

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082911

澆土作戰～智慧化澆水系統對學校菜園的影響

學校名稱： 新北市新店區新和國民小學

作者： 小六 馬欣蓁 小六 葉耿豪 小六 蔡昊辰 小六 王鈺佐 小六 王鈺佑	指導老師： 王漢卿 杜奇勳
---	-------------------------

關鍵詞： 土壤檢驗、福山萵苣、智慧澆水

作品名稱：澆土作戰～智慧化澆水系統對學校菜園的影響

摘要

本研究從112年12月開始，利用土壤科學及科技的方式來嘗試解決學校種菜的難題，像：作物長得不好及澆水困擾。本研究結果如下：菜園各區的土壤質地均為砂質壤土；土壤酸鹼度均略高於參考值為鹼性；土壤有機質大部分都小於3%；土壤鈣、鎂含量大部分都大於參考值。利用自製的設備得到菜園各區的土壤體積含水量與溼度感測器感測值的關係公式及對照表，可當成智慧化澆水系統設定使用，自動感測改良作法比手動感測作法更方便，所測得的關係式 R^2 值更高達0.9672；自製的智慧澆水系統可以跟農改場推廣的樂農系統有一樣的澆水功能，其澆水參數需配合作物及土壤質地來微調整；在土壤有機質較高的區域種植福山萵苣，搭配足夠的施肥及澆水，可使福山萵苣長得較好。

壹、前言

一、研究動機

在國語科「甜蜜如漿烤番薯」這一課時，聽到老師說有些班級會進行食農教育的課程，加上中年級的自然課曾經學過如何種菜，心中就萌生著有機會也要在學校菜園種東西的想法。六年級上學期的自然課地質單元的課程中有提到土壤的組成，它是植物生長關鍵的要素；班上老師講過在放長假時學校菜園的作物常常會出現澆水不足，雖然學校有數套定時澆水及一套樂農澆水系統，但仍然存在著澆水不均勻的問題；在電腦課我們接受了 Scratch 程式的訓練，想要利用科學、科技的方式及善用社會資源來嘗試解決目前種菜的問題。

二、目的

- (一) 檢驗學校菜園土壤質地
- (二) 檢驗學校菜園土壤肥力
- (三) 實驗檢測學校菜園土壤溼度感測值與體積含水量的關係
- (四) 試驗不同澆水方式對種植福山萵苣的影響
- (五) 試驗不同土壤對種植福山萵苣的影響

三、研究架構流程圖

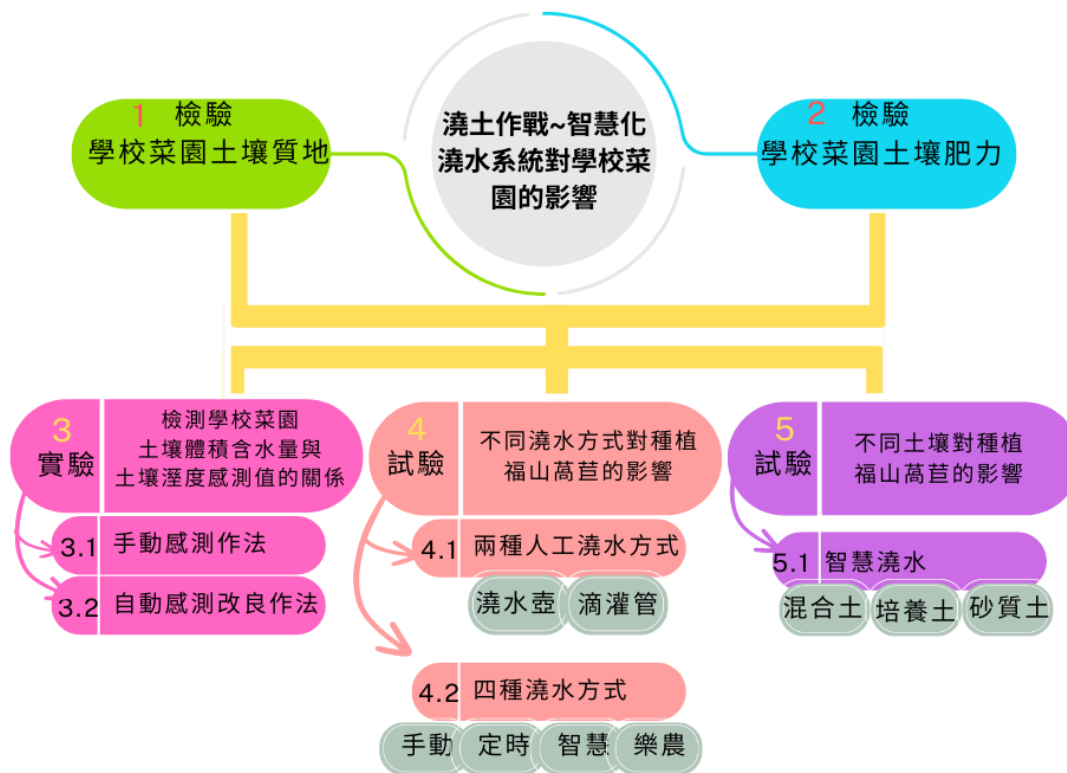


圖1-3-1 研究架構流程圖

註: 由作者設計，指導老師協助製作

四、文獻回顧

(一) 土壤質地

土壤質地指的是土壤中砂粒、粉粒和黏粒的百分比。土壤質地對於土壤特性、作物生產有著極為重要的影響。土壤質地關係到土壤保水性和水分有效性、土壤結構、通氣性能、排水性能、土壤適耕性和保持養分的能力。土壤質地分類與砂粒、粉粒和黏粒的百分比之間的關係可由其三角結構圖分析所得，一般以鮑氏機械分析法 (Bouyoucos hydrometer method) 來進行。

(二) 土壤肥力

1. 土壤酸鹼度--土壤酸鹼度不適合(適量標準：5.5-6.8)，容易使土壤中的植物營養分無法發揮效果，使作物不能適應。
2. 土壤電導度--土壤電導度是以電導率來反應土壤中鹽度的多寡(適量標準：小於2

mS/cm)，並能間接反映土壤肥力的情況。

3. 土壤有機質--土壤有機質的功效甚多，例如：(1)使土壤團粒化，以利通氣、排水。(2)緩慢釋放植體所需之營養成份。(3)增加土壤保水能力。(4)使土壤之酸鹼反應緩和。(5)吸附並交換植物營養元素，提高肥料緩效性。(6)使土壤微生物能抵抗大量病菌的發展。

4. 磷--土壤中有效磷含量可以有效的使作物順利生長。影響土壤有效磷的原因有(1)土壤黏粒含量高、翻土整地、土壤過酸(鹼)等，會使磷被固定進而導致有效性降低。(2)土壤中有機質的含量多可增加土壤中磷的有效性。

5. 鉀、鎂、鈣--鈣、鎂離子在土壤中有著穩定酸鹼度的作用，同時也是作物生長的營養元素。鉀離子為光合作用、硝酸鹽轉化成蛋白質等階段所需營養元素。

(三) 福山萵苣

福山萵苣生育適溫為12-20℃，24℃時生長旺盛，台灣秋、冬及春季是其栽培適期。

福山萵苣對土壤適應性廣，但由於其根群較小，只分佈在表土層，需以排水良好、肥沃的有機砂質壤土為佳，生育期間注意保持土壤濕潤。pH 值5.5-6.5為宜。

(四) 在全國中小學科展中，有關土壤的研究如下：

第59屆 土壤也有健康檢查？校園食農教育土壤性質之研究

第56屆 何時澆水「土」知道

第41屆 土壤也會生病

第23屆 土壤的特性與植物生長

(五) 在全國中小學科展中，有關智慧澆水研究如下：

第61屆 智能菜圃~利用多元控制及 AI 辨識技術協助蔬菜種植之研究

第58屆 遠端自動化-農田監控警示系統

第57屆 智立耕生~智慧監控栽培箱之研究

貳、研究設備及器材

學校菜園土壤（採樣分區圖見圖2-1）、泥炭土（凱吉拉愛沙尼亞泥炭栽培介質）、培養土（沃鬆5號）、鏟子、水桶、塑膠袋、夾鍊袋、油性筆、自製2mm 網目篩網、10Kg 電子秤（感克10g）、

3Kg 電子秤 (感克0.1g)、5Kg 電子秤套件、炒鍋、卡式瓦斯爐具、大勺子、鐵盆子、小花盆、塑膠盆、大塑膠籃、除溼機、數位相機、電腦、文書軟體、MicroBlock IDE、BlocklyDuino F2、Thonny、自製溼度感測器 (器材圖3-3-3、程式見見圖2-2)、自製智慧澆水控制器 (配置圖見圖2-3、第一代程式見圖2-4、第二代程式見附件二)、自製雲端土壤重量及溼度感測裝置 (配置圖見圖2-5、程式見圖2-6)、福山萵苣菜苗、蟲無忌栽種植物箱底座 (大栽種盆)、澆水壺、定時澆水系統、流量計、照度計、粒狀有機肥、文具、紀錄本。

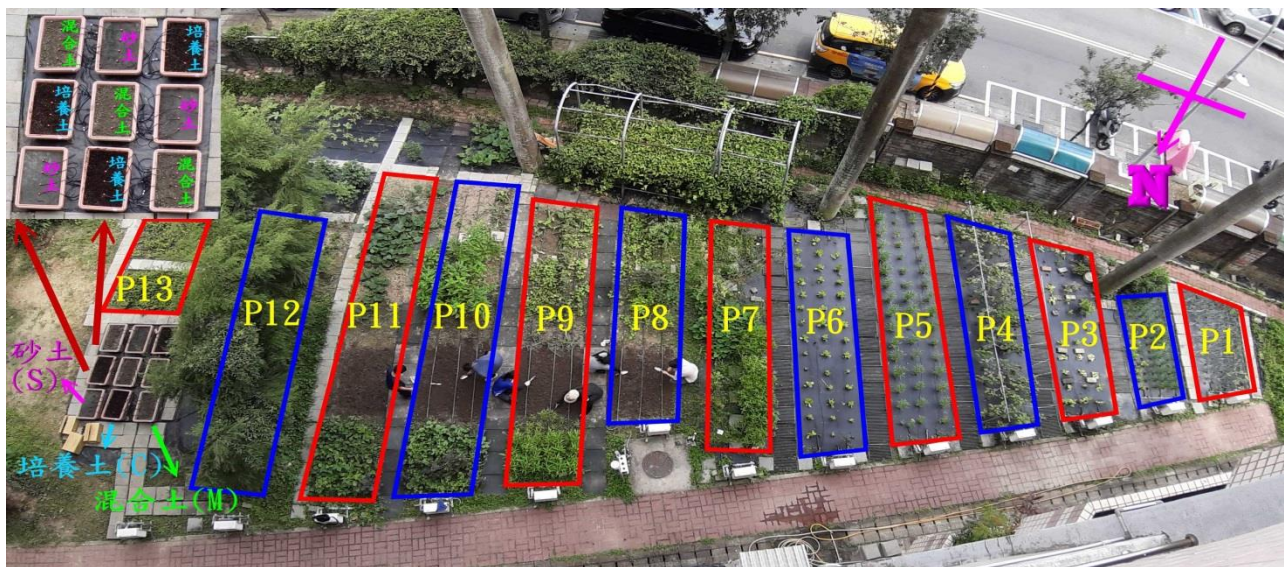


圖2-1 學校菜園土壤採樣分區圖

註:由指導老師拍攝和後製

```

OLED面板設置解析度(寬X高) 128x64
OLED 螢幕顯示旋轉設定 1
本專案引用的24x24字型檔名稱: soil_moisture
賦值 moisture 成 0
賦值 moisture_repeats 成 100
賦值 mositure_avg 成 0
迴圈
  清除OLED螢幕像素
  循環計數 i 從 1 到 moisture_repeats 每次增加 1
  執行 賦值 moisture 成 moisture + 讀取類比值於腳位 36
  賦值 mositure_avg 成 moisture ÷ moisture_repeats
  OLED顯示中文文字 "土壤溼度" 在(x: 0 ,y: 0)處 字型大小: 24 反白: ✓
  OLED 顯示大型數字 字串組合 四捨五入 mositure_avg 在(x: 0 ,y: 24)處
  顯示OLED螢幕設置
  等待 1 秒
  賦值 mositure_avg 成 0
  賦值 moisture 成 0
  
