

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030823

他來「電」了

～使用水耕植物培養液於化學電池之研究

學校名稱：苗栗縣立頭份國民中學

作者：  國二 陳 聖  國二 郭泰驛  國二 鄭 閔	指導老師：  張聖麒  李桂雲
---	-----------------------------

關鍵詞：植物工廠、化學電池

# 摘要

本實驗旨在以簡單的化學電池，使用水耕植物的培養液體作電解質，代替植物工廠的電源裝置，達到節省能源的效果。首先測試增加光照時間是否可以促進植物生長，在經過多次測試及嘗試栽種水耕植物的實驗，增加光照時間確實可以讓多數植物加快生長速度，對於產能可以有所提升。

利用各種不同電極進行組合，選取其中電位差較大的電極組合，連結 LED 組，經過最長 8 小時放電的測試下，都能持續維持 LED 之亮度。最後在測試補充培養液中鋅離子的實驗中，約放電 4 小時，即可達補充鋅離子之濃度。在考量溶液內金屬離子的濃度，改以其他效能更好的化學電池(如燃料電池)或配合植物工廠配件，開發新裝置，可以讓植物工廠提高效益，達到節能之目標。

## 壹、 實驗動機

於八年級上學期，經由老師的介紹，跟學校同學一起去參觀「植物工廠展」，了解到植物工廠的許多特色裝置、發展植物工廠的背景以及各種未來應用。植物工廠是指利用人工照明(如 LED 燈)取代太陽光，或是自然光與人工光源混合等不同類型的照明，讓植物因為更長的光照時間，縮短植物的生長期，增加糧食產能的方式。

植物工廠的用意在於解決耕地不足及因應都市化發展，讓一般民眾也能夠利用都市住宅的小空地或陽台空閒處栽種蔬菜，近年，因食安問題屢上新聞，讓綠色工廠受到重視。參觀完展覽後，對於植物工廠感到十分好奇，但覺使用一般電能提供 LED 發亮實是浪費，因此連結自然領域課程中之氧化還原反應，並從其廣義角度延伸~由鋅銅電池發想，利用植物工廠本身的培養液來發電，於是開啟本實驗的探究。

## 貳、 實驗目的

- 一、 探討 LED 光照對植物的生長情形
  - (一) 利用市售栽培盆增加植物照光時間，觀察植物生長情形
  - (二) 探討不同 LED 色光對於植物生長情形的影響
  - (三) 探討不同 LED 光照距離對於植物生長情形的影響
  - (四) 探討不同光照週期對於植物生長情形的影響
- 二、 探討利用一般市售培養液及自製培養液製作化學電池產生的效能
  - (一) 利用不同電極，以市售培養液及自製培養液為電解質製作化學電池
  - (二) 利用電位差高且穩定的化學電池，測試 LED 燈的發亮時間及電位差改變情形
  - (三) 探討利用化學電池的氧化還原反應，進行培養液離子補充及發電效益
- 三、 探討自製裝置與植物工廠花費之電費及成本比較

## 參、 研究設備及器材

### 一、設備及器材

市售培養液	打氣機	電導度計	定時器	光碟
				
廣用試紙	三用電表	照度計	麵包板	鎂片
				
備長炭	鋅片	鎳片	碳棒	鐵線
				
鋁片	銅片			
				

### 二、自製培養液配方用化合物

1. 硝酸鈣( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )：使農作物吸收快速，在酸性土壤使用可提高土壤 pH 值。
2. 硝酸鉀( $\text{KNO}_3$ )：用於複合肥料及花卉、蔬菜、果樹等經濟作物的葉面噴施肥料。
3. 磷酸一銨( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )：磷含量極高，可供應作物所需足夠的磷肥。
4. 硫酸鎂( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )：鎂是葉綠素的成分之一。被用於盆栽植物或缺鎂的農作物，例如西紅柿、馬鈴薯、玫瑰等。
5. 磷酸一鉀( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )：具有顯著增產、優化品質、抗倒伏、抗病蟲害、防治早衰、克服作物根系老化而導致的營養不足等作用。

6. 硼酸( $H_3BO_3$ )：噴施後能迅速被葉、莖枝吸收，於土壤中無沉積，不造成污染。
7. 硫酸鋅( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ )：可用於防止果樹苗圃的病害，也是一種補充鋅微量元素肥的常用肥料，可做基肥、葉面肥等。
8. 硫酸銅( $CuSO_4$ )用於消滅真菌，大多數真菌只需非常低濃度的硫酸銅就可被消滅，也可用來控制大腸桿菌。
9. 鉬酸銨( $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot H_2O$ )在肥料生產中，廣泛用做葉面肥、沖施肥、滴灌肥、有機肥、複合肥、基肥、種肥、追肥的添加原料。

### 三、自製培養液配方

培養液主液	使用量（溶液 1 公升）
硝酸鈣	4.7g
硝酸鉀	24.2g
磷酸一銨	3.1g
硫酸鎂	19.7g
磷酸一鉀	3.35g
培養液（微量元素）	使用量（溶液 1 公升，使用時再稀釋至 2 倍）
硼酸	12g
硫酸鋅	0.9g
硫酸銅	0.4g
鉬酸銨	0.01g
參考文獻資料，因部分離子會產生沉澱，需要分開配製，使用時再混合。 《高德錚（2006）水耕營養液調配與管理 P.4》	

## 肆、 研究過程或方法

- 一、 利用市售栽培盆增加植物照光時間，觀察植物生長情形

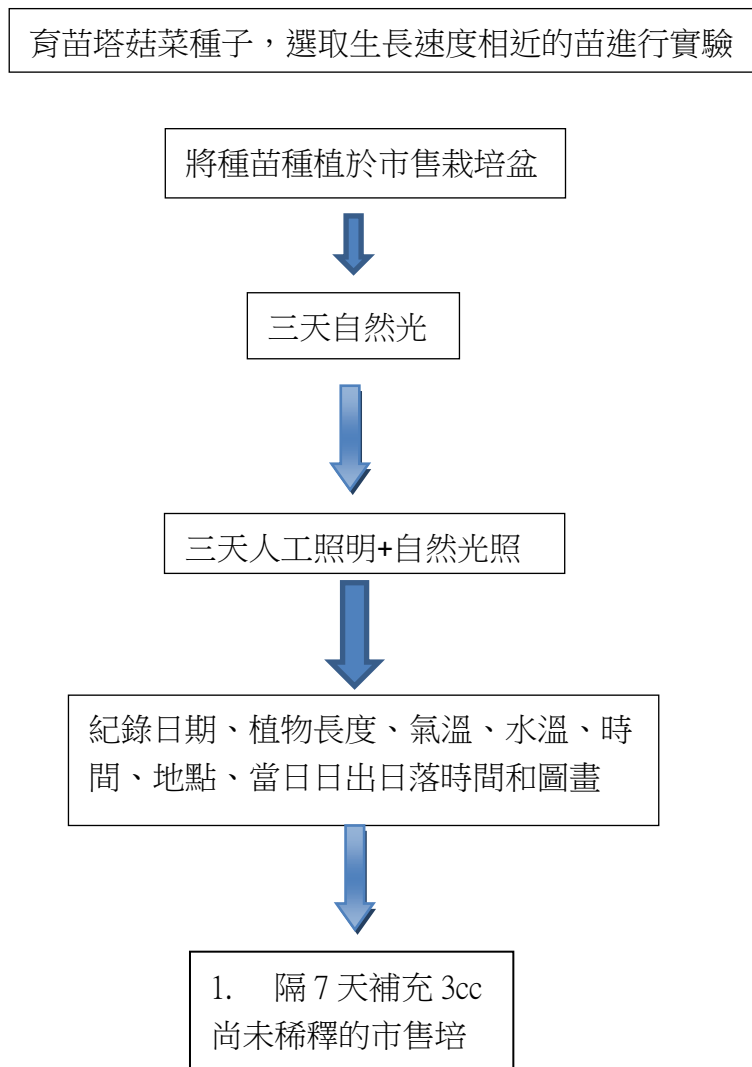
- (一) 利用市售的栽培盆，了解植物增加光照後的生長情形

為了縮短人工光照時間，本次實驗中，分為自然光照及自然光照加人工光照的混合光照兩組，種植於市售栽培盆，逐日觀察植物生長情形。

## 1. 實驗設計

- (1) 將塔菇菜 (Brassica narinosa) 種子進行育苗，選取生長速度相近的苗。
- (2) 準備 2 株塔菇菜 (Brassica narinosa)，種植於市售栽培盆中。
- (3) 光照時間設計為三天提供人工光照 (14 小時)，三天為自然光照。
- (4) 每天記錄一次長度、水溫、氣溫、紀錄時間、紀錄地點及苗栗地區的日出、日落時間，最後將植物畫下並觀察它們細微的變化。
- (5) 依照市售培養液說明書，每星期補充 3 c.c 尚未稀釋的市售培養液，以補充培養液內的離子。

