

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科 (一)

組 別：國小組

作品名稱：『固碳專「葉」智慧+』：魚菜共生自動監控系統

關鍵詞：固碳、魚菜共生、程式設計（最多 3 個）

編 號：

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。

摘要

本研究主要是因應氣候變遷，利用種植葉菜類植物來固碳，減緩全球暖化，利用養魚產生的排泄物，提供植物營養，設計一套結合資訊科技的魚菜共生系統。本系統透過太陽能板收集電力提供沉水馬達電力，馬達抽水與虹吸原理調節水循環與供氧，microbit、Quno 兩者接感測器監控水溫，利用伺服馬達的轉動餵食與遮蔽日照，提供魚較適當的環境，打造一個能遠端監控、低成本、高效率、節能省水的魚菜共生裝置，以為推廣和應用魚菜共生相關系統提供科技化技術支持。

壹、前言

一、研究動機

由於人類飲食與活動產生大量的二氧化碳，出現全球暖化、氣候變遷等情形，造成許多大自然動植物正處在瀕臨絕種的命運之中。所以，科學家提倡透過「固碳」降低溫室氣體，減緩全球暖化，我們透過這樣的想法，設計出擁有免插電、自動餵食及澆灌液肥，甚至能監測溫度，調控環境模式的『固碳專「葉」智慧+』：魚菜共生自動監控系統，養魚可怡情養性，植物除了可觀賞或食用外，還能固碳可幫助減少地球暖化，設計一個一舉數得的裝置系統。

二、研究目的與問題

我們的研究目的主要是利用太陽能與較少人力管理的系統來達成固碳的效果，建立了智能型魚菜共生系統模組，能偵測溫度與因應溫度變化而產生的系統反應，讓系統永續，進而還有蔬菜和小魚可食用。

(一)目的

1. 打造一座綠能固碳永續的魚菜共生裝置。
2. 利用微電腦監控數值，以利裝置管理。

(二)問題

1. 何種太陽能板規格裝置適合本研究？要追日嗎？
2. 裝置放學校，假日無法到校餵食，如何避免魚餓死？
3. 雖然魚菜共生了，但還是會缺乏部分營養，如何設計自動施肥系統？
4. 如何避免魚曝曬在太陽底下的時間過長導致耗氧量增加，甚至使魚身亡？
5. 如何遠端上傳資料？
6. 不同植物生長在此裝置中，是否有顯著不同？以地瓜葉、薄荷、迷迭香為例。

三、文獻探討

(一)太陽能板類型

目前常見為單晶矽、多晶矽和非晶矽等三大類，不同技術生產的太陽能板其成本各異，且各有其優缺點。

1.單晶矽：單晶矽效率較高，但成本也相對較高。

2.多晶矽：多晶矽在成本上較為實惠，但其轉換效率自然稍微低一些。

3.非晶矽（塗層）：過去首推台積的CIGS，其轉換效率在幾乎突破矽晶類的時候，因製造成本太高，選擇退場。

太陽能技術類型	外觀	發電效率	價格
單晶矽	均勻電池色澤，搭配黑色背板和黑色框更好看	發電最好，>19%模組效率	較高
多晶矽	電池色澤不一致，因為原料有晶格，導致有藍色雪花般的色差	逐漸被淘汰的矽技術，<17%模組效率	因效能較低，價格較低
薄膜	深灰色電池外觀可搭配無框設計更好看	發電效率偏低，<17%	因效能較低，價格較低

(二)植物固碳能力分析

植物之所以能儲存碳化合物，是因為光合作用會吸收空氣中的二氧化碳及土壤中的水分，最後釋放出氧氣及葡萄糖。植物吸收二氧化碳後，會把碳儲存在木質部、樹葉、根部，還有果實裡。固碳量是指通過自然或人工方式將大氣中的二氧化碳(CO_2)吸收並儲存於植物、土壤、海洋或其他碳庫中的能力，這一過程稱為碳封存。固碳有助於減少大氣中的二氧化碳濃度，從而減緩全球暖化和氣候變遷的影響。

生活中常見的蔬菜，固碳能力如何呢？我們上網查詢計算蔬菜固碳能力的步驟：

1.了解植物的生物量

生物量是植物所產生的有機物質量，包括根、莖、葉和果實。蔬菜的生物量可以通過重量來計算，通常使用乾重（去掉水分後的重量）來計算，因為含水量會影響總重量。

2.碳含量

植物生物量中大約40%是碳。因此，假設一棵植物的乾重是X公斤，那麼其中的碳含量為：碳含量= $X \times 40\% = 0.4X$

3.二氧化碳轉換

要將碳轉換成等效的二氧化碳量，需考慮二氧化碳分子中碳的比例。二氧化碳的分子

量是 44，其中碳的原子量是 12，因此碳在二氧化碳中占的比例是：所以，

已知碳含量 X 公斤時，植物固定的二氧化碳量為：

將公式合併，可以得出植物固定的二氧化碳量公式：

$$\text{固定的二氧化碳量} = X \times 12/44$$

4. 實際應用

對於不同的蔬菜，生長週期、光合作用速率以及生物量不同，因此具體的固碳能力會有所差異。可以通過測量蔬菜的生物量並代入上述公式來粗略估計每種蔬菜的固碳量。例如，某種蔬菜的乾重為 1 公斤，那麼它固定的二氧化碳量大約為：

$$1 \times 0.4 \times 12/44 = 1.47 \text{ 公斤的二氧化碳}$$

5. 影響因素

蔬菜固碳能力的計算也會受到蔬菜生長速度不同、植株體積越大的植物其固碳能力越強、環境條件(如光照、水分和營養條件)等也會影響植物的光合作用效率，從而改變固碳量。

(三) 水耕植物成長需要的營養

植物生長需要各種養分，水耕系統中，植物直接從水中吸收溶解的養分，為了促進植物健康成長，必須保證水中含有適當的營養元素。這些養分可以分為需要量大的宏量元素：氮 (N)、磷 (P)、鉀 (K)、鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、硫 (S) 和需求雖少但卻不可或缺的微量元素：鐵 (Fe)、錳 (Mn)、鋅 (Zn)、銅 (Cu)、鉬 (Mo)、硼 (B)、氯 (Cl)。

(四) 魚菜如何互利共生

因為水耕需要大量的氮肥，而魚的排泄物、殘留飼料和生物腐敗會產生氨和亞硝酸鹽，是危害水質的殺手，但若經過硝化菌可分解，可將有毒阿摩尼亞(NH₃)轉化成為亞硝酸鹽 (NO₂⁻) 或進一步轉化為硝酸鹽 (NO₃⁻)，在這分解過程中，植物就可以吸收成為自身的養分。