```

圖2-2 自製溼度感測器所用積木程式

註:由作者擷取自 MicroBlock IDE 和後製

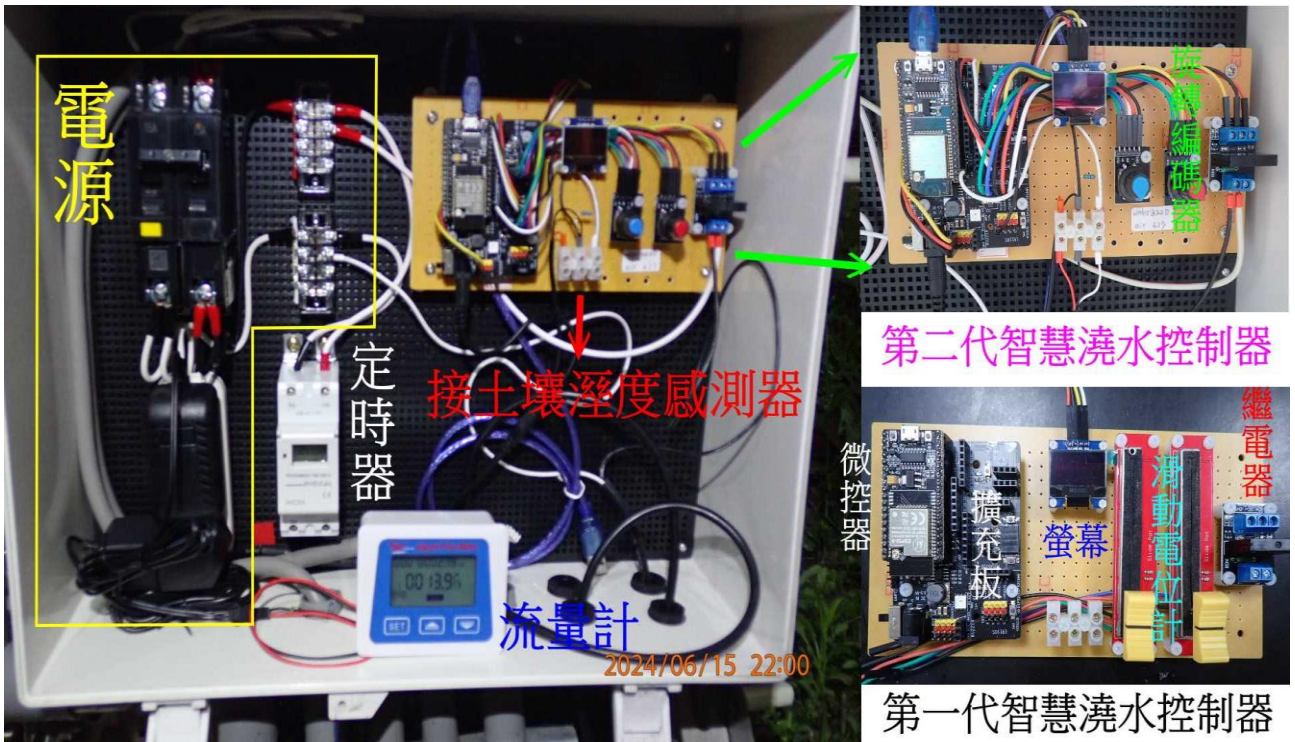


圖2-3 澆水控制內設備配置

註:由指導老師拍攝和後製

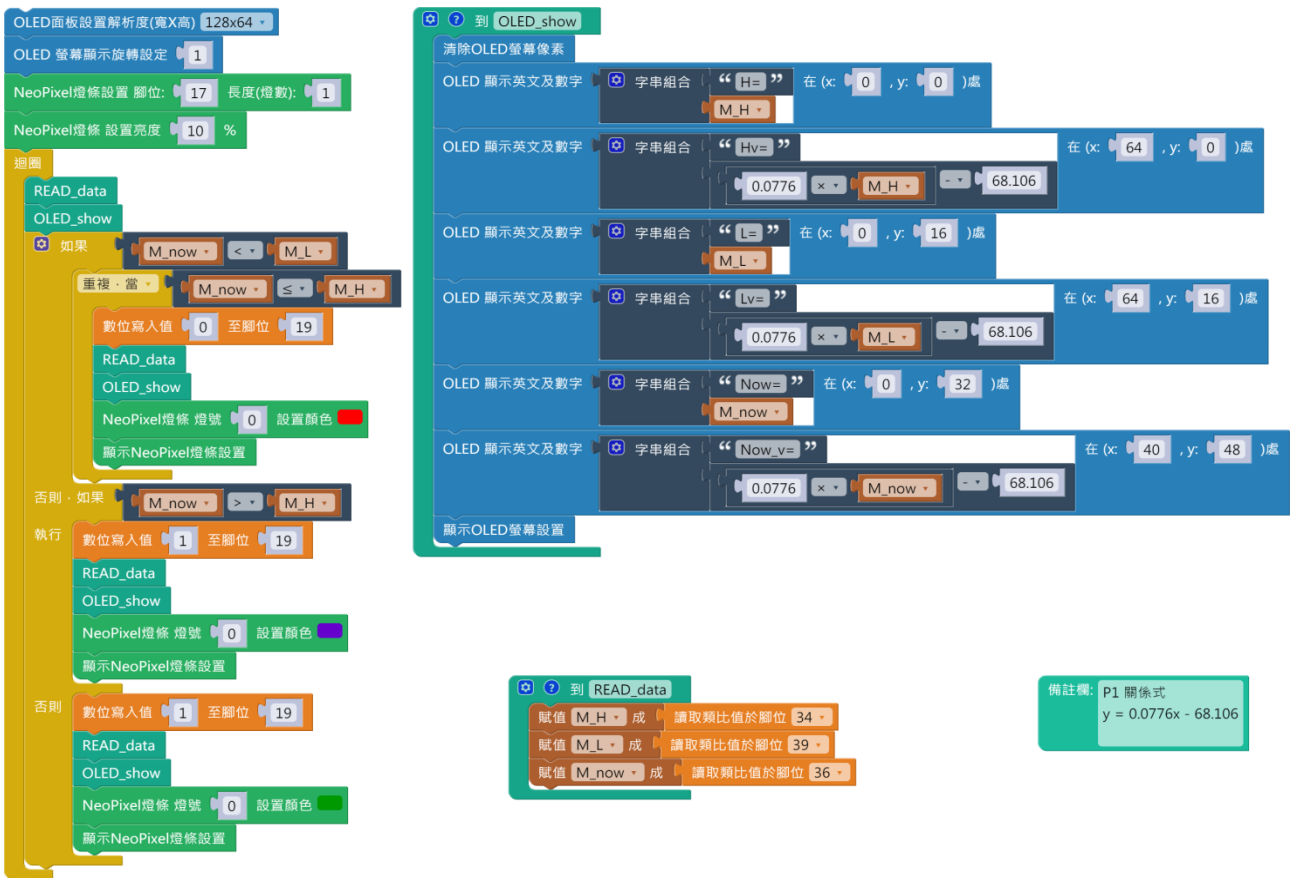


圖2-4 第一版自製智慧澆水控制器所用積木程式

註:由作者擷取自 MicroBlock IDE 和後製



圖2-5 自製雲端土壤重量及溼度感測裝置

註:由指導老師拍攝和後製

```

開發板 ESP32 初始化
連線到 Wi-Fi AP
  Wi-Fi ID "xxx"
  Wi-Fi 密碼 "xxxxxxxx"
Google試算表 設定 試算表ID "1y2PHwzcKHhloJq-SmddMdp"
Google試算表 設定 工作表名稱 "soil_moisture_weight"
OLED顯示 初始化(I2C) SSD1306
OLED顯示 設定螢幕翻轉模式 1
HX711重量感測 初始化 DATA 腳位 25 SCK 腳位 26
HX711重量感測 設定比例參數 422.165
HX711重量感測 皮重
宣告 全域 整數 (int) soil_weight 值 0
宣告 全域 長整數 (long) mositure 值 0
宣告 全域 整數 (int) moisture_repeats 值 100
宣告 全域 浮點數 (float) mositure_avg 值 0
  
```

```

重複執行
  如果 Wi-Fi 遺失連線?
    執行 Wi-Fi 重新連線
  OLED顯示 清除畫面
  循環計數 從 1 到 moisture_repeats 間隔數 1
  執行 設定 mositure 值 mositure + 類比讀取 Pin 36
  設定 mositure_avg 值 mositure / moisture_repeats
  設定 soil_weight 值 HX711重量感測 讀取平均重量(g) 10 次
  Google試算表
  包含時間戳記 Yes
  傳送資料到 Google
  Google試算表 串接儲存資料 moisture_avg soil_weight
  OLED顯示 顯示內容:
  OLED顯示 繪製字串 起點: X 0 Y 0 內容字串: "M=" mositure_avg
  OLED顯示 繪製字串 起點: X 0 Y 16 內容字串: "W=" soil_weight
  OLED顯示 繪製字串 起點: X 0 Y 48 內容字串: "IP=" 取得 Wi-Fi IP 位址
  延遲毫秒 1800 x 1000
  
```

圖2-6 自製雲端土壤重量、溼度感測裝置

所用積木程式

註:由作者擷取自 BlocklyDuino F2和後製

參、研究過程或方法

一、檢驗學校菜園土壤質地

- (一) 將學校各區菜園土壤以農改場土壤樣品採樣須知的方式，各取10個點以上的土壤均勻混合，經過2mm 網目篩網的篩選，取800公克的土樣寄送至農業改良場的土壤肥力分析服務中心檢驗。
- (二) 本研究的土壤質地的檢驗方法採鮑氏土壤機械分析法。



二、檢驗學校菜園土壤肥力

- (一) 同研究一的土壤樣本也請農業改良場的土壤肥力分析服務中心檢驗土壤肥力。
- (二) 土壤肥力檢驗項目有：酸鹼度、電導度、有機質、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂、銅、鋅、鎘、鎳、鉻、鉛等。

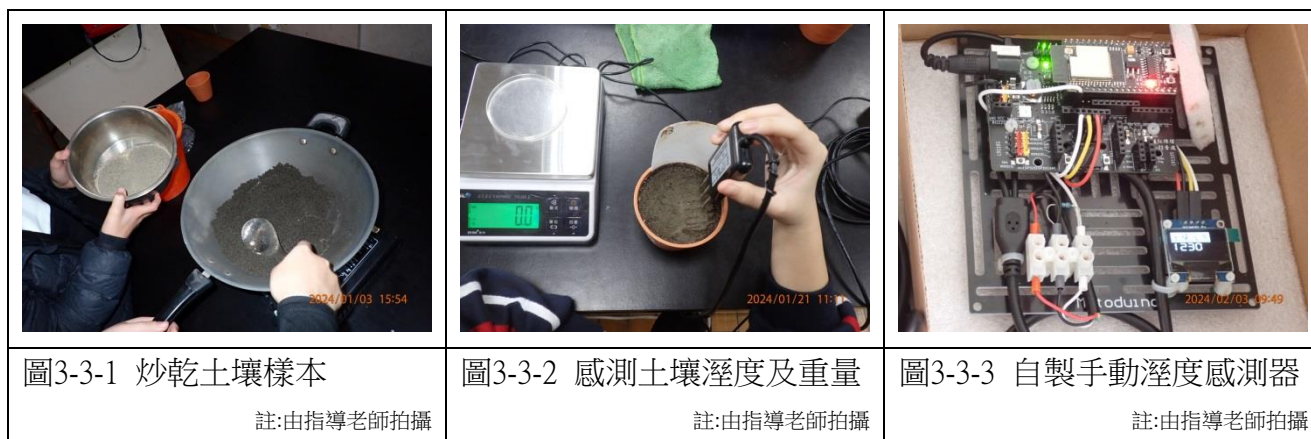


三、實驗檢測學校菜園土壤溼度感測值與體積含水量的關係：

(一) 手動感測作法

1. 將土壤樣本經過2mm 網目篩網的篩選，取適量的土壤放入炒鍋內，用卡式瓦斯爐火加熱，把土壤炒乾備用。

- 量取400ml 的土壤並稱量「乾重」後放入盆子，再將它放入水盆充份澆泡水，之後再瀝乾水後稱量「溼重」。每次稱量重量需重複3次，並以平均值代表其重量。
- 以自製土壤溼度感測器量取完全飽合含水的土壤溼度值。每次測量土壤溼度值需重複3次，並以平均值代表其數值。感測器由土表垂直插入約5.5公分。
- 經過數日數次重複測量紀錄重量及土壤溼度值後，將數據輸入 Excel 試算表，並換算成土壤體積含水量百分比，再利用 Excel 試算表求得土壤體積含水量及土壤溼度值的趨勢線，得到土壤體積含水量、土壤溼度值兩者間的趨勢線關係公式作為本研究使用。



(二) 自動感測改良作法

- 將土壤樣本經過2mm 網目篩網的篩選備用。
- 把所用到的盆子、土壤溼度感測器利用電子秤稱量重量並紀錄。也把盆子裝水，將之倒入量筒測量盆子容積並紀錄。
- 用塑膠片將盆子加高並裝滿土壤樣本，過程中輕輕提高放下數次使土壤均勻分布，再將它放入水盆充份澆泡水，經歷乾水、拆除塑膠片再將多餘的土壤刮除後稱量完全飽合含水的土壤溼重。
- 將土壤溼度感測器垂直插入距土表約5.5公分，讓自製雲端土壤重量、溼度感測裝置自動量取完全飽合含水的土壤重量及溼度值，以每30分鐘1次，將數值利用無線網路傳送至 Google 硬碟的試算表中。
- 經數日感測後，取出土壤樣本用卡式瓦斯爐及鍋具將它炒乾，再用電子秤稱

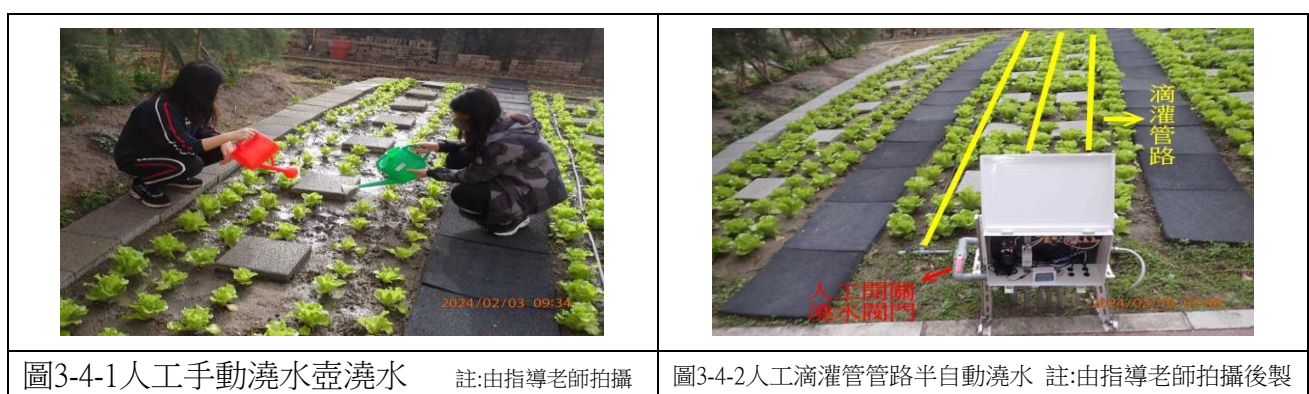
量土壤樣本乾重，作為之後各感測時間點土壤體積含水量換算用。土壤體積含水量及土壤溼度值的趨勢線獲取方法同手動感測作法。



四、試驗不同澆水方式對種植福山萵苣的影響：

(一) 兩種人工澆水方式（人工手動澆水壺及人工開關滴灌管路）

1. 選擇位置相鄰的兩個種植區域（P11及 P10）種植同種、同批且近似大小的福山萵苣菜苗。P11區以人工手動澆水壺澆水，而 P10用人工開關滴灌管路半自動澆水方式來進行對照實驗。澆水量以目測土壤溼度的方式來決定。
2. 其餘的種植照顧方式均相同，如：相同的施肥、 除草……等。
3. 等福山萵苣長成，兩區各取相近位置測量30株以上的株高、株寬，用株高、株寬的平均值及標準差以呈現實驗結果，代表生長情形，以比較不同澆水方式對種植福山萵苣的影響。

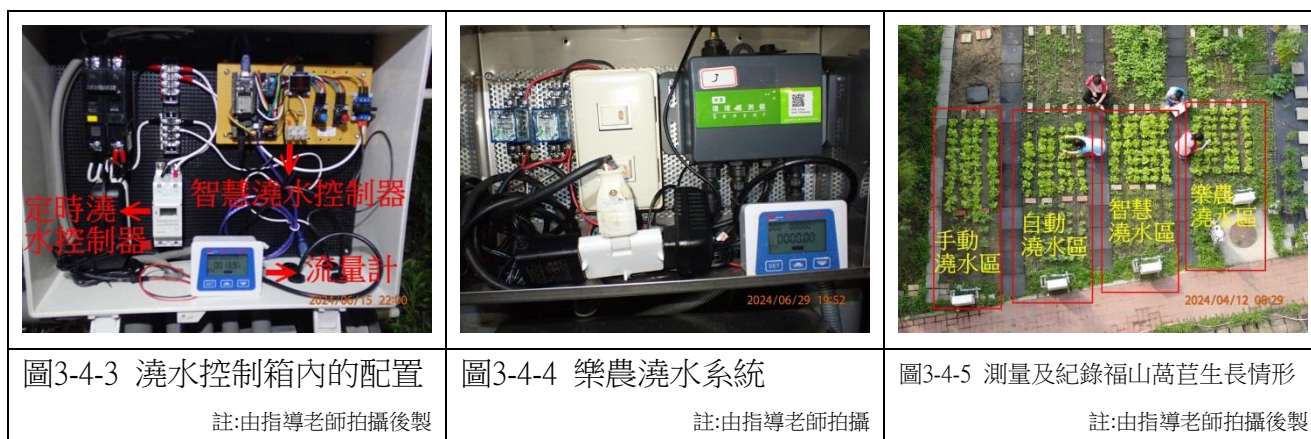


(二) 四種澆水方式（手動澆水 P11、定時澆水 P10、智慧澆水 P9、樂農澆水 P8）

1. 選擇位置相鄰的四個種植區域（P11、P10、P9及 P8）種植同種、同批且近似大小30株以上的福山萵苣菜苗。
2. 四區分別以人工手動澆水壺澆水、定時器用滴灌管的管路澆水（以下簡稱為

定時澆水)、自製智慧澆水控制器用滴灌管的管路澆水(以下簡稱為智慧澆水)、及農業改良場推廣的樂農系統用滴灌管的管路澆水(以下簡稱為樂農澆水)等四種方式來進行對比實驗。澆水量以配合天氣狀況、目測土壤溼度、種植經驗及溼度模式的方式來決定;手動澆水量配合天氣狀況如下雨及目測土壤表面溼度來決定是否澆水和澆水的水量,一般設定在5公升;定時澆水配合種植經驗設定早晨澆水25分鐘,傍晚澆水15分鐘;智慧澆水量以研究目的三實驗所得的土壤體積含水量百分比25%~35%(中溼模式)為設定;樂農澆水則按照樂農系統內的中溼模式設定來澆水。

- 其餘的種植照顧方式均相同,如:相同的施肥、除草……等。
- 等福山萵苣長成,四區普測其株高、株寬,用株高、株寬的平均值及標準差來呈現實驗結果,代表生長情形,也紀錄澆水量及天氣狀況,以比較不同澆水方式對種植福山萵苣的影響。



