

花蓮縣第 63 屆國民中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：生活應用科學（二）

組 別：國中組

作品名稱：遠端自動化—居家與溫室植栽的好幫手

關鍵詞：農糧技術、自動澆灌、光照控制

編 號：

（由教育處統一編列）

## 摘要

為了改善臺灣目前農業面臨的危機，我們構思運用科技輔助農業發展，製作自動澆灌模組系統，除了透過 app 操控，也可連結物聯網的遠端數據，創造農業永續發展的目標。

本作品製作遠端自動化澆灌系統模組，並連結物聯網與 app 應用設定及實際操作分析。進行不同色光對植物生長狀況的影響實驗，提供農夫設定色光的依據。最後模擬整體植栽架構，分析運用在真實農業中的應用價值。

本研究目的在建立居家與溫室植栽的裝置運用，期能逐漸推廣至校園植栽，更進一步應用至智慧農業之發展目標。

1. 手機應用程式可遠端控制「自動澆灌」、「色光選擇」與「手動澆灌」。
2. 傳送環境偵測數據轉為折線圖，可遠端藉由物聯網查看，當數值異常時便會傳送 Line 警示訊息。
3. 使用回收物品進行裝置組裝，澆灌的水資源可重複使用，達到環保又便利的效果。
4. 本裝置可橫向擴充，也可垂直擴充，增加耕作面積。
5. 利用不同色光控制植物的生長週期，增加作物的生產量。也可誘發植物在原本不適合生長的环境中生長，甚至開花結果。

本作品以「低成本」、「操作便利」、「聯合國永續發展目標」為裝置構想，利用低成本的材料，製作自動澆灌系統模組；利用手機 app 簡單的色塊，方便操作。也加入溫室植栽的系統模擬，利用色光、溫溼度…等因素，改變當季植物不適應的困擾，讓農業產值最大化。

## 壹、 研究動機

臺灣目前面臨農業勞動力嚴重老化、小農化發展缺乏規模，應該考量整體勞動人力的活化，並推動農業科技相關的發展。年輕人普遍認為農業每天重複著單調繁瑣的體力活，收入卻不盡人意，鮮少青年會留在家鄉種田，導致偏鄉務農大部分都是老年人，更加深了農民的負擔。如何讓青年留在家鄉，讓台灣蔬果供應量維持穩定，是目前所需面對的一大課題。

有許多小農提到，每天中午都得去菜市場賣菜，無法照顧菜苗，所以必須雇人來看守，大大增加了種植成本，他們希望能有一種自動化的灌溉系統，並且可以遠端監控植物的各項數值，他們會更願意留在家鄉從事農業。為了能實現青年返鄉種田的理想，讓身為國中生的我們想在有限的經費下製作出一套可擴充且能提供輔助光照的系統，讓小農們藉由遠端監控農作物，有效提高經濟價值。更期許藉由這個作品連結到學校的食農教育，在促進農業發展的同時，讓更多青少年學會關注居家與溫室植栽的重要，這是我們最大的希望。

所以我們發想了：運用農糧技術，透過科技輔助農民需要的遠端偵測項目，開發出一套擴充式遠端自動化澆灌系統，也可由色光控制來提高農作的收成。這個系統利用 LinkIt 7697 控制面板，將光敏電阻和濕度感測器寫入 BlocklyDuino 程式，並放置於植栽的環境中，當偵測到情況低於設定標準，澆灌系統便會開啟馬達自動澆灌，並設定物聯網與 line 提醒，當數值異常時，便會傳送訊息給遠處正在賣菜的農夫，讓農夫無時無刻都可以監控著家中的菜苗。

2015 年，聯合國宣布了 17 項「2030 永續發展目標(SDGs)」，臺灣也積極推動此目標，希望能帶領我國邁向永續，其中包含了消除飢餓、合適的工作及經濟成長、永續城鄉，此系統可以確保糧食安全，讓蔬果產量增加，促進消除飢餓及永續農業；減少產量不穩定的風險，就可以提高經濟價值，並帶動經濟成長；利用科技結合農業，能維持農產品生產力，且每次利用後能再生產補充其種類、數量與品質，維持農業的永續發展。我們將模擬這個裝置，根據 SDGs 目標，結合內容中的條約，創造農業的永續發展，希望能對地球的永續盡一分心力。

## 貳、 研究目的

- 一、探討不同材質吸水性質的研究
- 二、製作自動澆灌模組系統
- 三、遠端自動化設定
- 四、探討不同顏色的光是否會影響植物之生長量
- 五、模擬遠端自動化—自動澆灌系統之效能分析

## 參、 研究設備及器材

- 一、本實驗之設備及器材，如下表 1。

表 1 研究設備及器材

編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1	DHT11溫溼度感測器	1個	2	繼電器	1個
3	電子秤	1個	4	排針	數個
5	紙杯	14個	6	LED燈光環	14個
7	密集板	數片	8	攝影機	1台
9	水管	數個	10	塑膠杯	數個
11	蘿蔓植物	14株	12	隨意貼（黏土）	1張
13	透明膠帶	1捲	14	熱熔膠	1個
15	尺	1隻	16	燈光感測器	數個
17	7697 LinkIt	1個	18	光敏電阻	2個
19	雷切機	1台	20	針筒	4個
21	杜邦線	數條	22	平板	1台
23	培養土	數包	24	戳針	2支
25	草莓	14株	26	萵苣	14株
27	寶特瓶	數個	28	菜瓜布	數個
29	棉花	數個	30	抹布	數條
31	工作手套	數雙	32	毛巾	數條
33	濕紙巾	數條	34	D-Link紅外線攝影機	1組

## 二、實驗植物

1. 萵苣（學名：*Lactuca sativa*），葉萵苣是冷涼型的作物，以秋冬及春季栽種為最佳時機。是菊科萵苣屬之一年生或二年生草本植物，立葉品種葉型直立，葉厚，一般不結球或呈卷心圓筒形，乍看之下與本地圓葉青色萵苣品種很相似。
2. 草莓（學名：*Fragaria ananassa Duchesse*），種子發芽期需 10-14 天，以冬季栽種為最佳時機。草莓是薔薇科草莓屬植物中最常見的一雜交種，屬多年生草本植物，高 10-40 厘米，莖低於葉或近相等，密被開展黃色柔毛。葉三出，小葉具短柄，質地較厚。
3. 蘿蔓萵苣（學名：*Lactuca sativa L. var. longifolia*），全日照，30 天可收成，全年可栽種，以秋初至春季(10 月至隔年 3 月)為最佳時機。是萵苣類的改良品種，性狀介於結球與不結球間。耐熱性強，葉色有的艷麗可呈紅色。

