

真「果」奇蹟-水果電池

摘要:

經本研究發現影響水果電池發電效能的變因有電極與電解質的深度和接觸面積、電解質種類、電解質的狀態、溫度、是否攪動電極。利用安培計測量水果電池的電流，分析得到主要結果如下：

- 一、利用成本低、容易取得的鋅-銅作為電極，發電效能佳。
- 二、水果電池的電極嵌入的深度越深和接觸面積大，發電效能增加。
- 三、將水果電池之電解質榨成汁狀，發電效能增加。
- 四、增高水果電池電解質之溫度，發電效能降低。
- 五、攪動水果電池之電極片，發電效能增加。

壹、研究動機

大家都知道吃水果有益健康，但大多數人卻不知水果其實是可以發電的，因此我們非常好奇水果電池的發電原理，而國三下翰林版第六冊第一章課本有介紹電池的部分，和國二下第三章有介紹電解質的部分，我們將兩個課程內容結合，來探討電解質和電池間導電原理和關係，並藉由之前參加科展所做之經驗與教授們給予的建議做修正，並自己動手做來找尋真正的答案，且想利用水果做出較環保的電池，來減少環境汙染。

貳、研究目的

- 一、探討水果電池的發電原理。
- 二、探討影響水果電池發電效能的因素。
- 三、探討水果電池電流與電極之間的關係。
- 四、探討水果電池電流與電解質溫度間的關係。

參、研究設備及器材、

一、水果

1.檸檬.....	4 顆
2.蘋果.....	2 顆
3.柳丁.....	2 顆
4.橘子.....	2 顆
5.奇異果.....	2 顆

二、壓汁機.....1 台

三、電極片

1.鋅片(3cm ×5cm).....	2 片
2.銅片(3cm ×5cm)	2 片

四、鱷魚夾電線.....3 條

五、酒精溫度計.....2 支

六、量筒 50mL.....2 個

七、燒杯 50 ml、200ml.....2 個

八、塑膠杯 200ml.....2 個

九、酒精燈.....2 個

十、陶瓷纖維網.....2 個

十一、安培計.....1 個

十二、毫安培計.....1 個

十三、三用電表.....1 個

十四、三腳架.....2 個

十五、美工刀.....	1 把
十六、塑膠尺 15cm.....	1 個
十七、相機.....	1 台

肆、研究過程及方法

一、探討水果電池的發電原理

- (一) 利用課餘時間到圖書館及書局，找尋有關水果電池和植物電池發電的原理說明，並上網去搜尋水果電池的相關資料，特別是歷屆科展中有關水果電池的相關作品。
- (二) 分析水果電池發電原理的必要條件。
- (三) 歸納出水果電池的優點和缺點。

二、探討影響水果電池發電效能之因素

- (一) 測量並分析水果電池中電極深度和水果電解質接觸面積與電壓之關係。
 1. 電極片以活性大的鋅片 Zn 當作負極和活性小的銅片 Cu 當作正極，作為實驗控制變因。
 2. 將電極片嵌入水果 2 顆檸檬中，以鱷魚夾電線一端接正極銅片 Cu，再以鱷魚夾電線一端接負極鋅片 Zn，負極鋅片 Zn 與正極銅片 Cu 再以第三條鱷魚夾電線連接，正負電極再以鱷魚夾電線與安培計或三用電表連接，作為第一組實驗組。
 3. 將電極片嵌入深度 1cm、2cm、3cm 為操作變因，都測量三次求其平均值，以減少實驗的誤差。插入電極後 30 秒鐘後讀取電流的讀數，每一次測量後均需擦乾電極片後，再進行測量下一次的測量;並觀察電極片深度與電流之間的關係。
 4. 將水果檸檬－檸檬換成檸檬－柳丁、檸檬－橘子、檸檬－蘋果和檸檬－奇異果，重覆以上實驗步驟。
- (二) 測量並分析水果電池中電解質溫度與電壓之間的關係。
 1. 用量筒將水果檸檬榨取出 40 mL 的量，並將其分裝置 2 個燒杯中，電極片以活性

- 大的鋅片 Zn 當作負極和活性小的銅片 Cu 當作正極;再以鱷魚夾電線一端接負極鋅片 Zn，以鱷魚夾電線一端接正極銅片 Cu，負極鋅片 Zn 與正極銅片 Cu 再以第三條鱷魚夾電線連接，正負電極再以鱷魚夾電線與安培計或三用電表連接，作為第一組實驗組。
2. 用量筒將水果檸檬榨取出 20 mL 的量和水果柳丁榨取出 20 mL，並將其分裝置 2 個燒杯中，電極片以活性大的鋅片 Zn 當作負極和活性小的銅片 Cu 當作正極;再以鱷魚夾電線一端接負極鋅片 Zn，以鱷魚夾電線一端接正極銅片 Cu，負極鋅片 Zn 與正極銅片 Cu 再以第三條鱷魚夾電線連接，正負電極再以鱷魚夾安培計或三用電表連接，作為第二組實驗組。
 3. 用量筒將水果檸檬榨取出 20 mL 的量和水果橘子榨取出 20 mL，並將其分裝置 2 個燒杯中，電極片以活性大的鋅片 Zn 當作負極和活性小的銅片 Cu 當作正極;再以鱷魚夾電線一端接負極鋅片 Zn，以鱷魚夾電線一端接正極銅片 Cu，負極鋅片 Zn 與正極銅片 Cu 再以第三條鱷魚夾電線連接，正負電極再以鱷魚夾電線與安培計或三用電表連接，作為第三組實驗組。
 4. 用量筒將水果檸檬榨取出 20 mL 的量和水果蘋果榨取出 20 mL，並將其分裝置 2 個燒杯中，電極片以活性大的鋅片 Zn 當作負極和活性小的銅片 Cu 當作正極;再以鱷魚夾電線一端接負極鋅片 Zn，以鱷魚夾電線一端接正極銅片 Cu，負極鋅片 Zn 與正極銅片 Cu 再以第三條鱷魚夾電線連接，正負電極再以鱷魚夾電線與安培計或三用電表連接，作為第四組實驗組。
 5. 用量筒將水果檸檬榨取出 20 mL 的量和水果奇異果榨取出 20 mL，並將其分裝置 2 個燒杯中，電極片以活性大的鋅片 Zn 當作負極和活性小的銅片 Cu 當作正極;再以鱷魚夾電線一端接負極鋅片 Zn，以鱷魚夾電線一端接正極銅片 Cu，負極鋅片 Zn 與正極銅片 Cu 再以第三條鱷魚夾電線連接，正負電極再以鱷魚夾電線與安

培計或三用電表連接，作為第五組實驗組。

6. 五組實驗組電極片皆是正極銅片 Cu 負極鋅片 Zn 作為實驗之控制變因。
7. 將溫度調控為 25°C(實驗組)和 50°C(對照組) ，並觀察其反應的情形。
8. 重複步驟 (一)~ (五) 都測量三次求取平均值，以減少實驗的誤差。插入電極後 30 秒鐘後讀取電流的讀數，每一次測量後均需擦乾電極片後，再進行測量下一次的測量。

(三) 測量並分析水果電池中攪動電極片與電流之間的關係。

(四) 歸納出影響水果電池電流大小之因素。

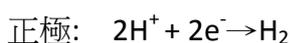
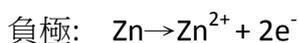
伍、研究結果