五、試驗不同土壤以種植福山萵苣的影響：

- 利用砂土(河砂,代號為S)、培養土(沃鬆5號,代號為C)及混合土(菜園原土:砂土:泥炭土 = 5:1:1,代號為M)用大栽種盆種植的福山萵苣菜苗,每盆種10株,各不同土壤各種3大盆,植株間距15公分,實驗樣本各計30株。
- 在種植前,先對每株福山苗苣加以測量株高(前測),並規劃種植位置。
- 本實驗澆水方式均採智慧澆水,控制相同的澆水量以高中溼模式配合夏季進行,過程中用流量計紀錄澆水量及人工登錄天氣狀況,其餘的種植照顧方式均相同,如:相同的施肥、除草……等。

(四) 等福山萵苣長成，測量三區各位置的福山萵苣株高（後測），用株高平均值及標準差來呈現實驗結果，代表生長情形，以比較不同土壤對種植福山萵苣的影響。



肆、研究結果

一、檢驗學校菜園土壤質地

本研究採樣15個土壤樣本送至農業改良場的土壤肥力分析服務中心檢驗，所得的結果見圖4-1-1，經由對照土壤質地分類三角圖（圖4-1-2），皆為砂質壤土，數據如下：

P1區砂粒含量64%，粉粒含量22%，黏粒含量14%

P2區砂粒含量62%，粉粒含量22%，黏粒含量16%

P3區砂粒含量60%，粉粒含量24%，黏粒含量16%

P4區砂粒含量62%，粉粒含量22%，黏粒含量16%

P5區砂粒含量60%，粉粒含量24%，黏粒含量16%

P6區砂粒含量62%，粉粒含量22%，黏粒含量16%

P7區砂粒含量60%，粉粒含量24%，黏粒含量16%

P8區砂粒含量64%，粉粒含量20%，黏粒含量16%

P9區砂粒含量60%，粉粒含量24%，黏粒含量16%

P10區砂粒含量62%，粉粒含量22%，黏粒含量16%

P11區砂粒含量64%，粉粒含量20%，黏粒含量16%

P12區砂粒含量64%，粉粒含量22%，黏粒含量14%

P13區砂粒含量54%，粉粒含量28%，黏粒含量18%

M_混合土區砂粒含量65%，粉粒含量20%，黏粒含量15%

S_砂土區砂粒含量90%，粉粒含量5%，黏粒含量5%

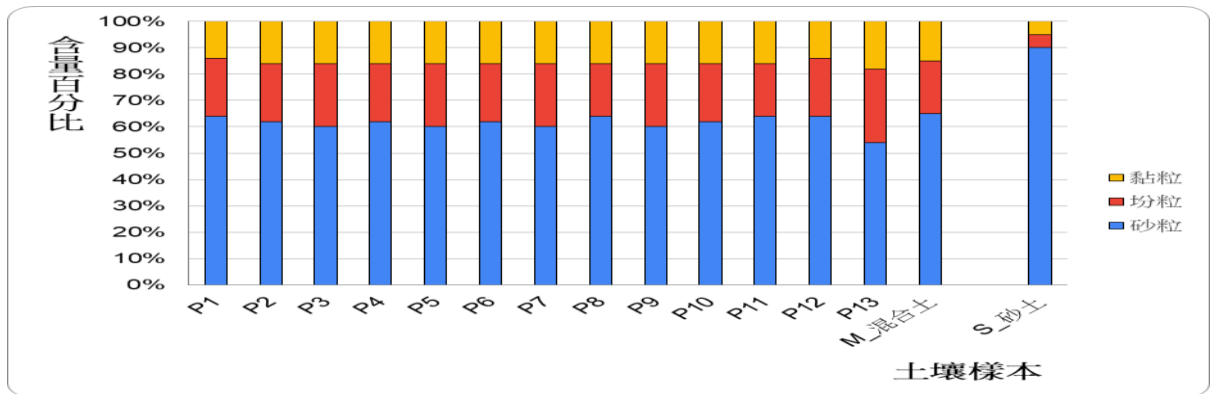


圖 4-1-1 土壤樣本砂粒、粉粒及黏粒含量百分比統計圖

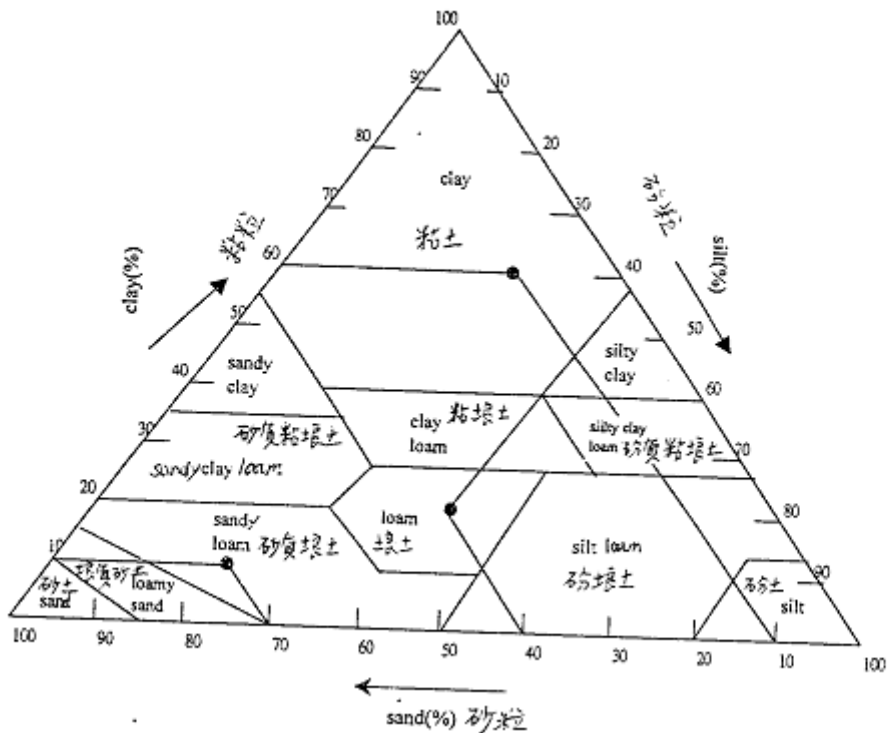


圖 4-1-2 土壤質地分類三角圖

註：本圖引自國立中興大學農業暨自然資源學院 土壤調查試驗中心

網址：https://sstc.nchu.edu.tw/zh_TW/spread-content/node/1566201774001

二、檢驗學校菜園土壤肥力

本研究採樣16個樣本（15個土壤、1個培養土介質）送至農業改良場的土壤肥力分析服務中心檢驗，P8~P11區樣本前後共送了2次，所得的結果見表4-2-1及表4-2-2。農業改良場所給的建議如下：

(一) P1區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；磷含量偏高，酌量減少；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(二) P2 區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；磷含量偏高，酌量減少；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(三) P3 區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；補充粗質有機肥，每分地200~1000公斤；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(四) P4 區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；補充粗質有機肥，每分地200~1000公斤；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(五) P5 區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；補充粗質有機肥，每分地200~1000公斤；鎂含量偏高，減少投入。

(六) P6 區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；施用粗質有機肥，每分地1000~2000公斤；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(七) P7 區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；補充粗質有機肥，每分地200~1000公斤；鎂含量偏高，減少投入。

(八) P8 區樣本（土壤）

第1次：鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。第2次：不宜施用石灰資材；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(九) P9 區樣本（土壤）

第1次：鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；補充粗質有機肥，每分地200~1000公斤；鎂含量偏高，減少投入。第2次：不宜施用石灰資材；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(十) P10 區樣本（土壤）

第1次：鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；施用粗質有機肥，每分地1000~2000公斤；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。第2次：不宜施用石灰資材；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(十一) P11 區樣本（土壤）

第1次：鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；施用粗質有機肥，每分地1000~2000公斤；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。第2次：不宜施用石灰資材；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(十二) P12 區樣本（土壤）

弱鹼性，不宜施用石灰資材及鹼性肥料；電導度偏高，減少施肥量，避免鹽害；施用粗質有機肥，每分地1000~2000公斤；鉀含量偏高，酌量減少；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(十三) P13 區樣本（土壤）

強鹼性，施用酸性泥炭土改善；施用粗質有機肥，每分地1000~2000公斤；增加磷肥用。

(十四) M_混合土區樣本（土壤）

弱鹼性，不宜施用石灰資材及鹼性肥料；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

(十五) C_培養土區樣本（介質）

無。

(十六) S_砂土區樣本（土壤）

鹼性，停用石灰資材及鹼性肥料；施用粗質有機肥，每分地1000~2000公斤；增加鉀肥施用；鈣含量偏高，減少投入；鎂含量偏高，減少投入。

表4-2-1 學校菜園 P1區~ P9區土壤肥力檢測結果

檢測項目	P1區	P2區	P3區	P4區	P5區	P6區	P7區	P8區	P9區
酸鹼度 參考值 5.5-6.8	7.6	7.7	7.8	7.8	7.6	7.8	7.8	7.6 (7.1)	7.6 (7.1)
電導度 (1:5)(dS/m) 參考值 <0.6	0.13	0.11	0.08	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09 (0.13)	0.09 (0.13)
有機質(%) 參考值 >3.0	4.7	3.3	2.4	2.4	2.2	1.9	2.9	3.4 (4.6)	2.1 (3.7)
磷酐 (公斤/公頃) 參考值 60 - 290	379	297	165	95	155	165	115	148 (137)	198 121
氧化鉀 (公斤/公頃) 參考值 90 - 300	208	292	251	215	164	245	190	248 (190)	263 182
氧化鈣 (公斤/公頃) 參考值 2000 - 4000	7879	8621	5353	4734	3584	5806	3976	5179 (7089)	3761 (5539)
氧化鎂 (公斤/公頃) 參考值 200 - 400	1089	1104	741	657	595	801	632	862 (537)	690 (411)
銅 (ppm)	3.1	3.0	5.3	5.8	5.2	5.2	4.1	4.5 (4.0)	4.6 (4.2)
鋅 (ppm)	26.5	37.7	16.5	16.1	17.0	16.4	16.8	18.2 (12.5)	14.7 (13.0)
鎘 (ppm)	0.08	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.08 (0.06)	0.07 (0.06)
鎳 (ppm)	1.5	1.3	1.6	1.7	1.7	1.7	1.3	1.6 (1.4)	1.5 (1.4)
鉻 (ppm)	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3 (0.2)	0.2 (0.3)
鉛 (ppm)	3.0	2.7	4.0	4.0	3.9	4.1	2.4	3.3 (3.1)	3.3 (3.3)

註：紅字代表檢測結果為超標或不足。括號內為第二次檢驗結果。

表4-2-2 學校菜園 P10區~ S 砂土區土壤肥力檢測結果

檢測項目	P10區	P11區	P12區	P13區	M 混合 土區	C 培養 土區 (介質)	S 砂土 區
酸鹼度 參考值 5.5-6.8	7.6 (7.0)	7.8 (7.1)	7.5	8.1	7.2	6.0	7.9
電導度 (1:5)(dS/m) 參考值 <0.6	0.10 (0.14)	0.09 (0.13)	0.95	0.14	0.11	0.13	0.12
有機質(%) 參考值 >3.0	2.0 (5.2)	1.6 (4.4)	1.7	1.7	3.5	90	0.7
磷酐 (公斤/公頃) 參考值 60 - 290	169 (86)	155 (100)	98	53	104	磷(%) 0.2	61
氧化鉀 (公斤/公頃) 參考值 90 - 300	258 (202)	186 (192)	441	118	160	鉀(%) 0.1	73
氧化鈣 (公斤/公頃) 參考值 2000 - 4000	4021 (6838)	4796 (5716)	4277	3209	6178	鈣(%) 2.1	4092
氧化鎂 (公斤/公頃) 參考值 200 - 400	738 (618)	781 (502)	975	514	512	鎂(%) 0.9	464
銅 (ppm)	4.6 (3.9)	5.7 (4.3)	6.4	5.4	4.0	6.0	4.0
鋅 (ppm)	14.3 (12.4)	10.4 (11.7)	10.5	11.3	11.0	9.0	6.0
鎘 (ppm)	0.07 (0.06)	0.07 (0.06)	0.10	0.07	0.07	0.1	0.06
鎳 (ppm)	1.5 (1.4)	1.4 (1.4)	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9
鉻 (ppm)	0.3 (0.2)	0.3 (0.3)	0.4	0.3	0.2	1.0	0.4
鉛 (ppm)	2.9 (3.8)	2.8 (3.3)	3.4	3.2	3.4	2.8	4.1

註：紅字代表檢測結果為超標或不足。括號內為第二次檢驗結果。

三、實驗取得學校菜園土壤體積含水量與土壤溼度感測值關係式

(一) 手動感測作法

本實驗呈現學校菜園 P1 區至 P13 區測得土壤樣本體積含水量與溼度感測值關係結果(見圖 4-3-1 至圖 4-3-13)。因這 13 個樣本實驗作法一樣，只是各項數值略有不同，為了不重複贅述，僅以本研究主要的智慧澆水系統實驗 P9 區樣本來詳列，其餘 P1~P8 區樣本、P10~P13 區樣本等只列趨勢線關係圖、趨勢公式及解釋量 R^2 。簡述結果如下：

1. P1 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0776x - 68.106$ ， $R^2 = 0.9325$ 。
2. P2 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0681x - 56.766$ ， $R^2 = 0.9324$ 。
3. P3 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0688x - 56.834$ ， $R^2 = 0.9206$ 。
4. P4 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0777x - 68.261$ ， $R^2 = 0.9433$ 。
5. P5 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0595x - 46.917$ ， $R^2 = 0.9043$ 。
6. P6 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0672x - 54.555$ ， $R^2 = 0.9342$ 。
7. P7 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0689x - 57.517$ ， $R^2 = 0.9362$ 。
8. P8 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0672x - 56.385$ ， $R^2 = 0.9521$ 。
9. P9 區樣本

取 400ml 土壤稱量乾重為 438.7 公克，從 2024/1/19 開始實驗，測得土壤樣本含水重量為 205.0 公克，換算成質量含水量百分比為 46.7、體積含水量百分比為 51.3，土壤溼度感測值為 1488.3。2024/2/14 截止實驗，測得土壤樣本剩下的含水重量為 7.3 公克，換算成質量含水量百分比為 1.7、體積含水量百分比為 1.8，土壤溼度感測值為 735.0。利用 Excel 試算軟體得到 28 天實驗期間所測土壤體積含水量百分比與土壤溼度感測值共 29 組數據的趨勢線關係圖(見圖 4-3-9)及公式： $y = 0.0652x - 53.743$ ， $R^2 = 0.9082$ 。

10. P10 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0624x - 49.738$ ， $R^2 = 0.9201$ 。
11. P11 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0621x - 50.593$ ， $R^2 = 0.9403$ 。
12. P12 區樣本趨勢線關係公式： $y = 0.0397x - 30.998$ ， $R^2 = 0.9385$ 。
13. P13 區樣本趨勢線公式： $y = 0.0706x - 61.152$ ， $R^2 = 0.9004$ 。

根據以上各區所得到的關係式，轉換成學校菜園土壤體積含水量百分比與土壤溼度感測值對照表，見附件一，做為設定控制器參數使用。

將 P1~P13各區土壤體積含水量與土壤溼度感測值關係式圖加以疊合，可以整體看出體積含水量與土壤溼度的關係趨勢（見圖4-3-14）。

(二) 自動感測改良作法

在手動感測作法實驗期間，因幾乎每天要重複人工稱量土壤樣本重量、偵測土壤溼度感測值多次，而一天每區土壤樣本最多只能得到 2 筆的數據，因而發想製作出結合電子秤、土壤溼度感測器和自動紀錄至雲端資料表等功能的「自製雲端土壤重量及溼度感測裝置」，經測試功能後，發現完全符合實驗需求，達到：省人工、減少人為實驗誤差、數據可即時在雲端監看且每土壤樣本數據量可以每天增加至 48 筆等優勢。