## 肆、研究過程或方法

### 一、探討不同材質吸水性質的研究

(一) 目的：找出吸水最佳的材質，並選用此種材質作為澆灌系統內的材料。

(二) 步驟：生活中常見的吸水材質成分整理，如下表2。完成品如圖3。

1. 準備6個相同的寶特瓶，並將它的底部裁切掉。
2. 使用剪刀把瓶蓋鑽洞。
3. 將相同長度(15公分)、重量(2公克)的菜瓜布、棉花、抹布、工作手套、毛巾和濕紙巾都穿過寶特瓶，如下圖1。

表2 吸水材質成分分析

編號	1	2	3	4	5	6
名稱	菜瓜布	棉花	抹布	工作手套	毛巾	濕紙巾
成分	以泡棉、尼龍或聚酯纖維和金鋼砂為主。	纖維素約 87-90%。	結構為菌菇狀容易吸水、吸油。	主要原料是棉、紗為主。	100%純棉為素材。	以塑膠抽絲而成的人工纖維(不織布)



圖1 不同材質吸水裝置

4. 把每個瓶子裝滿相同重量的泥土(60公克)。
5. 將所有瓶子放進模組系統內進行實驗，測試何種材質吸水效果最佳，最後選擇吸水性最佳的材質作為自動澆灌系統內的材料，如圖2。

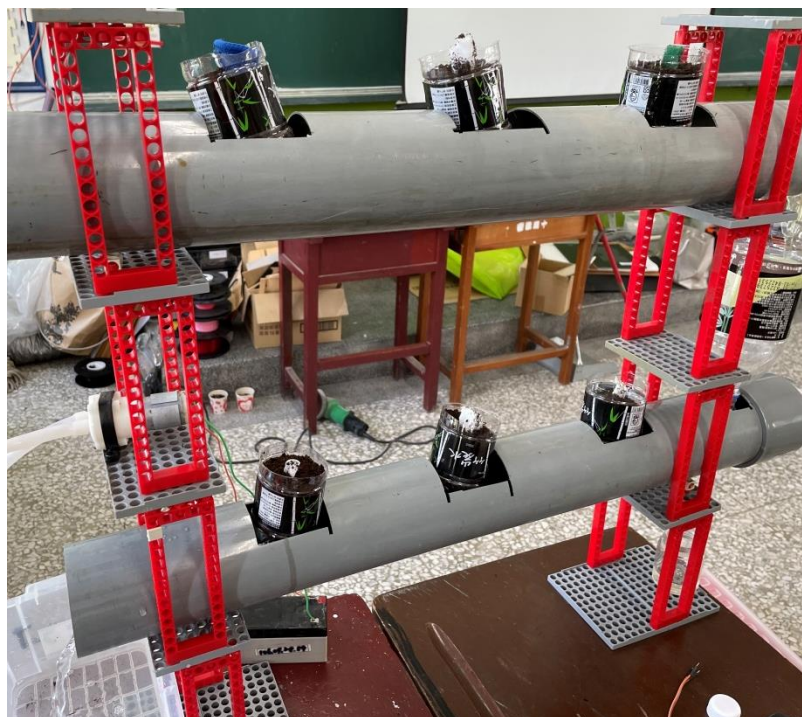


圖2 依序將不同材質放入洞內，並讓水循環流動

6. 每小時用濕度感測器測量哪種土壤最濕潤，以此推論吸水性最好的材質，實驗結果如表3，實驗操作如圖3。

表 3 各類材質吸水性實驗(溼度計) 單位 %

編號	材 質	11 : 00	12 : 00	13 : 00	14 : 00
1	菜瓜布	50	58	63	72
2	綿條	50	55	72	75
3	抹布	50	65	80	81
4	工作手套	50	63	90	91
5	純綿毛巾	50	66	62	72
6	溼紙巾	50	55	83	85

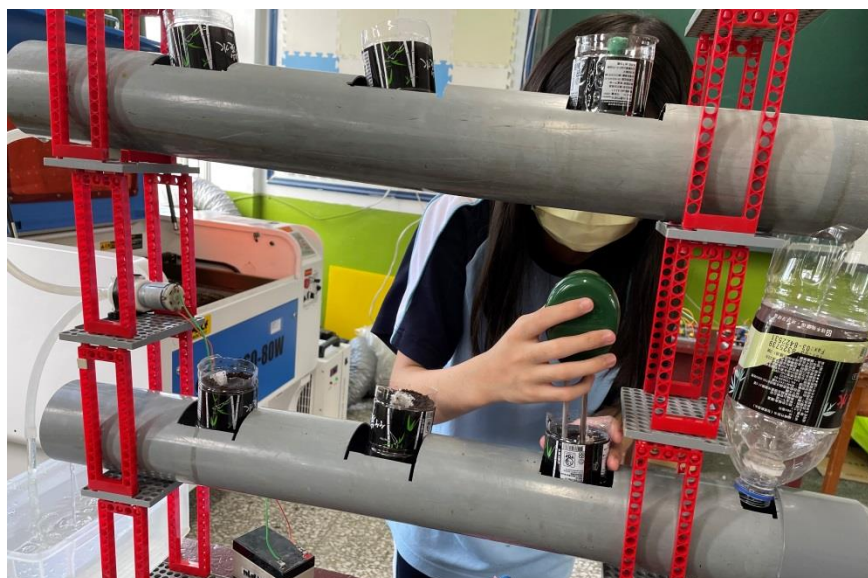


圖3 利用濕度感測器測量土壤濕度

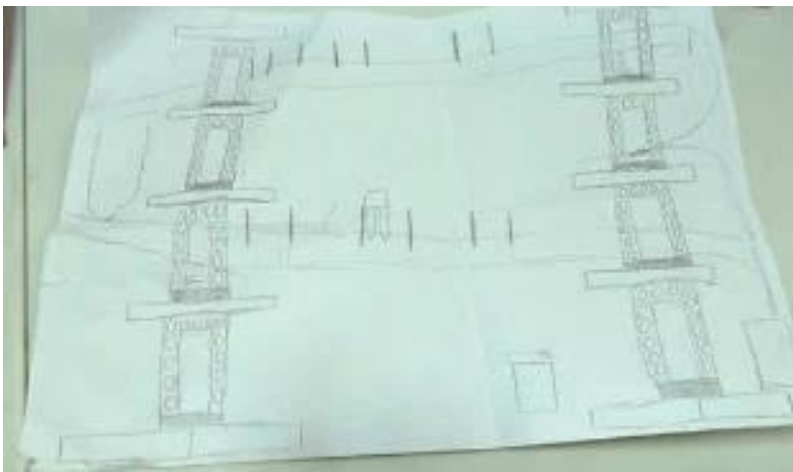
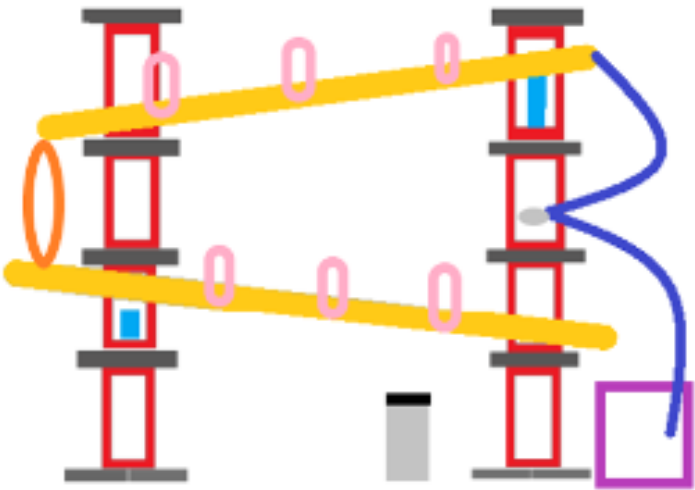
經過各種材質測試結果，我們發現工作手套在實驗時間裡比其他材質的吸水性好，所以選擇工作手套作為自動控制傳遞水分至土壤的中介材質。