硝化菌需要多孔材料（如陶瓷、岩棉、珊瑚、火山岩）的表面來附著和生長。這些表面不僅為硝化菌提供了穩定的生長環境，還能促進它們的活動和繁殖。為了讓硝化菌能夠有效附著，物品的表面需要具備一定的多孔性和粗糙度，這樣可以提供足夠的表面積來供微生物生長。常見的材料包括陶瓷、火山岩、塑料生物濾材（如生物球和生物環）、砂礫、海綿和某些水培基質等。選擇適當的介質可以促進硝化菌的繁殖，從而幫助有效進行氮循環，維持水質穩定。而我們因為不想額外添購這些用具，突然有人想到蛋殼也是粗糙且多孔表面，故我們決定在水裡加入蛋殼，讓硝化菌附著生長。

(五) 植物水耕

我們採取生活中易取得的植物：地瓜葉、薄荷、迷迭香，進行裝置模組的運作，上網查詢地瓜葉、薄荷、迷迭香此三種植物的普遍生長情形如下：

1. 光照需求

地瓜葉：對光照需求較高，喜歡充足的陽光，較耐旱。

薄荷：對光照要求中等，可以在部分陰涼的環境中生長。

迷迭香：屬於陽光充足且乾燥的環境中較適合生長，對水分的需求不高，喜歡排水良好的土壤。

2. 水分需求

地瓜葉：需要較多的水分，但對過度積水有一定的耐受性。

薄荷：需要較多水分，但對過濕的環境不耐，排水較好的土壤是最佳選擇。

迷迭香：對水分的需求較低，過多的水分容易引起根部腐爛。

3. 土壤要求

地瓜葉：生長在肥沃、疏鬆且保水性較好的土壤中。

薄荷：對土壤的要求不高，一般的疏鬆土壤即可。

迷迭香：喜歡排水性好的土壤，較耐鹽鹹。

4. 溫度需求

地瓜葉：適應高溫環境，生長較快。

薄荷：較耐寒，但對極端低溫較敏感。

迷迭香：喜歡溫暖乾燥的氣候，耐高溫，但低溫易受損。

貳、研究設備及器材

一、研究設備

1、實驗運用到的素材

太陽能板(發綠電)	沉水馬達(抽水到上面植物區)	水泵浦(自動澆灌營養液)	植物苗(地瓜葉、九層塔、薄荷、迷迭香)	發泡煉石和石頭(固定植物)
				
繼電器(用小電流控制大電流)	水位感測器(感應水位高低)	RGB 燈(陽光不足時開啟照明)	LCD 顯示器(顯示各種數值)	溫濕度感測器(感測水溫)
				
魚類	水	硝化菌(分解魚排泄物)	太陽能充電盒*1	18650 電池*3
				

自製液肥材料 1	自製液肥材料 2	塑膠箱子*2	加輪的雙層架	水管(細管抽水、粗管做虹吸管)
				

2、硬體：電腦、micro:bit 及擴展板(編寫各感測器程式)、ESP32 等擴展板(編寫 google sheet 及 line 通知程式)、加輪的雙層架。

3、軟體：Canva、micro:bit、BlocklyDuino、Word。

二、研究裝置

利用以上研究設備，經過討論與實作後，修正組裝成以下裝置。

1、太陽能裝置設計

太陽能板有分成單晶矽、多晶矽和非晶矽等三大類，我們選用的是兩片單晶矽太陽能板，因為單晶矽轉換效率較高，也是目前較為普遍、容易購買到的。購置兩片並接是為防止陽光不足，能源轉換效率不好，無法把充電電池充飽，供應夜間運轉。



圖 1.最初的太陽能裝置



圖 2.最後的實驗裝置

2、自動餵食器系統

考量假日不會去學校，為避免魚餓死，設計自動餵食系統，利用程式設計，定時給予魚飼料。利用伺服馬達的旋轉投餵飼料。

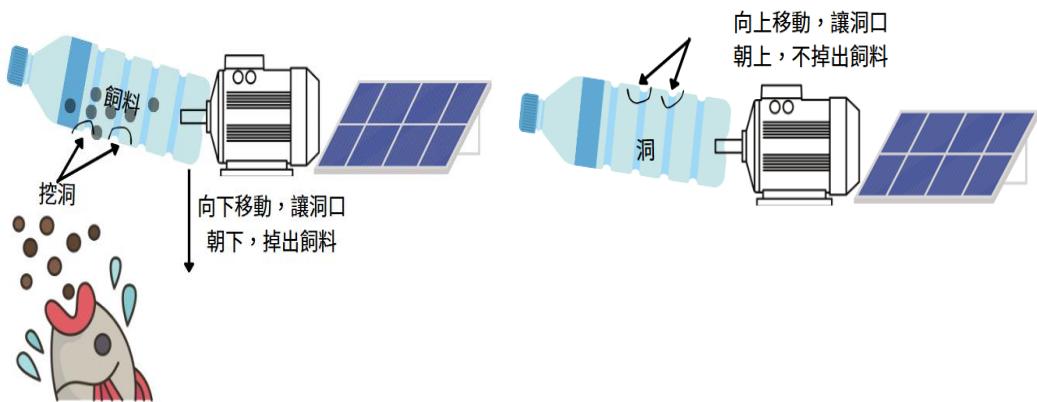


圖 3.自動餵食裝置(左邊模擬餵食、右邊模擬不餵食)

3、自動施肥系統

我們查詢相關資料得知，魚菜共生可以利用硝化菌讓魚群排泄物分解，產生養分氮供植物生長，另外鉀肥也是植物很需要的養分，我們利用香蕉皮與黑糖製作鉀肥液，原本利用 micro:bit 控制自動滴灌的時間，後來因為想整合微電腦板，所以嘗試用 esp32 做處理。