自動感測改良作法實驗包含有 5 個實驗區：P8_農樂系統澆水區、P9_智慧澆水區、M_混合土區、C_培養土區、S_砂土區，5 區測得土壤樣本體積含水量與溼度感測值關係結果（見圖 4-3-15 至圖 4-3-20）。實驗結果為了不贅述類似的部分，擇選本研究主要對比的農樂系統 P8 澆水區，與學校菜園主要土壤質地（砂質壤土）M_混合土區來呈現，其餘各區的結果只列趨勢線關係圖、趨勢公式及解釋量 R^2 。簡述結果如下：

1. P8_農樂系統澆水區樣本

經由土壤樣本製備，取得裝滿 1655ml 盆子的土壤稱量溼重為 2947.7 公克（體積含水量百分比為 38.18），從 2024/6/2 開始實驗，測得土壤溼度感測值為 1466。到了 2024/6/15，測得土壤稱量溼重為 2613.7 公克（體積含水量百分比為 18）、土壤溼度感測值為 1300。經 14 天感測後，取出土壤炒乾稱得土壤樣本乾重為 2315.8 公克，經轉換可得到各感測時刻的土壤體積含水量百分比，再對比各感測時刻的土壤溼度值，利用 Excel 算試軟體計算獲得體積含水量及土壤溼度值的趨勢線，實驗期間 583 筆數據所測得的趨勢線關係圖（見圖 4-3-15）及公式： $y = 0.1091x - 122.86$ ， $R^2 = 0.9812$ 。

在此樣本利用「自製雲端土壤重量及溼度感測裝置」感測期間，同時也插著「樂農系統環境感測裝置」的土壤溼度感測器，兩個裝置均使用同款土壤溼度感測器，用來對比校正土壤溼度值。從 2024/6/2 開始實驗，測得樂農土壤溼度感測值為 29（體積含水量百分比為 38.18）。到了 2024/6/15，測得土壤溼度感測值為 19（體積含水量百分比為 18）。經 14 天感測後，取得 583 筆

數據利用 Excel 算試軟體計算獲得樂農系統_土壤體積含水量及自製智慧感測器_體積含水量的趨勢線關係圖（見圖 4-3-16）及公式： $y = 0.5268x + 8.99$ ， $R^2 = 0.9821$ 。

2. P9_智慧澆水區樣本趨勢線公式： $y = 0.0758x - 80.4$ ， $R^2 = 0.9627$ 。

3. M_混合土區樣本

經由土壤樣本製備，取得裝滿 1655ml 盆子的土壤稱量溼重為 2897.7 公克（體積含水量百分比為 40.45），從 2024/6/2 開始實驗，測得土壤溼度感測值為 1780。到了 2024/6/15，測得土壤稱量溼重為 2592.7 公克（體積含水量百分比為 22.02）、土壤溼度感測值為 1358。經 14 天感測後，取出土壤炒乾稱得土壤樣本乾重為 2228.2 公克，經轉換可得到各感測時刻的土壤體積含水量百分比，再對比各感測時刻的土壤溼度值，利用 Excel 算試軟體計算獲得體積含水量及土壤溼度值的趨勢線，實驗期間 582 筆數據所測得的趨勢線關係圖（見圖 4-3-18）及公式： $y = 0.0448x - 39.175$ ， $R^2 = 0.9748$ 。

4. C_培養土區樣本趨勢線公式： $y = 0.028x - 21.091$ ， $R^2 = 0.985$ 。

5. S_砂土區樣本趨勢線公式： $y = 0.7192x - 826.63$ ， $R^2 = 0.8515$ 。

根據以上各區所得到的關係式，轉換成學校菜園土壤體積含水量百分比與土壤溼度感測值對照表，見附件一，做為設定控制器參數使用。

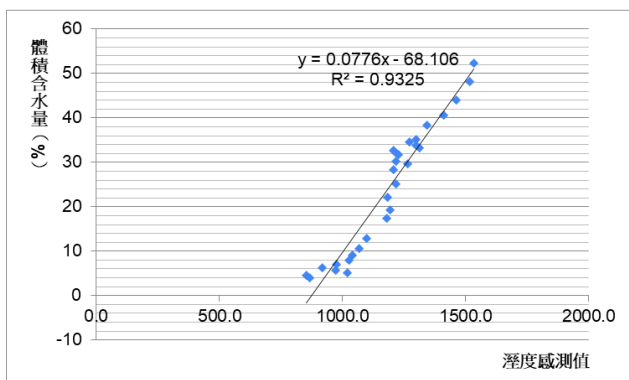


圖4-3-1 P1區含水量與溼度感測值關係式圖

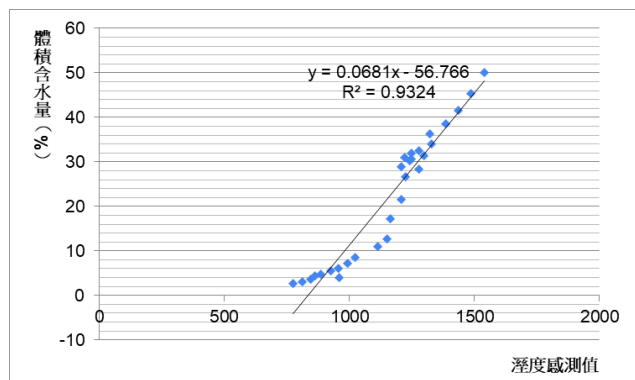
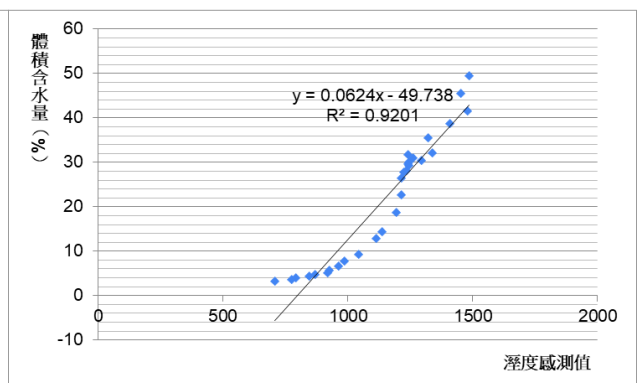
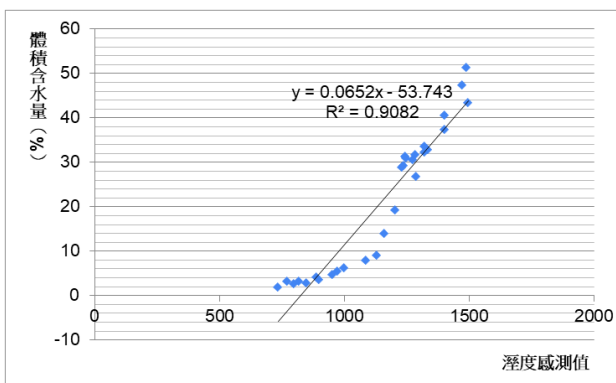
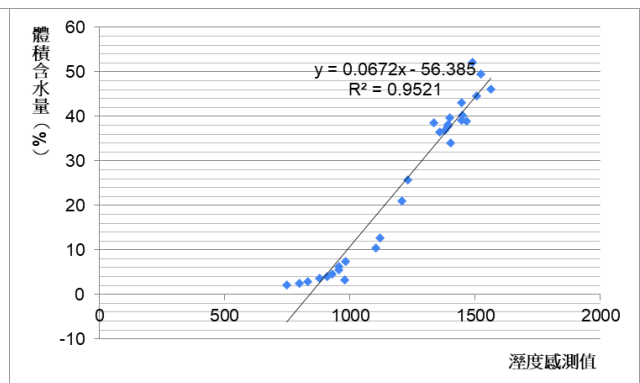
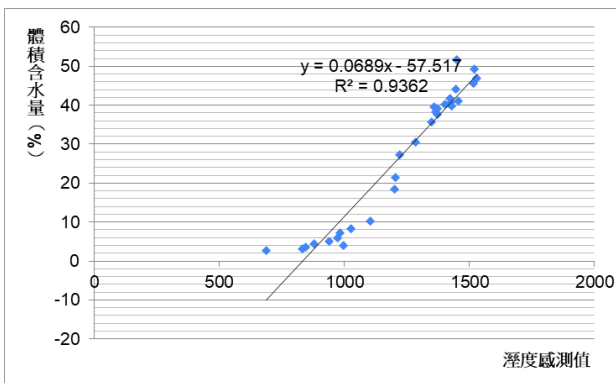
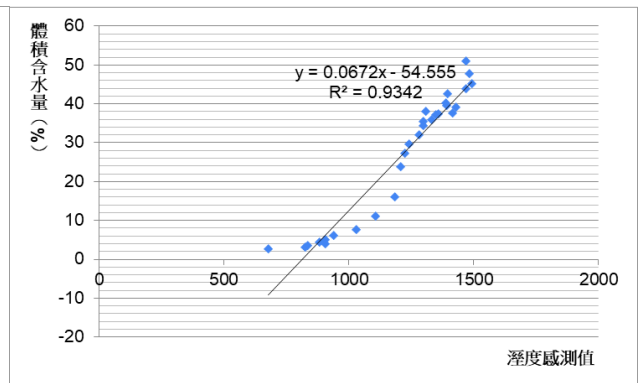
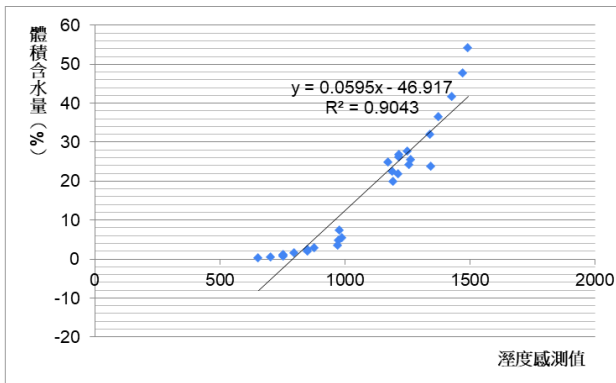
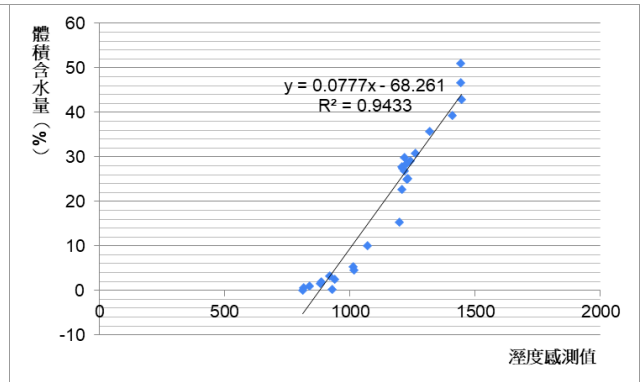
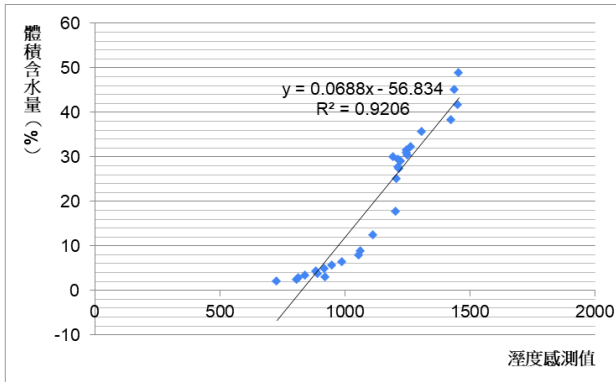
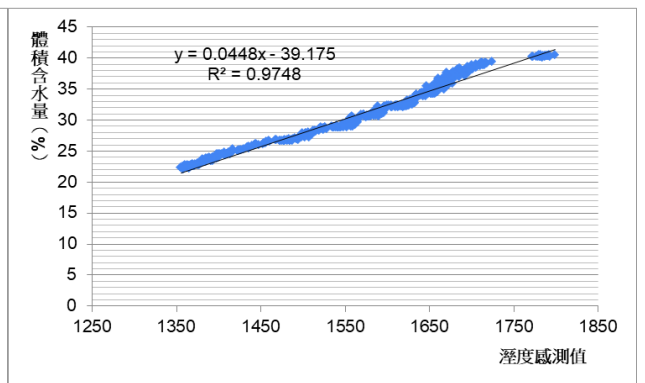
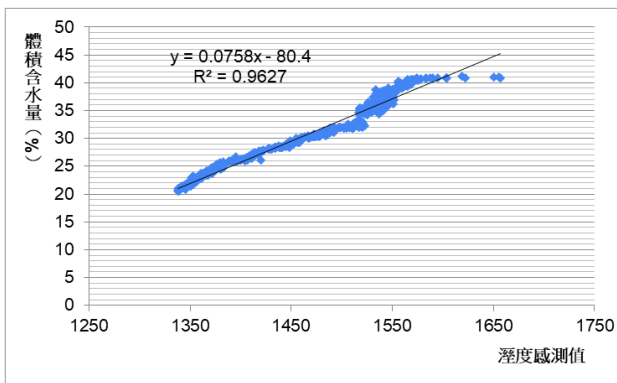
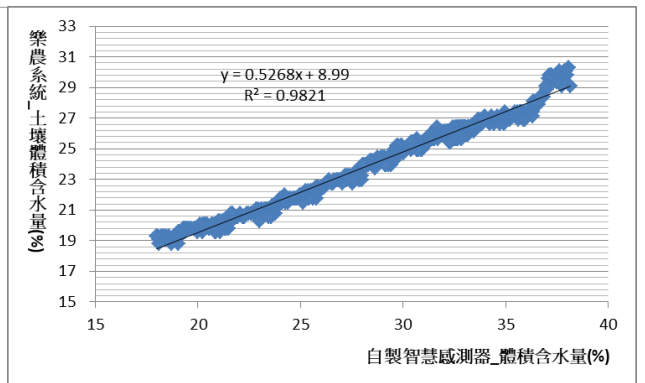
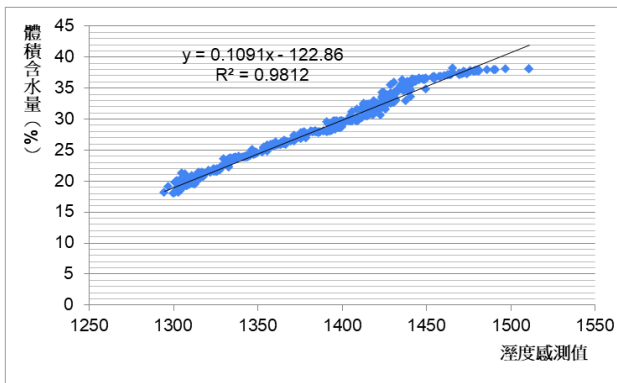
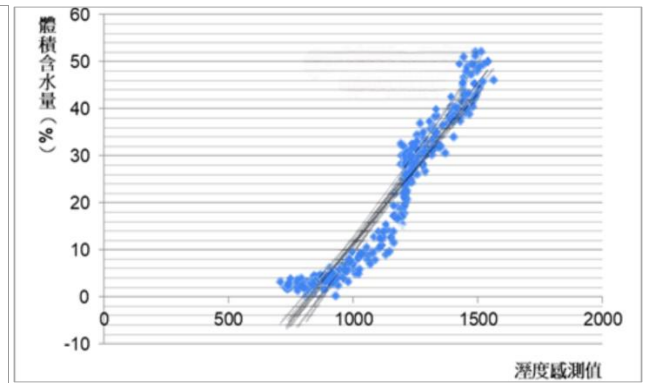
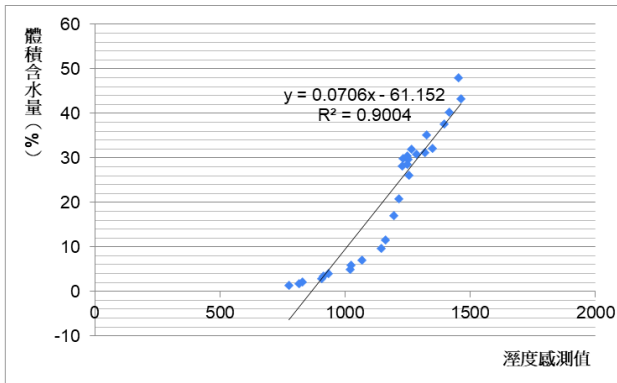
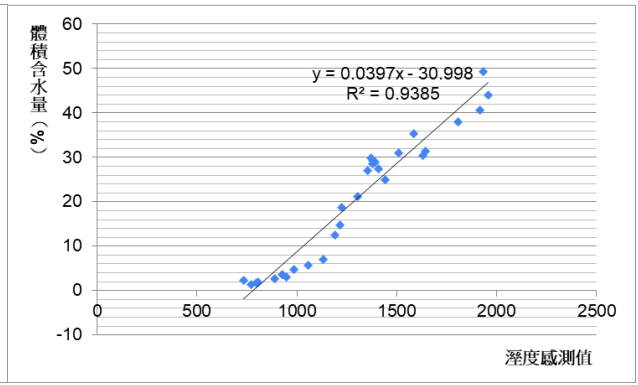
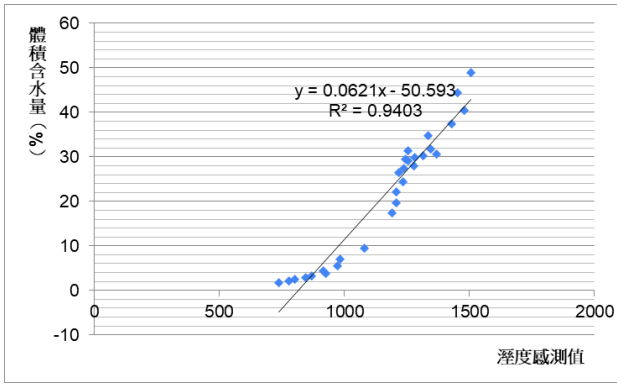