## 二、製造自動澆灌模組系統

(一)目的：參考永續發展目標 SDGs 目標，我們希望建構居家植栽自動澆灌模組系統，並測試此裝置的可行性及實用性。

(二)步驟：

1. 我們觀看相關影片與文獻後，先手稿繪出了第一代的设计圖，如圖 4。
2. 利用小畫家繪製電路设计圖，如圖 5。
3. 利用廢棄水管製作水流循環系統，如上圖 2。
4. 寫入 Arduino Uno 程式，設定自動澆灌門檻與液晶螢幕，如圖 6。
5. 將工作手套剪成小條狀，之後使用戳針，將事先準備好的 14 個杯子的底部戳洞，把工作手套塞進杯子裡的圓孔，方便澆灌的水流流過時，可以直接利用工作手套，將水引到泥土中，達到澆灌的目的。

圖片	說明
 <p style="text-align: center;">圖 4</p>	<p>手稿设计圖</p>
 <p style="text-align: center;">圖 5</p>	<p>小畫家繪製设计圖</p>



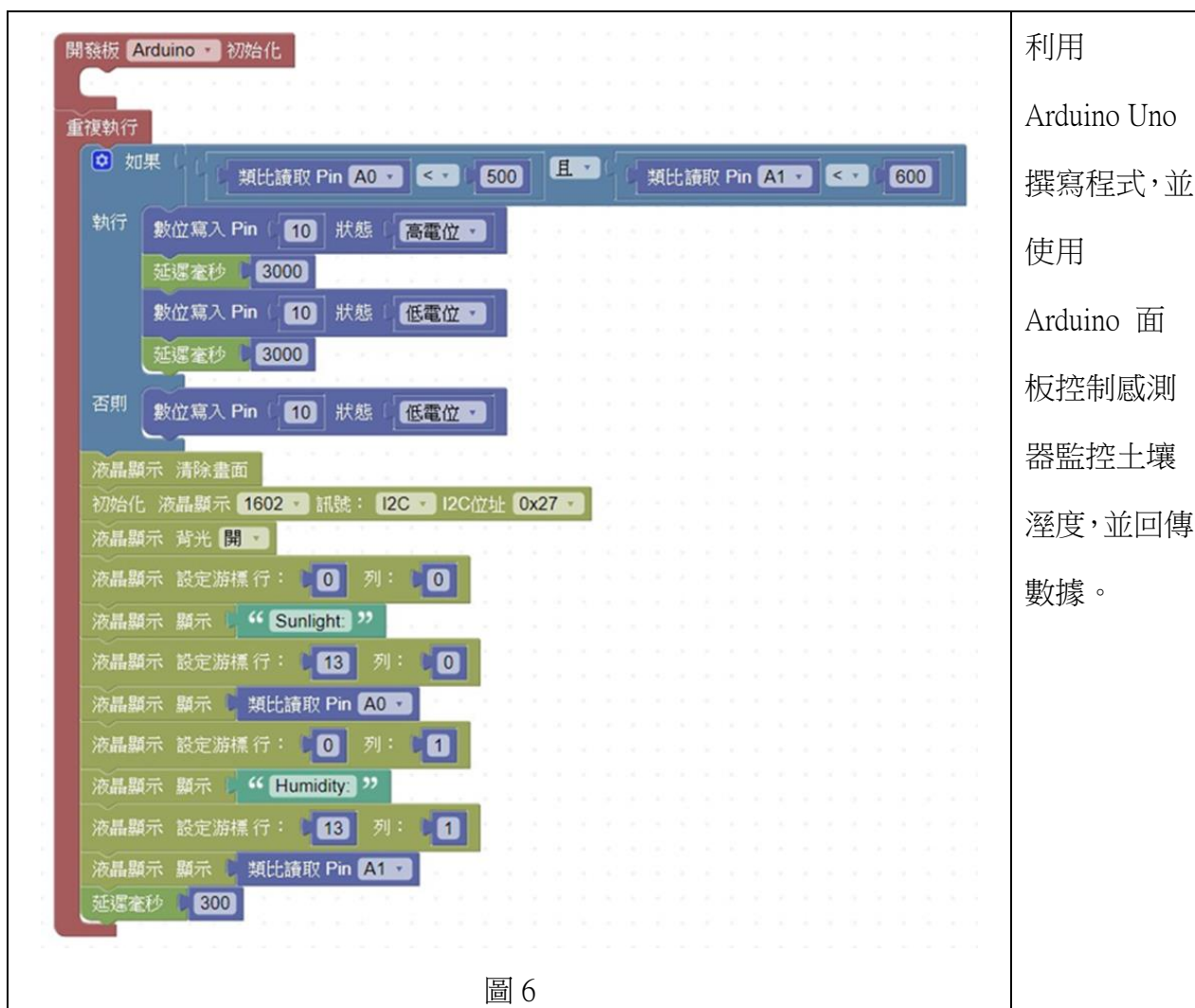


圖 6

利用 Arduino Uno 撰寫程式，並使用 Arduino 面板控制感測器監控土壤溼度，並回傳數據。

利用 Arduino Uno 控制板撰寫程式，製造自動澆灌模組系統。系統動作正常，但無藍芽與 wifi 連線功能。

### 三、遠端自動化設定

(一) 目的：運用物聯網上傳數據，當數值異常，立即透過 line 傳送訊息給外出的農夫，便可直接利用手機應用程式 LinkIt Remote 控制澆灌、色光……等。

