

中華民國第 65 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(二)

團隊合作獎

082908

SDGs 小尖兵~AI 照護生態植栽塔

學校名稱： 臺中市北屯區新興國民小學

作者：	指導老師：
小四 林瓊蓁	詹聖惠
小四 蔡雨希	賴月琴
小四 吳瑀橙	
小四 藍宣茹	
小四 吳胤諭	
小四 陳竑睿	

關鍵詞： 生態循環植栽塔、文氏管魚菜共生、
GAI+Micro:bit

SDGs 小尖兵～AI 照護生態植栽塔

壹.摘要：

本研究嘗試自製生態植栽塔及噴水裝置，以文氏管建置氣水循環魚菜共生系統，使用 GAI 協助 Coding，讓 AI 照護植物。研究發現：可使用毛細載體照護水耕植物，**番茄和馬鈴薯**根部成長佳，馬鈴薯蒸散作用明顯。木製學生座椅可製作具穩定性及封閉性的生態植栽塔。馬達功率增加 1w，出水高度約增加 1cm，二種馬達功率的噴水距離、出水量、濕度及保濕度差異小，但 25w 功率的植栽塔水循環狀況佳。噴頭旋轉 $300^\circ \sim 600^\circ$ 可調出水量。將沉水馬達(6w、15w)連接水管及文氏管抽水可帶入 17 ml/sec ~22.7 ml/sec 氣體流量，是穩定循環的魚菜共生系統。GAI 生成程式碼及 microbit 開發板+iot 擴充板的「AI 照護生態植栽塔」，可應用於食農教育，在節能及自動化省人力的雙重功效下，實現 SDGs 促進永續農業的目標。

貳.研究動機：

三年級自然課，老師帶我們在學校種植蔬菜。從播種、定時澆水、觀察記錄到收成，是非常有趣的學習經驗。在討論過程中，瞭解**植物生長需要水、空氣及陽光三項要素**。我們想到：植物生長過程是否只需要具備這三項要素，**不用土壤也可以種植嗎？有什麼方法可以減少水資源的使用？**查詢資料之後，驚喜發現目前已有很多水耕蔬菜，氣霧栽培也正在發展中，還有所謂植物的生態瓶。從參考文獻得知**水耕**與氣霧栽培**主要將水分作用於植物根部**，讓植物得以生長，可以不用土壤。生態瓶則是在封閉環境中，讓植物依循自然生態循環而持續生長。我們上創課課程時，已經學會使用 micro:bit 開發板及一些感測器撰寫程式製作 AI 機器人裝置，協助解決生活問題。所以，我們決定**在封閉環境中，以循環水嘗試讓植物自然生長**。於是，**建造一個結合開發板及感測器的「AI 照護生態植栽塔」裝置來種植植物**，並進行一系列的研究。

參.研究目的：

- 一、探討水耕植物的**種植照護方式**及水分蒸發狀況
- 二、探討生態瓶原理並**自製「生態植栽塔」**
- 三、探討液壓原理並**自製「植栽噴水裝置」**
- 四、探討**文氏管**運用在**氣水循環魚菜共生**的成效
- 五、探討與 GAI 共同製作「AI 照護生態植栽塔」的可能性
- 六、探討「AI 照護生態植栽塔」的運作情形

(註：本研究之所有照片、圖片皆由指導老師自行拍攝。)

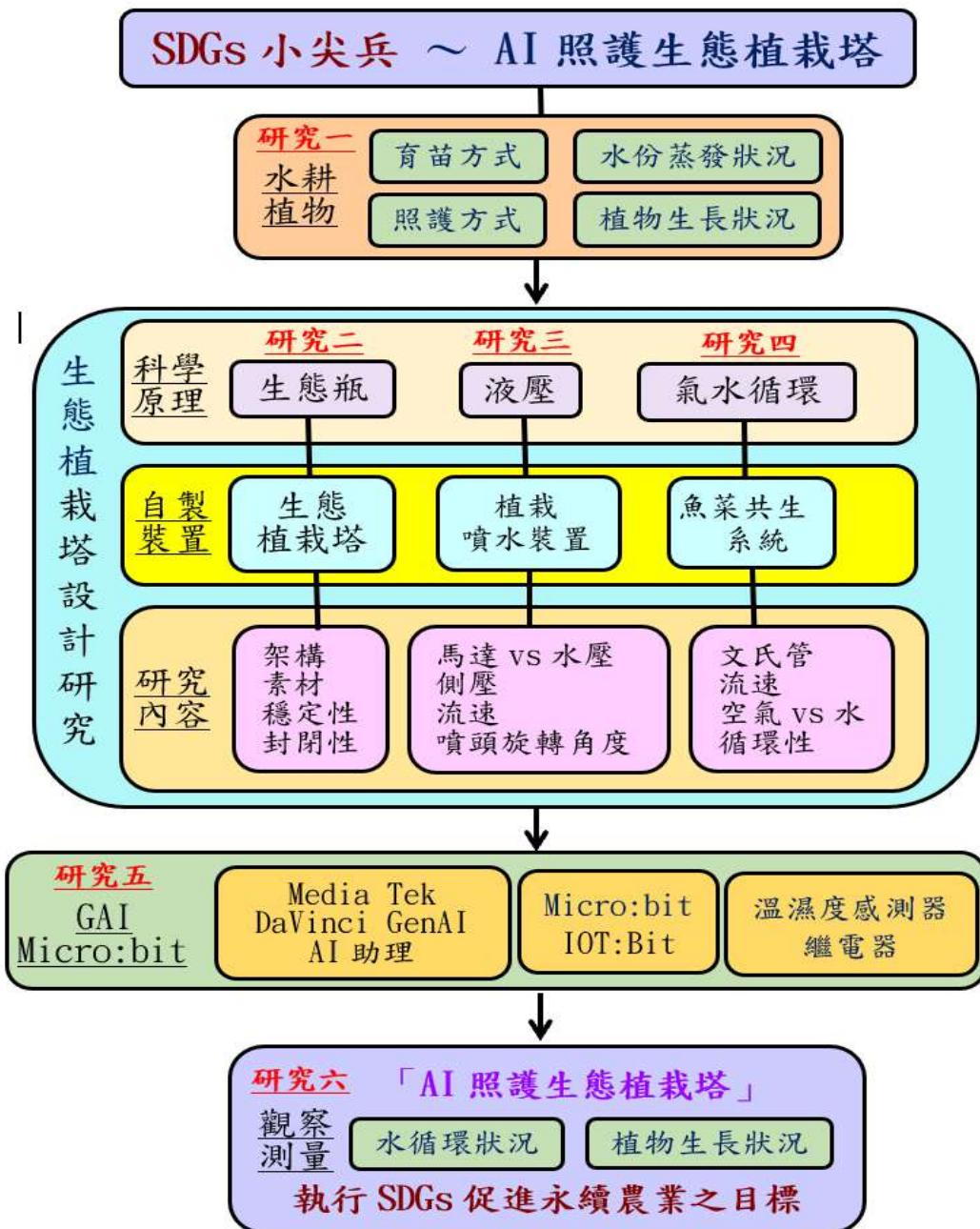
肆.研究設備及器材：

沉水馬達(6w、15w、25w、115w)、植物(馬鈴薯、地瓜、番茄、萵苣、綠豆、黃豆、青蔥)、植栽塔器材(學生座椅、pp 板、水箱)、噴水裝置器材(噴霧頭、水管、塑膠管、鐵絲)、水耕器材(塑膠杯(盒)、廚房紙巾、棉花、口罩、保麗龍、水



箱、紙箱、魔帶)、美工文具用品、手機照相機、平板電腦、塑膠燒杯(200ml、1000ml、1200 ml)、量筒(100ml)(50ml)(10ml)、鑷子、溫溼度計、microbit開發板、Iot:bit擴充板、達哥AI平台、手提電腦、WORD及EXCEL軟體。

研究架構圖：



伍.研究過程、結果及討論：

文獻探討：

近年來，農業生產力成長減緩、可耕地逐漸減少、氣候劇烈變化導致風險攀升等問題層出不窮。再加上自然環境的限制，農業生產成本偏高，讓台灣農業面臨嚴峻的考驗。為了提升生產力，降低勞力耗費、加強育苗管理及育苗品質，完成蔬菜自動化種植等智能機具之研發，勢在必行。農委會也因此擬定種苗產業之「智慧農業 4.0」計畫，實現農業永續發

展。聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）的第二項目標就是「確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業」，期望在 2030 年前使農業生產力翻倍成長，確保建立可永續發展的糧食生產系統，實施可增強生產力、具彈性的農作方式，協助維護生態系統，強化適應氣候變化、乾旱、洪水與其他災害的能力。

