

2023仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

複賽作品說明書

隊伍名稱： UFO

作品名稱： AI 溫室—利用智慧培養箱研究植物生理表現

隊 員： 張珈綺、陳智珠

指導老師： 林秀珍、羅尹劭

科學概念1： **蒸散作用**是水從植物的氣孔散失到空氣中的過程，藉由根、莖、葉的維管束，將水由根送往莖，再到葉片蒸散到空氣中。蒸散作用可以幫助植物的根部吸收水分，同時調節植物的體溫。

科學概念2： 植物的**睡眠運動**具有日夜規律性，它會在24小時內不斷重複，例如：酢漿草的葉子不僅會在夜晚時垂下，有時也會午休，三片葉子靠在一起下垂的動作就像在睡覺。會進行睡眠運動的植物通常生長速度比較快，也具有更強的生存競爭能力。

註：複賽作品說明書內文總頁數最多10頁(不含本封面)

複賽作品說明書內文

1. 發想動機：

校園中的酢漿草

酢漿草生長能力強，在日常生活中隨處可見，我們學校校園中也有種植酢漿草，取得十分方便。酢漿草的特性是夜晚時葉片會明顯垂下，且植株矮小、易於栽種，所以我們選擇它當作智慧植物培養箱的種植植物，對它的蒸散作用與睡眠運動進行觀察記錄。



▲圖一：校園中的酢漿草

生物課的蒸散實驗

在七年級生物課堂上，老師曾帶我們用芹菜做蒸散作用實驗，在靜置20分鐘後，可以看到水位下降、葉柄被染紅，但實驗器材置於空氣流通的教室內，無法確定在這20分鐘內水位的下降是來自物理的蒸發現象，還是芹菜的蒸散作用，也無法更深入了解其他影響蒸散的變因，以及植物其他的生理現象。

