

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

080213

超級「馬」力

學校名稱：臺中市豐原區瑞穗國民小學

作者： 小五 張焜程 小五 柯廷勳 小五 黃允劭	指導老師： 林欣慧 鄭雅玲
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：馬鈴薯電池、電極

## 摘要

本研究是探討馬鈴薯可否用來發電，並且應用於生活中的電子鐘與 LED 燈。本研究探討包含電極距離、生馬鈴薯、水煮馬鈴薯、水煮馬鈴薯加鹽、不同切片大小、不同電極組合、不同夾子數量、乾燥、冰箱、日曬…等電流及電壓的差異性，並續做水果皮的發電效果。由實驗最終結果可知將水煮馬鈴薯切成片狀，每片長度為 4 公分，寬度為 4 公分，厚度為 0.4 公分，並串聯起來，8 組馬鈴薯串聯時可驅動簡易小型電子鐘，8 組馬鈴薯串聯時可點亮 LED 燈，並且維持了 324 個小時，同時也發現發霉及乾燥後會降低發電效率。

## 壹、研究動機

生活中處處需要用到電，但是『電』卻不是取之不盡，用之不竭的，在人類文明的進步中，雖然我們擁有了便利的生活，但相對的也付出了許多的代價。例如非洲的「一盞燈計畫」，就是要讓缺乏電力的非洲小學生能在晚上閱讀和寫功課，除了利用太陽能提供照明外，我們想利用其他的方法來幫助他們。在四上的自然課中我們學到讓燈泡發亮的方式，上網查資料後，發現馬鈴薯也能夠做成神奇的馬鈴薯電池，於是我們想利用便宜好種的馬鈴薯製作強而有力的電池，來幫助非洲的小朋友。

## 貳、研究目的

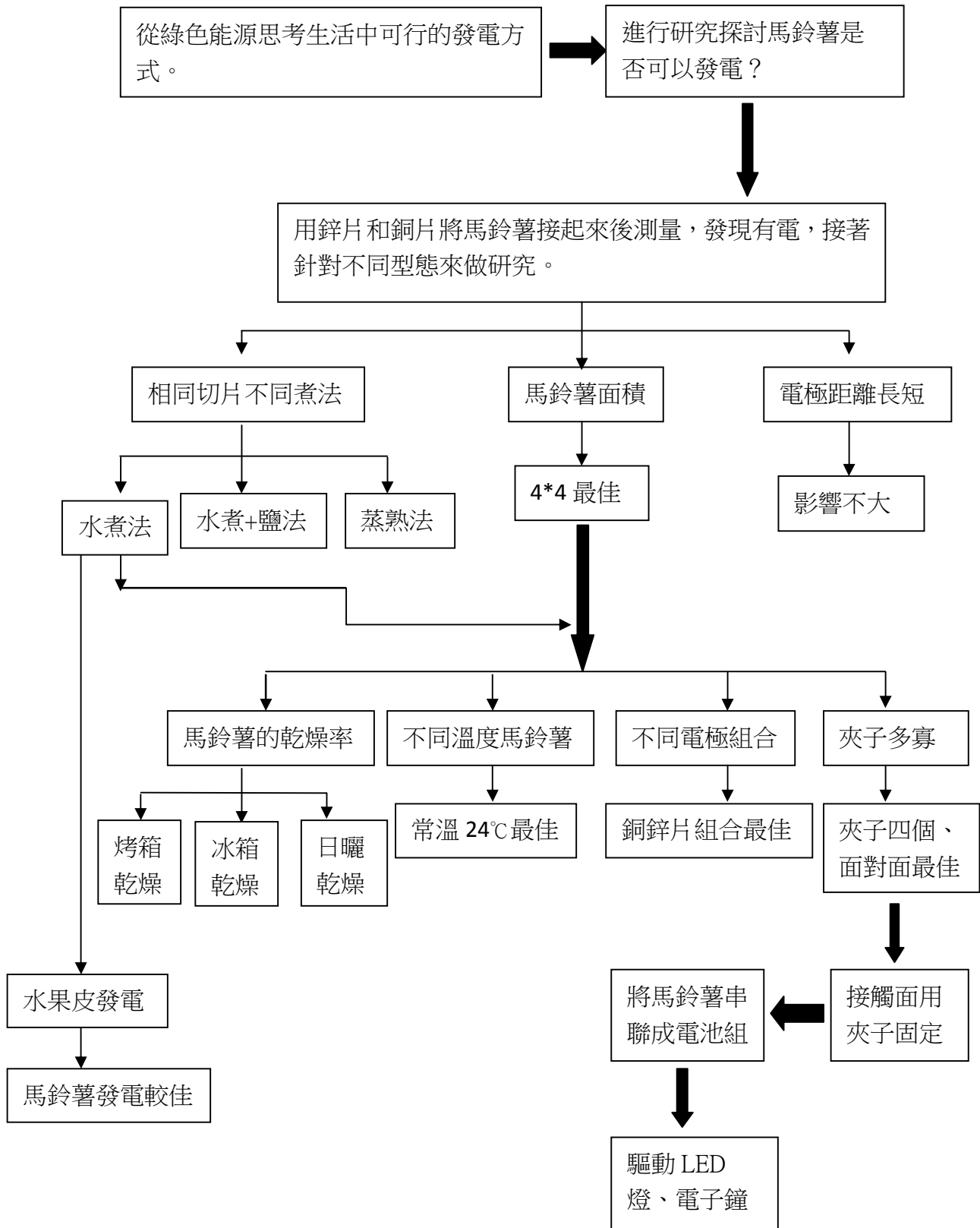
- 一、探討馬鈴薯可以發電嗎？
- 二、探討電極距離會不會影響電流及電壓大小？
- 三、馬鈴薯面積會不會影響電流及電壓大小？
- 四、相同切片不同煮法的馬鈴薯會不會影響電流及電壓大小？
- 五、對水煮馬鈴薯加壓會不會影響電流及電壓大小？
- 六、水煮馬鈴薯不同電極的組合會不會影響電壓電流的變化？
- 七、不同的溫度馬鈴薯會不會影響電流及電壓大小？
- 八、馬鈴薯的乾燥率會不會影響電流及電壓大小？
- 九、冰箱乾燥率會不會影響馬鈴薯的電流及電壓大小？
- 十、日曬後馬鈴薯的電流及電壓及浸泡水後電流及電壓的變化？
- 十一、用烤箱烤後馬鈴薯的電流及電壓及浸泡水後電流及電壓的變化？
- 十二、將馬鈴薯日曬及加鹽後的電流及電壓及浸泡水後電流及電壓的變化
- 十三、以泡水提高保水率是否會提高發電效率？
- 十四、用薄片馬鈴薯是否可以驅動電子鐘與 LED 燈？

## 參、研究設備及器材

研究工具		研究材料	
測量工具	三用電表	馬鈴薯電池材料	馬鈴薯、鋁片、鐵片、鋅片、銅片、鱷魚夾電線、鹽、冰塊
秤重工具	電子秤		
製作工具	刀子、砧板、直尺、剪刀、鐵鎚、溫度計、量杯、曬衣夾、陽光、冰箱、吹風機、烤箱、果汁機、鍋子、瓦斯爐	各種水果皮電池材料	香蕉皮、蛋殼、橘子皮、鳳梨皮

