

# 中華民國第 63 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(二)

032908

器植出眾--全向顧植物機

學校名稱：雲林縣立古坑國民中小學

|   |                  |
|---|------------------|
| 作者：<br><br>國三 顏呈光<br><br>國三 高子佑<br><br>國三 黃稟翔 | 指導老師：<br><br>蔡德慧 |
|---|------------------|

關鍵詞：植物生長、自動控制、環保

# 作品名稱：器植出眾--全向顧植物機

## 摘要

本次的研究，我們了解到植物的生長除了需要光，適度地給水，還需要給足夠的生長空間及防蟲害。LED 燈可以做為栽種植物良好的替代光源。利用自製感光、控光、自動給水器及附件支架的設計，製作「全向顧植物機」，可以用來幫助自己栽種蔬菜作物及了解植物的生長。附件支架可以解決廢棄電管問題，並且可以提供農家使用。所有設備設計目標兼顧節能、節水、減少污染及環境保護。了解生物的生長與環境間的互動是件有趣的事，可以利用技藝課程、科技課所學，自己製作機械、設計程式收穫良多。

## 目錄

|               |    |
|---------------|----|
| 壹、前言(研究動機、目的) | 2  |
| 貳、研究設備及器材     | 3  |
| 參、研究過程或方法     | 4  |
| 肆、研究結果        | 18 |
| 伍、討論          | 26 |
| 陸、結論          | 28 |
| 柒、參考文獻資料      | 29 |

## 壹、前言

七年級上自然課，對於生物老師在說明植物的光合作用及在對環境的感應，例如調整開花時間，很感到興趣。九年級技藝教育參加電機電子職群，技藝老師教到電路板及管線線路時設計，期間學習到可以依照需求調整燈光。在設計調光、控光電路時，想到這可不可以用來調整植物的生長狀況。另外看到近期市面上各種植物箱當道，其功能粗略但卻價格不斐，因此想應用所學設計具有多功能植物生長條件調控實驗箱，並解答當時關於光線對於植物生長所造成影響的疑惑。

## 研究目的

- 一、在自然的環境下育苗，了解幼苗及植栽的生長狀況，及栽種過程中容易遇到那些問題，作為後續研究參照。
- 二、設計製造**可感應光線設備**。1.利用電子元件設計可以配合光線明暗調整的光源。利用太陽光及人造光，共同進行節省能源及促進植物快速生長，並且控制植物照光時間，調整植物開花花期。2.探討光照時間與生長的關係。有效光照時間，最低光照時間，找到最佳光照時間。光照時間對於植物開花時間的影響。
- 三、設計製造**自動供水設備**。感測土壤的濕度，依照植物種類、大小自動提供植物所需水分。
- 四、設計製造**環保可調整支撐架**。作為電子元件，照明設備，反光鋁箔墊、遮光網及網室細網等固定支架。
- 五、設備組合栽種測試，可以達到植物正常生長目標。
- 六、整合電子元件優化設備。

## 貳、研究器材與設備

### 一、使用設備、器材：

- (一) 感光元件：電路板\*1、接線端子\*4、10K 歐姆電阻\*1、cds 光敏電阻\*1、可變電阻 vr250k 歐姆\*1、DIAC 二極體\*1、TRIAC 電晶體\*1、104K/250V 麥拉電容\*
- (二) 調光元件：電路板\*1、接線端子\*4、15K 歐姆電阻\*1、150 歐姆電阻\*1、可變電阻 vr500k 歐姆\*1、DIAC 二極體\*1、TRIAC 電晶體\*1、104K/100V 麥拉電容\*1、104K/250V 麥拉電容\*
- (三) 人工光源：1.燈管電子式 10 瓦特交流式直型管(圖 1)。光通量 900lm。2.白熾燈泡 40W(台灣日光燈)，可調光。
- (四) 自動控制供水元件：Arduino nano V3.0 控制板\*1、抽水馬達\*1、水管\*1、土壤溼度感測器 \*1、1 路 5V 繼電器\*1、蜂鳴器\*1、LED\*1、電阻 1K 歐姆\*2、電阻 47K 歐姆\*1、RY12W-K 繼電器\*1、2SC1384 電晶體\*2
- (五) 自動給光元件：LED 燈\*1、電阻 1K 歐姆\*2、2SC1384 電晶體\*1、RY12W-K 繼電器\*1、C1384 電晶體\*1、可變電阻\*1、光敏電阻\*1、LED 燈條\*1
- (六) 可調環保支架：廢棄電管(南亞 CNS1302 電線導管 PVC 管 16mm\*4M)、切管器、擴管器、瓦斯噴燈。
- (七) 生長環境條件調整器材：反光鋁箔墊、遮光網、網室細網。
- (八) 3D 列印機。

### 二、實驗材料：

- (一) 介質：興農牌花蝴蝶培養土，成分全氮 N:2.0%全磷酐 P2O52.0%全氧化鉀 K2O1.0% 有機質 85.5%
- (二) 植栽：皇宮菜、牛奶白菜、青花椰菜、包心刈菜、大陸妹、紅鳳菜
- (三) 塑膠盆器：7\*7、9\*9、12\*12

## 參、研究過程與方法

一、培育葉菜盆栽，觀察在自然光源下的生長情形。

(一)使用本季四種常見葉菜。

(二) 生長測試：

選取大小相近不同種類菜苗各 2 棵(圖 1)，分別種植在及 7\*7 及 9\*9 盆，選取一生長良好葉片，標誌長、寬測量點，量測葉片長寬並且記錄(23)。置放自然光下生長，每日水澆透。



圖 1 店家販售蔬菜幼苗，挑選大小相近植株作為實驗樣品。



圖 2 葉片上以麥克筆標示測量的位置點，分別位於葉尖葉底及最寬處的兩側。圖中標示 a、b 為測量長度，a:長度為葉寬 b:長度為葉長。

(三)將植物移植到 12\*12 盆，觀察植物生長狀況。與維持生長在 9\*9 盆中生長狀況做比較，並記錄。

## 二、設計給光設備：

(一) 搜尋文獻資料發現光合作用的吸收光譜(圖 3)與白光 LED 的頻譜相比較(圖 4)，白光 LED 接近正午日光頻譜照光。另外植物生長滿足光合作用的最低光照需求 12000 lux.(照度：物體表面每單位面積所吸收可見光的光通量，用於入射表面的光) 若植物完成完整生長週期，需要 2~3 倍的最低光照量，也就是說要能達到 24000~36000lux 以上的環境照明。如果我們使用 10W /900 lm(光通量：單位時間內由光源所發出或由被照物所吸收的總光能) 的光源 6 組，不作任何設置，一旦光線射出後，如因角度因素未照射到植物讓植物所吸收，它就會消失，這樣的照度可能不足夠。在自然日光下是一個漫射光的環境，所以這個部分我們可以利用錫箔反射光線增加照度，模擬漫射光照的環境來進行。

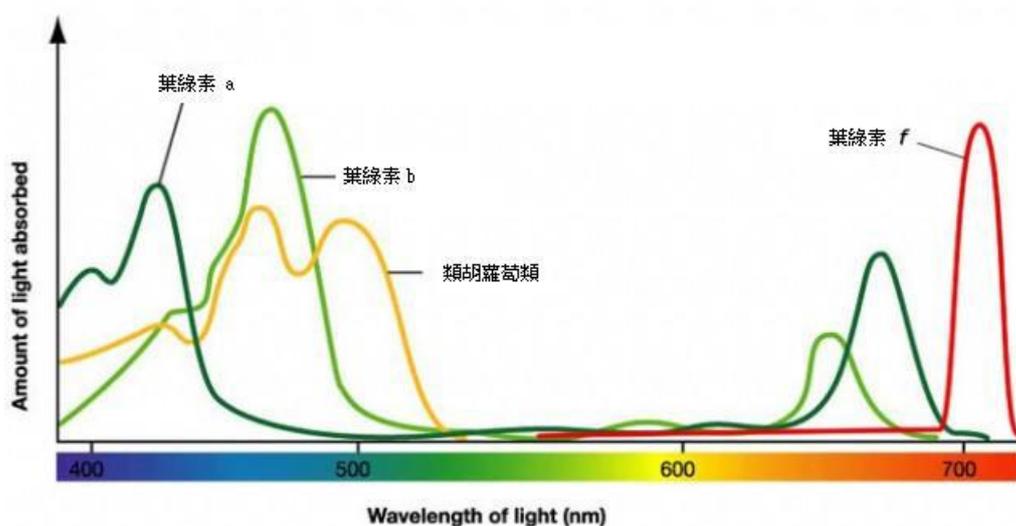


圖 3 光合作用的吸收光譜。光合作用所需光波的峰值主要落在藍光與紅光區

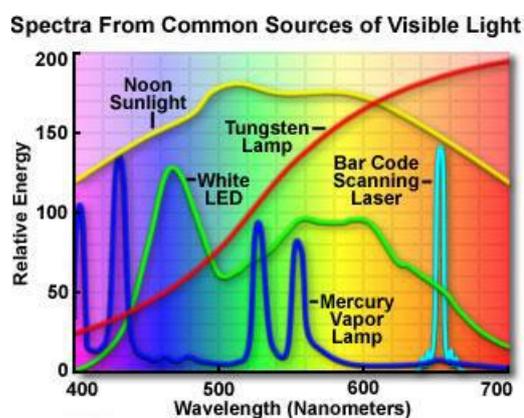


圖 4 白光 LED 的頻譜相。(資料來源：<http://www.olympusmicro.com/primer/lightandcolor/lightsourcesintro.html>)

## (二)感光設備

### 1.感光設備設置零件名稱及功能說明(表 1、圖 6、7)：

表 1 感光設備設置零件名稱及功能

| 裝置 | 名稱               | 功能                   | 備註 |
|----|------------------|----------------------|----|
| a  | 接線端子*4           | 用於外接線                |    |
| b  | 10K 歐姆電阻*1       | 用於阻擋電子               |    |
| c  | cds 光敏電阻*1       | 感應光線強弱               |    |
| d  | 可變電阻 vr250k 歐姆*1 | 調整電阻強弱               |    |
| e  | DIAC 二極體*1       | 用於防止電壓過高可起到保護做用      |    |
| f  | TRIAC 電晶體*1      | 用於控制電流流動也可用來當作開關放大訊號 |    |
| g  | 104K/250V 麥拉電容*1 | 用於調節電流或阻隔直流電讓交流電通過   |    |

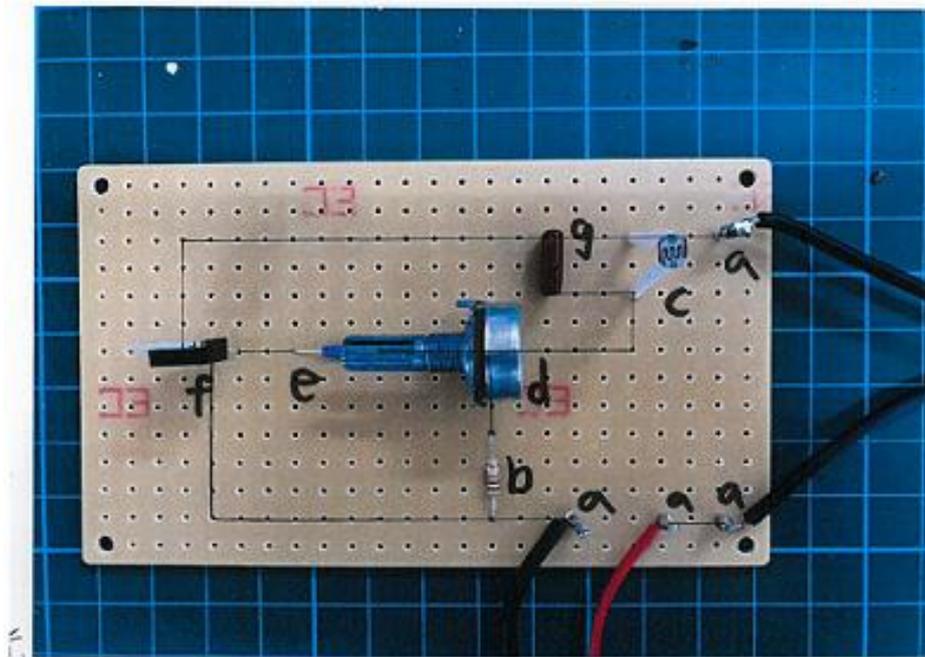


圖 5 感光設備實際配置裝置。

### 2.設備設置要點：

零件的部分，接線端子放靠外側較容易外接電線，其他零件排法以盡量為直線為主，零件之間以不要太靠近為主要考量。線路的部分排列，也是以直線為主。功能設定：光線不足則開啟。