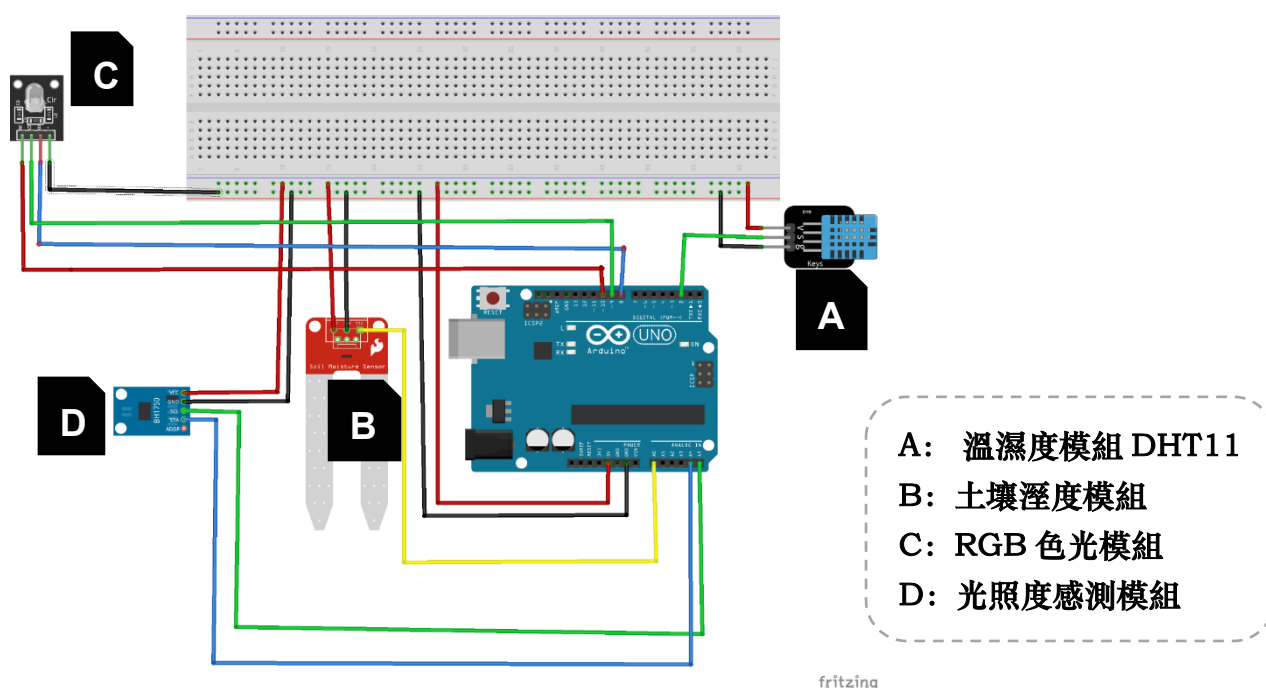


▲圖二：課本蒸散作用實驗示意圖

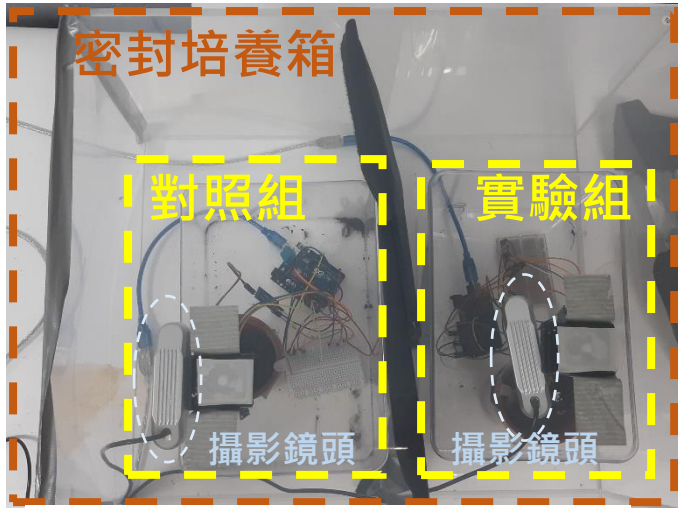
為了更深入研究蒸散作用及其他植物的生理現象，我們想要建造植物培養箱，並結合 Arduino 蒐集更多變因的準確數據，讓老師可以一邊上課，一邊監控植物的變化，有興趣的同學課餘也能藉由教室中的培養箱，觀測到更多植物不同的現象，植物生長一段時間後，老師再展示植物培養箱與數據結果，將其中原因一一講給同學聽，一舉數得！