(二) 步驟：


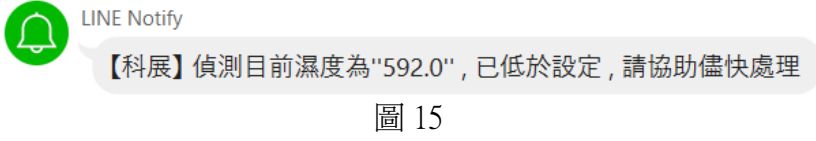
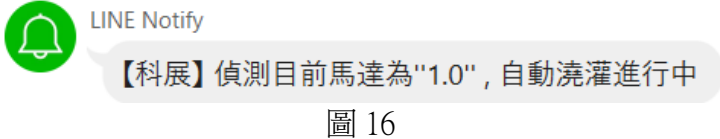
1. 改用具有藍芽與 wifi 連線功能的 LinkIt 7697 控制板撰寫程式。
2. 註冊 Thingspeak 會員，並新增一個新專案。
3. 設定物聯網金鑰連接 BlocklyDuino 程式，如圖 7。
4. 新增偵測光度、濕度、馬達項目，其偵測環境數值會以圖表呈現，如圖 8-10。

圖片	說明
	<p>物聯網金 鑰連接 BlocklyDu ino 程式</p>
<p style="text-align: center;">圖 7</p> 	<p>光度圖表 介面</p>
<p style="text-align: center;">圖 8</p> 	<p>濕度圖表 介面</p>
<p style="text-align: center;">圖 9</p> 	<p>馬達啟動 圖表介面</p>
<p style="text-align: center;">圖 10</p>	

5. 設定偵測光度、濕度、馬達項目，內容包含程式碼設定及訊息內容，如圖 11-13。

圖片	說明
 <p style="text-align: center;">圖 11</p>	<p>設定光度傳送訊息(當偵測到光度少於 500，就會傳送 line 訊息提醒)</p> <p>目前是設定每小時提醒一次</p>
 <p style="text-align: center;">圖 12</p>	<p>設定濕度傳送訊息(當偵測到濕度少於 700，就會傳送 line 訊息提醒)</p> <p>目前是設定每小時提醒一次</p>
 <p style="text-align: center;">圖 13</p>	<p>設定馬達傳送訊息(當偵測到馬達轉動，就會傳送 line 訊息提醒)</p> <p>目前是設定每小時提醒一次</p>

6. 模擬偵測光度、濕度、馬達數值異常時，傳送訊息之內容，如圖 14-16。

圖片	說明
 <p>圖 14</p>	模擬光度異常時的訊息傳送內容
 <p>圖 15</p>	模擬濕度異常時的訊息傳送內容
 <p>圖 16</p>	模擬馬達轉動時的訊息傳送內容

7. 寫入 BlocklyDuino 程式，連接 LinkIt Remote，新增按鈕色塊，設定各項按鈕之功能，手機遙控 app 顯示畫面如圖 17。

圖片	說明
	遙控程式 app 積木程式

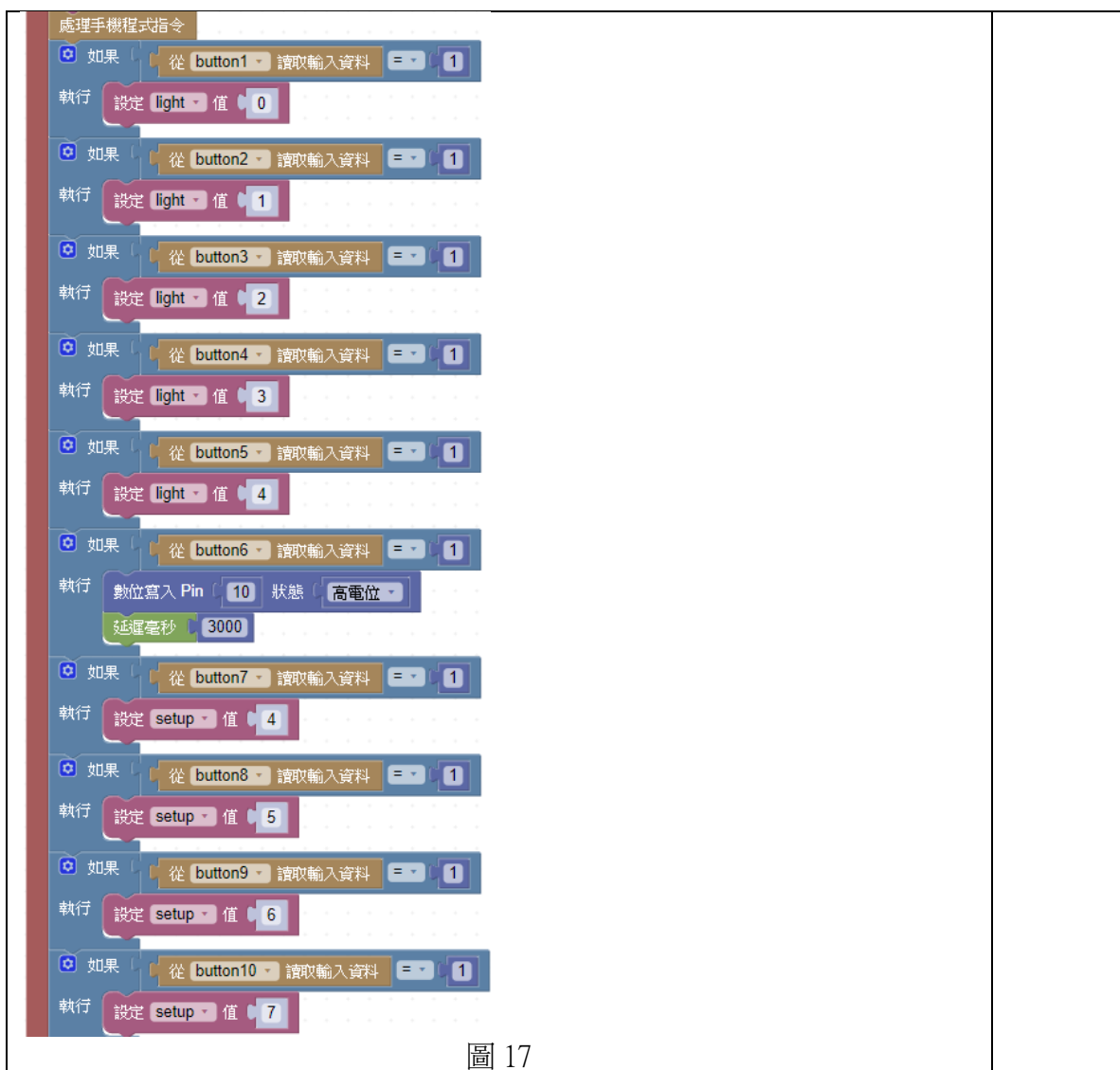


圖 17

#### 四、探討不同顏色的光對植物生長之影響

(一) 目的：推論出對植物生長最有利的色光，運用此色光幫助植物生長。

(二) 步驟：

1. 利用BlocklyDuino撰寫程式，並使用光敏電阻偵測光線，設計實驗步驟1-14，如下：

- (1) 實驗1：白天(自然光)直到夜間開啟紅光
- (2) 實驗2：白天(自然光)直到夜間開啟藍光
- (3) 實驗3：白天(自然光)直到夜間開啟綠光
- (4) 實驗4：白天(自然光)直到夜間開啟紫光
- (5) 實驗5：白天(自然光)+紅光直到夜間無照光
- (6) 實驗6：白天(自然光)+藍光直到夜間無照光