## 肆、研究方法與結果

### 研究流程



【實驗一】：探討馬鈴薯是否可以用來發電？

一、製作馬鈴薯電池

(一) 步驟一：插上電極

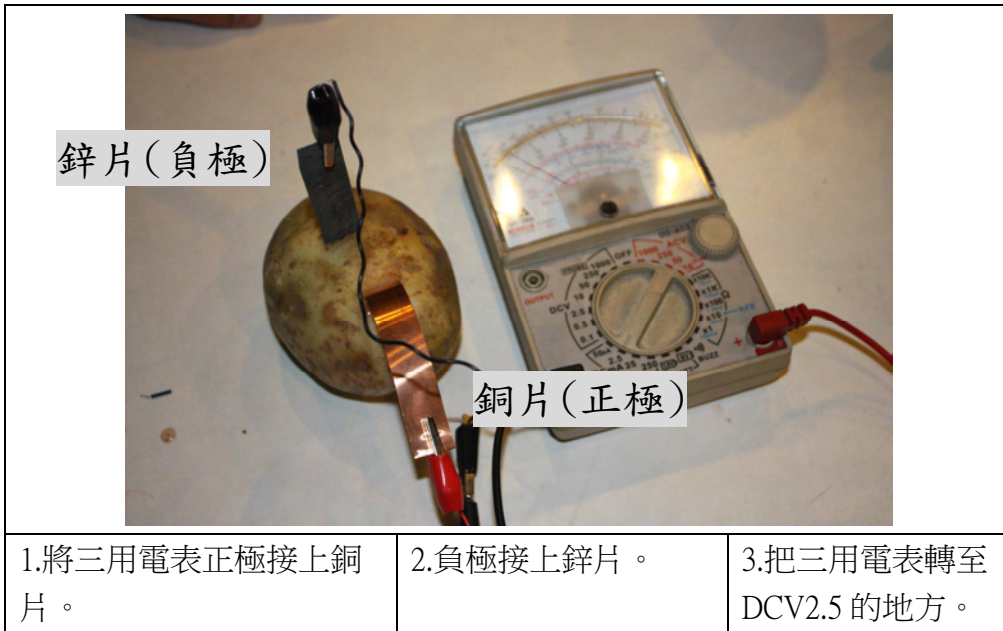
我們利用銅片和鋅片作為電池的正負極。

(二) 步驟二：接上鱷魚夾電線

接上鱷魚夾電線，確定都有接觸到金屬片。

二、測量是否有電壓

接上三用電表並測量。



三、【結果】電表表示有電壓



四、【思考方向】馬鈴薯可以用來發電，接著我們想知道電極距離會不會影響電流及電壓大小，所以接著進行下面實驗。

【實驗二】：電極距離會不會影響電流及電壓大小？

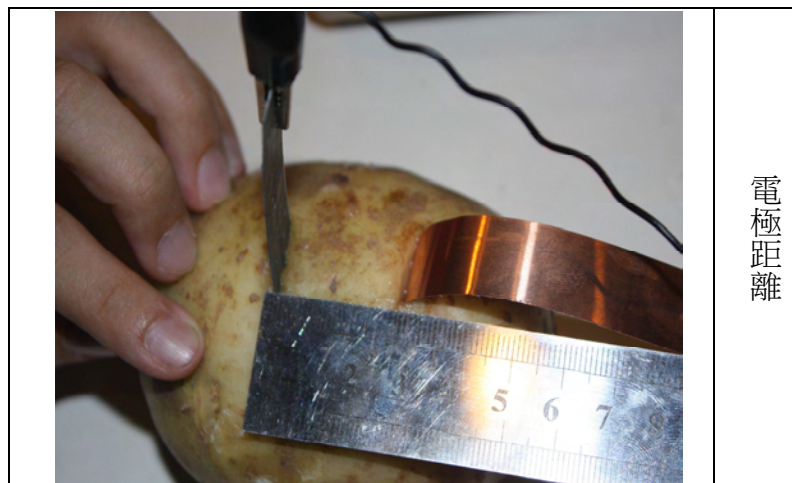
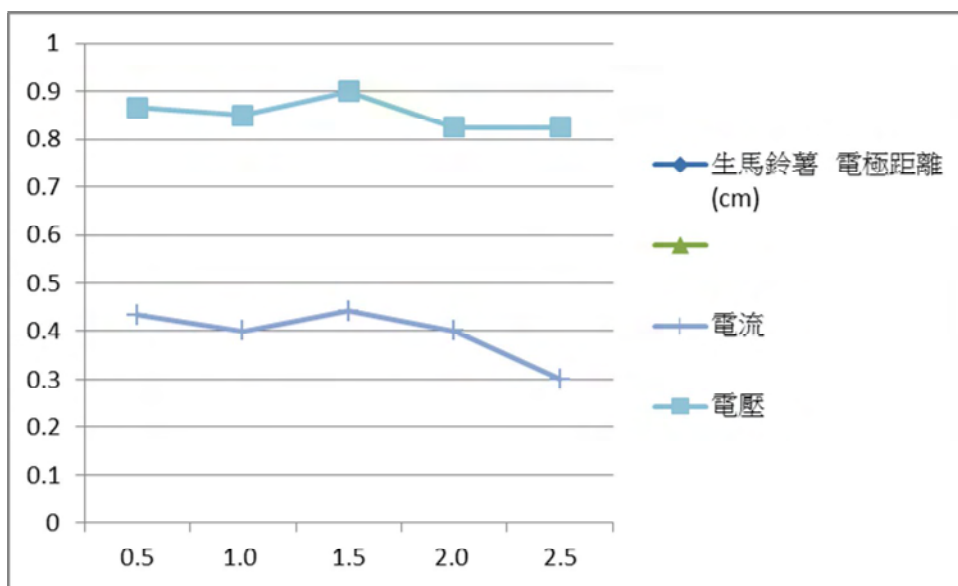
一、 研究步驟

(一)用同樣一顆生馬鈴薯，插上鋅片和銅片，測量不同電極距離，電流及電壓大小。(mA 表示電流，DCV 表示電壓)

(二) 以三用電表測量電壓及電流 3 次後，算出平均，觀察其結果。

表 1.電極距離紀錄表

電極距離( cm)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
1. mA(測量次數 1)	0.4	0.4	0.425	0.4	0.25
2. mA(測量次數 2)	0.45	0.4	0.45	0.4	0.35
3. mA(測量次數 3)	0.45	0.4	0.45	0.4	0.3
平均	0.433	0.4	0.442	0.4	0.3
1. DCV(測量次數 1)	0.9	0.85	0.9	0.825	0.85
2. DCV(測量次數 2)	0.85	0.85	0.9	0.825	0.8
3. DCV(測量次數 3)	0.85	0.85	0.9	0.825	0.825
平均	0.867	0.85	0.9	0.825	0.825



## 【結果】

整顆生馬鈴薯的電極距離影響電流及電壓不大，後來決定切片。

## 【思考方向】

因為整顆生馬鈴薯的電極距離影響電流及電壓不大，而且用整顆馬鈴薯比較浪費，所以我們決定嘗試用切片的方式。

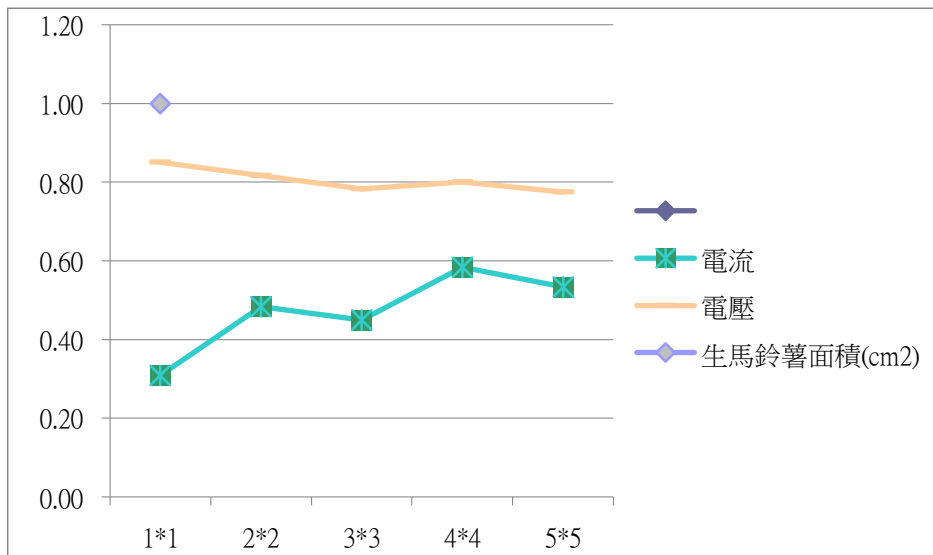
## 【實驗三】：馬鈴薯面積會不會影響電流及電壓大小？

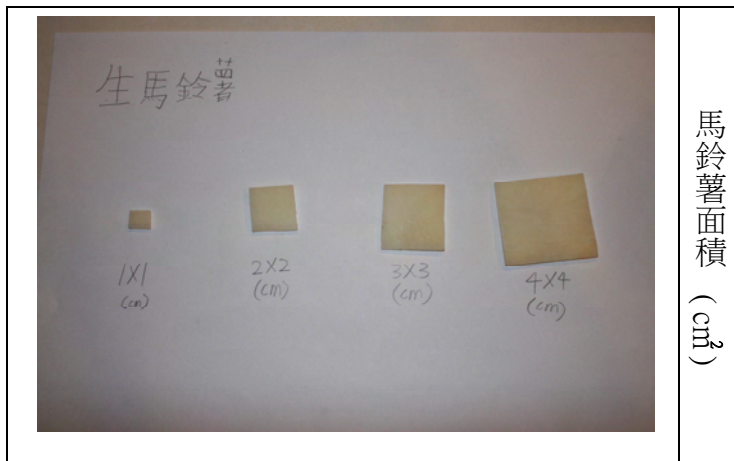
### 一、 研究步驟

- 1.將生馬鈴薯切片厚度約0.4公分，面積分別為1\*1、2\*2、3\*3、4\*4、5\*5。
- 2.用鋅片和銅片把馬鈴薯放在中間，以三用電表測量電流及電壓大小。

表 2.面積大小紀錄表

馬鈴薯面積( cm <sup>2</sup> )	1*1	2*2	3*3	4*4	5*5
1. mA(測量次數 1)	0.3	0.5	0.5	0.6	0.55
2. mA(測量次數 2)	0.3	0.5	0.45	0.55	0.6
3. mA(測量次數 3)	0.325	0.45	0.4	0.6	0.45
平均	0.317	0.483	0.45	0.583	0.533
1. DCV(測量次數 1)	0.9	0.8	0.8	0.8	0.825
2. DCV(測量次數 2)	0.85	0.85	0.8	0.8	0.825
3. DCV(測量次數 3)	0.8	0.8	0.75	0.8	0.75
平均	0.85	0.817	0.783	0.8	0.8





### 【結果】

由上表可以發現馬鈴薯面積有影響電流大小，以 4\*4 最佳，但電壓改變不大，並且 3\*3、4\*4、5\*5 的數據接近。

### 【思考方向】

本實驗切片 4\*4 時電流平均 0.583，高於實驗二電極距離 1.5 公分時，電流平均 0.442，所以我們得知，切片效果高於整顆馬鈴薯的電壓與電流，所以接下來的實驗我們決定用切片的方式來進行馬鈴薯發電。

### 【實驗四】：相同切片不同煮法的馬鈴薯會不會影響電流及電壓大小？

#### 一、 研究步驟

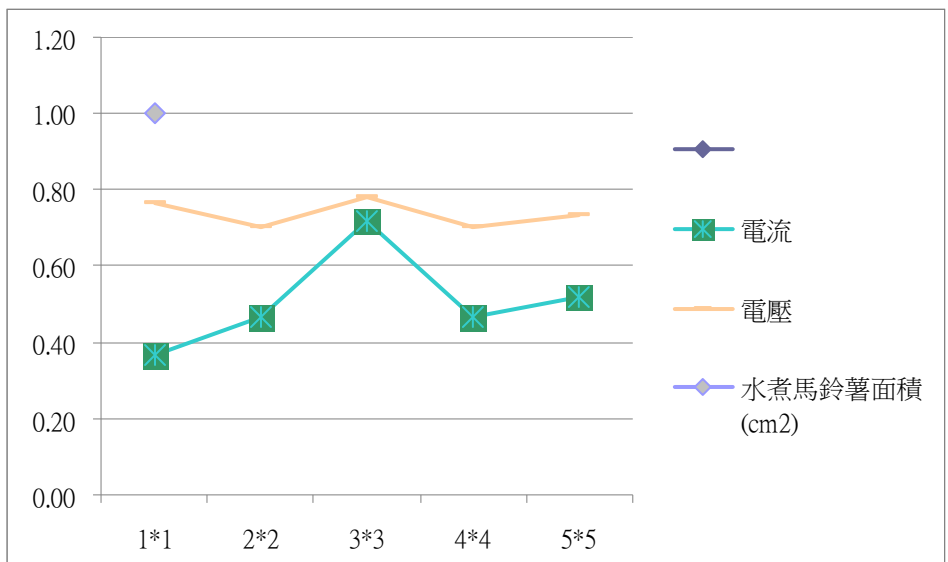
分別將生馬鈴薯用水煮、水煮加鹽、蒸的方法加熱 20 分鐘，再切出不同面積的切片，接著來測量電流及電壓大小。

(一)水煮馬鈴薯 水:600cc

表 3.水煮馬鈴薯紀錄表

馬鈴薯面積( cm <sup>2</sup> )	1*1	2*2	3*3	4*4	5*5
1. mA(測量次數 1)	0.3	0.5	0.75	0.4	0.6
2. mA(測量次數 2)	0.45	0.5	0.65	0.55	0.4
3. mA(測量次數 3)	0.35	0.4	0.75	0.45	0.55
平均	0.37	0.47	0.72	0.47	0.52
1. DCV(測量次數 1)	0.75	0.7	0.75	0.7	0.75
2. DCV(測量次數 2)	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7
3. DCV(測量次數 3)	0.8	0.7	0.8	0.7	0.75
平均	0.78	0.7	0.78	0.7	0.73