一、水果電池

(一) 水果電池的發電原理

利用水果汁液中的電解質作為電池的鹽橋，由於水果汁液中有許多電解質有鈉、鉀、鈣、鎂、鐵、檸檬酸（ $C_6H_8O_7 \cdot H_2$ ）等，因此可以充當電解液使用。酸性強的果菜中其酸性主要來自於果酸及維生素 C (抗壞血酸，分子式為 $C_6H_8O_6$)，因其解離產生氫離子(H^+)與鋅(Zn)金屬反應發生置換作用，其方程式為： $Zn + 2H^+ \rightarrow H_2 + Zn^{2+}$ ，故此水果電池屬「置換電池」類。

此種果菜電池其正負極反應式如下：



鋅片上的鋅(Zn)原子進行氧化反應後，於溶液中放出兩個電子而成為鋅離子(Zn^{2+})，外電路中而這些電子由負極鋅片經由導線到達正極銅片，溶液中的 2 個氫離子(H^+)因獲得 2 個電子而產生氫氣(H_2)。鋅片因氧化而質量減輕而銅片則否。

水果電池發電的主要原理是因為水果中含有鈉、鉀、鈣、鎂、鐵、檸檬酸($C_6H_8O_7 \cdot H_2$)等電解質，如果以活性大小不同的兩種金屬，如鋅和銅插入水果中，活性較大的鋅此時當成負極，會釋放出電子，再經由外電路流到活性較小的銅（此時當成正極），因而形成迴路發電。

(二) 水果電池的缺點

水果電池的正、負電極，需由活性大小不同的兩種金屬組成，活性大的金屬當成負極、活性小的金屬當成正極，理論上活性差距越大，所得到的電壓與電流會越大。曾經有研究以金屬鎂和銅的電極組合，並配合加了食鹽水的果汁，製作出 1.5V 和 220mA 的水果電池（謝仁烽等，2008）。但由於金屬鎂購買成本高，僅適用於實驗階段，普遍應用性不高。大多數有關水果電池的研究顯示，單一個水果電池所產生的電壓和電流並不大，小到不足以點亮 LED 燈（趙家平等，2007），就算將水果電池串聯增加電壓之後，能夠使用的電子產品大多只是 LED 燈或是小型數位式時鐘而已（林廉捷等，2004；余宛綦，2008）。在許多研究中也發現，水果電池電流過小且無法維持長時間發電的原因之一，是因為正極所產生的氣體（氫氣），使得電解質的電阻增加了。根據歐姆定律 V （電壓）= I （電流） $\times R$ （電阻），在電壓不變的情況之下，電阻變大而使電流下降了（林廉捷等，2004；余宛綦，2008）。綜合上述有關於水果電池的研究，發現水果電池有以下的缺點：

1. 活性差距較大的兩種電極在日常生活中取得不易，如發電效果最好的電極組合鎂和銅兩種金屬的成本就很高。
2. 水果電池所產生的電壓、電流過低，只能夠供應小 LED 燈等低功率的電子產品。
3. 利用簡單串聯或並聯的接線方式，難以同時增加水果電池的電壓和電流。
4. 水果電池所產生的電壓、電流無法長時間維持穩定。

二、影響水果電池的發電效能的因素

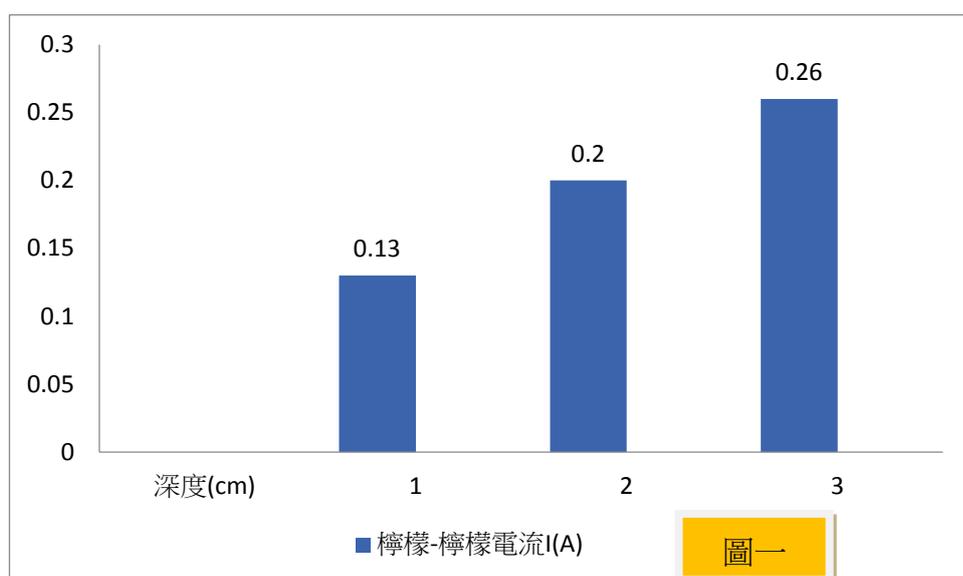
根據文獻資料顯示，影響水果電池電壓和電流的大小，與水果的種類、金屬電極的種類、電極間的距離、電極與電解質的接觸面積、電解質的溫度、電解質的濃度等因素有關係（林廉捷等，2004；趙家平等，2007；余宛綦，2008；林唐煜等，2009）。由於歷屆科展對於水果的種類已有許多研究，因此在本研究中，我們決定選擇檸檬、柳丁、橘子、蘋果和奇異果當作電解質，並比較其發電效果，並且針對我們想要研影響水果電池電流之因素，選擇的控制變因有：電極的種類、電極間的距離，操縱變因有：電極與電解質的深度和接觸面積、電解質的溫度、是否攪動電極等因素。

(一) 電極與電解質的深度和接觸面積與電流之關係。

在不花費高成本的前提下，我們選擇日常生活中較容易取得的鋅、銅金屬當作水果電池的電極組合，並以檸檬、柳丁、橘子、蘋果和奇異果當作電解質作為水果電池的電解質，固定電極的間隔距離為 1cm，插入的深度為 1、2、3 cm，測量出其電流如下：

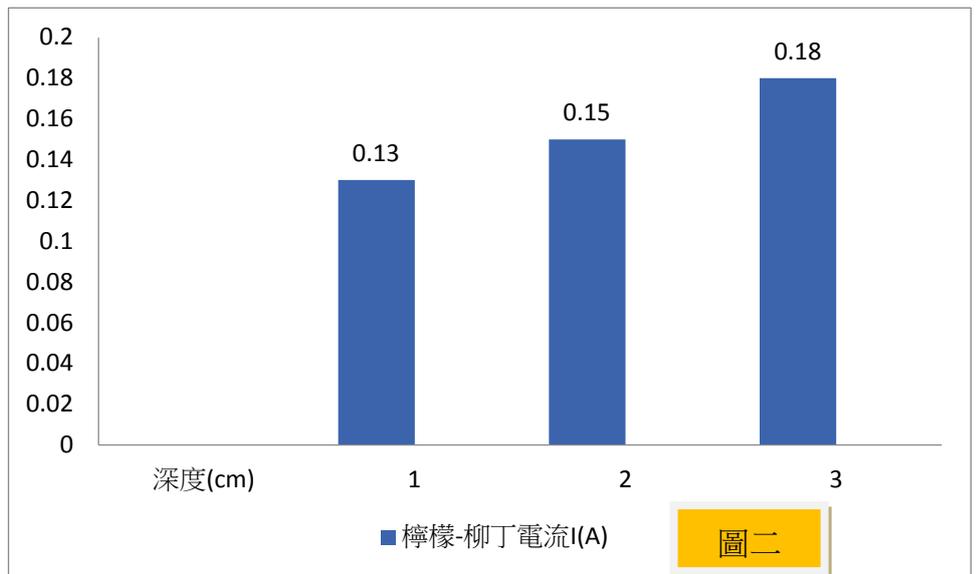
電解質 檸檬－檸檬	
電極深度	電流(I)
1 cm	0.13A
2 cm	0.20A
3 cm	0.26A