- (7) 實驗7：白天(自然光)+綠光直到夜間無照光
  - (8) 實驗8：白天(自然光)+紫光直到夜間無照光
  - (9) 實驗9：全日照紅光
  - (10) 實驗10：全日照藍光
  - (11) 實驗11：全日照綠光
  - (12) 實驗12：全日照紫光
  - (13) 實驗13：全日無照光
  - (14) 實驗14：白天(自然光)夜間無照光(對照組)
2. 利用Inkscape繪圖設計植物盒子，並使用RDworks V8進行雷射，如圖18。
  3. 使挑選14株大小相近的植物進行實驗，並定期拍照，記錄生長量，如圖19。
  4. 將此14株大小相近的植物，選擇光線最佳的照射點進行實驗，如圖20。
  5. 寫入BlocklyDuino程式，運用光敏電阻測量光度，每日約於下午6點左右，切換夜間模式，上午6點左右為日間模式，色光也會根據位置切換，如圖21。
  6. 用熱熔膠組裝9個盒子，利用淘汰掉的桌椅及書櫃製作4個密室，如圖22。
  7. 每天記錄光度，隔週測量高度及生長量，藉由生長量推論何種光對植物生長最有效。

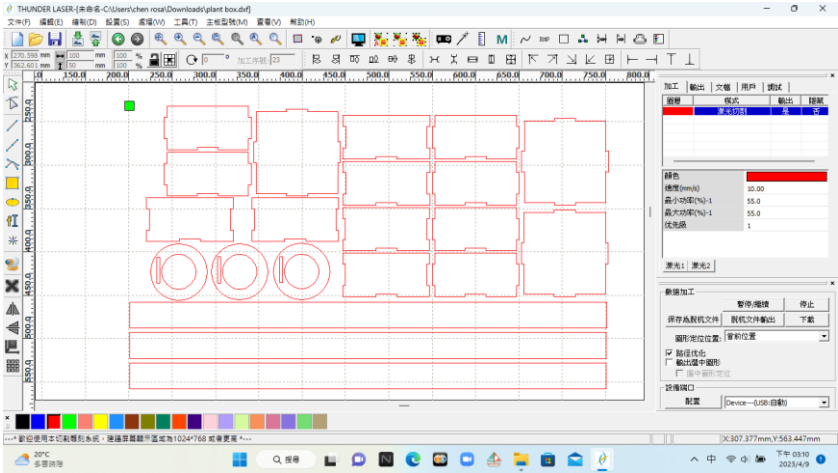
圖片	說明
 <p style="text-align: center;">圖18</p>	<p>使用RDworks V8進行雷射</p>



圖19

挑選14株大小相近的植物進行實驗

(選擇光線最佳的拍照點—30公分)



圖20

使用熱熔膠組裝9個盒子(實驗1~8)

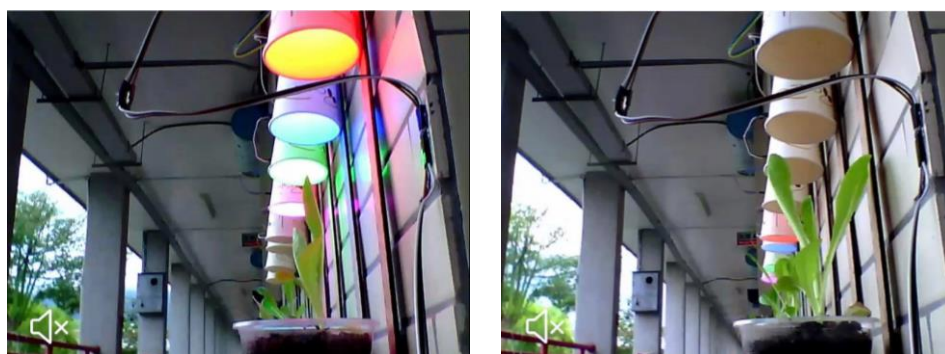


圖21

利用光敏電阻測量光度，切換日夜間模式。左圖為實驗1~4 夜間光照分別為紅、藍、綠、紫。右圖為實驗5~8 白天光照分別為紅、藍、綠、紫。



利用淘汰掉的課桌椅及書櫃製作4個不同色光的密室(實驗9~13)全日光照分別為紅、藍、綠、紫。



圖22

### 五、模擬遠端自動化—自動澆灌系統之效能分析

(一) 目的：分析此系統運用在生活中是否可行，以及未來趨勢。

(二) 步驟：

1. 我們發現季節植物會因為環境不同，而無法生長如豐收季好，所以我們希望藉由控制溫度、色光、光亮、濕度…等，幫助植物生長。
2. 我們參考文獻後，發現實驗的植物-蘿蔓超過25度就不利於它們生長，所以需要降低溫度讓蘿蔓可以健康生長。
3. 我們運用壓克力，使用RDworks V8雷切出20\*15\*50(cm)的盒子
4. 可以放入四個植物進行模擬，並利用製冷晶片進行降溫，當偵測到溫度超過25度，製冷晶片便會開始運作進行製冷，如圖23所示。

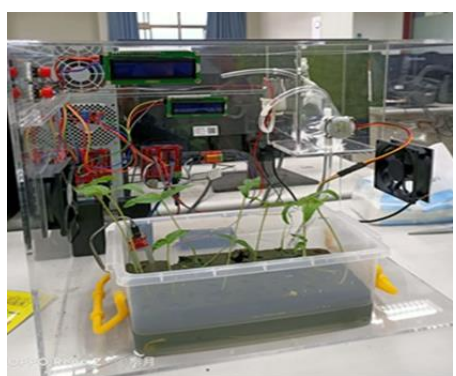


圖23 利用製冷晶片降溫，有利植物生長，可加裝太陽能板提供電力需求



## 伍、研究結果與討論

### 一、探討不同材質吸水性質的研究

我們利用濕度感測器，測量何種材質的吸水效果最好（表3），結果發現工作手套在三小時過後的數值是91，是六種材質中吸水性最好的。

小結：雖然工作手套在短時間內的吸水效果並不是最好的，但是澆灌較需要長時間的保持土壤濕潤，工作手套在長時間過後，仍然保持高濕度，所以我們決定選用工作手套，作為自動澆灌模組系統中植物吸水的材料。