生態循環系統可以完美延續物質的再利用性，達到環保節能的目的，其中最重要的循環之一是水循環。以植物的栽種來說，水的循環再利用是主要的考量。氣(水)霧栽培是當前最為先進的無土栽培技術，直接將氣(水)霧噴到植物的根系來滿足作物生長所需的條件，也可避免病蟲害。它適合所有植物的生長栽培，簡化耕作過程的繁瑣操作，讓農業生產變得簡單而省力，並可降低成本，達到數倍傳統農業的生產量能，種出的蔬菜更安全、健康。直立柱的栽培方式則可以用最少的佔地面積，達到最多的收成。

micro:bit 為英國廣播公司(BBC)專為 5 歲以上孩子所研發設計的微型電腦，是一台專屬給孩子學習程式的好工具。它擁有簡單且容易使用的程式編輯介面，讓孩子用很簡單的滑鼠拖拉積木方塊的方式，在瀏覽器上輕鬆地完成複雜的程式撰寫，內建許多生活周遭常見的感測器，如溫度、光、方位及磁力等等，還有許多如藍芽裝置、Micro USB 連接埠等耳熟能詳的科技裝置，讓孩子的程式學習不再局限於軟體平台上！AI 智慧農業裝置包括 micro:bit 、IoT:bit 、溫度及濕度感測器、水位感測器、伺服馬達等多種選擇，可以利用它來打造智能監測裝置。當監測值低於臨界值時，會驅動相關裝置來進行調整。

生成式人工智慧 GAI 是一種利用大量的資料來深度學習並創造新內容的電腦程式，目前被應用在行銷、程式編寫、聊天機器人上，未來會有更多的應用。將 GAI 及 AI 的程式語言及現代科技運用在農業上，可以創造未來農業更多的可能性。聯發科推出繁中生成式 AI 平台 MediaTek DaVinci，又稱「聯發科達哥」。MediaTek DaVinci 是個高整合度、高擴展性的開放式平台，可自由選擇模型、串接資料來源等，甚至模型也可以進行客製化，能力超越 GPT3.5，也在不斷升級進化，讓使用者更容易學習與 AI 溝通並得到 AI 的協助。

本研究專題嘗試以生態循環系統為考量，自製生態植栽塔及氣霧栽培的噴霧(水)設備，結合 GAI 的程式編寫及 AI 智慧農業套件內的 micro:bit 開發板及感測器，進行植物的種植及照護。種植過程中，記錄植物成長及水分蒸發狀況，並以 AI 裝置監控濕度的變化，讓種植者在有限空間、節省水資源及免用土壤的方式下種植植物，並經由 AI 裝置的協助，降低人力及能源需求來照護植物。如此一來，才能在自然環境不斷變化，甚至惡化的過程中，實現 SDGs2 消除飢餓促進永續農業之目標。

本研究搜集近年來有關於水耕植物、生態循環、AI 或 GAI 的科學展覽作品、研究或科技新知，歸納統整如下表：

科展作品、研究或科技新知	研究內容
溫室水耕循環系統(2025)	透過智慧水耕系統觀察植物的生長，包含水質及環境感測器、IoT物聯網監測及控制系統、手機app監控軟體等，以魚菜共生模式進行直立式水耕蔬菜種植。示範「魚、菌、藻、菜」生長間互利共生的循環經濟模式。
AI 幫農夫！如何用人工智慧提升作物產量？(2024)	智能灌溉系統結合AI演算法的智能灌溉系統依照實際需求自動調整水量，有效根據降雨預報和土壤濕度自主運行。
GAI輔助擴大到軟體工程增強，IT將變成AI調度PM。(2024)	生成式AI程式撰寫能力開始媲美真人，AI助手開始能升級老舊程式碼，程式碼優化，自動部署等更多軟體工程領域，IT得成為懂得善用、調度AI的PM。
因「菜」施教－自製水耕蔬菜自動化栽培之研究(2019)	開發自動水耕蔬菜養殖機，使用Arduino UNO監控EC、pH、DO，低硝酸鹽、無農藥，適合室內，期望擴大規模降低成本。
開根號—氣霧發根箱之研究。(2019)	自製氣霧箱，使用Arduino程式控制溫控、噴霧和燈光。測試結果顯示，氣霧耕發根率高於土耕，金露花發根率達80%，地瓜葉發根長度為土耕的3.53倍，移植後成長順利。
都市陽台種菜系統開發-氣霧栽培法的研究(2017)	設計屋頂形栽植箱、噴霧與水回存系統，並開發營養液配方。實驗結果顯示，陽台或屋頂可成功種植多種蔬菜，產量提升37.6%，成長時間縮短至土耕的70%。

一、探討水耕植物的種植照護方式及水分蒸發狀況

(一)想法：我們想用土耕或水耕方式先播種育苗，讓植物生長。嘗試以毛細現象的科學原理，使用不同材料作為植物的載體，自製簡易水耕栽培裝置種植植物。看看是否可以用最簡單的方式照護植物？植物生長及水分蒸發狀況又是如何？於是進行以下實驗。

(二)方法：

- (1)準備萵苣、綠豆、黃豆的種子並拿一顆番茄以橫切方式從蒂頭依序切成四片，進行種子播種方式。準備馬鈴薯、地瓜、青蔥以切塊方式進行分株播種。
- (2)準備海綿、棉花、廚房紙巾、口罩、塑膠杯、保麗龍、土壤、花盆、水箱備用。
- (3)將萵苣的種子及青蔥的分株置於 16 個內裝海綿之無底部塑膠杯中。將綠豆及黃豆的種子置於 16 個內裝棉花之底部戳洞塑膠杯中。將馬鈴薯及地瓜的分株置於 16 個廚房紙巾塞進中間戳洞平鋪於保麗龍的塑膠杯中。將切好的四片番茄置於裝有土壤的花盆中，等到發芽長苗，將根部以廚房紙巾包住，移植至裝水的塑膠盒。
- (4)將萵苣、青蔥、綠豆、黃豆、馬鈴薯及地瓜分別置於長 44cm 寬 34.5cm 的水箱中，裝水直到水位高度 2cm，並將水箱置於室內及走廊。將塑膠盒中已成長的番茄苗移植至有蓋塑膠杯裝滿水 10cm，以廚房紙巾包住根部，讓葉子從紙箱穿出並固定。開始每三天進行觀察記錄水份蒸發的狀況，重複至少三次並記錄。以水位高度變化，計算蒸發率。
- (5)植物生長初期；每三天觀察記錄一次，觀察約二週(12 天)，記錄植物發芽及發黴

狀況。

(6)植物生長中期；每三天觀察記錄一次，觀察同一株植物約一個月(27天)，記錄植物根部長度。每三天觀察記錄一次，觀察約二週(12天)，記錄水份蒸發狀況。(重複至少三次並記錄)。

(三)結果：

控制變因：水箱(長44cm 寬34.5cm)及水位深度2cm、16株植物、種植環境(室內及走廊)

塑膠杯高度10cm(番茄)、固定觀察同一株植物(生長中期)。

操作變因：載體(廚房紙巾、棉花、海綿、口罩)及照護方式(吸水方式)

應變變因：植物生長狀況、水分蒸發狀況

實驗過程：毛細載體製作 → 播種(分株) → 觀察測量記錄							
植物 名稱	育苗 方式	照護方式					
		毛細載體	吸水方式	地點	植物成長照片		
萬苣	播種	海綿	無底塑膠杯+海綿+水箱	室內走廊			
綠豆	播種	棉花	戳洞塑膠杯+棉花+水箱	室內走廊			
黃豆	播種	棉花	戳洞塑膠杯+棉花+水箱	室內走廊			
蕃茄	播種	廚房紙巾+口罩	土壤+廚房紙巾+口罩+塑膠杯	室內走廊			
馬鈴薯	分株	廚房紙巾+口罩	塑膠杯+廚房紙巾+口罩+保麗龍+水箱	室內走廊			
地瓜	分株	廚房紙巾	塑膠杯+廚房紙巾+保麗龍+水箱	室內走廊			
青蔥	分株	海綿	無底塑膠杯+海綿+水箱	室內走廊			

(四)發現：

- (1)由表 1-1 及圖 1-1 及圖 1-2 發現植物生長初期發芽狀況：最佳為萐苣及綠豆，第 3 天 16 株全部發芽，其次為馬鈴薯及青蔥，第 9 天 16 株全部發芽，再其次為番茄，第 12 天 16 株全部發芽。地瓜都沒發芽狀況最差，而且都長黴了！黃豆雖然有發芽 9 株，但也發黴了 13 株。
- (2)由表 1-2 及圖 1-3 發現 27 天後植物根部的成長狀況：根部最長的是番茄 15.9cm，其次是馬鈴薯 15.2cm，再其次是萐苣 12.0cm，綠豆跟青蔥分別是 9.2cm 及 9.0cm。(地瓜及黃豆因發霉腐爛未記錄)
- (3)由表 1-3 及圖 1-4 發現植物照護過程中的水份蒸發狀況：12 天後水份蒸發率最高的是馬鈴薯 95%，其次是綠豆跟青蔥 88.3%，再其次是萐苣 73.3%，番茄則是最低 32.0%。
- (4)植物照護每日水份蒸發率；馬鈴薯、綠豆、青蔥及萐苣是 12.2%~15.8%，番茄則是 5.3%。