## 2. 實驗流程



## 實驗櫃(暗室)製作

1. 在光距實驗裡，有一個操縱變因為距離櫃頂 20cm，假設直接以櫃子原本的設計直立擺放，每格高度只有 27~29cm，加裝燈板及小塑膠盒就沒了植物生長的空間，所以將櫃子橫放，以補足植物生長的空間。
2. 植物不需要一整格櫃子生長，因此將原先要用來當成壁板的木板拆下，裁成剛好可以立在櫃裡的大小，置入櫃內分隔成兩個櫃子。
3. 為避免照光從接縫透出，因此接縫處便採用黑色膠帶封密，同時亦固定隔板。
4. 避免照光被木板吸收，故在木板及兩側貼上白紙，後續亦紀錄於兩側的白紙上。
5. 在光照實驗中為能讓植物有睡眠的時間，於是我們需要製造出暗室，我們在櫃子上貼魔鬼氈，並在黑垃圾袋貼上魔鬼氈，將兩者結合一起，因有側縫故以膠帶再固定。

## 自製 LED 照明裝置設計

1. 我們將三片珍珠板黏在一起，每隔 5cm 插一顆燈泡，一排 5 顆共兩排。
2. 剪四條單芯線並去皮，長度大約跟從第一顆至最後一顆 LED 的長度差不多，但還是要長一點，將去皮單芯線跟一排 LED 燈的正極用焊槍焊在一起，其它的也以此類推，將兩排 LED 燈的正負極的去皮單芯線分別焊在一起。
3. 除紅光以外，其他色光或混光都需要用兩組電池盒，將兩組電池盒其中一組的正負極焊起來，另一組則正極接正極的去皮單芯線，負極接負極的去皮單芯線。
4. 為避免短路，故將正極或負極其中一條去皮單芯線用膠帶包起來，與另一極隔離。
5. 將燈板卡進櫃子裡，依照變因配置高度，卡好後將電池盒放在櫃子外面並將電線用膠帶固定，電池盒底部黏雙面膠，固定於櫃頂。

## 自製養液配置

1. 將養液分成鉅量元素及微量元素來調配，其中，硝酸鈣、硝酸鉀、磷酸一銨、硫酸鎂、磷酸一鉀為含有鉅量元素的化合物，硼酸、硫酸鋅、硫酸銅、鉬酸銨為含有微量元素的化合物。
2. 因使用 1L 燒杯，所以鉅量元素劑量全數除以 20，溶液便從 1000L 降為 50L，再將其濃縮成 1L 的養液，如此一來就是濃縮 50 倍的自製培養液。

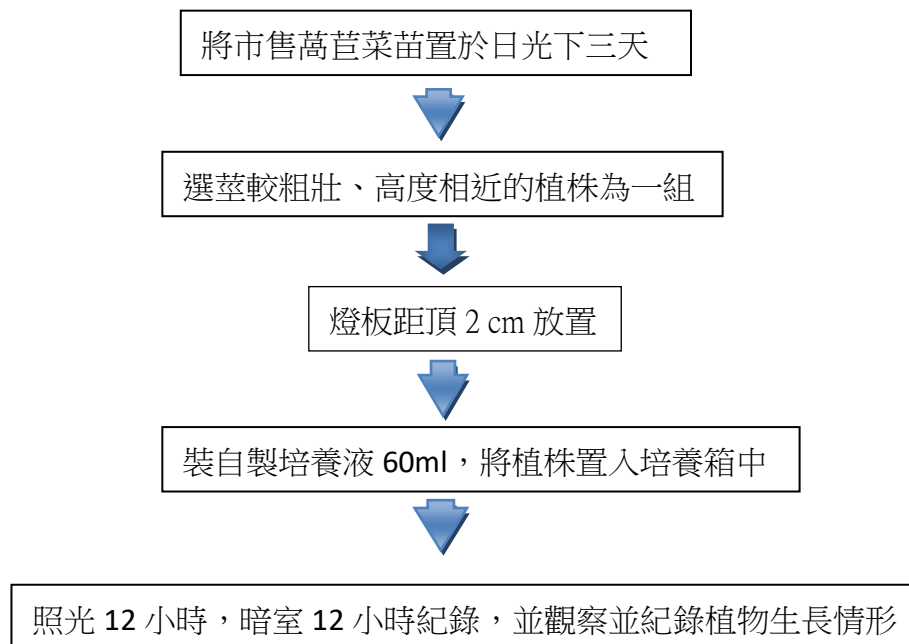
## 二、 探討不同 LED 色光對於植物生長情形的影響

控制變因	水溫	氣溫	燈板距頂 2 cm 放置	光週期：12 小時
操縱變因	不同的色光：紅、綠、藍、白、紅-白、藍-白、綠-白			
應變變因	植物生長情形			

### 1. 實驗設計

- (1) 將萵苣 (*Lactuca sativa*) 置於日光下，篩選莖較粗壯、高度相近的植株進行實驗
- (2) 每組實驗萵苣 (*Lactuca sativa*) 兩組，將飲料杯盒裝自製養液 60ml，將燈板貼齊櫃頂，並將植株置入每個格子中放於 LED 下方 (因為 LED 是點光源)。
- (3) 為固定光週期，每組照光 12 小時，之後以黑色垃圾袋覆蓋，利用魔鬼氈黏貼使櫃子變成暗室 (模擬夜晚)，讓植物有休息的時間。
- (4) 每天測量水溫、氣溫、植株高度，以直尺將植物的高度變化畫在壁紙上，最後將植物畫下並細察它們的變化。

### 2. 實驗流程



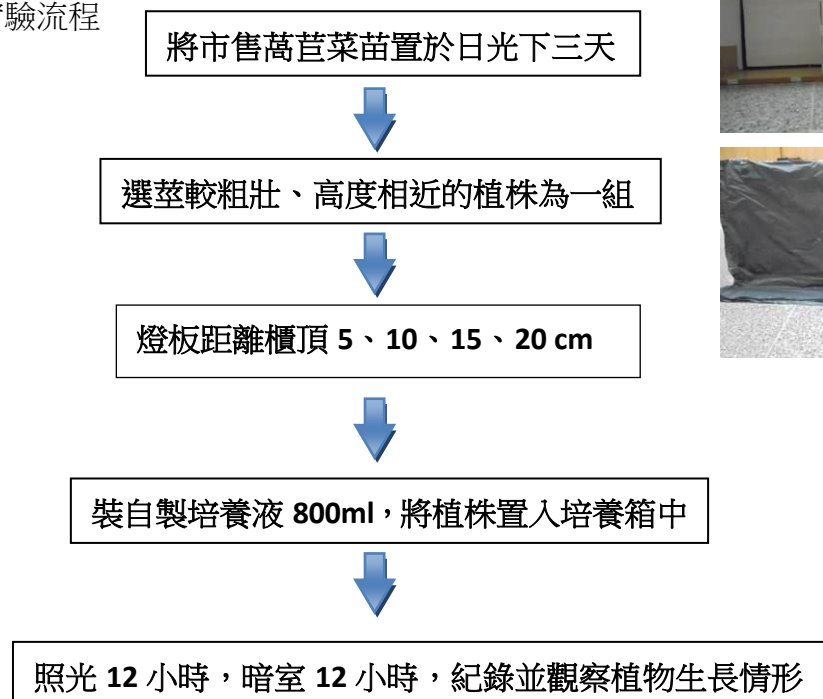
### 三、 探討不同 LED 光照距離對於植物生長情形的影響

控制變因	水溫	氣溫	色光：白	光週期：12 小時
操縱變因	燈板距櫃頂之距離：5cm、10cm、15cm、20cm			
應變變因	植物生長情形			

#### 1. 實驗設計

- (1) 將萵苣 (*Lactuca sativa*) 菜苗置於日光下，篩選莖較粗壯、高度相近的植株進行實驗
- (2) 每組實驗萵苣 (*Lactuca sativa*) 菜苗兩組，將塑膠盒裝自製養液 800ml，依變因分成距離櫃頂 5、10、15、20 公分。
- (3) 為固定光週期，每組照光 12 小時，之後以黑色垃圾袋覆蓋，利用魔鬼氈黏貼使櫃子變成暗室 (模擬夜晚)，讓植物有休息的時間，晚上 7 點開燈，翌日早上 7 點關燈。
- (4) 每天測量水溫、氣溫、植株高度，以直尺將植物的高度變化畫在壁紙上，最後將植物畫下並細察它們的變化。裝置如右