表一



電解質 檸檬-柳丁	
電極深度	電流(I)
1 cm	0.13A
2 cm	0.15A
3 cm	0.18A

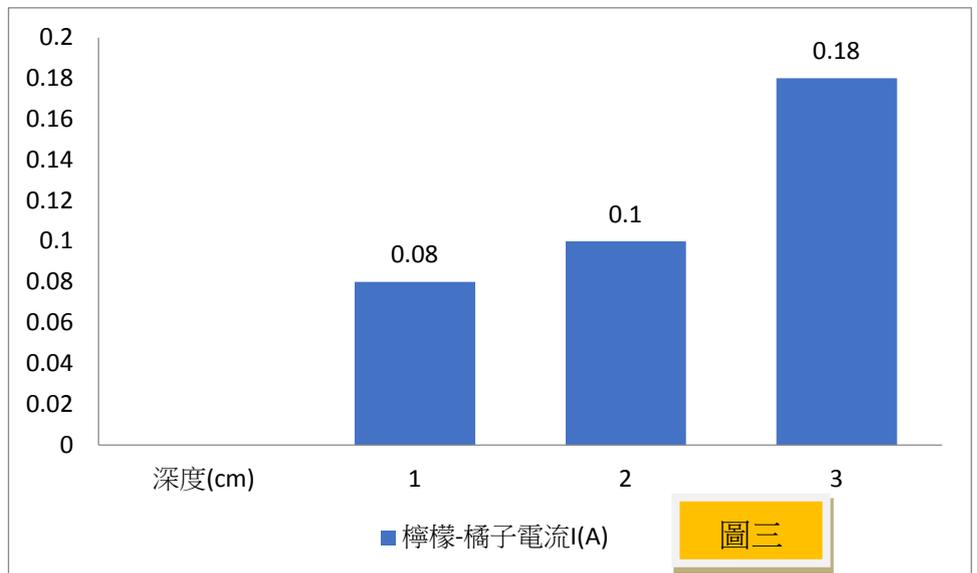
表二



圖二

電解質 檸檬-橘子	
電極深度	電流(I)
1 cm	0.08A
2 cm	0.10A
3 cm	0.18A

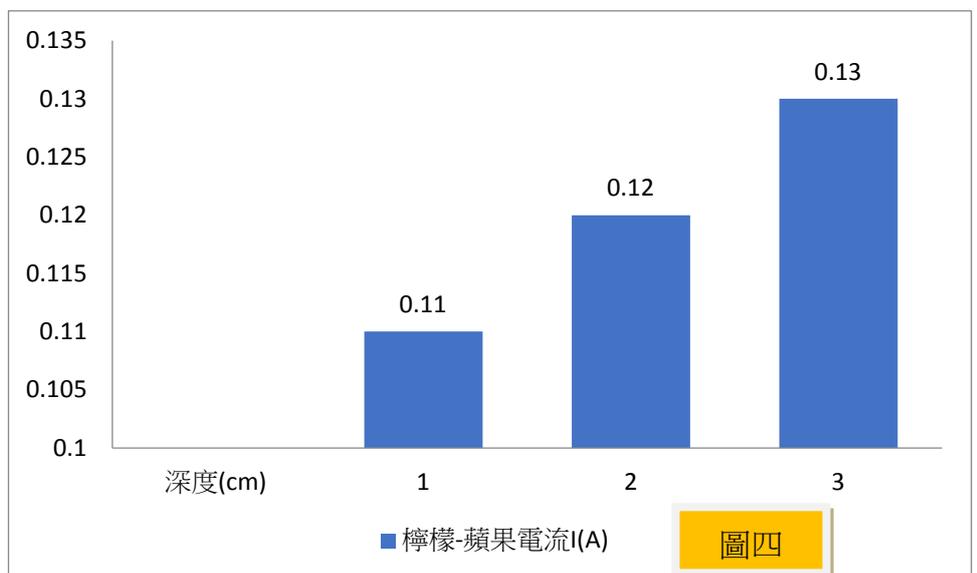
表三



圖三

電解質 檸檬-蘋果	
電極深度	電流(I)
1 cm	0.11A
2 cm	0.12A
3 cm	0.13A

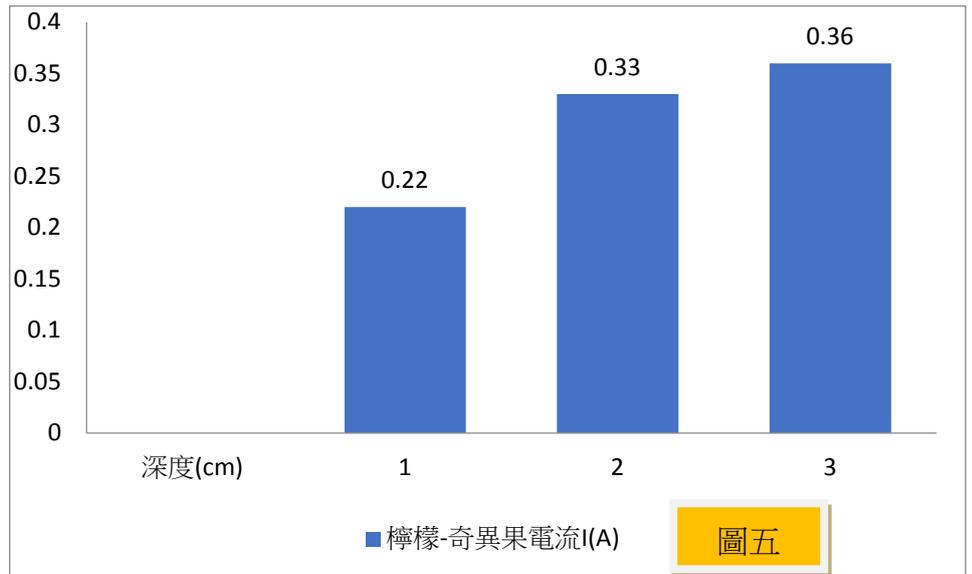
表四



圖四

電解質 檸檬-奇異果	
電極深度	電流(I)
1 cm	0.22A
2 cm	0.33A
3 cm	0.36A

表五



圖五

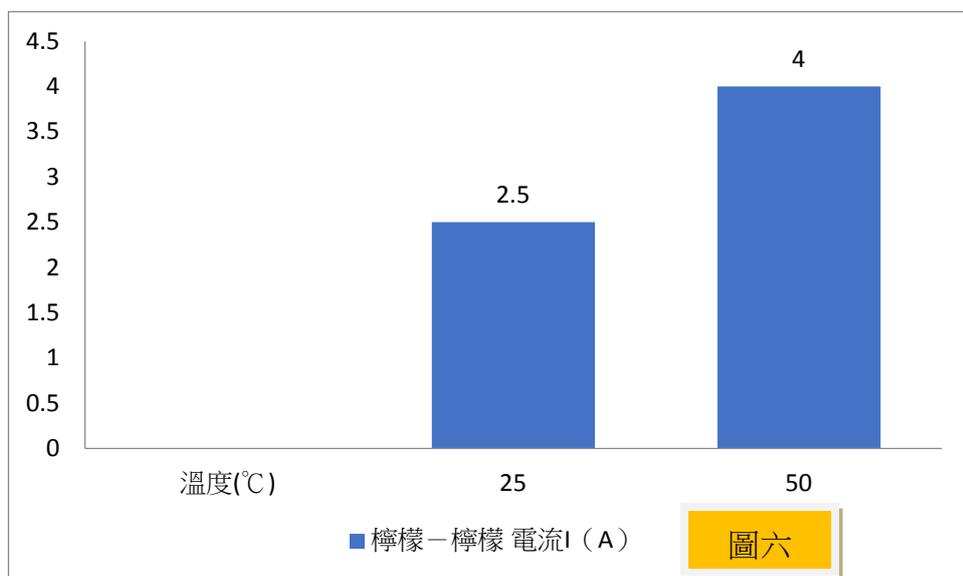


(二) 測量並分析水果電池中電解質溫度與電流之間的關係。

在不花費高成本的前提下，我們選擇日常生活中較容易取得的鋅、銅金屬當作水果電池的電極組合，並以檸檬、柳丁、橘子、蘋果和奇異果榨成汁且未稀釋情況下，各取 20ml 作為水果電池的電解質，將電解質溫度設定在 25℃(實驗組)和 50℃(對照組)，測量出其電流如下：