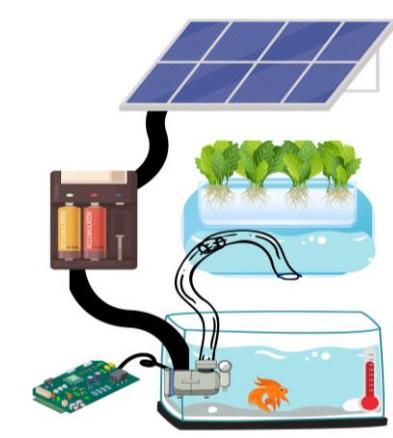


圖 4.裝置設計圖

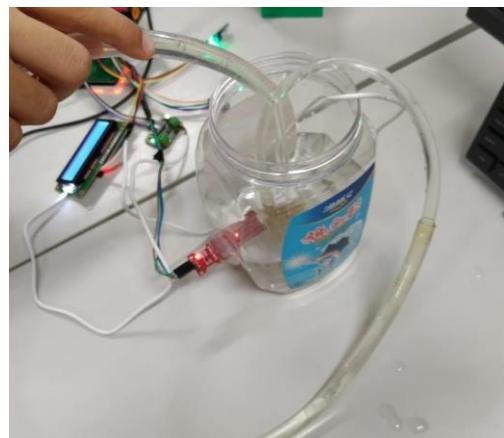


圖 5.自動施肥裝置

4、自動遮陽系統

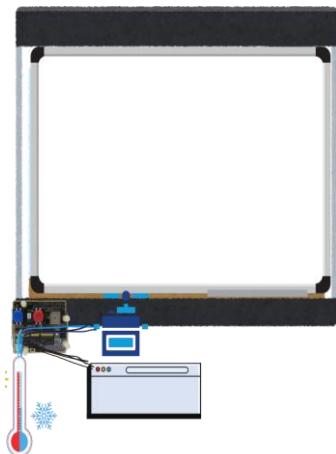


圖 6.裝置設計圖



圖 7.自動幫魚遮陽裝置示意圖(右邊是遮陽)

參、研究過程或方法

一、研究流程圖

我們將討論後的想法用 Canva 畫出作品設計流程圖和程式設計流程圖，以方便我們研究進行。

1.作品設計流程圖

右圖是我們在設計此裝置時思考的流程，首先，我們要先[同理]，理解並認同我們所要研究的事物。

接著，要[設想、定義]我們研究的目標和成果。

然後要開始[發想]裝置所需要的系統，發想後，便要開始[實際製作]。

最後要開始[測試]我們所製作的裝置，看看功能的實際狀況。



圖 8.作品設計流程圖

2.程式設計流程圖

右圖是我們的程式設計流程圖，當陽光足夠時，太陽能板就會開始儲電，而多餘的太陽能電將充入18650充電電池中，藉此在陽光不足時提供電力，讓裝置運轉。

我們的裝置功能包括溫度感測系統、自動餵食系統、自動施肥系統、水質過濾系統、水位調節系統與感光系統。

其中，溫度感測系統若偵測到溫度過高就會放下遮罩；若溫度正常則會移開遮罩。

而感光系統在光線不足時，會開啟電燈，光線充足則會關閉電燈。

系統會透過 wifi 傳輸數據與及時通知系統管理者。

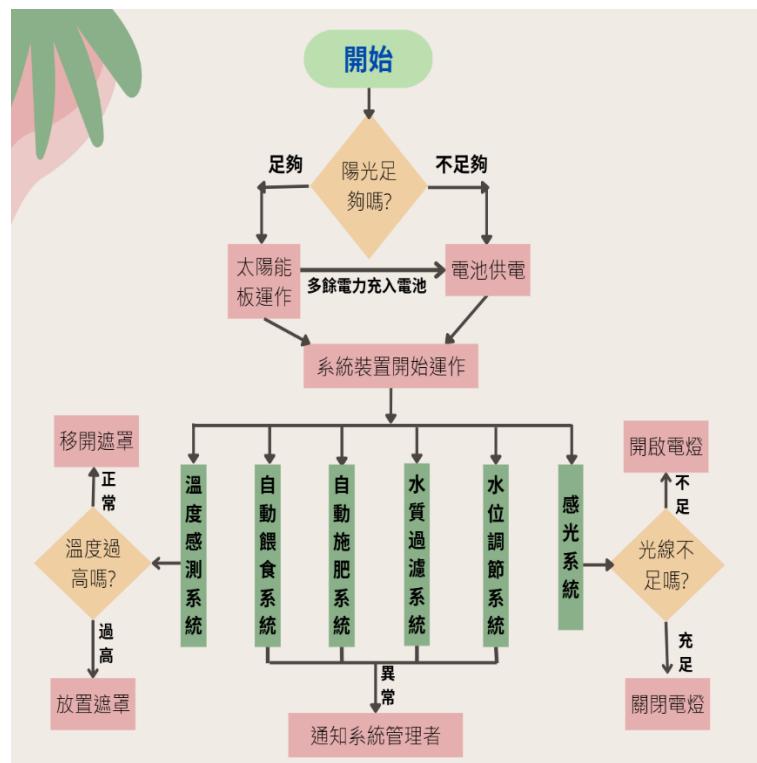


圖 9.程式設計流程圖

二、研究問題

[問題一]：何種太陽能板規格裝置適合本研究？要追日嗎？

研究想法：

之前看學長姐做過自動追日的太陽能小車，我們也想應用追日系統，但發現太陽能板大小與伺服馬達的轉動力，會影響架設裝置是否能夠設定程式自動追日。

目前市面上主流的太陽能板規格多為 390W，而台灣每日的平均日照時數約為 3.5 小時，換算成實際發電量，這片太陽能板每天大約可以產生 $390 \times 3.5 = 1365\text{Wh}$ 的電力，而我們的太陽能板是 50W，因此是 $50 \times 3.5 = 175\text{Wh}$ 的電力，不過我們放置太陽能板的地方是三樓教室走廊，所以不一定是 3.5 小時，有時是雨天或陰天，發電量不理想，所以在陰天時有必要換成電池供電。

研究方法：

首先，我們很想讓太陽能板自動追日，但因為要養魚，必須設計流動的水循環，若要採用太陽能來提供電力，我們就不能買太小的太陽能板，若要追日必須增加耗費的電力，想要做全靠太陽能來驅動有難度，故討論後捨棄自動追日。

接著，上網研讀文章，最後，我們購買的太陽能板上面是標註 50W，是指在理想條件下，每小時可以產生 50W 的電力。但實際上，秋天陽光較弱，我們期望它在白天能將三顆 18650 的電池充滿。

最後，我們計算用太陽能充電需要多久，我們需要了解以下幾個因素：太陽能板的輸出功率、輸出電壓和電流，18650 電池的容量是 2200mAh，這相當於 2.2Ah，充電時有一部分能量會損失（通常效率在 80% 到 90% 之間）。