2. 硬體及電路架構圖：

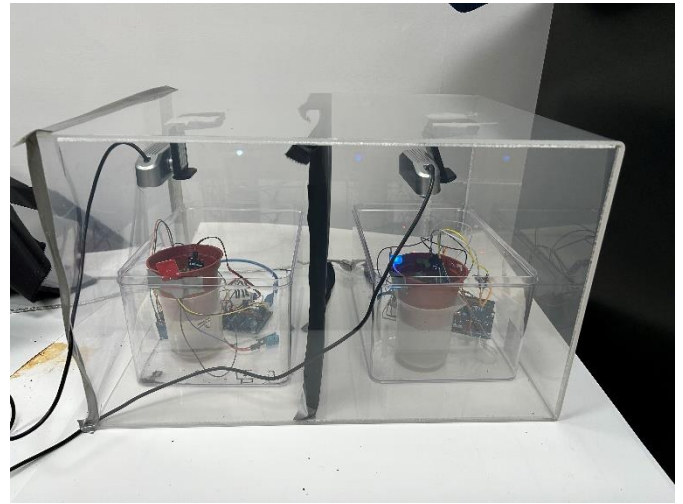
以下為智慧植物培養箱的 Arduino 電路圖，以及實際架設的照片。



▲圖三：實驗組／對照組電路架構圖



▲圖四：實際組裝的器材圖



▲圖五：培養箱側面照

3. 作品使用說明及應用：

(1) 培養箱裝置及程式

在組裝培養箱中 Arduino 電路的同時，我們將實驗條件及要讀取的數據寫入程式，程式內容分別說明如圖。

```

dht11
#include <SimpleDHT.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
BH1750 lightMeter;
int sensorValue;
int pinDHT11 = 2;
SimpleDHT11 dht11;
const int Red = 9;
const int Green = 10;
const int Blue = 11;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(Red, OUTPUT);
  pinMode(Green, OUTPUT);
  pinMode(Blue, OUTPUT);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Date,Time,h,t,s,l");
}

void loop() {
  Wire.begin();
  lightMeter.begin();
  byte temperature = 0;
  byte humidity = 0;
  int err = SimpleDHTErrSuccess;
  sensorValue=analogRead(A0); //讀取感測器回傳值
  analogWrite(Red,0);
  analogWrite(Green,255);
  analogWrite(Blue,255);
  if ((err = dht11.read(pinDHT11, &temperature, &humidity, NULL)) != SimpleDHTErrSuccess) {
    Serial.print("Read DHT11 failed, err="); Serial.println(err);
    return;
  }

  float lux = lightMeter.readLightLevel();
  Serial.println( (String) "DATA,DATE,TIME," + (float)humidity + "," + (float)temperature+ "," + sensorValue+ "," + lux );
  delay(1000); //每10秒顯示一次
}

```

1-3行: 匯入程式庫

4-6行: 設定腳位

7-10行: 紅、藍、綠色的腳位

11-19行: 包率，顏色腳位，日期(Date)，時間(Time)，土壤濕度(s)，溫度(t)，光照度(h)

1-5行: 控制溫度和光照度

6-10行: 控制光的顏色

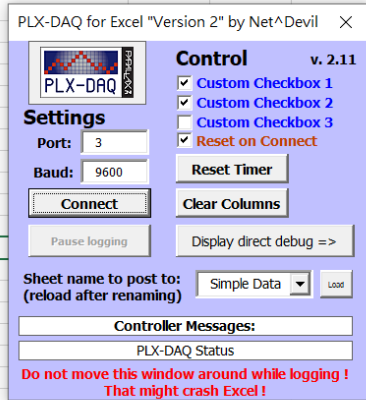
11-16行: 數據匯入excel的格式

17行: 數據出現的秒數

◀圖六：實驗中使用的 Arduino 程式

利用電腦收集數據的部分，我們使用的是 excel PLX 軟體。首先先將 Arduino 程式照匯入 excel 的格式，依序讀出各項數據，並在每次收集數據時將 Port 改成和 Arduino COM(序列埠)相同的數字3，而包率(Baud)要設定成9600，接著按下 Connect 可以用 excel PLX 軟體收數據到 excel。我們收到的數據有以下幾個項目:日期(Date)、時間(Time)、土壤濕度(sensorValue)、溫度(temperature)、光照度(humidity)，透過上述方式我們可以精準的收集數據，了解植物與環境的變化，方便培養箱的觀察監測。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Date	Time	h	t	s	l				
2023/4/12	01:02:18 PM	64	24	305					
2023/4/12	01:02:28 PM	64	24	304	Open PLX DAQ UI				
2023/4/12	01:02:39 PM	64	24	304	0				
2023/4/12	01:02:49 PM	64	24	304	0				
2023/4/12	01:02:59 PM	64	24	304	0				
2023/4/12	01:03:09 PM	64	24	305	0				
2023/4/12	01:03:19 PM	64	24	305	0				
2023/4/12	01:03:29 PM	64	24	306	0				
2023/4/12	01:03:39 PM	64	24	306	0				
2023/4/12	01:03:49 PM	65	24	306	0				
2023/4/12	01:03:59 PM	65	24	307	0				
2023/4/12	01:04:09 PM	65	24	306	0				
2023/4/12	01:04:19 PM	65	24	306	0				
2023/4/12	01:04:29 PM	65	24	306	0				
2023/4/12	01:04:39 PM	65	24	306	0				
2023/4/12	01:04:49 PM	65	24	307	0				
2023/4/12	01:04:59 PM	65	24	306	0				
2023/4/12	01:05:09 PM	65	24	307	0				
2023/4/12	01:05:19 PM	65	24	307	0				
2023/4/12	01:05:29 PM	65	24	307	0				
2023/4/12	01:05:40 PM	65	24	308	0				
2023/4/12	01:05:50 PM	65	24	308	0				