電解質 檸檬－檸檬	
溫度(°C)	電流 I(A)
25	2.5
50	4

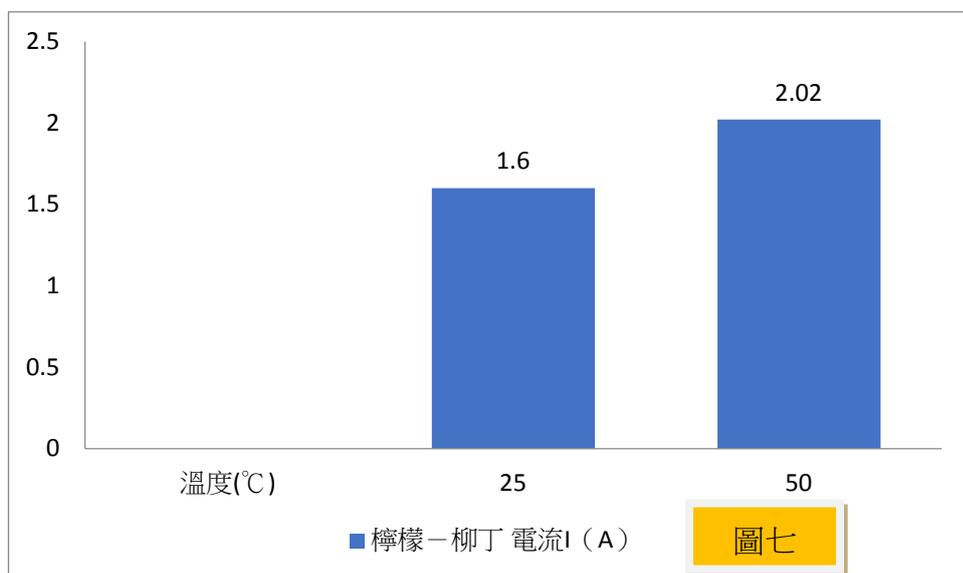
表六



圖六

電解質 檸檬－柳丁	
溫度(°C)	電流 I(A)
25	1.6
50	2.02

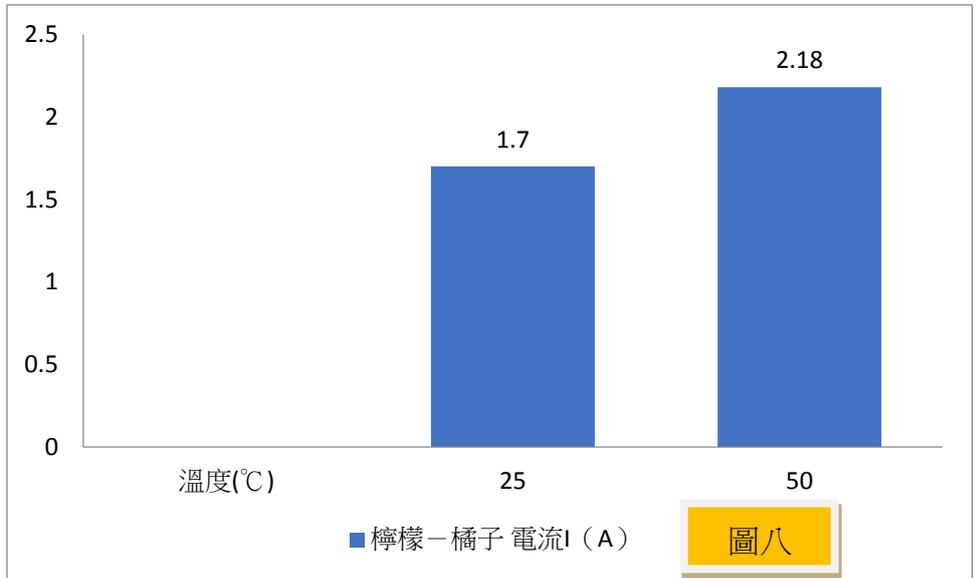
表七



圖七

電解質 檸檬—橘子	
溫度(°C)	電流 I(A)
25	1.7
50	2.18

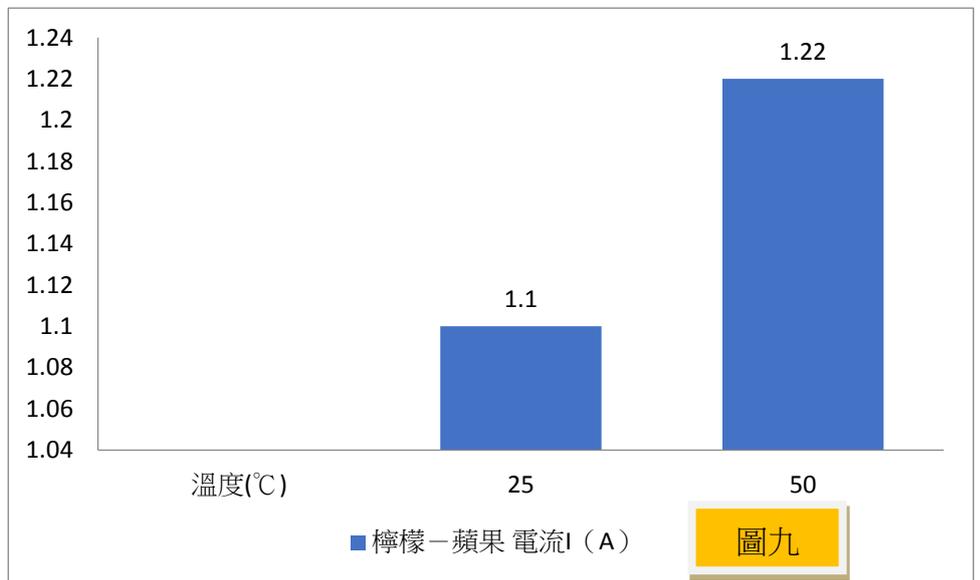
表八



圖八

電解質 檸檬—蘋果	
溫度(°C)	電流 I(A)
25	1.1
