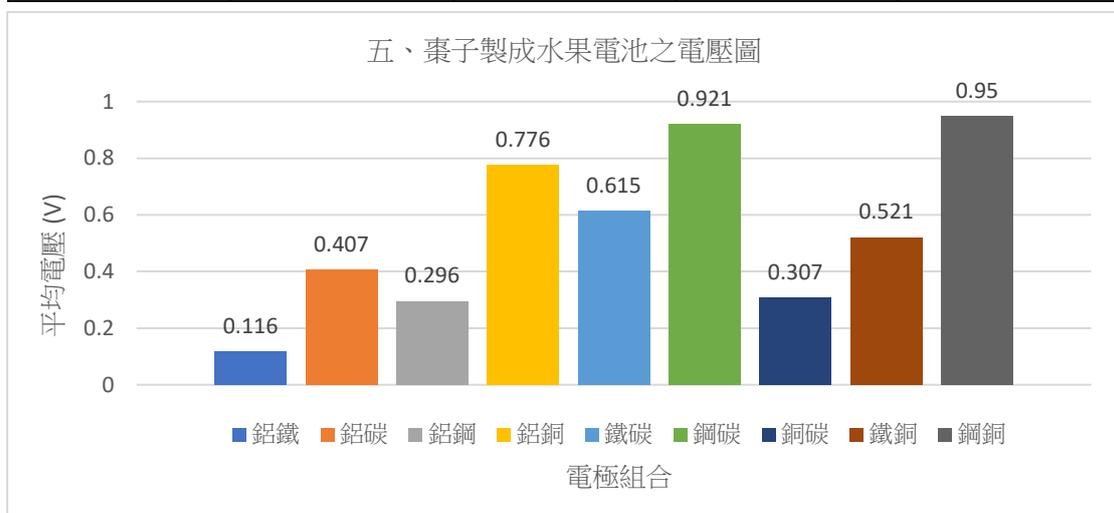
在番茄的實驗結果中，可發現電壓前三高的電極組合與檸檬的實驗結果相似，而鋁銅組合的電壓大小雖位居第四，但也是明顯高於其他電極組合。

以番茄汁液為電解質，比較四種負極電極材料與碳的電極組合，發現電池電壓：鋁碳(0.812V) > 鋼碳(0.796V) > 鐵碳(0.534V) > 銅碳(0.229V)，可以推論提升水果電池電壓的負極材料適切性：鋁 > 鋼 > 鐵 > 銅。與綠皮檸檬和奇異果稍有不同排序的是鋁與鋼的位置互換。

(五) 棗子之電壓(伏特 V)

電極組合	第一次	第二次	第三次	平均值
鋁箔、鐵釘	0.136 V	0.110 V	0.101 V	0.116 V
鋁箔、碳棒	0.410 V	0.413 V	0.398 V	0.407 V

鋁箔、鋼釘	0.307 V	0.275 V	0.307 V	0.296 V
鋁箔、銅釘	0.801 V	0.781 V	0.746 V	0.776 V
鐵釘、碳棒	0.635 V	0.609 V	0.602 V	0.615 V
鋼釘、碳棒	0.904 V	0.931 V	0.929 V	0.921 V
銅釘、碳棒	0.370 V	0.279 V	0.273 V	0.307 V
鐵釘、銅釘	0.530 V	0.511 V	0.523 V	0.521 V
鋼釘、銅釘	0.969 V	0.959 V	0.922 V	0.950 V