▲圖七：excel PLX 軟體使用介面

(2) 酢漿草種植

我們在寒假時到學校採集校園裡的酢醬草，並進行實驗植物的種植。採集的是酢醬草的匍匐莖，採集的訣竅是從花圃的邊邊找到主要的匍匐莖，沿著匍匐莖就可以將一整排的酢醬草拔起。接著要將拔起的酢醬草移植到盆栽裡，要挑選葉片大小較一致的酢醬草移植，實驗結果才比較有參考價值。

我們移植了許多盆的酢醬草，但有許多都不幸枯死、葉片黃掉，可能是移植後不習慣盆栽的環境和土壤，而且莖較長且高大的容易枯萎，莖較短且矮小的存活得相較起來較好。最後我們挑選了長得最好、有一定的葉片面積，且葉片大小相似的兩盆酢醬草，分別當作對照組和實驗組，進行接下來的實驗。



▲圖八：在校園採集酢醬草



▲圖九：利用酢醬草的匍匐莖做種植

(3) 實驗方法步驟

實驗目的

許多人都有研究植物的睡眠運動和蒸散作用，但蒸散和睡眠運動兩者之間會有什麼關係嗎？這就是我們的發想，所以我們打算透過土壤溼度感測器測量蒸散作用，並利用相機錄影直播，觀察植物的睡眠運動，並做成紀錄表格，進行後續分析。

實驗培養箱設計

我們以紅、綠、藍三種色光當實驗組，白光當對照組，探討色光對睡眠運動及蒸散作用的影響。除了燈光顏色不同以外，其餘的都是此實驗中的控制變因，我們一開始想到實驗組和對照組要一同放在一個大培養箱中，濕度和氣溫較相同。但怕實驗組與對照組的燈光會互相影響，於是在中間再用隔板隔開，並自行裁切黑色不透光布貼於隔板上。接著，我們用模型紙裁切成培養箱開口的大小，做成培養箱的蓋子，使用膠布黏貼於開口四周，使培養箱達成較密封的狀態。最後，用黑色不透光布將整個培養箱蓋住，防止外在環境光線影響。另外使用冷氣全天候固定溫度和濕度，使實驗結果更加準確。

實驗數據收集

培養箱中的實驗器材準備就序，下一階段就是要開始收數據。首先架設相機錄影，一開始鏡頭原本用布膠帶黏貼於培養箱內部錄影，但遇到鏡頭黏不牢、中間掉落的問題，還好改用強力雙面膠固定，解決了這個棘手的問題。我們試著用電腦內建的錄影功能，以及網路上免費的螢幕軟體錄製實驗影像，兩者皆無法完成數十小時的長時間錄影。後來我們發現可以使用 Youtube 直播，不會間斷而且可以存檔，於是嘗試使用 Youtube 直播來觀察植物，但遇到學校無線網路斷線的問題，後來改成連接有線網路進行直播。Youtube 直播唯一的缺點是錄製的時間只有12個小時，超過12個小時，該直播會無法觀看存檔影片，所以後來我們決定改成從下午1:10開始錄製，並且於晚上11:00在家登入帳號再到 Youtube 按下停止錄影，在過程中我們摸索了許久，才終於找到設定直播和儲存實驗影像的方法。

收數據一、兩次後，有一次封箱時不小心扯到線，導致沒有收到數據，經過這次經驗後，我們在實驗流程中加入新的步驟，那就是在封箱完畢後，再次確認電腦是否讀出數據，避免再次發生類似問題。另外我們還發現土壤濕度感測器容易氧化，造成感測的數據不準確，實驗中需定期更換感測器。