圖4-3-2 P2區含水量與溼度感測值關係式圖





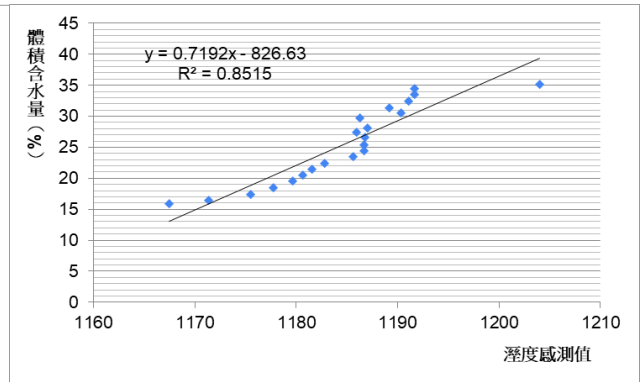
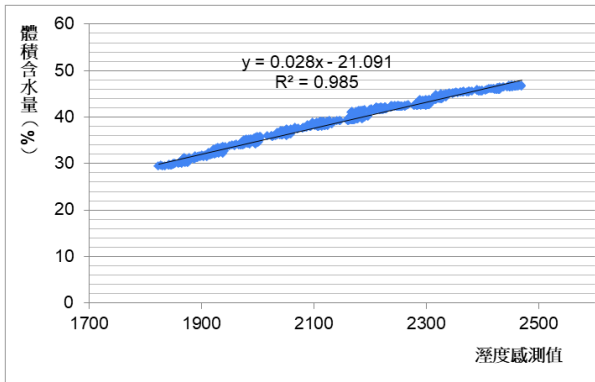


圖4-3-19 C_培養土區_含水量與溼度感測值關係式圖 圖4-3-20 S_砂土區_含水量與溼度感測值關係式圖

四、試驗不同澆水方式以種植福山萵苣的結果

(一)兩種人工澆水方式（人工手動澆水壺澆水及用人工開關滴灌管路半自動澆水）

從113年1月5日到113年2月14日約一個多月的種植過程，以人工手動澆水的 P11 區共取37株福山萵苣，用人工滴灌管管路半自動澆水的 P10區共取47株福山萵苣，蒐集生長數據，統計結果見圖4-4-1。P11區福山萵苣平均株高11.2公分，平均株寬15.0公分，株高標準差3.0公分，株寬標準差2.9公分。P10區福山萵苣平均株高15.5公分，平均株寬17.8公分，株高標準差2.3公分，株寬標準差2.8公分。以上可看出福山萵苣用滴灌管管路澆水的種種方式生長的比較好。

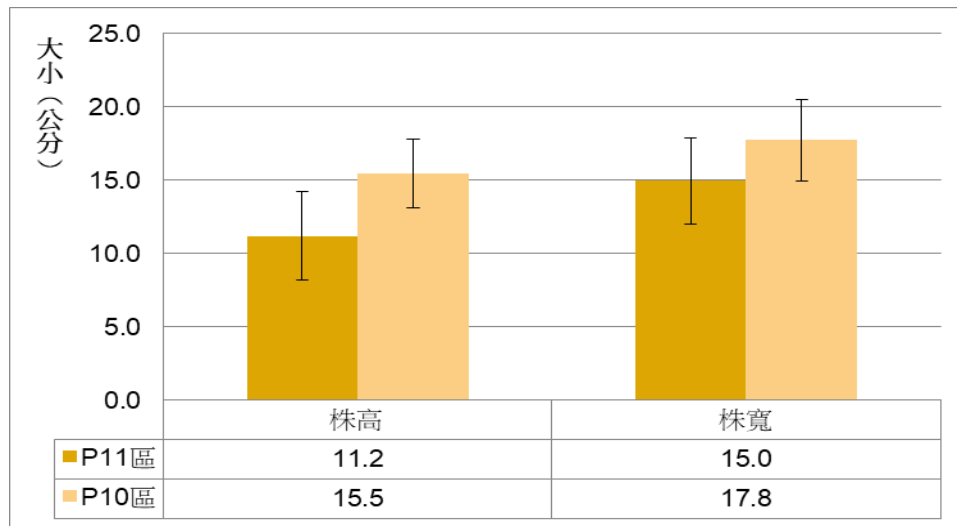


圖4-4-1 P11區、P10區以不同澆水方式來種植福山萵苣的生長情形

(二) 四種澆水方式（手動澆水、定時澆水、智慧澆水、樂農澆水）

四種不同澆水方式(共四區：P11、P10、P9、P8)的萵苣實驗，從113年3月8日種下到113年3月31日測量生長狀況共經過23天。這四區經過全區普測萵苣生長情形，手動澆水的 P11區共有45株福山萵苣，定時澆水的 P10區共有47株福山萵苣，智慧澆

水的 P9區共有44株福山萵苣，樂農澆水的 P8區共有47株福山萵苣等生長數據，統計結果見圖4-4-2。P11區福山萵苣平均株高12.8公分，平均株寬16.9公分，株高標準差1.5公分，株寬標準差2.4公分；P10區福山萵苣平均株高12.1公分，平均株寬15.7公分，株高標準差1.7公分，株寬標準差2.6公分；P9區福山萵苣平均株高10.7公分，平均株寬16.6公分，株高標準差2.1公分，株寬標準差2.8公分；P8區福山萵苣平均株高10.8公分，平均株寬15.7公分，株高標準差1.9公分，株寬標準差2.2公分。而澆水量 P11區有66公升，P10區有374公升，P9區有49公升，P8區有51公升。綜合以上，可看出 P11區的福山萵苣用手動澆水的種種方式生長得比較好。

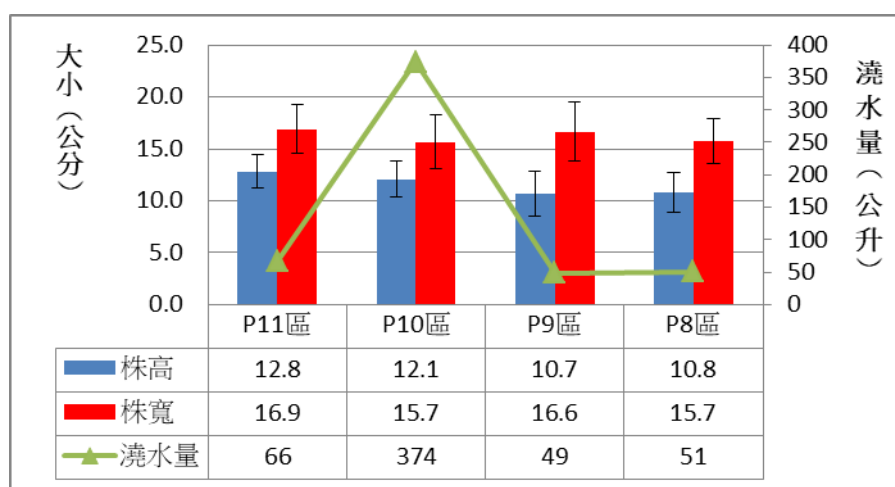


圖4-4-2 四種不同澆水方式以種植福山萵苣的生長情形

五、試驗不同土壤對種植福山萵苣的影響

從113年6月17日到113年7月3日歷經17天的種植過程，利用砂土（河砂，代號為S）、培養土（沃鬆5號，代號為C）及混合土（菜園原土：砂土：泥炭土 = 5：1：1，代號為M）用大栽種盆各三個(合計九盆)種植各30株(合計90株)的福山萵苣，剔除培養土區編號26（死亡）不計，測量其生長數據統計結果見圖4-5-1、圖4-5-2。測量福山萵苣菜苗種植前的平均株高（前測）、經種植數日後福山萵苣的平均株高（後測）、統計前後測株高平均差值和其標準差，結果如後：砂土區福山萵苣平均前測株高8.5公分，前測株高標準差1.0公分，平均後測株高10.9公分，後測株高標準差2.1公分，前後測株高平均差值2.4公分，前後測株高差值的標準差為2.2公分；培養土區福山萵苣平均前測株高8.4公分，前測株高標準差1.4公分，平均後測株高10.8公分，後測株

高標準差2.1公分，前後測株高平均差值2.5公分，前後測株高差值的標準差為2.4公分；混合土區福山萵苣平均前測株高7.6公分，前測株高標準差1.1公分，平均後測株高11.0公分，後測株高標準差2.3公分，前後測株高平均差值3.5公分，前後測株高差值的標準差為2.0公分。17天三區的各自流量計累積澆水量如後：砂土區累積澆水量為63.5公升；培養土區累積澆水量為0公升；混合土區累積澆水量為5.7公升。從以上數據可知，混合土區福山萵苣苗長得最好，培養土區、砂土區差異不大；砂土區累積澆水量最多，混合土區次之，培養土區累積澆水量為零。

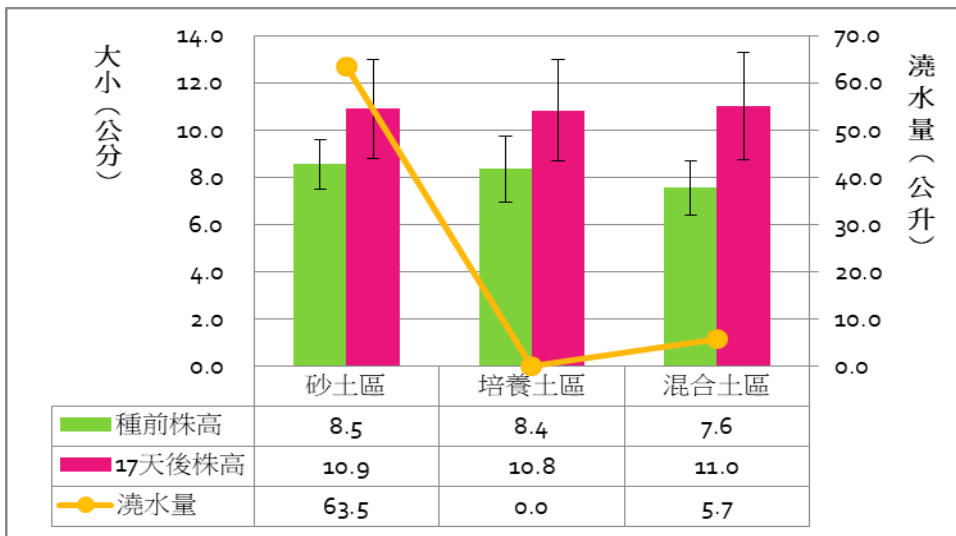


圖4-5-1智慧澆水模式分三區(砂土區、培養土區及混合土區)用不同土壤種植福山萵苣17天前後的生長情形

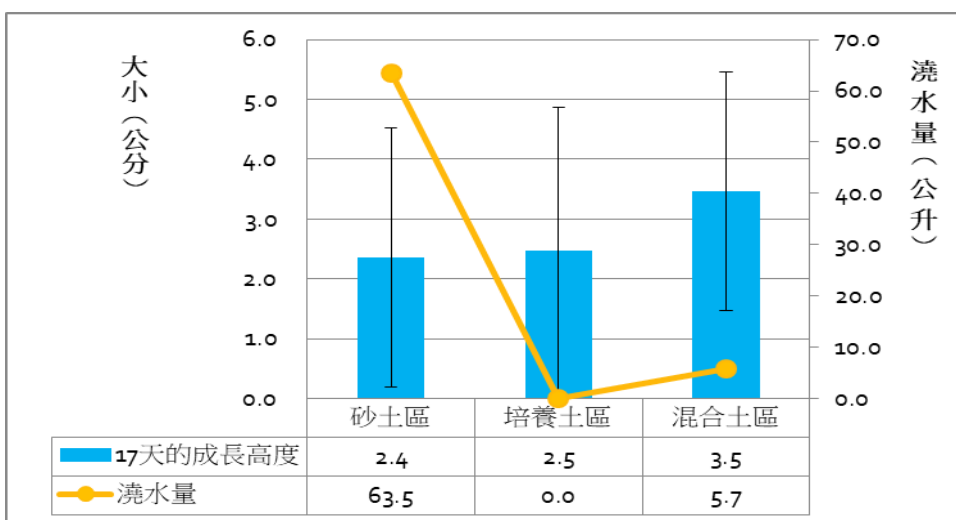


圖4-5-2 智慧澆水模式分三區(砂土區、培養土區及混合土區)用不同土壤種植福山萵苣17天前後的差異情形

伍、討論

- 一、學校菜園各區的土壤質地由農業改良場 林助理 研究員義務幫忙檢驗所得，此項檢驗並非在常規項目內。我們曾到林研究員所任職的土壤肥力分析服務中心參訪，並向其請教學習「鮑氏土壤機械分析法」，發現此檢驗法不難，希望在學校購得檢驗器材後，能夠自行檢驗學校之後改良的土壤，掌握土壤質地讓種植及澆水更能順利。
- 二、農業改良場所檢驗的土壤肥力分析共有13項，分別是：酸鹼度、電導度、有機質、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂、銅、鋅、鎳、鉻、鉛等，這些專業項目的檢驗數據皆代表著農作物相當的生長訊息，我們目前只能透過農改場所給的建議來配合種植，期待之後能藉由查閱資料、請教專家及自行種植研究來更了解土壤肥力的奧秘！
- 三、在探討學校各區土壤樣本體積含水量與土壤溼度感測值關係的實驗期間，我們需要經常測量土壤重量及感測土壤溼度值，並仔細紀錄。過程中，我們發想到可以運用物聯網的技術將感測到的數據上雲端資料庫，將感測數值紀錄在 Google 試算表中，目前我們已完成重量及溼度感測裝置並進行測試及實際運用，所得到的數據還不錯。但在實驗期間有幾次網路斷訊致使感測資料損失，為了能收集到完整數據，我們需要盡量解決網路不穩定的問題，這個網路連線問題我們也請學校資訊老師協助，另外，我們預計將所感測到的數據能自動紀錄在 SD 卡內而能多個備分，期待能在進一步學習程式後，再改良自製雲端土壤重量及溼度感測裝置，對往後的研究能做出貢獻。
- 四、試驗不同澆水方式種植福山萵苣的實驗四之一中，實驗組（P10區）及對照組（P11區）的萵苣的確長得不一樣，分析土壤肥力檢驗報告及澆水情形後，我們認為兩區的土壤雖有機質有些不同（P10區有機質2%、P11區有機質1.6%），其餘肥力數據我們看起來都差不多，而操縱變因我們主要是操弄澆水方式不同，雖然福山萵苣的生長結果是 P10區比較好，但仍待後續將控制變因掌握得更好，方能再次驗證不同澆水方式是否會影響福山萵苣生長。
- 五、我們改進實驗四之一的控制變因，並將實驗四之二 P11、P10、P9三區土壤有機質含量都改善成和 P8區（有機質3.4%）一樣後，很明顯 P11區的福山萵苣就長得比較好，分析當中的原因，可能是 P11區的養分和水分比之前較為足夠所致。就水分多寡來分析：P11區

