

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳團隊合作獎

080828

智立耕生～智慧監控栽培箱之研究

學校名稱：新北市板橋區文德國民小學

作者： 小六 傅 暘 小六 謝佳辰 小六 蘇宥慈	指導老師： 楊光輝
---	------------------

關鍵詞：成長箱、小白菜、Arduino

摘要

研究主要的目的在設計一套能透過物聯網智慧調控的植物栽培箱系統，並比較人為光照及水耕種植和自然日照及土耕植物的成長表現。

實驗結果 Motoduino U1 微處理器可以幫助我們解決問題達到智慧監控的目的。透過我們所學過的圖形化介面程式設計語言控制微處理器延長植物生長所需要的日照時間週期。LED 成長燈解決植物所需的紅、藍光波促進生長；智慧調控植物生長最適的溫濕度以及自動補充水耕液的不足；更可以利用 WiFi 模組發揮物聯網的精神，隨時將監控的資訊上傳到網際網路，方便隨時監控植物栽培箱系統的運作。

透過不同感應模組的組合客製化智慧監控植物栽培箱系統發揮動手做創作的精神達到環保永續的應用。

壹、 研究動機

看到學弟妹小小園丁忙進忙出的，一會兒為盆栽澆水、一會兒東找西找抓蟲兒為它罩上白色的面紗；無情的氣候一會兒颶風、一會兒下雨吹的東倒西歪全身濕答為它除去積水搭起支架，這樣無微不至照顧的它就是~小白菜。想想自己曾經也是經歷過，總有個疑問種植物一定要這麼辛苦嗎？

世界糧食因環境的破壞、氣候的急遽變遷，嚴重影響土壤種植的面積以及產量再加上人為的食安問題。因此和老師討論想透過設計一個智慧調控可依照計劃控制光照量、養份、溫度和濕度而且能夠把資料上網的植物栽培箱系統，可以在室內以 LED 照明設備代替陽光及水耕液代替土壤種植安全無毒的蔬果，減少污染及運送過程碳足跡的排放為改善生活環境而努力。

我們利用植物工廠的概念透過 Motoduino U1 微晶片處理器設計家庭式的智慧監控植物栽培箱，也可以種植健康養生的蔬果。

貳、 研究問題

- 一、 DIY 的智慧監控植物栽培箱真的可以讓植物生長嗎?
- 二、 如何利用 Motoduino 設計植物栽培箱自動監控的系統?
- 三、 土壤及水耕液導電度及 pH 值對植物生長影響之探討?
- 四、 實驗組和對照組小白菜成長的比較，探討栽培箱環境下植物生長的可行性?
- 五、 實驗組和對照組小白菜葉綠素含量的比較，探討自然和人為環境植物的差異?
- 六、 實驗組和對照組小白菜硝酸鹽含量的比較，探討自然和人為環境植物的差異?

參、 研究設備及器材

一、 植物栽培箱設備

- (一)、 LED 植物生長燈 x1: (165 顆紅色 +60 顆藍色)
- (二)、 花寶 1、2、4 號肥料
- (三)、 長形培養箱 x1
- (四)、 循環水桶 x1
- (五)、 沉水馬達 x1
- (六)、 打氣組 x1
- (七)、 海棉 x1
- (八)、 小白菜種子 1 包
- (九)、 圓孔育苗穴盤
- (十)、 箱用保利龍板

二、 Motoduino 自動化控制設備

- (一)、 Motoduino U1 主板
- (二)、 S4A sensor board
- (三)、 二聯繼電器
- (四)、 DHT 溫濕度模組

- (五)、電阻感應模組
 - (六)、風扇
 - (七)、WF8266R WiFi 模組
 - (八)、穩壓器 (電源模組)
 - (九)、12v 電磁閥
- 三、實驗器材設備
- (一)、EC 電導度計
 - (二)、pH 酸鹼測量器
 - (三)、光照度計
 - (四)、分光度計
 - (五)、光譜儀
 - (六)、離心機
 - (七)、硝酸鹽檢測試紙
 - (八)、震盪攪拌器
 - (九)、果汁機

肆、研究過程或方法

(一)、智慧監控植物栽培箱原理:

1、DIY 植物栽培箱

(1)、栽培箱



圖 1、智慧監控栽培箱

家庭式的植物栽培箱最初的想法來自於昆蟲飼養箱以及植物工廠的原理製作的。利用長型收集籃當作栽培箱底座，架高 LED 燈箱的高度來作植物栽培的空間，並隨植物成長調整最適當的光照高度。

(2)、育苗盆及水耕液循環

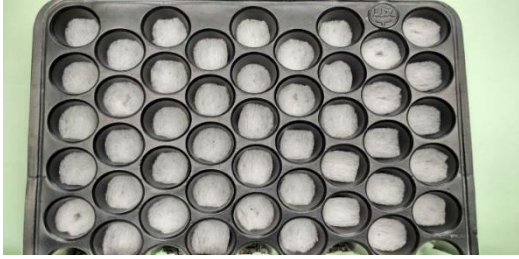


圖 2、育苗盆

栽培箱的育苗盆是利用圓孔育苗盤以及海綿，將小白菜的種子放入切半的海綿裡，浸入水耕液裡培育。利用沉水馬達為水耕液循環及打氣幫浦增加氧氣的含量供栽培植物吸收。

2、Motduino 元件

(1)、Motduino U1 主板

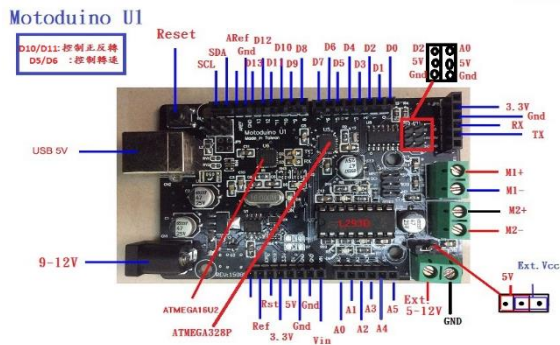


圖 3、Motduino U1

Motduino 是結合 arduino duemilanove 和 L293D 馬達驅動晶片的一塊整合板，可以驅動兩顆直流馬達（電流最大到 1.2A）及利用 PWM 特性控制馬達轉速。Motduino 完全相容於 arduino duemilanove，大部分可以堆疊上去 arduino 的擴充板都可以使用。

(2)、S4A sensor Board 擴充板

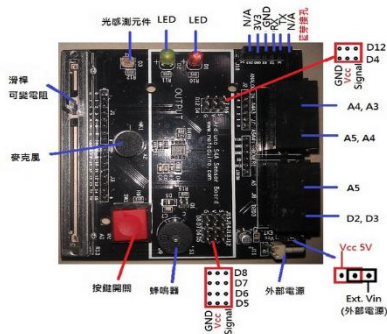


圖 4、S4A sensor Board

Arduino Interactive Shield (AIS) 主要設計給 Arduino 或 S4A 初學者使用的一塊互動板，結合麥克風、按鍵開關、光源感測、滑桿式可變電阻、LED、蜂鳴器等元件，以及四組 RJ11 的接頭可供外部連接其他裝置或元件，如溫濕度感測器、土壤濕度感測器等。

(3)、繼電器



圖 5、繼電器

具有一個常開及一個常閉接點，可控制 110V/220V 交流負載。搭配 RJ11 (6P4C) 電話線可與 S4A IO Board/S4A Sensor Board 連接距離 10 米以上仍可控制訊號，使用上非常方便可以配合 Arduino 使用來控制家電如電燈或風扇等

(4)、DHT11 溫濕度感測模組

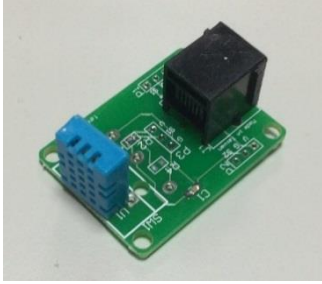


圖 6、DHT11

DHT11 感測元件可以檢測周圍環境濕度和溫度與 S4A IO 擴展板結合使用，可以非常容易地實現長距離環境溫濕度感知相關的互動效果。

(5)、I2C LCD 1602 顯示器模組



圖 7、LCD 顯示器模組

標準的 I2C 介面，在有限的 Arduino IO 腳位上只需要兩條線(兩個 IO 腳位)，就可以顯示想要的資訊在 LCD 顯示器上。配合 IO Board 使用上更方便。

(6)、電阻 (電位器) 模組

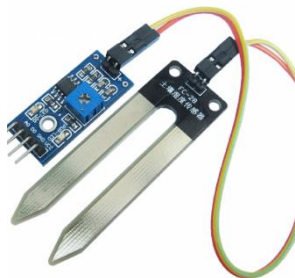


圖 8、土壤濕度感測器

水份感測器可用於檢測土壤的水份，當土壤缺水時，感測器輸出的模擬值將減小，反之將增大。

(5)、物聯網模組



圖 9、WF8266R

支援 IFTTT，ThingSpeak 等平台提供多樣化的 API 及雲端服務平台，可使用 WEB 開發技術 HTML5, Javascript 等操作。透過 WF8266R App (iOS, Android, Web)排程事件可自訂行為組合實現、定時、延遲、自鎖、循環等任意組合。

3、系統操控程式軟體

(1)、S2A、mblock、transformer

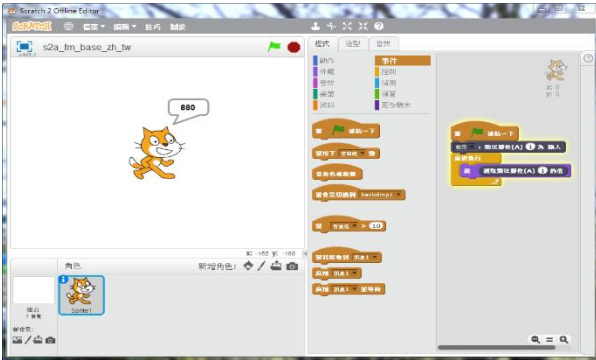
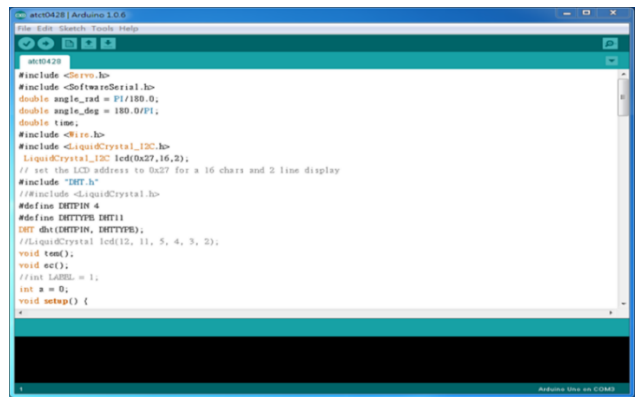
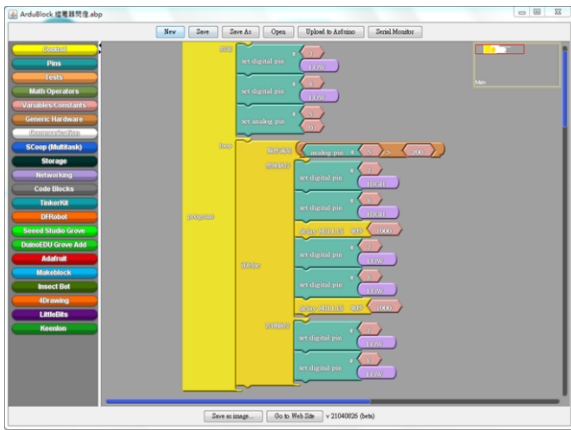


圖 10、S2A

Scratch 是麻省理工大學媒體實驗室終身幼稚園組開發的一套電腦程式開發平台，旨在讓程式設計語言初學者不需先學習語言語法便能設計創作產品。S2A、mblock、transformer 是 Scratch2.0 擴展，允許 Arduino 的開源硬件平台的簡單編程。它提供了用於管理連接到 Arduino 的傳感器和執行模塊。

(2)、ArduBlock(圖 11)、Arduino IDE(圖 12)



Arduino IDE 的開發環境使用的語法和 C/C++ 相仿，稍有 C/C++ 程式設計經驗很容易就能上手。另外還有積木堆疊式的程式介面如 ArduBlock，讓不會 C/C++ 的人輕易就能完成專案。上圖就是 Arduino IDE 和 ArduBlock 執行的畫面，中間為程式撰寫區，下方是相關訊息顯示。

(二)、實驗方式與架構:

1、對照組；自然陽光日照+土耕

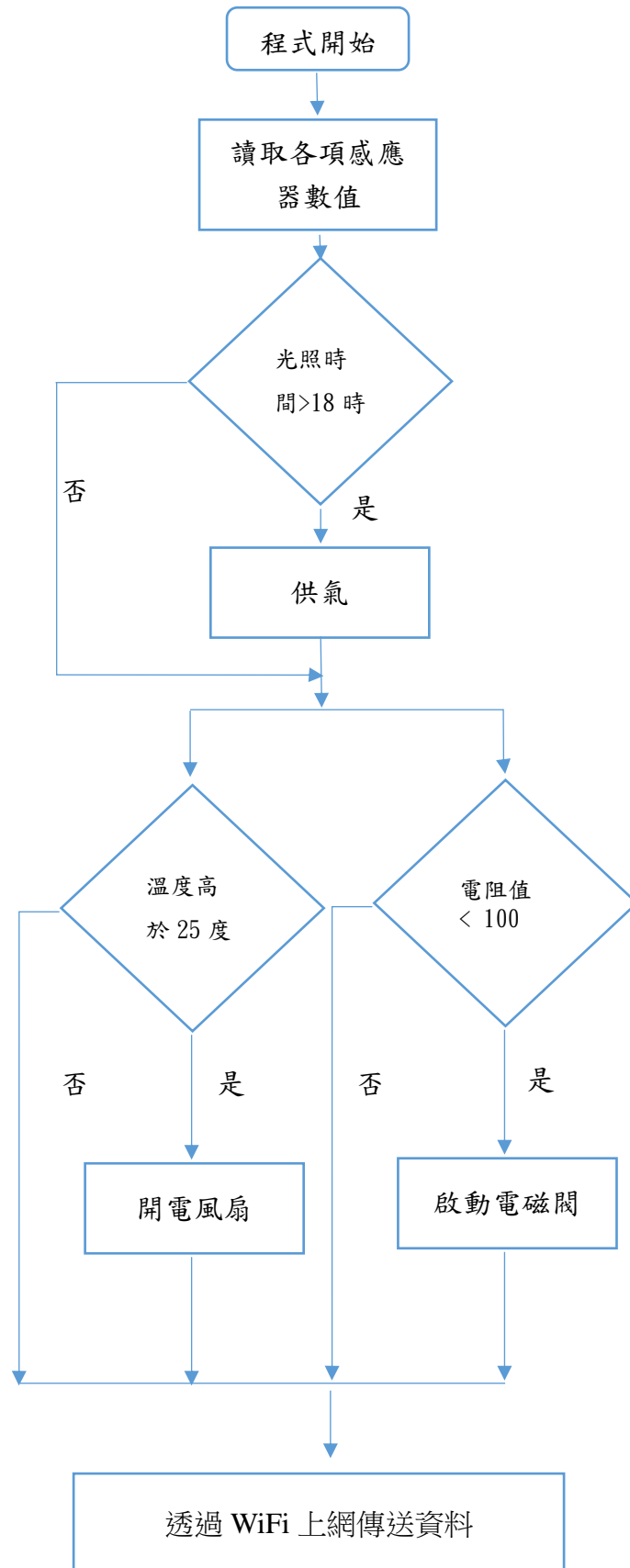
實驗地點設置在教室外的走廊，利用長型培植箱鋪上培養土種植小白菜，光照時間隨每日太陽升起落下並給予清水澆灌。