實驗流程

步驟1) 上傳程式: 將寫好的程式上傳到 Arduino 板，讀取相關觀測值。

步驟2) 感測器校正: 將土壤溼度感測器放置於空氣和水中，測量達到穩定的值

步驟3) 拍照記錄: 紀錄當天實驗時，實驗組與對照組的葉片面積。

步驟4) 幫植物澆水: 均勻的澆水，使植物獲得一天的充足水分，並同時監測土壤濕度值，達穩定便能開始進行實驗。

步驟5) 設置觀測環境: 用貼有黑色遮光布的壓克力隔板放置於實驗組與對照組之間，將兩者

的燈光隔絕，並在培養箱外蓋上黑色遮光布，去除環境光線的影響。

步驟6) 開始記錄/直播：使用 excel PLX 軟體收集數據，同時用 YouTube 直播植物睡眠運動的影像，並複製直播影片連結方便日後觀看

步驟7) 儲存數據：將數據儲存成 excel 檔案，並上傳到雲端進行備份



◀圖十：利用 youtube 直播觀察並儲存實驗影像

4. 作品創意性：

研讀之前的科展作品可以發現，與蒸散作用或睡眠運動相關的作品中，多為人工紀錄數據，數據筆數受限，我們設計組裝的智慧培養箱可以將數據直接傳送到電腦上，得到即時準確的數據，還能同步進行網路連線直播實驗影像，以及儲存實驗影像。這麼一來，便可同時觀察植物的蒸散作用與睡眠運動，並收集連續數據，還能研究兩者相互影響的關係。

設計多功能智慧培養箱，不只讓老師教學和同學觀察更方便，還能得到更詳細的數據，兼具研究功能。期望在國一生物課教到植物蒸散作用與睡眠運動的單元時，可以讓學弟妹感受到實驗課魅力，以及增進對植物的認識，使實驗課更豐富有趣。