配合天氣狀況及土壤表面溼度以澆水壺手動澆水雖然不便，但也能提供足夠的水量給萵苣生長，P10區（定時澆水）不論在晴天、雨天都有充足的水量，甚至是 P11區約6倍的水量，但沒長得最好，而 P9（智慧澆水）及 P8（樂農澆水）兩區的福山萵苣長得差不多，但沒有預期中的好，雖然 P9、P8的澆水量為較節省，但仍需配合現地實況來細調澆水參數設定，讓福山萵苣有更足夠的水量來成長。就養分多寡分析：P11區可能是加了四季寶6號有機質肥料（氮含量3.6%），其它的是加泥炭土（氮含量1.2%），P11區氮養分較多較有利福山萵苣（葉菜類）生長。綜合來說，在試驗不同澆水方式種植福山萵苣的實驗中仍應將控制變因需要掌握得更好，例如：所加入的有機質肥料種類要一樣、各實驗區的土壤要均質及澆水參數設定等。

六、在113年4月到113年7月再次進行實驗四「四種不同澆水方式對種植福山萵苣的影響」實驗，把 P8_樂農澆水區、P9_智慧澆水區、P10_自動澆水區及 P11_手動澆水區等四區的土壤利用人工方式將深度約30公分的表土經過數次的混合，也將同種有機泥炭土均勻施灑，再用中耕機均勻翻耕，儘可能控制讓四個實驗區的土壤達到一樣條件。113年6月16日當天種下菜苗後，遇到暑假午後雷陣雨將多數的菜苗打壞或被泥流淹蓋，致使要補種。之後又常遇上大太陽、午後下雷雨，而衍生出新的變因要控制（防晒、防雨），讓我們感受到在夏季要種植福山萵苣是較不容易的，可能要使用溫網室來實驗較為方便。

七、在用智慧澆水方式試驗不同土壤種植福山萵苣的實驗中，我們後來使用混合土、培養土及砂土每種各種30株福山萵苣，每種有3大盆隨機平均擺放使照光能均勻，調整大栽種盆使之更為水平，讓它們各區塊澆水更為平均，不會因高低傾斜而積水在低處。混合土、培養土及砂土等三區運用研究三自動感測改良作法所獲得的澆水參數來設定智慧澆水控制器並搭配流量計試驗，這次實驗配合夏季設定為高中溼澆水模式，在17天實驗中雖然有14天為下雨天，而在混合土區（累積澆水量5.7公升）及砂土區（累積澆水量63.5公升）仍有啟動澆水，讓三區的土壤溼度維持一樣，由此可看出：培養土保水力最好、砂土較不保水。在澆水情形、未施肥及在同個種植地方等控制變因下，混合土區的福山萵苣長得比另兩區好，與原先假設有機質含量較高的區域福山萵苣長得比較好有所不同（培養土有機質90%、混合土有機質3.5%及砂土有機質0.12%），猜測是否我們所用的沃鬆5號培

養土在種植福山萵苣這種短生長期的葉菜類時，較無法從分解有機質過程中即時獲得足夠的養分，仍需搭配施用含氮較高的葉菜類肥料。而砂土區（2.4公分）與培養土區（2.5公分）的福山萵苣平均成長高度差很接近的原因：可能是我們在栽種菜苗的植穴內放了適量的沃鬆5號培養土，給予像培養土區的生長環境，在這17天間有了接近培養土區的養分。我們預計在種下30~40天後再測量一次生長數據，來驗證土壤養分對福山萵苣生長影響的猜測；也可以在之後以培養土加不同量的葉菜類肥料量當成基肥來實驗驗證。

八、在我們實驗這段時間體會到農業是相當專業學門，要考慮的到變因相當多，不僅要有專業知識、技術及經驗，也需要掌控各種不同作物的種植條件，才較能省時間、省成本來種植。但農業生產又是人們生活的基礎，從食農教育中學習農業科學可以說是當重要的。

陸、結論

一、學校菜園各區的土壤質地均為砂質壤土。

二、學校菜園各區的土壤酸鹼度均略高於參考值（PH5.5~6.8）為鹼性，需停用石灰資材及鹼性肥料。

三、學校菜園各區的土壤有機質大部分都小於參考值（>3%），要補充施用粗質有機肥，每分地200~2000公斤。

四、學校菜園各區的土壤鈣、鎂大部分都大於參考值（氧化鈣 4021 公斤/公頃、氧化鎂 738 公斤/公頃）鈣、鎂含量偏高，要減少投入。

五、得到學校菜園各區的土壤體積含水量與溼度感測器感測值的關係公式及轉換所得的對照表，可當成智慧化澆水系統設定使用。自動感測改良作法比手動感測作法更方便，也能得到更多的感測數據，所測得的關係式 R^2 值更高達0.985。

六、福山萵苣以滴灌管管路澆水的種植方式比用澆水壺的手動澆水來得長得好，滴灌管管路澆水能讓水份緩慢滲入土壤中讓植物吸收，也比較節省澆水人力。

七、自製的智慧澆水系統可以跟農改場推廣的樂農系統有一樣的澆水功能，其澆水參數需配合作物及土壤質地依作物生長來微調整，以節省水資源。

八、在土壤有機質較高的區域種植福山萵苣，搭配足夠的施肥及澆水，可使福山萵苣長得較好。

柒、參考文獻資料

- 一、王言名、陳萱卉、林靖怡、陳昀(2019)。土壤也有健康檢查？校園食農教育土壤性質之研究。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 二、王藝真、王馨蕊、朱家正、蕭琮翰(2001)。土壤也會生病。中華民國第 41屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 三、李承哲、蘇偉曉(1983)。土壤的特性與植物生長。中華民國第 23屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 四、林品融、沈松逸、郭佳柔(2016)。何時澆水「土」知道。中華民國第 56屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 五、傅暘、謝佳辰、蘇宥慈(2017)。智立耕生～智慧監控栽培箱之研究。中華民國第 57屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 六、黃予馴、張哲銘、蔡承邑、任子嫻、柯筱庭、何芸樓(2021)。智能菜圃~利用多元控制及 AI 辨識技術協助蔬菜種植之研究。中華民國第 61屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 七、黃裕銘 (2024年2月1日)。土壤簡介。國立中興大學農業暨自然資源學院 土壤調查試驗中心。
https://sstc.nchu.edu.tw/zh_TW/spread-content/node/1566201774001
- 八、朝陽科大農業輔導團隊 (2024年2月1日)。認識土壤肥力。朝陽科大農業輔導團隊。
<https://sites.google.com/view/cyutfarmcoach/技術專區/認識土壤肥力>
- 九、葉萵苣栽培管理(2023年12月13日)
<https://info.organic.org.tw/3404/>
- 十、廖玉瑜、左穎瑩、林佳瑩(2018)。遠端自動化-農田監控警示系統。中華民國第 58屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 十一、聯合國糧食及農業組織 (2021)。土壤測試方法手冊。中國農業出版社。中國北京市。
- 十二、BlocklyDuino F2 積木程式(2024年2月9日) <https://reurl.cc/W4j6x9>
- 十三、MicroBlock IDE 積木程式(2023年12月1日)
<https://sites.google.com/view/esp-gyro/mblock?authuser=0>

附件一、學校菜園土壤體積含水量百分比與土壤溼度感測值對照表

	體積含水量	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8 樂農	P9	P10	P11	P12	P13	M	C	S
高溼模式	45%	1458	1494	1480	1458	1545	1481	1488	33	1514	1518	1539	1914	1504	1879	2360	1212
	44%	1445	1480	1466	1445	1528	1467	1473	32	1499	1502	1523	1889	1489	1857	2325	1211
	43%	1432	1465	1451	1432	1511	1452	1459	32	1484	1486	1507	1864	1475	1834	2289	1209
	42%	1419	1450	1437	1419	1494	1437	1444	31	1468	1470	1491	1839	1461	1812	2253	1208
	41%	1406	1436	1422	1406	1478	1422	1430	31	1453	1454	1475	1814	1447	1790	2218	1206
	40%	1393	1421	1407	1393	1461	1407	1415	30	1438	1438	1459	1788	1433	1767	2182	1205
	39%	1380	1406	1393	1380	1444	1392	1401	30	1422	1422	1443	1763	1419	1745	2146	1204
	38%	1367	1392	1378	1368	1427	1377	1386	29	1407	1406	1427	1738	1404	1723	2110	1202
	37%	1354	1377	1364	1355	1410	1362	1372	28	1392	1390	1411	1713	1390	1700	2075	1201
	36%	1342	1362	1349	1342	1394	1348	1357	28	1376	1374	1394	1688	1376	1678	2039	1199
中溼模式	35%	1329	1348	1335	1329	1377	1333	1343	27	1361	1358	1378	1662	1362	1656	2003	1198
	34%	1316	1333	1320	1316	1360	1318	1328	27	1346	1342	1362	1637	1348	1633	1968	1197
	33%	1303	1318	1306	1303	1343	1303	1314	26	1330	1326	1346	1612	1334	1611	1932	1195
	32%	1290	1303	1291	1290	1326	1288	1299	26	1315	1310	1330	1587	1319	1589	1896	1194
	31%	1277	1289	1277	1277	1310	1273	1285	25	1300	1294	1314	1562	1305	1566	1860	1192
	30%	1264	1274	1262	1265	1293	1258	1270	25	1284	1278	1298	1536	1291	1544	1825	1191
	29%	1251	1259	1248	1252	1276	1243	1256	24	1269	1262	1282	1511	1277	1522	1789	1190
	28%	1238	1245	1233	1239	1259	1228	1241	24	1254	1246	1266	1486	1263	1499	1753	1188
	27%	1226	1230	1219	1226	1242	1214	1227	23	1238	1230	1249	1461	1249	1477	1718	1187
	26%	1213	1215	1204	1213	1225	1199	1212	23	1223	1214	1233	1436	1234	1455	1682	1186
低溼模式	25%	1200	1201	1189	1200	1209	1184	1198	22	1208	1198	1217	1411	1220	1432	1646	1184
	24%	1187	1186	1175	1187	1192	1169	1183	22	1192	1182	1201	1385	1206	1410	1610	1183
	23%	1174	1171	1160	1175	1175	1154	1169	21	1177	1166	1185	1360	1192	1388	1575	1181
	22%	1161	1157	1146	1162	1158	1139	1154	21	1162	1150	1169	1335	1178	1366	1539	1180
	21%	1148	1142	1131	1149	1141	1124	1140	20	1146	1134	1153	1310	1164	1343	1503	1179
	20%	1135	1127	1117	1136	1125	1109	1125	20	1131	1118	1137	1285	1149	1321	1468	1177
	19%	1123	1113	1102	1123	1108	1095	1111	19	1116	1102	1121	1259	1135	1299	1432	1176
	18%	1110	1098	1088	1110	1091	1080	1096	18	1100	1086	1105	1234	1121	1276	1396	1174
	17%	1097	1083	1073	1097	1074	1065	1082	18	1085	1070	1088	1209	1107	1254	1360	1173
	16%	1084	1069	1059	1084	1057	1050	1067	17	1070	1053	1072	1184	1093	1232	1325	1172
15%	1071	1054	1044	1072	1041	1035	1052	17	1054	1037	1056	1159	1079	1209	1289	1170	

附件二、第二代自製智慧澆水控制器主程式碼

```
import OLED
from machine import Pin, ADC
from neopixel import NeoPixel
from encoder import EncoderKnob
import time
M_H_1 = 1320, M_H_2 = 1321
M_L_1 = 1220, M_L_2 = 1221
M_now = None
enc_H = EncoderKnob(27, 14)
enc_L = EncoderKnob(26, 25)
def OLED_show():
    global M_H_1, M_H_2, M_L_1, M_L_2, M_now
    oled.fill(0)
    oled.text(('Set M_H= ' + str(M_H_1)), 0, 0)
    oled.text(('Set M_L= ' + str(M_L_1)), 0, 16)
    oled.text(('M_now= ' + str(M_now)), 0, 32)
    oled.show()
def adcRead(analog_pin):
    adc = ADC(Pin(analog_pin))
    adc atten(ADC.ATTN_11DB)
    adc.width(ADC.WIDTH_12BIT)
    return adc.read()
def READ_data():
    global M_H_1, M_H_2, M_L_1, M_L_2, M_now
    M_H_1 = enc_H.value() + 1320
    if M_H_1 != M_H_2:
        M_H_2 = M_H_1
    M_L_1 = enc_L.value() + 1220
    if M_L_1 != M_L_2:
        M_L_2 = M_L_1
#gpio 36 soil moisture sensor
M_now = adcRead(36)
time.sleep_ms(50)
oled = OLED.SSD1306_I2C(128, 64)
oled.rotate_s(1)
np = NeoPixel(Pin(17, Pin.OUT), 1); np.bright = 50
np.bright = 10
while True:
    READ_data()
    OLED_show()
    if M_now < M_L_1:
        while M_now <= M_H_1:
            Pin(19, Pin.OUT).value(0)
            READ_data()
            OLED_show()
            np[0] = (int(255 * np.bright / 100), int(0 * np.bright / 100), int(0 * np.bright / 100))
            np.write()
    elif M_now > M_H_1:
        Pin(19, Pin.OUT).value(1)
        OLED_show()
        np[0] = (int(102 * np.bright / 100), int(0 * np.bright / 100), int(204 * np.bright / 100))
        np.write()
    else:
        Pin(19, Pin.OUT).value(1)
        OLED_show()
        np[0] = (int(0 * np.bright / 100), int(153 * np.bright / 100), int(0 * np.bright / 100))
        np.write()
```

【評語】 082911

研究主題是關於智慧化澆水系統對學校菜園的影響，強調了科學技術在農業中的應用價值，自製含水量與濕度感測器並完成兩者關係式，有助於智慧化澆水系統設定，為學校菜園的管理提供了重要參考，有助於提升學生對農業科學的興趣，並培養其動手能力和創新思維。幾項建議如下：

1. 校園內各區土壤檢測結果相似，對於栽培的影響並未說明。
2. 部分實驗結果和結論缺乏詳細的數據支持和分析，這可能影響研究的可信度和說服力，未來研究應加強數據收集和分析，以提高研究的科學性和嚴謹度。
3. 研究僅針對福山萵苣進行，未能涵蓋其他種類的作物，且不同作物對土壤和澆水方式的需求不同，未來可考慮擴展研究範圍，以檢驗智慧澆水系統對不同作物的適用性。
4. 天候因素與植物向陽性等因素，是否會間接影響植栽結果？有將這些因素加入考量嗎？