棗子製成的水果電池中，以鋼銅為電極組合的電壓最高(0.950V)，鋼碳組合次之(0.921V)，鋁銅組合的電壓則為第三高(0.776V)。

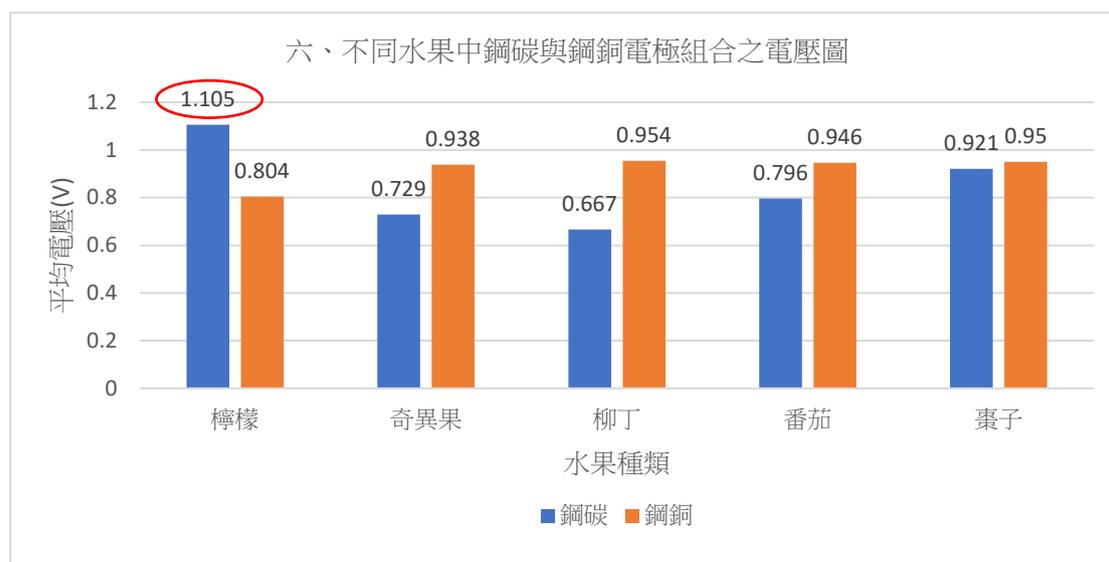
以棗子汁液為電解質，比較四種負極電極材料與碳的電極組合，發現電池電壓：鋼碳(0.921V) > 鐵碳(0.615V) > 鋁碳(0.407V) > 銅碳(0.307V)，可以推論提升水果電池電壓的負極材料適切性：鋼 > 鐵 > 鋁 > 銅。與綠皮檸檬和奇異果稍有不同排序的是鋁與鐵的位置互換。

綜合以上，由五種不同水果種類所製成的電池中，不難發現其電壓組合大部分皆是以鋁碳、鋁銅、鋼碳、鋼銅，這四種所產生的電壓較高，但水果本身種類、汁液多寡及濃度等因素也會對實驗結果造成影響。