50	1.22

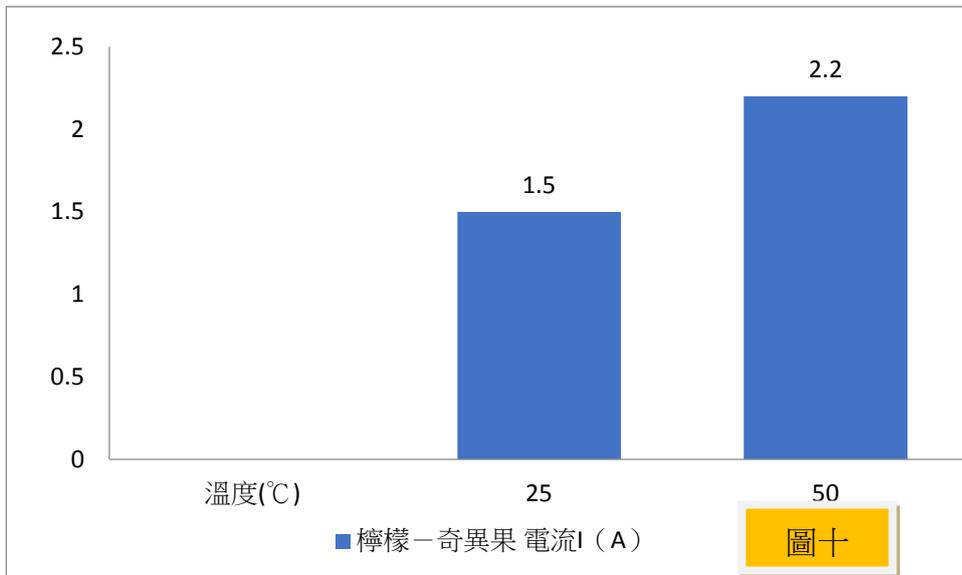
表九



圖九

電解質 檸檬－奇異果	
溫度(°C)	電流 I(A)
25	1.5
50	2.2

表十



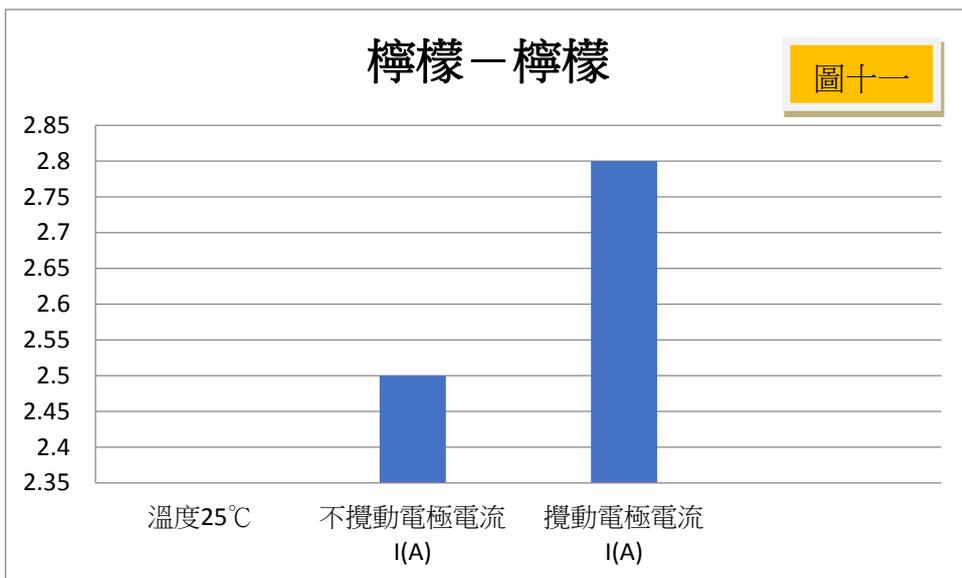
圖十

(三) 測量並分析水果電池中攪動電極片與電流之間的關係。

在不花費高成本的前提下，我們選擇日常生活中較容易取得的鋅、銅金屬當作水果電池的電極組合，並以檸檬、柳丁、橘子、蘋果和奇異果榨成汁且未稀釋情況下，各取 20ml 作為水果電池的電解質，將不攪動電極片(實驗組)和攪動電極片(對照組)做對比，測量出其電流如下：