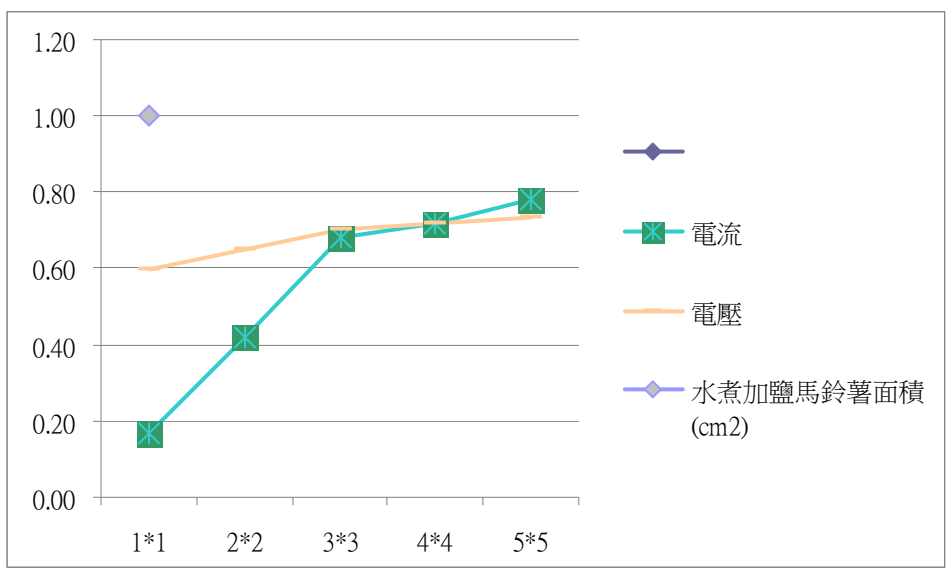




(二)水煮加鹽馬鈴薯 水:600cc 鹽:20克

表 4.水煮加鹽馬鈴薯紀錄表

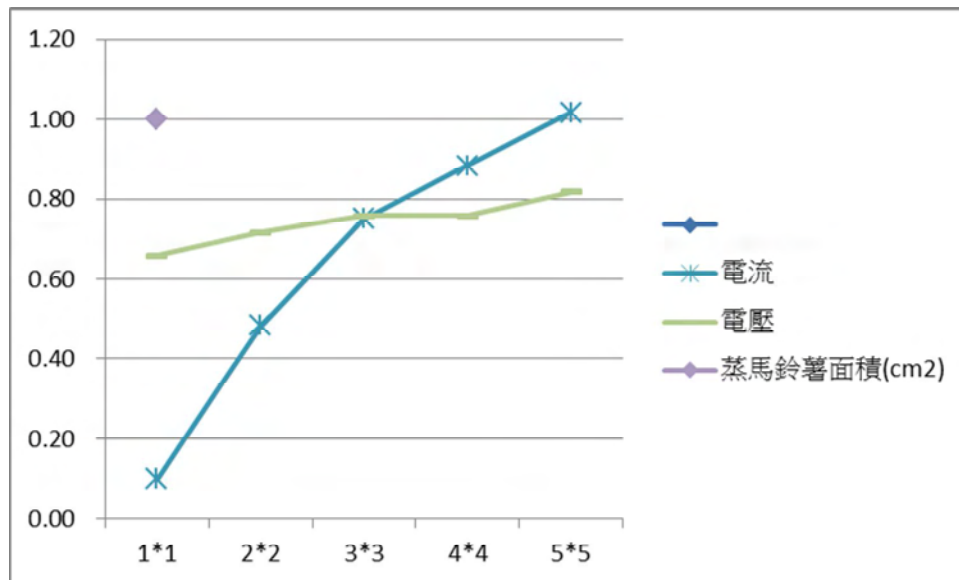
馬鈴薯面積 (cm <sup>2</sup> )	1*1	2*2	3*3	4*4	5*5
1. mA(測量次數 1)	0.25	0.3	0.75	0.85	0.85
2. mA(測量次數 2)	0.15	0.45	0.65	0.65	0.75
3. mA(測量次數 3)	0.1	0.5	0.65	0.65	0.75
平均	0.17	0.7	0.68	0.7	0.73
1. DCV(測量次數 1)	0.6	0.65	0.7	0.7	0.75
2. DCV(測量次數 2)	0.6	0.65	0.7	0.7	0.7
3. DCV(測量次數 3)	0.6	0.65	0.7	0.75	0.75
平均	0.6	0.65	0.7	0.717	0.733



(三)蒸馬鈴薯 水:600cc

表 5. 蒸馬鈴薯紀錄表

馬鈴薯面積 ( cm <sup>2</sup> )	1*1	2*2	3*3	4*4	5*5
1. mA(測量次數 1)	0.1	0.5	0.7	0.9	1.05
2. mA(測量次數 2)	0.1	0.55	0.8	0.85	0.95
3. mA(測量次數 3)	0.1	0.4	0.75	0.9	1.05
平均	0.1	0.483	0.75	0.883	1.017
1. DCV(測量次數 1)	0.7	0.75	0.775	0.775	0.85
2. DCV(測量次數 2)	0.65	0.7	0.75	0.75	0.8
3. DCV(測量次數 3)	0.625	0.7	0.75	0.75	0.8
平均	0.658	0.717	0.758	0.758	0.817



【結果】

實驗的導電效果在水煮馬鈴薯中以 3\*3 最佳；在水煮馬鈴薯加鹽中以 5\*5 最佳；在蒸馬鈴薯中以 5\*5 最佳。所有結果中又以蒸馬鈴薯的導電效果最佳，觀察得知馬鈴薯煮法有影響電流大小，但電壓改變不大。

【思考方向】

1. 依實驗結果，蒸馬鈴薯的導電效果最佳，但是蒸馬鈴薯太軟了，不好控制厚度及體積的比例，所以改用導電效果第二佳的水煮馬鈴薯進行以後的實驗。
2. 以上實驗，因為使用雙手按壓正負極，所以造成有時 3\*3 優於 4\*4 優於 5\*5 的數據，雙手施力不均會影響接觸面積，所以再進行施壓面積大小的實驗。

【實驗五】：對馬鈴薯加壓會不會影響電流及電壓大小？

一、研究步驟

- 1.用 4\*4 的馬鈴薯片當作夾層，用鋅片和銅片當作電極，分別用 1 個、2 個、3 個、4 個夾子夾住。
- 2.分別用三用電表測量電流及電壓

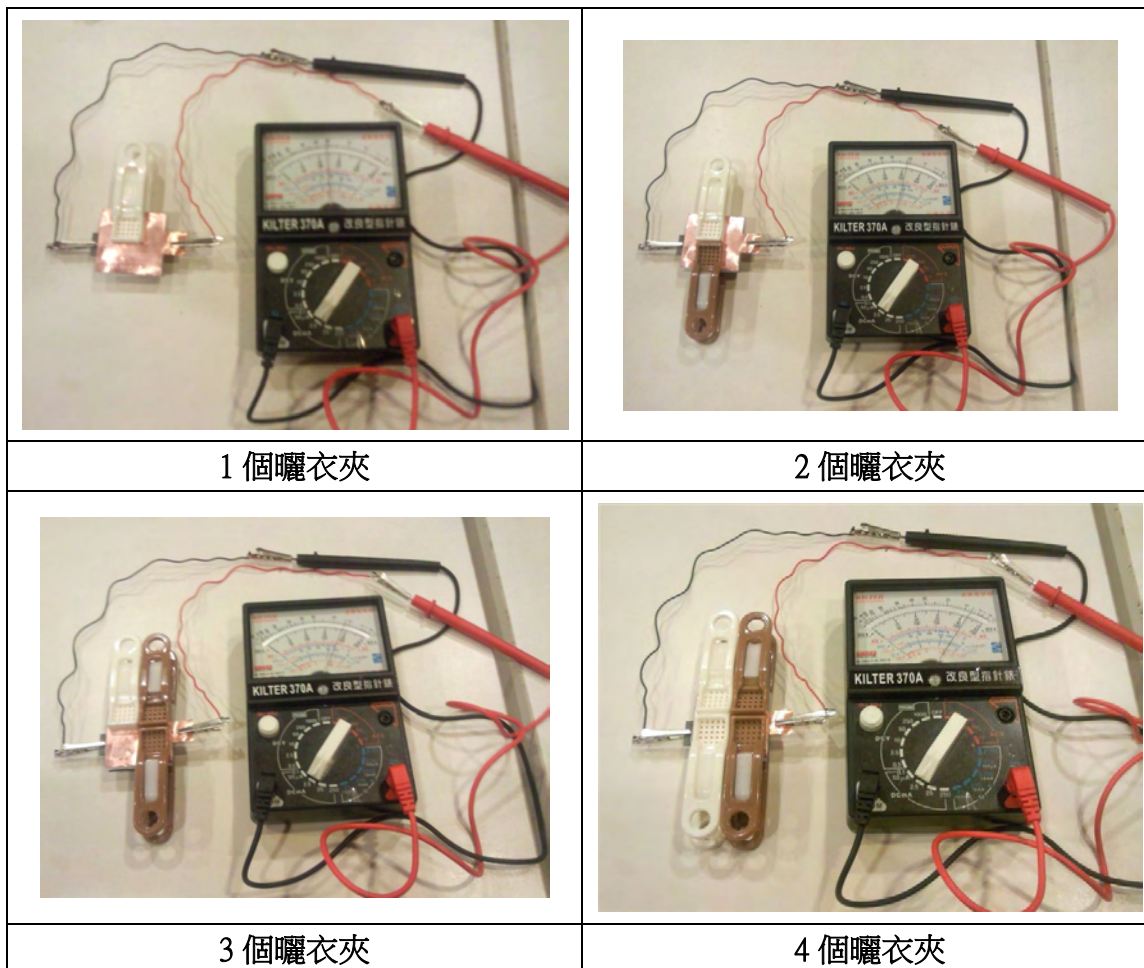
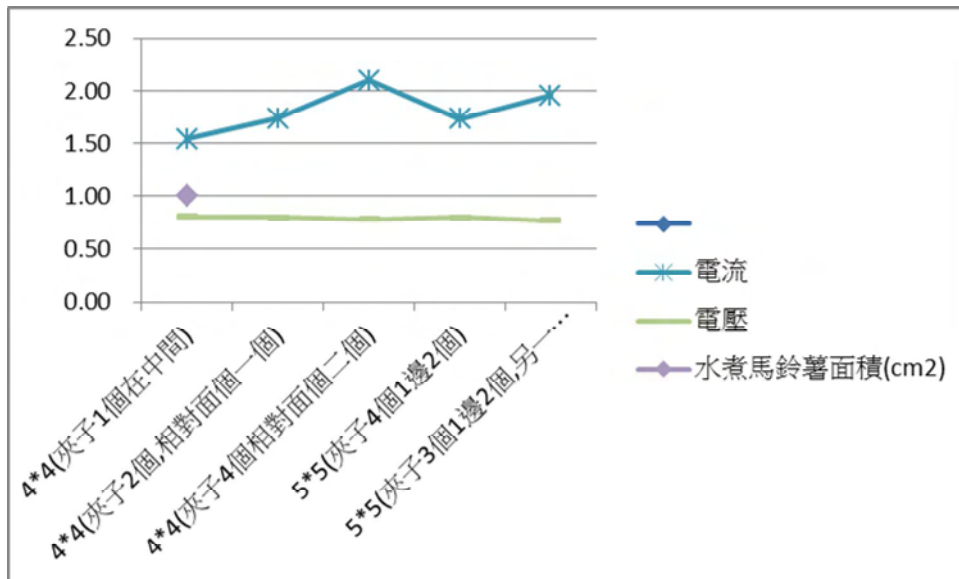


表 6. 馬鈴薯加壓紀錄表

馬鈴薯面積 ( cm <sup>2</sup> )	4*4(夾子 1 個在中間)	4*4(夾子 2 個,相對面各一個)	4*4(夾子 2 個夾同一邊)	4*4(夾子 3 個 1 邊 2 個,另一邊 1 個)	4*4(夾子 4 個相對面個二個)
1. mA(測量次數 1)	1.55	1.8	1.75	2.05	2.05
2. mA(測量次數 2)	1.53	1.6	1.6	1.95	2.1
3. mA(測量次數 3)	1.55	1.8	1.825	1.85	2.15
<b>平均</b>	<b>1.54</b>	<b>1.73</b>	<b>1.72</b>	<b>1.95</b>	<b>2.1</b>
1. DCV(測量次數 1)	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8
2. DCV(測量次數 2)	0.8	0.8	0.8	0.75	0.8
3. DCV(測量次數 3)	0.825	0.8	0.8	0.8	0.75
<b>平均</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.76</b>	<b>0.78</b>