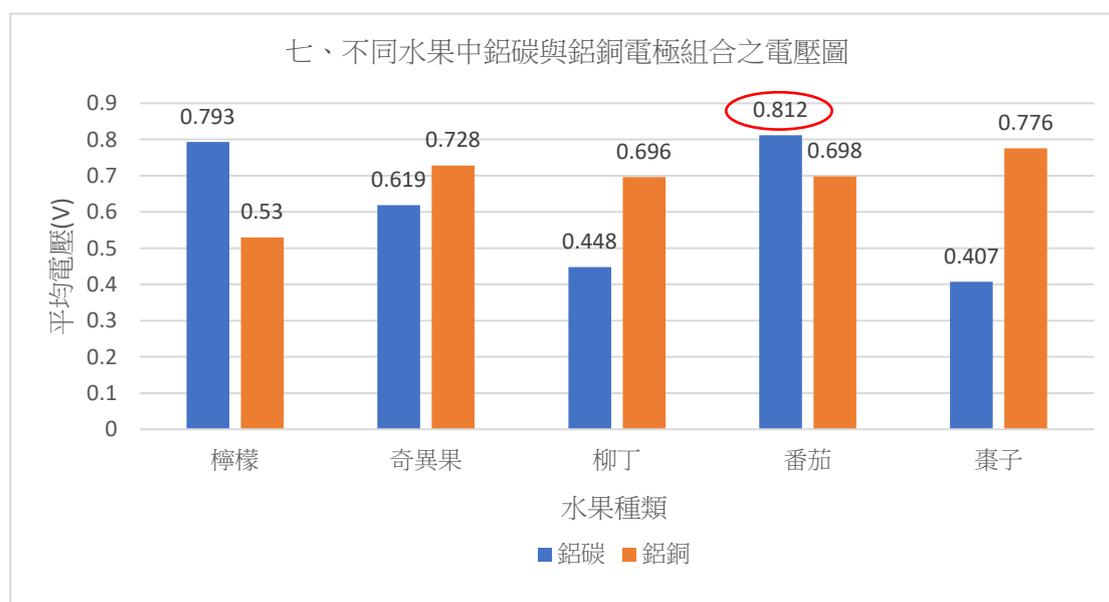
二、探討串聯最高電壓的組合對 LED 燈成功發亮的影響

(一) 最高電壓的組合

根據實驗結果，含有鋼的電極組合皆佔據不同種類水果電池所產生的最高電壓前三名。統整不同水果中鋼碳與鋼銅組合之電壓，如以下長條圖所示，產生最高電壓的水果電池組合為綠皮檸檬搭配鋼碳，且其平均電壓高達 1.105V。



但實驗過程中發現，含有鋼的電極組合所產生之電壓較不穩定，如先將鋼碳及鋼銅組合排除，以不同水果中的鋁碳與鋁銅組合做電壓高低之比較，從長條圖中可發現，電壓最高的組合為番茄搭配鋁碳，檸檬搭配鋁碳為次之，第三則是棗子搭配鋁銅，但其實三者差異並不明顯。



(二) 最高電壓組合串聯

測試樣本中，以綠皮檸檬搭配鋼碳電極的組合，所產生之電壓最高。鑒於可查詢到的參考資料顯示，鋅片與銅片作為電極搭配綠皮檸檬，三顆串聯可使紅色 LED 燈發亮。

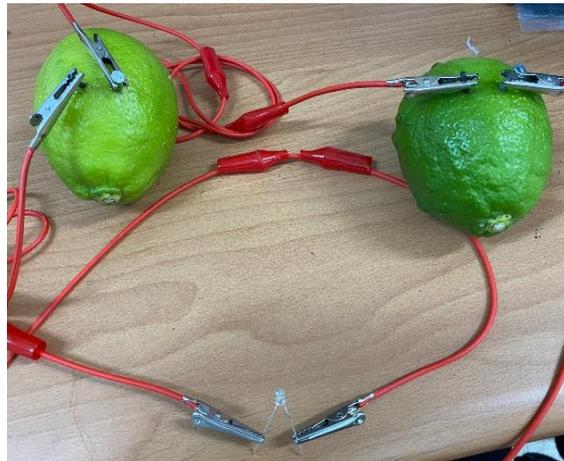
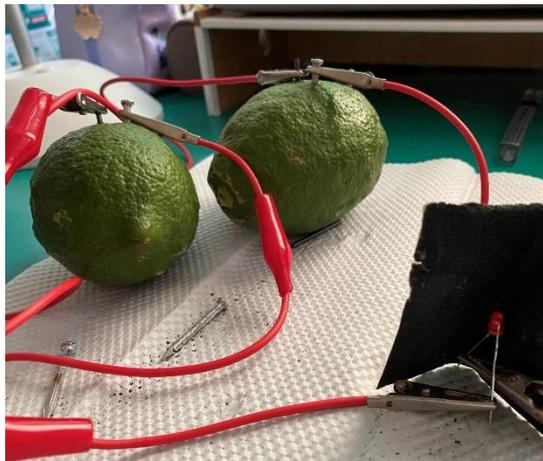
在正式實驗前，測試發現串聯到五顆綠皮檸檬搭配鋼碳電極的組合時，三用電表所顯示的電壓已達 4.96V，遠遠超過 LED 燈所需電壓，但燈泡卻沒有發亮。經討論後認為可能原因為電阻過大，須調整原有實驗操作步驟。