表 1-1 植物發芽及發黴狀況表

植物 名稱	觀察日期									
	20241111		20241114		20241117		20241120		20241123	
	發芽(株)	發黴(株)								
萐苣	0	0	16	0	16	0	16	0	16	0
綠豆	0	0	16	0	16	0	16	0	16	0
黃豆	0	0	7	4	9	10	9	13	9	13
蕃茄	0	0	0	0	3	0	12	0	16	0
馬鈴薯	0	0	11	0	13	0	16	0	16	0
地瓜	0	0	0	0	0	5	0	10	0	10
青蔥	0	0	9	0	12	0	16	0	16	0

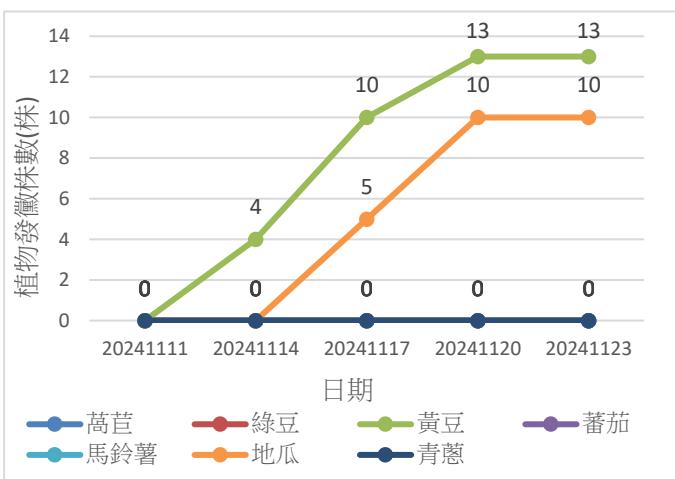
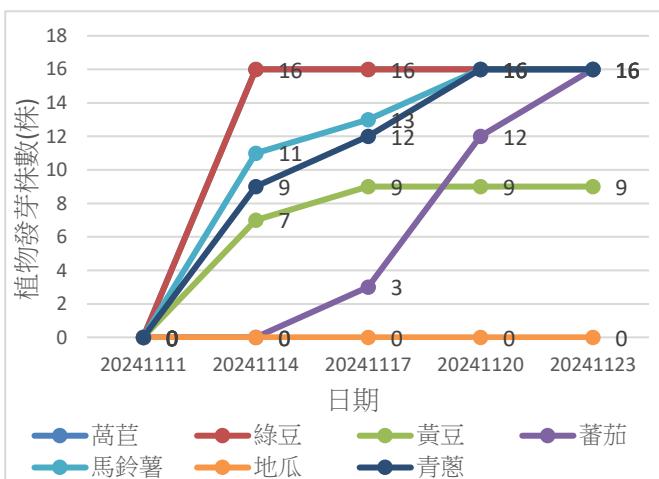


圖 1-1 植物發芽狀況圖

圖 1-2 植物發黴狀況圖

表 1-2 植物根部長度成長表(重複三次平均值)

植物 名稱	依設定日期觀察測量植物根部長度(cm)									
	1126	1129	1202	1205	1208	1211	1214	1217	1220	1223
萐苣	5.2	7.1	7.3	7.9	8.3	8.9	8.8	9.9	10.5	12.0
綠豆	2.9	4.8	6.1	7.3	7.8	8.0	8.2	8.8	8.7	9.2
蕃茄	5.9	6.0	6.9	7.8	9.2	10.9	12.8	13.8	15.6	15.9
馬鈴薯	4.8	6.9	8.4	9.4	10.1	11.7	13.4	14.2	14.9	15.2
青蔥	3.8	5.1	6.6	6.0	7.4	8.0	8.5	7.8	8.8	9.0

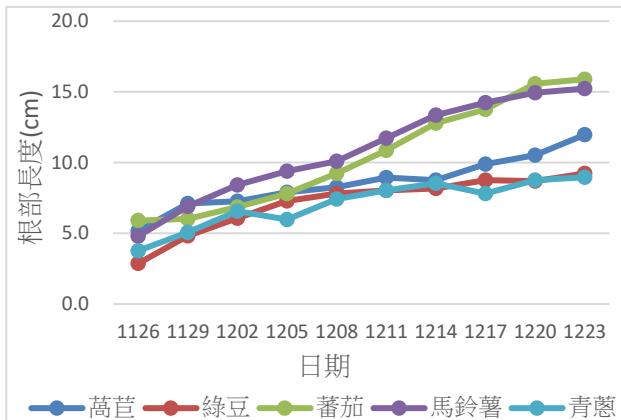


表 1-3 植物照護水份蒸發狀況表
(重複三次平均值)

植物 名稱	觀察測量日期				每日水份 蒸發率 (%)
	1126~ 1129	1126~ 1202	1126~ 1205	1126~ 1208	
萐苣	55.8	62.2	66.7	73.3	12.2
綠豆	60.0	67.5	83.3	88.3	14.7
蕃茄	7.7	17.3	26.0	32.0	5.3
馬鈴薯	63.0	70.8	88.3	95.0	15.8
青蔥	57.0	67.5	80.0	88.3	14.7

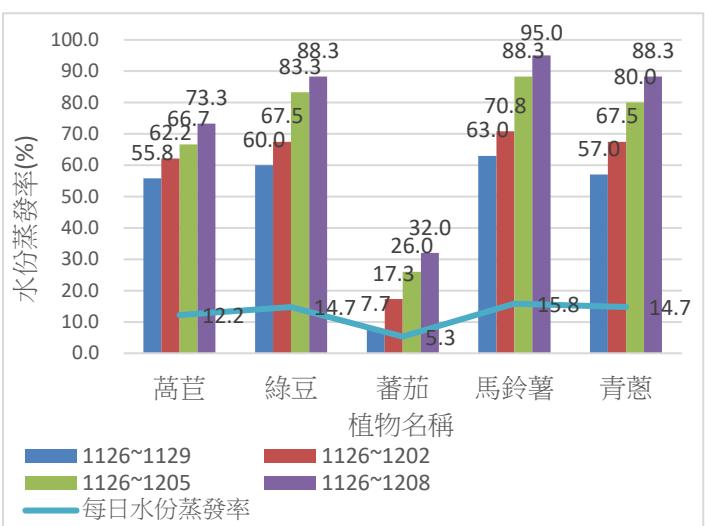


圖 1-4 植物照護水分變化圖

(五)討論：

- (1) 萩苣及綠豆在三年級的時候有用土壤種植過，是用播種的方式，容易種植，第 3 天 16 株就全部發芽。馬鈴薯及青蔥是第一次種植，是用分株的方式，前面的處理必較多，直到第 9 天 16 株全部發芽。番茄的處理方式更特別，是用切片方式，因為種子含有水分，播種不適合用水耕，所以分別種在土壤讓它發芽，第 12 天 16 株全部發芽。
- (2) 地瓜都沒發芽，觀察發現毛細載體雖然可以維持潮濕，但水分不足。後期直接放在水槽中，由於太潮濕而長黴了！馬鈴薯跟地瓜育苗方式一樣，也有一些發霉狀況，但可以持續生長。黃豆跟綠豆育苗方式一樣，但黃豆不容易種植，即使發芽後也容易發黴。
- (3) 因為番茄和馬鈴薯都屬於茄科植物，是根系發展明顯且深的農作物，所以根部生長狀況最好長度最長。
- (4) 馬鈴薯的水分蒸發率最高，因為它的葉片面積最大，而且葉片數量多，蒸散作用明顯。番茄因為水耕方式跟其他植物不同，以封閉環境方式生長，所以水分蒸發不明顯，蒸發率低。
- (5) 使用毛細載體照護水耕植物，跟土壤一樣可以保濕，讓植物不至於乾枯。

二、探討生態瓶原理並自製「生態植栽塔」

(一)想法：我們想根據生態瓶原理，設計一座達到生態循環的植物種植系統，利用簡易的方式及容易取得的材料，自製「生態植栽塔」種植植物。經過發想及討論，並動手製作及測試，於是進行以下設計及製作。

(二)方法：

- (1)根據文獻，使用容易取得的材料，設計簡易生態植栽塔。
- (2)從植栽塔的架構、素材、穩定性及封閉性，進行討論並記錄重點內容。
- (3)根據討論內容，修改設計。
- (4)製作植栽塔，測試後再修改或補強。