#### 2. 實驗流程





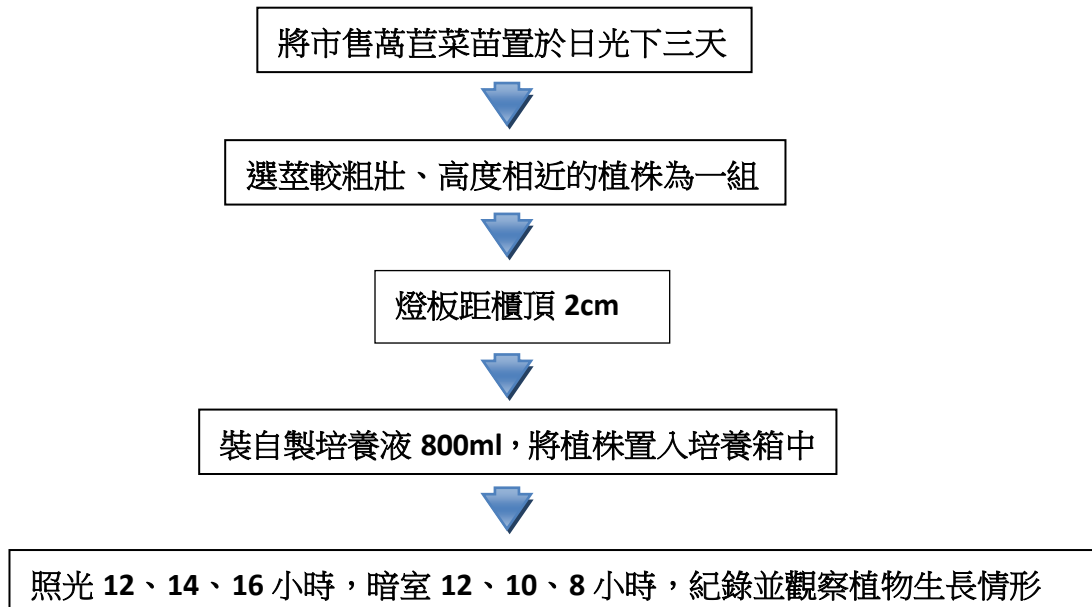
四、 探討不同光照週期對於植物生長情形的影響

控制變因	水溫	氣溫	色光：白	燈板距頂 2 cm 放置
操縱變因	光週期：12 小時、14 小時、16 小時			
應變變因	植物生長情形			

1. 實驗設計

- (1) 將萵苣 (*Lactuca sativa*) 菜苗置於日光下，篩選莖較粗壯、高度相近的植株進行實驗
- (2) 每組實驗萵苣 (*Lactuca sativa*) 菜苗兩組，將飲料杯盒裝自製養液 800ml，將燈板距櫃頂 2cm，並將植株置入每個格子中放於 LED 下方。
- (3) 依變因光週期分成照光 12、14、16 小時，之後以黑色垃圾袋覆蓋，利用魔鬼氈黏貼使櫃子變成暗室（模擬夜晚），讓植物有休息的時間。晚上 7 點開燈，翌日早上分別於 7、9、11 點關燈。
- (4) 每天測量水溫、植株高度，以直尺將植物的高度變化差畫在櫃壁的紙上，並觀察及畫下植物細微的變化。

2. 實驗流程



## 五、 探討利用一般市售培養液及自製培養液製作化學電池產生的效能

### 1. 實驗設計

- (1) 為了讓植物有穩定性高的光源，我們利用原子間的活性差距產生電位差，以確保化學電池可讓 LED 燈板產生照明，使植物生長。
- (2) 將三用電表的正負極各別接上鱷魚夾的一端，另一端輪流接上鎂、備長炭、鐵、鋅、碳、鐵、鎳、鋁、銅做為電極，除了相同電極以外皆兩兩成對，共有 28 種組合。
- (3) 將各種組合一一放入不同濃度的市售及自製培養液中，為避免誤差，測量其電位差三次，並取平均值。找出電位差最高、較穩定的電極組合，進行電池持續時間及氧化量實驗，以找出較穩定且持久的化學電池電極。



測量不同電極電位差實驗裝置

## 六、 利用不同電極，以市售培養液及自製培養液為電解質製作化學電池

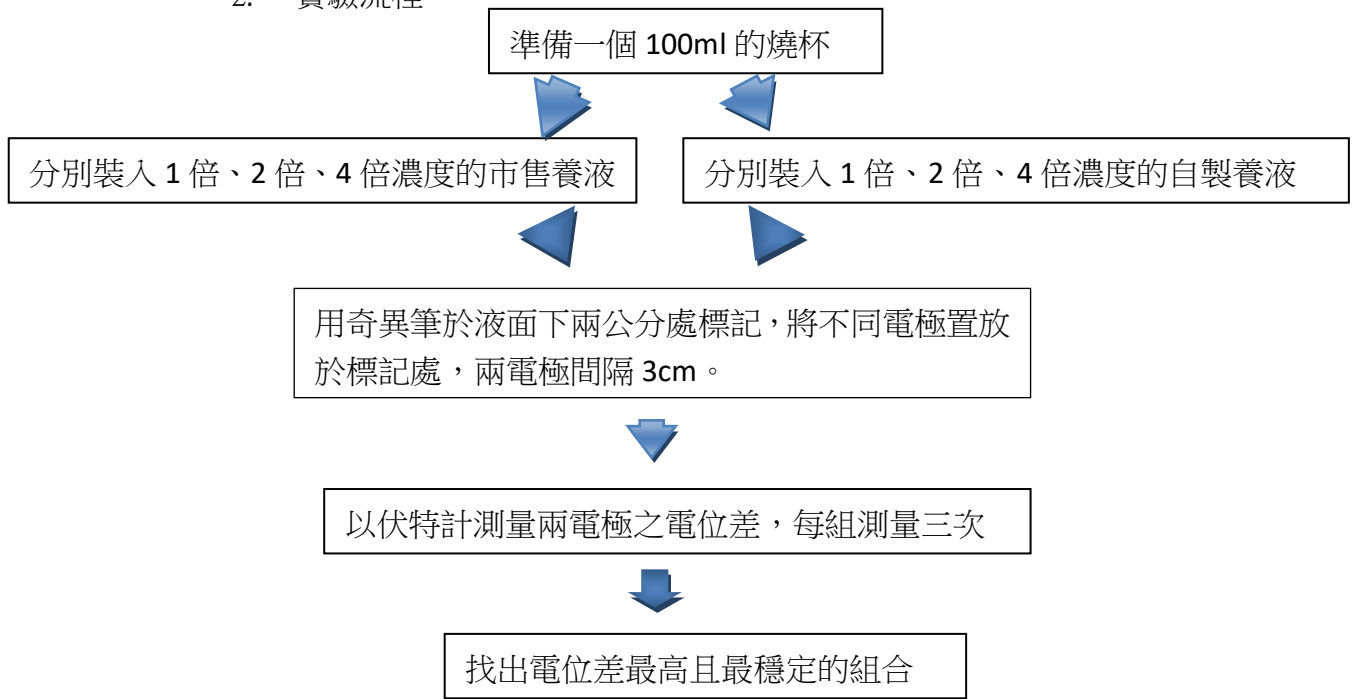
(一) 以電池可讓 LED 燈板產生照明，使植物生長。

### 1. 實驗設計

- (1) 將伏特計的正負極各別接上鱷魚夾的一端，另一端輪流接上鎂、備長炭、鐵、鋅、碳、鐵、鎳、鋁、銅做為電極，除了相同電極以外皆兩兩成對，共有 28 種組合。

- (2) 將各種組合一一放入市售及自製培養液的不同濃度中，測量其電位差三次，並取平均值。
- (3) 找出電位差最高、較穩定的電極組合，進行電池持續時間及氧化量實驗，以找出最好、最穩定的化學電池電極。