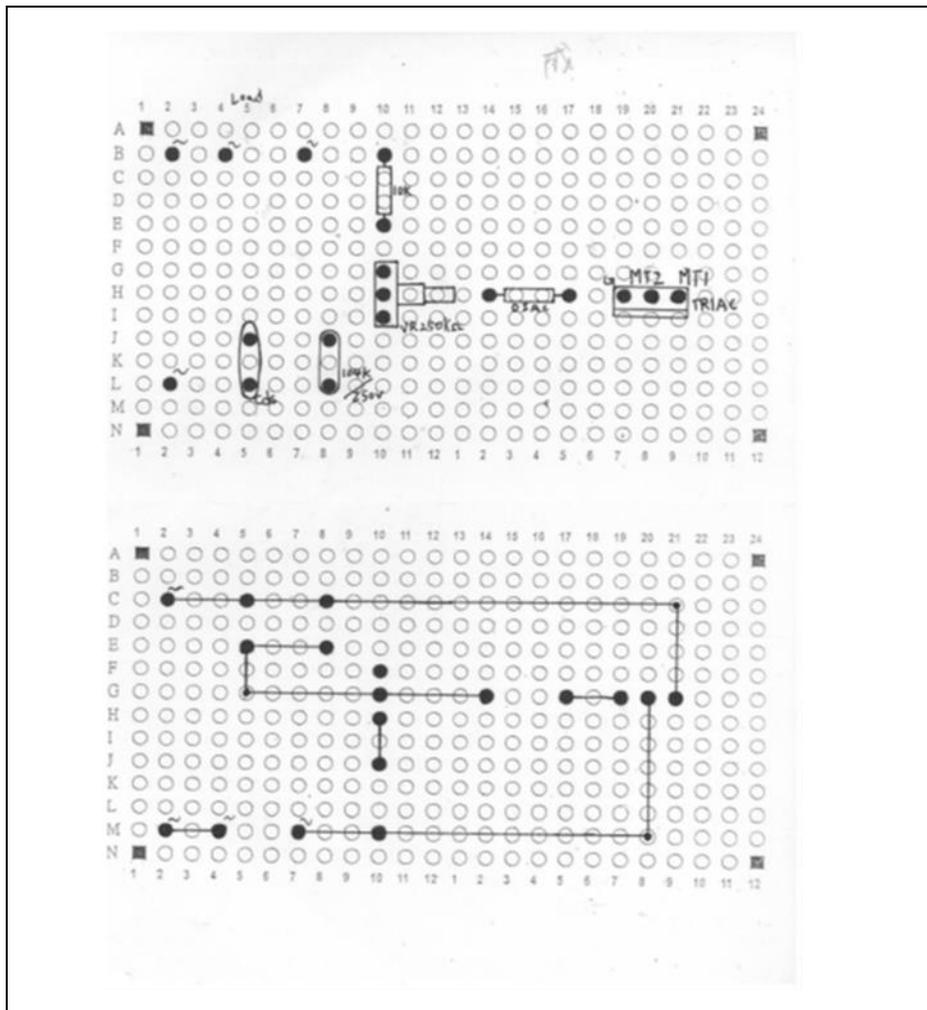


圖 6 感光設備線路配置圖

### (三)調光設備

1.調光設備設置零件名稱及功能說明(表 2、圖 8、9)：

表 2 調光設備設置零件名稱及功能

| 裝置 | 名稱               | 功能                   |
|----|------------------|----------------------|
| a  | 接線端子*4           | 用於外接線                |
| b  | 15K 歐姆電阻*1       | 用於阻擋電子               |
| c  | 150 歐姆電阻*1       | 用於阻擋電子               |
| d  | 可變電阻 vr500k 歐姆*1 | 調整電阻強弱               |
| e  | DIAC 二極體*1       | 用於防止電壓過高可起到保護做用      |
| f  | TRIAC 電晶體*1      | 用於控制電流流動也可用來當作開關放大訊號 |
| g  | 104K/100V 麥拉電容*1 | 調節電流或阻隔直流電讓交流電通      |
| h  | 104K/250V 麥拉電容*1 | 調節電流或阻隔直流電讓交流電通過     |

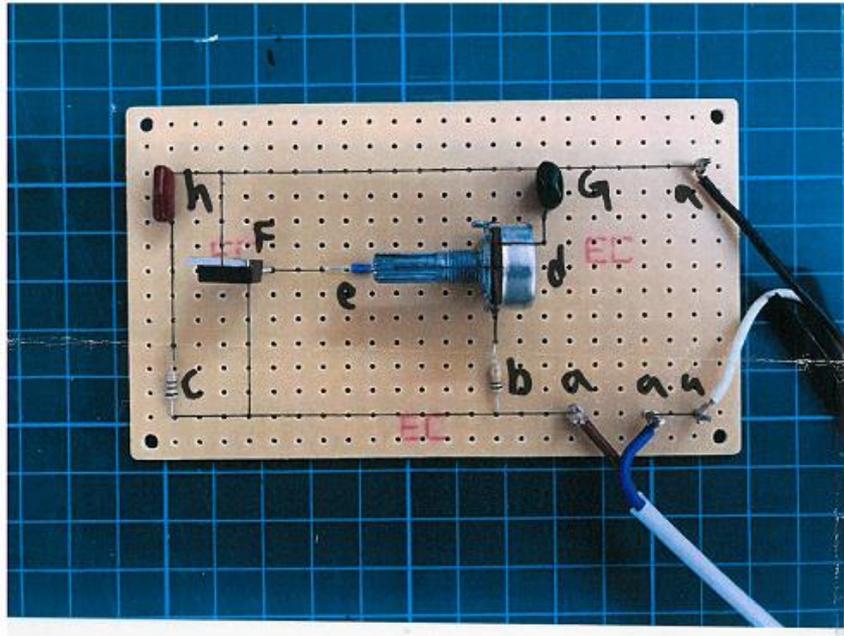


圖 7 調光設備實際配置裝置。

2.設備設置要點：

零件的部分，接線端子放靠外側較容易外接電線，其他零件排法以盡量為直線為主，零件之間以不要太靠近為主要考量。線路的部分排列，也是以直線為主。功能設定：可調整光線強度。組裝光源採可調整亮度燈泡。

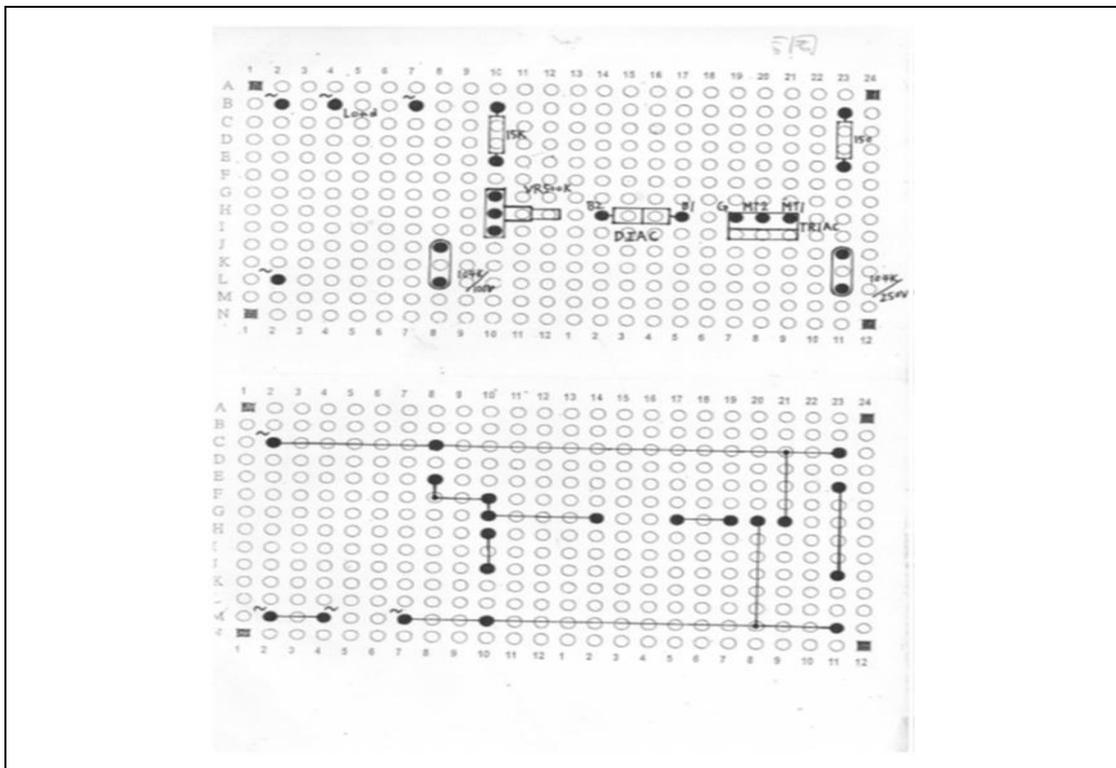


圖 8 調光設備線路配置圖

三、自動供水設備：感測土壤的濕度，自動提供植物所需水分。

(一)全自動澆水器

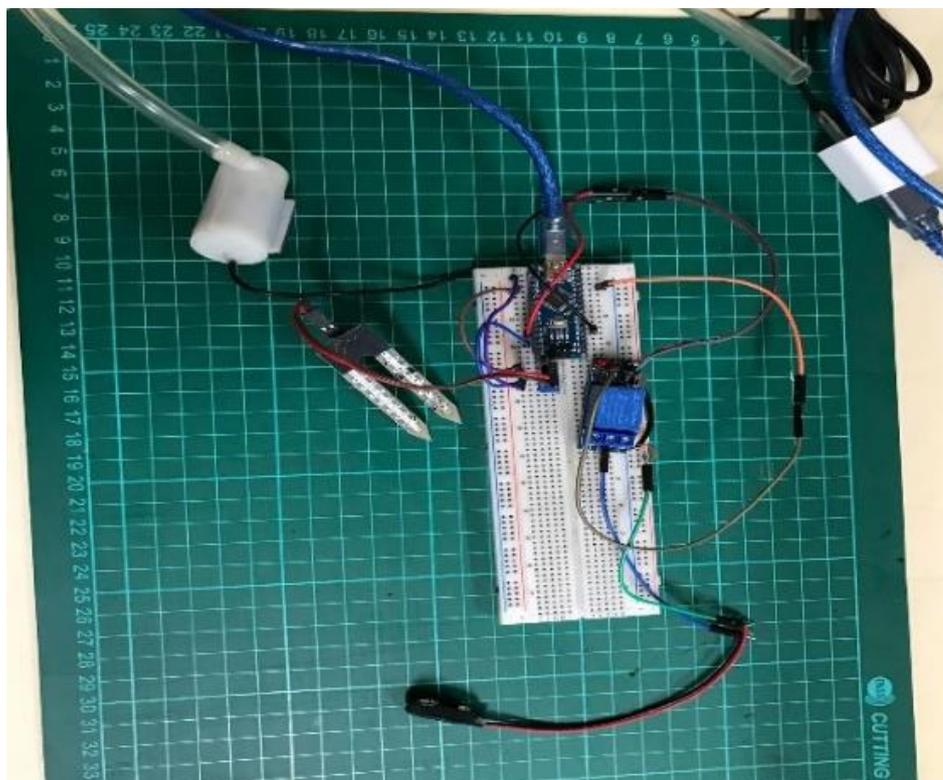


圖 9 自動澆水器

(二)零件介紹：功能

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 1. 抽水馬達 *1                 | 抽水     |
| 2. 土壤溼度感測器 *1              | 檢測土壤濕度 |
| 3. Arduino nano V3.0 控制板*1 | 控制程式   |
| 4. 水管*1                    | 輸水     |
| 5. 麵包板                     |        |
| 6. 1路 5V 繼電器*1             | 高低電平觸發 |

(三)土壤濕度感測及抽水馬達控制 Arduino 程式及原理：

```

//土壤濕度感測及抽水馬達錄音控制Arduino程式

void setup() {
  Serial.begin(9600); //設定傳輸速率9600bps
  pinMode(9,OUTPUT); //繼電器接腳輸出態
}

void loop() {
  delay(300); //傳輸延遲時間
  int sensorValue=analogRead(A0); //A0為土壤濕度感測數值接收端
  Serial.print("目前土壤濕度:");
  Serial.println(sensorValue); //顯示傳輸的土壤濕度感測數值
  if(sensorValue<500){ //當土壤濕度感測器感測數值低於定值時
    digitalWrite(9,HIGH); //接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作
  }
  else{ //當土壤濕度感測器感測數值高於定值時
    digitalWrite(9,LOW); //接腳不給電到繼電器，使繼電器為通路狀態，馬達開始運作
  }
}

```

(四)設計說明：

表 3 土壤濕度感測及抽水馬達控制 Arduino 程式設計及說明

| 設計                              | 說明                         |
|---------------------------------|----------------------------|
| { Serial.begin(9600); //        | 設定傳輸速率 9600bps             |
| pinMode(9,OUTPUT); //           | 繼電器接腳輸出態                   |
| { delay(300); //                | 傳輸延遲時間 int                 |
| sensorValue=analogRead(A0); //  | A0 為土壤濕度感測數值接收端            |
| Serial.print                    | 目前土壤濕度                     |
| Serial.println(sensorValue); // | 顯示傳輸的土壤濕度感測數值              |
| if(sensorValue<500){ //         | 當土壤濕度感測器感測數值低於定值時          |
| digitalWrite(9,HIGH); //        | 接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作  |
| else{ //                        | 當土壤濕度感測器感測數值高於定值時          |
| digitalWrite(9,LOW); //         | 接腳不給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達開始運作 |

#### 四.環保可調整支撐架：

- (一) 製作目的是作為電子元件，照明設備，反光鋁箔墊、遮光網及網室細網等固定支架。
- (二) 技藝課程中，電機職群課程使用到大量的電管，經過裁切彎折的電管，用過後就變成了不易處理的廢棄物，處理上產生很多的困擾。經過設計組合方式，可以以最簡便可調整大小支撐架，並且充分利用廢棄電管，且不需要增購其他材料減少消耗。
- (三) 利用切管器裁切電管，利用瓦斯噴燈及擴管器軟化並彎折電管，製作連接頭。