(三)結果：



(四)發現與討論：

表2 生態植栽塔設計內容及討論製作過程記錄表

生態植栽塔設計與製作					
設計內容		原設計	發現與討論	修改設計	製作
架構	外型	長方形	四邊不等長，植物栽種數量有差異。	四邊等長，讓每邊植物數量及接受陽光面積一致。	正方形
	層數	五層	以每層 20cm 計算，植物種植部分需要 100cm，再加上水箱高度會超過 140cm，對四年級學生來說，太高了！	以四年級平均身高為原則，設定四層，每層 20cm，植物種植部分 80cm，加上水箱約為 120cm。	四層
素材	支架	鐵製支架	不容易固定，容易倒下及變形，購買需要成本。	學校有一批廢棄的木製課桌椅，用椅子作為支架，容易固定且不會倒下及變形，不需成本，又可以廢物再利用	木製學生座椅
	種植板	PP 板	容易取得及裁切，材質輕，方便操作及開啟。	無須修改	PP 板
	水箱	塑膠材質剛好卡住植栽塔	水不易流出，容易製作。水箱體積小，不易補水。	增加水箱體積，只要一邊剛好卡住，方便進水。	塑膠材質，水箱長度較長，寬度剛好卡住植栽塔
穩定性	設置地點	室外	放置室外，需要承受風吹雨打。觀察測量會有頻繁開啟種植板的狀況，植栽裝置要夠穩才可以。	製作原則：架構穩固，素材可承受風雨，種植板開啟方便且牢固。	根據製作原則進行製作，製作過程以牢固為考量
封閉性	水循環	水資源回收再利用	植栽塔內噴水後，水流下底部水箱，避免流到水箱外。	使用 PP 板或膠帶連接水箱。將所有滲水的地方補強	噴水測試後將滲漏部位加強，避免漏水。

三、探討液壓原理並自製「植栽噴水裝置」

(一)想法：我們先模擬噴水裝置設計簡易實驗初步了解液壓原理，再用自製植栽噴水裝置做研究。我們想了解不同沉水馬達功率(w)跟水壓(出水高度)的關係如何？不同沉水馬達功率(w)的噴水管側邊不同高度出水孔與水壓(出水量及噴水距離)的關係？噴頭旋轉角度與水流量的關係？所以進行以下研究，據此調整自製植栽噴水裝置。

(二)方法：

- (1)簡易實驗：準備一個寶特瓶，從頂部到底部，先標示 0 的位置，並分別在 5cm、10cm 及 15cm 打洞，用膠帶貼住洞口，裝水至標示為 0 的位置並將長尺平放在寶特瓶前面。將膠帶撕開，觀察出水狀況(噴水距離)。重複執行至少三次並記錄。
- (2)將 25w 及 115w 沉水馬達分別置於裝滿水的水箱中，接上自製植栽噴水裝置，下方水箱前面放置長尺，開啟沉水馬達，觀察四個噴水管出口高度(100cm、80cm、60cm、40cm)的噴水距離(cm)。重複執行至少三次並記錄。
- (3)將 25w 及 115w 沉水馬達分別置於裝滿水的水箱中，用尺量透明水管長度，並在水管上標記高度，接上透明水管(軟管)固定在硬管及植栽塔裝置上，開啟沉水馬達將水抽上去，記錄出水高度。重複執行至少三次並記錄。
- (4)將 25w 及 115w 沉水馬達分別置於裝滿水的水箱中，接上自製植栽噴水裝置，開啟沉水馬達，計時 1min，在四個噴水管出口高度(100cm、80cm、60cm、40cm)用容器接水並用量筒量測出水量(ml)。重複執行至少三次並記錄。
- (5)將量角器圖片列印在投影片上並剪下，將噴頭轉到最緊繫畫上 0° 接上剪下的量角器備用。將 25w 沉水馬達置於水箱中，接上噴水裝置，旋轉噴頭角度至 180° 開啟馬達，計時 10sec，用容器接水並用量筒量測出水量(ml)。接下來每增加 30° 進行一次實驗直到 690° 。每次實驗重複執行至少三次並記錄。

(三)結果：

控制變因：水箱水位、自製植栽噴水裝置、長尺、計時器、量筒、量角器

噴水管出口高度(100cm、80cm、60cm、40cm)

操作變因：沉水馬達功率(25w、115w)、噴頭旋轉角度($180^\circ \sim 690^\circ$)

應變變因：出水高度(cm)、出水量(ml)、噴水距離(cm)

簡易實驗	不同出水高度 測水量	噴頭旋轉角度 測水量	不測 同量 出噴 水水 高 度 離	不測 同量 馬出 水水 高 度 離
				

表 3-1 簡易水壓實驗記錄表
重複三次平均值

- (1)由表 3-1 及圖 3-1 發現距離寶特瓶頂部 5cm 孔洞噴水距離 1cm，距離寶特瓶頂部 10cm 孔洞噴水距

寶特瓶孔洞噴水距離(cm)				
距頂部孔洞 位置(cm)	重複 1	重複 2	重複 3	平均 值
5	1	0.8	1.3	1.0
10	5	4.6	4.8	4.8
15	10	9.5	11	10.2

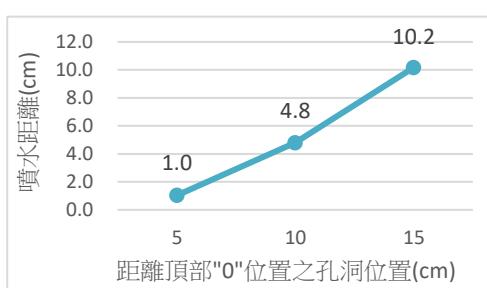


圖 3-1 出水位置與噴水距離關係圖

離 4.8cm，距離寶特瓶頂部 15cm 孔洞噴水距離 10.2cm。

(2)由表 3-2 及圖 3-2 發現 25w 的出水高度是 144cm，115w 的出水高度是 235cm，相差 91cm。

表 3-2 不同馬達功率出水高度記錄表

馬達 功率 (w)	水管垂直出水高度(cm)			
	重複 1	重複 2	重複 3	平均值
25	140	148	136	144
115	220	250	245	235

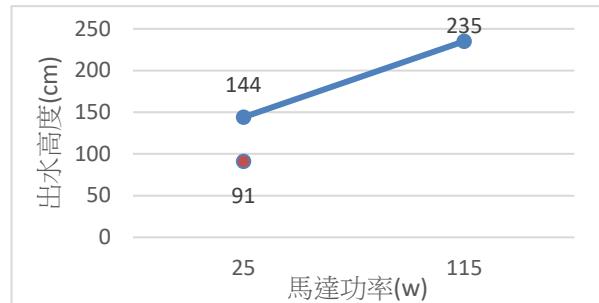


圖 3-2 馬達功率與出水高度的關係

(3)由表 3-3 及圖 3-3 發現 25w 在水管高度 100cm 的噴水距離是 59.0cm，80cm 噴水距離是 44.3cm，60cm 噴水距離是 31.7cm，40cm 的噴水距離是 21.0cm。115w 在水管高度 100cm 的噴水距離是 109.3cm，80cm 噴水距離是 85.0cm，60cm 噴水距離是 68.3cm，40cm 的噴水距離是 59.7cm。25w 與 115w 在水管高度 100cm 的噴水距離差異值是 50.3cm，80cm 的噴水距離差異值是 40.7cm，60cm 的噴水距離差異值是 36.7cm，40cm 的噴水距離差異值是 38.7cm。

表 3-3 不同馬達功率及水管高度
噴水距離記錄表(三次平均值)

馬達 功率 (w)	水管側邊不同高度(cm) 四孔噴水距離 cm			
	100	80	60	40
25w	59.0	44.3	31.7	21.0
115w	109.3	85.0	68.3	59.7
差異值	50.3	40.7	36.7	38.7

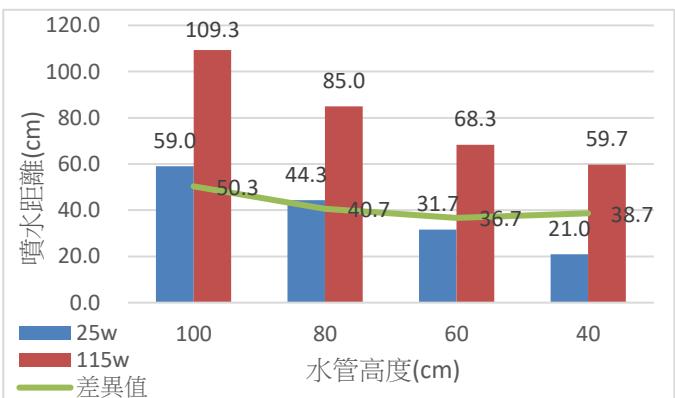


圖 3-3 不同馬達功率之水管高度與噴水距離的關係

(4)由表 3-4 及圖 3-4 發現 25w 在水管高度 100cm 的出水量是 75ml/min，80cm 的出水量是 65ml/min，60cm 的出水量是 62ml/min，40cm 的出水量是 70ml/min。115w 在水管高度 100cm 的出水量是 105ml/min，80cm 的出水量是 100ml/min，60cm 的出水量是 107ml/min，40cm 的出水量是 113ml/min。25w 與 115w 在水管高度 100cm 的出水量差異值是 30.0ml/min，80cm 的出水量差異值是 35.0ml/min，60cm 時的出水量差異值是 45.0ml/min，40cm 的出水量差異值是 43.3ml/min。