2、實驗組；LED 生長燈+水耕

實驗地點設置在教室內，育苗盆和移植盆是利用圓孔育苗盤和保麗龍以及海綿，將小白菜的種子放入切半的海綿裡，浸入水耕液裡培育 3~5 天放置於黑暗處栽植，待發芽後移至陽光處接受日照 5~7 天綠化，最後置入

DIY 智慧監控植物栽培箱種植小白菜。由 Motoduino 晶片智慧控制培植箱的生長環境，光照時間、夜間供氣以及水耕液的監控等。

(三)、研究方法：(圖 13、程式設計流程圖)



1、智慧調控系統程式開發

一般市售的定時裝置很多，但要符合我們設計的智慧監控植物栽培箱的構想需求不同，希望利用 Motduino 把植物生長環境的光照時間、供氣以及溫控和營養液補充提醒整合在一起，完成智慧監控植物栽培箱。

(1)、光照及供氣時間控制

植物光合作用製造養分的要素是葉綠素（在葉綠體內）和酵素。葉綠素吸收太陽光能後，配合酵素的作用，將由根部來的水和經由氣孔吸入的二氧化碳，轉化成葡萄糖。太陽提供的光都是短暫的，太陽中午直射最亮時是 108000 lux 而葉片光合作用最高值是 32400 lux。利用 500 流明 LED 植物生長燈延長植物光照時間讓植物持續生長。晚間利用打氣幫浦打氣增加水耕液的含氧量讓植物順利進行呼吸作用轉換成能量維持生命。

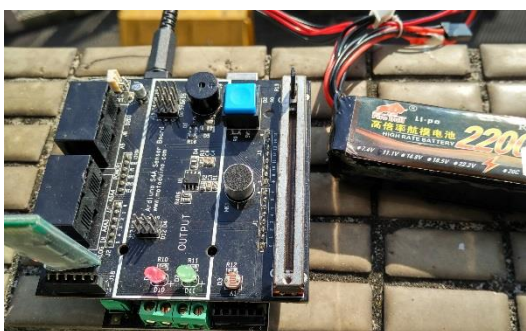


圖 14、日照光敏測量

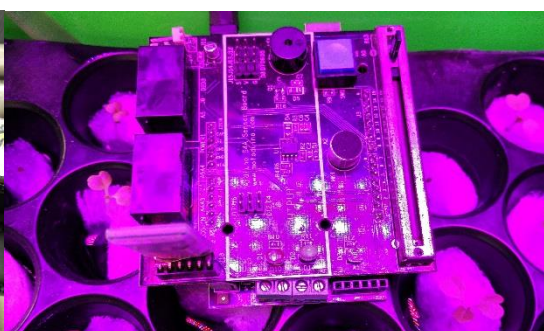
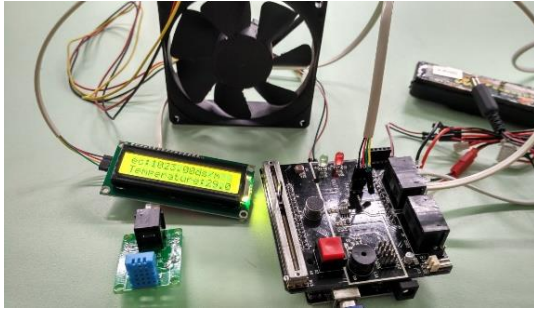


圖 15、LED 照明光敏測量

實驗步驟:

- ①、利用 S2A 積木堆疊式的程式設計讀取 Sensor Board 光敏感應器在一天陽光下 (6:00-18:00) 以及在 LED 植物生長燈的電阻值。
- ②、量取太陽中午直射時的光敏電阻值來換算一天約 8 小時的日照光通量和 LED 植物生長燈照 18 小時來做比較，觀察植物生長的情形。
- ③、撰寫程式設計計時功能啟閉繼電器來調配 LED 植物生長燈和打氣幫浦的調控。

(2)、溫度調節風扇控制(圖 16)

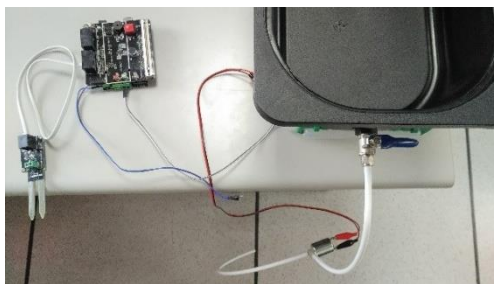


小白菜根系淺，因此不耐旱，生長期間要有充足的水分、明亮的光線、肥沃、疏鬆、保水、排水良好之砂質壤土以及最適宜生長溫度 20-25°C。

實驗步驟:

- ①、利用 ArduBlock 的程式設計讀取 DHT11 溫濕度感測模組的數值。
- ②、撰寫程式設計啟閉外接電源供電並利用 PWM 驅動風扇轉動來調控智慧植物栽培箱的最適溫度生長環境。

(3)、水耕液自動補充控制(圖 17)



水耕蔬菜種植管理主要讓植物根部能充分吸收水耕液的營養所以必須讓根部接觸到水耕液。我們透過水位感測模組作為控制補充水耕液的提醒。水位越高測得電阻值高；反之，電阻值低。

實驗步驟:

- ①、利用 S2A 積木堆疊式的程式設計讀取感測模組的電阻數值。
- ②、撰寫程式設計啟閉外接電磁閥調控水耕液水位的最適生長環境。

2、檢測器材設備操作

利用 DIY 的實驗器材來檢測自然環境以及人為控制環境下小白菜葉綠素和硝酸鹽含量的比較。

(1)、土壤及水耕液導電度檢測

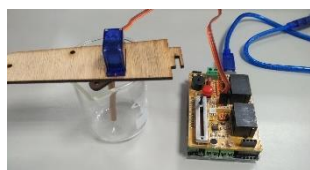


圖 18、攪拌器模組

植物生長除了陽光、空氣、水，其次需要土壤的稀有元素促進生長。利用 EC 導電度計來瞭解營養含量的變化。

實驗步驟:

- ①、利用花寶 1、2、4 號化肥 1 公克加入 1000 毫升的水稀釋自製水耕液，(桃園區農業改良場研究彙報第 63 號)用電導度計量測其電導度值。
- ②、測量土壤的導電度，土壤樣品以土水比 1：5 (行政院農業委員會農業試驗所) 之比例加入去離子水 (蒸餾水)，置於往覆式攪拌器以 140rpm 震盪 1 小時，以濾紙過濾後，濾液以電導度計量測其電導度值。
- ③、將水位電阻值顯示在液晶顯示模組上，監控水耕液水位高低的變化。

(2)、實驗組及對照組小白菜葉綠素含量檢測

日照和葉綠素的含量有正相關的變化，利用萃取葉綠素的方法和光譜儀來檢測實驗組和對照組小白菜葉子葉綠素含量的多寡，驗證自然光照和人為光照下植物葉綠素的差異性。



圖 19、離心機



圖 20、分光光度計

實驗步驟:

- ①、取新鮮植物葉片 200 mg (或其它綠色組織)，擦淨組織表面污物，剪碎 (去掉中脈)，混勻。將葉片使用刀略微切碎後置於 5 mL 95 %酒精內，於室溫放置黑暗處隔夜。
- ②、用離心機離心 (3000 rpm,10 分鐘) 後，吸取上清液 1 mL 置於石英管中，用滴管吸取酒精，定容至 25 mL，搖勻。
- ③、把葉綠體色素提取液倒入光徑 1 cm 的比色杯內。以 95 %酒精為空白，在波長 665 nm、649 nm 下測定吸光度。
- ④、使用以下列公式計算葉綠素 a、b 以及葉綠素總量

$$\text{葉綠素 a 濃度} = (13.7A_{665} - 5.75A_{649})$$

$$\text{葉綠素 b 濃度} = (25.8A_{649} - 7.6A_{665})$$

據此即可得到葉綠素 a 和葉綠素 b 的濃度 (Ca、Cb : mg/L)，二者之和為總葉綠素的濃度。

最后根據下式可進一步求出植物組織中葉綠素的含量：

葉綠素的含量 (mg/g) = [葉綠素的濃度×提取液體積×稀釋倍數]/樣品鮮重 (或干重)。
ps.A665 的意思是在 665 nm 下的吸收值。

(3)、實驗組及對照組小白菜硝酸鹽含量檢測

易檢測蔬菜硝酸鹽 (試紙比色法)，驗證自然光照和人為光照下植物硝酸鹽含量的差異性。硝酸鹽本身相對無毒，且含亞硝酸鹽食物與含胺類食物合吃，在腸胃中即容易產生亞硝胺 (Nitrosamines) 致癌物質，造成紅血球攜氧能力降低，若長期攝食含過量硝酸鹽的食物，可能會導致毒性效應。蔬菜中硝酸鹽累積量決定於硝酸鹽吸收、同化、運送及植株本身生長速度等，此外，栽培時環境因子如光線及溫度、採收時間及採收後儲藏條件亦都影響其硝酸鹽含量。



圖 21、硝酸鹽(試紙比色法)



圖 22、秤重

實驗步驟:

- ①、取 10 g 小白菜加 490 cc 水，用果汁機打碎 (1 分鐘) 成均質狀 (稀釋 50 倍)。
- ②、試紙沾菜汁約 2 秒後取出，甩掉多餘菜汁。
- ③、60 秒後與比色表比色，觀察最接近的數值。
- ④、該數值乘以 50 即為該蔬菜硝酸鹽含量。

伍、 研究結果

一、DIY 智慧監控植物栽培箱

家庭式的智慧監控植物栽培箱最初的想法來自於昆蟲飼養箱以及植物工廠的原理製作的。利用長型收集籃當作栽培箱底座內襯貼上黑色內襯用黑色塑膠布，並架高 LED 燈箱的高度來作植物栽培的空間，用螺絲隨植物成長調整最適當的光照高度。為製造水耕液循環利用沉水馬達及打氣幫浦增加氧氣的含量供栽培植物吸收，並利用不透明水桶盛裝水耕液透過電磁閥可以隨時自動補充水耕液。

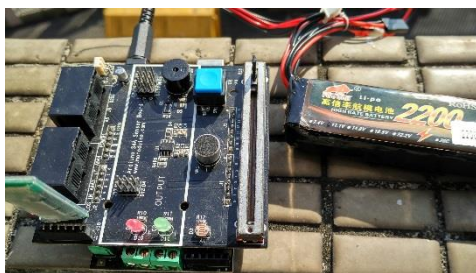
二、智慧調控系統程式開發



圖 23、智慧監控系統程式

智慧監控系統可分為四個部分，光照感測、溫溼度感測、水耕液水位感測器安裝在 Motduino ，程式自行判斷是否要執行環境調整。另將感測數值經由 WiFi 傳送到 ThingSpeak ，上網即可監看到植物栽培箱系統的資料。

(一)、主程式：光照及供氣時間控制(圖 23-1)



作物之最適光強度隨依種類而不同，一般蔬菜的光合作用飽和點大都在 5 萬至 8 萬 Lux (50-80 kLux)，而十字花科蔬菜則都在 4 萬 Lux (40kLux) 左右。

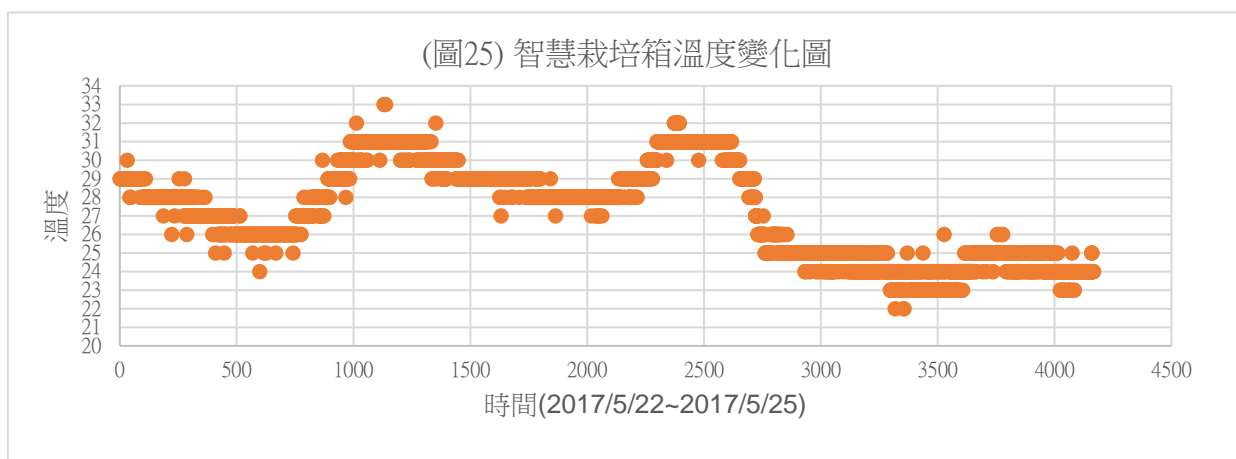
- 1、利用 Motduino Sensor Board A1 PIN 腳測得正中午 12 時的光敏電阻值為 1007。
- 2、6:00~18:00 一天的光敏電阻平均值為 940，由此可以推得 6:00~18:00 平均光照度 (光照度- 台灣 Wiki) 為 $(940/1007) \times 108000 = 100876 \text{ Lux}$
- 3、LED 成長燈的發光強度為 500 LM，置於葉面上方 20 cm。又照度=發光強度/(距離)² 因此利用公式換算為 $500/(0.2)^2$ ，所以 LED 的照度為 12500 Lux/m^2 。兩相比較下 LED 成長燈照度較少，所以利用延長光照週期促進植物生長。

植物除了行光合作用也進行呼吸作用，透過繼電器接腳 PIN8、PIN12 來控制 LED 光照時間 18 小時以及啟動供氣打氣幫浦 6 小時。

(二)、副程式：溫度調節風扇控制 (圖 24)



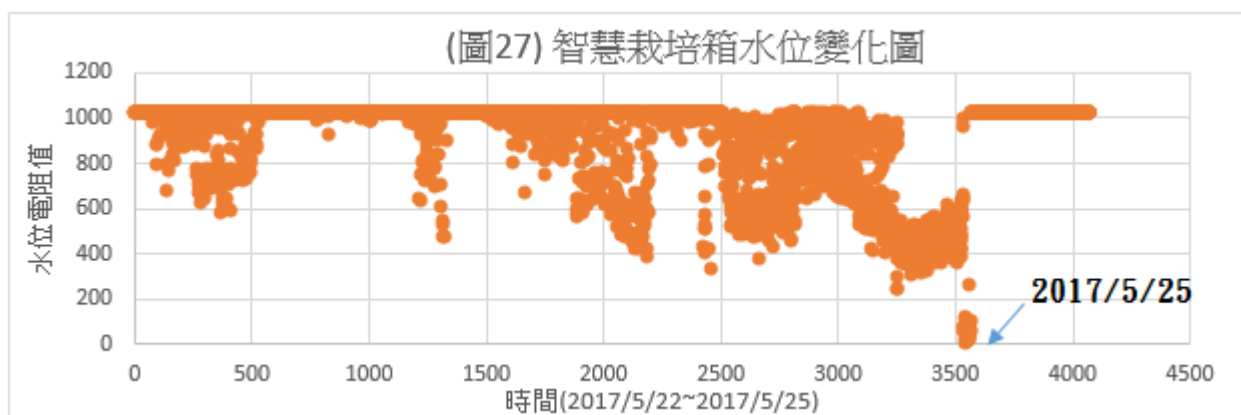
小白菜最適宜生長溫度為 20-25°C，由接在 Sensor Board D4 PIN 腳的 DHT11 溫濕度計模組測得的溫度數值，在溫度高於 25 度時 (圖 25) 啟動馬達驅動晶片的 M1 接腳的風扇 PIN (10,1)、PWM (5,255) 控制轉速，直到溫度低於 25 度轉速停止 PWM (5,0)。