圖 10【左上】大量的廢棄電管。【左下】擴管器【右上】利用瓦斯噴燈加熱軟化【右下】利用擴管器製作電管接頭，用以連接電管。

#### 五、設備組合栽種測試：

將電子設備與支架做組合，進行實際栽種觀察植物生長狀況。室內栽種，測試設備運作及觀察植物生長。

## 六、整合電子元件優化設備：

栽種實測後，將電子設備進行整合及優化。將給光及給水設備整合成同一電路板，增加液位偵測蜂鳴警示，並利用 3D 列印製作保護盒及水箱。

### (一) 電路板總零件配置：

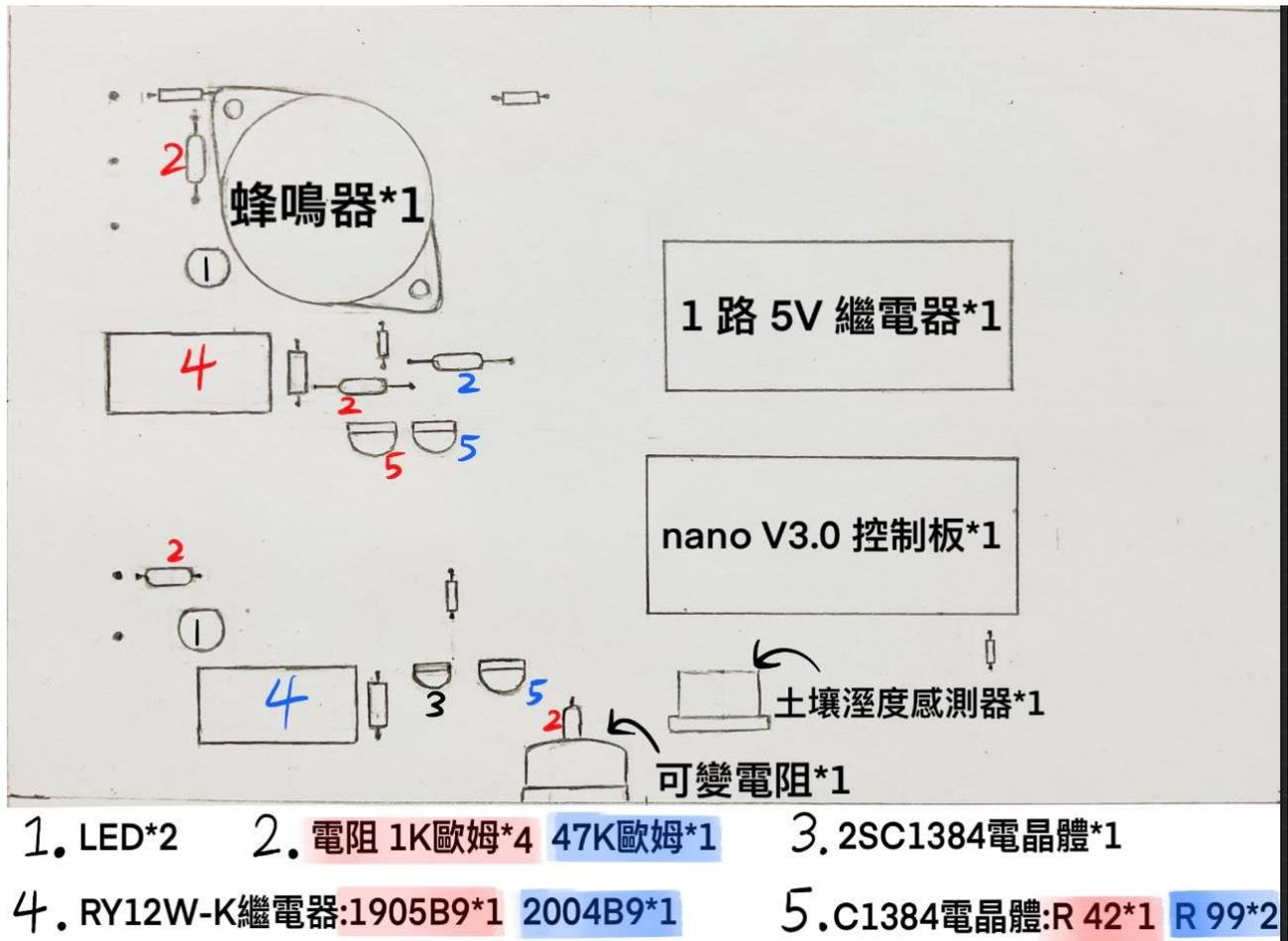


圖 11 電路板總零件配置位置圖及構造名稱。整合控光給水及水箱水位偵測警示器。

(二)給光設備優化：

1.感光設備：檢測附近是否有足夠的光源，自動補足不足的照度。

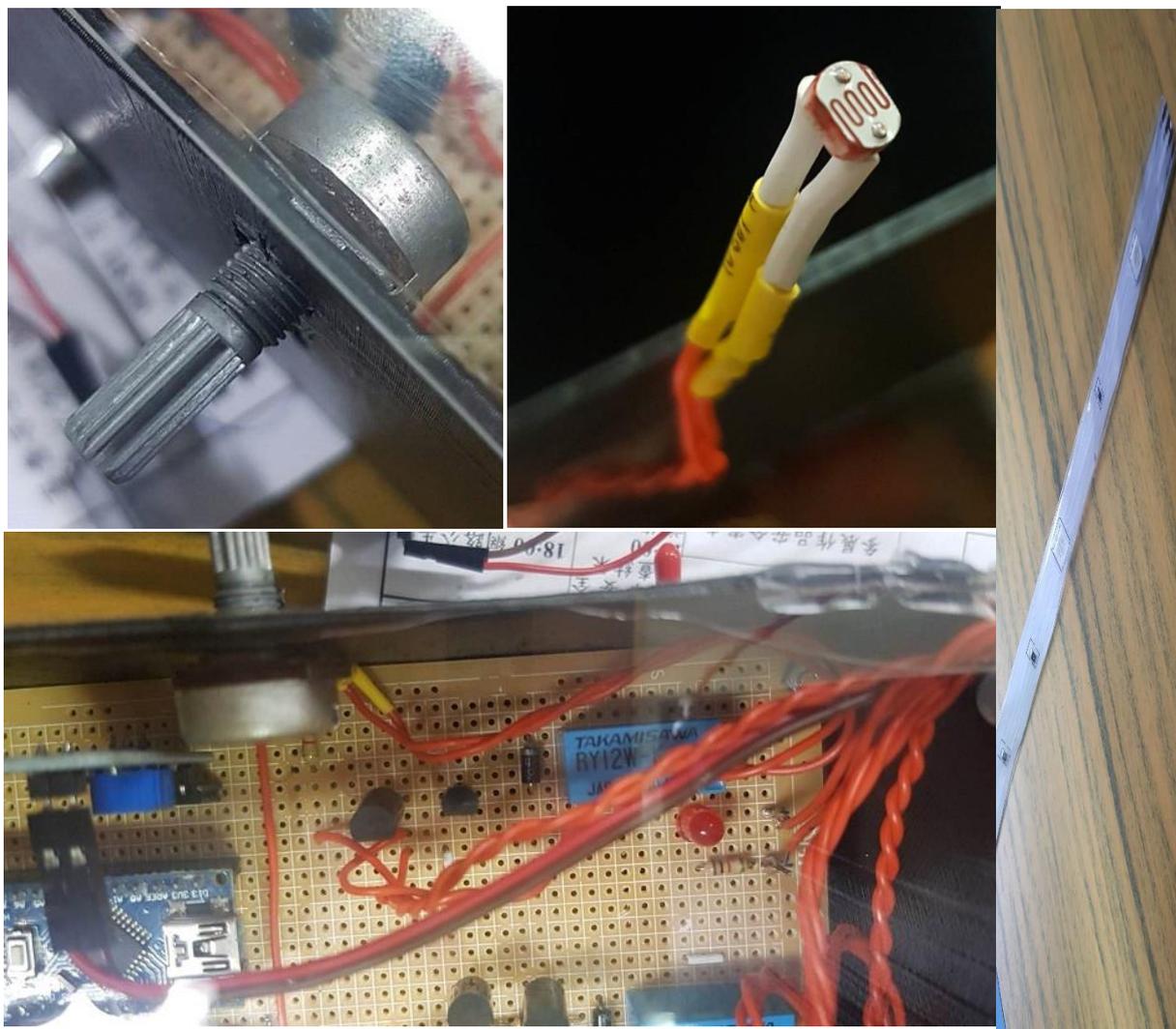


圖 12 光線控制，感光設備光源及電路板。【上左】可變電阻。【上右】光敏電阻。【下】給光設備電路配置板。【右】LED 燈條。

1. 零件及功能：

表 4 給光設備零件及功能。

| 零件              | 功能        |
|-----------------|-----------|
| 1.LED 燈*1       | 發光        |
| 2.電阻 1K 歐姆*2    | 控制電壓和電流比例 |
| 3.2SC1384 電晶體*1 | 放大或開關電器訊號 |
| 4.RY12W-K 繼電器*1 | 可控的隔離放大   |
| 5.C1384 電晶體*1   | 放大或開關電器訊號 |
| 6.可變電阻*1        | 可以調整電阻大小  |
| 7.光敏電阻*1        | 感測光的亮度    |
| 8.LED 燈條*1      | 發光        |

(三)自動供水設備整合及優化：感測土壤的濕度，自動提供植物所需水分。

1.自動澆水器含水箱：

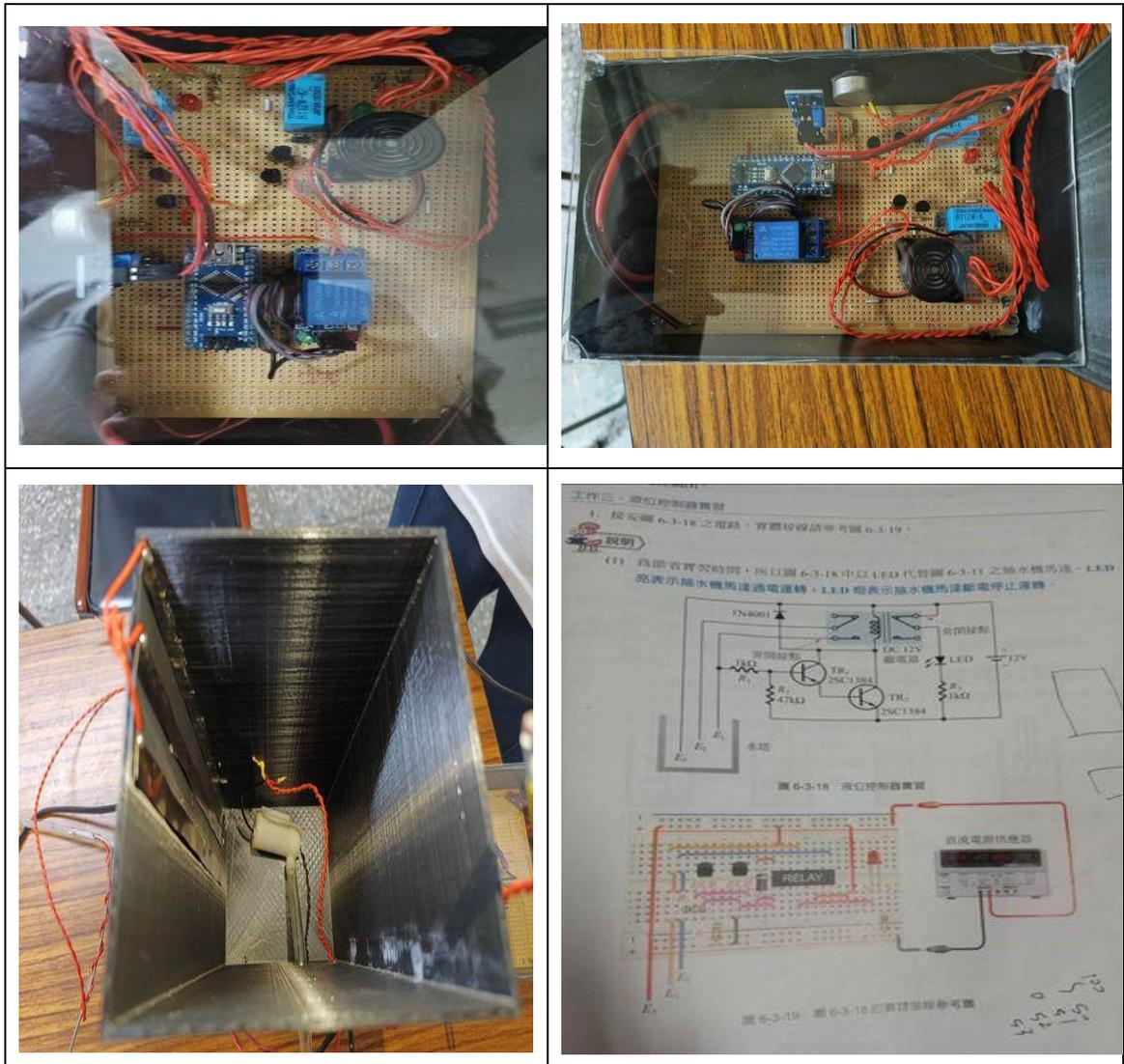


圖 13 【上左】供水設備電路。【上右】整合所有控制設備。【下左】含液位偵測器水箱。【下右】液位偵測電路設計圖。

2.零件及功能：

表 5 自動澆水器零件及功能

| 零件              | 功能             |
|-----------------|----------------|
| nano V3.0 控制板*1 | 控制程式           |
| 抽水馬達*1          | 抽水             |
| 水管*1            | 輸水             |
| 土壤溼度感測器 *1      | 檢測土壤濕度         |
| 1 路 5V 繼電器*1    | 高低電平觸發         |
| 蜂鳴器*1           | 水位不足時，發出聲音提醒補水 |

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| LED*1                  | 水位不足時，發光提醒補水。 |
| 電阻 1K 歐姆*2、電阻 47K 歐姆*1 |               |
| RY12W-K 繼電器*1          |               |
| 2SC1384 電晶體*2          |               |
| 1N4001 二極體*1           |               |

### 3.土壤濕度感測及抽水馬達控制 Arduino 程式及原理：

```

void setup()
{ Serial.begin(9600); //設定傳輸速率 9600bps
  pinMode(9,OUTPUT); //繼電器接腳輸出態 }

void loop() {
  delay(300); //傳輸延遲時間
  int sensorValue=analogRead(A0); //A0 為土壤濕度感測數值接收端
  Serial.print("目前土壤濕度:");
  Serial.println(sensorValue); //顯示傳輸的土壤濕度感測數值
  if(sensorValue<500){ //當土壤濕度感測器感測數值低於定值時
    digitalWrite(9,HIGH); //接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作 }

    else{ //當土壤濕度感測器感測數值高於定值時
    digitalWrite(9,LOW); //接腳不給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達開始運作 }
  }
}

```

表 6 土壤濕度感測及抽水馬達控制 Arduino 程式設計及原理

| 設計                              | 說明                        |
|---------------------------------|---------------------------|
| { Serial.begin(9600); //        | 設定傳輸速率 9600bps            |
| pinMode(9,OUTPUT); //           | 繼電器接腳輸出態                  |
| { delay(300); //                | 傳輸延遲時間 int                |
| sensorValue=analogRead(A0); //  | A0 為土壤濕度感測數值接收端           |
| Serial.print                    | 目前土壤濕度                    |
| Serial.println(sensorValue); // | 顯示傳輸的土壤濕度感測數值             |
| if(sensorValue<500){ //         | 當土壤濕度感測器感測數值低於定值時         |
| digitalWrite(9,HIGH); //        | 接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作 |

|                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| else{ //                | 當土壤濕度感測器感測數值高於定值時          |
| digitalWrite(9,LOW); // | 接腳不給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達開始運作 |