5. 作品成果報告

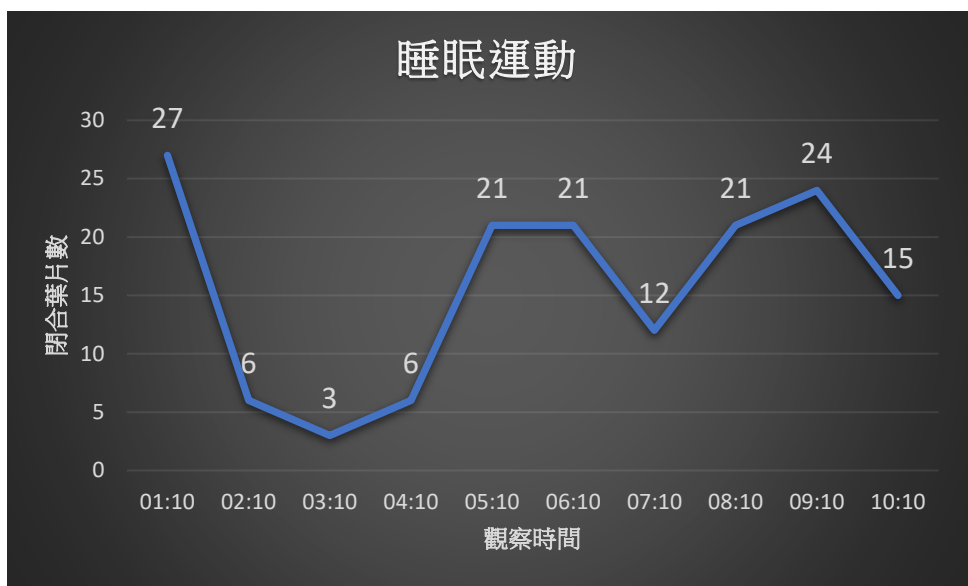
(1) 睡眠運動

在直播結束後，我們回家觀看留存在雲端的影片檔案，記錄12小時內酢漿草的葉片變化。

20230330 藍光							
1	影片時間	換算時間點(時:	張開的植株數	閉合的植株數	張開的葉片	閉合的葉片	文字紀錄
2	(分)	分)	(株)	(株)	(片)	(片)	
3	0	01:10	1	9	3	27	
4	60	02:10	8	2	24	6	葉片張開
5	120	03:10	9	1	27	3	葉片張更開
6	180	04:10	8	2	24	6	葉片慢慢閉合
7	240	05:10	3	7	9	21	葉片快速閉合
8	300	06:10	3	7	9	21	葉片張的較大
9	360	07:10	6	4	18	12	葉片微微張開
10	420	08:10	3	7	9	21	葉片又閉合
11	480	09:10	2	8	6	24	葉片閉得較緊
12	540	10:10	5	5	15	15	葉片開始張開

▲表一：睡眠運動的觀測紀錄

將觀測紀錄中，不同時間閉合的葉片數畫成以下折線圖，能清楚看到實驗中酢漿草進行睡眠運動的時間點。



▲圖十一：藍光下不同時間點閉合的葉片數

如圖十一所示，這次實驗中閉合葉片數最多的時間分別為5:10和9:10，可知藍光下酢漿草在這兩個時間點完成睡眠運動，這兩個時間點分別為酢漿草午間和晚上的睡眠時間。我們的實驗觀察到三種色光與白光對照組的睡眠時間，結果如表二：

實驗日期		時間點	白光下閉合的葉片數	色光		時間點	閉合的葉片數
3/30	開始	1:10 pm	15	藍光	開始	1:10 pm	27
	午間睡眠	2:10 pm	16		午間睡眠	5:10 pm	21
	晚上睡眠	9:10 pm	18		晚上睡眠	9:10 pm	24
4/10	開始	1:10 pm	9	紅光	開始	1:10 pm	6
	午間睡眠	3:40 pm	17		午間睡眠	6:10 pm	27
	晚上睡眠	9:10 pm	29		晚上睡眠	11:10 pm	30
4/11	開始	1:10 pm	14	綠光	開始	1:10 pm	15
	午間睡眠	4:40 pm	20		午間睡眠	8:10 pm	27
	晚上睡眠	10:10 pm	29		晚上睡眠	12:10 pm	30

▲表二：白光與不同色光睡眠運動時間點對照表

我們從「酢漿草，也要午睡嗎?~探討酢漿草的光觸反應」這篇報告得知，酢漿草中午有午睡的現象，我們觀察到的實驗結果也有此現象。三次的白光對照組睡眠時間不同，推測可能是因為植株正在漸漸適應實驗箱中的照光和溫度，導致睡眠運動發生時間的改變。從實驗結果可知，酢漿草睡眠運動受生理時鐘影響，色光會影響酢漿草午間和晚上睡眠的現象，使得酢漿草越來越「晚睡」。

(2) 蒸散作用

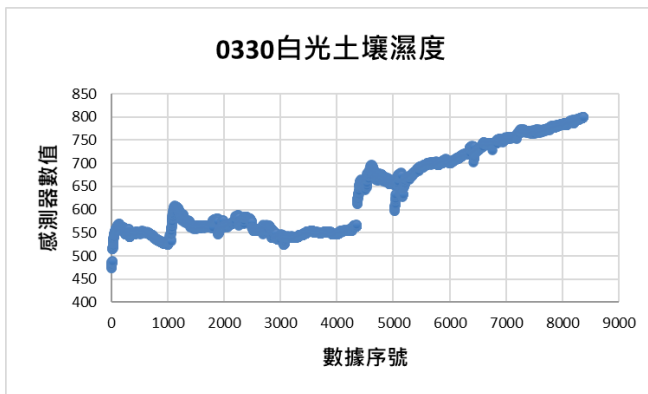
從國一生物課本所學，我們知道溫度、濕度、光照度都是會影響植物蒸散作用的因子，本實驗操作變因是色光，所以在實驗過程中我們測量培養箱的溫度、濕度、光照度，確保實驗條件的一致。