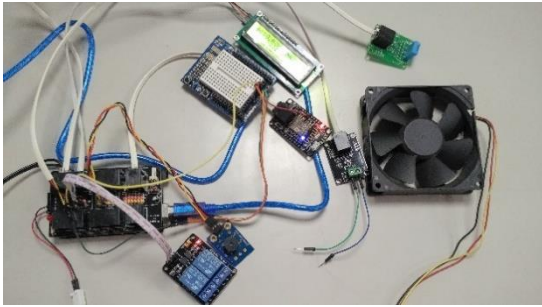
(三)、副程式：水耕液自動補水系統 (圖 26)



水位感測模組接在 Sensor Board A3 PIN 腳位讀取電阻數值。當水位降低測得電阻值小於 100 時，啟動馬達驅動晶片的 M2 接腳的電磁閥 PIN (11,1)、PWM (6,255) 供電補水，直到水位電阻值高於 100 停止供電 PWM (6,0) 完成補水。



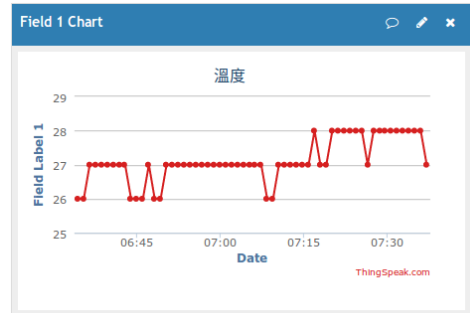
(四)、資料上傳雲端 ThingSpeak (圖 28)



利用 WF8266R WiFi 模組撰寫程式把 D4 溫濕度計的資料傳至 ThingSpeak 雲端資料庫即可利用網路隨時監控智慧植物栽培箱的資料，做最適當的設定。



(圖 29) ThingSpeak 水位圖

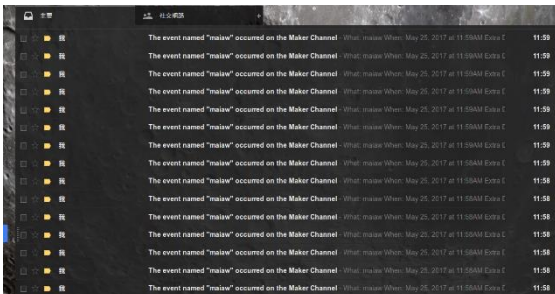


(圖 30) ThingSpeak 溫度圖

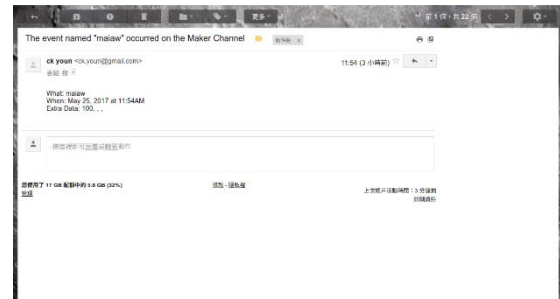
(五)、觸發 IFTTT 發送 email 警示 (圖 31)



WF8266R WiFi 模組把溫濕度計的數值和 水位感應模組的數值傳送到雲端，並觸發 IFTTT 發送水位降低警示的 email，達到系統智能監控的目的。



(圖 32) IFTTT 發送 email



(圖 33) email 說明

三、土壤及水耕液導電度及 pH 值之探討



圖 34、導電度計

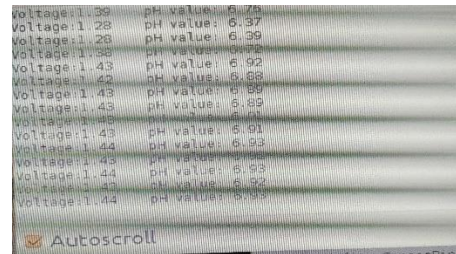
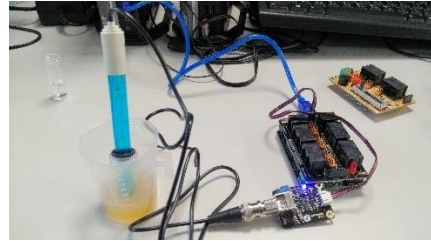
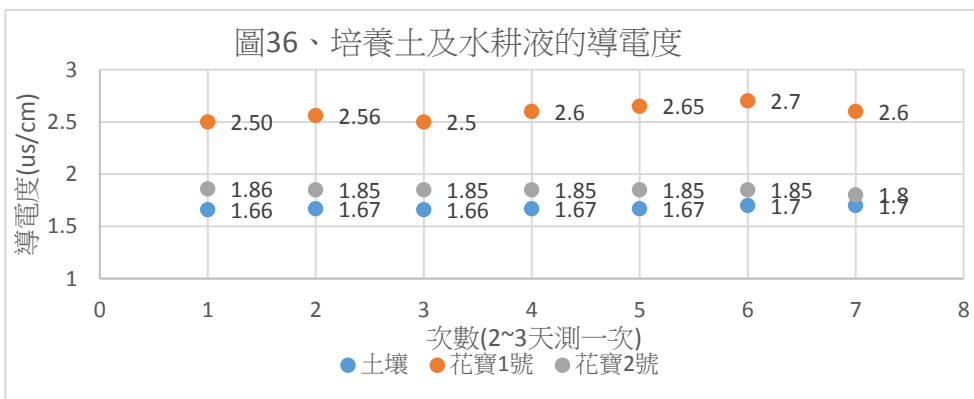


圖 35、pH 值檢測模組

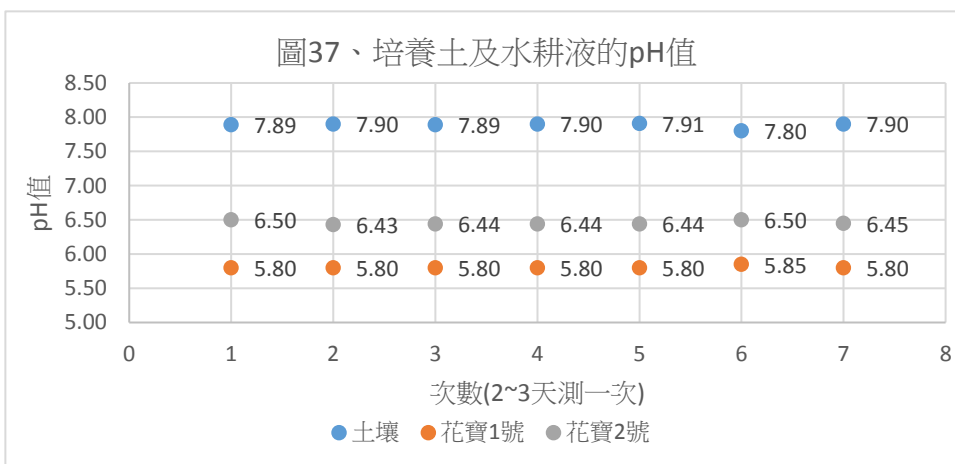
(一)、培養土及水耕液的導電度



由 (圖 36) 資料顯示(花寶 1 號) 水耕液的 EC 導電值較高營養含量較多。其次是花寶 2 號，土壤的營養含量較

少。營養含量多則可以促進植物生長。

(二)、培養土及水耕液的 pH 值



由 (圖 37) 資料顯示土壤的 pH 值較高其次是 (花寶 2、1 號) 水耕液。小白菜最適生長的 pH 值環境為 5.5~6.5 之間。

四、實驗組及對照組小白菜成長關係之探討

(一)、植株高度成長關係比較

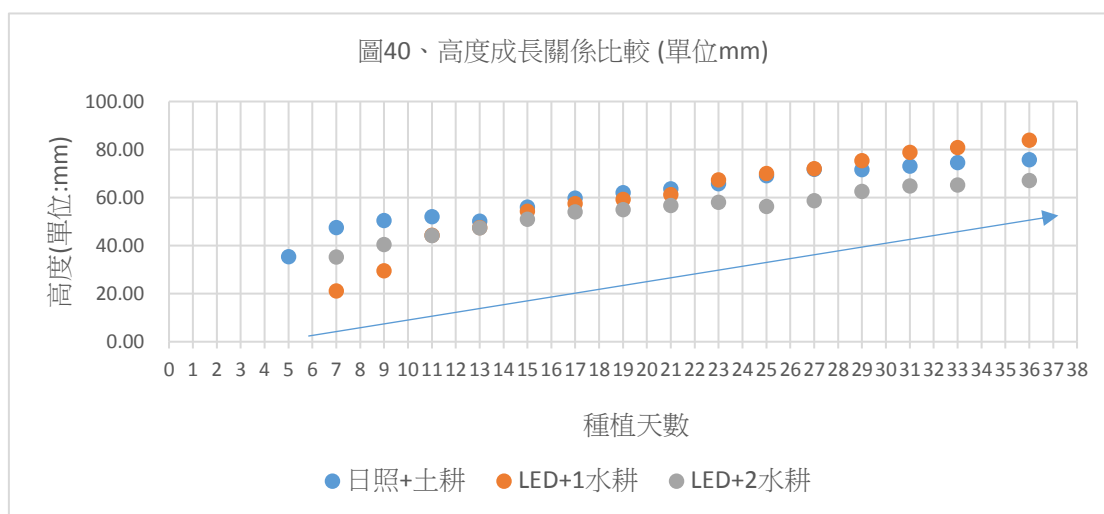


圖 38、LED+水耕



圖 39、日照+土耕

天數 環境	表一、小白菜成長高度統計表(單位:mm)																
	1	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	36
土耕		35.31	47.45	50.47	51.99	50.19	55.99	59.78	62.04	63.64	65.75	69.08	71.7	71.61	73.11	74.53	75.77
花寶1號			21.13	29.44	44.28	47.44	54.22	57.42	59.15	61.21	67.34	70	71.98	75.31	78.77	80.75	83.86
花寶2號			35.20	40.36	44.11	47.32	50.99	53.95	54.98	56.62	57.97	56.29	58.67	62.6	64.81	65.19	67.02



由 (圖 40) 資料顯示小白菜在 LED+水耕 (花寶 1 號) 的環境下莖部的生長比日照+土耕的環境快速。符合植物的莖具有向光生長的趨勢，應放在光線充足的環境促進生長。

(二)、葉寬成長關係比較

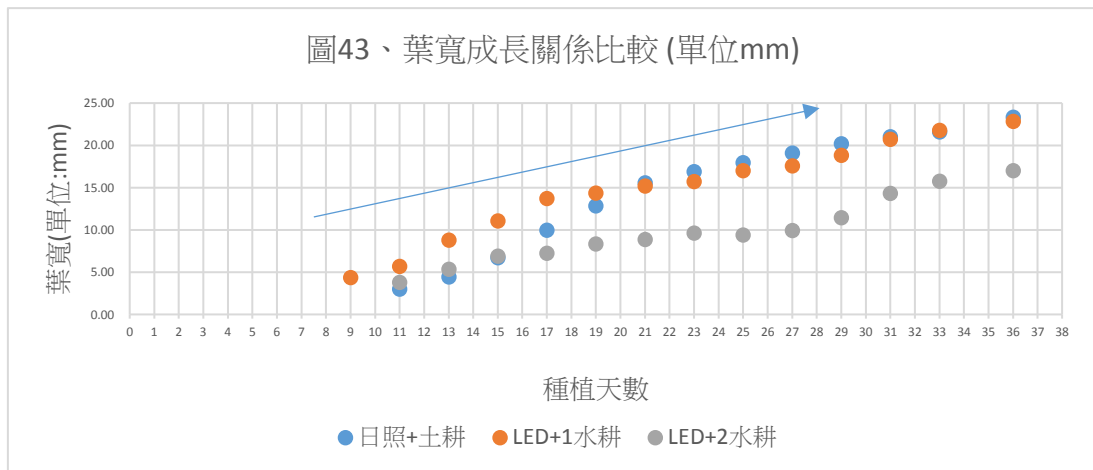


圖 41、LED+水耕



圖 42、日照+土耕

天數 環境	表二、小白菜成長葉寬統計表(單位:mm)														
	1	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	36
土耕			2.97	4.42	6.68	9.94	12.84	15.57	16.87	17.94	19.08	20.2	21	21.6	23.3
花寶1號	4.36	5.68	8.76	11.04	13.69	14.34	15.17	15.71	17.00	17.56	18.8	20.7	21.8	22.8	
花寶2號			3.77	5.31	6.89	7.23	8.31	8.86	9.62	9.38	9.90	11.4	14.3	15.7	17



由 (圖 43) 資料顯示小白菜在 LED+水耕 (花寶 1 號) 的環境下葉寬的生長比日照+土耕的環境快速。符合植物的葉對光的需求較高，應放在光線充足的環境促進生長。

(三)、葉長成長關係比較

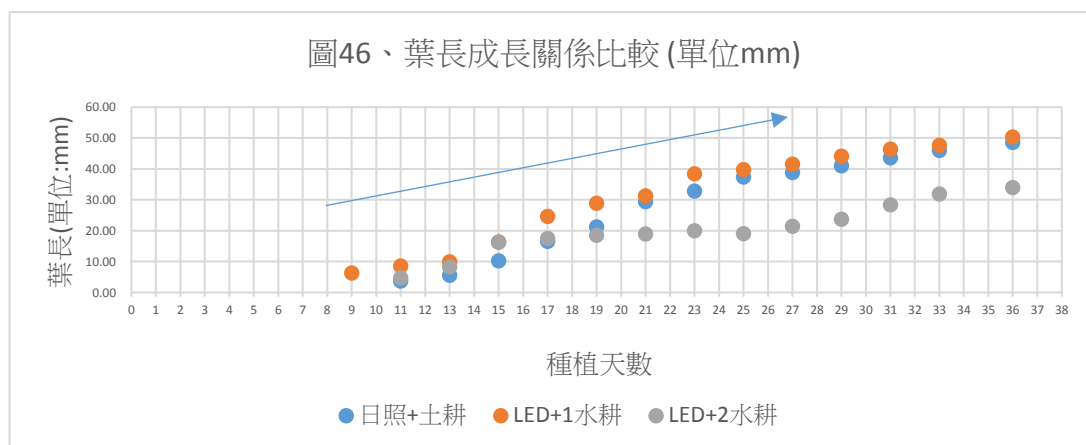


圖 44、LED+水耕



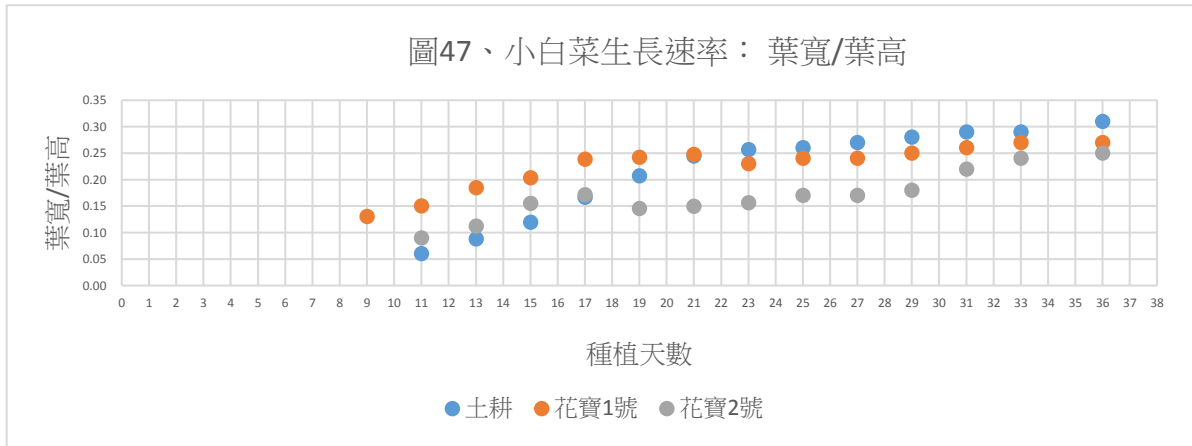
圖 45、日照+土耕

天數 環境	表三、小白菜成長葉長統計表(單位:mm)														
	1	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	36
土耕			3.69	5.56	10.23	16.60	21.27	29.42	32.84	37.39	38.89	41.08	43.66	45.98	48.55
花寶1號		6.31	8.63	9.97	16.39	24.65	28.89	31.32	38.45	39.79	41.50	44.18	46.47	47.64	50.37
花寶2號			4.71	8.27	16.28	17.51	18.53	18.96	20.03	19.03	21.46	23.76	28.42	31.89	33.98