#### 4.設計說明：

(1)濕度檢測器將感測到的數值傳送到程式板，當溼度高於定值時（可依據不同的植物做調整），接腳不給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達開始運作，不給水。當土壤濕度感測器感測數值低於定值時，接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作，給水。

(2)液位偵測：三片鐵片由長到短分別為 E1、E2、E3，E1 為正極、E2、E3 為負極，若要偵測水位需有正負極。當水位高於 E3 時，正負極皆有，不須補水（圖 14 左）。當水位低於 E3 但 E2 還偵測的到時，正負極還是有，水量仍夠，不須補水（圖 14 中）。但當水位低於 E2、E3 時，沒有負極，此時蜂鳴器響起、LED 發光提醒水量不足，須補水（圖 14 右）。

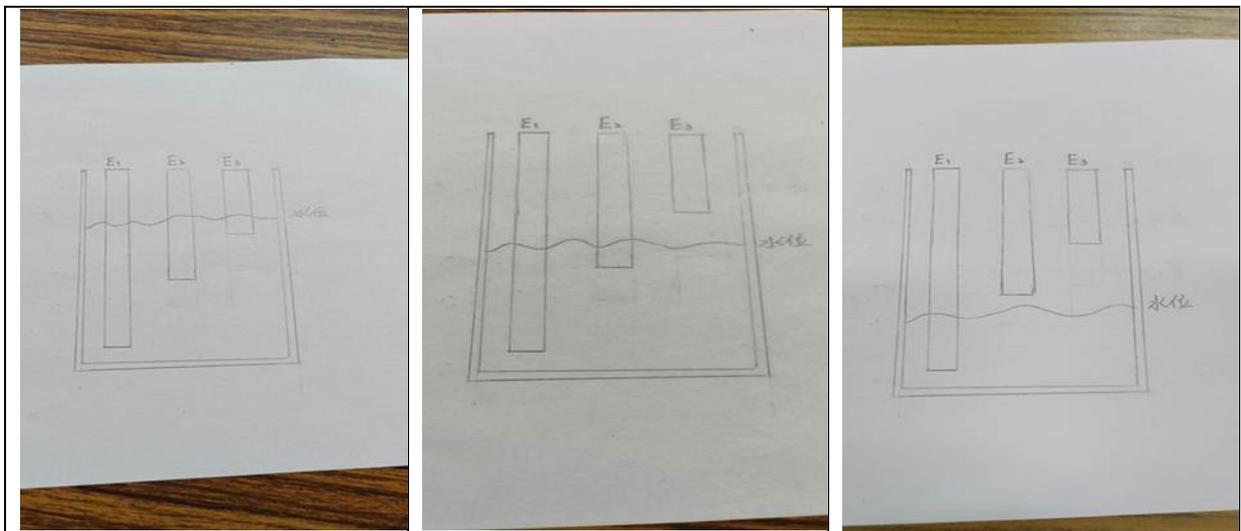


圖 14 液位偵測感應判定是否應該給水【左】高水位【中】中水位【右】低水位。

(四)水箱及電路板外盒製作：測量電路板大小、電子零件及線材空間。先用手繪，再用電腦軟體做出模型，最後用 3D 列印機打印出來。

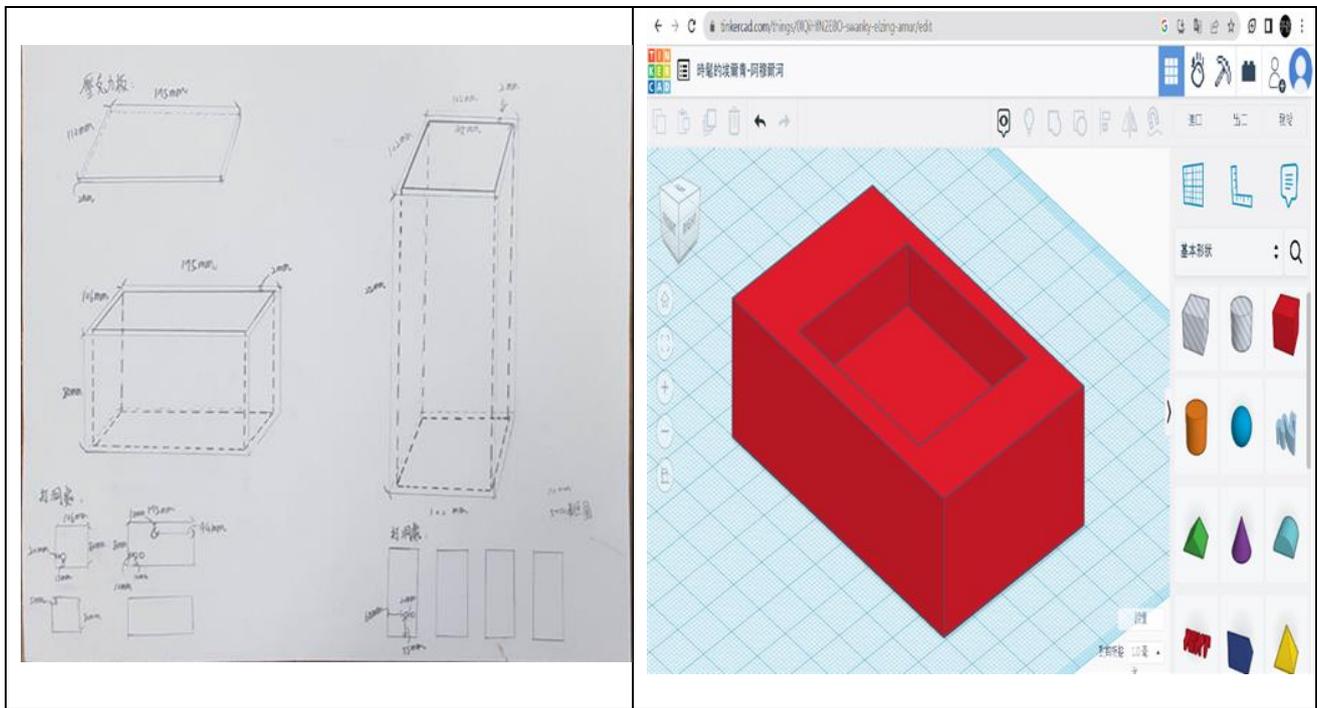


圖 15 水箱及外盒設計圖【左】手繪圖【右】電腦軟體設計圖

## 肆、研究結果

### 一、幼苗及植栽的生長狀況測試：

(一)、葉片面積生長比較：選取大小相近菜苗 2 棵，分別種植在 9\*9 及 7\*7 盆，選取一生長良好葉片，標誌長、寬測量點，量測葉片長寬並且記錄。9\*9 盆中菜苗普遍比 7\*7 盆生長良好。(表 7、圖 16)

(二)、生長狀況 9\*9 較 7\*7 盆植栽，葉片範圍較廣、葉片較大，葉片數目增加較多。

(三)、測量兩周後葉片逐漸枯黃萎縮，其他新葉持續長出。

(四)、不置罩網，容易得到蟲害，常見粉蝶幼蟲，俗稱菜蟲。發現後 3~5 天即可以吃殘幼苗，特別對於新芽，以至於不再生長。菜蟲對於菜苗的喜好程度包心刈菜>青花椰>白菜>皇宮菜。皇宮菜幾乎安然無恙。(圖 17、18、19)

表 7 編號 1.2.皇宮菜 3.4.白菜 5.6.青花椰菜 7.8.包心刈菜(1.3.5.7. 9\*9 盆)  
(2.4.6.8. 7\*7 盆)兩周生長狀況記錄。(單位 cm)  
葉片：葉片數。生長比：兩周後面積/初始面積。

| 日期<br>編號 | 1.<br>1220 | 2.<br>1221 | 3.<br>1222 | 4.<br>1223 | 5.<br>1226 | 6.<br>1228 | 7.<br>1230 | 8.<br>0105 | 葉片/<br>生長比 |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1        | 2.9        | 3.0        | 3.0        | 3.0        | 3.0        | 3.1        | 3.2        | 3.3        | 5          |
|          | 3.5        | 3.5        | 3.5        | 3.6        | 3.7        | 3.8        | 4.0        | 4.0        | 8          |
|          | 10.15      | 10.50      | 10.50      | 10.80      | 11.10      | 11.78      | 12.80      | 13.20      | (1.3)      |
| 2        | 2.7        | 2.7        | 2.7        | 2.7        | 2.7        | 2.8        | 2.8        | 2.9        | 5          |
|          | 3.5        | 3.5        | 3.5        | 3.5        | 3.6        | 3.8        | 3.7        | 3.7        | 7          |
|          | 30         | 9.45       | 9.45       | 9.45       | 9.72       | 10.64      | 10.36      | 10.73      | (1.1)      |
| 3        | 5.0        | 5.5        | 5.7        | 6.1        | 6.3        | 6.3        | 6.4        | 6.4        | 4          |
|          | 4.6        | 4.9        | 4.9        | 5.1        | 5.3        | 5.4        | 5.4        | 5.5        | 7          |
|          | 23.00      | 26.95      | 27.93      | 31.11      | 34.02      | 34.02      | 34.56      | 35.02      | (1.5)      |
| 4        | 4.1        | 4.2        | 4.2        | 4.3        | 4.3        | 4.5        | 4.5        | 4.5        | 4          |
|          | 4.3        | 4.5        | 4.5        | 4.5        | 4.5        | 4.8        | 4.6        | 4.6        | 7          |
|          | 17.63      | 18.90      | 18.90      | 19.35      | 19.35      | 21.60      | 20.70      | 20.70      | (1.17)     |
| 5        | 4.0        | 4.0        | 4.0        | 4.0        | 4.0        | 4.1        | 4.2        | 4.2        | 6          |
|          | 5.6        | 6.0        | 5.9        | 5.9        | 6.0        | 6.0        | 6.1        | 6.2        | 10         |
|          | 22.40      | 24.00      | 23.60      | 23.60      | 24.00      | 24.60      | 24.62      | 26.04      | (1.16)     |
| 6        | 4.6        | 4.6        | 4.6        | 4.6        | 4.6        | 4.7        | 4.8        | 4.7        | 6          |
|          | 5.3        | 5.4        | 5.5        | 5.5        | 5.5        | 5.5        | 5.6        | 5.7        | 7          |
|          | 24.38      | 24.84      | 25.30      | 25.30      | 25.30      | 25.85      | 26.88      | 26.79      | (1.09)     |

|   |       |       |       |      |       |       |       |      |        |
|---|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|--------|
| 7 | 3.6   | 3.7   | 3.9   | 4.3  | 4.5   | 4.5   | 4.5   | 4.5  | 6      |
|   | 5.2   | 5.2   | 5.5   | 6.0  | 6.3   | 6.6   | 6.6   | 6.6  | 8      |
|   | 18.72 | 19.24 | 21.45 | 25.8 | 28.35 | 29.7  | 29.7  | 29.7 | (1.57) |
| 8 | 3.0   | 3.1   | 3.2   | 3.2  | 3.2   | 3.3   | 3.3   | ---  | 5      |
|   | 5.1   | 5.2   | 5.5   | 5.5  | 5.5   | 5.5   | 5.6   | ---  | 6      |
|   | 15.3  | 16.12 | 17.6  | 17.6 | 17.6  | 18.15 | 18.48 | ---  | (1.20) |

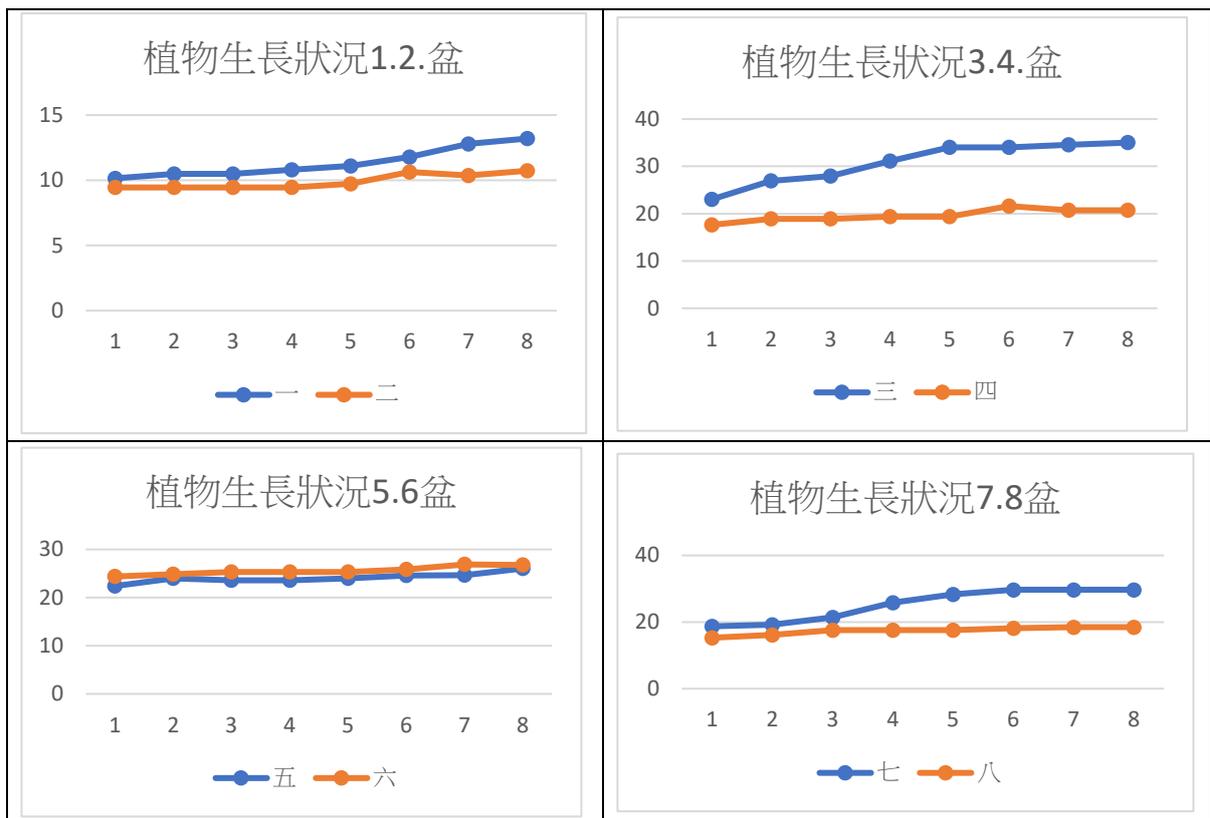


圖 16 依據表 4 兩兩比較相同植物在不同容器中生長的狀況。藍色為 9\*9 盆、橘色為 7\*7 盆。



圖 17 由左至右分別為編號 1.2.3.4.5.6.7.8。置自然陽光下



圖 18 【左上】1.2.皇宮菜 【右上】3.4.白菜 【左下】5.6.青花椰菜  
【右下】7.8.包心刈菜。9\*9 盆生長狀況明顯比 7\*7 盆佳。



圖 19 【上左】【中】白菜栽種四週後 9\*9 盆長出花芽【右上】花芽持續抽高八週後住 漸枯凋。7\*7 盆則持需枯凋。【下】受到蟲害，發現後約一周時間，葉片吃殘，之後不再生長。