## 2. 實驗流程



七、 利用電位差高且穩定的化學電池，測試 LED 燈的發亮時間及電位差改變情形

(一) 利用電位差高且穩定的電極組合，測試驅動 LED 燈的時間及電位差改變之情形

### 1. 實驗設計

- (1) 依據前列實驗的結果，我們選定了電位差較高且較穩定的鋅片-備長炭組合，加上培養液中原先就有鋅離子，此組合的鋅片作為負極，氧化為鋅離子，恰可以補充入培養液中。
- (2) 將 6 個 150 毫升的燒杯中分別裝入 60 毫升的市售或自製培養液，用 12 條鱷魚夾夾著鋅片、備長炭，並用鐵架及膠帶固定電線。
- (3) 碳棒及鋅片均沒入於液面下 2 公分、水平距離 3 公分，共串聯 6 組化學電池。連接 10 個綠光 LED 燈，每隔約 1 小時，用三用電表測試電壓並記錄，觀察電壓下降情形。共紀錄 4 小時。

## 2. 實驗流程

準備 6 個 150 毫升的燒杯，分別裝入 60 毫升的市售或自製養液



燒杯兩端接上備長炭及鋅片，放入養液中。  
固定沒入液面長度及電極水平距離。



接 10 個綠色 LED 燈



每 1 小時測量電壓並記錄



觀察 4 個小時下來電壓的變化

(二) 探討用化學電池的氧化還原反應，進行培養液離子補充及產生電能

### 1. 實驗設計

- (1) 以砂紙將鋅片及備長炭上的氧化物去除
- (2) 以電子天秤測量鋅片及備長炭質量
- (3) 將備長炭及鋅片放入市售或自製培養液中作為電極
- (4) 每 45 分鐘（配合下課時間）量一次綠光 LED 兩端之電壓
- (5) 待 4 小時後，以電子天秤測量鋅片及備長炭質量，觀察記錄其質量變化
- (6) 用清水清洗鋅片及備長炭再用衛生紙擦乾，待下次實驗用

### 2. 實驗流程

先測量鋅片及備長炭的質量



準備 6 個 150 毫升的燒杯，分別裝入 60 毫升的自製或市售培養液



正極接備長炭，負極接上鋅片，放入培養液中，串聯 6 組化學電池



接 10 個綠色 LED 燈，每 1 小時測量電壓並記錄



4 小時後把鋅片、備長炭從養液中拿出，乾燥備長炭及鋅片，以電子天秤測得質量

八、 探討利用化學電池的氧化還原反應，進行培養液離子補充及發電效益

1. 實驗設計

- (1) 將 6 個 100 毫升的燒杯中分別裝入 60 毫升的市售培養液，用 10 條鱷魚夾夾著鋅片、碳棒，並用鐵架及膠帶固定電線。
- (2) 碳棒及鋅片都沒於液面下 2 公分、水平距離 3 公分，共串聯 9 組化學電池。每隔 45 分鐘，用三用電表電線測試電壓並記錄，觀察電壓下降情形。共紀錄 1 個上課日，約 10 小時。
- (3) 連續四個下課時間(相隔約 1hr)測量其電壓變化，每組共進行約四小時。
- (4) 於實驗結束後將正負極陰乾，測量其質量變化。

## 伍、 研究結果與討論

### 一、 探討 LED 光照對植物的生長情形

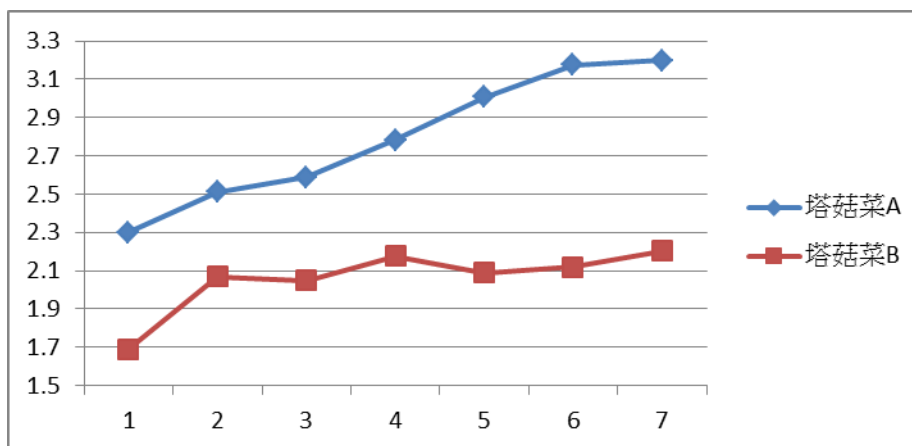
#### (一) 利用市售栽培盆增加植物照光時間，觀察植物生長情形

以市售栽培盆增加光照時間，確實對於植物生長有幫助，可參考圖一，自第四天後開始增加光照時間，植物生長速率有顯著的成長。表一內某些植物長度數值是縮短的，原因是本次採用的塔菇菜為葉菜類，生長時分出兩葉，再從中間長出新芽，因此兩葉分開後造成長度降低，但實際是持續生長的情形。

表一、市售栽培盆植物生長情形紀錄

日期	3/3	3/4	3/5	3/7	3/9	3/10	3/11
植物高度 (cm)	2.300	2.511	2.588	2.782	3.009	3.174	3.198
	1.689	2.069	2.049	2.176	2.090	2.118	2.201
水溫	22.0 度	22.1 度	26.0 度	24 度	18 度	16 度	13.1 度
氣溫	15 度	17.5 度	16.5 度	16.5 度	15.5 度	17 度	14 度
時間	11:29	11:26	11:35	11:33	11:33	12:15	12:30
地點	實驗室	實驗室	實驗室	實驗室	實驗室	實驗室	實驗室
人工光照	X	X	X	X	O	O	O

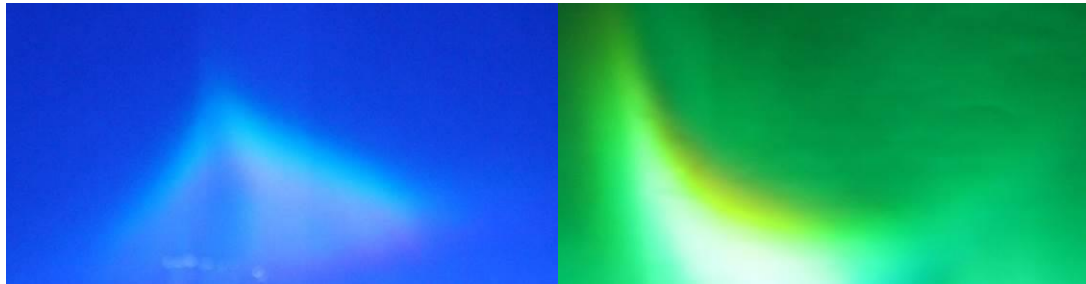
圖一、市售栽培盆植物生長高度逐日記錄



(二) 探討不同 LED 色光對於植物生長情形的影響

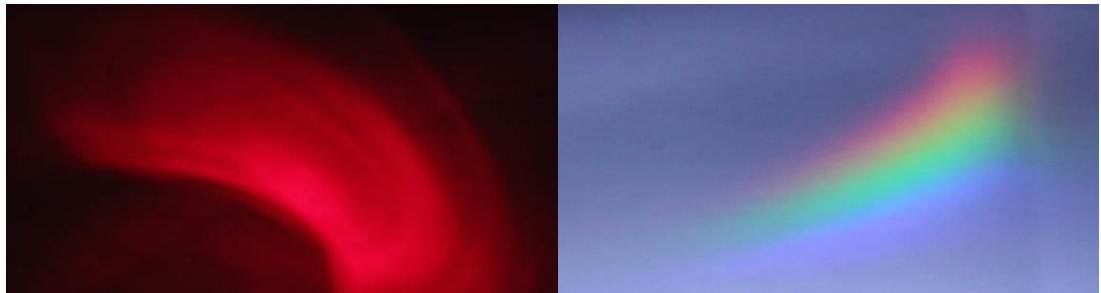
為確認本次實驗之紅藍綠白四種 LED 的光譜，利用光碟作為光柵以簡易的方式，在暗室中，將 LED 照射在光碟上，反射到白色投影幕上，拍攝紀錄。觀測之後發現，各 LED 多有參雜不同色光之螢光粉：