### 【結果】

馬鈴薯因夾子多寡的接觸面積不同，會影響電流大小，但電壓改變不大。

實驗結果顯示 4\*4(夾子 4 個相對面個二個)所測得的電流較大。

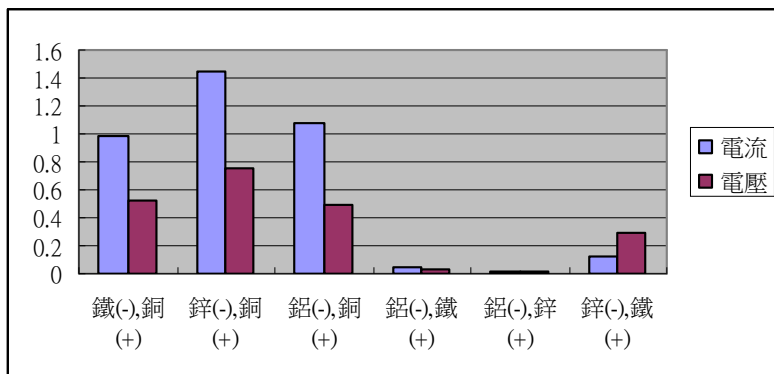
### 【實驗六】：不同電極的組合觀察電壓電流的變化：

#### 一、 研究步驟

用厚度 0.4 公分，面積 5\*5 的水煮馬鈴薯切片當作夾層，分別用 5\*5 的鐵片、銅片、鋅片、鋁片當作電極來測量哪一組的電壓與電流最佳。

表 7.不同電極紀錄表

馬鈴薯面積 5*5(cm <sup>2</sup> )	鐵(-),銅(+)	鋅(-),銅(+)	鋁(-),銅(+)	鋁(-),鐵(+)	鋁(-),鋅(+)	鋅(-),鐵(+)
1. mA(測量次數 1)	1.0	1.45	1.125	0.05	0	0.125
2. mA(測量次數 2)	1.0	1.45	1.05	0.05	0.025	0.15
3. mA(測量次數 3)	0.95	1.45	1.05	0.05	0.025	0.1
平均	0.983	1.45	1.075	0.05	0.016	0.125
1. DCV(測量次數 1)	0.55	0.7	0.5	0.025	0	0.3
2. DCV(測量次數 2)	0.55	0.75	0.5	0.025	0.025	0.3
3. DCV(測量次數 3)	0.5	0.8	0.5	0.025	0.025	0.3
平均	0.53	0.75	0.5	0.025	0.016	0.3



**【結果】**

銅、鋅片組合效果最佳，銅為正及鋅為負極，鐵、鋁不理想。

**【思考方向】**

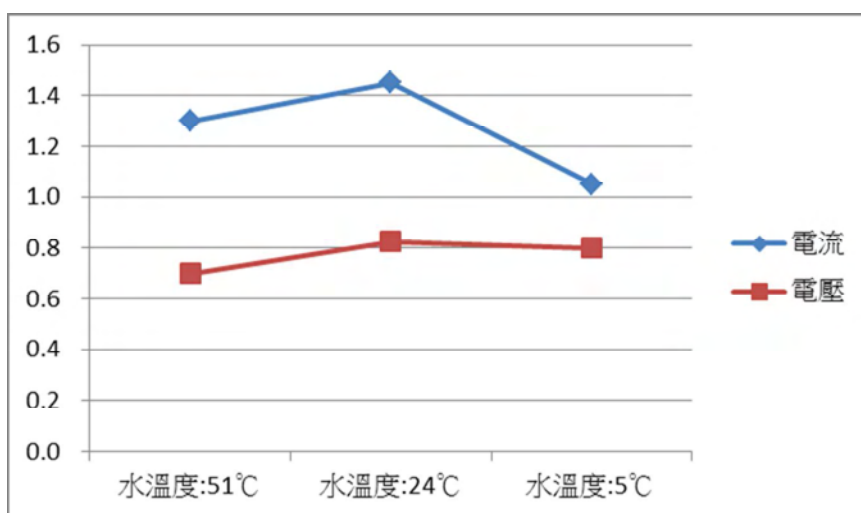
銅、鋅片組合效果最佳，所以我們依舊採用銅、鋅片來進行發電。

**【實驗七】：不同溫度的馬鈴薯會不會影響電流及電壓大小**

一、取三塊厚度 0.4 公分，面積 5\*5 的水煮馬鈴薯，分別放在溫度 51°C、24°C、5°C 的水中兩分鐘，取出後立即用兩個夾子夾上鋅、銅片與馬鈴薯來進行電流與電壓的測量。

表 8.不同水溫記錄表

馬鈴薯面積 (5*5 cm <sup>2</sup> )	水溫度:51°C	水溫度:24°C	水溫度:5°C
1. mA	1.3	1.5	1.05
1. DCV	0.7	0.825	0.8



**【結果】**

馬鈴薯浸泡於常溫的水後影響電流改變較大,但電壓改變不大，常溫(24°C)最好，高溫(51°C)第二好，冰的(5°C)最差。

【思考方向】

1. 常溫(24°C)最好，高溫(51°C)第二好，冰的 5°C 最差。所以水煮馬鈴薯煮完後，應放置在常溫中一段時間後進行導電，效果會最好。
2. 既然水的溫度會影響電流，那如果我們使用馬鈴薯不含水分的話，會不會影響結果呢？

【實驗八】：馬鈴薯的乾燥前後會不會影響電流及電壓大小：

一、 研究步驟

- (一) 每組取三塊厚度 0.4 公分，面積 5\*5 的水煮馬鈴薯切片，分別進行烤乾、烘乾、冰乾三種方式來測量哪一組的電壓與電流最佳。
- (二) 烤乾為放在烤箱 20 分鐘
- (三) 烘乾為用吹風機直吹切片馬鈴薯 40 分鐘。
- (四) 冰乾的冷藏時間為 48 小時

表 9.烤乾馬鈴薯記錄表

馬鈴薯面積 ( cm <sup>2</sup> )	5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
1. mA(測量次數 1)	0.55	0.7	0.4
2. mA(測量次數 2)	0.5	0.8	0.425
3. mA(測量次數 3)	0.6	0.75	0.425
平均	0.55	0.75	0.41
1. DCV(測量次數 1)	0.7	0.85	0.75
2. DCV(測量次數 2)	0.8	0.8	0.75
3. DCV(測量次數 3)	0.8	0.8	0.75
平均	0.76	0.81	0.75



烤箱烤乾

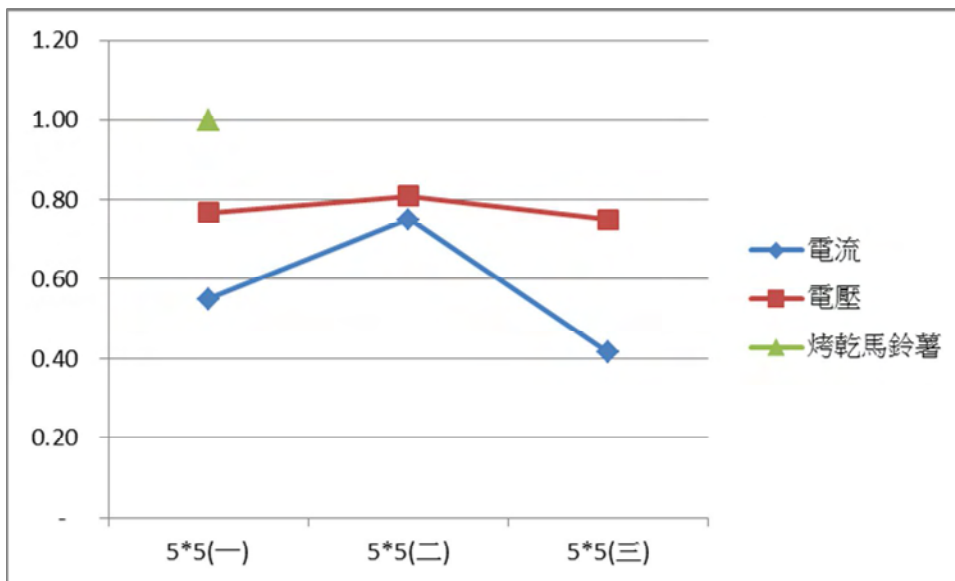


表 10.烘乾馬鈴薯記錄表

馬鈴薯面積 (cm <sup>2</sup> )	5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
1. mA	0.1	0.1	0.2
2. mA	0.2	0.2	0.35
3. mA	0.175	0.15	0.25
平均	0.16	0.15	0.26
1. DCV	0.65	0.7	0.75
2. DCV	0.75	0.6	0.775
3. DCV	0.75	0.6	0.775
平均	0.71	0.63	0.76



吹風機烘乾

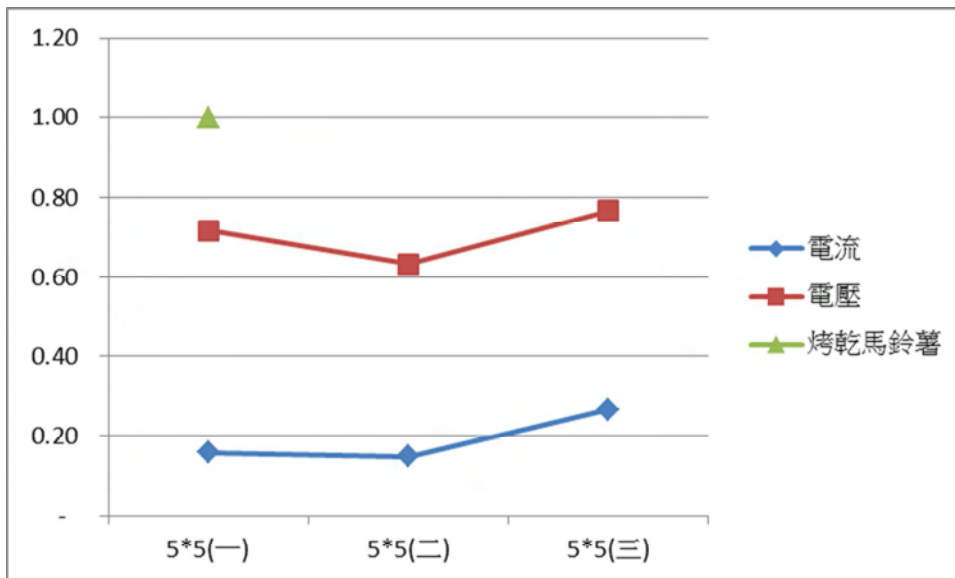


表 11.冰乾馬鈴薯記錄表

馬鈴薯面積 (cm <sup>2</sup> )	5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
1. mA	0.7	0.625	0.45
2. mA	0.65	0.65	0.45
3. mA	0.55	0.6	0.35
平均	0.63	0.62	0.41
1. DCV	0.6	0.75	0.65
2. DCV	0.7	0.75	0.7
3. DCV	0.6	0.6	0.7
平均	0.63	0.7	0.68