[問題二]：裝置放學校，假日無法到校餵食，如何避免魚餓死？

研究想法：

假日我們通常不會去學校，加上上學期突然放颱風假，我們為避免魚餓死，設計自動餵食系統，可以利用程式設計，定時給予魚飼料。

研究方法：

我們想利用伺服馬達的旋轉投餵飼料。找小型寶特瓶，在保特瓶身鑽小洞，用程式控制轉動 90 度與停留的秒數，當洞口朝下就會掉出適量的飼料，就旋轉回來。一天有 86400 秒鐘，我們設計一天餵食兩次，每次餵食 1 秒，但溫度若超過攝氏 32 度，魚類會因氣溫過高而導致消化代謝增強，攝食增多，因此系統就會停止餵食。

[問題三]：雖然魚菜共生了，但還是會缺乏部分營養，如何設計自動施肥系統？

研究想法：

魚菜共生系統結合養魚和植物栽種，魚的排泄物經由硝化系統轉換後，成為植物成長所需的養份，植物吸收養份及過濾後，淨化養殖水再返回魚池，達到資源循環再利用的

低碳生態圈。但還是缺乏鉀等微量元素，所以我們用香蕉皮與黑糖水做成營養液，香蕉皮中含有大量的果膠、寡糖、纖維素、半纖維素、木質素等膳食纖維，還含有豐富的蛋白質、脂肪、鈣、鎂、鐵、鋅等無機鹽和其他營養物。

研究方法：

1. 設計裝置：利用水泵浦與 micro:bit 設計自動施肥系統，並進行程式設定。
2. 架設裝置：將自動施肥系統放置在魚菜共生裝置上，實際演練。

[問題四]：如何避免魚類曝曬在太陽底下的時間過長導致耗氧量增加，甚至使魚類身亡？

研究想法：

我們要設計一個自動遮陽系統，利用伺服馬達轉動，控制遮陽板的位置，根據天氣溫度調節遮陽板，以保持水族箱內的穩定水溫。當外部氣溫過高時，系統自動升起遮陽板，防止太陽直射水面，減少魚類暴露於高溫下的時間，從而避免耗氧量過高，保障魚類的生存環境。

研究方法：

1. 設計裝置：實際設計出自動遮陽系統，並進行程式設定。
2. 架設裝置：將自動遮陽系統放置在魚菜共生裝置上，實際演練。

[問題五]：如何遠端上傳資料？

研究想法：

因為 Thingspeak 不太會出問題，數據也可信任，所以才會使用 Thingspeak。後來發現 lineNotify 可以即時傳訊給系統管理者，雖然在今年 3 月底就會結束服務，但我們還是先用一下。

研究方法：

我們採用 ESP8266 Thingspeak 來上傳資料，因為只有它才能從 micro:bit 把資料上傳到 Thingspeak，而且也能連接 wifi 網路。ESP32 也可以連接 wifi 網路，並可用 lineNotify 傳訊。

[問題六]：不同植物生長在此裝置中，是否有顯著不同？以地瓜葉、薄荷、迷迭香為例。

研究想法：

我們一開始種的植物是九層塔，九層塔屬於草本植物，我們原先認為九層塔可以長得很健康，可是種得並不成功，因此我們想種不同性質的植物，觀察生長狀況，並做出比較圖，可以更清楚知道不同植物在生長上的差異。

研究方法：

我們實際在裝置中種植地瓜葉草本、薄荷、迷迭香這三種植物，並每天監測他們的情況。

肆、研究結果

[問題一]：何種太陽能板規格裝置適合本研究？要追日嗎？

研究結果：

因使用的是 12V 太陽能板，而且它的輸出功率是 50W，我們計算充電時間方法如下：

1. 計算太陽能板的輸出電流：

由功率公式來計算： $I=PV=50W/12V \approx 4.17A$

2. 電池所需的電量：

2200mAh 的 18650 電池，容量是 2.2Ah。電池的充電電壓是 4.2V，總電量是：

$$E=2.2Ah \times 4.2V = 9.24Wh$$

3. 計算充電時間：

假設充電效率是 85%，則實際所需的電量為：

$$9.24Wh / 0.85 \approx 10.87Wh$$

$$10.87Wh / 50Wh \approx 0.22 \text{ 小時} \approx 13 \text{ 分鐘}$$

使用 3 顆，所以時間會乘以 3 倍，約 39 分鐘。然而，現實中可能需要更長的時間，因為光照條件和充電損耗。

我們所購買的太陽能板在白天是可以將 3 顆 18650 的充電池充滿。

我們原本設計的追日系統是以伺服馬達 1 小時轉動太陽能板 10 度，但因為這樣的設計其實也不符合現實需求，所以就沒有追日。(因為不會把太陽能板垂直地面放。)



圖 10.刪除的自動追日系統程式

[問題二]：裝置放學校，假日無法到校餵食，如何避免魚餓死？

研究結果：

因為餵食魚的次數不用很多，一天為兩次即可，所以我們把一天 24 小時換算成秒數。 $24 \times 60 \times 60 = 86400$ ，但魚大概一天要為兩次，所以 86400 要除以二。

$86400 \div 2 = 43200$ (秒)。我們每 10 秒感測一次溫度，如果溫度大於 32 度，就會停止餵食，因為溫度高時，魚的代謝會增強，若餵食太多，會影響水質。