- (1) 藍光 LED 以藍色、青色的波段居多，部分紅色、綠色波段。
- (2) 綠光 LED 以綠光加上紅光橘光波段居多，部分青色波段。
- (3) 紅光 LED 主要為紅色波段，幾乎無觀察到其他波段可見光。
- (4) 白光 LED 紅光、綠光、藍光三原色分布均勻。



藍光 LED 可見光譜

綠光 LED 可見光譜

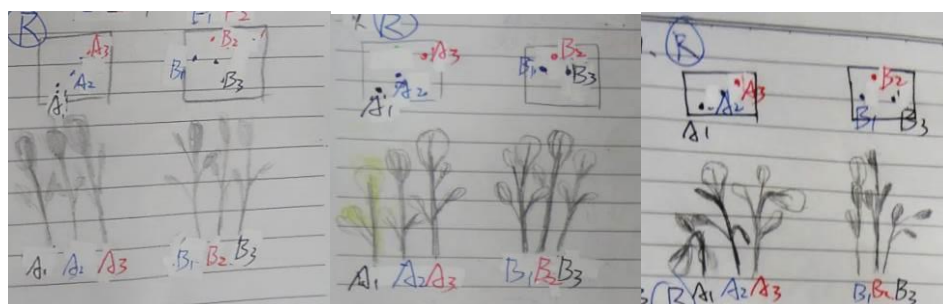


紅光 LED 可見光譜

白光 LED 可見光譜

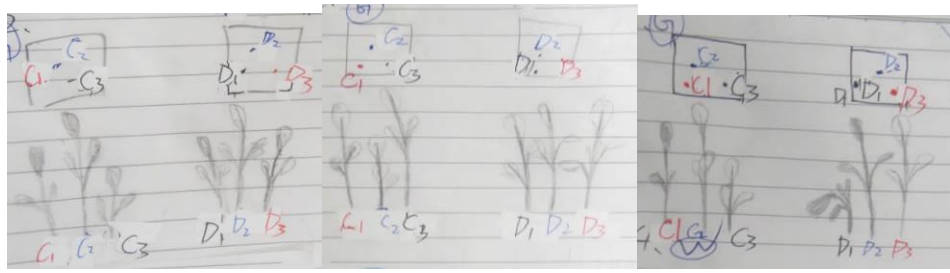
從每天紀錄的植物素描圖中，可以得出白光組的生長情形最佳，紅光加白光組(5：5)及紅光組也是對植物生長有助益的組合。藍光組的植物在第三天之後就失去活力，藍光加白光組(5：5)也有類似情形，且藍光及藍光加白光組葉片生長數最少。與”科技部高瞻自然科學平台”、”光菌生物科技公司”以及其他參考資料中描述之現象類似，植物在單色光的作用下是比較差的狀態，最好有各色光的平衡是較佳的效果，本實驗中白光 LED 光譜分布較均勻，效果最佳；文獻得知植物只需要 6%的藍光，過多的藍光對植物生長通常是不佳的，本實驗中藍白混合光組藍光佔 50%，藍光組全為藍光，因此生長狀況不佳。另外文獻指出紅光+藍光在特定比例下對植物生長有顯著影響，可以做為未來研究方向。