實驗前感測器的校正

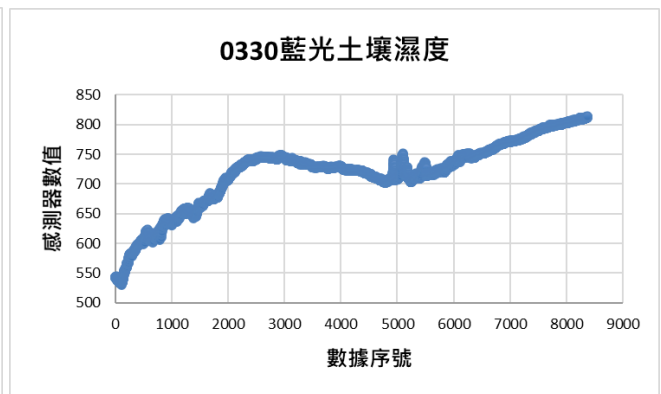
在每次做實驗之前我們都會先將每次收數據的時間改成每秒收一次數據，以觀察收到的數據是否穩定。接著在空氣中和在水中分別進行土壤溼度感測器的校正，一開始感測器剛接觸到空氣和水數據會比較不穩定，等待一段時間後感測器收到的數據會較為穩定、數值差異較小。這個步驟可以確認相同的感測器測量結果具一致性，如此一來數據也較有參考價值。

實驗方式

我們同時監測培養箱中白光與色光組別，一天之內土壤濕度感測器的數值變化，如下圖。



▲圖十二：白光下的土壤濕度變化



▲圖十三：藍光下的土壤濕度變化

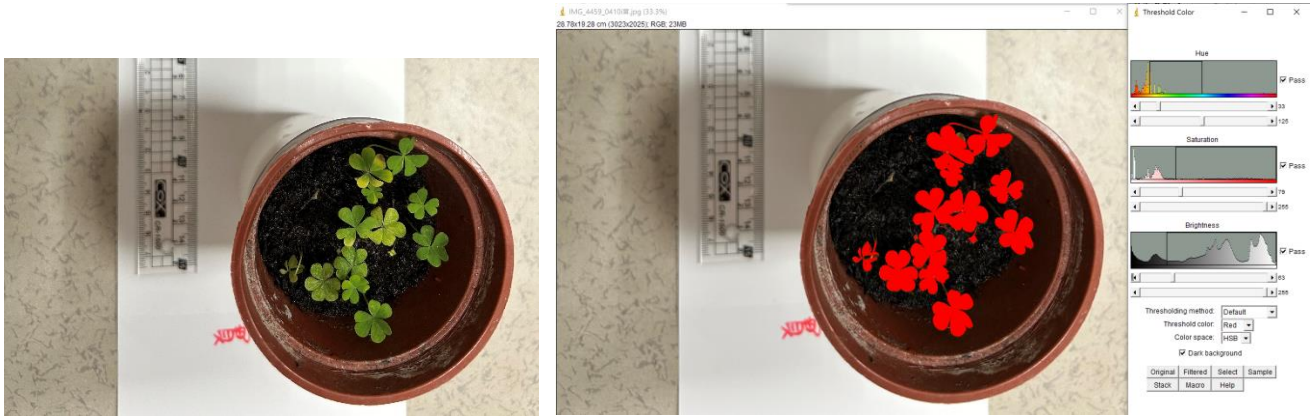
土壤濕度感測器的數值範圍在0~1023之間，數值越大，代表土壤濕度越低，圖十二和圖十三的趨勢圖顯示，隨著植株的蒸散作用，感測器數值會越來越大，表示土壤濕度越來越低。因為每隻感測器在相同環境下收到的數據不一定相同，因此我們決定使用每隻感測器收到的數據最大值與最小值相減的差(delta)值，來進行比較，如表二。

實驗日期	色光	色光的溼度變化值 (delta)	色光的溼度變化值 (delta)-白光變化值 (delta)	蒸散量比較
03/30	藍光	327	-44	蒸散量較白光少
04/06	紅光	117	-185	蒸散量較白光少
03/28	綠光	74	-253	蒸散量較白光少