由 (圖 46) 資料顯示小白菜在 LED+水耕 (花寶 1 號) 的環境下葉長的生長比日照+土耕的環境快速。符合植物的葉對光的需求較高，應放在光線充足的環境促進生長。

(四)、小白菜生長速率



由 (圖 47) 資料顯示小白菜在日照+土耕 (106/4/24~5/31)的環境下植物的生長速率比 LED+水耕 (花寶 1 號)的環境及花寶 2 號水耕液+LED 光的生長速率都來的快，資料顯示水耕液營養高造成植物徒長 (抽高) 的現象。

五、實驗組及對照組小白菜葉綠素含量檢測

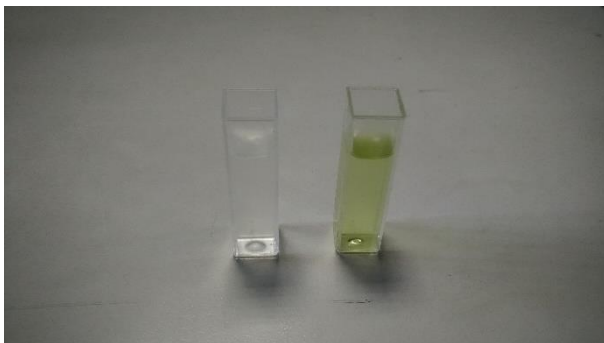


圖 48、左:95%酒精 右:葉綠素萃取

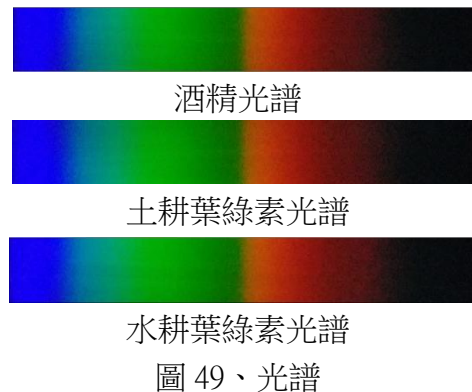


圖 49、光譜

葉綠素是光合作用中一類重要色素，在光合作用中，葉綠素吸收光的能量，並將能量用於合成碳水化合物。並釋放氧氣的生化過程，其作為植物生長中能量轉化的重要環節，直接反映出植物生長狀況的好壞。

利用光譜儀及分光度計測得的 LED 實驗組光譜，再利用 image j 分析軟體測得 649 nm、665 nm 下的吸收值分別為 0.2529、0.3746。

代入葉綠素 a 濃度= $(13.7A_{665} - 5.75A_{649}) \rightarrow 3.68$ (mg/l)

葉綠素 b 濃度= $(25.8A_{649} - 7.6A_{665}) \rightarrow 3.69$ (mg/l)

葉綠素的含量 (mg/g) = [葉綠素的濃度×提取液體積×稀釋倍數]/樣品鮮重

葉綠素的含量: $(7.37 \times 0.003 \times 0.025) / 0.2 = 0.0028$ (mg/g) = 0.28 %

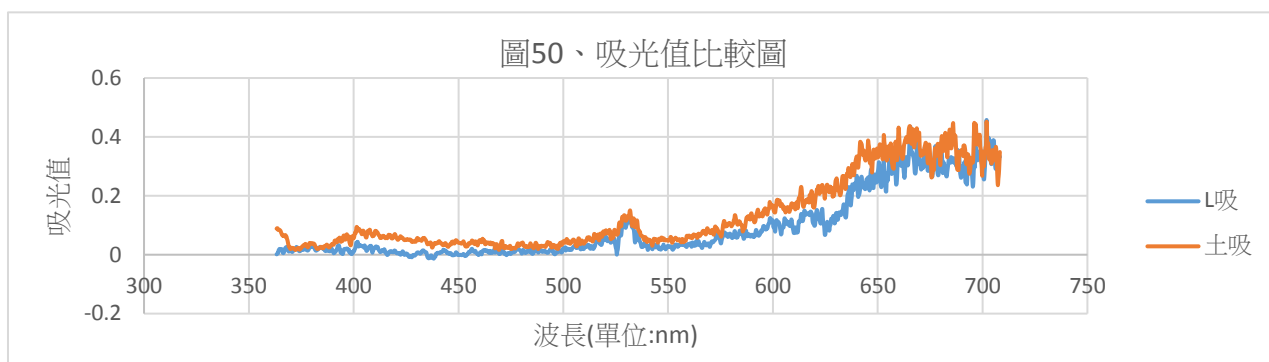
測得的土耕對照組光譜，再利用 image j 分析軟體測得 649 nm、665 nm 下的吸收值分別為 0.3319、0.4345。

代入葉綠素 a 濃度 = $(13.7A_{665} - 5.75A_{649}) \rightarrow 4.04 \text{ (mg/l)}$

葉綠素 b 濃度 = $(25.8A_{649} - 7.6A_{665}) \rightarrow 5.26 \text{ (mg/l)}$

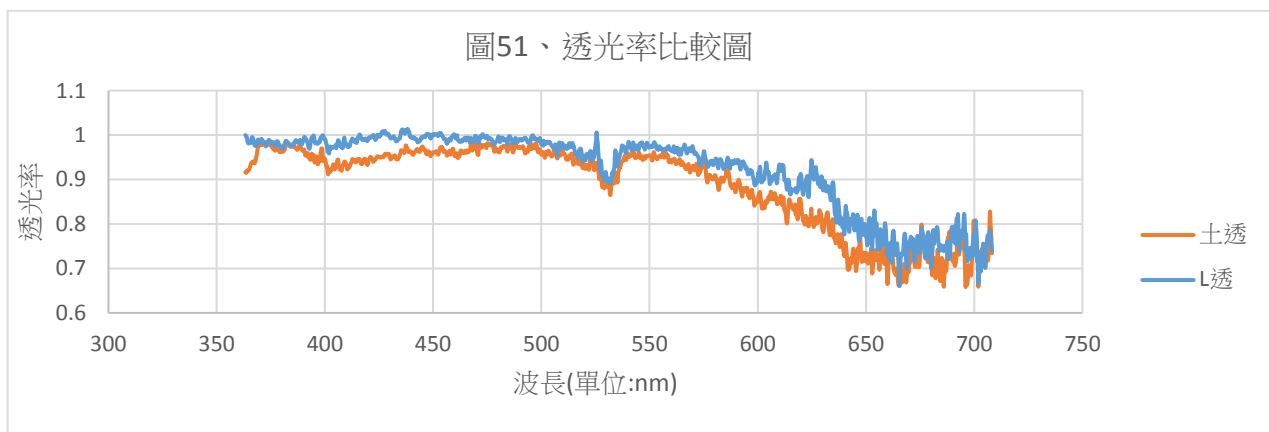
葉綠素的含量: $(9.30 * 0.003 * 0.025) / 0.2 = 0.0034 \text{ (mg/g)} = 0.34 \%$

(一)、葉綠素溶液吸光值比較



由 (圖 50) 資料發現，波長在 650 nm~700 nm 左右有高峰值，且 LED 實驗組有比較高的吸光值。

(二)、葉綠素溶液透光率比較



由 (圖 51) 資料發現，波長在 650 nm~700 nm 左右有較低的透光率，且 LED 實驗組有比較低的透光率。

六、實驗組及對照組小白菜硝酸鹽含量檢測



圖 52、稀釋 50 倍

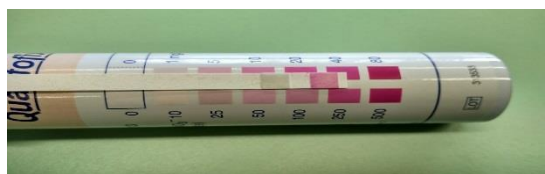


圖 47、硝酸鹽試紙(實驗組)

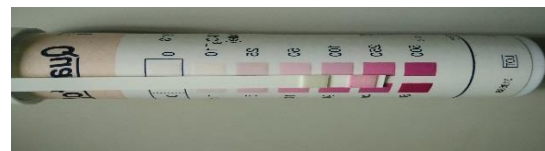


圖 53、硝酸鹽試紙 (對照組)

蔬菜中硝酸鹽累積量決定於蔬菜對硝酸鹽吸收、同化、運送及蔬菜本身生長速度等因素；蔬菜之不同葉齡及部位間硝酸鹽累積差異性也很大，此外，栽培時環境因子如光線及溫度、每日採收時間及採收後儲藏條件及氮肥施用量及施用量時期亦都影響硝酸鹽在蔬菜葉片之累積量。當入射光強低於蔬菜之光補償點時會造成蔬菜葉片中硝酸鹽之累積；當入射光強之增加，伴隨著硝酸還原酵素之活化而加速硝酸鹽之轉化，而在 35°C 高氣溫及遮蔭之低光照下（6,000 Lux）硝酸鹽及亞硝酸鹽之累積量更大幅度之增加。因之，設施蔬菜之種植應以 10,000 Lux 以上光強及 100–200 mg/l 氮肥下栽培並且在採收前三天不再加施氮肥才可望將設施蔬菜中硝酸鹽之含量降在 1500 mg/kg。

實驗組 (LED+水耕) 硝酸鹽試紙比色的結果 (圖 50) 介於 100 和 250 之間，換算出硝酸鹽的含量為 $(100+250)/2*50=8750$ 。根據顏色的比對較接近 100 所以可以得知水耕+LED 種植的小白菜硝酸鹽的含量 >5000 ppm。

對照組 (日照+土耕) 硝酸鹽試紙比色的結果(圖 51)介於 100 和 250 之間，換算出硝酸鹽的含量為 $(100+250)/2*50=8750$ 。根據顏色的比對較接近 100 所以可以得知水耕+LED 種植的小白菜硝酸鹽的含量 >5000 ppm。

陸、問題與討論

一、智慧栽培箱防塵及如何減少綠藻的生成?

現行 DIY 栽培箱裝置的設計為開放式的不為密閉，容易有汙染物塵土的附著。若利用透明塑膠帆布或是壓克力圍成密閉的空間，即可達成無塵土汙染乾淨的成長空間。以及改用不透光的水管和水管液盛裝容器更可以減少綠藻的產生讓食用更加安全。



圖 54、透明塑膠帆布

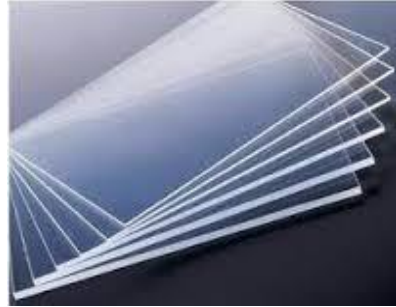


圖 55、壓克力

二、如何精確監控水耕液營養的含量?

土壤濕度感測模組的電阻值只能解讀濕度及水位變化無法精確的測量出水耕液的營養含量，所以想解決能更精準的測量出水耕液營養的導電度計模組，達到栽培箱促進植物生長所需最適當的營養環境。

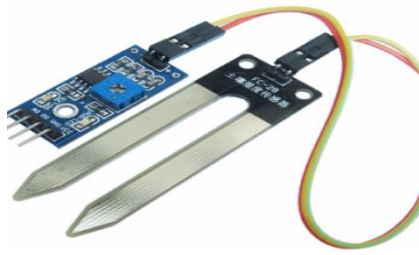


圖 8、土壤濕度感測模組



圖 56、導電度計模組

三、為何栽培箱種植的小白菜枯萎?

栽培箱系統有利用風扇來散熱，但為何植物還是枯萎了。經過觀察及討論發現是風扇擺放位置的影響。原本是放在栽培箱靠近燈座的地方效果有限，後來擺放在靠近植物種植的地方就改善的許多。

四、為何花寶四號肥料所調配的水耕液無法讓小白菜發芽?

實驗的肥料有花寶 1、2、4 號，結果只有 4 號無法發芽，發現是肥料的氮、磷、鉀

成分不同。植物幼苗生長期需要較多的氮肥和鉀肥，不需要較多的磷肥。氮鉀的比率介於 1：3 之間（張祖亮，營養葉栽培之應用技術），由此可知花寶 1 號肥料最適合用於水耕液的溶液。

五、感應模組資料如何精確的傳送雲端及顯示在 LCD 螢幕？

溫濕度及水位感應模組的訊號值腳位要給自動控制系統的主板用又要給 WiFi 模組用，我們經過不斷的嘗試用串接及外接電源的方式，解決了同一個訊號來源給予不同模組來利用。

柒、結論

- 一、 利用 Motoduino U1 製作智慧監控植物栽培箱，可以不受地形、自然植物生長環境或是土地的限制種植蔬果植物。
- 二、 設計調控最適合植物生長的環境，促進植物生長隨時監控蔬果成長環境可以安心享用安全乾淨的蔬果。
- 三、 Motoduino U1 平價、圖形化介面積木堆積式的程式設計語言容易學習又結合具有 WiFi 無線上網的模組強大功能，只要經過簡單的學習操作，幾乎每個人都可以輕易上手讓物聯網的應用發揮潛力無窮。
- 四、 水耕栽培營養液的調配非常重要，如何讓水耕液有穩定的營養含量及適合生長的 pH 值讓植物在最適的環境生長；反之，若生長環境常處於變動的條件下，植物當然生長不好甚至無法發芽成長。
- 五、 DIY 智慧監控栽培箱確實驗證了人為控制的環境 (LED+水耕) 可以栽種小白菜和自然環境 (土耕+日照) 相差無幾。
- 六、 小白菜葉綠素的含量，經過實驗設備檢測分別為 0.28%和 0.34%兩者差異不大；而硝酸鹽的含量，經過檢測的結果發現二者都介於 5000ppm 左右。
- 七、 DIY 家用的智慧調控植物栽培箱不僅可以外加感應模組做客製化的組合更可以透過所學的圖形化介面的程式語言調控系統以適應不同植物的生長環境，讓人自家水耕環保又健康享受種植的樂趣。

捌、待研究的問題

一、開發多樣化系統的研究與實驗

我們想利用智慧監控栽培箱開發多樣化的系統，例如結合魚菜共生或者栽植高經濟價值的冰花及蘭花等不僅可以在室內觀賞更可以利用栽培箱栽種植物達到環保永續的目的。

玖、參考文獻

- 一、 營養液栽培之應用技術，張祖亮，台大園藝系
<http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/hort/Chap08.htm>
- 二、 LED 在植物設施栽培中的應用和前景，光菌生物科技
http://www.nanobiolight.com/global_11.html
- 三、 植物需求光源與 LED，陳加忠，中興大學 生物系統工程研究室
http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_547.htm
- 四、 農業知識入口網
<http://kmweb.coa.gov.tw/mp.asp?mp=1>
- 五、 LED 植物工廠自動調整系統之研究，趙守嚴，明新科技大學
<http://ir.lib.must.edu.tw/bitstream/趙守嚴-成果報告.pdf>
- 六、 主婦聯盟環境保護基金會
<http://www.huf.org.tw/event/content/1531>
- 七、 阿簡生物筆記
<http://a-chien.blogspot.tw/2016/02/imagej.html>
- 八、 科學影像 scimage / 科學 Maker
<http://scimage-tw.blogspot.tw/>
- 九、 本省溫溼度及太陽輻射量與作物之需求 (台大農機系方煒)
<http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/class-cea/weather.htm#no3>
- 十、 度單位轉換問題之探討 (農試所農工組姚銘輝)
http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/2995/1/journal_jts_85_09.pdf