電解質 檸檬－檸檬		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
25	2.5	2.8

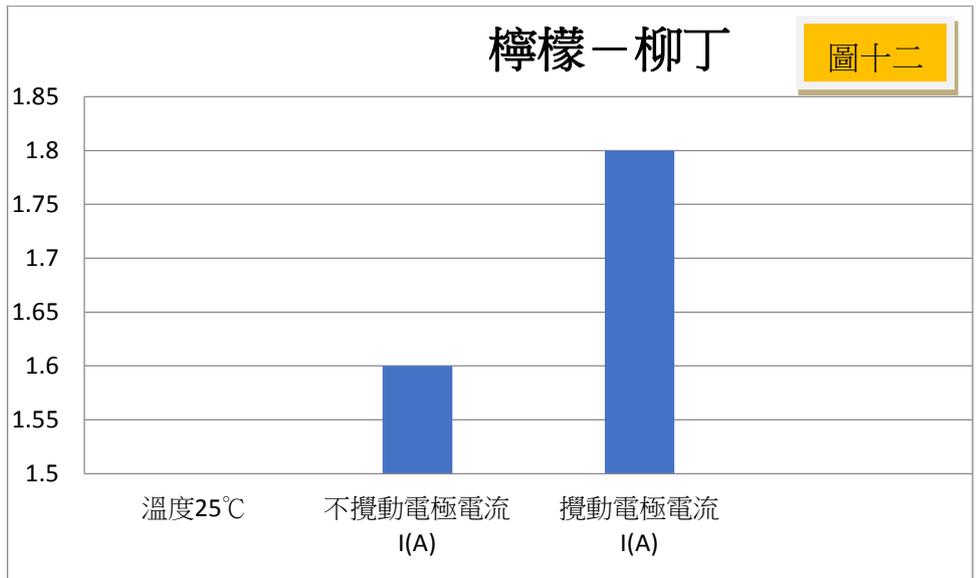
表十一



圖十一

電解質 檸檬－柳丁		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
25	1.6	1.8

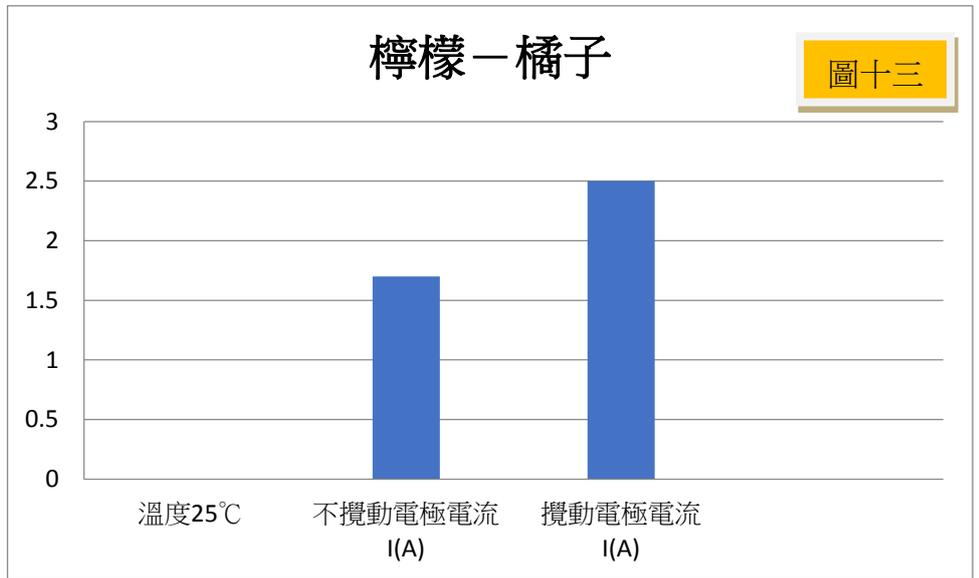
表十二



圖十二

電解質 檸檬－橘子		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
25	1.7	2.5

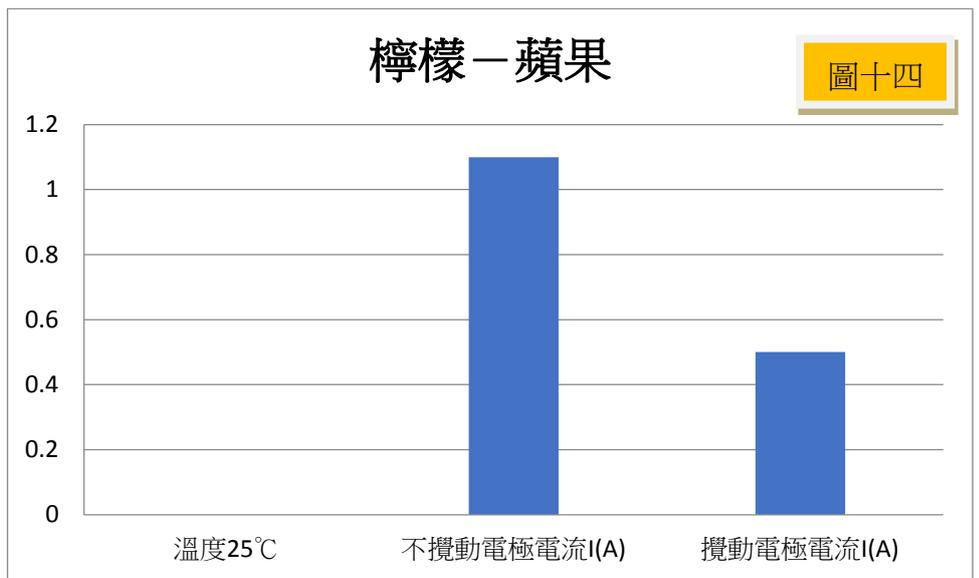
表十三



圖十三

電解質 檸檬－蘋果		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
25	1.1	0.5

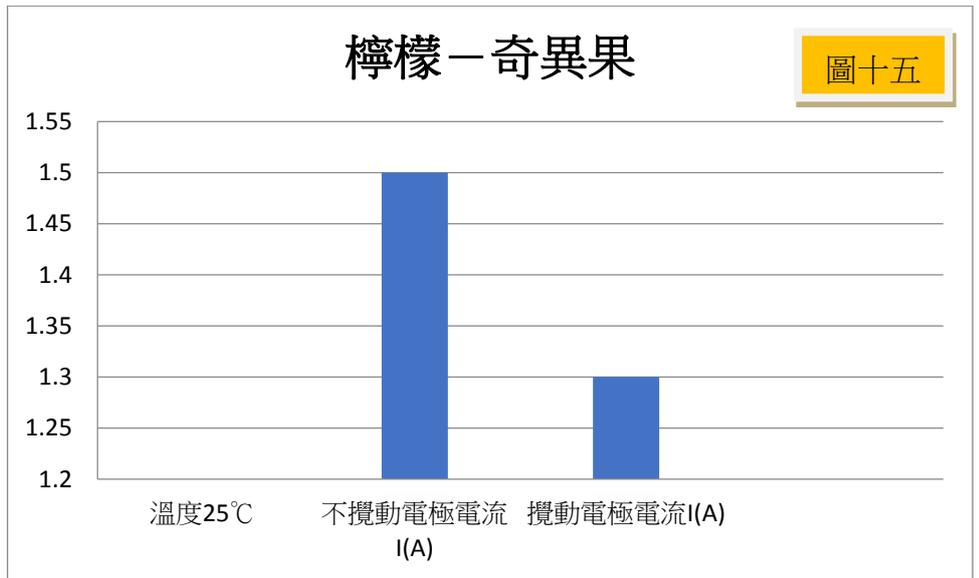
表十四



圖十四

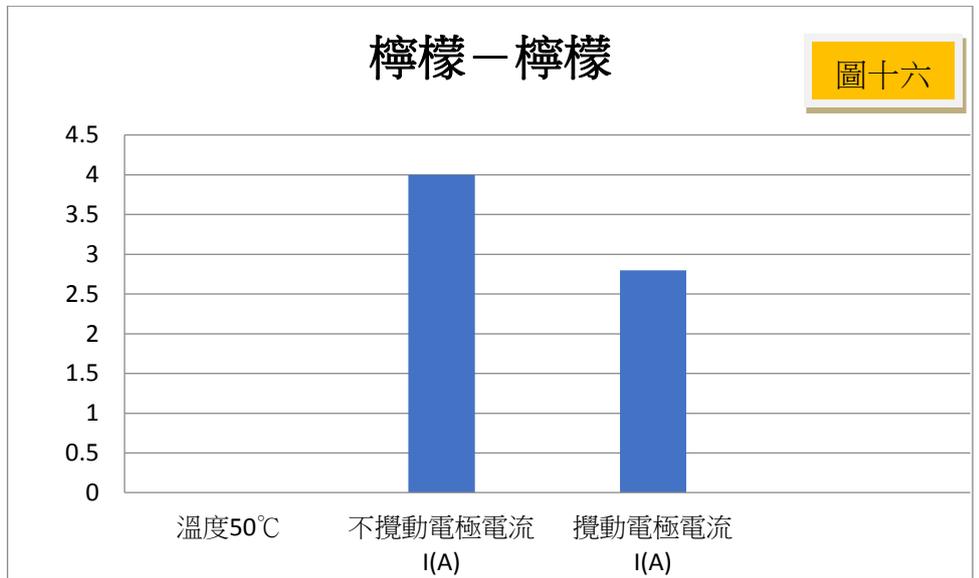
電解質 檸檬-奇異果		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
25	1.5	1.3