裝置如圖：

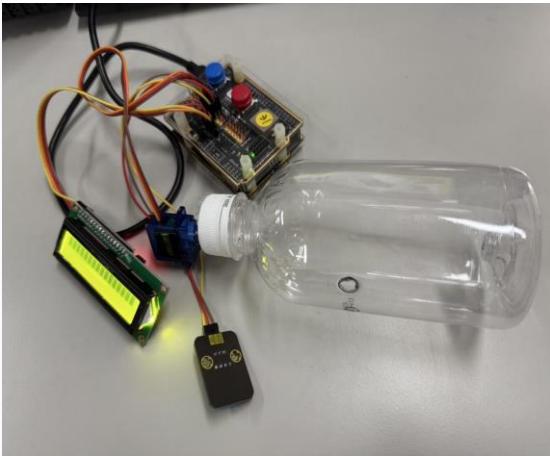


圖 11.投餵飼料裝置。

程式如下圖：

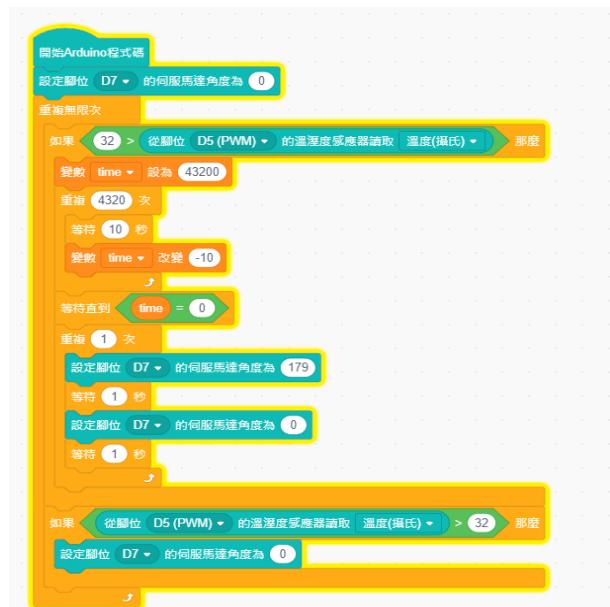


圖 12.自動餵食器程式碼

[問題三]：雖然魚菜共生了，但還是會缺乏部分營養，如何設計自動施肥系統？

研究結果：

自動施肥系統可以抽取適量的液體，來補充魚菜共生裡植物缺乏的微量元素如鉀、鐵、磷及鎂。液肥不一定要適用香蕉皮與黑糖水的製作，可依植物所需做添加。

裝置如圖：

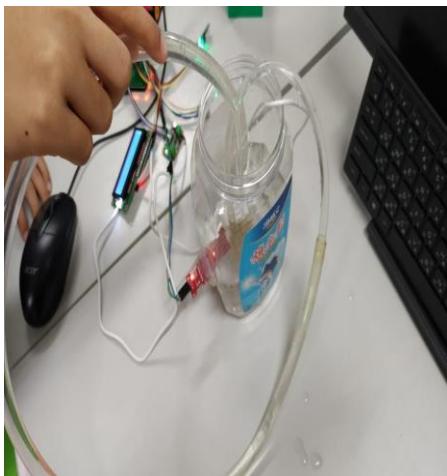


圖 13.自動施肥裝置。

程式如下圖：

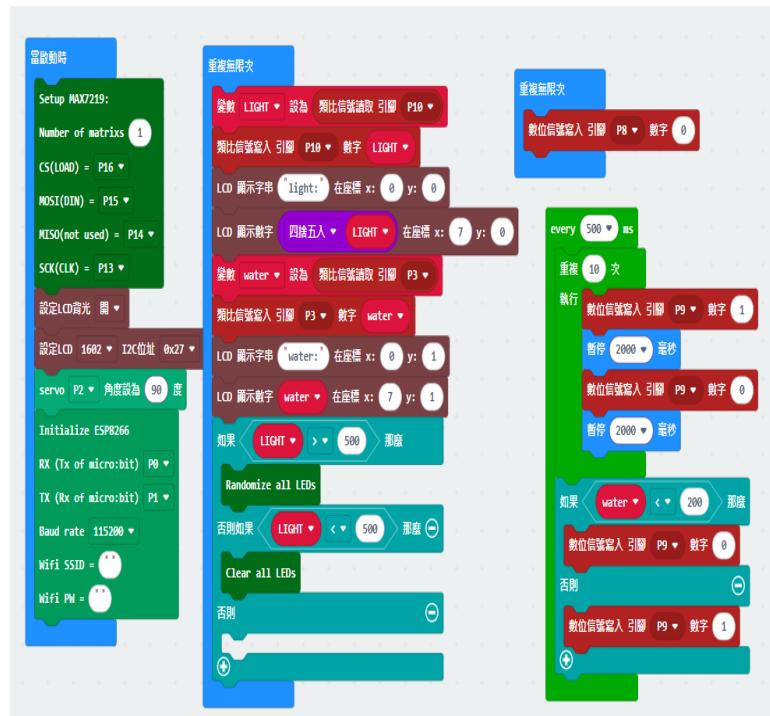


圖 14.自動施肥裝置程式碼

[問題四]：如何避免魚類曝曬在太陽底下的時間過長導致耗氧量增加，甚至使魚類身亡？
研究結果：

經過測試，系統成功自動調節遮陽板，並有效穩定水溫，可以減少魚類暴露於高溫下的時間時間，降低魚類的耗氧量，保障牠們生存。而且本系統運行穩定，還能達到節能高效的水族箱管理效果。

裝置如下圖：

程式如下圖：



圖 15.自動遮陽裝置

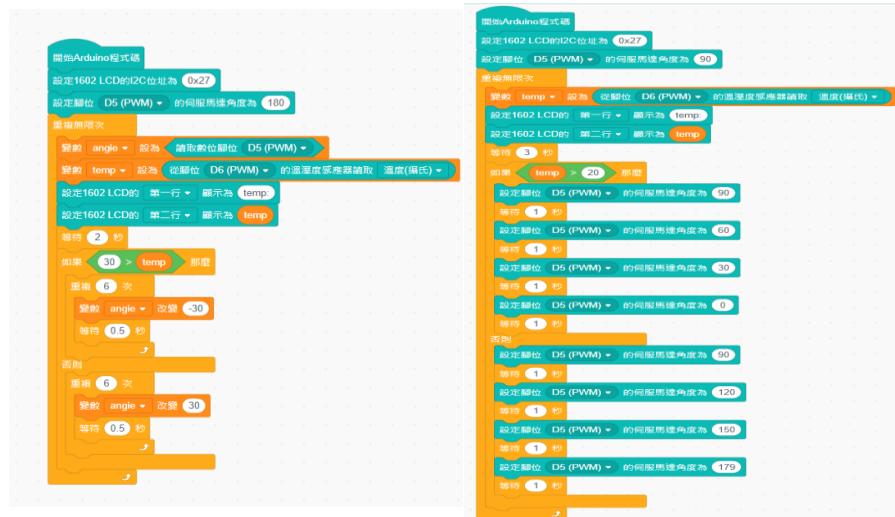


圖 16.自動遮陽裝置程式碼

[問題五]：如何遠端上傳資料？

研究結果：

我們使用 Thingspeak 來上傳數值資料，可做為資料，供日後做分析。後來，我們也使用 BlocklyDuino 拉積木程式，寫 LineNotify 的傳輸程式與光感、溫度和水位偵測。