【評語】 080828

探討利用電資通方式，達成智慧化培養植物的目的，值得鼓勵。

建議宜思考智慧化的成本與效益。

建議宜對於原理加強理解，照度=光源強度/(面積)，並非/(距離)²。

建議對於葉綠素量測部分思考智慧化與否。

摘要

研究主要的目的在設計一套能智慧調控且能夠透過物聯網的植物栽培箱系統。實驗結果顯示Motoduino U1微處理器可以幫助我們解決問題達到智慧監控的目的，更可以利用WiFi模組將物聯網的精神發揮到淋漓盡致，隨時將監控的資訊上傳到網際網路，方便隨時監控植物栽培箱系統的運作。

透過不同感應模組的組合客製化智慧監控植物栽培箱系統發揮動手做創作的精神達到環保永續的應用。

壹、研究動機

看到學弟妹這些小小園丁忙進忙出的一會兒為盆栽澆水、一會兒東找西找抓蟲兒為它罩上白色的面紗；這樣無微不至照顧的它就是~小白菜。想想自己曾經也是經歷過，總有個疑問種植物一定要這麼辛苦嗎？利用Motoduino U1設計家庭式智慧監控植物栽培箱可以種植健康養生的蔬果

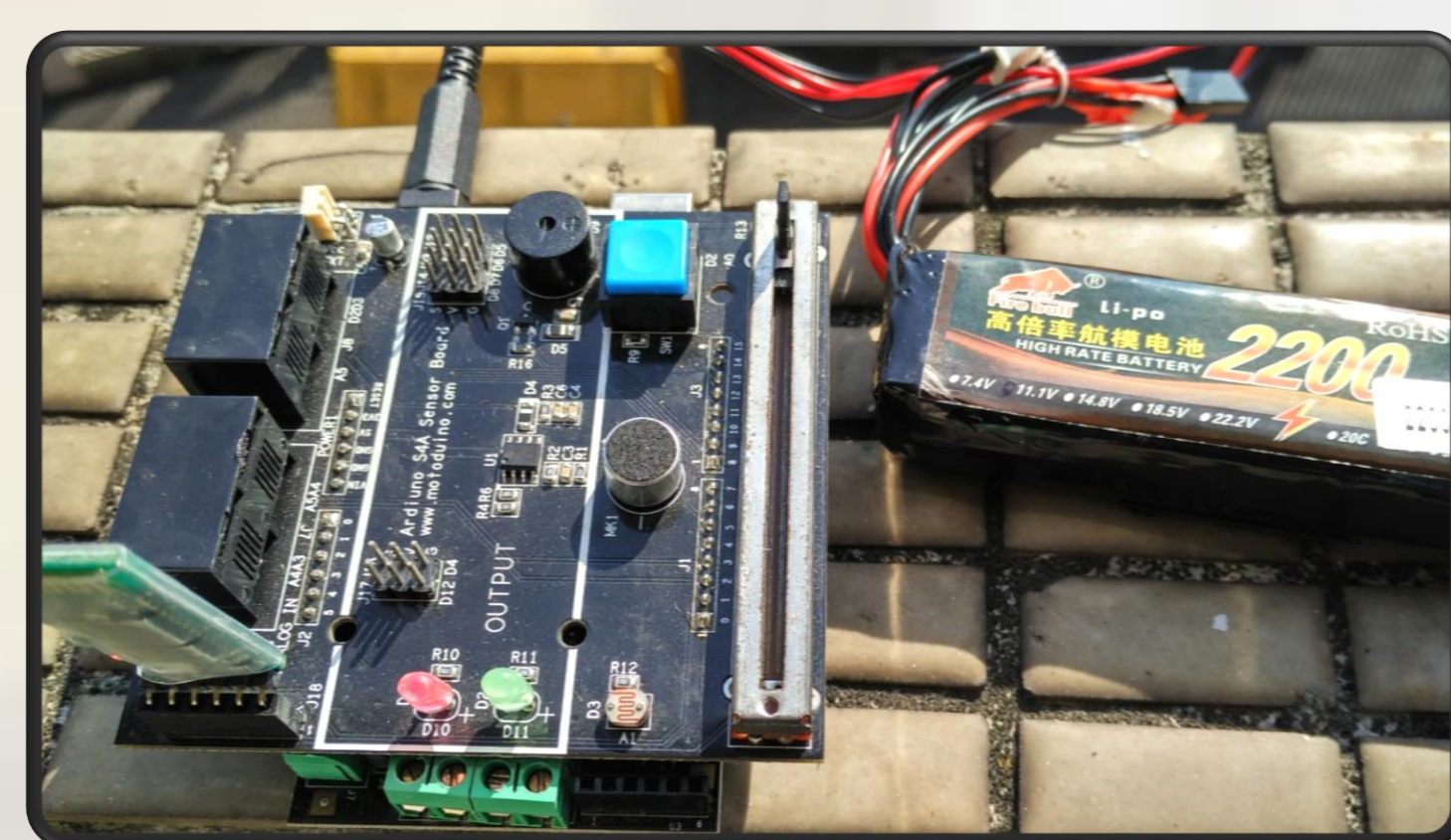
貳、研究目的與問題

- 一、利用實驗教具 DIY智慧監控植物栽培箱
- 二、Motoduino設計植物栽培箱自動監控系統
- 三、土壤及水耕液導電度及pH值之探討
- 四、實驗組和對照組，小白菜成長的比較
- 五、實驗組和對照組，葉綠素含量的比較
- 六、實驗組和對照組，硝酸鹽含量的比較

參、研究設備與方法

一、光照及供氣時間控制

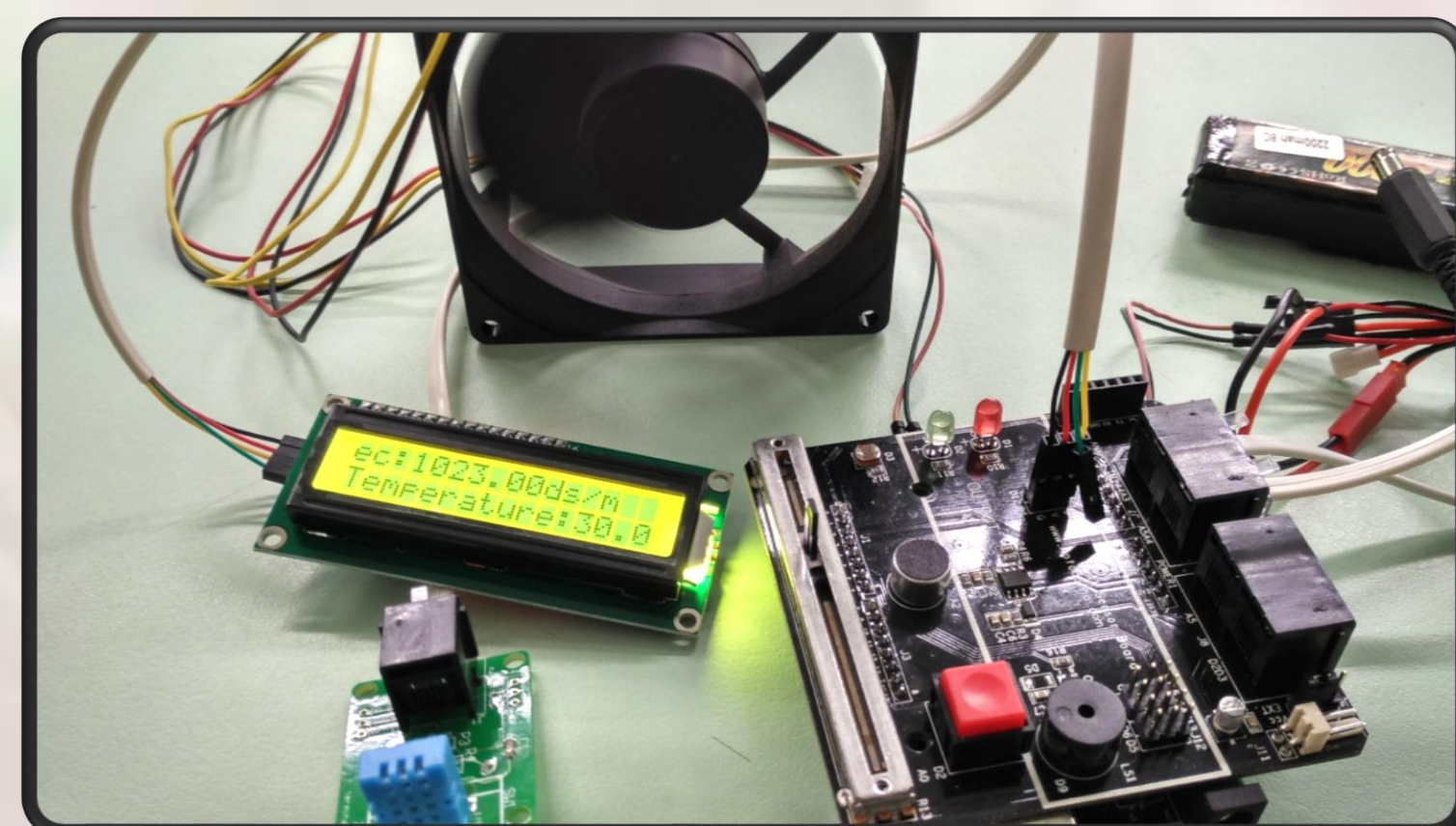
1、利用S2A積木堆疊式的程式設計讀取Sensor Board光敏感應器在一天陽光下（6:00-18:00）以及在LED植物生長燈的電阻值。



- 2、量取太陽中午直射時的光敏電阻值來換算一天約8小時的日照光通量和LED植物生長燈照18小時來做比較，觀察植物生長的情形。
- 3、撰寫程式計時功能啟閉繼電器來調配LED植物生長燈和打氣幫浦的調控。

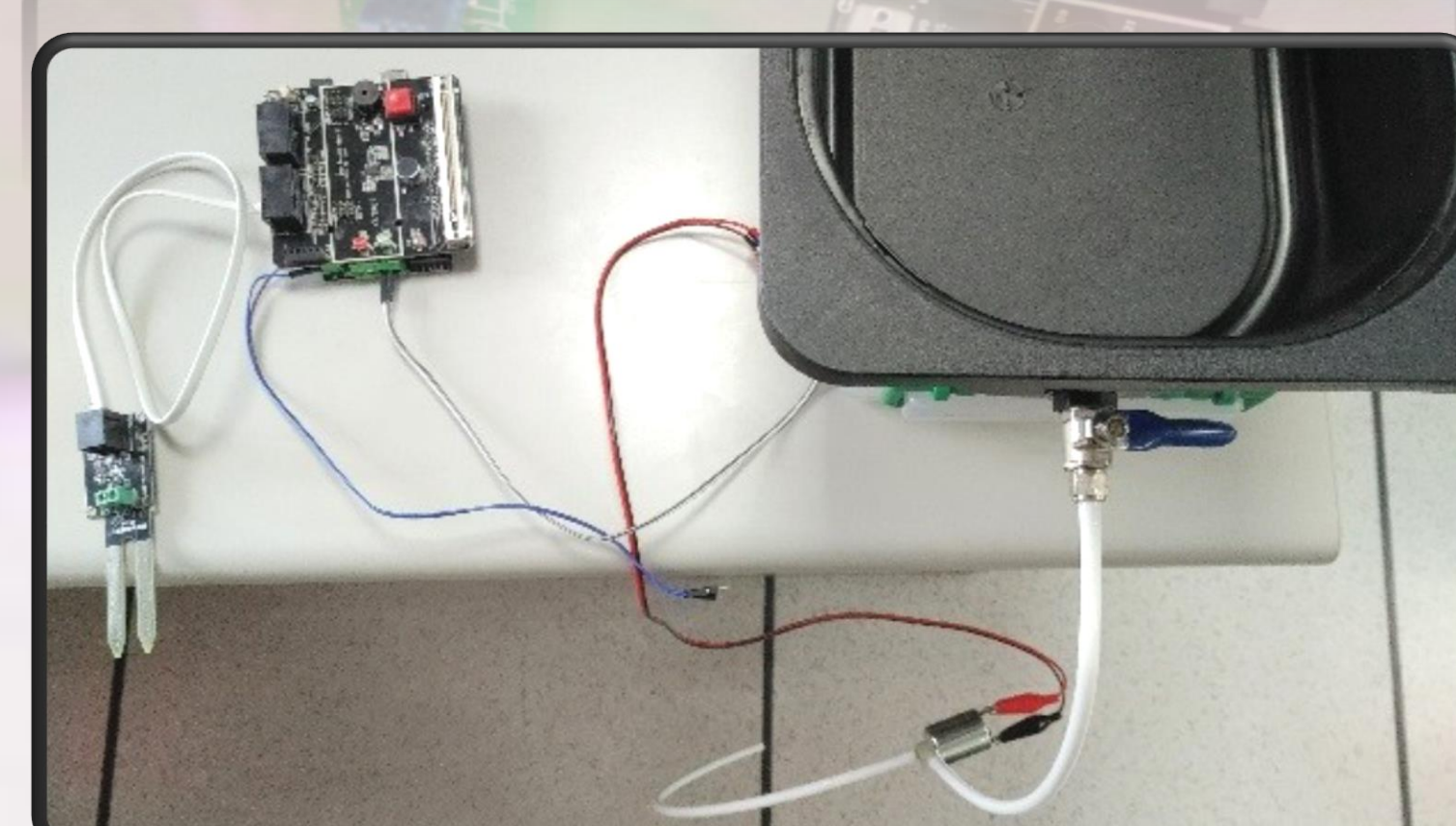
二、溫度調節風扇控制

- 1、利用Arduino的程式讀取DHT11 溫濕度感測模組的數值。
- 2、撰寫程式啟閉外接電源供電並利用PWM驅動風扇轉動來調控智慧植物栽培箱的最適溫度生長環境。