表十五

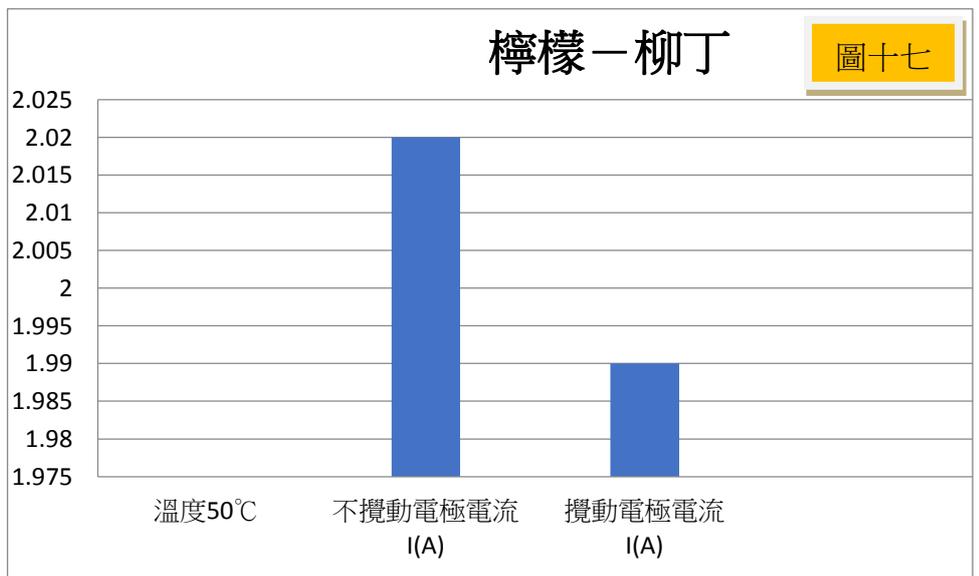


電解質 檸檬-檸檬		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
50	4.0	2.8

表十六

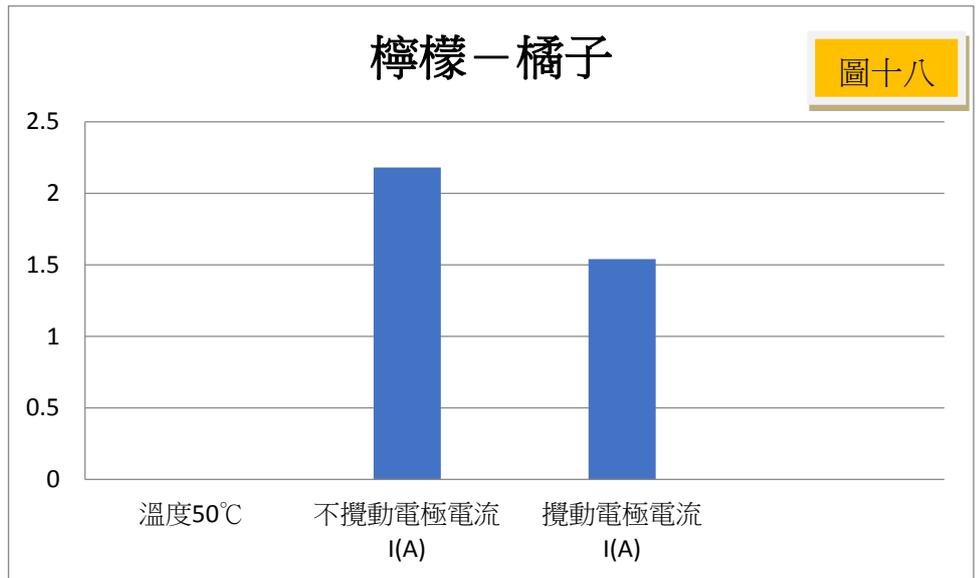


電解質 檸檬-柳丁		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
50	2.02	1.99



電解質 檸檬－橘子		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
50	2.18	1.54

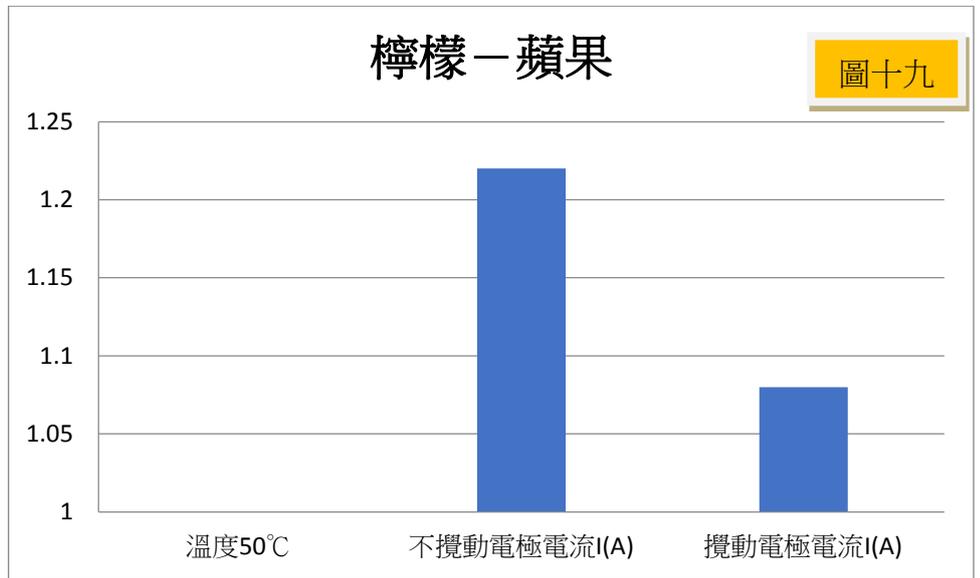
表十八



圖十八

電解質 檸檬－蘋果		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
50	1.22	1.08

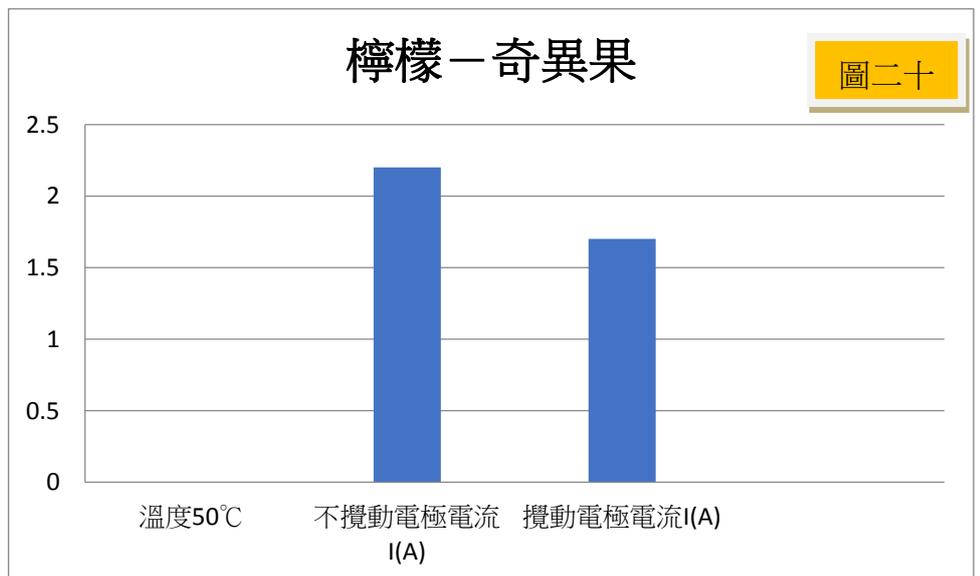
表十九



圖十九

電解質 檸檬－奇異果		
溫度 (°C)	不攪動電極電流 I(A)	攪動電極電流 I(A)
50	2.2	1.7

表二十



圖二十

陸、 討論

一、實驗時所遭遇到的問題與改進的方法

- (一) 活性差距較大的兩種金屬電極，可以增加水果電池的發電效能，如文獻上發電效果最佳的電極組合-鎂和銅。但因取得不易、成本較高，因此經過電極種類的測試後，選擇發電效果也不錯且容易取得的鋅-銅兩種金屬當作本研究的電極。
- (二) 水果電池兩電極間的距離越近，所產生的電流和電壓越大，但又不能夠使兩電極碰觸在一起造成短路。因此我們將電極間相隔 1cm 再嵌入水果中，也可讓兩電極產生極近的距離，以產生較大的電流；但因整顆水果測得的電流相當小，用安培計不易測量到，而用毫安培測電流又太大超出儀器測量範圍，因此改用三用電表來測量實驗數據，較易觀察水果之電流值，並將水果榨成汁來觀察電流是否有不同的變化。