## 二、調整光線設備

感光設備及調光設備。(圖 20)燈管及光源可以需求裝置。

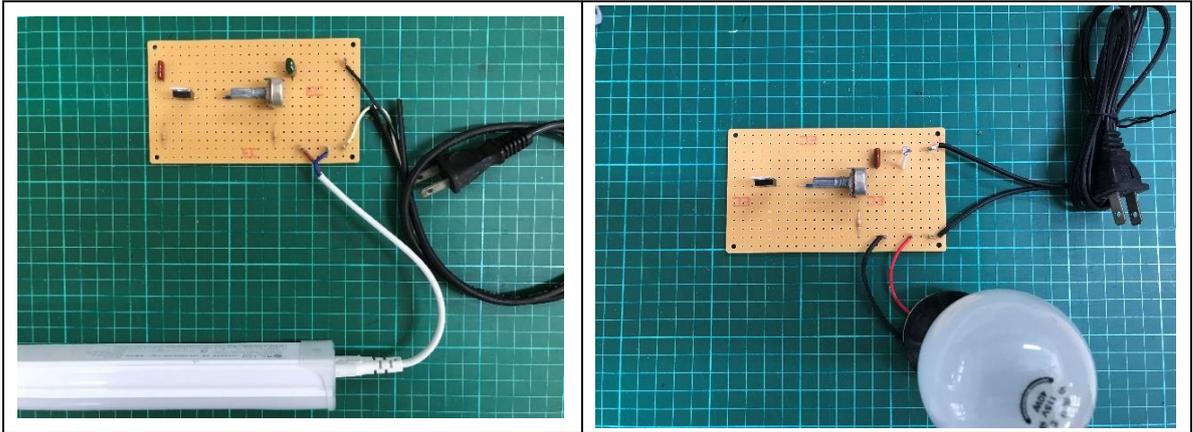


圖 20 【左】自動感光設備，可在光線不足時自動打開。LED 燈管做多可以連結六支燈管【右】調光設備，可以調亮度可以依照需要補足照度。

## 三、自動供水設備：

全自動澆水器：根據設計圖裝配自動澆水器，並且實際測試。土壤乾燥即補充水分，濕度 50%以上則自動停止。一般花盆需要排水孔，以避免泡水爛根，但是多餘的水流出則造成浪費。本裝置可避免植株過分乾燥，也可以減少過度澆水。

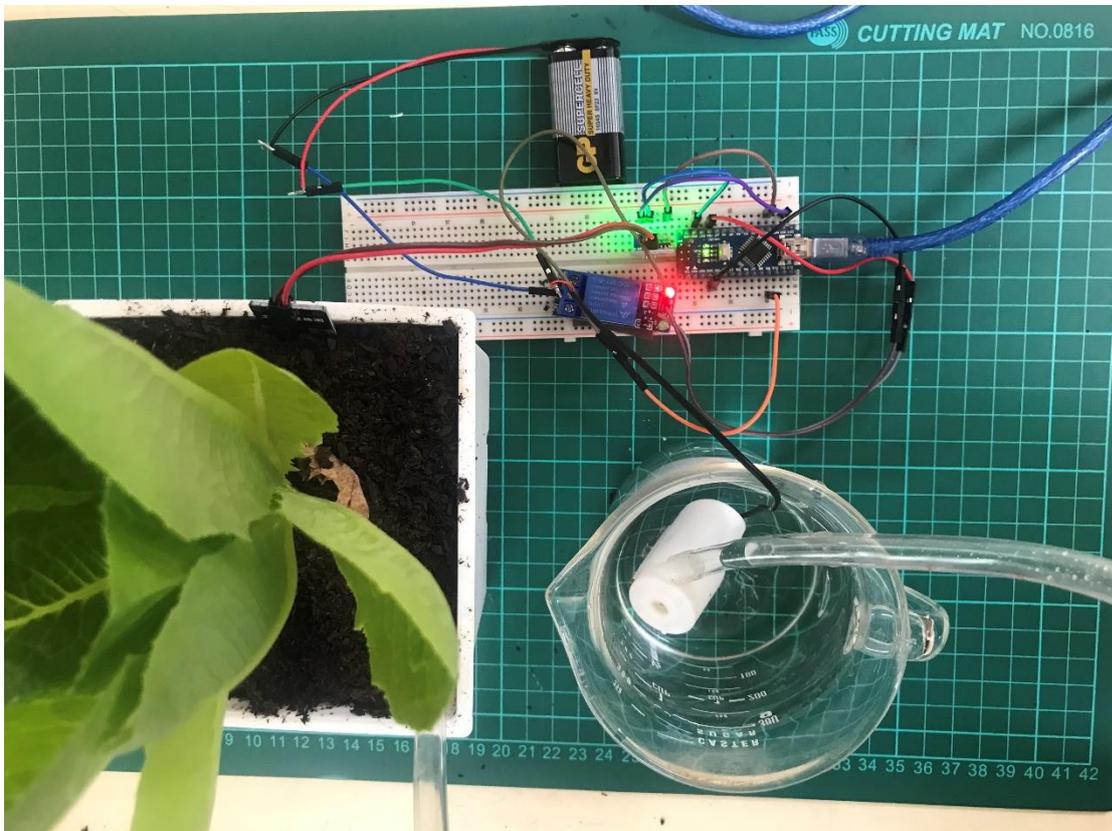


圖 21 依照自動澆水設計圖設備動澆水器實際測試，可以正常作動。

#### 四、環保可調整支撐架：

(一) 嘗試用各種方式組合，在不另外購置轉接頭的情況下。發現並不需要做成四邊形。以椅凳型的方式即可以做成支撐架，充分利用廢料並且可以彈性的依據植株栽種狀況改變支撐架大小(圖 22)。

(二) 支架由八支 L 型管及 8 支 I 型直管組成，L 型管藉由 I 型管連接。只要改變 I 型管長度，就可以調整長、寬、高。配合植栽數、植栽高度、燈管位置等彈性調整。



圖 22 【上】 凳型支架，兩個方向都可以支撐【中】 L 型管間連接直管可以更換不同長度 I 型管，即可改變長寬高【下左】 罩網可以防治蟲害【下右】 黑網可以遮光。

## 五、設備組合栽種測試：

組合實測：利用感光、補光控制器及計時器，調整照光時間及照光量。配合室內外環境需求不同，可在支架加上罩網、黑網、鋁箔反光板，達到防蟲、擋光、增加照度等。補水設備設備可以正常運作，但是若是因為沒有留意到水位，則會造成馬達空轉燒掉。給水方式需要再改進，單一出水孔，水分擴散當偵測到時，水會比實際需求多。室內栽種(圖 23)感光及補光設備，光線足夠時不動作，光線不足則亮起。配合計時器，一是光照 18 小時，測試一周，植物狀況目視良好。



圖 23 【上】室內栽種為使光線反射以增加照度，支架外罩反光鋁箔版。【中】植物生長狀況良好。【下】亮度不足則可以予以補光。

## 六、整合電子元件優化設備：

將感光、調光及自動澆水設備(圖 24)予以整合。改變給水方式，在出水管頭增加花灑。另設置水箱並增加液位感測缺水警示(圖 25)。

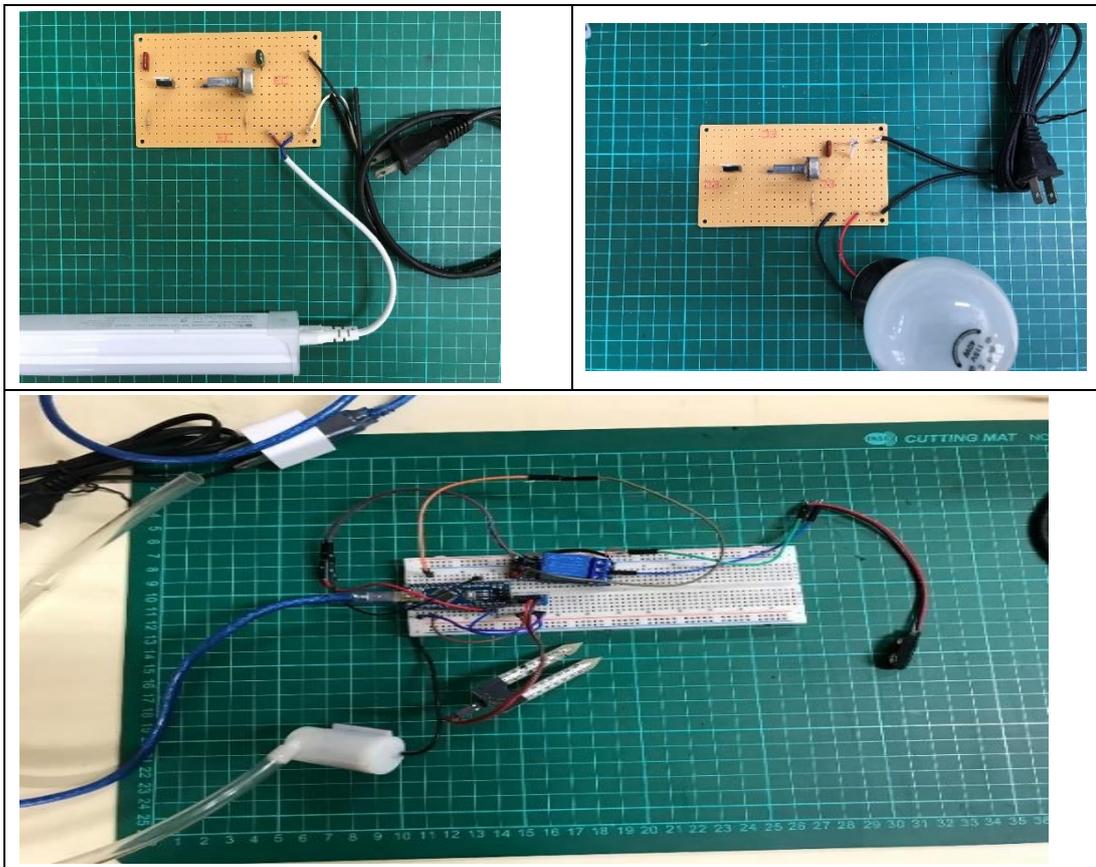


圖 24 【左】自動感光設備，可在光線不足時自動打開。【右】調光設備，可調亮度可以依照需要補足照度。【下】自動供水設備，可以依土壤濕度並自動給水。

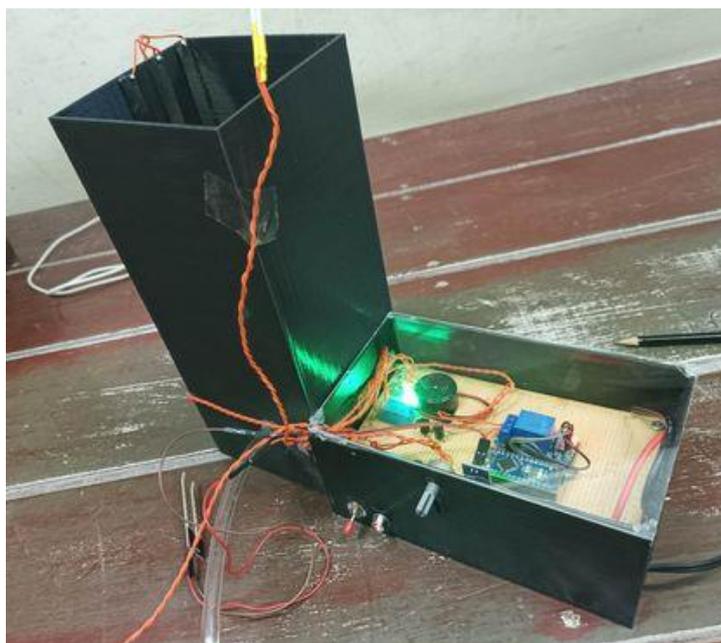


圖 25 將電子儀器設備整合後加上水箱成全向自動照顧植物機。

## 伍、討論

### 一、幼苗及植栽的生長狀況測試：

- (一) 幼苗自育苗盆中移出，栽種於 7\*7 及 9\*9 盆中，初期生長一周內並無明顯不同，之後逐漸產生些微差異，以結果一中記錄可見 9\*9 盆中植栽無論植物種類，其生長狀況都較為良好。紀錄兩周後會出現生長遲滯，原本作為記錄的葉片脫落。新葉長出可以看出長勢，但是不容易找到記錄指標。若不換盆，不再繼續長大，開花後枯萎，或者逐漸枯萎。
- (二) 植栽在幼苗時根系不發達，需水量不多，所以採小盆栽種可以減少澆水量並避免因為積水爛根。但隨作物生長須適度換盆有利植株生長。若不換盆，利用土壤溼度偵測，適時補充水分肥料也是可行的方式。
- (三) 使用罩網可以避免蟲害，不需使用農藥。不置罩網，某些蔬菜極易得到蟲害，不用農藥幾乎無法收成。