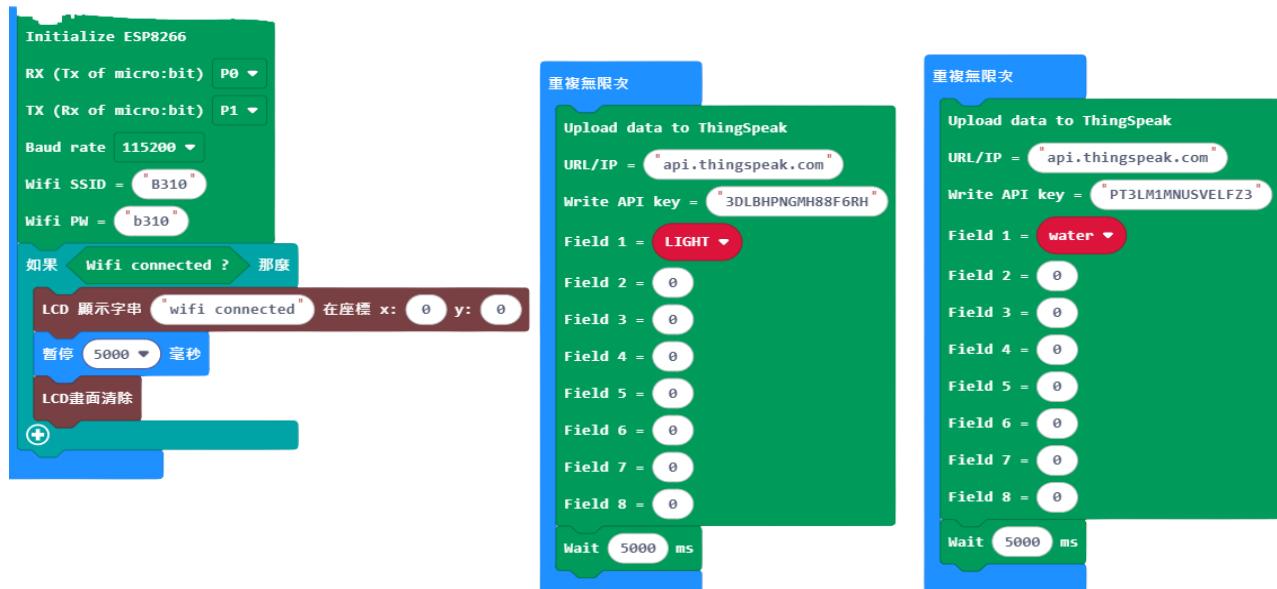


圖 17. Thingspeak 上傳程式碼。

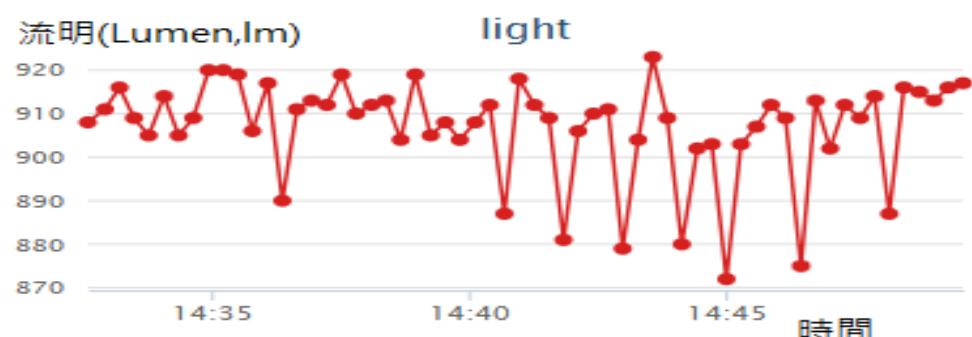
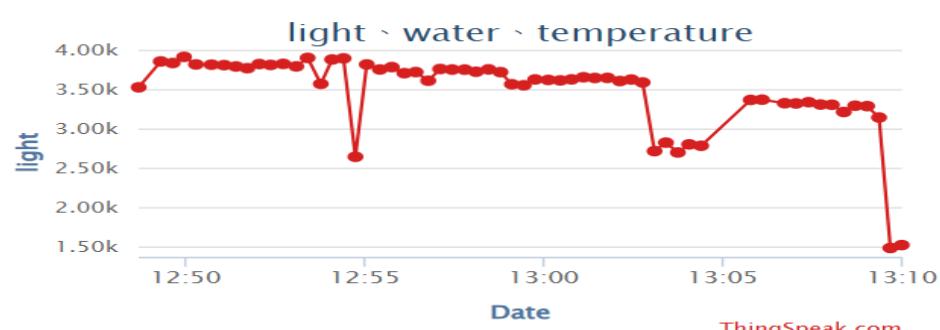
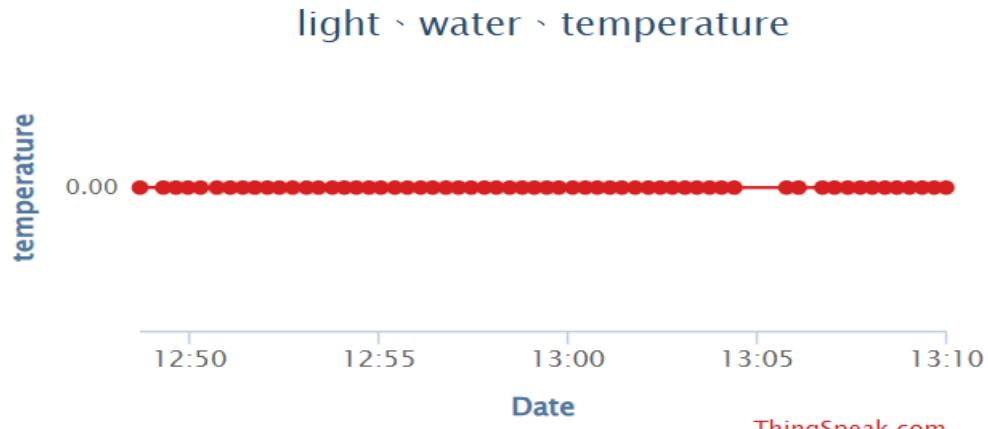
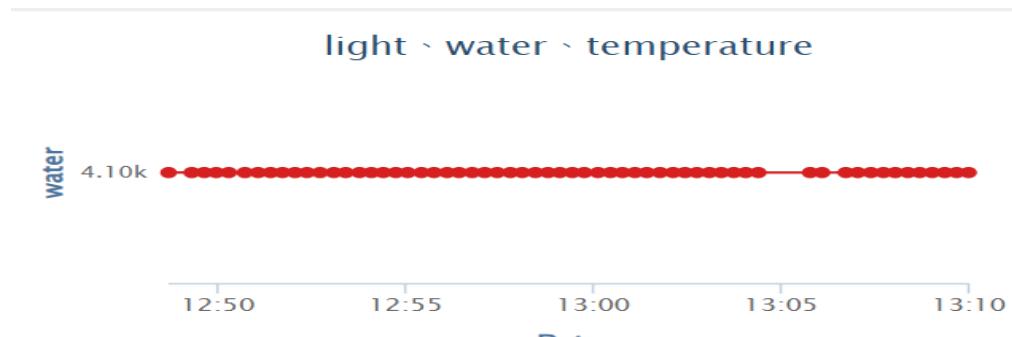