▲表二：白光與不同色光睡眠運動時間點對照表

用 imageJ 確認實驗組與對照組得葉片面積

最初我們開始做實驗時，是用肉眼觀察酢漿草的葉片大小和株數，盡可能選出大小、株數差不多的兩個盆栽，一盆當作實驗組，一盆當對照組。我們想知道實際葉片面積是否相等，也想扣除植株在實驗期間枯黃凋萎的葉片面積，因此我們用 imageJ 軟體計算每次實驗的植物葉片面積，來算出單位面積的水分蒸散量。



▲圖十四:實驗組酢漿草照片(含比例尺)

▲圖十五:用 imageJ 軟體分析照片中葉片面積

操作 imageJ 軟體的步驟如下：

1. 點擊 open 選出要計算的盆栽照片
2. 點選上方的直線畫出單位長度:cm
3. 設定單位為 cm
4. 選擇 Image 中的 Adjust 中的 Color Threshold
5. 將鮮豔度、顏色、深淺調到可以把要計算的物體全部圈起來為止，按下 enter 鍵再次確認圈起來的是否要得範圍
6. 按 Analyze 中的 Measure 把得到的數字手動記錄下來。

在實驗中我們發現，在相同亮度下，對照組白光予實驗組色光兩者相比較，不論是哪一種色光，白光皆蒸散得較多。我們推測可能是因為綠色植物會反射綠光，吸收其他顏色的光，對照組吸收了較多的藍光及紅光，所以蒸散得比較多，而實驗組的不論是紅光還是藍光，植物都只吸收到一種色光，因此蒸散得較慢。

睡眠運動和蒸散作用的關係

我們觀察到植株在睡眠運動到特定的時間時葉片會下垂甚至閉合，在這期間蒸散作用因葉片下垂，會較曬不到燈光，減少水分的蒸散，因此蒸散作用也會較不旺盛。

另外照射色光會使得植株延後睡眠運動的時間，也會導致植株水分蒸散量變少，推測可能是光線使打開的氣孔數量變少，也有可能是植株睡眠時間較久導致蒸散變少。有待下次做更進一步的研究，收集更長時間的連續睡眠運動記錄，以及更多的數據，才能確定不同色光對植株蒸散量更詳細的影響效果。

(3) 實驗心得與未來展望

我們的實驗偵測的時間很長，在實驗過程中感測器長時間處於潮濕狀態，發現土壤濕度感測器其實非常容易鏽蝕，下次實驗可以更常替換感測器，或改成較不會生鏽的感測器測量數據，更能確保數據的準確性。

透過這次實驗，我們發現第一天的數據和其他天的數據有些差異，因此我們認為植物也需要適應期。若是以後有更長的時間讓我們再做一次實驗，我們可以在觀察睡眠運動結果之前，先讓植株在培養箱適應環境一天後再測，也許會得到更準確的實驗結果，

若未來能克服直播監測影片只能錄12小時的限制，我們將能找出酢漿草在不同色光中，更多關於睡眠運動的規律，並延伸應用於研究植物的睡眠運動與蒸散作用是否有絕對關係，如何控制植物蒸散和睡眠等。另外，運用智慧培養箱收集數據，並將數據建立出模型，可以預測植物的生理表現，未來也可以應用在與植物種植相關的研究。

6. 參考文獻：

- [1]自然與生活科技(民110), “觀察植物體內的維管束”, 台北:南一文教事業。
- [2]孟芸璟、林致宇、王妤亘(2022)。酢漿草，也要午睡嗎?~探討酢漿草的光觸反應。臺灣國際科學展覽會植物學科
- [3]林靖程、林宜誼、陳怡安、羅壬甫、張承祐(2019)蘭啟希望-AIoT智慧培育箱。臺北市第53屆中小學科學展覽會生活與應用科學科
- [4] 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國小組生活與應用科學科