本研究決定將兩電極插入水果中的深度從 1.5cm 加深為 2.0cm，以增加電極與電解質溶液的接觸面積，而露出水果的部分僅剩 1cm 以便連接導線；兩電極之間的距離則由 2cm 縮減為 1cm，來減少內部產生的電阻。

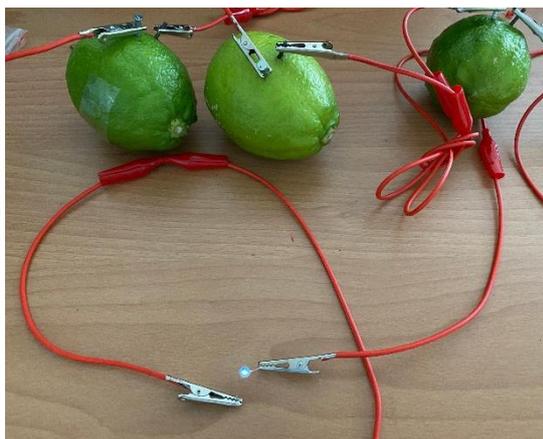
以下表格為正式實驗中，不同顆數檸檬電池所產生的電壓與市售的紅色、白色 LED 燈所需電壓之比較。

檸檬電池數量(顆)	電壓	紅色 LED 燈所需電壓	是否發亮	白色 LED 燈所需電壓	是否發亮
1	1.105 V	約 1.8 V	否	約 3.0 V	否
2	1.980 V		是		否
3	2.960 V		是		是

從表格中可得知，兩顆檸檬電池所產生之電壓已超出紅色 LED 燈所需電壓，因此有成功發亮。另外，本研究還針對發亮持續的時間進行觀察與記錄，兩顆檸檬電池即可使紅色 LED 燈持續發亮 45 分鐘。而三顆檸檬電池產生之電壓，不但足以使紅色 LED 燈發亮，也可成功使白色 LED 燈發亮，且發光程度明顯。不過，三顆檸檬電池僅可使白色 LED 燈持續發亮 4 分鐘，可能是因為白色 LED 燈所需電壓較高，造成其會消耗較多的電量。



◎ 兩顆檸檬電池之電壓為 1.98V，以銅線或鱷魚夾連接皆可使紅色 LED 燈發亮，但無法使白色 LED 燈發亮。



◎ 三顆檸檬電池之電壓為 2.96V，可使白色 LED 燈發亮。

本實驗測量單顆水果搭配鋼碳電極、鋼銅電極，三用電表所顯示的電壓數據較不穩定，但串聯兩顆檸檬以上，三用電表所顯示的電壓數據卻是穩定的，

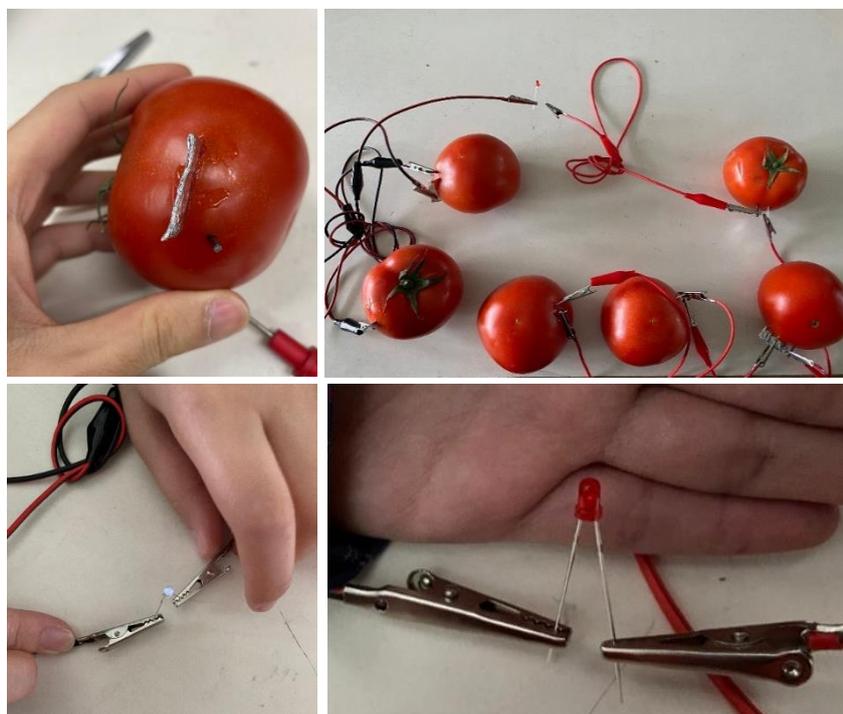
且 LED 燈發光時也從未發生時亮時滅的狀況，僅在 LED 燈持續發亮一段時間後，快要熄滅之前會有閃爍的情形。本研究推論，串聯多顆水果電池可能有助於電子流動的共同趨勢，減少來自水果內部的擾動，例如：不斷變化的電解質濃度…等。