◎紅光組逐日植物素描圖

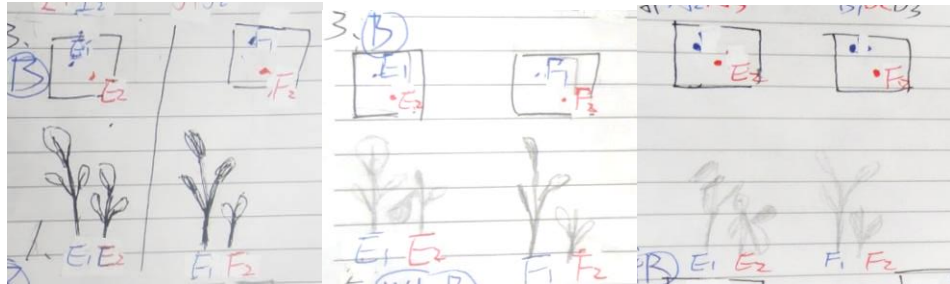




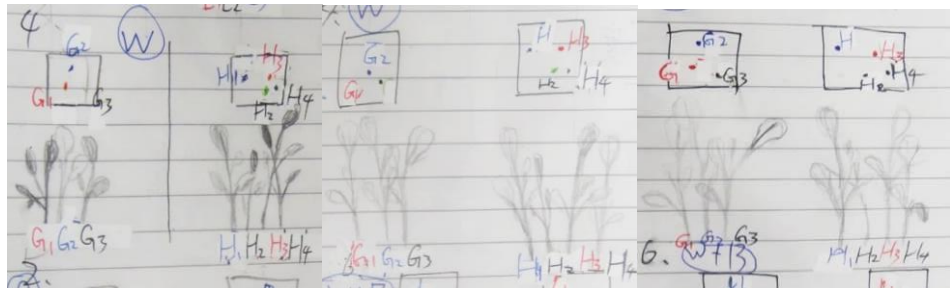
2.綠光組逐日植物素描圖



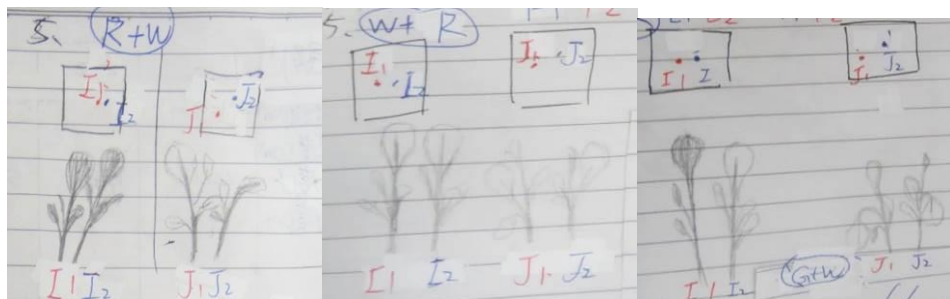
3.藍光組逐日植物素描圖



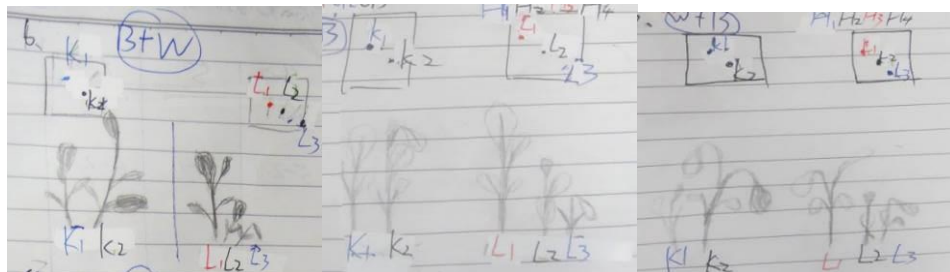
4.白光組逐日植物素描圖



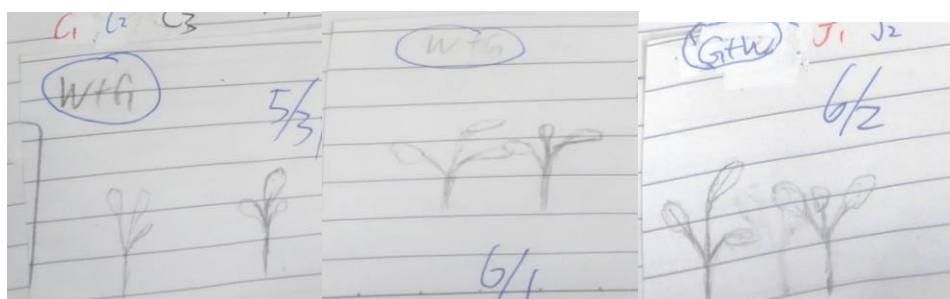
5.紅光+白光組逐日植物素描圖



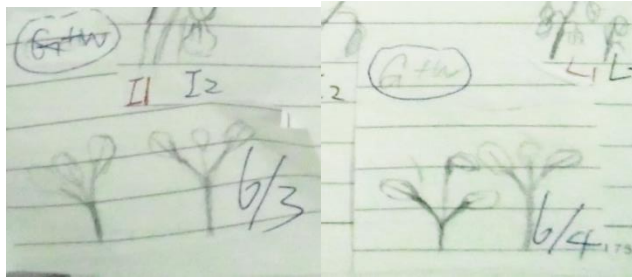
6.藍光+白光組逐日植物素描圖



7.綠光+白光組逐日植物素描圖





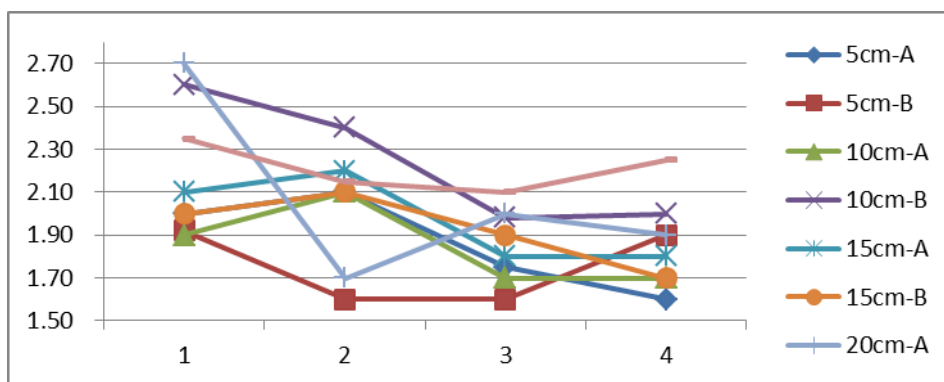


### (三) 探討不同 LED 光照距離對於植物生長情形的影響

1. 從植物生長高度之逐日記錄，發現若只記錄植物高度，無法明確觀察植物生長情形，植物工廠常用之蔬菜多數為葉菜類，本次實驗使用的植物為萵苣 (*Lactuca sativa*)，在生長初期會分出數個葉片，因而造成植物高度是下降的情形，單純測量高度無法解釋植物生長情形，加上光距離較遠的實驗組，植物多有徒長的現象，徒長是植物在光照不足的狀況下所出現的現象，本次實驗中，造成徒長的原因主要是在育苗過程中一塊海綿育苗三株，通常菜農或培植人員會將種苗選苗，維持一塊一株，本實驗中並未進行此步驟，因此在光距離較遠的組合，有徒長的現象。

表二、不同光照距離作用下，植物生長高度紀錄

日期		5月31日	6月1日	6月2日	6月3日	6月4日
水溫		29.0°C	29.5°C	30.0°C	30.0°C	30.0°C
距離 櫃 頂 距 離  (括號內為 光照距離)	5cm	A	2.00	2.10	1.75	1.60
	(35cm)	B	1.92	1.60	1.60	1.90
	10cm	A	1.90	2.10	1.70	1.70
	(30cm)	B	2.60	2.40	1.98	2.00
	15cm	A	2.10	2.20	1.80	1.80
	(25cm)	B	2.00	2.10	1.90	1.70
	20cm	A	2.70	1.70	2.00	1.90
	(20cm)	B	2.35	2.15	2.10	2.25



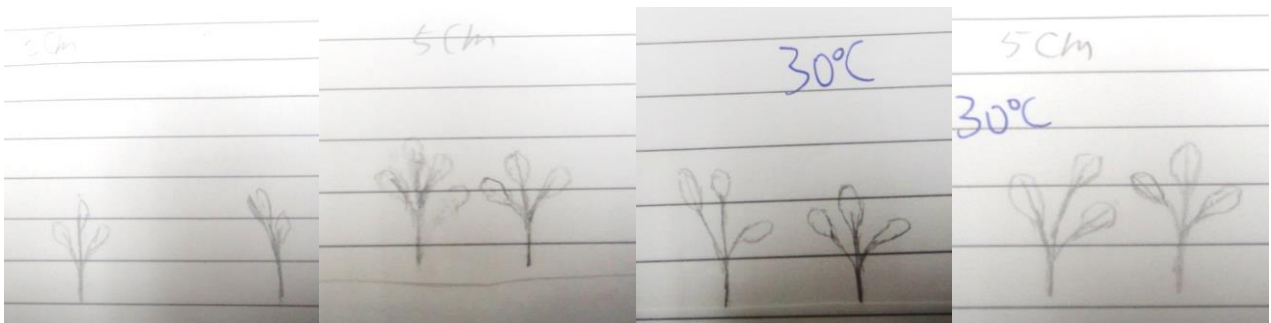
圖二、不同光照距離下，植物生長高度逐日記錄

表三、各光照距離 LED 燈板照度表

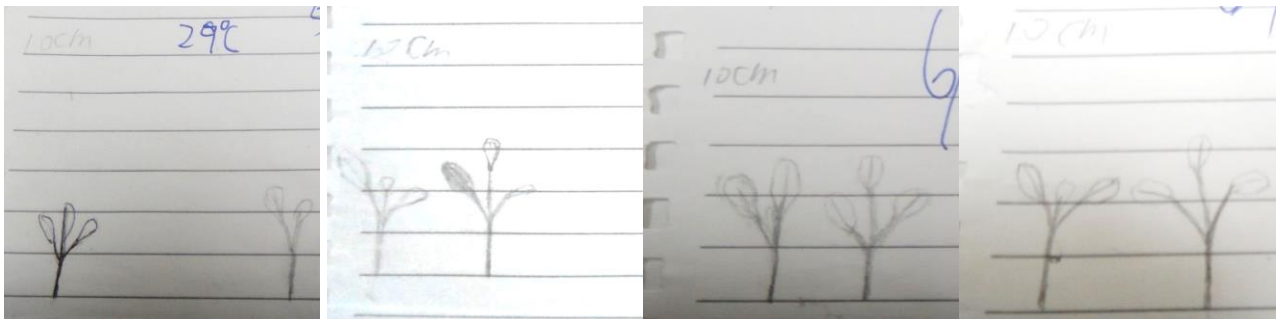
距離櫃頂距離 (括號內為光照距離)	照度(lux)			平均(lux)
5cm(35cm)	1768	1713	1600	1694
10cm(30cm)	2388	2380	2372	2380
15cm(25cm)	3521	3624	3703	3616
20cm(20cm)	4190	3890	3871	3984

2. 從每天素描的植物紀錄得知，光照距離較近的實驗組，葉子生長較厚，也少有徒長的狀況，在光照距離較遠的實驗組，徒長現象明顯，莖葉容易軟倒，都有生長高度大幅減低的狀況。