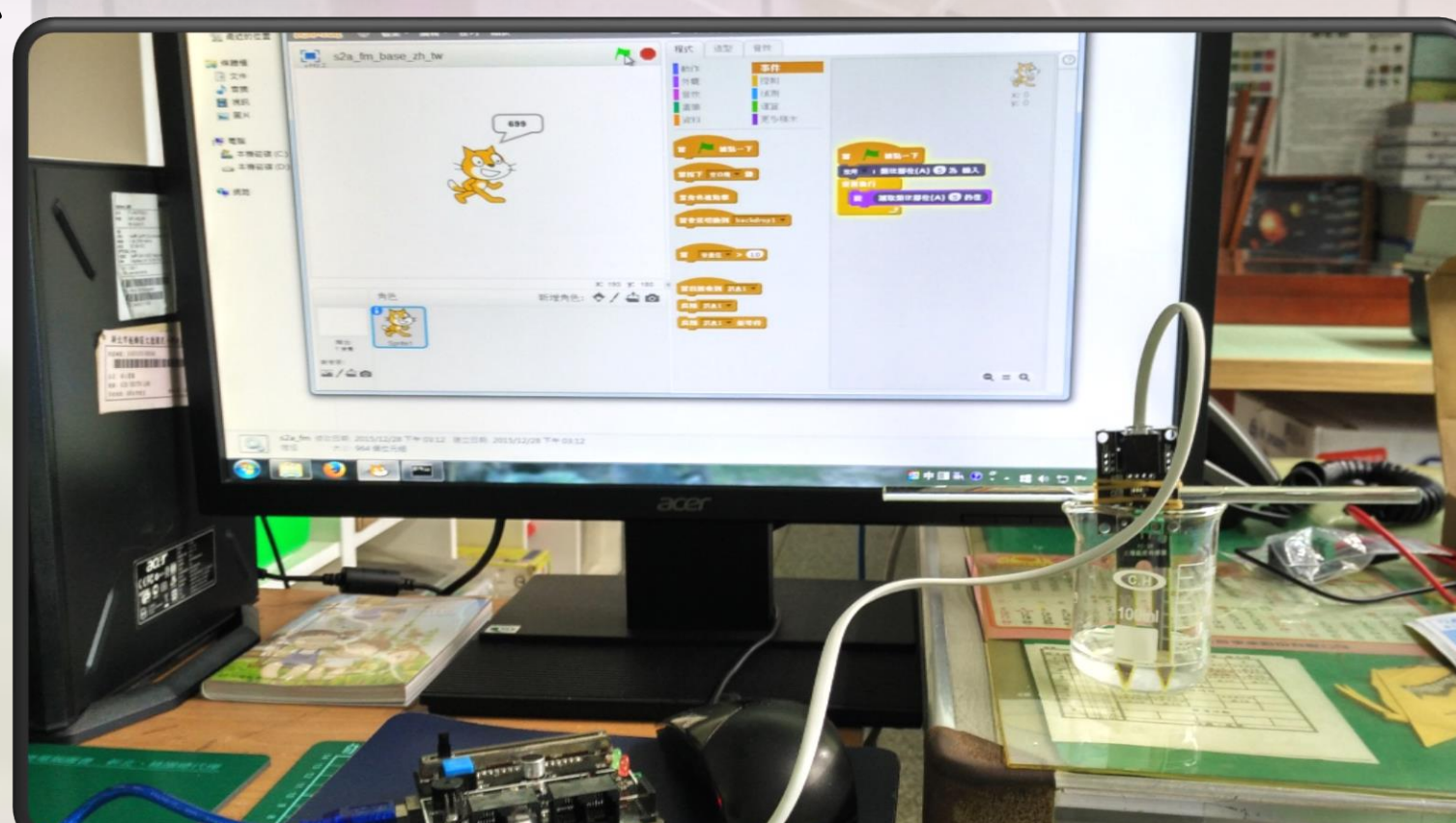
三、水耕液自動補充控制

- 1、利用S2A積木堆疊式的程式讀取感測模組的電阻數值。
- 2、撰寫程式啟閉外接電磁閥調控水耕液水位的最適生長環境。
- 3、將水位電阻值顯示在液晶顯示模組上，監控水耕液水位高低的變化。



四、土壤及水耕液導電度檢測

- 1、花寶1、2、4號化肥1公克加入1000毫升的水稀釋測其電導度值。
- 2、土壤以土水比1：5之比例加入去離子水以140 rpm震盪1小時測量土壤的導電度。



五、葉綠素含量檢測

- 1、取新鮮植物葉片200 mg擦淨組織表面污物切碎後置於5 mL 95 %酒精內放置黑暗處隔夜。
- 2、用離心機離心（3000 rpm, 10分鐘），吸取上清液1 mL滴管吸取酒精定容至25 mL。倒入光徑1 cm的比色杯內。95 %酒精為空白，測定波長665 nm、649 nm下吸光度。
- 3、葉綠素a=(13.7A665-5.75A649)
葉綠素b=(25.8A649-7.6A665)
葉綠素含量 (mg/g) = [葉綠素的濃度×提取液體積×稀釋倍數]/樣品鮮重。



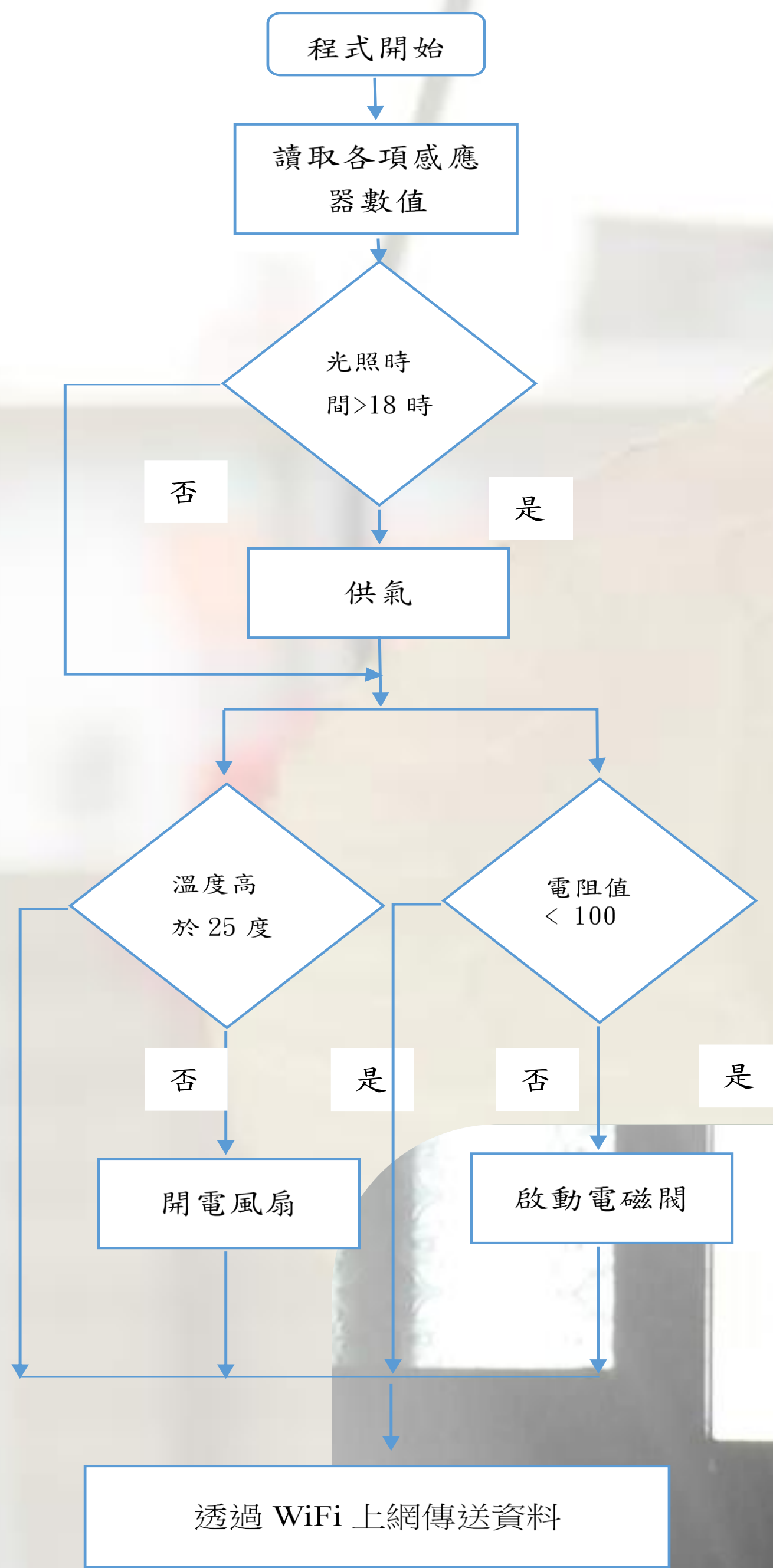
六、硝酸鹽含量檢測

- 1、取10 g小白菜加490 cc水，用果汁機打碎（1分鐘）成均質狀（稀釋50倍）。
- 2、試紙沾菜汁約2秒後取出，甩掉多餘菜汁。
- 3、60秒後與比色表比色，觀察最接近的數值。
- 4、該數值乘以50即為該蔬菜硝酸鹽含量。



肆、系統架構

一、流程圖



二、積木程式



三、Arduino IDE

```
#include <Servo.h>
#include <SoftwareSerial.h>
double angle_rad = PI/180.0;
double angle_deg = 180.0/PI;
double time;
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void tem();
void ec();
int a = 0;
void setup() {
  pinMode(8,OUTPUT);
  pinMode(12,OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(A0+3,INPUT);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}
void loop()
{
  while(!((time) > (37120)))
  {
    if((time) > (27840)){ tem();
```

```
ec();
digitalWrite(8,1);
digitalWrite(12,0);
delay(1000*1);
time += 1;
} else{ tem();
ec();
digitalWrite(8,0);
digitalWrite(12,1);
delay(1000*1);
time += 1;
}
}
void tem() {
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
float e = analogRead(A0+3);
a ++;
if (isnan(t) || isnan(h)) {
  Serial.println("Failed to read from DHT");
}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("ec.");
lcd.print(e);
lcd.print("ds/m");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Temperature");
lcd.print(t);
lcd.print("c");
delay(1000);
if(t>26) //如果溫度大於26度
{
  pinMode(5,OUTPUT);
  analogWrite(5,255);
}
else
{
  pinMode(5,OUTPUT);
  analogWrite(5,0);
}
}
void ec()
{
  if((analogRead(A0+3)) < (100))
  //如果水位電阻值<100
  {
    pinMode(6,OUTPUT);
    analogWrite(6,255);
    delay(30000); // (6cc/秒)
    pinMode(6,OUTPUT);
    analogWrite(6,0);
  }
  else
  {
    pinMode(6,OUTPUT);
    analogWrite(6,0);
  }
}
```

伍、研究結果

一、智慧調控系統程式開發

(一)光照及供氣時間控制

十字花科蔬菜的光合作用飽和點在4萬 Lux左右;

照度=發光強度/(距離)² 因此LED的照度為17500 Lux/m²。

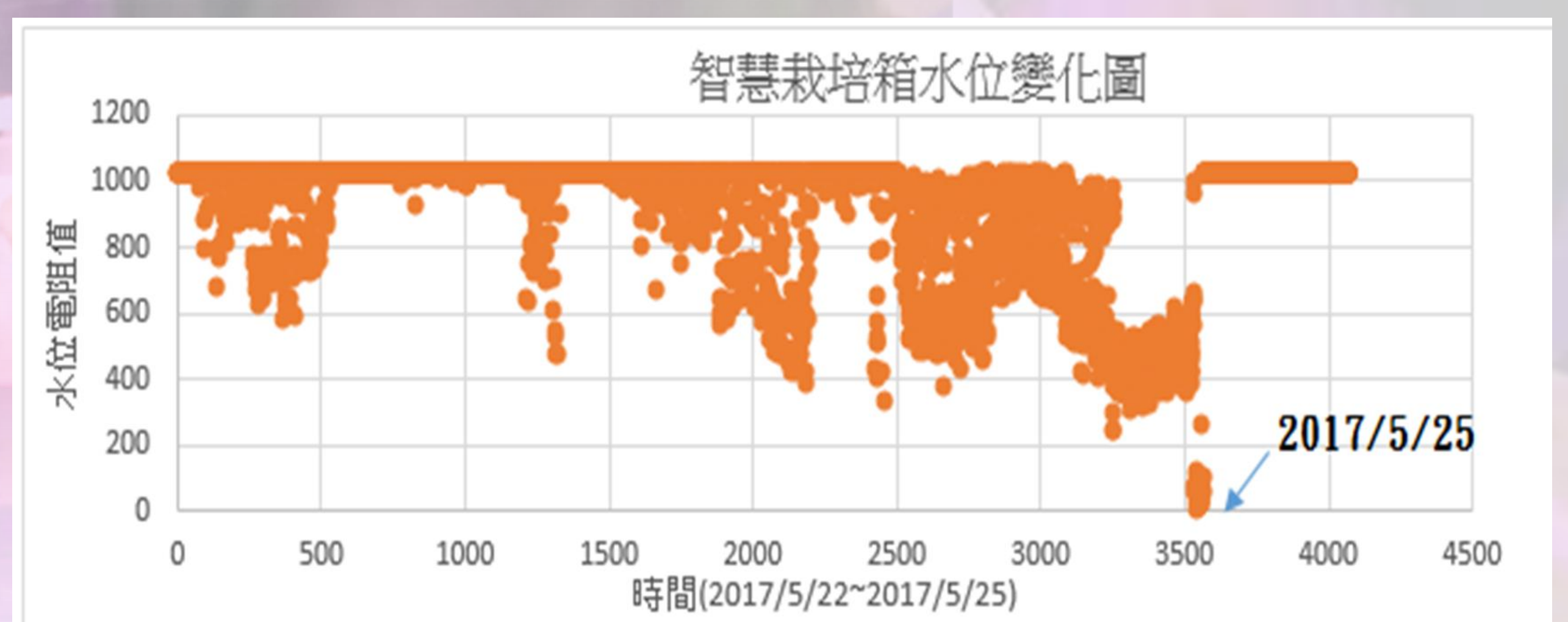
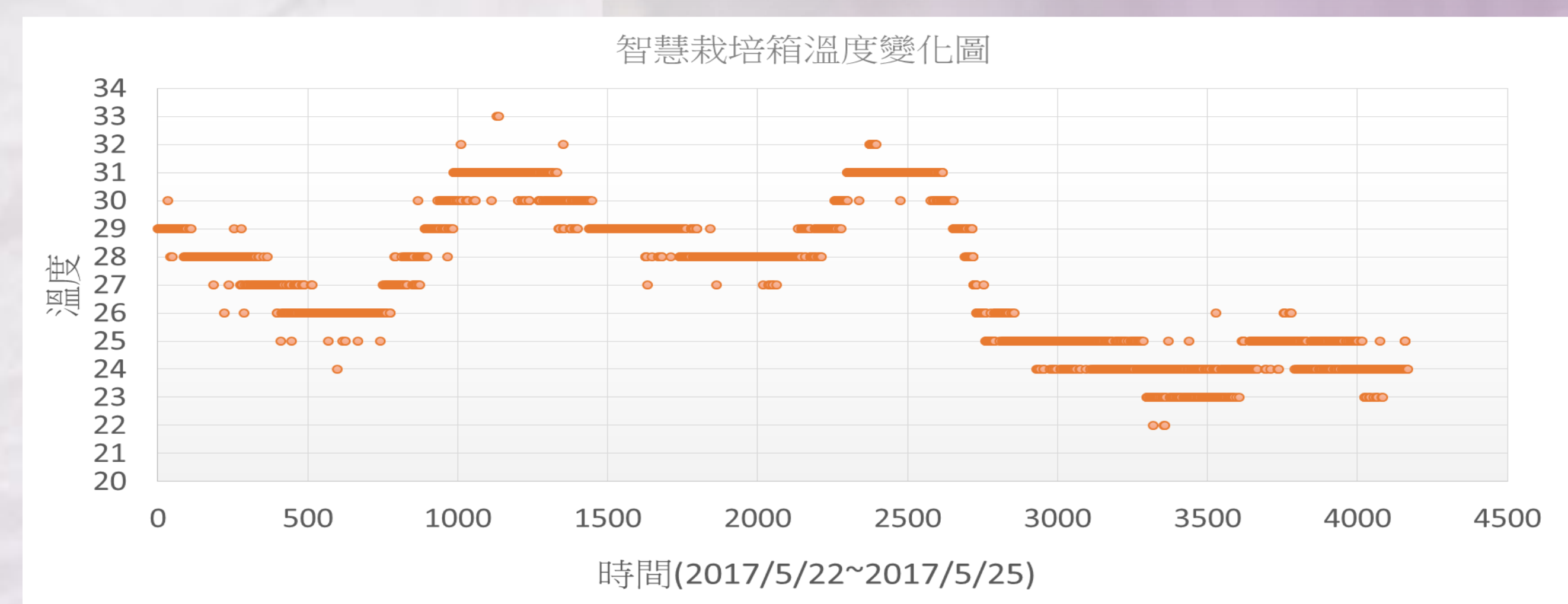
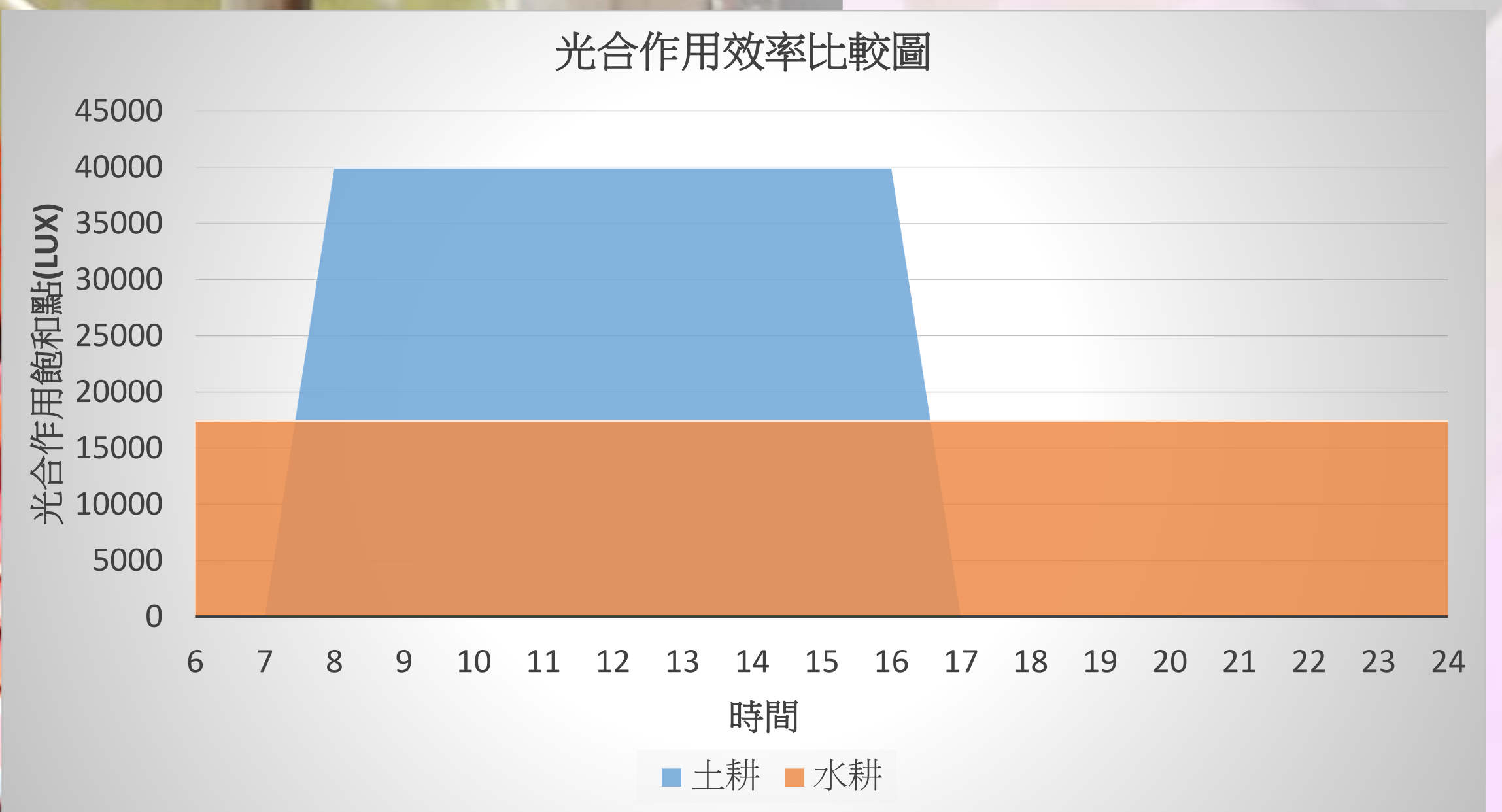
透過繼電器接腳PIN8、PIN12啟動LED光照時間18小時，供氣打氣幫浦6小時來控制和日照相同的變因。