### 二、製作自動澆灌模組系統

(一) 針對手稿畫出的結構，先使用小畫家基本繪製設計圖，避免組裝過程中發生錯誤。

裁切廢棄水管並利用科技課程所教的雷切軟體設計組裝，達到了現代社會所提倡的資源再利用，以及環保的議題，也減少了水管費用的成本。

(二) 本裝置最後使用LinkIt 7697控制板控制整個裝置的運作，除了能遠端偵測農田環境，自動判斷環境的溼度和光度未達到標準，就會發出指令控制澆灌。也可以手動按下盒上的按鈕，左邊的按鈕控制色光顏色，右邊的按鈕控制濕度澆水門檻，旁邊還有偵測光度的裝置。本裝置可橫向與垂直擴充，增加耕作面積。

(三) 本裝置的自動澆灌循環系統更是大大減少了農業用水量，近年來台灣缺水問題日趨嚴重，以往傳統農業耗水量是本裝置耗水量的好幾倍之多，這個循環系統可以重複利用水資源，澆灌後水會流進盆中，下一次澆灌時需要的水也會從盆中吸取，節省了重複灌溉的水量。

小結：本裝置能夠自動化澆灌植物，減少農民負擔，還可以減少用水量及資源回收運用，呼應SDGs的永續發展目標。

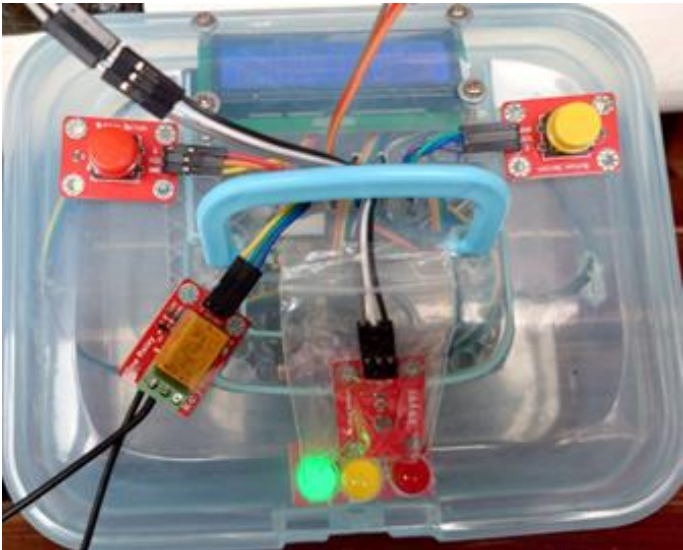


圖 24 本裝置最終完成版

### 三、遠端自動化設定

- (一) 本裝置使用LinkIt 7697控制板控制整個裝置的運作，能遠端偵測農田環境，自動判斷環境的溼度和光度未達到標準，就會發出指令控制澆灌，同時也會傳送Line警示訊息給遠在市場的農夫，此時的農夫也可以利用手機應用程式LinkIt Remote遠端控制澆灌。無時無刻都會自動偵測農田環境各項數值，傳送至物聯網Thingspeak。
- (二) 可以利用太陽能板發電，製作控制植物生長環境的溫室，可以讓植物在原本不適應的季節裡，生長茁壯，甚至開花結果。
- (三) 功能簡單操作，只要根據需要調整的項目，按下按鈕即可，十分的方便，減少了因複雜的頁面導致不易操作的情況。
- (四) 相較於市面上的遠端自動化農業模組，我們製作的模組可以根據自身需求，做客制化的改良，直接從程式上轉換即可。

小結：這次改良的版本增加了許多功能，和實際農業情況能相融合。

圖片	說明
 <p data-bbox="619 1912 683 1951">圖25</p>	<p data-bbox="1054 1339 1437 1518">除了可遠端監控，也可手動操控澆灌系統，亦可顯示光度數值，操作便利。</p>

#### 四、探討不同顏色的光是否會影響植物之生長量

我們參考過文獻及實驗結果後發現，用不同色光下照射種子的變化，整理如下表：

項目	文獻	圖片	實驗結果
紅光	合成葉綠素。	 <p data-bbox="794 1055 863 1088">圖26</p>	葉子面積較大，在高度與生長量上有明顯提高
藍光	合成葉綠素，對植物生長亦有抑制作用，但可以使植物生長的矮壯。	 <p data-bbox="794 1637 863 1671">圖27</p>	通常都是冬天是草莓的季節，但在實驗過程中卻意外發現藍光影響草莓開花的生長週期。

<p>紫光</p>	<p>對植物生長有抑制作用，亦可以使植物生長的矮壯。</p>	 <p>圖28</p>	<p>葉子面積較大，在高度與生長量上有明顯提高</p>
<p>綠光</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 綠色植物進行光合作用的關鍵是葉綠體，而對於植物來說，綠光會被葉子表面的綠色反射，導致綠光無法被吸收。</li><li>2. 照射綠光亦會造成植物白化死亡，可以利用於除草。</li></ol>	 <p>圖29</p>	<p>最後葉子因白化現象死亡。</p>