表 3-4 不同馬達功率及水管高度
出水量記錄表(三次平均值)

馬達 功率 (w)	水管側邊不同高度(cm) 四孔出水量 ml/min			
	100	80	60	40
25	75	65	62	70
115	105	100	107	113
差異值	30.0	35.0	45.0	43.3

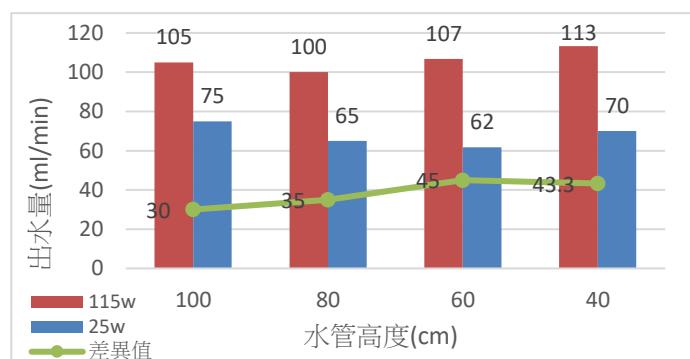


圖 3-4 不同馬達功率之水管高度與出水量的關係

(5)由表 3-5 及圖 3-5 發現噴頭旋轉至 $180^\circ \sim 270^\circ$ 出水流量是 0ml/sec ， 300° 出水流量是 0.06ml/sec ， 330° 出水流量是 0.20ml/sec ， 360° 出水流量是 0.57ml/sec ， 390° 出水流量是 1.03ml/sec ， 420° 出水流量是 1.23ml/sec ， 450° 出水流量是 1.37ml/sec ， 480° 出水流量是 1.47ml/sec ， 510° 出水流量是 1.63ml/sec ， 540° 出水流量是 1.77ml/sec ， 570° 出水流量是 1.97ml/sec ， 600° 之後出水流量約為 2.20ml/sec 。

表 3-5 噴頭旋轉角度出水流量記錄表

噴頭旋轉角度 (度)	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690
水流量 (ml/sec)	重複 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.20	0.60	1.10	1.20	1.40	1.50	1.60	1.80	2.00	2.20	2.20	2.20
	重複 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.20	0.60	1.00	1.30	1.40	1.40	1.70	1.80	1.90	2.20	2.20	2.10
	重複 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.20	0.50	1.00	1.20	1.30	1.50	1.60	1.70	2.00	2.20	2.20	2.30
	平均值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.20	0.57	1.03	1.23	1.37	1.47	1.63	1.77	1.97	2.20	2.17	2.20

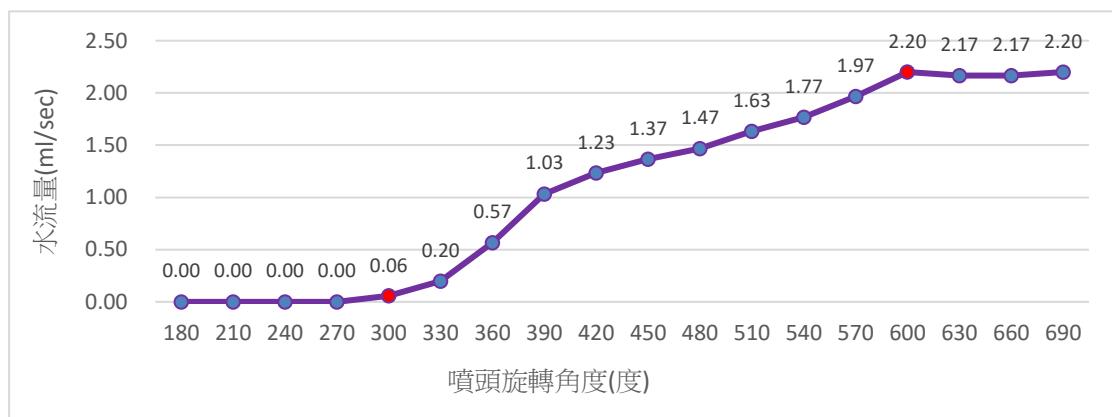


圖 3-5 噴頭旋轉角度與出水流量的關係

(五)討論：

- (1)在簡易水壓實驗中，距離頂部最近的 5cm 洞口的噴水距離 1cm 最短；其次是 10cm 洞口的噴水距離 4.8cm；噴水距離最遠的 10.2cm 是距離頂部最遠的 15cm 洞口。因為重力的關係，水從頂部往下流，所以最下面的洞口水壓最大，可以噴出最遠的距離。出口水壓隨著與頂部的距離增加而增加。
- (2)使用 25w 及 115w 二種不同馬達功率的沉水馬達，從底部抽水，115w 的出水高度 $235\text{cm} > 25\text{w}$ 的出水高度 144cm ，二者相差 91cm 。從馬達的功率來看，二個馬達功率相差 90w ，出水高度相差 91cm 。馬達功率每增加 1w，出水高度(水壓)約增加 1cm。雖然馬達功率增加，出水高度(水壓)也會增加，但增加幅度不明顯。
- (3)馬達功率 25w 在水管高度 100cm 的噴水距離 $59.0\text{cm} > 80\text{cm}$ 噴水距離 $44.3\text{cm} > 60\text{cm}$ 噴水距離 $31.7\text{cm} > 40\text{cm}$ 的噴水距離 21.0cm 。115w 在水管高度 100cm 的噴水距離 $109.3\text{cm} > 80\text{cm}$ 噴水距離 $85.0\text{cm} > 60\text{cm}$ 噴水距離 $68.3\text{cm} > 40\text{cm}$ 的噴水距離 59.7cm 。水管高度越高噴水距離越遠，代表水壓越大。推測是因為沉水馬達從下面抽上去，水管從粗轉變為細，在低處的四向噴水出口受到阻力，水流持續往上擠壓，直到最高處的四項噴水出口，全部釋放壓力，於是噴水距離最遠。馬達功率 25w 與 115w 的噴水距離差異為 $36.7\text{~}50.3\text{cm}$ ，最大差異 13.6cm ，差異不明顯。

(4) 馬達功率 25w 之水管高度 100cm 的出水量 75ml/min > 40cm 的出水量 70ml/min > 80cm 的出水量 65ml/min > 60cm 的出水量 62ml/min，四個水管高度的出水量最大差異 13 ml/min，差異不明顯。馬達功率 115w 之水管高度 40cm 的出水量 113ml/min > 60cm 的出水量 107ml/min > 100cm 的出水量 105ml/min > 80cm 的出水量 100ml/min，四個水管高度的出水量最大差異 13 ml/min，差異不明顯。**馬達功率 25w 與 115w 的出水量差異為 30 ml/min~45 ml/min，最大差異 15 ml/min，差異不明顯。**推測是因為噴頭旋轉的角度不同，影響了出水量。

(5) 噴頭旋轉角度轉到 300° 才開始有水流出(0.06ml/sec)，旋轉角度從 300° ~ 600° 出水流量隨著角度增加而增加，旋轉角度 600° 出水流量是 2.2ml/sec。接下來增加旋轉角度，出水流量沒有明顯變化。**噴頭旋轉角度 300° ~ 600° 可調整噴頭出水流**量。**讓生態植栽培塔中每個噴頭的出水流量差異縮小。**

四、探討文氏管運用在氣水循環魚菜共生的功效

(一)想法：除了植栽培塔栽種植物之外，我們想在植栽培塔旁邊用魚缸養魚，**把魚缸跟植栽培塔的水和氣體進行循環利用，達成魚菜共生。**植栽培塔的水用馬達接水管經文氏管將空氣(氧氣)及水帶入魚缸，再用魚缸內的馬達把含有氧氣的魚缸水抽入植栽培塔讓植物吸收，於是進行以下的研究。

(二)方法：

- (1) 準備魚缸(塑膠盒)、小魚 6 條及一些水草備用。
- (2) 標示水位(cm)：植栽培塔水箱(高 26、中 18 低 10)及魚缸(高 18、中 10 低 6)。
- (3) 植栽培塔水箱放入 6w 的沉水馬達，連接水管到魚缸。在水箱高中低三種水位時，分別抽水 10 秒鐘，將植栽培塔的水抽到魚缸，用量筒量測抽水量(ml)。重複執行至少三次並記錄。植栽培塔水箱內更換為 15w 的沉水馬達，重複執行以上步驟至少三次並記錄。
- (4) 魚缸放入 6w 的沉水馬達，連接水管到植栽培塔水箱。在水箱高中低三種水位時，分別抽水 10 秒鐘，將魚缸的水抽到植栽培塔，用量筒量測抽水量(ml)。重複執行至少三次並記錄。魚缸內更換為 15w 的沉水馬達，重複執行以上步驟至少三次並記錄。
- (5) 將連接的水管接上文氏管。重複執行(3)步驟至少三次並記錄。
- (6) 植栽培塔水箱放入 6w 的沉水馬達，連接有文氏管的水管到魚缸。在水箱高中低三種水位時，分別抽水 10 秒鐘，將植栽培塔的水抽到魚缸，以排水集氣法用量筒量測空氣流量(ml)。重複執行至少三次並記錄。植栽培塔水箱內更換為 15w 的沉水馬達，重複執行以上步驟至少三次並記錄。
- (7) 將魚缸裝入植栽培塔的水，再放入小魚及水草，設置魚菜共生系統，進行測試。