(二)溫度調節風扇控制

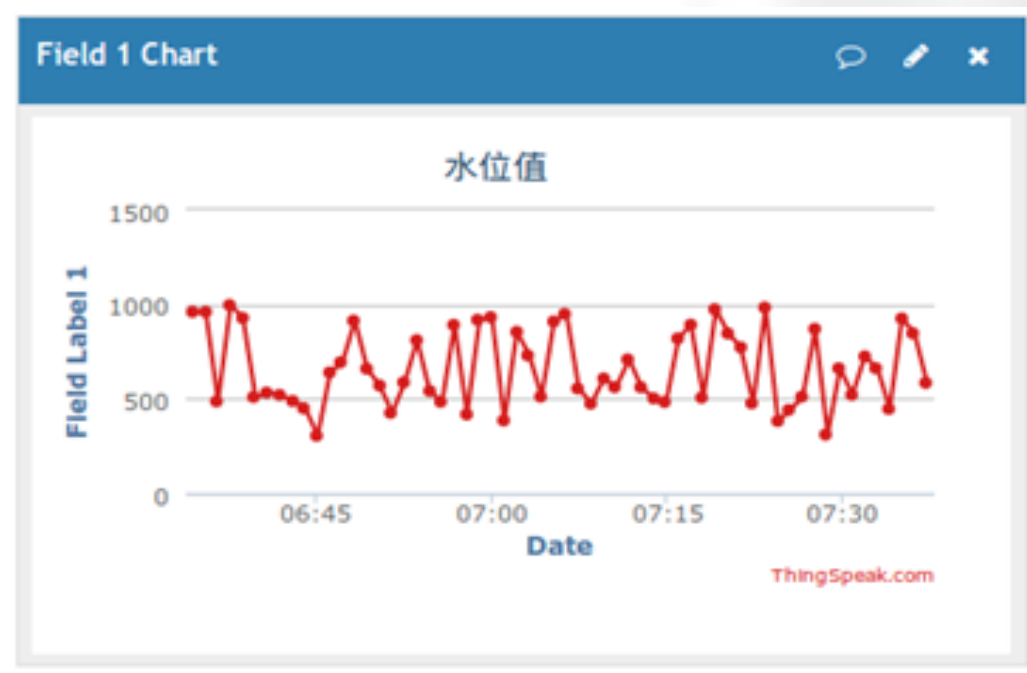
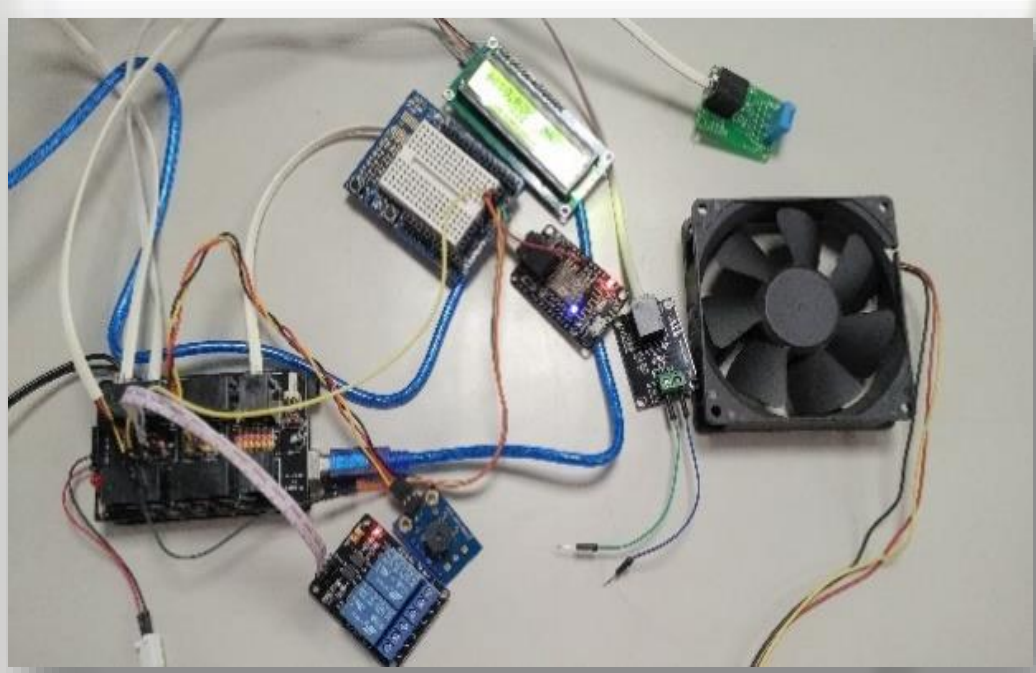
小白菜最適宜生長溫度為20-25°C，設計接在 Sensor Board D4 PIN腳的DHT11模組啟閉馬達驅動晶片的M1接腳的風扇。

(三)水耕液自動補水系統

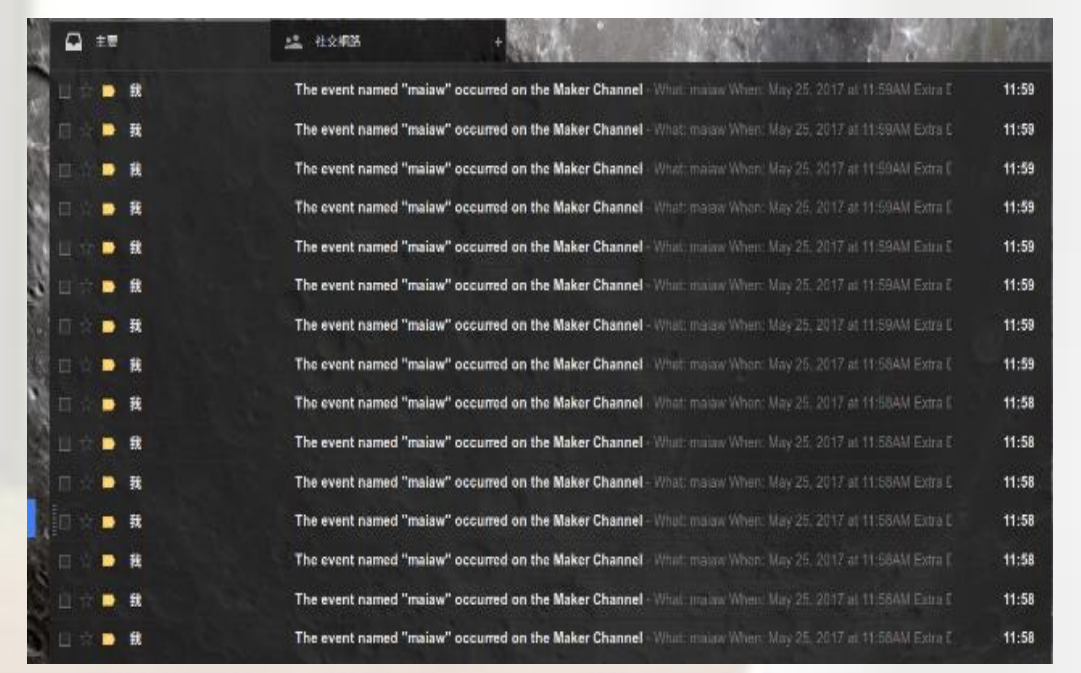
水位感測模組接在A3 PIN腳位讀取電阻數值啟閉馬達驅動晶片M2接腳的電磁閥PIN。