根據實驗1~14結果，由圖表呈現如圖30、31、32。

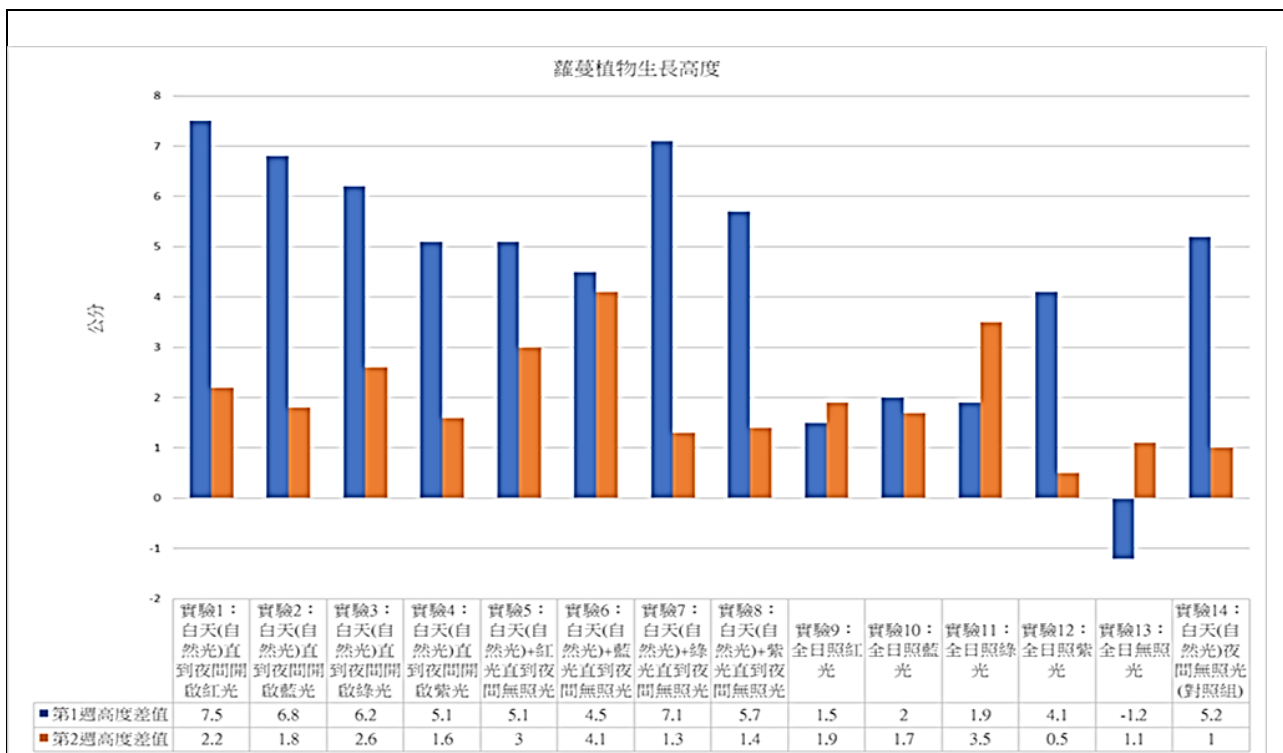


圖30 蘿蔓植物生長高度

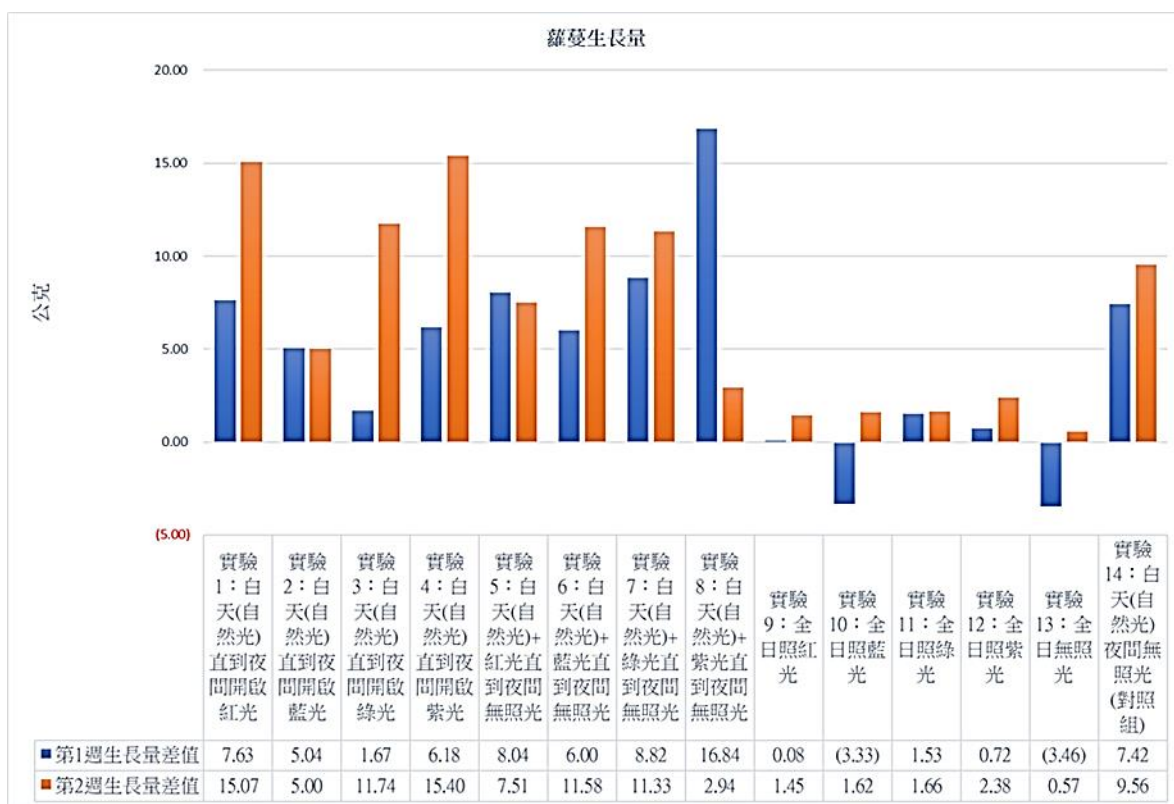
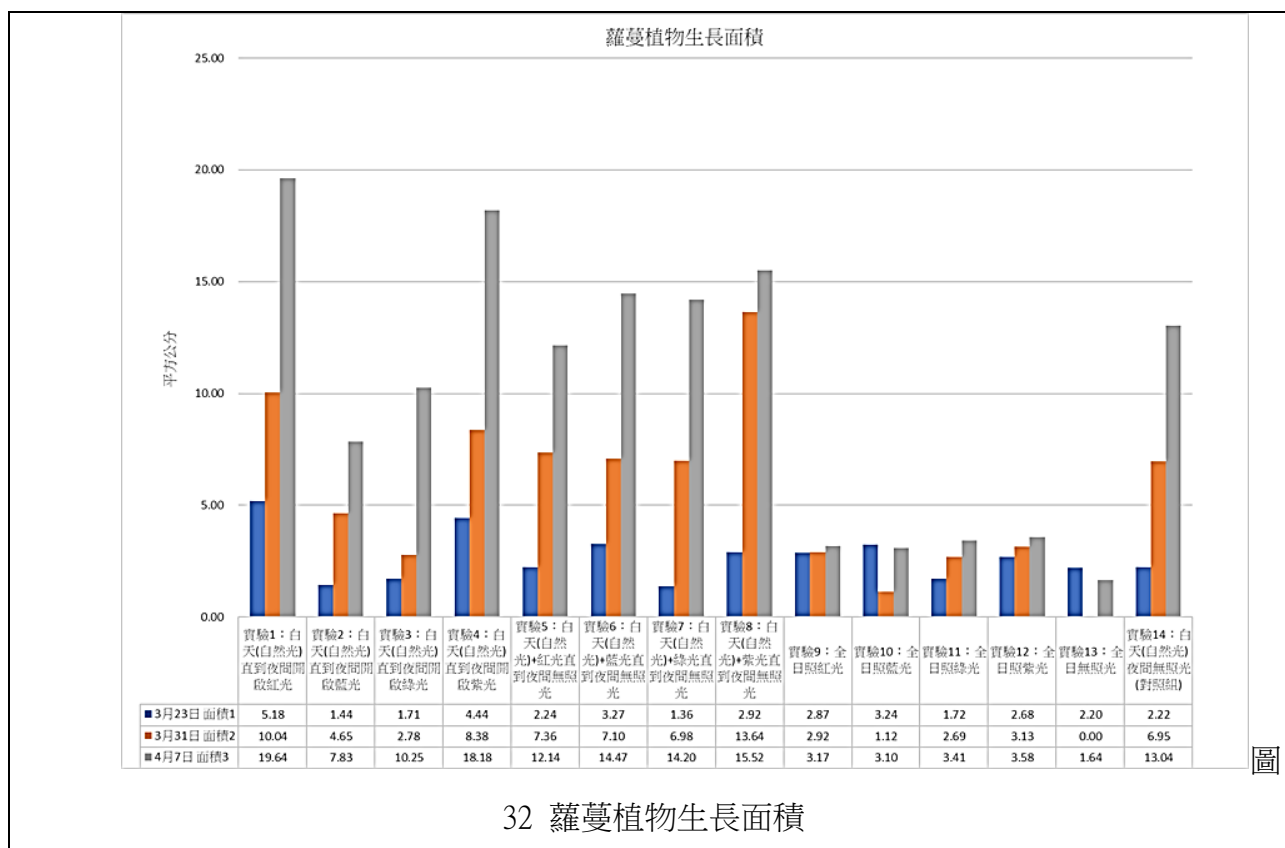