冰箱冷藏

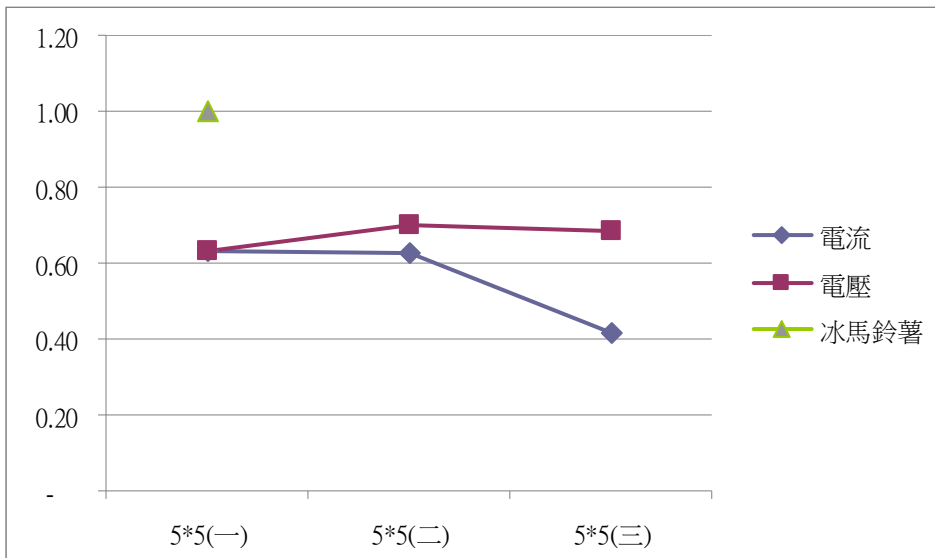


表 12.馬鈴薯乾燥前後重量記錄表

馬鈴薯面積 (cm <sup>2</sup> )	重量 g	5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
吹風機烘乾前	原先重量	17g	19g	21g
吹風機烘乾後	乾燥後重量	13g	14g	14g
冰箱冷藏前	原先重量	18g	14g	14g
冰箱冷藏後	乾燥後重量	15g	13g	13g
烤箱烤乾後	原先重量	16g	15g	15g
烤箱烤乾後	乾燥後重量	10g	8g	7g

表 13.馬鈴薯保水率記錄表：(保水率公式:乾燥後重量/原先重量\*100%)

馬鈴薯面積 (cm <sup>2</sup> )	5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)	平均
吹風機烘乾	76%	74%	67%	72%
冰箱冷藏	83%	93%	93%	90%
烤箱烤箱	63%	53%	47%	54%

**【結果】**

馬鈴薯的保水率會影響電流改變較大，但電壓改變不大；觀察結果將水煮馬鈴薯切片再烤乾的電流最佳。

**【思考方向】**

乾燥後再加水浸泡是否影響電流及電壓的大小。



【實驗九】：冰箱保水率及泡水後會不會影響馬鈴薯的電流及電壓大小：

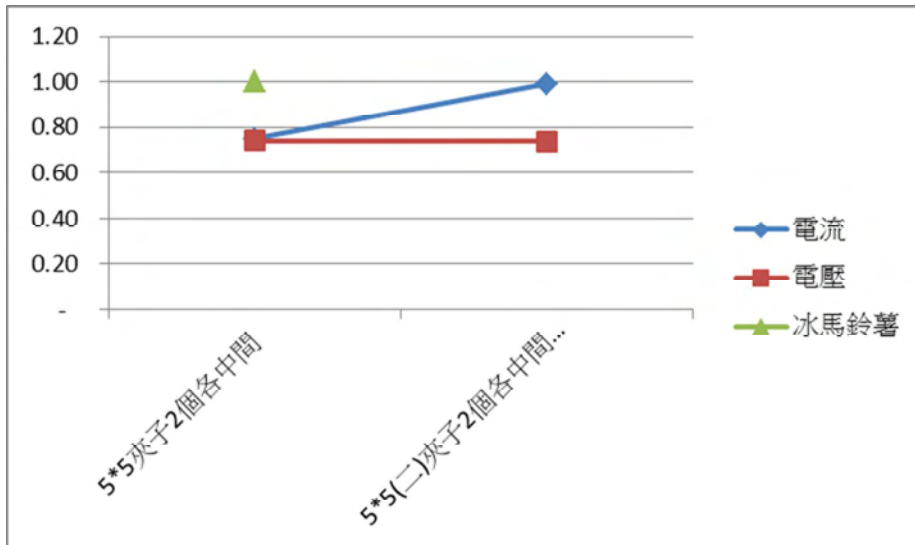
一、 研究步驟

(一)將切片馬鈴薯放在冰箱先冷藏 48 小時後，泡水 2 分鐘，水溫 18°C，觀察電壓及電流的大小。



表 14.冰乾後與泡水後記錄表

馬鈴薯面積( cm <sup>2</sup> )		5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
冰箱冷藏	原先重量 g	17g	16g	16g
冰箱冷藏	乾燥後重量 g	11g	10g	9g
(夾子 2 個各中間)	1. mA	0.8	0.7	0.85
(夾子 2 個各中間)	2. mA	0.7	0.65	0.8
(夾子 2 個各中間)	3. mA	0.75	0.75	0.75
(夾子 2 個各中間)	1. DCV	0.8	0.6	0.75
(夾子 2 個各中間)	2. DCV	0.8	0.75	0.75
(夾子 2 個各中間)	3. DCV	0.75	0.75	0.75
平均		0.75 mA	0.74V	
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	1. mA	1.15	1.0	0.8
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	2. mA	1.15	0.95	0.85
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	3. mA	1.2	1.0	0.85
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	1. DCV	0.75	0.75	0.75
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	2. DCV	0.75	0.75	0.75
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	3. DCV	0.75	0.7	0.7
平均		0.99 mA	0.738V	



### 【結果】

由上述實驗得知,泡水 2 分鐘後,第一片含水量高,毫安培的數值較高,而第二片及第三片含水量漸少,故電流數值較低。

### 【思考方向】

為了確定水會不會影響電流及電壓大小,所以決定用日曬後乾燥及泡水的馬鈴薯來進行實驗,結果發現,泡水的馬鈴薯效果較佳。

### 【實驗十】: 日曬後馬鈴薯的電流及電壓及浸泡水後電流及電壓的變化:

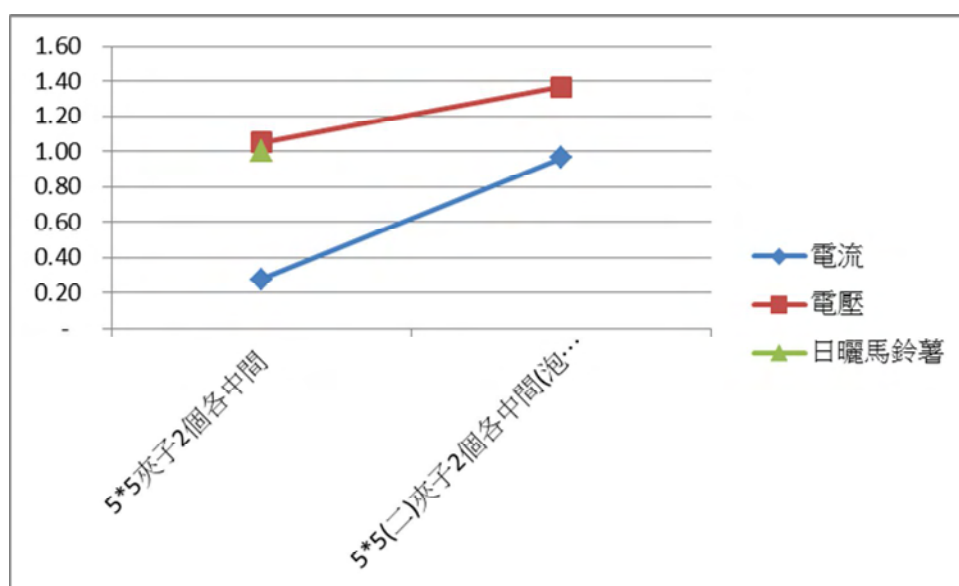
#### 一、 研究步驟

將切片馬鈴薯放在陽台有日照處,待 3 小時後(氣溫約 27 度),觀察電壓及電流的大小。



表 15.馬鈴薯日曬時間 3 小時與泡水後記錄表

馬鈴薯面積(cm <sup>2</sup> )		5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
日曬	原先重量 g	12g	11g	15g
日曬	乾燥後重量 g	8g	8g	11g
(夾子 2 個各中間)	1. mA	0.1	0.5	0.2
(夾子 2 個各中間)	2. mA	0.1	0.6	0.1
(夾子 2 個各中間)	3. mA	0.15	0.65	0.1
(夾子 2 個各中間)	1. DCV	0.8	1.25	0.9
(夾子 2 個各中間)	2. DCV	0.75	1.2	1.25
(夾子 2 個各中間)	3. DCV	0.9	1.35	1.05
平均		0.277mA		1.05V
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	1. mA	0.95	1.325	0.6
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	2. mA	1.0	1.25	0.625
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	3. mA	1.025	1.3	0.6
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	1. DCV	1.4	1.4	1.25
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	2. DCV	1.4	1.45	1.3
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18°C)	3. DCV	1.4	1.4	1.3
平均		0.963 mA		1.366V



**【結果】**

由上述實驗得知，泡水 2 分鐘，電流及電壓均增加了

**【思考方向】**

使用烤箱烤及泡水後的馬鈴薯，是否同樣影響電壓及電流。

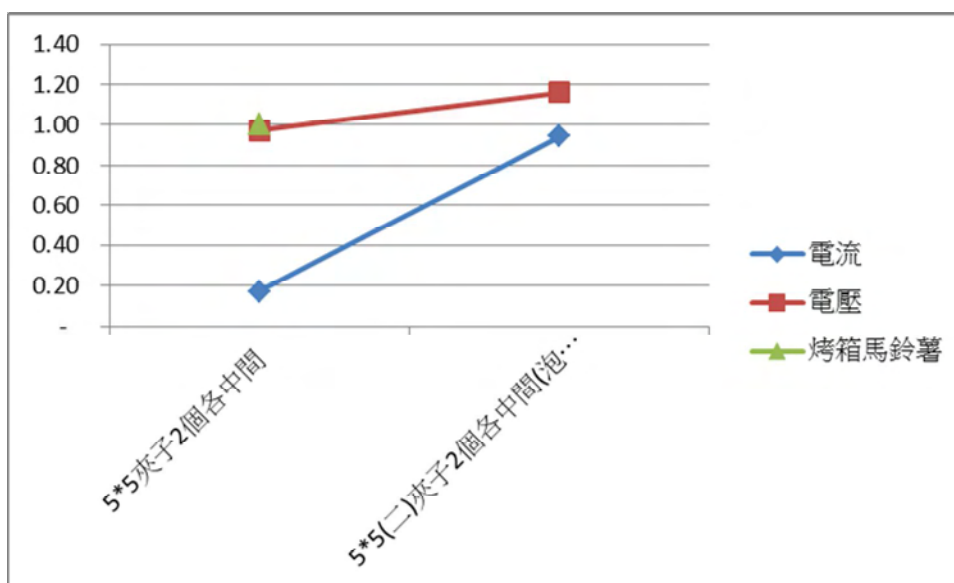
【實驗十一】：烤箱烤後馬鈴薯的電流及電壓及浸泡水後電流及電壓的變化:

一、 研究步驟

將切片馬鈴薯放在烤箱 20 分鐘，觀察電壓及電流的大小。

表 16.馬鈴薯烤箱 20 分鐘與泡水後記錄表

馬鈴薯面積( cm <sup>2</sup> )		5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
烤箱	原先重量 g	15g	14g	15g
烤箱	乾燥後重 量 g	8g	9g	9g
(夾子 2 個各中間)	1. mA	0.3	0.1	0.1
(夾子 2 個各中間)	2. mA	0.25	0.25	0.1
(夾子 2 個各中間)	3. mA	0.25	0.1	0.1
(夾子 2 個各中間)	1. DCV	1.1	1.05	0.7
(夾子 2 個各中間)	2. DCV	1.05	1.2	0.75
(夾子 2 個各中間)	3. DCV	1.25	0.9	0.75
平均		0.172mA		0.972V
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18℃)	1. mA	0.8	1.25	0.8
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18℃)	2. mA	0.8	1.25	0.75
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18℃)	3. mA	0.85	1.25	0.75
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18℃)	1. DCV	1.1	1.15	1.15
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18℃)	2. DCV	1.2	1.2	1.1
(夾子 2 個各中間)(泡水 2 分鐘,水溫 18℃)	3. DCV	1.25	1.2	1.1
平均		0.944mA		1.161V



【結果】

由上述實驗得知,泡水後電流及電壓均增加了。

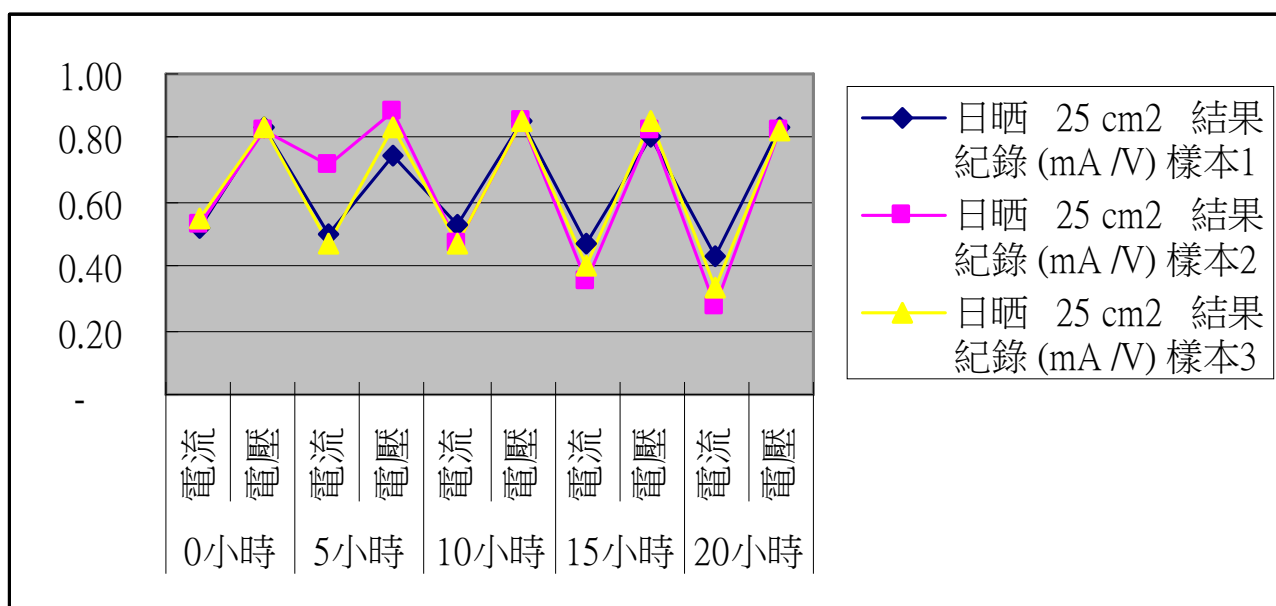
【思考方向】

做完那麼多實驗後，既然馬鈴薯可以發電，我們決定用在日常生活中，馬鈴薯串聯是否可以驅動電子鐘和 LED 燈。

【實驗十二】：將馬鈴薯日曬及加鹽後的電流及電壓及浸泡水後電流及電壓的變化：

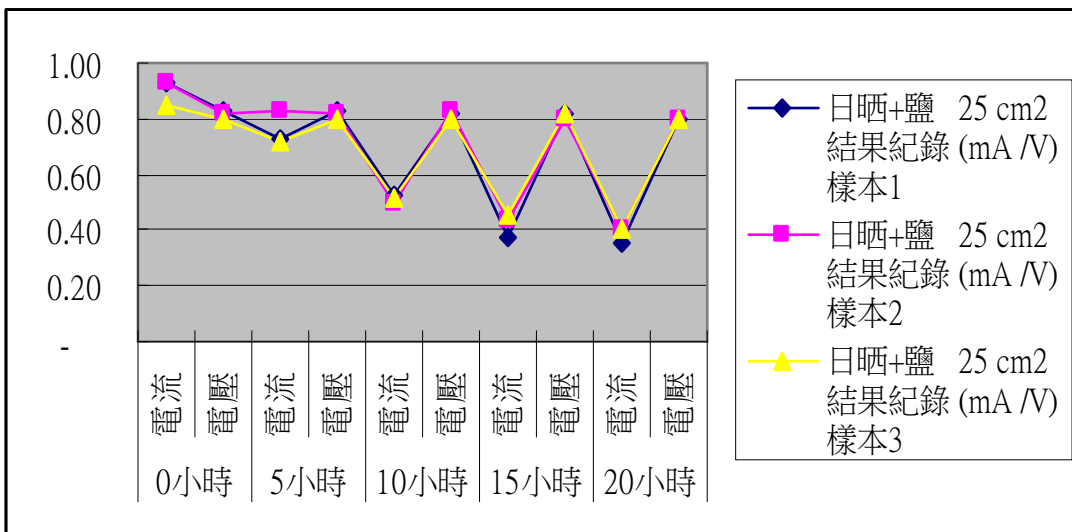
日晒 25 cm<sup>2</sup> 結果紀錄 (mA /V)

日曬時數	馬鈴薯片	原重量	乾燥後	保水率	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均	總平均
0 小時	樣本 1	16.0g	16.0g	100%	0.6/0.83	0.4/0.83	0.55/0.83	0.52//0.83	0.53mA
	樣本 2	22.1g	22.1g	100%	0.6/0.8	0.45/0.82	0.55/0.83	0.53/0.82	0.827V
	樣本 3	18.8g	18.8g	100%	0.65/0.83	0.4/0.82	0.6/0.83	0.55//0.83	
5 小時	樣本 1	16.0g	13.1g	81.88%	0.5/0.75	0.45/0.75	0.55/0.75	0.5/0.75	0.56mA
	樣本 2	22.1g	19.1g	86.43%	0.8/0.95	0.7/0.85	0.65/0.85	0.72/0.88	0.82V
	樣本 3	18.8g	16.0g	85.11%	0.45/0.85	0.45/0.8	0.5/0.85	0.47/0.83	
10 小時	樣本 1	23.2g	17.1g	73.71%	0.5/0.85	0.6/0.85	0.5/0.85	0.53/0.85	0.49mA
	樣本 2	19.6g	13.6g	69.39%	0.5/0.85	0.45/0.85	0.45/0.85	0.47/0.85	0.85V
	樣本 3	16.1g	10.7g	66.46%	0.45/0.85	0.5/0.85	0.45/0.85	0.47/0.85	
15 小時	樣本 1	19.7g	12.4g	62.94%	0.4/0.8	0.55/0.8	0.45/0.8	0.47/0.8	0.41mA
	樣本 2	15g	8.7g	58%	0.35/0.8	0.35/0.85	0.35/0.8	0.35/0.82	0.82V
	樣本 3	19.2g	12.8g	66.67%	0.35/0.85	0.45/0.85	0.4/0.85	0.4/0.85	
20 小時	樣本 1	19.8g	11.4g	57.58%	0.4/0.85	0.4/0.8	0.5/0.85	0.43/0.83	0.34mA
	樣本 2	17.3g	9.6g	55.49%	0.3/0.8	0.25/0.8	0.25/0.85	0.27/0.82	0.82V
	樣本 3	17.6g	10.2g	57.95%	0.3/0.8	0.35/0.8	0.35/0.85	0.33/0.82	



日晒+鹽 25 cm<sup>2</sup> 結果紀錄 (mA /V)

日曬時數	馬鈴薯片	原重量	乾燥後	保水率	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均	總平均
0 小時	樣本 1	20.1g	20.1g	100%	0.9/0.85	0.95/0.85	0.95/0.8	0.93/0.83	0.90mA
	樣本 2	23.8g	23.8g	100%	0.95/0.85	0.95/0.8	0.9/0.8	0.93/0.82	0.82V
	樣本 3	25.3g	25.3g	100%	0.8/0.8	0.85/0.8	0.9/0.8	0.85/0.8	
5 小時	樣本 1	20.1g	16.g	83.08%	0.8/0.85	0.75/0.85	0.65/0.8	0.73/0.83	0.76mA
	樣本 2	23.8g	20.9g	87.82%	0.85/0.85	0.85/0.8	0.8/0.8	0.83/0.82	0.82V
	樣本 3	25.3g	22.1g	87.35%	0.6/0.8	0.75/0.8	0.8/0.8	0.72/0.8	
10 小時	樣本 1	14.6g	9.6g	65.75%	0.5/0.8	0.55/0.85	0.55/0.8	0.53/0.82	0.52mA
	樣本 2	20.7g	15.5g	74.88%	0.45/0.8	0.5/0.85	0.55/0.85	0.5/0.83	0.82V
	樣本 3	20g	14.5g	72.5%	0.5/0.8	0.55/0.8	0.5/0.8	0.52/0.8	
15 小時	樣本 1	13.9g	8.1g	58.27%	0.4/0.8	0.35/0.85	0.35/0.8	0.37/0.82	0.42mA
	樣本 2	19.8g	12.8g	64.65%	0.45/0.8	0.45/0.8	0.4/0.8	0.43/0.8	0.81V
	樣本 3	25g	17g	68%	0.4/0.8	0.45/0.8	0.5/0.85	0.45/0.82	
20 小時	樣本 1	18.7g	11.2g	59.89%	0.35/0.8	0.35/0.8	0.35/0.8	0.35/0.8	0.38mA
	樣本 2	20.4g	12.3g	60.29%	0.45/0.8	0.4/0.8	0.35/0.8	0.4/0.8	0.8V
	樣本 3	21.6g	13.6g	62.96%	0.35/0.8	0.4/0.8	0.45/0.8	0.4/0.8	