圖 18. 撷取 Thingspeak 上傳數值。

說明：我們運用 Thingspeak 上傳數值(光)，當光小於 520 明流時關閉植物照明燈，大於 520 明流時，開啟動植物照明燈，不讓植物無光可用，也可以讓我們知道光每十分鐘的改變，有利於日後分析是否燈光照射與太陽照射時間長短對植物成長有差異。



圖 19. BlocklyDuino 程式碼與 LineNotify 通知。

[問題六]：不同植物生長在此裝置中，是否有顯著不同？以地瓜葉、薄荷、迷迭香為例。

研究結果：

3/6 我們將剛剪下的枝條插入水裡，未長根。大約到了 3/13 地瓜葉 B、C 長出根，3/14 持續小範圍緩慢生長，植物根莖都長得很好，可是迷迭香 A 靠近水的幾片葉子有點爛掉。至於長根的狀態，目前迷迭香都沒有長根。

雖然只是一小段時間，但我們發現地瓜葉較適合種在我們的系統裡，而迷迭香不太適合種在本裝置。原本以為薄荷會長得很好，但最近的數據讓我們發現，長的不太好，當然我們太晚決定要記錄數值做比較，所以也有可能是天氣太冷所致。

基於上述，我們建議在此裝置中種植地瓜葉會是最經濟實惠，不僅能煮來吃，也能體驗種菜和養魚的樂趣，真的是一舉兩得。

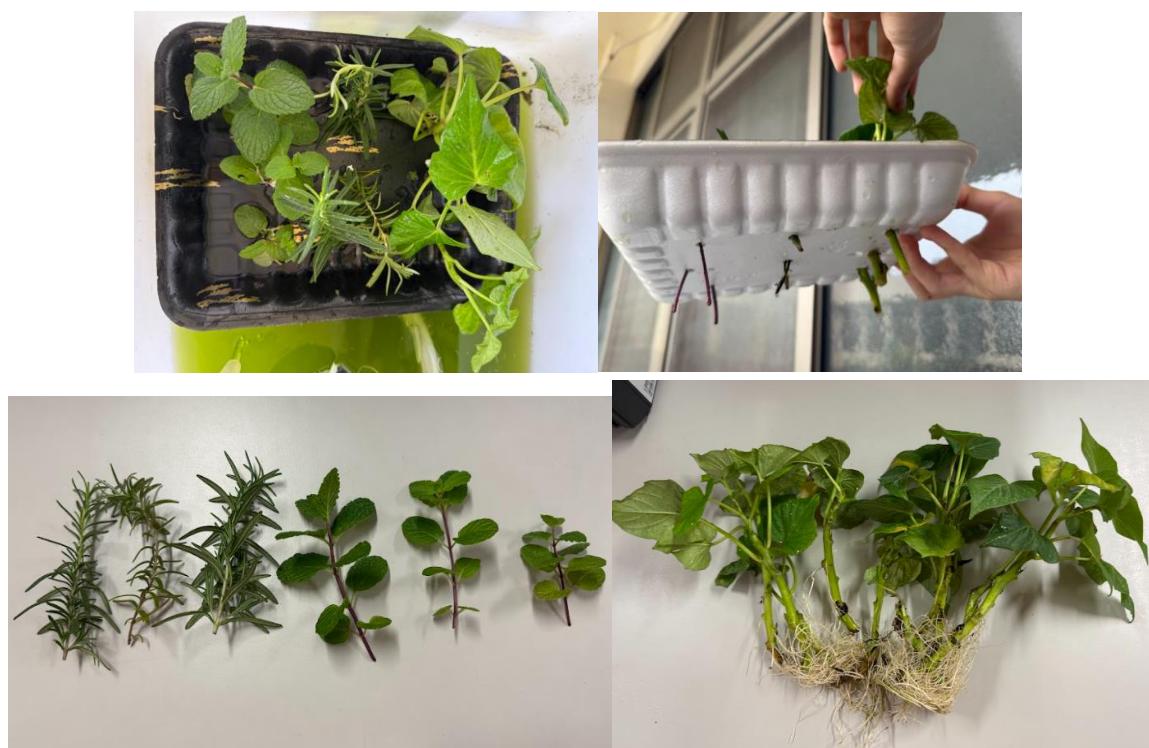


圖 20.植物生長狀況

表：三種植物生長觀察記錄

植物/日期	3/6(四)	3/13(四)	3/14(五)	3/17(一)	3/19(三)	3/20(四)
地瓜葉 A	莖長約 14.5 公分，根未長出。	莖長約 16.5 公分	莖長約 16.5 公分	莖長約 16 公分	莖長約 16 公分	莖長約 16 公分
地瓜葉 B	莖長約 14 公分，根未長出。	莖長約 14 公分，根已長出約 0.1 公分。	莖長約 14 公分，根已長出約 0.1 公分。	莖長約 15.5 公分，根已長出約 0.3 公分。	莖長約 13.6 公分，根已長出約 0.3 公分。	莖長約 14.5 公分，根已長出約 0.3 公分。
地瓜葉 C	莖長約 14 公分，根未長出。	莖長約 13.8 公分，根已長出約 0.1 公分	莖長約 13.8 公分，根已長出約 0.2 公分。	莖長約 13.8 公分，根已長出約 0.5 公分。	莖長約 14 公分，根已長出約 0.6 公分。	莖長約 14 公分，根已長出約 0.6 公分。

植物/日期	3/6(四)	3/13(四)	3/14(五)	3/17(一)	3/19(三)	3/20(四)
薄荷 A	莖長約 10 公分，根未長出。	莖長約 10.5 公分	莖長約 10.5 公分	莖長約 11.5 公分	莖長約 10.7 公分。	莖長約 10.7 公分
薄荷 B	莖長約 9 公分，根未長出。	莖長約 9.5 公分	莖長約 9.5 公分	莖長約 10 公分	莖長約 8.7 公分	莖長約 8.7 公分，根已長出約 0.1 公分。
薄荷 C	莖長約 5 公分，根未長出。	莖長約 7.5 公分	莖長約 7.5 公分	莖長約 8.3 公分	莖長約 7 公分	莖長約 7.5 公分