### 二、光是植物生長發育的重要條件：

- (一) 光質對植物的生長、形態、光合作用、代謝以及基因表達均有調控作用。透過光質調節，控制植株形態和生長發育是設施栽培的一項重要技術。LED 具有節能環保、安全可靠、使用壽命長、體積小、重量輕、發熱量少、易於分散或組合控制等許多重要特點。傳統植物設施栽培中使用的光源一般是螢光燈、金屬鹵化物燈、高壓鈉燈和白熾燈。這些光源一般是因應人眼對光的適應性，其光譜有很多不必要的波長，對植物生長的促進作用少。LED 具備以下性能成為植物栽種設備的良好選擇：1.光譜性能好，可按照需要選擇純正單色光或複合光譜，其波長符合植物光合作用光譜需求；2.光能有效利用率高，能進行不同光質和發光強度控制；3.作為冷光源，可以近距離地照射植物，增加照度並大大提高空間的利用效率，低熱負荷和空間小型化，其耐用性也可降低成本。這些特質，讓 LED 十分適合應用於可控設施環境中的植物栽培。
- (二) 大多數植物顯示綠色，是因為反射了太陽發出的綠光，它們不使用綠光，主要是吸收紅光和藍光。只給予植物需要的光波當然很好，但是植物對於光是主動選擇，因此即便不是使用所謂的「植物燈」，在本實驗中所用一般 LED 燈，只要照度足夠亦可支持植

物生長。

(三) 台灣地區並不缺乏光照，若土地取得不易可以使用植物工廠的概念。戶外栽種要面對多變的環境與病蟲害。若採戶外栽種在太陽下山之後，可以自動打開照明延長照光時間，或者若光照不足也可以利用調光設備補足光照，綜合兩項優點採用補光概念。利用調光設備補足照光增加生長效率縮短採收時間。

三、植物工廠基本是建立在水耕的基礎上。但是水耕有需要克服的缺點，培養液的濃度及 pH 變化劇烈下，作物的根部容易快速受到傷害，另外需要控制硝態氮或亞硝態氮，以及所用植物養分中所含之重金屬的問題，水耕易造成硝酸鹽、亞硝酸鹽的殘留。另外為提供根系氧氣持續需要打氣亦是一種能量消耗。若使用培養土，精確的控制土壤濕度，避免培養液內含物劇烈變化，可以減少這一類型的問題。以土壤、培養土栽種，植物種植環境較為穩定。植物不能缺水，過量給水也是一個問題，除了浪費水資源也容易造成爛根。因此依據土壤溼度控制器供水，可以依據植栽的種類適度供水。若要施用液肥，亦可以較為精準控制。

四、環保可調整支撐架：

技藝課程上課及訓練會產生數量龐大的廢棄電管，思考可以如何轉變為可用的材料。裁切及 L 行彎折是電機配線的基本技巧。使用這兩技法將電管制做成 L 型彎管及 I 型直管。利用這兩種形狀電管，就可以製作可以調整長、寬、高的支架。配合植栽數、植栽高度、燈管位置等彈性調整。可以配合栽種的條件調整位置非常重要。植栽的數量高度不同，空間不同需要的支架大小就不相同。而適當的光照距離可以有效節能。照度並不同光源的光通量。在光源的光通量相同的情況下，減少照光距離及增加光線反射，可以有效提高照度，減少能量消耗。

五、設備組合實測：

考量植物的生長需求支持，利用我們所設計製作的器材，可以組合成多種植物生長研究的環境。利用感光、補光控制器及計時器，調整照光時間及照光量。利用支架加上罩網、黑網、鋁箔反光板，用以防蟲、擋光、增加照度。自動補水裝置可以穩定控制給水量，穩定植物生長。

光線亮度調整補充，全日照半日照。開花照光時間控制。太陽能電池搭配。在研究過

程中，若有測光機當可更準確測得光照量以調整燈光的使用。另外如果可以利用太陽能光電板，就可以使用太陽能去增加照光時間增加種植效率及產量，而不會因為電能的使用產生能源消耗。

(一)室外：利用罩網、黑網，可以防蟲及降低過度曝曬，加上感光設備及計時器，可以增加照光時間，增加或減少照光可用以調整開花時間。

(二)室內：感光及補光設備，可以調整光照度。室內穩定的環境，可以用以測試光線強度，照光時間等對於植物生長、開花等等的影響。

## 六、整合電子元件優化設備

栽種實測後，我們將個別的電子組件設備進行整合及優化。將給光及給水設備整合成同一電路板，增加液位偵測蜂鳴警示，並利用 3D 列印製作保護盒及水箱。保護盒及水箱非必要，但保護盒可使設備不用擔心下雨及外力破壞。水箱加上液位偵測器可避免水乾掉後馬達空轉燒毀。光線強度如果不需要細緻調節，則可以使用燈具數量及功率來調整，更加簡單具有彈性。

## 陸、結論

一、育苗，幼苗及植栽的生長，栽種過程中除了光照、給水也必須顧及到蟲害、根系生長的空間及養分供應。

二、利用電子元件設計可以配合光線明暗調整的光源。利用太陽光及人造光共同進行節省能源及促進植物生長。LED 燈是栽種植物很好的光源。

三、自動供水設備設計可以感測土壤的濕度，依照需要自動提供植物所需適量的水分並可用於施用液肥。

四、環保可調整支撐架。可作為電子元件，照明設備，反光鋁箔墊、遮光網及網室細網固定支架。將廢料重新再生使用。

五、透過不同的器材組合，可以因應植物生長需求。

## 柒、參考資料與資料來源

- 一、康軒書局。2021。自然與生活科技國一上學期課本。臺北。康軒文教事業股份有限公司
- 二、王弈辰、陳定緯 “光” 科技 LED 展 “生” 機—探討高亮度白光 LED 下番茄的生活史中華民國第 51 屆中小學科學展覽會國中組生物科 030304  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/030304.pdf>
- 三、吳翊辰 農業 LED 光控制 <https://sites.google.com/site/09wuyeechen/zhi-hui-nong-chang/nong-ye-yong-guang>
- 四、植物生長燈與室內農業 <https://www.uprtek.com/zh-TW/application/grow-lights-and-indoor-agriculture>
- 五、張榮洲、張宥凱 電子電路及 Arduino 應用。全華圖書。

## 【評語】 032908

本作品的主軸在於組合各式電子元件，有效結合科技建構植物生長照護系統，內容包括電路設計提供植物感應自動化光源與土壤濕度給水系統、建製反光鋁箔分散光源、利用細網避免蟲害及支撐所有元件的環保支架。作品如能有效應用電子組件和 Arduino 組件，減少農作的人力需求以及提升農作品質，並應用在生活中應會有不錯的助益。但作品內容似乎缺少試誤過程的敘述，建議應加入各變因的對照組及研究變因的影響，此外，若能針對過去技術發展限制提出對應創新作法，會更凸顯研究價值。最後在植株上的應用建議應可比較 LED 和植物燈的效果，更能凸顯此一設計的節能環保價值，也要考量放大規模可能遇到的問題。作品內容趨勢圖的縱軸與橫軸座標需清楚標註單位。

# 作品海報

# 摘要

本次的研究，我們了解到植物的生長除了需要光，適度地給水，還需要給足夠的生長空間及防蟲害。LED 燈可以做為栽種植物良好的替代光源。利用自製感光、自動給水器及附件支架的設計，製作「全向顧植物機」，可以用來幫助自己栽種蔬菜作物及了解植物的生長。附件支架可以解決廢棄電管問題，並且可以提供農家使用，所有設備設計兼顧節能、節水、減少汙染及環境保護。了解植物的生長與環境間的互動是件有趣的事，可以利用技藝課程、科技課所學，自己製作機械、設計程式收穫良多。

## 研究目的

- 一、在自然的環境下育苗，了解幼苗及植栽的生長狀況，及栽種過程中容易遇到那些問題，作為後續研究參照。
- 二、設計製造可感應光線設備。1. 利用電子元件設計可以配合光線明暗調整的光源。利用太陽光及人造光，共同進行節省能源及促進植物快速生長，並且控制植物照光時間，調整植物開花花期。2. 探討光照時間與生長的關係。有效光照時間，最低光照時間，找到最佳光照時間。光照時間對於植物開花時間的影響。
- 三、設計製造自動供水設備。感測土壤的濕度，依照植物種類、大小自動提供植物所需水分。
- 四、設計製造環保可調整支撐架。作為電子元件，照明設備，反光鋁箔墊、遮光網及網室細網等固定支架。
- 五、設備組合栽種測試，可以達到植物正常生長目標。
- 六、整合電子元件優化設備。

## 參、研究過程與方法

一、培育葉菜盆栽，觀察在自然光源下的生長情形。

(一)使用本季四種常見葉菜。

(二)生長測試：

選取大小相近不同種類菜苗各2棵(圖1)，分別種植在及7\*7及9\*9盆，選取一生長良好葉片，標誌長、寬測量點，量測葉片長寬並且記錄(23)。置放自然光下生長，每日水澆透。

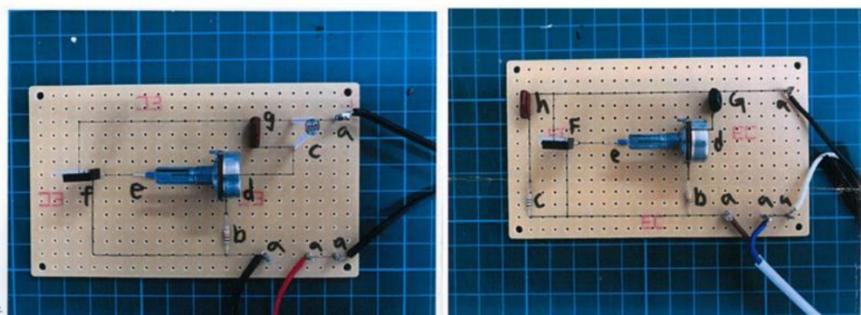
(三)將植物移植到12\*12盆，觀察植物生長狀況。與維持生長在9\*9盆中生長狀況做比較，並記錄。

二、設計給光設備：

(一) 搜尋文獻資料發現光合作用的吸收光譜(圖3)與白光LED的頻譜相比較(圖4)，白光LED接近正午日光頻譜照光。另外植物生長滿足光合作用的最低光照需求12000 lux。(照度：物體表面每單位面積所吸收可見光的光通量，用於入射表面的光)若植物完成完整生長週期，需要2~3倍的最低光照量，也就是說要能達到24000~36000lux 以上的環境照明。如果我們使用10W/900 lm(光通量：單位時間內由光源所發出或由被照物所吸收的總光能)的光源6組，不作任何設置，一旦光線射出後，如因角度因素未照射到植物讓植物所吸收，它就會消失，這樣的照度可能不足夠。在自然日光下是一個漫射光的環境，所以這個部分我們可以利用錫箔反射光線增加照度，模擬漫射光照的環境來進行。

(二)感光設備

(三)調光設備



# 壹、前言

七年級上自然課，對於生物老師在說明植物的光合作用及在對環境的感應，例如調整開花時間，很感到興趣。九年級技藝教育參加電機電子職群，技藝老師教到電路板及管線線路時設計，期間學習到可以依照需求調整燈光。在設計調光、控光電路時，想到這可不可以用來調整植物的生長狀況。另外看到近期市面上各種植物箱當道，其功能粗略但卻價格不斐，因此想應用所學設計具有多功能植物生長條件調控實驗箱，並解答當時關於光線對於植物生長所造成影響的疑惑。

## 貳、研究器材與設備

一、使用設備、器材：

- (一) 感光元件：電路板\*1、接線端子\*4、10K歐姆電阻\*1、cds光敏電阻\*1、可變電阻vr250k歐姆\*1、DIAC二極體\*1、TRIAC電晶體\*1、104K/250V麥拉電容\*
- (二) 調光元件：電路板\*1、接線端子\*4、15K歐姆電阻\*1、150歐姆電阻\*1、可變電阻vr500k歐姆\*1、DIAC二極體\*1、TRIAC電晶體\*1、104K/100V麥拉電容\*1、104K/250V麥拉電容\*
- (三) 人工光源：1.燈管電子式10瓦特交流式直型管(圖1)。光通量900lm。2.白熾燈泡40W(台灣日光燈)，可調光。
- (四) 自動控制供水元件：Arduino nano V3.0控制板\*1、抽水馬達\*1、水管\*1、土壤溼度感測器\*1、1路5V繼電器\*1、蜂鳴器\*1、LED\*1、電阻1K歐姆\*2、電阻47K歐姆\*1、RY12W-K繼電器\*1、2SC1384電晶體\*2
- (五) 自動給光元件：LED燈\*1、電阻1K歐姆\*2、2SC1384電晶體\*1、RY12W-K繼電器\*1、C1384電晶體\*1、可變電阻\*1、光敏電阻\*1、LED燈條\*1
- (六) 可調環保支架：廢棄電管(南亞CNS1302電線導管PVC管16mm\*4M)、切管器、擴管器、瓦斯噴燈。
- (七) 生長環境條件調整器材：反光鋁箔墊、遮光網、網室細網。
- (八) 3D列印機。

二、實驗材料：

- (一) 介質：興農牌花蝴蝶培養土，成分全氮N:2.0%全磷P2O5:2.0%全氧化鉀K2O:1.0%有機質85.5%
- (二) 植栽：皇宮菜、牛奶白菜、青花椰菜、包心刈菜、大陸妹、紅鳳菜
- (三) 塑膠盆器：7\*7、9\*9、12\*12