(三)結果：

控制變因：沉水馬達(6w、15w)、抽水時間(10sec)、量筒(1000ml、500 ml、100 ml)、文氏管。

操作變因：文氏管(有、無)、水位(植栽培塔水箱高 26cm、中 18cm 低 10cm 及魚缸高 18cm、中 10cm 低 6cm)、植栽培塔↔魚缸

應變變因：水流量 (抽水量 ml/sec)、集氣量(空氣流量 ml/sec)



(四)發現：

(1)由表 4-1 及圖 4-1 發現 6w 馬達從植栽塔(高中低水位)抽水到魚缸水流量分別是 45ml/sec、43ml/sec、41ml/sec，從魚

馬達 功率 (w)	植栽塔→魚缸水流量 ml/sec			魚缸→植栽塔水流量 ml/sec		
	植栽塔水箱水位(cm)			魚缸水位(cm)		
	高(26)	中(18)	低(10)	高(18)	中(10)	低(6)
6	45	43	41	40	38	39
15	118	118	114	117	116	116
差異值	74	76	74	77	78	78

缸(高中低水位)抽水到植栽塔水流量分別是 40ml/sec、38ml/sec、39ml/sec。15w 馬達從植栽塔(高中低水位)抽水到魚缸水流量分別是 118ml/sec、118ml/sec、114ml/sec，從魚缸(高中低水位)抽水到植栽塔水流量分別是 117ml/sec、116ml/sec、116ml/sec。6w 跟 15w 的抽水流量差異是 74 ml/sec ~78 ml/sec。

(2)由表 4-2 及圖 4-2 發現 6w 馬達從植栽塔(高中低水位)抽水到魚缸水流量分別是 45ml/sec、43ml/sec、41ml/sec，加文氏管後，水流量分別是 39ml/sec、36ml/sec、32ml/sec。差異值是 6ml/sec、6ml/sec、9ml/sec。15w 馬達從植栽塔(高中低水位)抽水到魚缸水流量分別是 118ml/sec、118ml/sec、114ml/sec，加文氏管後，水流量分別是 105ml/sec、98ml/sec、92ml/sec，差異值是 13ml/sec、21ml/sec、22ml/sec。6w 跟 15w 的抽水流量差異是 60 ml/sec ~76 ml/sec。

(3)由表 4-3 及圖 4-3 發現 6w 馬達從植栽塔(高中低水位)抽水經文氏管到魚缸集氣量分別是 17.0ml/sec、15.3ml/sec、13.3ml/sec。15w 馬達則分別是 22.7ml/sec、17.7ml/sec、15.3ml/sec。6w 跟 15w 的集氣量差異是 2.0 ml/sec ~5.7 ml/sec。

表 4-1 植栽塔↔魚缸水流量記錄表(三次平均值)

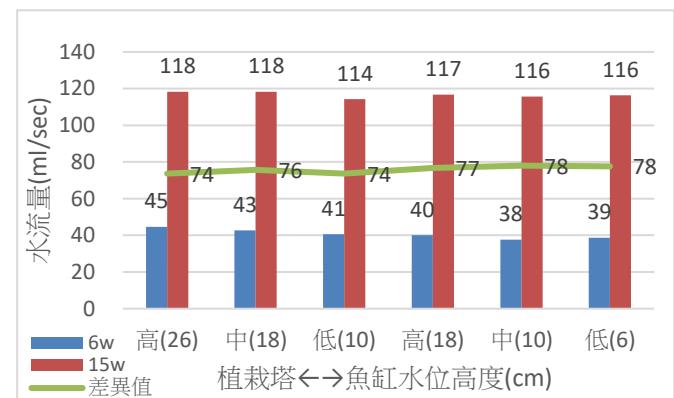


圖 4-1 植栽塔↔魚缸水位與出水流量的關係

表 4-2 有無文氏管之植栽塔→魚缸水流量記錄表
(三次平均值)

馬達 功率	植栽塔→魚缸水流量 ml/sec						差異值	
	植栽塔水位(cm)			無文氏管				
	高(26)	中(18)	低(10)	高(26)	中(18)	低(10)		
6w	45	43	41	39	36	32	6	
15w	118	118	114	105	98	92	13	
差異值	74	76	74	66	61	60	7	

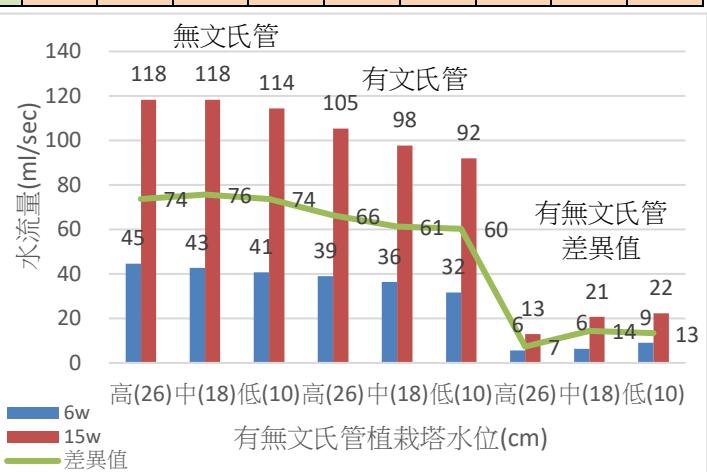


圖 4-2 植栽塔→文氏管→魚缸水位與出水流量的關係

表 4-3 植栽培塔→魚缸集氣量記錄表
重複三次平均值

植栽培塔→文氏管→魚缸集氣量 ml/sec			
馬達功率 (w)	植栽培塔水箱水位高度(cm)		
	高(26)	中(18)	低(10)
6	17.0	15.3	13.3
15	22.7	17.7	15.3
差異值	5.7	2.3	2.0

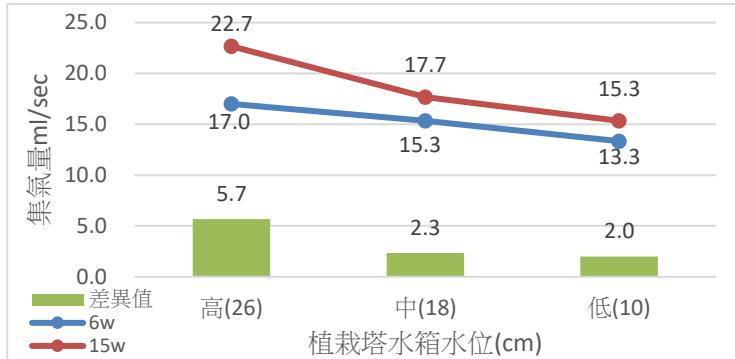


圖 4-3 植栽培塔→文氏管→魚缸水位與集氣量的關係

(五)討論：

- (1)因為魚缸放置於植栽培塔旁邊，水位的高低差異不大，所以用 6w 及 15w 馬達從植栽培塔(高中低水位)抽水到魚缸或從魚缸(高中低水位)抽水到植栽培塔的水流量：高水位>中水位>低水位，但水位之間的差異不大。6w 馬達的抽水流量差異是 74~76ml/sec，15w 馬達則是 77~78ml/sec，二者皆可穩定抽水。表示二種馬達皆可在植栽培塔及魚缸之間穩定抽水，達到平衡，不至於造成二邊水位太大的變化，但以節能來說，6w 馬達優於 15w 馬達。
- (2)當水流經文氏管時，文氏管內的設計阻礙水的流動，以便於帶空氣進來，所以從植栽培塔抽水到魚缸的水流量較低，與未經文氏管的水流量有差異，但差異不大，以 6w 馬達來說，差異值為 6 ml/sec 跟 9 ml/sec。表示執行魚菜共生時，植栽培塔與魚缸的水位變化也不至於太大，可以穩定循環抽水並達平衡。
- (3)以 6w 及 15w 馬達抽水流經文氏管的集氣量來說，植栽培塔的水位越高，集氣量越大。以 6w 馬達來說，抽水集氣量變化：高水位 17 ml/sec > 中水位 15.3 ml/sec > 低水位 13.3 ml/sec。15w 馬達則是高水位 22.7 ml/sec > 中水位 17.7 ml/sec > 低水位 15.3 ml/sec。二種馬達抽水經文氏管皆可帶入大量的氣體，差異不大。
- (4)根據實驗結果：運用 6w 馬達連接水管及文氏管，將水及空氣帶入魚缸，在植栽培塔與魚缸之間進行空氣與水的互相交流，可以完成穩定平衡的生長循環系統，魚菜共生的成效良好。