(三) 串聯番茄搭配鋁碳的組合

本研究曾提及單顆含有鋼電極的水果電池，三用電表所顯示之電壓較不穩定，如先將其排除，從其他較穩定的組合中，可發現最高電壓的組合為番茄搭配鋁碳電極。

實驗使用番茄搭配鋁碳電極連接燈泡時，發現鋁箔表面的氧化物會造成電阻增加，且鋁箔在使用砂紙磨擦以去除表面氧化物時，因表面柔軟，無法如同金屬釘用砂紙磨擦般方便操作，因此本研究決定將鋁箔以片狀(3cm × 2.5cm)的方式置入水果中，而非原先捲成的棒狀，利用增大接觸面積以減少電阻。

番茄最終串聯至六顆，才成功使紅色 LED 燈發亮，總電壓為 3.6V，而換成所需電壓較高的白色 LED 燈也可發亮。



◎ 鋁箔以片狀增加接觸面積，六顆番茄串聯可成功使紅色及白色 LED 燈發亮。

陸、結論

一、探討不同電極對水果電池的影響

- (一) 兩電極活性差異越大，水果電池所產生的電壓有較高的趨勢。
- (二) 本研究中，綠皮檸檬搭配鋼釘、鉛筆筆芯作為電極，產生電壓最高。
- (三) 含有鋼釘作為電極的單顆水果電池，電壓較不穩定。
- (四) 鋼為合金，無法確定其組成成分何者放電，但可以推論其中有活性大的成分。
- (五) 以綠皮檸檬汁液為電解質，提升水果電池電壓的負極材料適切性：
鋼 > 鋁 > 鐵 > 銅。不同水果在四種金屬排序的最末名都是銅。
- (六) 水果本身種類與汁液多寡及濃度等因素可能對電池電壓造成影響。

二、探討串聯最高電壓的組合對 LED 燈成功發亮的影響

- (一) 串聯多顆水果電池有助於電壓趨於穩定。
- (二) 兩顆綠皮檸檬搭配鋼釘與鉛筆筆芯之組合即可使紅色 LED 燈發亮持續 45 分鐘，三顆亦可使白色 LED 燈明亮 4 分鐘。因此，本研究採取簡易生活材料所探究的水果電池即可實際運用於 LED 燈的操作，但是目前比較偏向於電力應急使用，未來可朝向生活中其他更常使用之電子產品進行測試，再動腦思考其他不同物品的用途與現有資源的再利用，嘗試改善其攜帶較不方便的問題。

柒、參考資料

- 潘建達等 (2011)。「凍」未條！水果在放電～蕃茄「果凍」鋅銅乾電池。雲林：雲林國中。
- 謝祥詮等 (2018)。「果」不其然！電來了~環保再製果汁電池之研究與應用。新北：集美國小。
- 康軒教育團隊 (2023)。自然科學四上。康軒文教事業。
- Jeannie (2013, 6月13日)。檸檬電池如何讓燈泡發亮。痞客邦。
<https://jeanniepix.pixnet.net/blog/post/116589175-檸檬電池如何讓燈泡發亮?>