圖31 蘿蔓植物生長量



蘿蔓植物的生長面積計算，我們是透過拍照去背後，進行雷射切割秤重計算，如圖33所示。經過實驗後，我們發現對於植物的生長而言最佳的光是紅光與紫光，而照射白天自然光直到夜間開啟紅/紫光是最對植物有利的照光模式，而藍光甚至可以影響草莓的生長週期（在溫暖的春天開花），但是藍光會使植物生長得矮壯。最有趣的是，我們發現密室的綠光的葉子會逐漸垂下，葉子還會呈現白化狀，最終死亡；但也可能是密室沒有通風，所以我們更改了實驗，將密室設在通風的暗處，發現密室的其他實驗植物仍然會成長。

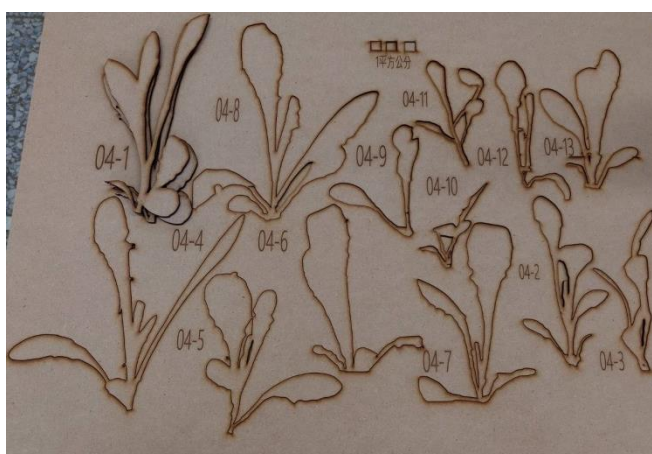


圖33 利用雷射切割技術，計算植物生長面積。

## 五、模擬遠端自動化—自動澆灌系統之效能分析

利用手機應用程式遠端控制澆灌系統，當數值異常或自行想要澆灌便可以遠端直接操控澆灌，可以隨時隨地使用，方便又省時；物聯網負責接收監控數值回傳，當數值異常便會連接Line傳送警示訊息，以方便農夫隨時監控自家農田的環境；新增的夜間監控也可以在夜晚方便查看農田環境。

圖片	說明
 <p style="text-align: center;">圖 34</p>	<p>手機應用程式LinkIt Remote操作介面</p>
 <p style="text-align: center;">圖 35</p>	<p>遠端夜間監控</p>

經過實際操作後（圖24），遠端操作控制功能都正常，監控數值回傳也準確無誤（如圖8~16），其他各項目也都完善良好。

## 陸、結論

### 一、探討不同材質吸水性質的研究

因為澆灌較需要長時間的保持土壤濕潤，所以使用工作手套作為植物吸水的材料。

如果手邊沒有工作手套，也可以考慮將溼紙巾或抹布剪成條狀使用。

### 二、製作自動澆灌模組系統

1. 使用廢棄水管達到降低成本與資源再利用。
2. 透過自動澆灌達到減少人力的效果。
3. 藉由循環系統達到重複利用水資源效果，大幅度降低耗水量。
4. 可水平與垂直擴充，大大增加耕種面積。可應用在家庭陽台或溫室空間受限的區塊，更可推廣在學校走廊或班級小陽台的植栽上。

### 三、遠端自動化設定

1. 利用手機應用程式app，在不受時間、地點的影響下，可自動偵測農田環境各項數值並傳送至物聯網。
2. 操作簡單方便且可以客製化改良自己的需求。

### 四、探討不同顏色的光是否會影響植物之生長量

1. 根據實驗結果歸納出對於蘿蔓的生長最有利色光為紅光與紫光。
2. 發現藍光會影響草莓的生長週期，符合文獻說明。

### 五、模擬遠端自動化—自動澆灌系統之效能分析

1. 利用應用程式的遠端控制及監控系統，探討植物的成長狀況與農田環境。
2. 當數值異常時會自動連接Line傳送警示訊息。
3. 利用太陽能板提供綠色能源，達到能源永續的理想。



## 柒、未來展望

### 一、透過增加功能改變植物的生長變因，並提高經濟價值

未來模組可以增加調節溫度、濕度、色光…等功能來改變植物的生長環境，達到能在夏天吃草莓，冬天吃西瓜的效果，所以我們雷切出壓克力的盒子，配上製冷晶片，控制所有溫度的變因，之後也可以加上調節濕度及色光的偵測工具，改變植物更多生長環境變因。

### 二、結合綠色能源達到環保的效果

我們發現，利用製冷晶片打造溫室，會有耗電的問題，所以我們運用太陽能板，使用太陽能發電，放置於室外，減少二氧化碳的排放，不但解決了耗電的問題，還達到環保的效果，可以幫助永續地球的發展，呼應研究動機中提到的 SDGs 目標。

## 捌、參考文獻資料

- 一、李芷潔(2021)，植物栽培與觀察結合智慧物聯網監控平台，逢甲大學學生成果集。
- 二、廖王俞等(2019)，遠端自動化 - 農田監控警示系統農田監控警示系統，全國第 58 屆中小學科學展覽說明書。
- 三、方煒(2019)，光質對環控設施內植物生長發育之影響，台大生物機電工程學系季刊。
- 四、鄔瑞璿等(2017)，通風球與太陽能發電模擬並聯轉之最佳化分析，花蓮縣第 57 屆中小學科學展覽說明書。
- 五、陳重宏等(2016)，不同光源對植物生長影響之分析，碩士論文。
- 六、蔡奕皇等(2016)，轉動的太陽能板，太陽能發電之效能最佳化分析，花蓮縣第 56 屆中小學科學展覽說明書。