五、探討與 GAI 共同製作 AI 照護生態植栽培塔的可能性

(一).想法：設置完成生態植栽培塔之後，我們想用 AI 進行自動化照護，但是我們只寫過簡單的 microbit 程式操控簡單的裝置，所以，我們想在 GAI 平台建立 AI 助理，讓 AI 協助我們撰寫程式。於是開啟了跟 GAI 的對話並進行以下的研究。

(二)方法：

- (1)討論 AI 照護植物的方式、輸入(感測器)及輸出(結果顯示或啟動下一步)、控制條件，再根據討論內容繪製程式流程圖。
- (2)根據程式流程圖內容，在聯發科達哥 GAI 平台，建立 AI 助理~撰寫程式小幫手。
- (3)使用 AI 助理~撰寫程式小幫手，啟動 AI 助理並根據需求，協助撰寫程式。
- (4)開啟 microbit 平台，建立一個專案，將 AI 助理產生的程式碼拷貝至專案中。
- (5)根據有問題的內容，再與 AI 助理進行對話並修改，修改完成後進行測試。
- (6)根據測試狀況，諮詢 microbit 專業技術人員，修改完成後再測試。
- (7)重複(5)~(6)步驟，直到測試完成。

(三)結果：



研究步驟			研究發現與結果討論
繪製程式流程圖	micro: bit AI 裝置專題設計 學習單	討論問題：AI 做什麼？程式輸入(感測器)？輸出(結果顯示或作動)？思考順序？	<p>學 習 單</p> <p>討論並完成學習單內容，決定 AI 協助的部分，輸入感測器、輸出顯示操控，判斷條件，思考程式流程順序，繪製程式流程圖及裝置圖解。</p> <p>程式流程圖：(參考以上範例之思考順序來繪製)</p> <pre> graph TD START([START]) --> S1{8:00~18:00} S1 -- NO --> H1{濕度<70%} H1 -- NO --> R1{溫度<10%} R1 -- NO --> NED([NED]) H1 -- YES --> S2{8:00~18:00} S2 -- YES --> R2{溫度<10%} R2 -- YES --> P1[噴水] R2 -- NO --> NED P1 --> NED </pre> <p>裝置圖解：</p>
建立AI助理	聯發科達哥 GAI 平台	<p>建立 AI 提示詞助理： Create Prompt</p> <p>Name <u>撰寫程式小幫手</u></p> <p>Description <u>只要根據你的想法提出需求，讓我來替你啟動機器人喔！</u></p> <p>Prompt <u>我想用{{開發板}}設計一個有關{{專案類別}}的專案，希望{{背景條件}}時，偵測{{輸入感測器}}就{{輸出動作}}。請協助撰寫程式，並說明程式內容。</u></p> <p>開始使用 AI 提示詞助理</p> <p>撰寫程式小幫手</p> <p>只要根據你的想法提出需求，讓我來替你啟動機器人喔！</p> <p>開發板 <u>microbit 開發板及 IoT 擴充板</u></p> <p>專案類別 <u>自動噴水裝置</u></p> <p>背景條件 <u>偵測濕度及設定 8:00~18:00 進行噴水控制</u></p> <p>輸入感測器 <u>濕度感測器 及 繼電器</u></p> <p>輸出動作 <u>濕度小於 70% 啟動繼電器 進行噴水 10 分鐘</u></p>	<p>根據程式流程圖，建立 AI 助理，輸入助理名稱，描述助理功能及提示詞 (Prompt)。開始使用時，就會以 Prompt 裡的 {{開發板}} 為類別，讓使用者輸入需求，完成後就可以讓 GAI 生成程式碼。</p>

研究步驟	研究工具	研究發現與結果討論
使用AI助理	撰寫程式小幫手	<p>撰寫程式小幫手 Prompt : 我想用 microbit 開發板及 iot 擴充板設計一個有關自動噴水裝置的專案，希望偵測濕度及設定 8:00~18:00 進行噴水控制時，偵測濕度感測器 及 繼電器就濕度小於 70% 啟動繼電器 進行噴水 10 分鐘。請協助撰寫程式，並說明程式內容。</p> <p>GAI 回應 : 好的，我可以幫助你撰寫這個專案的程式。以下是使用 Microbit 開發板及 IoT 擴充板設計自動噴水裝置的程式範例：</p> <p>GAI 根據 AI 助理~撰寫程式小幫手的 Prompt,立刻生成程式，提供程式範例及說明。上方告知程式語法 (python)，並可讓使用者拷貝或下載程式碼至程式編碼平台。</p>
開啟 micro:bit 平台	micro:bit coding	<p>開啟 microbit make code 平台</p> <p>拷貝程式碼貼上 microbit make code 平台的新專案後，如果沒有語法或開發板的問題，可直接轉換成積木程式。如果有問題，只能貼上程式碼並進行除錯。除錯完成後才可轉換為積木程式。GAI 生成的程式碼沒辦法一步到位，常有問題出現，這時候就要再去問 GAI。在問答過程中，會協助減少問題，甚至完全解決問題。這樣的問答過程可以讓使用者邊做邊學，更理解程式的撰寫方式，也更能與 GAI 溝通。</p>
修改與測試	聯發科達哥 GAI 平台 + 諮詢專業技術人員	<p>貼上程式碼後產生問題</p> <p>再去問 GAI</p> <p>完成程式撰寫</p> <p>除錯修改完成的程式，需要裝上裝置測試，如果還有問題就要再去問 GAI 或者諮詢 microbit 的專業技術人員。不斷重複測試及詢問，直到可以達到程式流程圖所設定的專案~AI 照護生態植栽塔。</p>

研究總結：

1. micro:bit AI 裝置專題設計學習單可協助思考程式流程，釐清 AI 協助功能。
2. 根據程式流程圖，可建立 AI 助理~撰寫程式小幫手的 Prompt。只要使用者輸入需求，可讓 GAI 生成程式碼並提供程式說明。也可讓使用者拷貝或下載至程式編碼平台。**如果沒有語法或開發板的問題，可直接轉換成積木程式**，有問題則進行除錯。
3. 裝上裝置測試，如果還有問題就要再去問 GAI 或者諮詢 micro:bit 的專業技術人員。
4. GAI 可協助程式撰寫，也讓初學者獲得更深入的理解與學習。

六、探討「AI 照護生態植栽塔」的運作情形

(一)想法：我們想把水耕植物上架到自製「AI 照護生態植栽塔」，除了**觀察測量植物生長情形**，也想知道**AI 生態植栽塔的濕度及水循環狀況**。所以進行以下研究。

(二)方法：

- (1)將二座自製的「AI 照護生態植栽塔」移至室外固定位置，分別接上 25w 及 115w 抽水馬達，並將植栽塔下方水箱裝滿水。(20241224~20241227)
- (2)接上電源及定時器，設定 8:00~18:00 每 1 小時噴水 10 分鐘。18:10 最後一次噴水完畢後用尺量測並記錄水位下降幅度(cm)，再計算失漏水狀況(ml/min)。
- (3)每天早上 8:10 及 8:55 在植栽塔內放置三個濕度計，分別測量濕度並記錄。
- (4)重複執行(1)~(3)步驟至少三次並記錄。
- (5)生態植栽塔接上 AI 裝置，把水耕植物(青蔥除外)上架至自製的「AI 照護生態植栽塔」，同類植物放置於相同位置，從 20250102~20250203 每四天一次於早上 8:20 觀察測量植栽塔上的植物根部長度(cm)，重複執行以上步驟至少三次並記錄。

(三)結果：

控制變因：植栽塔放置地點、植物放置植栽塔位置、生態植栽塔、尺、觀察測量時間(01/02~02/03 每四天於早上 8:20 觀察測量一次)、植栽塔水箱(長 45cm 寬 32cm 高 31cm)、噴水時間(12/24~12/27 8:00~18:00 每小時噴水 10 分鐘)、濕度計。

操作變因：25w 及 115w 馬達、觀察及測量日期。

應變變因：根部長度(cm)、水箱水位下降幅度(cm)、失漏水狀況(ml/min)、濕度(%)。



(四)發現(水循環狀況)：

- (1)由表 6-1 及圖 6-1 發現 12/24~12/27 25w 馬達的植栽塔水位下降幅度是 3.1~4.8cm/day，115w 馬達的植栽塔水位下降幅度是 4.7~7.6cm/day，二種馬達的水箱水位下降幅度差異是 1.6~2.8 cm/day。
- (2)由表 6-1 及圖 6-2 發現 12/24~12/27 25w 馬達的植栽塔失漏水狀況是 41~63ml/min，115w 馬達的植栽塔失漏水狀況是 62~99ml/min，二種馬達的水箱失漏水狀況差異是 20.9~36.7 ml/min。

表 6-1 植栽塔水箱水位下降幅度及失漏水狀況
(重複三次平均值)