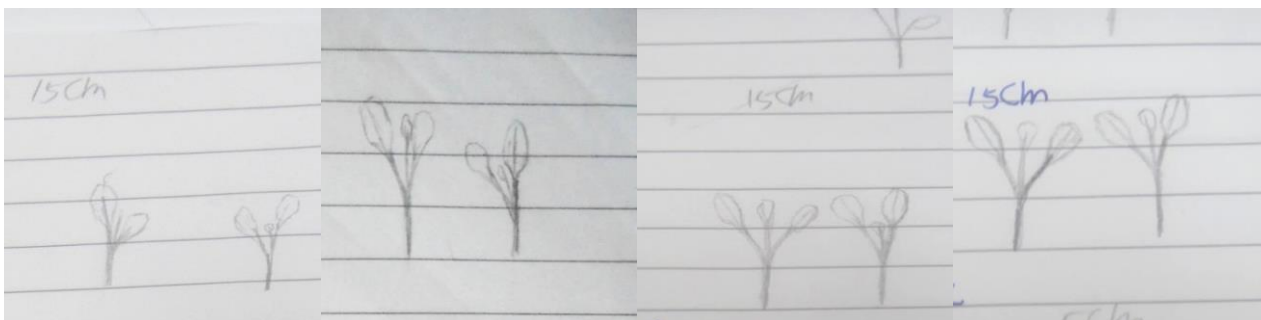
(1)LED 距離植物 35cm 時，植物生長紀錄



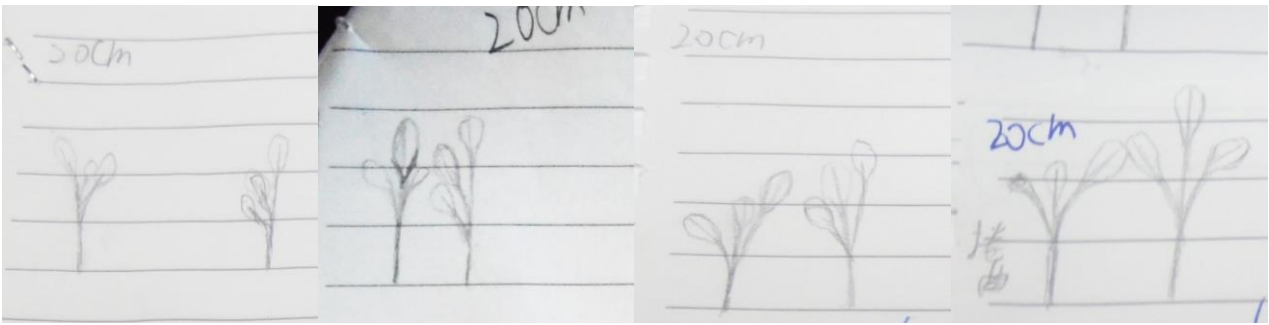
(2)LED 距離植物 30cm 時，植物生長紀錄



(3) LED 距離植物 25cm 時，植物生長紀錄



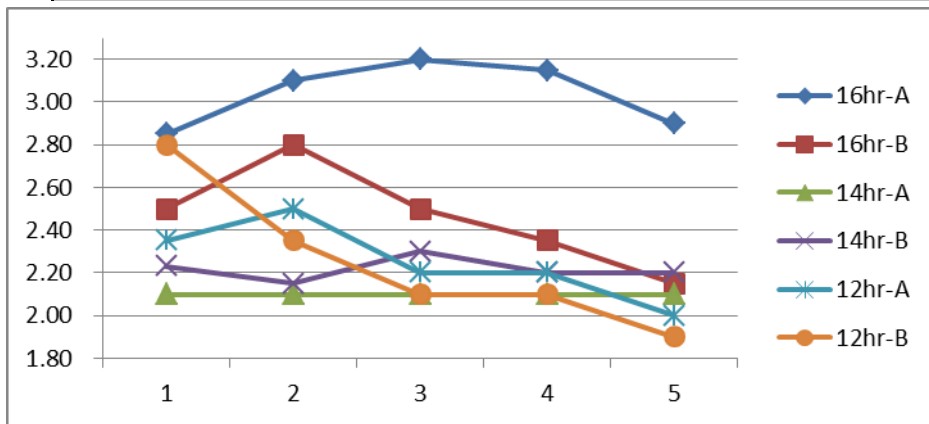
(4) LED 距離植物 20cm 時，植物生長紀錄



(四) 探討不同光照週期對於植物生長情形的影響

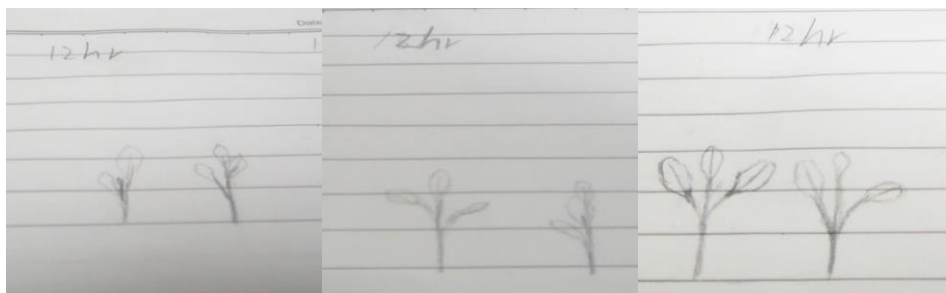
使用自製 LED 燈板，在每天照明時間 16 小時時，植物生長出新芽及根莖生長速度，都優於 14 小時及 12 小時的植株。使用市售植物生長燈進行實驗，16 小時的實驗組也是優於 12 小時的實驗組。

日期	5月31日	6月1日	6月2日	6月3日	6月4日
水溫	29.0°C	29.5°C	30.0°C	30.0°C	30.0°C
16hr	2.85	3.10	3.20	3.15	2.90
	2.50	2.80	2.50	2.35	2.15
14hr	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
	2.23	2.15	2.30	2.20	2.20
12hr	2.35	2.50	2.20	2.20	2.00
	2.80	2.35	2.10	2.10	1.90



圖三、不同光照週期對於植物生長情形的影響

(1) 自製燈板光週期 12hr，植物生長情形



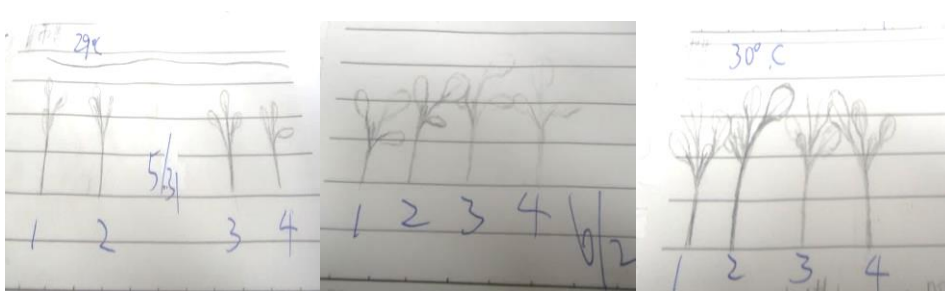
(2)自製燈板光週期 14hr，植物生長情形



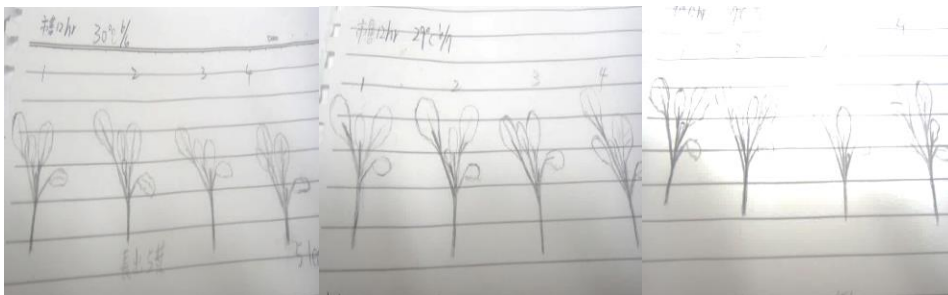
(3) 自製燈板光週期 16hr，植物生長情形



(4)植物生長燈光週期 12hr，植物生長情形



(5)市售植物生長燈光週期 16hr，植物生長情形



## 二、 探討利用一般市售培養液及自製培養液製作化學電池產生的效能

### (一) 利用不同電極，以市售培養液及自製培養液為電解質製作化學電池

從本實驗的電極組合中，鎂跟備長炭、鎂跟銅的組合有較高的電位差，但持續發電一段時間之後，鎂帶易與溶液中的離子產生反應，電極形成化合物後，鎂帶發電效益就降低，因此選擇穩定且電位差較高的備長碳-鋅電池組合。備長炭的性質說明如後，備長炭又稱為白炭(Binchō-tan 或 white charcoal)，它是日本的一種木炭，江戶時代的元祿年間，在和歌山縣田邊市一位名為「備中屋長左衛門」，開始製作這種木炭因而得名。備長炭使用現成為和歌山縣官方樹木的橡木(*Quercus phillyraeoides*)作原材料，以高溫蒸燒製作而成，其外觀有一層泛銀白的灰色，炭化溫度約攝氏一千度以上，不易點燃，但是若經點燃後，則可維持長時間，尚可做多種其他用途。

Mg	X	數值單位：伏特 V						
備 C	1.97	X						
Zn	1.01	0.78	X					
Ni	1.47	0.17	0.67	X				
C	0.12	0.07	0.75	0.52	X			
Fe	1.13	0.56	0.23	0.32	0.44	X		
Al	1.22	0.62	0.18	0.13	0.34	0.07	X	
Cu	1.68	0.12	0.68	0.18	0.04	0.58	0.45	X
市售養液 4 倍	Mg	備 C	Zn	Ni	C	Fe	Al	Cu
Mg	X	數值單位：伏特 V						
備 C	1.03	X						
Zn	0.30	0.76	X					
Ni	1.46	0.37	0.38	X				
C	0.44	0.09	0.07	0.25	X			
Fe	1.14	0.52	0.28	0.02	0.42	X		
Al	1.31	0.46	0.31	0.09	0.42	0.13	X	
Cu	1.69	0.15	0.39	0.14	0.09	0.33	0.50	X
市售養液 2 倍	Mg	備 C	Zn	Ni	C	Fe	Al	Cu

Mg	X	數值單位：伏特 V						
備 C	1.89	X						
Zn	0.80	0.98	X					
Ni	1.52	0.25	0.63	X				
C	0.71	0.07	0.82	0.18	X			
Fe	1.12	0.66	0.25	0.39	0.52	X		
Al	1.20	0.50	0.32	0.23	0.43	0.07	X	
Cu	1.62	0.16	0.77	0.14	0.05	0.49	0.32	X
市售養液 1 倍	Mg	備 C	Zn	Ni	C	Fe	Al	Cu