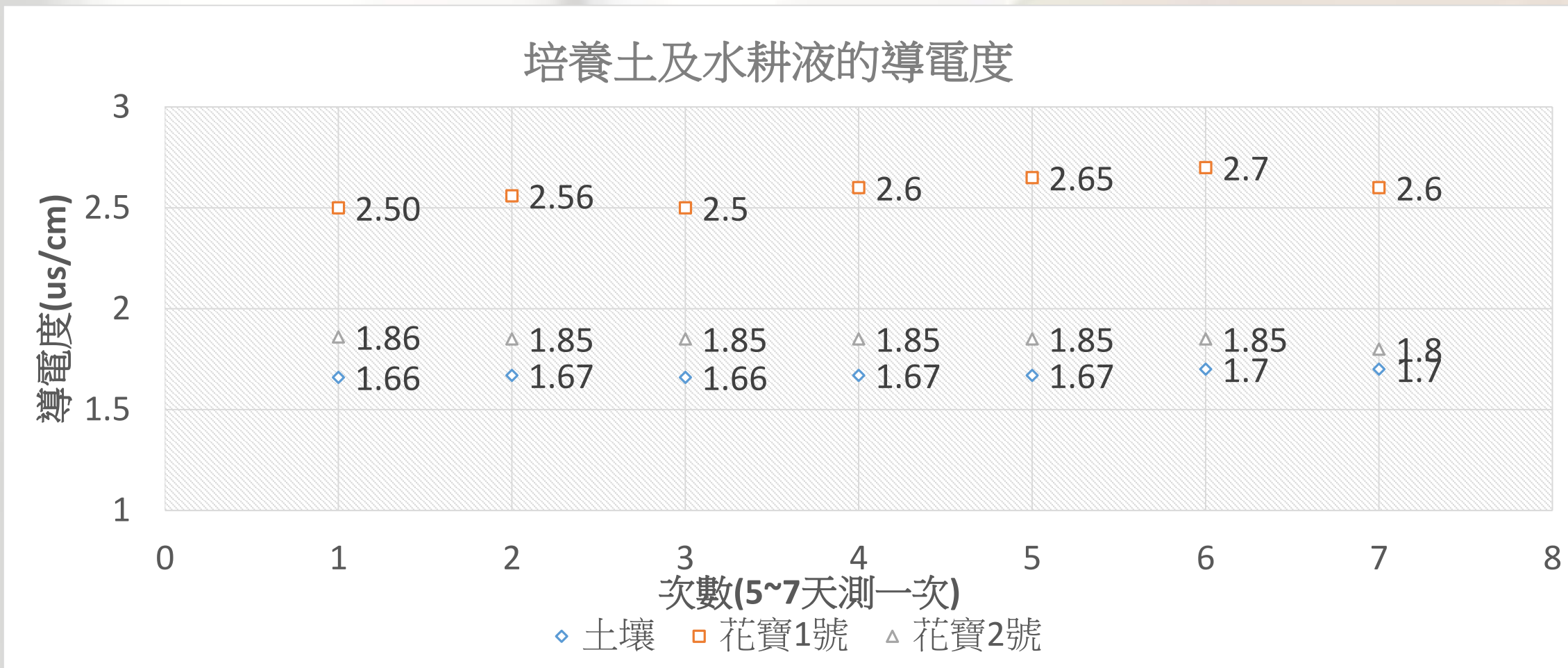
(四) 資料上傳雲端ThingSpeak



(五) 觸發IFTTT發送email警示

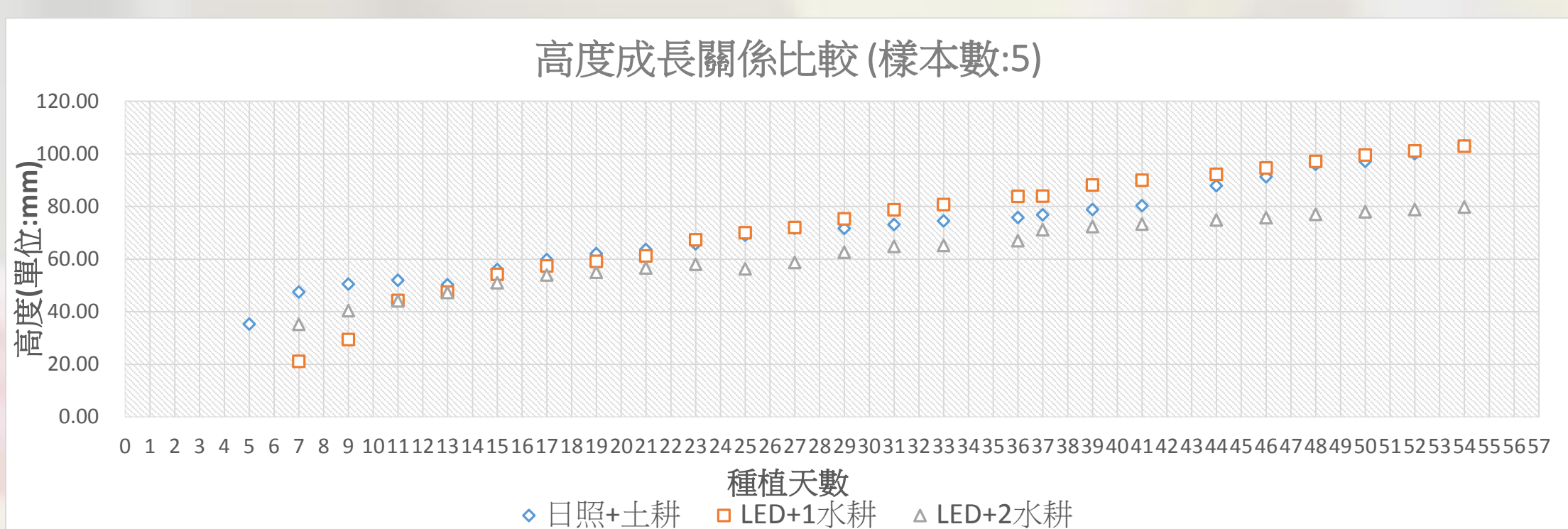


二、土壤及水耕液導電度及pH值之探討



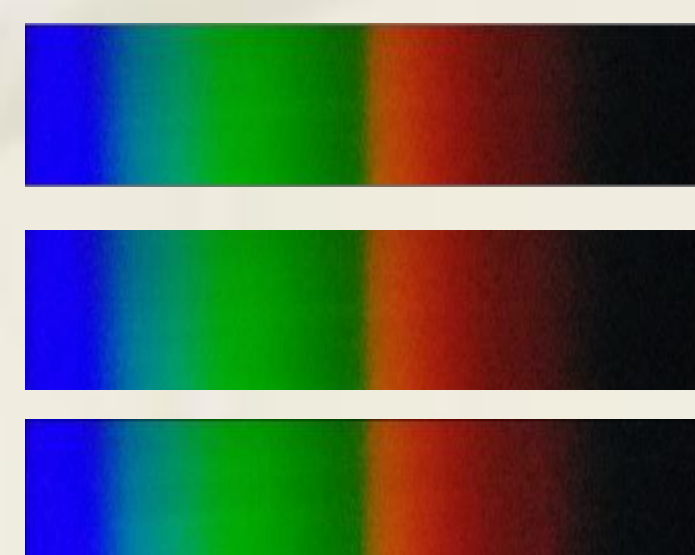
三、小白菜成長關係之探討

(一)、植株高度成長關係比較



四、小白菜葉綠素含量檢測

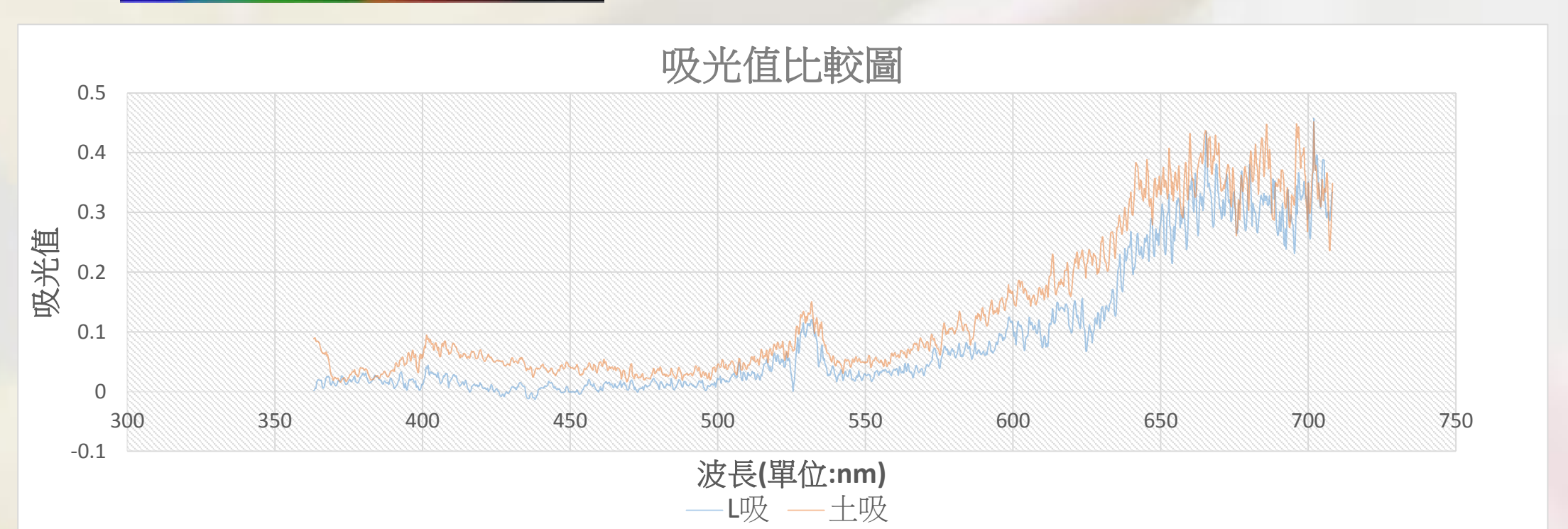
(一)、葉綠素溶液吸光值比較



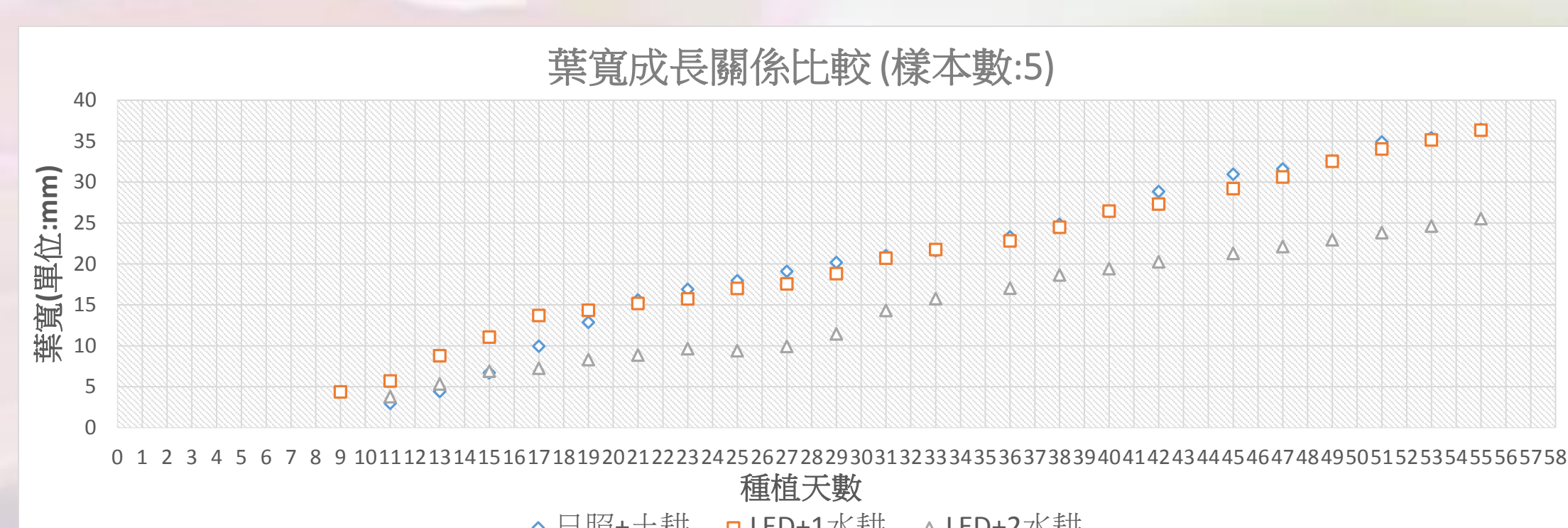
酒精光譜

土耕葉綠素光譜

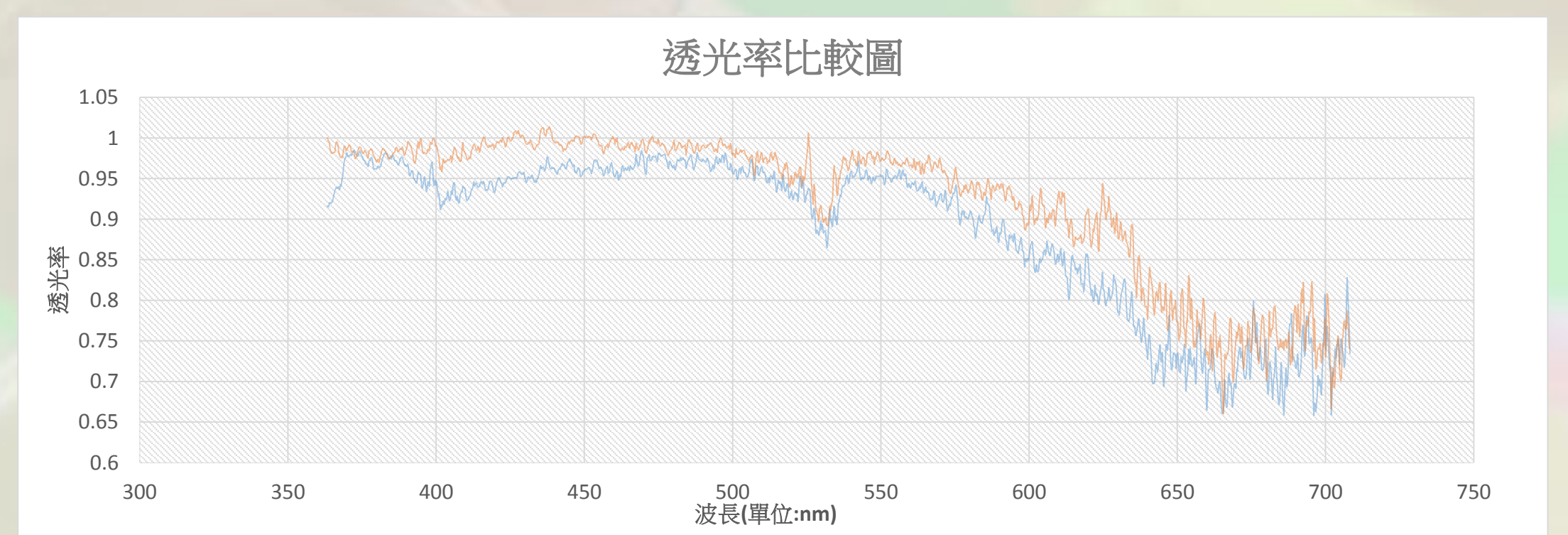
水耕葉綠素光譜



(二)、植株葉寬成長關係比較



(二)、葉綠素溶液透光率比較



(三)、植株葉長成長關係比較

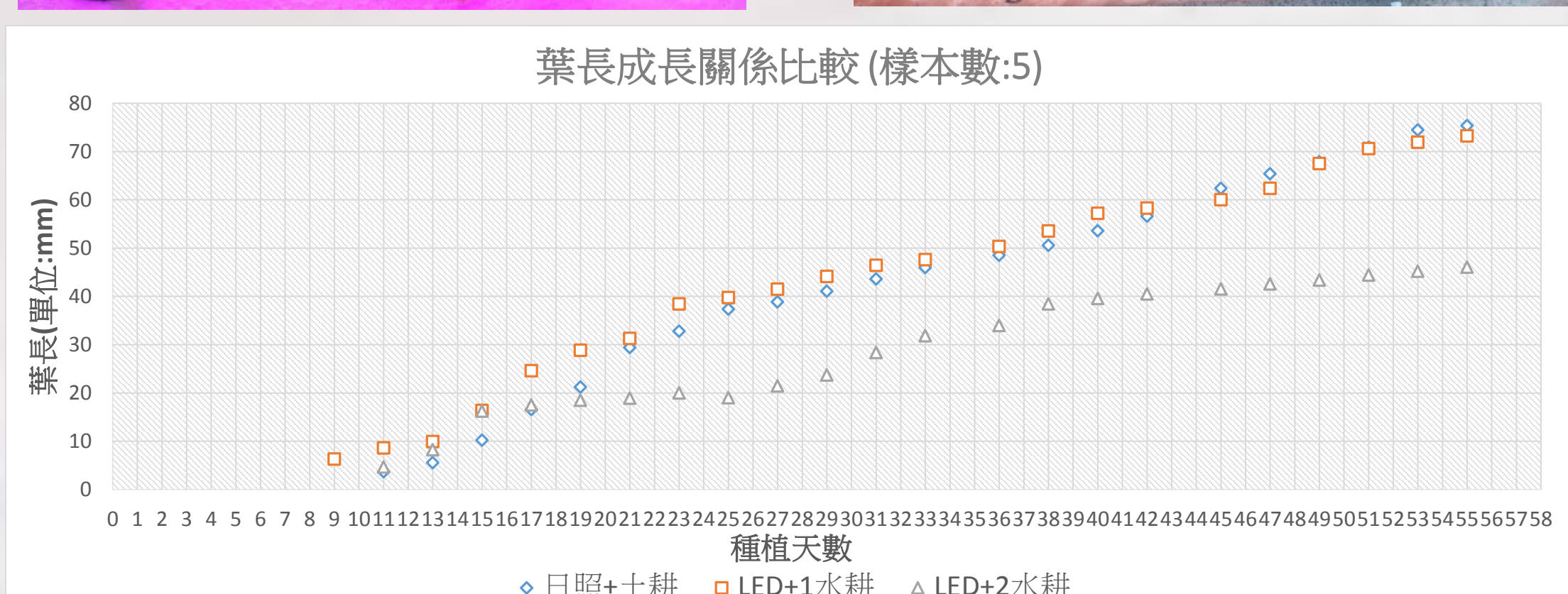


image j分析測得649 nm、665 nm下的吸收值分別為0.2529、0.3746；0.3319、0.4345
 葉綠素a濃度=(13.7A665-5.75A649)→3.68
 葉綠素b濃度=(25.8A649-7.6A665)→3.69
 葉綠素的含量(mg/g)=[葉綠素的濃度×提取液體積×稀釋倍數]/樣品鮮重
 水耕葉綠素的含量:(7.37*0.003*0.025)/0.2=0.0028(mg/g)=0.28%
 土耕葉綠素的含量:(9.30*0.003*0.025)/0.2=0.0034(mg/g)=0.34%

五、小白菜硝酸鹽含量檢測



水耕



土耕

根據顏色的比對較接近100所以可以得知兩者種植的小白菜硝酸鹽的含量 >5000 ppm。

陸、結論

- 智慧監控植物栽培箱，可以不受地形、自然植物生長環境或是土地的限制種植蔬果植物。
- 設計最適合植物生長的環境，促進植物生長隨時監控蔬果成長環境可以安心享用安全乾淨的蔬果。
- 圖形化介面積木堆積式的程式設計語言容易學習又結合具有WiFi無線上網的模組強大功能，只要經過簡單的學習操作，幾乎每個人都可以輕易上手讓物聯網的應用發揮潛力無窮。
- DIY家用的智慧調控植物栽培箱不僅可以外加感應模組做客製化的組合更可以透過所學的圖形化介面的程式語言調控系統以適應不同植物的生長環境，讓人自家水耕環保又健康享受種植的樂趣。

柒、待研究的問題

開發多樣化系統的研究與實驗例如結合魚菜共生或者栽植高經濟價值的冰花及蘭花等