日晒的馬鈴薯



加鹽的馬鈴薯

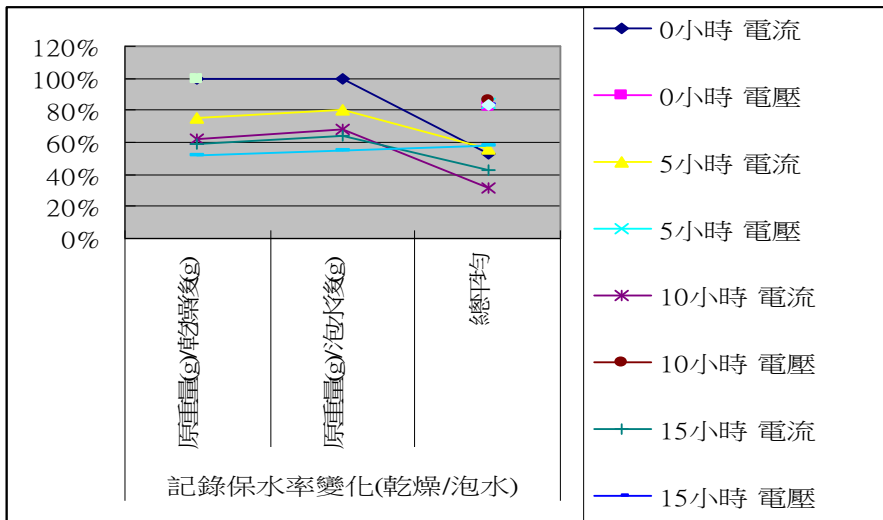


**【實驗十三】：以泡水提高保水率是否會提高發電效率?( 浸泡 2 分鐘)**

記錄保水率變化(乾燥/泡水)

日晒 25 cm<sup>2</sup> 結果紀錄 (mA /V)

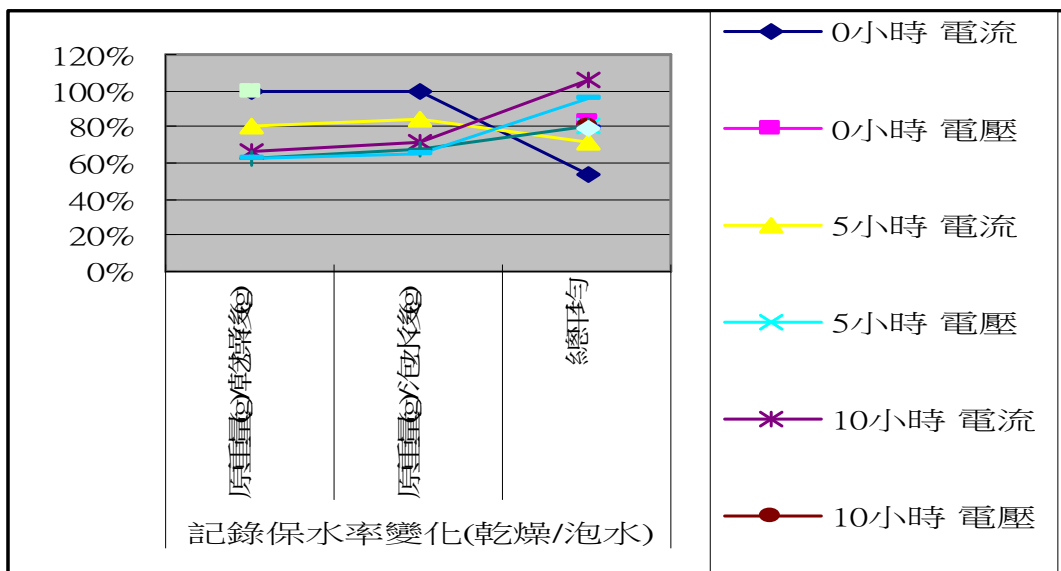
日曬時數	馬鈴薯片	原重量(g)	乾燥後(g)	泡水後(g)	保水率變化 (%)	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均	總平均
0 小時	樣本 1	19.3g	19.3g	19.3g	100/100	0.6/0.83	0.4/0.83	0.55/0.83	0.52//0.83	0.53mA 0.827V
	樣本 2	10.3g	10.3g	10.3g	100/100	0.6/0.8	0.45/0.82	0.55/0.83	0.53/0.82	
	樣本 3	20.1g	20.1g	20.1g	100/100	0.65/0.83	0.4/0.82	0.6/0.83	0.55//0.83	
5 小時	樣本 1	19.3g	15.2g	16.2g	78.76/83.94	0.65/0.9	0.55/0.85	0.7/0.9	0.63/0.88	0.56mA 0.843V
	樣本 2	10.3g	6.8g	7.6g	66.02/73.79	0.4/0.8	0.45/0.8	0.45/0.8	0.47/0.8	
	樣本 3	20.1g	16.1g	16.8g	80.1/83.58	0.55/0.8	0.55/0.85	0.6/0.9	0.57/0.85	
10 小時	樣本 1	17.2g	10.5g	11.5g	61.05/66.86	0.25/0.85	0.3/0.85	0.3/0.85	0.28/0.85	0.32mA 0.86V
	樣本 2	20.1g	12.5g	13.6g	62.19/67.66	0.25/0.9	0.3/0.85	0.35/0.9	0.3/0.88	
	樣本 3	22.4g	14.4g	15.5g	64.29/69.20	0.35/0.85	0.4/0.85	0.35/0.85	0.37/0.85	
15 小時	樣本 1	27.8g	18.5g	19.4g	66.55/69.78	0.5/0.85	0.55/0.8	0.55/0.85	0.53/0.83	0.43mA 0.833V
	樣本 2	13.7g	7.7g	8.5g	56.2/62.04	0.4/0.85	0.4/0.85	0.35/0.85	0.38/0.85	
	樣本 3	16.9g	9.1g	10.2g	53.85/60.36	0.35/0.8	0.4/0.85	0.4/0.8	0.38/0.82	
20 小時	樣本 1	15.4g	6.2g	6.7g	40.26/43.51	0.6/0.85	0.5/0.85	0.5/0.85	0.45/0.85	0.58mA 0.837V
	樣本 2	21.3g	11.5g	12.1g	53.99/56.81	0.55/0.8	0.65/0.85	0.6/0.85	0.6/0.83	
	樣本 3	27.2g	16.5g	17.2g	60.66/63.24	0.65/0.85	0.65/0.85	0.75/0.8	0.68/0.83	



日晒+鹽 25 cm<sup>2</sup> 結果紀錄 (mA /V)

日曬時數	馬鈴薯片	原重量(g)	乾燥後(g)	泡水後(g)	保水率變化 (%)	第一次測試	第二次測試	第三次測試	平均	總平均
0小時	樣本 1	18.1g	18.1g	18.1g	100/100	0.6/0.83	0.4/0.83	0.55/0.83	0.52/0.83	0.53mA 0.827V
	樣本 2	19.4g	19.4g	19.4g	100/100	0.6/0.8	0.45/0.82	0.55/0.83	0.53/0.82	
	樣本 3	17.2g	17.2g	17.2g	100/100	0.65/0.83	0.4/0.82	0.6/0.83	0.55/0.83	
5小時	樣本 1	18.1g	14.1g	14.9g	77.9/82.32	0.6/0.85	0.65/0.8	0.65/0.8	0.63/0.82	0.71mA 0.807V
	樣本 2	19.4g	15.6g	16.5g	80.41/85.05	0.8/0.8	0.75/0.8	0.75/0.8	0.77/0.8	
	樣本 3	17.2g	13.5g	14.4g	78.49/83.72	0.75/0.8	0.7/0.8	0.7/0.8	0.72/0.8	
10小時	樣本 1	18.3g	11.9g	12.7g	65.03/69.4	0.8/0.8	0.9/0.8	1.0/0.8	1.35/0.8	1.06mA 0.81V
	樣本 2	21.2g	14.2g	15.1g	66.98/71.23	0.9/0.8	0.9/0.8	0.95/0.85	0.92/0.82	
	樣本 3	20g	13.5g	14.4g	67.5/72.0	0.9/0.8	0.95/0.8	0.85/0.8	0.9/0.8	
15小時	樣本 1	21.9g	13.9g	15.1g	63.47/68.95	0.85/0.8	0.9/0.75	0.9/0.8	0.88/0.78	0.81mA 0.79V
	樣本 2	21.4g	13.1g	14.2g	61.21/66.36	0.9/0.8	0.75/0.8	0.8/0.8	0.82/0.8	
	樣本 3	20.7g	13g	13.9g	62.8/67.15	0.75/0.8	0.75/0.8	0.7/0.8	0.73/0.8	
20小時	樣本 1	25.7g	16.1g	16.8g	62.62/65.37	0.85/0.85	1.0/0.8	0.9/0.85	0.92/0.83	0.96mA 0.79V
	樣本 2	21.1g	12.8g	13.6g	60.66/64.45	1.05/0.75	1.05/0.75	1.0/0.85	1.03/0.78	
	樣本 3	26.4g	16.6g	17.3g	62.88/65.53	1.05/0.75	0.85/0.8	0.9/0.75	0.93/0.76	





討論：發霉的馬鈴薯供電不穩定

馬鈴薯面積( cm <sup>2</sup> )		5*5(一)	5*5(二)	5*5(三)
<b>發霉+鹽</b>				
(夾子 2 個各中間)	1. mA	0.8	1.0	0.6
(夾子 2 個各中間)	2. mA	0.9	0.95	0.5
(夾子 2 個各中間)	3. mA	0.9	1.0	0.5
(夾子 2 個各中間)	1. DCV	0.8	0.75	0.8
(夾子 2 個各中間)	2. DCV	0.75	0.8	0.75
(夾子 2 個各中間)	3. DCV	0.75	0.8	0.75
<b>平均</b>		<b>0.794 mA</b>	<b>0.772V</b>	
<b>發霉</b>				
(夾子 2 個各中間)	1. mA	0.3	0.4	0.6
(夾子 2 個各中間)	2. mA	0.3	0.45	0.5
(夾子 2 個各中間)	3. mA	0.3	0.45	0.5
(夾子 2 個各中間)	1. DCV	0.85	0.85	0.8
(夾子 2 個各中間)	2. DCV	0.85	0.9	0.8
(夾子 2 個各中間)	3. DCV	0.85	0.9	0.85
<b>平均</b>		<b>0.422mA</b>	<b>0.85V</b>	



**【實驗十四】：用薄片馬鈴薯是否可以驅動電子鐘與 LED 燈**

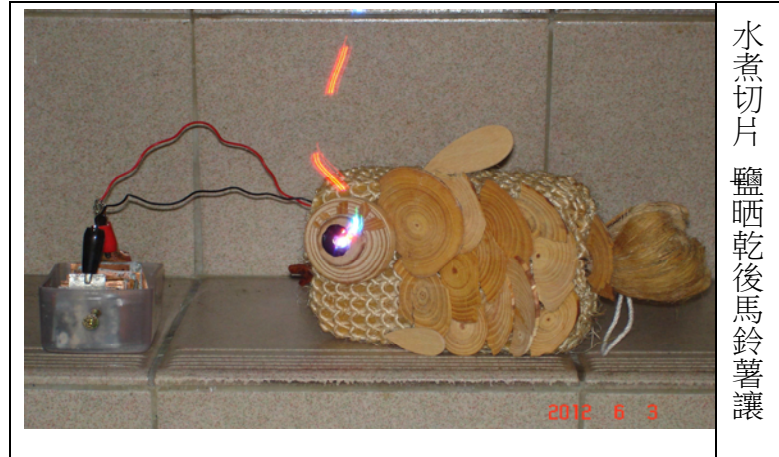
一、 研究步驟：

厚度 0.4 公分，4\*4 的切片水煮馬鈴薯，以銅片+馬鈴薯+鋅片為一組馬鈴薯電池，依序串聯 1 組、2 組、3 組、4 組、5 組、6 組、7 組、8 組、9 組。