作品簡報

澆土作戰~ 智慧化澆水系統對校園菜園的影響

壹、研究動機

食農教育課程讓心中萌生在菜園種東西的想法。土壤組成是植物生長的關鍵，學校雖有樂農澆水系統，但想結合電腦課學習到的程式解決問題。

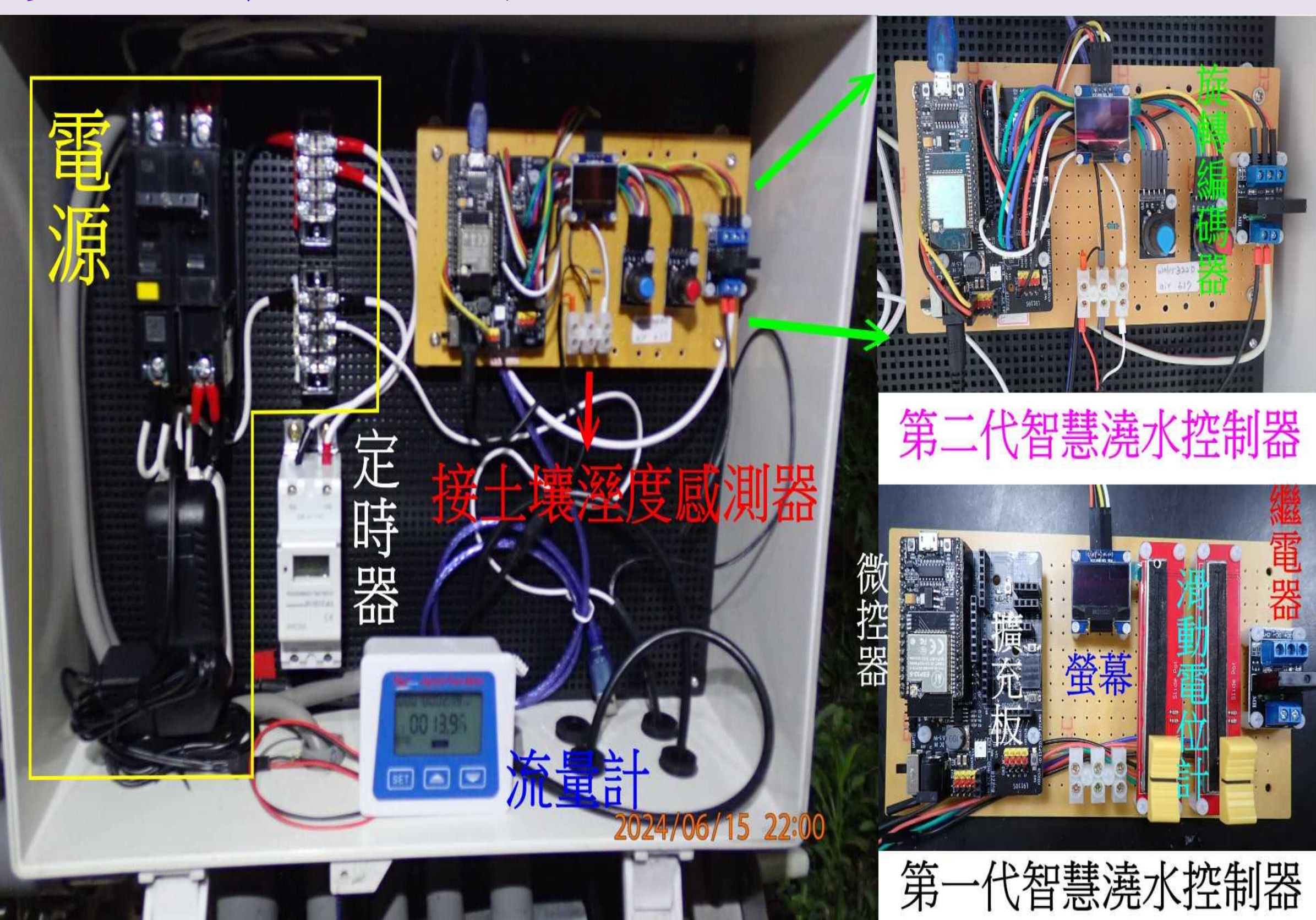
貳、研究目的

- (1) 檢驗學校菜園土壤質地
- (2) 檢驗學校菜園土壤肥力
- (3) 實驗檢測學校菜園土壤溼度感測值與體積含水量的關係

貳、研究目的

- (4) 試驗不同澆水方式對種植福山萵苣的影響
- (5) 試驗不同土壤對種植福山萵苣的影響

參、研究器材及設備 (詳見作品說明書)