Mg	X	數值單位：伏特 V						
備 C	1.74	X						
Zn	0.98	0.94	X					
Ni	1.36	0.31	0.49	X				
C	1.70	0.09	0.69	0.33	X			
Fe	1.31	0.39	0.25	0.05	0.42	X		
Al	0.94	0.51	0.20	0.10	0.40	0.09	X	
Cu	1.58	0.17	0.56	0.06	0.13	0.32	0.37	X
自製養液 4 倍	Mg	備 C	Zn	Ni	C	Fe	Al	Cu

Mg	X	數值單位：伏特 V						
備 C	1.69	X						
Zn	0.95	0.76	X					
Ni	1.23	0.27	0.42	X				
C	1.61	0.08	0.73	0.21	X			
Fe	1.22	0.52	0.32	0.13	0.43	X		
Al	1.10	0.66	0.17	0.27	0.40	0.07	X	
Cu	1.48	0.18	0.54	0.04	0.10	0.42	0.37	X
自製養液 2 倍	Mg	備 C	Zn	Ni	C	Fe	Al	Cu

Mg	X	數值單位：伏特 V						
備 C	1.85	X						
Zn	0.99	1.01	X					
Ni	1.72	0.50	0.93	X				
C	1.75	0.14	0.82	0.29	X			
Fe	1.18	0.85	0.18	0.38	0.75	X		
Al	1.27	0.76	0.47	0.58	0.65	0.38	X	
Cu	1.69	0.18	0.69	0.24	0.14	0.59	0.33	X
自製養液 1 倍	Mg	備 C	Zn	Ni	C	Fe	Al	Cu

(二) 利用電位差高且穩定的化學電池，測試 LED 燈的發亮時間及電位差改變情形經過 8 個小時的時間，化學電池電位差僅下降 0.1-0.4V 不等，且 LED 亮度並未減弱。

測量次數	時間	03/07	03/08	03/09
1	9:05	2.55 V	2.53 V	2.52 V
2	10:00	2.55 V	2.53 V	2.52 V
3	10:55	2.55 V	2.52 V	2.52 V
4	12:10	2.54 V	2.53 V	2.51 V
5	12:50	2.54 V	2.52 V	2.51 V
6	13:45	2.54 V	2.53 V	2.51 V
7	14:40	2.54 V	2.52 V	2.51 V
8	15:40	2.54 V	2.52 V	2.50 V
9	16:35	2.54 V	2.52 V	2.50 V

(三) 探討利用化學電池的氧化還原反應，進行培養液離子補充及發電效益  
1 公升的培養液，包含鋅離子 0.02g，4 個小時的放電，鋅片就會氧化 0.02g，電壓下降 0.06V。7 個小時放電後，會損失 0.05g，電壓下降 0.05V。在使用不同的培養液配方，在經過 4 個小時的放電，甚至沒有重量減輕的情形(附錄一)，LED 亮度及電池電位差下降幅度也不多。

實驗日期：03/26 電解液：市售培養液(1 倍)

	前	後
鋅片質量(9 片)	21.72g	21.70g
時間	電壓	
11:41	2.65V	
12:50	2.62V	
14:40	2.60V	
15:40	2.59V	

實驗日期：03/28 電解液：市售培養液(1 倍)

	前	後
鋅片質量(9 片)	21.70g	21.65g
時間	電壓	
9:45	2.63V	
14:00	2.58V	
18:00	2.57V	



### 三、 探討自製裝置與植物工廠花費之電費及成本比較

依照 2010 國立臺灣大學生物資源暨農學院院訊 10 期，談“以植物工廠生產農作物與綠能產業研究發展”此文章中，日本每株蔬菜的生產成本為 80-90 元日幣，其中三分之一是設備折舊費用，三分之一是光、熱的費用，另外三分之一則是勞力的費用。市面上植物工廠每株植物約花費 8-10 塊新台幣的電費，若採用本實驗裝置，運用水耕植物培養液自製備長炭-鋅電池，以驅動 LED 光源，再提供回給植物生長照明之使用，可大幅節省植物工廠的照明電費，達到節省能源、降低植物工廠成本的目標。

## 陸、 結論

- 一、 增加光照時間確實可以促使植物生長，且水耕植物相對於土耕，確實大幅減少耕地面積，在實驗室的小空間也可以進行種植。
- 二、 利用碳鋅電池作為發電源，在驅動 LED 照明方面已經足夠。
- 三、 利用培養液作為電解液，確實可以做為化學電池電解液，加強與植物工廠裝置結合的方式，可以更有效的種植更多作物，且節省更多電費。
- 四、 鋅片氧化的質量，經過 4 個小時放電就可以補充 1 公升培養液所需要的鋅離子質量。
- 五、 鋅片氧化所損失的質量，比培養液內所需的鋅離子更多，可以再檢討化學電池之機制，改以其他化學電池，可避免培養液中金屬離子過多的問題。
- 六、 運用本研究自製之裝置，將水耕植物培養液自製備長炭-鋅電池，以驅動 LED 光源，再提供回給植物生長照明使用，可大幅節省植物工廠的照明電費，達到節省能源、降低植物工廠成本的目標。

## 柒、 參考資料

- 一、 書籍類 書名:安心蔬菜自己種 作者:謝東奇
- 二、 中央氣象局 2.3 月日出日落時間 <http://www.cwb.gov.tw/V7/astromy/sunrise.htm>
- 三、 沈再發(2009 September) 培養液組成之理論與實際 農業試驗所技術服務 79 期 37-41
- 四、 方煒(2010) 談“以植物工廠生產農作物與綠能產業研究發展” 國立臺灣大學生物資源暨農學院院訊 10 期 7-10
- 五、 高瞻自然科學教學資源平台 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=6784>
- 六、 光菌生物科技公司 [http://www.nanobiolight.com/global\\_11.html](http://www.nanobiolight.com/global_11.html)
- 七、 高德錚 (2006) 水耕營養液調配與管理 P.4
- 八、 有機物、電解質、電學、能源的開發與利用 104 國中自然與生活科技教師手冊 康軒文教事業出版社



附錄一、利用不同培養液製作化學電池，測試 LED 燈的發亮時間及電位差改變情形  
使用不同濃度的市售培養液及自製培養液製作化學電池，電位差表現差異不大。

使用養液	Zn 前重	Zn 後重	備 C 前重	備 C 後重
濃縮 4 倍市售養液	14.30	14.30	29.30	29.35
濃縮 2 倍市售養液	13.75	13.75	26.35	26.25
濃縮 1 倍市售養液	14.30	14.30	11.25	11.90
濃縮 4 倍自製養液	13.70	13.70	26.20	26.00
濃縮 2 倍自製養液	14.30	14.30	11.90	11.85
濃縮 1 倍自製養液	13.70	13.75	26.25	26.00

使用養液	電壓(1)	時間(1)	電壓(2)	時間(2)	電壓(3)	時間(3)
濃縮 4 倍市售養液	2.21	13:57	2.16	14:45	2.14	15:45
濃縮 2 倍市售養液	2.18	11:00	2.14	11:55	2.13	12:59
濃縮 1 倍市售養液	2.17	14:45	2.14	15:45	2.13	16:55
濃縮 4 倍自製養液	2.22	08:15	2.14	09:10	2.12	10:05
濃縮 2 倍自製養液	2.14	01:05	2.12	11:00	2.11	12:00
濃縮 1 倍自製養液	2.16	15:55	2.12	16:45	2.11	17:50

使用養液	電壓(4)	時間(4)	電壓(5)	時間(5)
濃縮 4 倍市售養液	2.13	16:50	2.14	17:46
濃縮 2 倍市售養液	2.12	13:47	2.11	14:45
濃縮 1 倍市售養液	2.14	17:55	2.13	18:50
濃縮 4 倍自製養液	2.11	11:00	2.11	12:00
濃縮 2 倍自製養液	2.10	12:57	2.10	13:50
濃縮 1 倍自製養液	2.11	18:45	2.11	19:00

## 【評語】 030823

設計簡易的化學電池，以水耕植物的培養液做為電解質，連結 LED 探討對水耕植物之生長速度是一頗為有趣的想法，實驗也証實可行、也有效用，惟內容花費較多篇幅在 LED 對植物生長的影響，反而對化學電池的探討較少是可改進之處。