第一次：

表 17. 4\*4 串聯(銅片+馬鈴薯+鋅片為一組)

組別	mA	DCV
1.	1.3	0.95
2.	1.55	1.35
3.	1.8	1.5
4.	1.95	1.65
5.	2.05	1.95
6.	2.05	2.45
7.	1.75	2.5
8.	1.75	2.5 以上
9.	1.6	2.5 以上



水煮切片  
曬乾後馬鈴薯讓

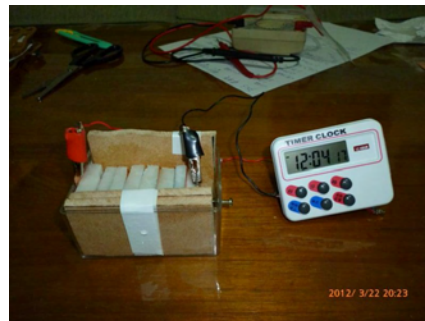


水煮切片馬鈴薯讓  
筒亮手電

第二次：

表 18. 4\*4 串聯(銅片+馬鈴薯+鋅片為一組)

組別	mA	DCV
1.	1.25	0.85
2.	1.45	1.15
3.	1.5	1.15
4.	1.65	1.2
5.	1.75	1.5
6.	1.95	2.2
7.	2.1	2.5
8.	2.15	2.5 以上



➡ 電子鐘燈亮了

### 【結果】

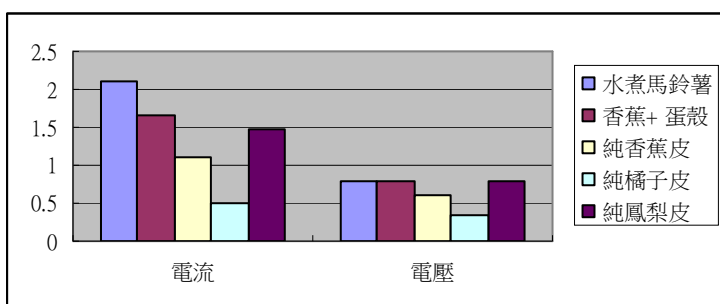
由上述實驗得知,串聯至第八片馬鈴薯可使 LED 燈及電子鐘動起來。我們用了八片長度為 4 公分,寬度為 4 公分,厚度為 0.3~0.5 公分的熟馬鈴薯,我們成功的讓 LED 燈亮了,用的電極是鋅片和銅片,串聯起來,接上 LED 燈後開始計時,每隔 12 個小時觀察一次,總計馬鈴薯電池使 LED 燈亮了 324 個小時。

### 【思考方向】

我們經由網路知道馬鈴薯、水果皮、蛋殼…等,可以發電,我們想知道廚餘用來發電效果是否較佳,所以續做以下實驗。

表 19.水果電池與馬鈴薯電池比較表

	水煮馬鈴薯	香蕉皮+ 蛋殼	純香蕉皮	純橘子皮	純鳳梨皮
mA	2.1	1.65	1.116	0.5	1.48
DCV	0.78	0.783	0.616	0.333	0.8

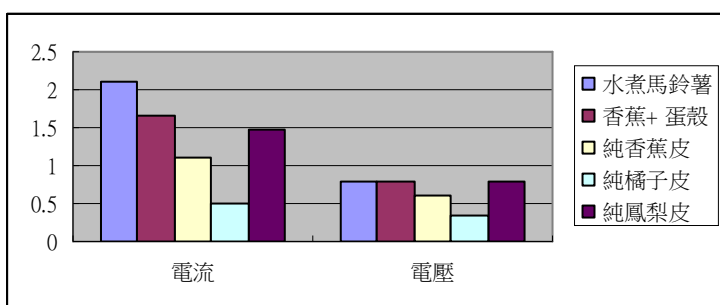


## 伍、討論

一、水煮馬鈴薯的發電效能比較好,不容易臭,是固體,所以本實驗採用馬鈴薯當作電池的主要來源。

表 19.水果電池與馬鈴薯電池比較表

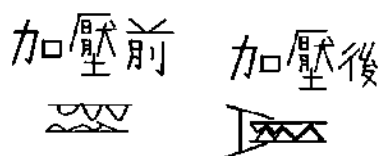
	水煮馬鈴薯	香蕉皮+ 蛋殼	純香蕉皮	純橘子皮	純鳳梨皮
mA	2.1	1.65	1.116	0.5	1.48
DCV	0.78	0.783	0.616	0.333	0.8



二、我們從化工廠取得鋅片,從專門製造的工廠取得銅片和鋁片,在五金行買到鐵片,而鋅片是最難取得的,現在的電池都是鐵而不是鋅,我們去了資源回收場也找不到,最後在化學材料行取得。

三、用整顆的馬鈴薯做電極距離去測量,並沒有太大的差別,而電壓跟電極有關,所以 1 顆馬鈴薯等於 1 顆 1.5V 的電池,只是用較久後,電解質比較差,切馬鈴薯對我們而言是有困難的,盡最大的努力厚度最薄只能切在 0.3~0.5cm 中間。

- 四、蒸的切片馬鈴薯發電優於其他；但較水煮馬鈴薯費時且浪費瓦斯，所以均改水煮馬鈴薯；馬鈴薯中含有鉀、鈣、磷，鉀跟鈣可以溶於水，所以水煮的可能將鉀和鈣流失於水中，故導電效果比蒸的差；馬鈴薯表面積愈大電流愈大，可是 3\*3 之後就差不多，因為電極面積 3\*3 所以反應面積有限。
- 五、因這次實驗，三用電表是第一次使用，有點搞不清楚是如何使用，是經過好幾次的實驗，才知如何正確使用，一定不能偷懶，測 mA 及 DCV 時，一定先切換 mA 再切換 DCV，這樣數據才會正確且穩定。
- 六、光是切馬鈴薯就浪費了一堆，尤其我們是測熟馬鈴薯，太熟一切就散，而且切時還會燙手。
- 七、耶路撒冷希伯來大學(Hebrew University of Jerusalem)的伊森研究發展公司(Yisum Research Development Co.)研發出馬鈴薯電池技術，產生電力的成本將比普通電池便宜 5 到 50 倍，在電解作用前先水煮馬鈴薯，會比未經處理的馬鈴薯多上 10 倍的電力，電池可供電數日甚至更久，在開發中國家將具有推廣潛力。
- 八、從金屬燃燒實驗中，可得知不同金屬對氧活性之差別。一般常見金屬對氧的活性大小順序為：鉀>鈉>鈣>鎂>鋁>碳>鋅>鐵>錫>鉛>銅>銀>金。愈左邊的元素（如鉀、鈉）愈容易與氧作用，表示對氧的活性大；愈右邊的元素（如金）則愈不易與氧作用，表示對氧的活性小，我們一開始推論鋁銅最好,但馬鈴薯跟鋁反應不大，所以鋅銅最好。
- 九、加壓：馬鈴薯片和電極的表面粗糙，接觸面積小，電流小；加壓後馬鈴薯片和電極的表面接觸變大，電流也會變大。



- 十、曬乾能增加馬鈴薯的韌性，使加壓時馬鈴薯片更不容易破裂。但日曬超過 20 小時後，其保水率若低於 40 小時，則馬鈴薯會因乾燥而彎曲變形，導致無法操縱測量電流及電壓。
- 十一、用了八片長度為 4 公分，寬度為 4 公分，厚度為 0.3~0.5 公分的熟馬鈴薯，我們成功的讓 LED 燈亮了，用的電極是鋅片和銅片，串聯起來，接上 LED 燈後開始計時，每隔 12 個小時觀察一次，總計馬鈴薯電池使 LED 燈亮了，並維持 324 個小時。

## 陸、結論

- 一、馬鈴薯真的可以發電，馬鈴薯的大小會影響電流、電極接觸的面積，會影響電壓的大小，愈大愈佳；含水率愈高電流愈大，乾燥容易保存，建議先煮過再烤乾，泡水後就可當隨身電池。
- 二、熟馬鈴薯的電壓要串聯比較多片之後才会有明顯差異；而馬鈴薯串聯的電壓可以很高，

串連至 5 片時，電壓可達 1.5V，串聯至 9 片時，最高電壓超過 2.5V。

- 三、發霉後的馬鈴薯片發電效率降低，若在通風場所則較不易發霉，建議使用者要注意發霉情形。
- 四、乾燥後的馬鈴薯片較易保存，泡水後仍可使用，尤其以加鹽後發電效果較好。
- 五、將熟馬鈴薯切成八片，每片長度為 4 公分，寬度為 4 公分，厚度為 0.3~0.5 公分，並串聯起來，接上 LED 燈，每隔 12 個小時觀察一次，馬鈴薯電池使 LED 燈亮了，不一定要非常大顆的馬鈴薯才能夠提供很久的電力，我們只利用了八片就可以驅動 LED 燈並且維持 324 個小時。
- 六、馬鈴薯種植容易成本低廉，對非洲、拉丁美洲居民不會造成負擔，只要煮熟切片即能使用『馬鈴薯檯燈』，而將馬鈴薯切片後曬乾保存，可延長保存時間，泡水 2 分鐘就可使用，能讓 LED 手電筒發光，且發光時數長，能重複使用，幫助這些貧困的學童閱讀和寫功課。

## 柒、建議

- 一、馬鈴薯電池體積太大，而因環保的利益，可以重複利用，不汙染環境，最後可以回歸大自然。不建議用果皮類來發電是因為果皮容易腐爛，所以不建議。
- 二、馬鈴薯電池比太陽能電池的成本來得低，且電極片可重複使用，而太陽能電池壞掉後不容易修復，馬鈴薯電池組裝方便，技術性低，對於非洲居民來說較容易操作，建議一盞燈計畫可以採用我們所設計的馬鈴薯電池。

## 捌、參考資料

- 一、新聞大字報  
[http://tw.tzhreader.com/2010/06/blog-post\\_5661.html](http://tw.tzhreader.com/2010/06/blog-post_5661.html)
- 二、馬鈴薯時鐘拍賣網站  
<http://www.herbuy.com.tw/product/index.php?pid=311417839>
- 三、開發馬鈴薯電池供開發中國家使用  
<http://chinese.engadget.com/2010/06/20/yisum-develops-potato-powered-batteries-for-the-developing-world/#comments>
- 四、99 學年度臺中市國民中小學科學展覽會  
[http://science.tc.edu.tw/up99/93\\_%E5%8F%B0%E4%B8%AD%E5%B8%82%E7%A7%91%E5%B1%95%E7%94%9F%E6%B4%BB%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%A7%91-%E9%A6%AC%E4%BE%86%E9%9B%BB\\_%E7%BF%81%E5%AD%90%E5%9C%8B%E5%B0%8F\\_.pdf](http://science.tc.edu.tw/up99/93_%E5%8F%B0%E4%B8%AD%E5%B8%82%E7%A7%91%E5%B1%95%E7%94%9F%E6%B4%BB%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%A7%91-%E9%A6%AC%E4%BE%86%E9%9B%BB_%E7%BF%81%E5%AD%90%E5%9C%8B%E5%B0%8F_.pdf)

## 【評語】 080213

對馬鈴薯的發電效果進行多種測試，研究精神值得肯定，表達能力很好。