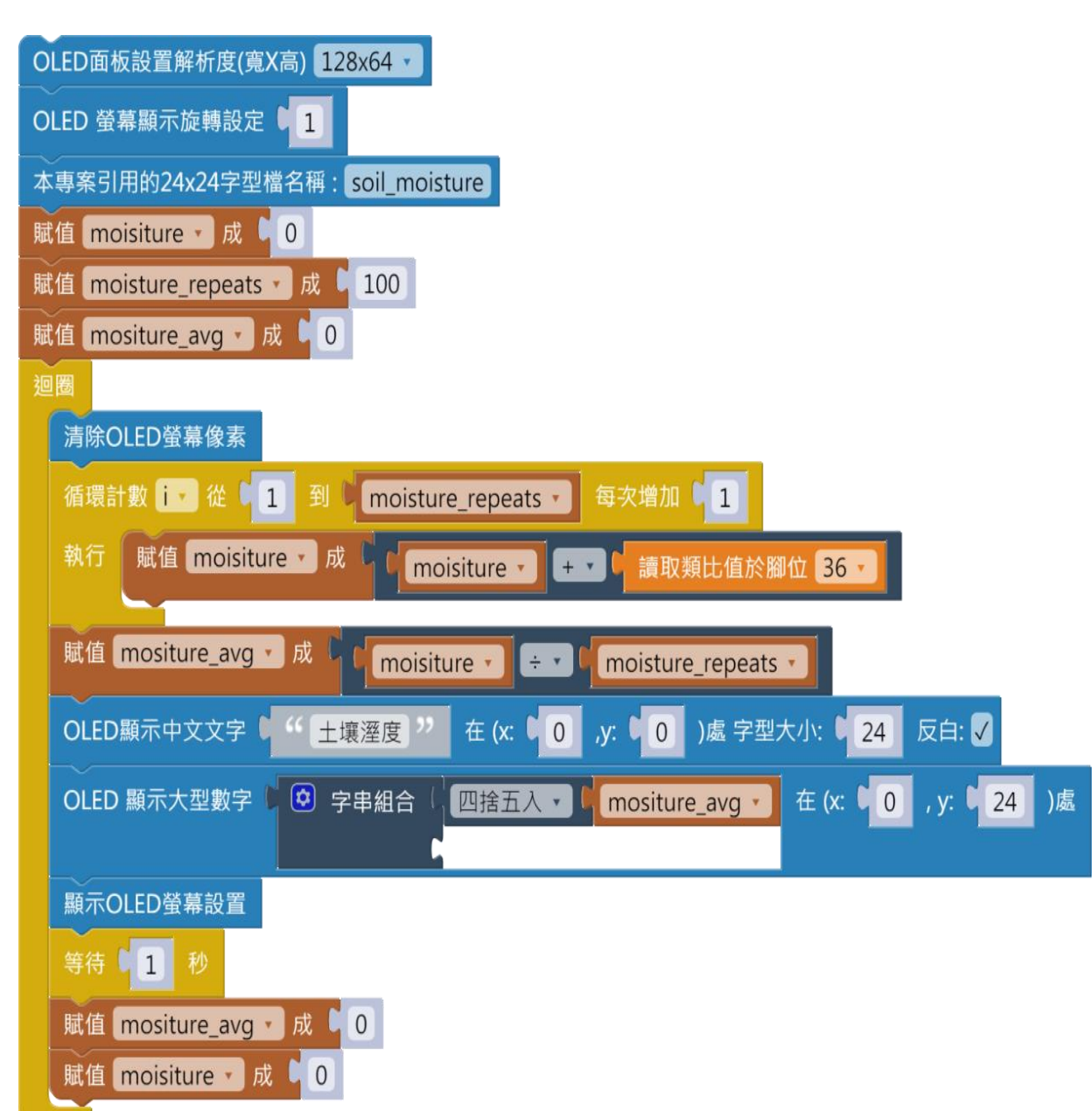
澆水控制內設備配置

註:由指導老師拍攝和後製

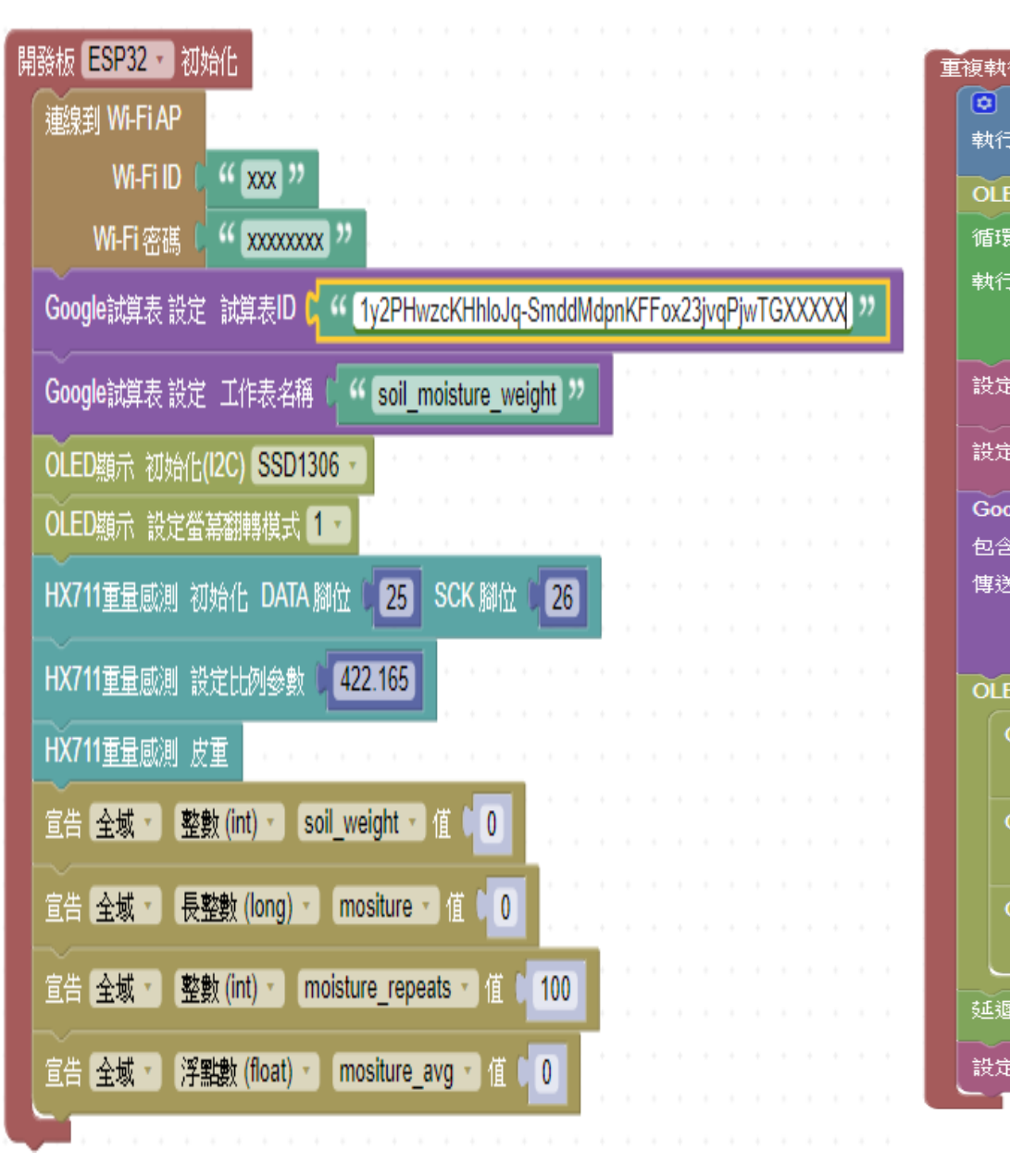


學校菜園土壤採樣分區圖

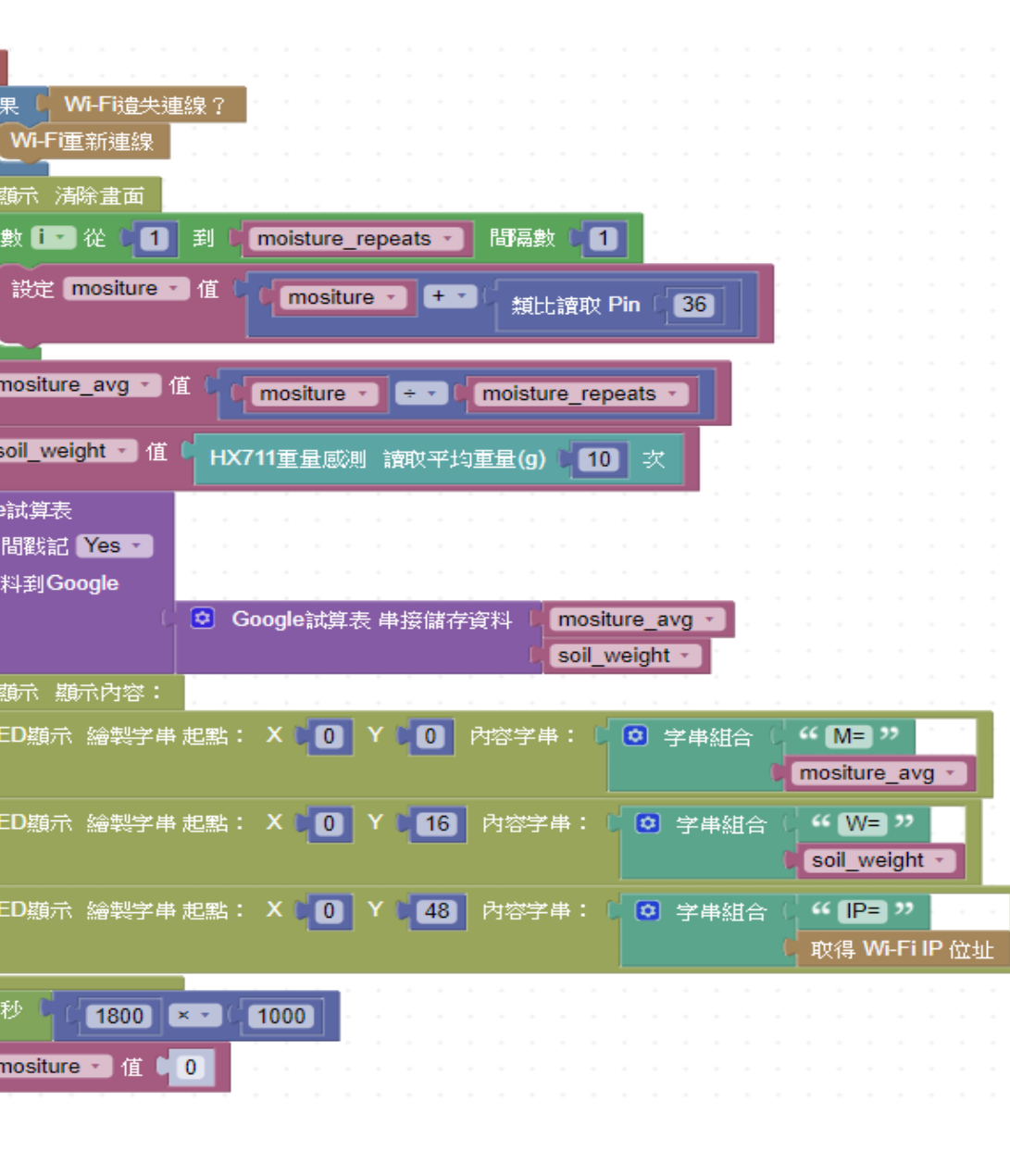
註:由指導老師拍攝和後製



自製溼度感測器所用積木程式
註:由作者擷取自MicroBlock IDE和後製



自製雲端土壤重量、溼度感測裝置所用積木程式
註:由作者擷取自BlocklyDuino F2和後製



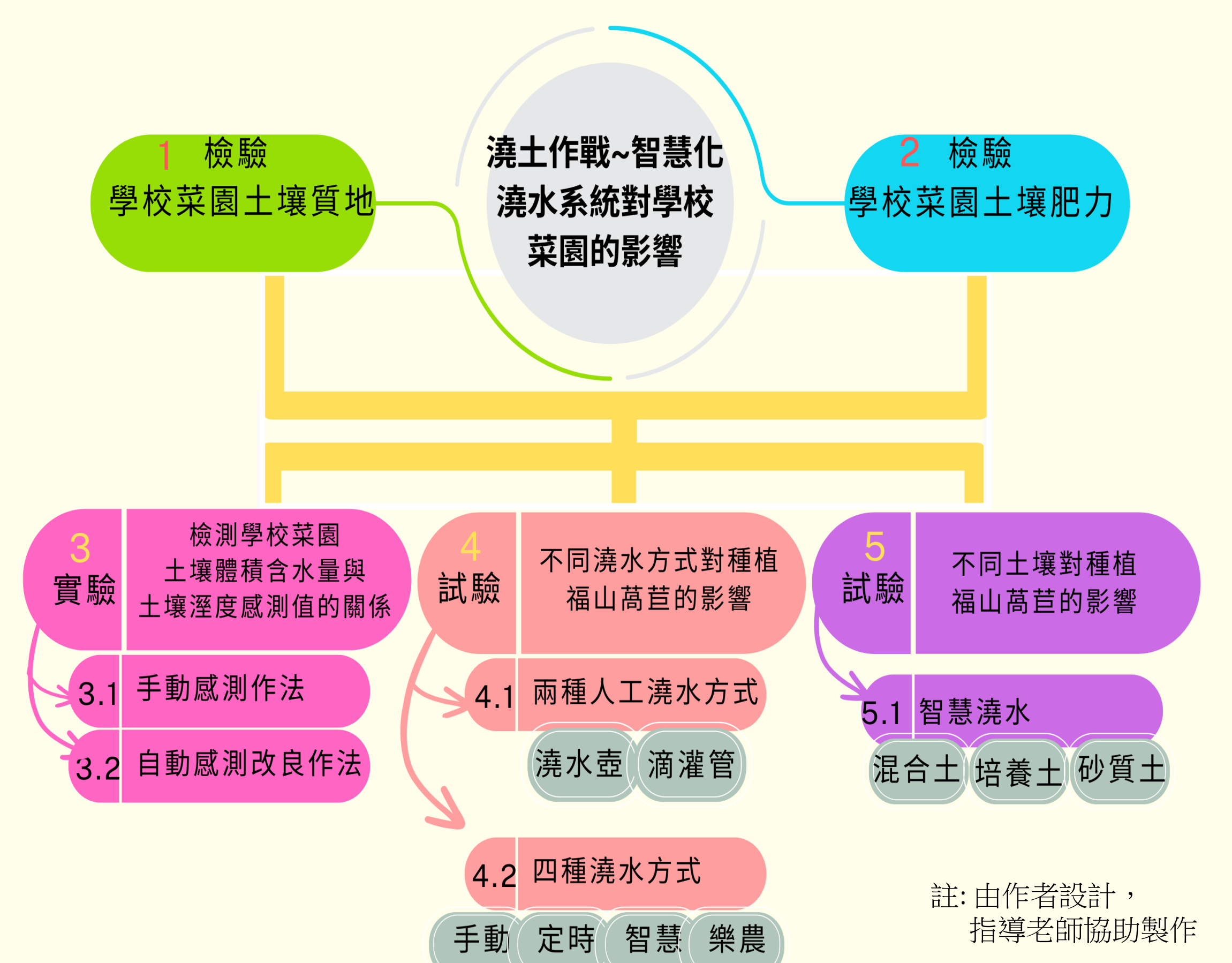
不同土壤種植福山萵苣配置圖 註:由指導老師拍攝和後製



自製雲端土壤重量及溼度感測裝置

註:由指導老師拍攝和後製

肆、研究架構流程圖



註:由作者設計, 指導老師協助製作

五、試驗不同土壤對種植福山萵苣的影響

研究過程

1. 利用砂土（代號為S）、培養土（代號為C）及混合土（菜園原土：砂土：泥炭土 = 5：1：1，代號為M）用大栽種盆各三個（合計九盆）種植各30株（合計90株）的福山萵苣。
2. 採智慧澆水，設定以高中溼模式澆水，且均用流量計自動紀錄。
3. 歷經17天的種植過程，三區普測其株高、株寬，取平均值代表之，也紀錄澆水量及天氣狀況以比較。



均勻混合實驗土壤
註:由指導老師拍攝

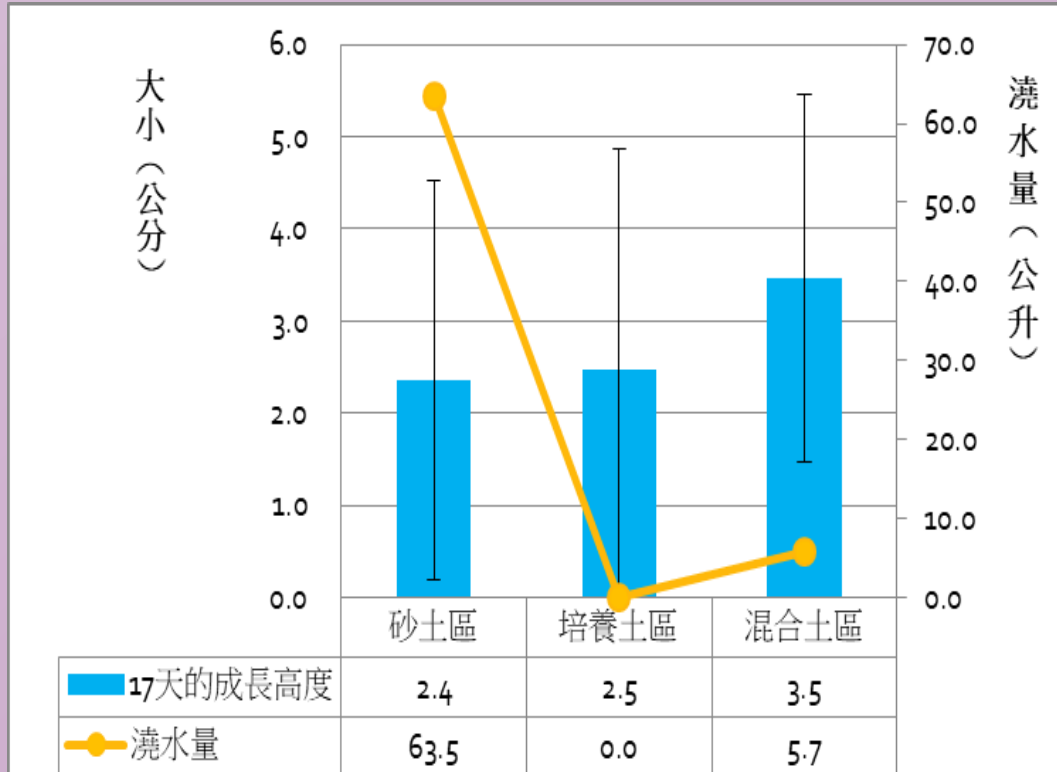
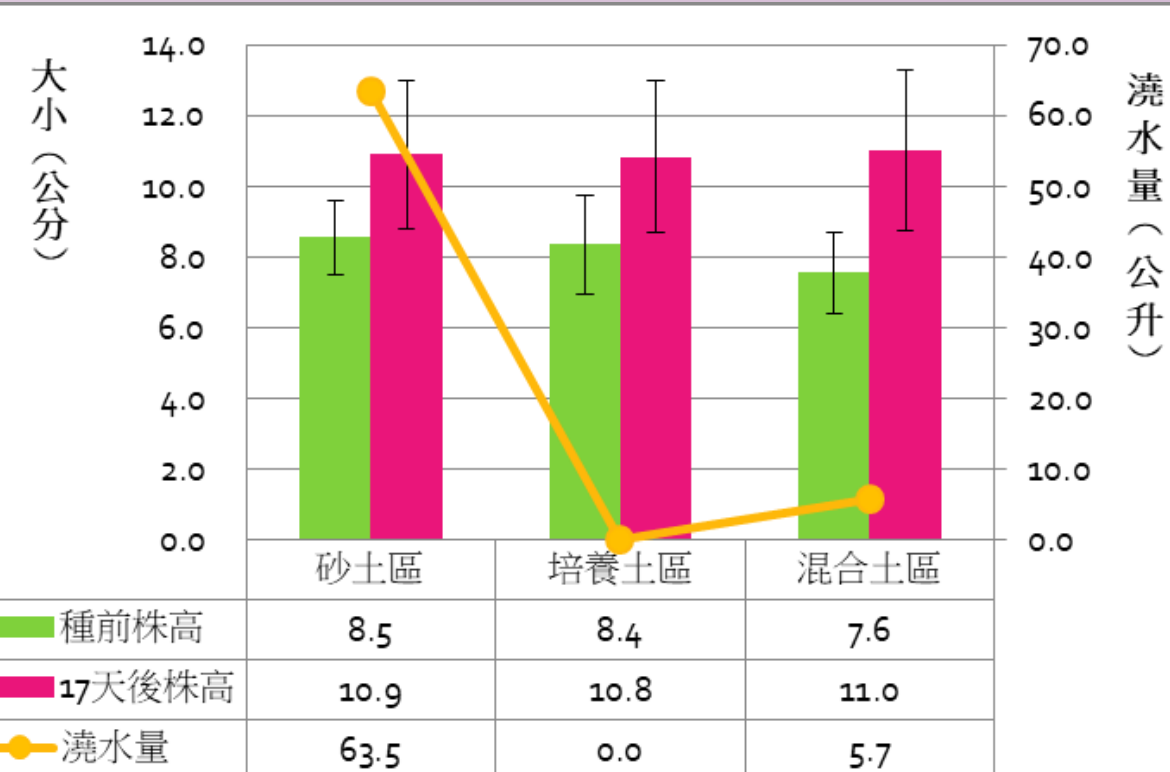


種植福山萵苣菜苗
註:由指導老師拍攝



測量及記錄福山萵苣生長情形
註:由指導老師拍攝

結果



混合土區福山萵苣苗長得最好，培養土區、砂土區差異不大。

砂土區累積澆水量最多，混合土區次之，培養土區累積澆水量為零。

陸、討論

一、學校菜園各區的土壤質地由農改場林助理研究員義務幫忙檢驗所得，我們向其請教學習「鮑氏土壤機械分析法」，發現此檢驗法不難，希望在學校購得檢驗器材後，能夠自行檢驗，掌握土壤質地讓種植及澆水更能順利。

二、農改場所檢驗的土壤肥力分析共有13項，這些專業項目的檢驗數據皆代表著農作物的生長訊息，我們目前只能透過農改場所給的建議來配合種植，期待之後能藉由查閱資料、請教專家及自行種植研究來更了解土壤肥力的奧秘！

三、在探討學校各區土壤樣本體積含水量與土壤溼度感測值關係式的實驗期間，我們發想到可以運用物聯網的技術將感測到的數據傳上雲端資料庫，將感測數值紀錄在Google試算表中。目前我們已完成重量及溼度感測裝置並進行測試及實際運用，所得到的數據還不錯。

四、試驗不同澆水方式種植福山萵苣實驗中，觀察到實驗組（P10區）及對照組（P11區）的萵苣的確長得不一樣，我們認為可能是兩區的土壤有機質不同（P10區有機質2%、P11區有機質1.6%）但仍待後續將控制變因掌握得更好，可以再次驗證不同澆水方式是否會影響福山萵苣生長。



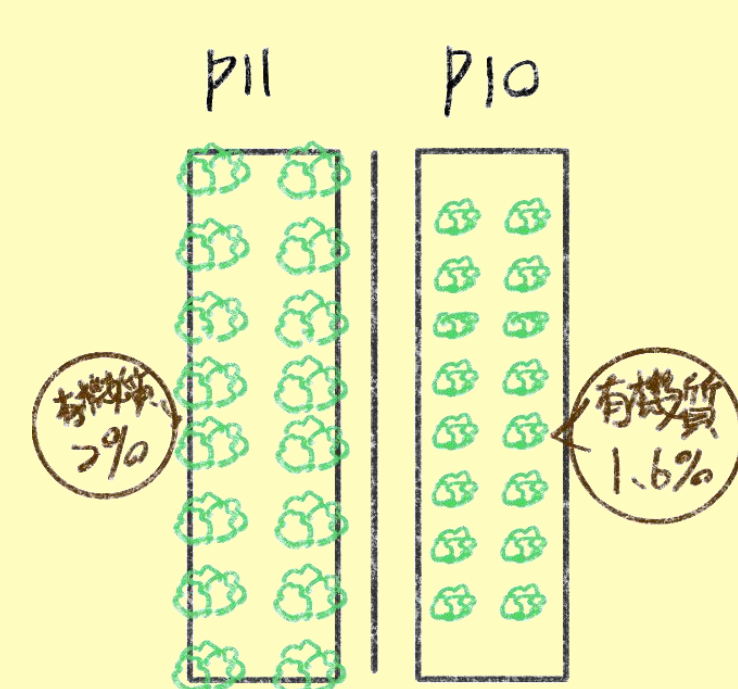
註：由作者繪製



註：由作者繪製



註：由作者繪製



註：由作者繪製

五、改進研究目的四之一的控制變因，將研究目的四之二P11、P10、P9三區土壤有機質含量都改善成和P8區（有機質3.4%）一樣，但P11區的福山萵苣就是長得比較好，分析當中的原因，可能是P11區的養分和水分比之前較為足夠所致。然實驗中仍有控制變因需要掌握得更好，像加有機質的肥料種類要一樣、各實驗區的土壤要均質及澆水參數設定等，期待之後的實驗，能找較為關鍵的因素將種植萵苣標準化。

六、在113年4月到113年7月再次進行實驗四，我們儘可能控制讓四個實驗區的土壤達到一樣條件。但113年6月16日當天種下菜苗後，遇到暑假午後雷陣雨將多數的菜苗打壞或被泥流淹蓋，導致要補種。之後又常遇上午大太陽、午後下雷雨，而衍生出新的變因要控制（防晒、防雨），深刻讓我們感受到在夏季要種植福山萵苣是較不容易的，可能要使用溫網室來實驗較為方便。

七、實驗五，在澆水情形、未施肥及在同種植地方等控制變因下，混合土區的福山萵苣長得比另兩區好，與原先假設有有機質含量較高的區域福山萵苣長得比較好有所不同。而砂土、培養土兩區差異不大可能是我們在栽種菜苗的植穴內放了適量的沃鬆5號培養土，所以砂土區有了接近培養土區的養分，我們預計在30~40天後再測，來驗證我們的猜測。

八、在我們實驗這段時間體會到農業是相當專業學門，要考慮的到變因相當多，不僅要有專業知識、技術及經驗，也需要掌控各種不同作物的種植條件，才較能省時間、省成本來種植。但農業生產又是人們生活的基礎不能沒有，從食農教育中學習農業科學可謂相當重要。



註：由作者繪製



註：由作者繪製



註：由作者繪製



註：由作者繪製

柒、結論

- 一、學校菜園各區的土壤質地均為砂質壤土。
- 二、學校菜園各區的土壤酸鹼度均略高於參考值（PH5.5~6.8）為鹼性。
- 三、得到學校菜園各區的土壤體積含水量與溼度感測器感測值的關係公式及轉換所得的對照表，可當成智慧化澆水系統設定使用。自動感測改良作法比手動感測作法更方便，也能得到更多的感測數據，所測得的關係式解釋量R²值更高達0.985。
- 四、福山萵苣以滴灌管管路澆水的種植方式比用澆水壺的手動澆水來得長得好，滴灌管管路澆水能讓水份緩慢滲入土壤中讓植物吸收，也比較節省澆水人力。
- 五、自製的智慧澆水系統可以跟農改場推廣的樂農系統有一樣的澆水功能，其澆水參數需配合作物及土壤質地依作物生長來微調整，以節省水資源。
- 六、土壤有機質較高的區域種植福山萵苣，搭配足夠的施肥及澆水，可使福山萵苣長得較好。

捌、參考資料（詳見作品說明書）