二、實驗結果之討論

- (一) 測量並分析水果電池中電極深度和水果電解質接觸面積與電流之關係。

將表一~表五和圖一~圖五實驗數據作對比，發現電極嵌入任何的水果中，嵌入的深度由 1cm 增加至 3cm，產生的電流值越大;表示電極與電解質接觸面積越多反應速率愈快，能讓水果電池產生更大的電流。

- (二) 水果電池的電解質為液態果汁時，較整顆水果能測量到較佳的電流值。

- (三) 測量並分析水果電池中電解質溫度與電流之間的關係。

將水果電池的電解質榨成果汁，分裝成檸檬—檸檬、檸檬—柳丁、檸檬—橘子、檸檬—蘋果、檸檬—奇異果五組溫度由 25℃(實驗組)升高至 50℃(對照組)時，對照實驗結果表六~表十和圖六~圖十之實驗數據，可觀察到隨著溫度升高電流值皆有上升的情形，推論當溫度增加時，使水果電池中電解質中離子動能增大、流動速率增加，因此反應速率愈快，而造成提昇了電流的情形。

(四) 測量並分析水果電池中攪動電極片與電流之間的關係。

將水果電池的電解質檸檬－檸檬、檸檬－柳丁、檸檬－橘子、檸檬－蘋果、檸檬－奇異果，測量溫度為 25℃、50℃時，將不攪動電極片(實驗組)和攪動電極片(對照組)之實驗數據做對比，將對照實驗結果表十一~表二十和圖十一~圖二十之實驗數據，結果觀察到於 25℃時檸檬－檸檬、檸檬－柳丁、檸檬－橘子攪動電極片測到的電流較大，而檸檬－蘋果、檸檬－奇異果於 25℃時不攪動電極片所測到的電流較大；可以證實於 25℃時檸檬酸較多的水果組合(檸檬－檸檬、檸檬－柳丁、檸檬－橘子三組)攪動電極片可以讓電解質中解離出來的離子，產生較快的移動速度，進而產生較大的電流。而在 50℃時檸檬－檸檬、檸檬－柳丁、檸檬－橘子、檸檬－蘋果、檸檬－奇異果五組數據皆是不攪動電極片所測到的電流較大；可以證實 50℃時電解質中離子移動速率會受到電極片是否攪動的影響，攪動電極片時外力給予離子動能，使離子動能增大進而產生較大的電流。

柒、 結論

一、根據本研究結果之建議事項：

- (一) 水果電池的電極嵌入的深度越深，電極與水果電解質的接觸面積越多反應速率愈快，能測量到較大的電流值，發電效能增加。
- (二) 水果電池的電解質為液態果汁時，較整顆水果能測量到較佳的電流值，是因為榨成汁後，使離子流動更順暢，因此電阻下降使得電流增大，發電效能增加。
- (三) 將水果電池的電解質檸檬－檸檬、檸檬－柳丁、檸檬－橘子、檸檬－蘋果、檸檬－奇異果溫度由 25℃(實驗組)升高至 50℃(對照組)時，隨著溫度升高電流值皆有上升的情形，增加溫度會提高電流，發電效能增加。

(四) 將水果電池的電解質檸檬－檸檬、檸檬－柳丁、檸檬－橘子、檸檬－蘋果、檸檬－奇異果，測量溫度為 25℃時檸檬－檸檬、檸檬－柳丁、檸檬－橘子攪動電極片測到的電流較大，而檸檬－蘋果、檸檬－奇異果於 25℃時不攪動電極片所測到的電流較大、50℃時，將不攪動電極片(實驗組)和攪動電極片(對照組)之實驗數據做對比，結果觀察到 25℃時 50℃時攪動電極片測到的電流較大，而不攪動電極片所測到的電流較小；可以證實 25℃時水果本身電解質所含的種類影響離子流動速率因素較大;而在 50℃時攪動電極片可以讓電解質中解離出來的離子移動速度較快，產生較大的電流，發電效能增加。

二、未來研究的可能方向

(一) 本研究未將水果電池比較不同成熟度水果、果汁加鹽與否對電流的影響，但相對也會提高製作成本和研究的時間。如何衡量發電效益與製作成本，是未來可以研究的方向。可以將本研究的結果與推論，運用在其他的植物電池或綠色能源的研究中，利用自然的材料，製作出低污染綠色能源的電池，提高發電效能，給未來有更好的生活品質。

捌、參考文獻及資料

一、中文部分

- 1.余宛蓁（2008）。水果動起來-水果電池。嘉義：嘉義女中。
- 2.林唐煜等（2009）。開回收電的鋅銅學。台中：大新國小。
- 3.林廉捷等（2004）。廚房化學-水果電池也瘋狂。宜蘭：復興國中。
- 4.張凱雄等（2004）。超級來電王。台北：成功國小。
- 5.郭重吉等編。國民中學自然與生活科技第六冊。台南：南一。(p44-47)（2009）
- 6.楊明杰、許凱程（1995）。改進鋅銅電池的電流至一千倍。中小學科學展覽會優勝作品專輯(國中組)(21-30:6)。科學教育館：台北。

- 7.趙家平等（2007）。幫水果針灸-探討電極與電解質對電池之影響。台中：大道國中。
- 8.劉鳳起、郭哲璋（2005）。論水果電池。桃園：新興高中。
- 9.謝仁烽等（2008）。電不電有關係-奇檬子的問題。彰化：和美國中。
- 10.張凱雄等（2004）。超級來電王。台北：成功國小。
- 11.郭重吉等編。國民中學自然與生活科技第六冊。台南：南一。(p44-47)（2009）
- 12.楊明杰、許凱程（1995）。改進鋅銅電池的電流至一千倍。中小學科學展覽會優勝作品專輯
(國中組)(21-30:6)。科學教育館：台北。
- 13.趙家平等（2007）。幫水果針灸-探討電極與電解質對電池之影響。台中：大道國中。
- 14.劉鳳起、郭哲璋（2005）。論水果電池。桃園：新興高中。
- 15.謝仁烽等（2008）。電不電有關係-奇檬子的問題。彰化：和美國中。
- 16.魏鳳萱、陳建法、李瓊雯、張簡雅菁（2002）。鋅銅電池之改進實驗。

二、網路資源

- 1.豆丁網。水果電池之研究。線上檢索日期：2010 年 3 月 29 日。

<http://www.docin.com/p-7042446.html>

- 2.檸檬電池、水果電池、鋅銅電池次要群組

<http://zfang.tc.edu.tw/880.html>

- 3.水果電池

<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/water/new1/%E6%B0%B4%E6%9E%9C%E9%9B%BB%E6%B1%A0.htm>

- 4.水果電池的原理

[mails.ptes.tp.edu.tw/~t00248/c1/reacerh/190302w.doc](mailto:~t00248/c1/reacerh/190302w.doc)