植物/日期	3/6(四)	3/13(四)	3/14(五)	3/17(一)	3/19(三)	
迷迭香 A	莖長約 11 公分，根未長出。	莖長約 11.5 公分	莖長約 11.5 公分	莖長約 11.7 公分 靠近水的葉子有點爛掉。	莖長約 10.1 公分	莖長約 10.1 公分
迷迭香 B	莖長約 10 公分，根未長出。	莖長約 11 公分	莖長約 11.5 公分	莖長約 12 公分	莖長約 12 公分	莖長約 12 公分
迷迭香 C	莖長約 11 公分，根未長出。	莖長約 11.5 公分	莖長約 12 公分	莖長約 12 公分	莖長約 11.5 公分	莖長約 11.5 公分

伍、討論

一、為什麼沒設計太陽能板自動追日？

首先，我們很想讓太陽能板自動追日，但因為要養魚，必須設計流動的水循環，若要採用太陽能來提供電力，我們就不能買太小的太陽能板，若要追日必須增加耗費的電力，想要做全靠太陽能來驅動有難度，再加上我們只有伺服馬達可用，用兩顆馬達要驅動這裝置有困難，討論後捨棄自動追日的設計，採用人工方式。再者，用充電率的計算，只要是有太陽光的天氣，基本上是夠充飽電的，所以不用無時無刻追日。

二、在我們設計的自動餵食器中，最適合倒入多少飼料？

一開始我們把整罐裝滿飼料，但發現太重，伺服馬達無法正常運轉，所以經過討論，考量到伺服馬達的轉動能力，由於是利用現成的小寶特瓶，所以只要裝適量即可，以這個裝置約裝整罐的四分之一就可以用一兩個月了，感覺最為適合，不需裝滿。

三、我們應該如何選擇重量適當且輕便的遮陽板？

在製作遮陽系統時，我們一開始是用紙板來遮陽，因為我們認為可以拿廢棄紙箱的紙板來製作，重複使用很環保，但紙板因為太重，會導致伺服馬達無法自動運行，所以我們改成較為輕便的保麗龍珍珠板，反而更可以讓伺服馬達轉動，達到功效。

四、不同植物生長的差異原因？

根據三種植物生長觀察記錄，我們可以發現，不同的植物在相同的環境生長會有所差異，以地瓜葉、薄荷、迷迭香為例，地瓜葉屬於藤本植物，生長快速且適應力強，只要定期更換水，是可以促進根部生長，所以約六天就長出根；薄荷屬於草本植物，適合養在水中，只要有充足的陽光及乾淨的水，基本上可以生長得很健康；而由於迷迭香屬於木本植物，本身就並不適合養在水中，所以也不易長根。

五、使用 Thingspeak 上傳數值資料，分析討論。

我們還沒時間做數值資料的分析，但 LineNotify 的傳輸訊息卻很容易辨別當下裝置運作的狀況。光線與溫度等數值對植物生長會有影響，觀察這些數值與植物的生長狀況可以作環境裝置的因應，若太陽太大也是可以另外做遮陽板來控制光線強弱。

六、為何植物生長觀察記錄有些莖長和前幾天相比變短了？

在記錄過程中，我們有個疏忽，沒有把〔測量的同學〕當成控制變因，而且每個同學測量的起點位置不一樣，導致植物的莖長有時長有時短，我們認為這也許是有些莖變短其中的原因，所以我們學到如果需要記錄或測量，最好由同一個同學負責測量全部的數據，記錄才會更準確。

而且最近的天氣(2025 年三月)，普遍溫度都不到 20 度，我們在交通部中央氣象署的低溫特報中發現最近常有強烈大陸冷氣團及輻射冷卻影響，各地天氣寒冷，北部及東北部地區有持續 10 度左右或 6 度以下氣溫，這樣都是對植物生長有極大的影響。

七、是否達成我們的研究目的？

我們的目標是利用微電腦監控伺服馬達與監測光線與溫度等數值，打造一座綠能固碳永續的魚菜共生裝置，雖然我們還沒算出真實固碳量，但我們有吃到地瓜葉和九層塔，應該算是有達到我們初始設定的目標。魚是孔雀魚，我們沒有想要吃，只能觀賞囉！

陸、結論

一、研究結果

本研究是要建立一套家家戶戶都可以有的太陽能魚菜共生系統，進而可提供魚菜共生

系統的遠端監控和管理功能，實現固碳、節能、省水、省肥的生產系統。

我們所設計的『固碳專「葉」智慧+』魚菜共生自動監控系統，是用綠色能源電力，種植平日會吃到蔬菜，利用蔬菜生長過程來固碳，因為蔬菜成長需要養分，所以養殖觀賞或可食用的魚來提供排泄物，形成一個魚菜共生的系統，再利用程式設計，定時餵魚、定期施液肥，讓蔬菜長得更好，更能透過程式設計，將突發事項發送給使用者，越方便於管理的系統將會越能普及於大眾，若家家有一組這樣的設備，固碳效益與減少食物碳足跡的效益將會更顯著。

二、未來研究方向

我們已經將基礎設備與程式完成，大家可以依照自家環境狀況做程式碼的調整，讓裝置更符合需求。未來我們可以進一步研究種哪些蔬菜與養什麼魚有怎樣的結果，整理出來後，方便大家參考。另外還可以接更多的感測器，例如監測 pH 值和溶氧量等，利用這些數據種適合的植物。

柒、參考資料及其他

1.魚菜共生系統之原理與應用方法

https://www.tcdares.gov.tw/upload/tdais/files/web_structure/11962/TC02-133-05.pdf?utm_source=chatgpt.com

2.魚菜共生自動監控之研究

extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmka/j/https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/030820.pdf?utm_source=chatgpt.com

3.家庭式魚菜共生系統觀賞類植物選用之適宜性研究

<https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/U0042-G0N10631008>

4.特力屋-創意 DIY-魚菜共生

<https://www.youtube.com/watch?v=LYffNghvCU8>

5.台灣永續學院

<https://vos.tier.org.tw/ArticleMore.aspx?DGID=f5778558-112e-438a-bf23-a205600448f4>

6.Mbitbot Lite 擴充板腳位說明

<https://www.oursteam.com.tw/view-product.php?id=525>

7.esp01 腳位說明

https://makecode.microbit.org/pkg/alankrantas/pxt-esp8266_thingspeak

8.BBC micro:bit V2 使用 DHT11 溫溼度感測器模組方法-CAVEDU 教育團隊技術部落格

<https://blog.cavedu.com/2021/08/10/bbc-microbit-v2-dht11/>

9.太陽能板種類有哪些？解析單晶、多晶、薄膜太陽能板差異

<https://reurl.cc/lzVmvQ>