圖1 店家販售蔬菜幼苗，挑選大小相近植株作為實驗樣品。



圖2 葉片上以麥克筆標示測量的位置點，分別位於葉尖葉底及最寬處的兩側。圖中標示a、b為測量長度，a:長度為葉寬b:長度為葉長。

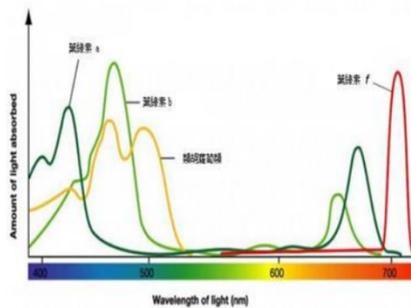


圖3 光合作用的吸收光譜。光合作用所需光波的峰值主要落在藍光與紅光區

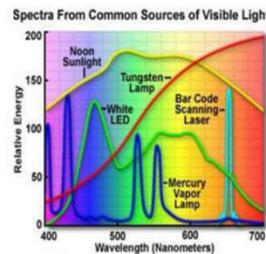
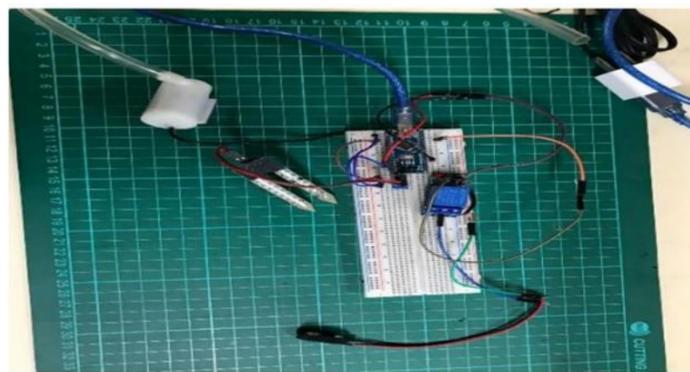


圖4 白光LED的頻譜相。  
(資料來源：<http://www.olympusimaging.com/printer/lightsource/light-sources.html>)

三、自動供水設備：感測土壤的濕度，自動提供植物所需水分。



#### 四、環保可調整支撐架：

- (一) 製作目的是作為電子元件，照明設備，反光鋁箔墊、遮光網及網室細網等固定支架。
- (二) 技藝課程中，電機職群課程使用到電管，經過裁切彎折的電管，用過後就變成了不易處理的廢棄物。經過設計組合方式，可以以最簡便可調整大小，並且充分利用廢棄電管，且不需要增購其他材料減少消耗。
- (三) 利用切管器裁切電管，利用瓦斯噴燈及擴管器軟化並彎折電管，製作連接頭。



圖11【左上】大量的廢棄電管。【左下】擴管氣【右上】利用瓦斯噴燈加熱軟化【右下】利用擴管器製作電管接頭，用以連接電管

#### 五、設備組合栽種測試：

將電子設備與支架做組合，進行實際栽種觀察植物生長狀況。室內栽種，測試設備運作及觀察植物生長。

#### 六、整合電子元件優化設備：

栽種實測後，將電子設備進行整合及優化。將給光及給水設備整合成同一電路板，增加液位偵測蜂鳴警示，並利用3D列印製作保護盒及水箱。

##### (一) 電路板總零件配置：

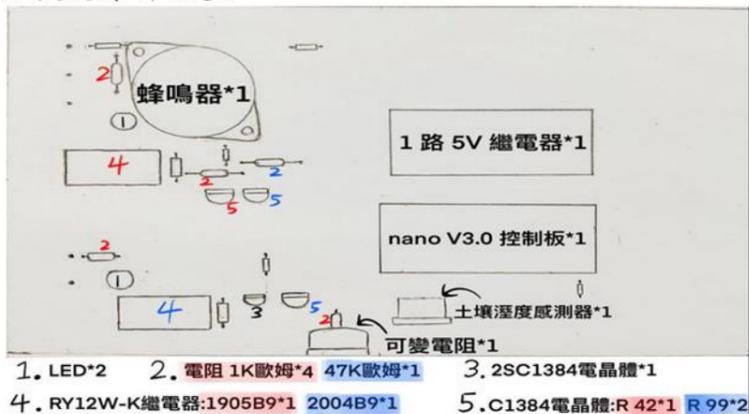


圖11 電路板總零件配置位置圖及構造名稱。整合控光給水及水箱水位偵測警示器。

##### (二) 給光設備優化：

1. 感光設備：檢測附近是否有足夠的光源，自動補足不足的照度

•零件及功能：

表4 給光設備零件及功能。

| 零件             | 功能        |
|----------------|-----------|
| 1.LED燈*1       | 發光        |
| 2.電阻1K歐姆*2     | 控制電壓和電流比例 |
| 3.2SC1384電晶體*1 | 放大或開關電器訊號 |
| 4.RY12W-K繼電器*1 | 可控的隔離放大   |
| 5.C1384電晶體*1   | 放大或開關電器訊號 |
| 6.可變電阻*1       | 可以調整電阻大小  |
| 7.光敏電阻*1       | 感測光的亮度    |
| 8.LED燈條*1      | 發光        |

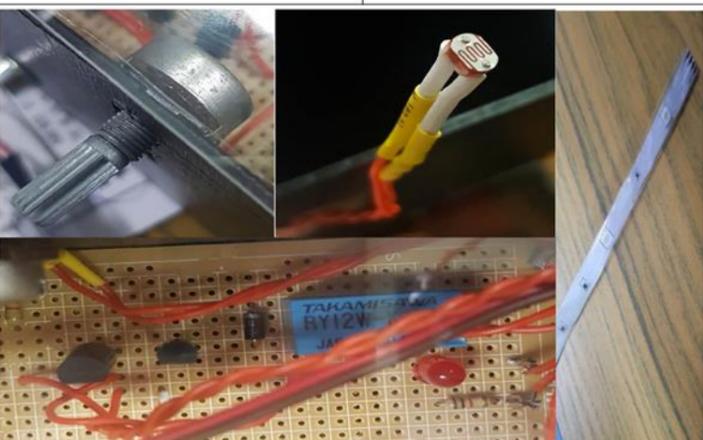


圖12 光線控制，感光設備光源及電路板。【左上】可變電阻。【右上】光敏電阻。【下】給光設備電路配置板。【右】LED燈條。

(三)自動供水設備整合及優化：感測土壤的濕度，自動提供植物所需水分。

##### 1.自動澆水器含水箱：

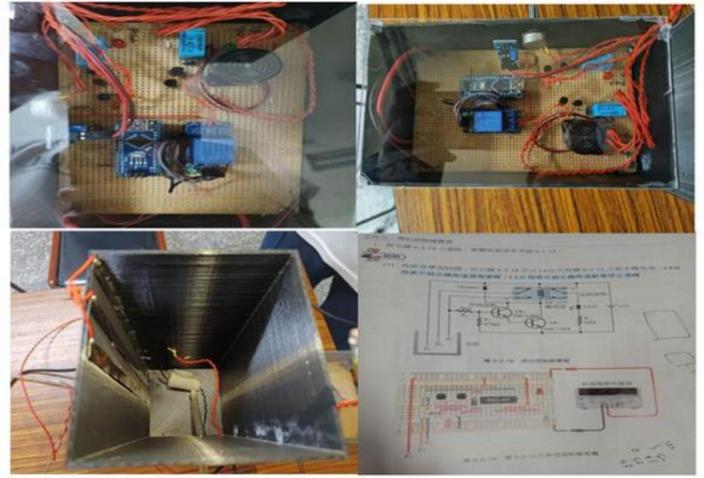


圖13【左上】供水設備電路。【右上】整合所有控制設備。【下左】含液位偵測器水箱。【下右】液位偵測電路設計圖。

##### 2.零件及功能：

表5 自動澆水器零件及功能

| 零件                 | 功能             |
|--------------------|----------------|
| nano V3.0控制板*1     | 控制程式           |
| 抽水馬達*1             | 抽水             |
| 水管*1               | 輸水             |
| 土壤溼度感測器 *1         | 檢測土壤濕度         |
| 1路5V繼電器*1          | 高低電頻觸發         |
| 蜂鳴器*1              | 水位不足時，發出聲音提醒補水 |
| LED*1              | 水位不足時，發光提醒補水。  |
| 電阻1K歐姆*2、電阻47K歐姆*1 |                |
| RY12W-K繼電器*1       |                |
| 2SC1384電晶體*2       |                |
| 1N4001 二極體*1       |                |

##### 3.土壤濕度感測及抽水馬達控制Arduino程式及原理：

```
void setup()
{ Serial.begin(9600); //設定傳輸速率9600bps
  pinMode(9,OUTPUT); //繼電器接腳輸出態 }

void loop() {
  delay(300); //傳輸延遲時間
  int sensorValue=analogRead(A0); //A0為土壤濕度感測數值接收端
  Serial.print("目前土壤濕度:");
  Serial.println(sensorValue); //顯示傳輸的土壤濕度感測數值
  if(sensorValue<500){ //當土壤濕度感測器感測數值低於定值時
    digitalWrite(9,HIGH); //接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作 }

  else{ //當土壤濕度感測器感測數值高於定值時
    digitalWrite(9,LOW); //接腳不給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達開始運作 }
```

表6 土壤濕度感測及抽水馬達控制Arduino程式設計及原理

| 設計                              | 說明                         |
|---------------------------------|----------------------------|
| { Serial.begin(9600); //        | 設定傳輸速率9600bps              |
| pinMode(9,OUTPUT); //           | 繼電器接腳輸出態                   |
| { delay(300); //                | 傳輸延遲時間 int                 |
| sensorValue=analogRead(A0); //  | A0為土壤濕度感測數值接收端             |
| Serial.print                    | 目前土壤濕度                     |
| Serial.println(sensorValue); // | 顯示傳輸的土壤濕度感測數值              |
| if(sensorValue<500){ //         | 當土壤濕度感測器感測數值低於定值時          |
| digitalWrite(9,HIGH); //        | 接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作  |
| else{ //                        | 當土壤濕度感測器感測數值高於定值時          |
| digitalWrite(9,LOW); //         | 接腳不給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達開始運作 |

##### 4.設計說明：

- (1)濕度檢測器將感測到的數值傳送到程式板，當溼度高於定值時（可依據不同的植物做調整），接腳不給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達開始運作，不給水。當土壤濕度感測器感測數值低於定值時，接腳給電到繼電器，使繼電器為斷路狀態，馬達停止運作，給水。
- (2)液位偵測：三片鐵片由長到短分別為E1、E2、E3，E1為正極、E2、E3為負極，若要偵測水位需有正負極。當水位高於E3時，正負極皆有，不須補水（圖14左）。當水位低E3但E2還偵測的到時，正負極還是有，水量仍夠，不須補水（圖14中）。但當水位低於E2、E3時，沒有負極，此時蜂鳴器響起、LED發光提醒水量不足，須補水（圖14右）。

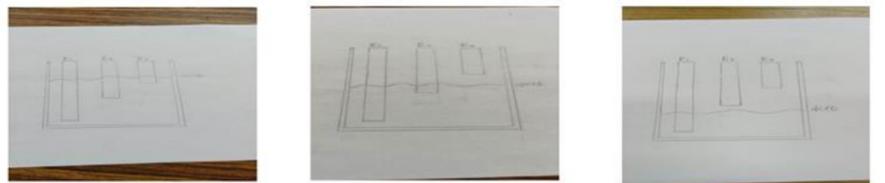


圖14液位偵測感應判定是否應該給水【左】高水位【中】中水位【右】低水位。

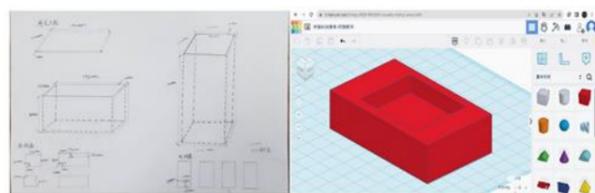


圖15 水箱及外盒設計圖【左】手繪圖【右】電腦軟體設計圖

(四)水箱及電路板外盒製作：測量電路板大小、電子零件及線材空間。先用手繪，再用電腦軟體做出模型，最後用3D列印機打印出來。

## 肆、研究結果

### 一幼苗及植栽的生長狀況測試：

- (一)、葉片面積生長比較：選取大小相近菜苗2棵，分別種植在9\*9及7\*7盆，選取一生長良好葉片，標誌長、寬測量點，量測葉片長寬並且記錄。9\*9盆中菜苗普遍比7\*7盆生長良好。(表7、圖16)
- (二)、生長狀況9\*9較7\*7盆植栽，葉片範圍較廣、葉片較大，葉片數目增加較多。
- (三)、測量兩周後葉片逐漸枯黃萎縮，其他新葉持續長出。
- (四)、不置罩網，容易得到蟲害，常見粉蝶幼蟲，俗稱菜蟲。發現後3~5天即可以吃殘幼苗，特別對於新芽，以至於不再生長。菜蟲對於菜苗的喜好程度包心>刈菜>青花椰>白菜>皇宮菜。皇宮菜幾乎安然無恙。(圖17、18、19)

表7 編號1.2.皇宮菜 3.4.白菜 5.6.青花椰菜 7.8.包心刈菜(1.3.5.7. 9\*9盆)

(2.4.6.8. 7\*7盆)兩周生長狀況記錄。(單位cm)

葉片：葉片數。生長比：兩周後面積/初始面積。

| 日期 | 1.    | 2.    | 3.    | 4.    | 5.    | 6.    | 7.    | 8.    | 葉片/生比  |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 1.220 | 1.221 | 1.222 | 1.223 | 1.226 | 1.228 | 1.230 | 0.105 |        |
| 2  | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.1   | 3.2   | 3.3   | 5      |
| 3  | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.6   | 3.7   | 3.8   | 4.0   | 4.0   | 8      |
| 4  | 10.15 | 10.50 | 10.50 | 10.80 | 11.10 | 11.78 | 12.80 | 13.20 | (1.3)  |
| 5  | 2.7   | 2.7   | 2.7   | 2.7   | 2.7   | 2.8   | 2.8   | 2.9   | 5      |
| 6  | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.5   | 3.6   | 3.8   | 3.7   | 3.7   | 7      |
| 7  | 30    | 9.45  | 9.45  | 9.45  | 9.72  | 10.64 | 10.36 | 10.73 | (1.1)  |
| 8  | 5.0   | 5.5   | 5.7   | 6.1   | 6.3   | 6.3   | 6.4   | 6.4   | 4      |
| 9  | 4.6   | 4.9   | 4.9   | 5.1   | 5.3   | 5.4   | 5.4   | 5.5   | 7      |
| 10 | 23.00 | 26.95 | 27.93 | 31.11 | 34.02 | 34.02 | 34.56 | 35.02 | (1.5)  |
| 11 | 4.1   | 4.2   | 4.2   | 4.3   | 4.3   | 4.5   | 4.5   | 4.5   | 4      |
| 12 | 4.3   | 4.5   | 4.5   | 4.5   | 4.5   | 4.8   | 4.6   | 4.6   | 7      |
| 13 | 17.63 | 18.90 | 18.90 | 19.35 | 19.35 | 21.60 | 20.70 | 20.70 | (1.17) |
| 14 | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.1   | 4.2   | 4.2   | 6      |
| 15 | 5.6   | 6.0   | 5.9   | 5.9   | 6.0   | 6.0   | 6.1   | 6.2   | 10     |
| 16 | 22.40 | 24.00 | 23.60 | 23.60 | 24.00 | 24.60 | 24.62 | 26.04 | (1.16) |
| 17 | 4.6   | 4.6   | 4.6   | 4.6   | 4.6   | 4.7   | 4.8   | 4.7   | 6      |
| 18 | 5.3   | 5.4   | 5.5   | 5.5   | 5.5   | 5.5   | 5.6   | 5.7   | 7      |
| 19 | 24.38 | 24.84 | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 25.85 | 26.88 | 26.79 | (1.09) |
| 20 | 3.6   | 3.7   | 3.9   | 4.3   | 4.5   | 4.5   | 4.5   | 4.5   | 6      |
| 21 | 5.2   | 5.2   | 5.5   | 6.0   | 6.3   | 6.6   | 6.6   | 6.6   | 8      |
| 22 | 18.72 | 19.24 | 21.45 | 25.8  | 28.35 | 29.7  | 29.7  | 29.7  | (1.57) |
| 23 | 3.0   | 3.1   | 3.2   | 3.2   | 3.2   | 3.3   | 3.3   | ---   | 5      |
| 24 | 5.1   | 5.2   | 5.5   | 5.5   | 5.5   | 5.5   | 5.6   | ---   | 6      |
| 25 | 15.3  | 16.12 | 17.6  | 17.6  | 17.6  | 18.15 | 18.48 | ---   | (1.20) |

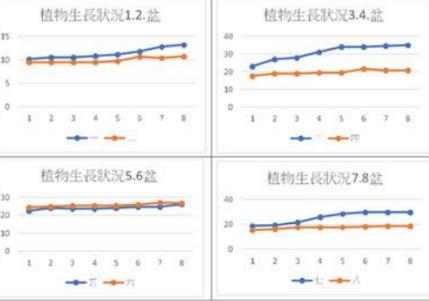


圖16 依據表4 兩兩比較相同植物在不同容器中生長的情況。藍色為9\*9盆、橘色為7\*7盆。

圖17 由左至右分別為編號1.2.3.4.5.6.7.8。置自然陽光下



圖19 【上左】【中】白菜栽種四週後9\*9盆長出花芽  
【右上】花芽持續抽高八週後住漸枯凋。7\*7盆則持需枯凋。  
【下】受到蟲害，發現後約一周時間，葉片吃殘，之後不再生長。



圖18 【左上】1.2.皇宮菜  
【右上】3.4.白菜  
【左下】5.6.青花椰菜  
【右下】7.8.包心刈菜。9\*9盆生長狀況明顯比7\*7盆佳。

## 一 調整光線設備

感光設備及調光設備。(圖20)燈管及光源可依需求裝置。

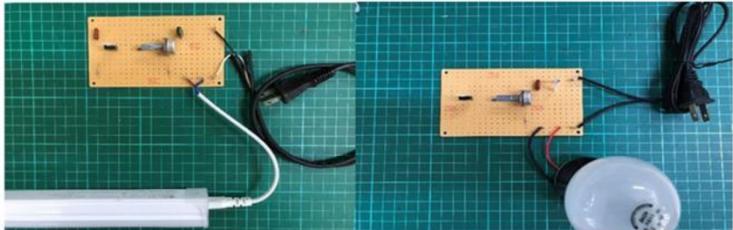


圖20 【左】自動感光設備，可在光線不足時自動打開。LED 燈管做多可以連結六支燈管  
【右】調光設備，可以調亮度可以依照需要補足照度。

## 三、自動供水設備：

全自動澆水器：根據設計圖裝配自動澆水器，並且實際測試。土壤乾燥即補充水分，濕度50%以上則自動停止。一般花盆需要排水孔，以避免泡水爛根，但是多餘的水流出則造成浪費。本裝置可避免植株過分乾燥，也可以減少過度澆水。

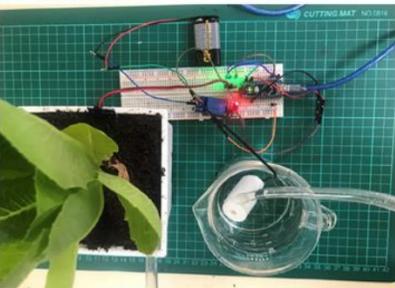


圖21 依照自動澆水設計圖設備動澆水器實際測試，可以正常作動。

## 四、環保可調整支撐架：

一嘗試用各種方式組合，在不另外購置轉接頭的情況下。發現並不需要做成四邊形。以椅凳型的方式即可以做成支撐架，充分利用廢料並且可以彈性的依據植株栽種狀況改變支撐架大小(圖22)。

二 支架由八支L型管及8支I型直管組成，L型管藉由I型管連接。只要改變I型管長度，就可以調整長、寬、高。配合植栽數、植栽高度、燈管位置等彈性調整。



圖22  
【上】凳型支架，兩個方向都可以支撐  
【中】L型管間連接直管可以更換不同長度I型管，即可改變長寬高  
【下左】罩網可以防治蟲害  
【下右】黑網可以遮光。

## 五、設備組合栽種測試：

組合實測：利用感光、補光控制器及計時器，調整照光時間及照光量。配合室內外環境需求不同，可在支架加上罩網、黑網、鋁箔反光板，達到防蟲、擋光、增加照度等。補水設備設備可以正常運作，但是若是因為沒有留意到水位，則會造成馬達空轉燒掉。給水方式需要再改進，單一出水孔，水分擴散當偵測到時，水會比實際需求多。室內栽種(圖23)感光及補光設備，光線足夠時不動作，光線不足則亮起。配合計時器，一次光照18小時，測試一周，植物狀況目視良好。



圖23  
【上】室內栽種為使光線反射以增加照度，支架外罩反光鋁箔版。  
【中】植物生長狀況良好。  
【下】亮度不足則可以予以補光。

## 六、整合電子元件優化設備：

將感光、調光及自動澆水設備(圖24)予以整合。改變給水方式，在出水管頭增加花灑。

另設置水箱並增加液位感測缺水警示(圖25)。

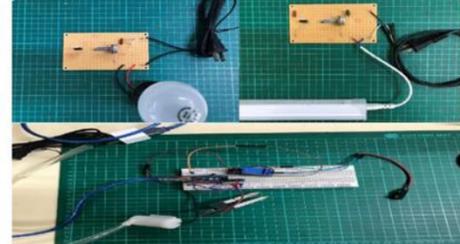


圖24 【左】自動感光設備，可在光線不足時自動打開。  
【右】調光設備，可調亮度可以依照需要補足照度。  
【下】自動供水設備，可以依土壤濕度並自動給水。

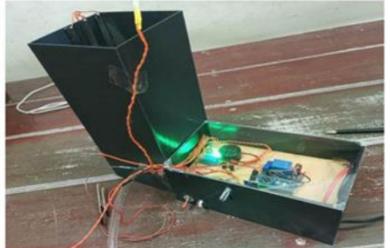


圖25 將電子儀器設備整合後加上水箱成全向自動照顧植物機。

## 伍、討論

### 一 幼苗及植栽的生長狀況測試：

- (一)幼苗自育苗盆中移出，栽種於7\*7及9\*9盆中，初期生長一周內並無明顯不同，之後逐漸產生些微差異，以結果一中記錄可見9\*9盆中植栽無論植物種類，其生長狀況都較為良好。紀錄兩周後會出現生長遲滯，原本作為記錄的葉片脫落。新葉長出可以看出長勢，但是不容易找到記錄指標。若不換盆，不再繼續長大，開花後枯萎，或者逐漸枯萎
- (二)植栽在幼苗時根系不發達，需水量不多，所以採小盆栽種可以減少澆水量並避免因為積水爛根。但隨作物生長須適度換盆有利植株生長。若不換盆，利用土壤溼度偵測，適時補充水分肥料也是可行的方式。
- (三)使用罩網可以避免蟲害，不需使用農藥。不置罩網，某些蔬菜極易得到蟲害，不用農藥幾乎無法收成。

### 二 光是植物生長發育的重要條件：

- (一)光質對植物的生長、形態、光合作用、代謝以及基因表達均有調控作用。透過光質調節，控制植株形態和生長發育是設施栽培的一項重要技術。LED具有節能環保、安全可靠、使用壽命長、體積小、重量輕、發熱量少、易於分散或組合控制等許多重要特點。傳統植物設施栽培中使用的光源一般是螢光燈、金屬鹵化物燈、高壓鈉燈和白熾燈。這些光源一般是因應人眼對光的適應性，其光譜有很多不必要的波長，對植物生長的促進作用少。LED具備以下性能成為植物栽種設備的良好選擇：1.光譜性能好，可按照需要選擇純正單色光或複合光譜其波長符合植物光合作用光譜需求；2.光能有效利用率高，能進行不同光質和發光強度控制；3.作為冷光源，可以近距離地照射植物，增加照度並大大提高空間的利用效率，低熱負荷和空間小型化，其耐用性也可降低成本。這些特質，讓LED十分適合應用於可控設施環境中的植物栽培。

- (二)大多數植物顯示綠色，是因為反射了太陽發出的綠光，它們不使用綠光，主要是吸收紅光和藍光。只給予植物需要的光波當然很好，但是植物對於光是主動選擇，因此即便不是使用所謂的「植物燈」，在本實驗中所用一般LED燈，只要照度足夠亦可支持植物生長。

- (三)台灣地區並不缺乏光照，若土地取得不易可以使用植物工廠的概念。戶外栽種要面對多變的環境與病蟲害。若採戶外栽種在太陽下山之後，可以自動打開照明延長照光時間，或者若光照不足也可以利用調光設備補足光照，綜合兩項優點採用補光概念。利用調光設備補足照光增加生長效率縮短採收時間。

- 三 植物工廠基本是建立在水耕的基礎上。但是水耕有需要克服的缺點，培養液的濃度及pH變化劇烈下，作物的根部容易快速受到傷害，另外需要控制硝態氮或亞硝態氮，以及所用植物養分中所含之重金屬的問題，水耕易造成硝酸鹽、亞硝酸鹽的殘留。另外為提供根系氧氣持續需要打氣亦是一種能量消耗。若使用培養土，精確的控制土壤濕度，避免培養液內含物劇烈變化，可以減少這一類型的問題。以土壤、培養土栽種，植物種植環境較為穩定。植物不能缺水，過量給水也是一個問題，除了浪費水資源也容易造成爛根。因此依據土壤溼度控制器供水，可以依據植栽的種類適度供水。若要施用液肥，亦可以較為精準控制。

### 四 環保可調整支撐架：

- 技藝課程上課及訓練會產生數量龐大的廢棄電管，思考可以如何轉變為可用的材料。裁切及L行彎折是電機配線的基本技巧。使用這兩技法將電管制成L型彎管及I型直管。利用這兩種形狀電管，就可以製作可以調整長寬、高的支架。配合植栽數、植栽高度、燈管位置等彈性調整。可以配合栽種的條件調整位置非常重要。植栽的數量高度不同，空間不同需要的支架大小就不相同。而適當的光照距離可以有效節能。照度並不同光源的光通量。在光源的光通量相同的情況下，減少光照距離及增加光線反射，可以有效提高照度，減少能量消耗。

### 五 設備組合實測：

- 考量植物的生長需求支持，利用我們所設計製作的器材，可以組成多種植物生長研究的環境。利用感光、補光控制器及計時器，調整照光時間及照光量。利用支架加上罩網、黑網、鋁箔反光板，用以防蟲、擋光、增加照度。自動補水裝置可以穩定控制給水量，穩定植物生長。

- 光線亮度調整補充，全日照半日照。開花照光時間控制。太陽能電池搭配。在研究過程中，若有測光機當可更準確測得光照量以調整燈光的使用。另外如果可以利用太陽能光電板，就可以使用太陽能去增加照光時間增加種植效率及產量，而不會因為電能的使用產生能源消耗。

- (一)室外：利用罩網、黑網，可以防蟲及降低過度曝曬，加上感光設備及計時器，可以增加照光時間，增加或減少照光可用以調整開花時間。

- (二)室內：感光及補光設備，可以調整光照度。室內穩定的環境，可以用以測試光線強度，照光時間等對於植物生長、開花等等的影響。

### 六 整合電子元件優化設備

- 栽種實測後，我們將個別的電子組件設備進行整合及優化。將給光及給水設備整合成同一電路板，增加液位偵測蜂鳴警示，並利用3D列印製作保護盒及水箱。保護盒及水箱非必要，但保護盒可使設備不用擔心下雨及外力破壞。水箱加上液位偵測器可避免水乾掉後馬達空轉燒毀。光線強度如果不需要細緻調節，則可以使用燈具數量及功率來調整，更加簡單具有彈性。

## 陸、結論

- 一 育苗，幼苗及植栽的生長，栽種過程中除了光照、給水也必須顧及到蟲害、根系生長的空間及養分供應。
- 二 利用電子元件設計可以配合光線明暗調整的光源。利用太陽光及人造光共同進行節省能源及促進植物生長。LED燈是栽種植物很好的光源。
- 三 自動供水設備設計可以感測土壤的濕度，依照需要自動提供植物所需適量的水分並可用於施用液肥。
- 四 環保可調整支撐架。可作為電子元件，照明設備，反光鋁箔墊、遮光網及網室細網固定支架。將廢料重新再生使用。
- 五 透過不同的器材組合，可以因應植物生長需求。