馬達 功率 (w)	植栽塔水箱水位下降幅度及失漏水狀況							
	水位下降幅度 (cm/day)				失漏水狀況 (ml/min)			
	12/24	12/25	12/26	12/27	12/24	12/25	12/26	12/27
25w	3.1	4.8	3.8	4.5	41	63	50	59
115w	4.7	7.6	6.4	7.3	62	99	84	95
差異值	1.6	2.8	2.6	2.8	20.9	36.7	33.6	36.2

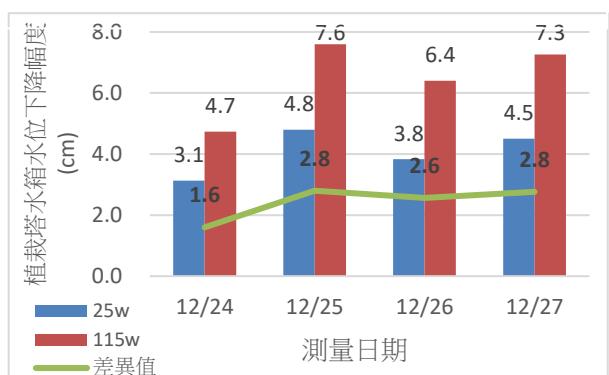


圖 6-1 植栽塔水箱水位下降幅度變化(cm)

- (3)由表 6-2 表 6-3 及圖 6-4 發現 12/24~12/27 25w 馬達的植栽塔噴水後濕度是 76.7%~81.7% 噴水 50 分鐘後是 76.3%~80.3%，保濕度是 96.3%~98.4%。
- (4)由表 6-2 表 6-3 及圖 6-3 圖 6-4 發現 115w 馬達的植栽塔噴水後濕度是 78.7%~83.7% 噴水 50 分鐘後是 76.3%~81.3%，保濕度是 96.4%~97.5%。
- (5)25w 及 115w 的濕度差異是 1%~2%，保濕度差異是 0%~1.2%。

表 6-2 生態植栽塔濕度紀錄表(重複三次平均值)

馬達 功率 (w)	生態植栽塔濕度測量記錄							
	噴水後 8:10 濕度(%)				噴水後 8:55 濕度(%)			
	12/24	12/25	12/26	12/27	12/24	12/25	12/26	12/27
25w	81.7	76.7	81.3	78.3	80.3	74.3	78.3	76.3
115w	83.7	78.7	83.3	79.3	81.3	76.3	80.3	77.3
差異值	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0
大氣濕度：12/24(77%)、12/25(73%)、12/26(78%)、12/27(76%)								

表 6-3 生態植栽塔保濕度
(重複三次平均值)

馬達 功率 (w)	噴水 45 分鐘後的保濕度(%)			
	12/24	12/25	12/26	12/27
25w	98.4	97.0	96.3	97.4
115w	97.2	97.0	96.4	97.5
差異值	1.2	0	0.1	0.1

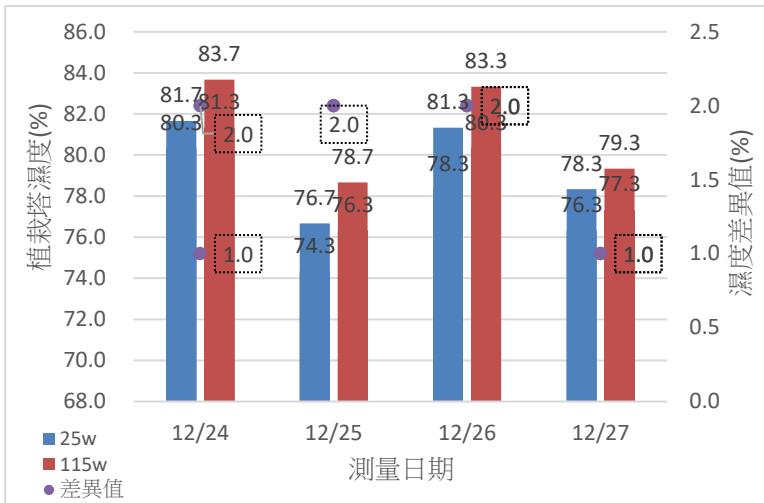


圖 6-3 生態植栽塔濕度(ml/min)

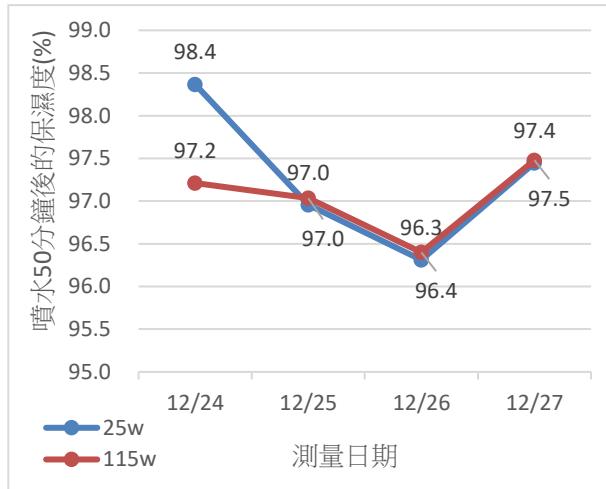


圖 6-4 生態植栽塔 50 分鐘保濕度(%)

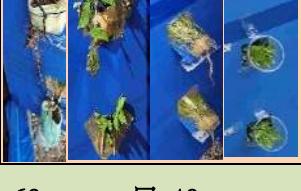
(五)討論(水循環狀況)：

- (1)因為 115w 的馬達功率高於 25w 的馬達，抽水壓力較大，水噴向植栽塔內壁時，因水壓力較大，所以水箱水位下降幅度及滲水狀況高於 25w 馬達的植栽塔。115w 馬達植栽塔的失漏水狀況 $62\sim99\text{ml}/\text{min} > 25\text{w}$ 馬達植栽塔的失漏水狀況 $41\sim63\text{ml}/\text{min}$ 。以自製相同的「生態植栽塔」來說，25w 馬達植栽塔的水循環狀況優於 115w 馬達的植栽塔。
- (2)以觀察記錄四天生態植栽塔噴水後的濕度變化來說，115w 馬達植栽塔的濕度 $78.7\%\sim83.7\% > 25\text{w}$ 馬達植栽塔的濕度 $76.7\%\sim81.7\%$ ，但差異只有 $1\%\sim2\%$ ，並不明顯。噴水後 45 分鐘再偵測濕度，25w 馬達植栽塔保濕度是 $96.3\%\sim98.4\%$ ，115w 馬達植栽塔保濕度是 $96.4\%\sim97.5\%$ 。二種馬達植栽塔的保濕度差異是 $0\%\sim1.2\%$ 差異小。
- (3)實驗結果：因為 **25w 馬達植栽塔**的失漏狀況 $< 115\text{w}$ 馬達植栽塔，**水循環狀況較佳**，且**二種馬達植栽塔的濕度及保濕度差異小**，以**節能(電能及水資源)**來說，25w 馬達植栽塔優於 115w 馬達植栽塔。

(四)發現(植物生長狀況)：

- (1)由表 6-4 及圖 6-6 發現 01/02~02/03，115w 馬達的植栽塔植物經過約一個月後，生長狀況良好。其中番茄的根部成長最好，最多增加 12cm。其次是馬鈴薯增加 6.1cm，萐苣增加 5.9cm。綠豆則增加 4.4cm。25w 馬達的植栽塔植物，生長狀況也很好。其中番茄的根部成長最好，最多增加 10.7cm。其次是馬鈴薯，增加 10.2cm，萐苣增加 6.5cm，綠豆則增加 4.7cm。二種馬達植栽塔的植物成長狀況無明顯差異。

表 6-4 AI 生態植栽塔植物生長紀錄表(重複三次平均值)

馬達 功率	植物 名稱	植栽 位置	觀察測量日期										照片
			1/2	1/6	1/10	1/14	1/18	1/22	1/26	1/30	2/3	差異值	
115 W	馬鈴薯	A1	15.8	15.8	18.0	18.9	19.6	19.7	20.1	21.1	21.8	6.0	
		A2	15.0	16.2	17.5	18.0	18.3	18.6	18.6	19.3	19.9	4.9	
		A3	14.2	17.7	18.2	18.5	18.6	18.6	18.6	18.9	19.2	5.0	
		A4	16.0	17.8	18.5	18.7	19.5	19.3	19.7	19.7	20.2	4.2	
	綠豆	B1	10.6	----	----	----	----	----	----	----	13.9	3.3	
		B2	3.6	----	----	----	----	----	----	----	6.3	2.7	
		B3	7.8	----	----	----	----	----	----	----	12.2	4.4	
		B4	3.6	----	----	----	----	----	----	----	7.3	3.7	
	萐蕎	C1	11.7	12.0	12.9	13.0	14.1	14.7	14.7	16.2	17.5	5.8	
		C2	5.8	6.9	7.1	7.8	8.4	9.1	9.6	10.2	10.3	4.5	
		C3	6.4	7.3	7.8	7.9	9.0	9.8	9.5	9.6	10.3	3.9	
		C4	7.6	7.9	8.7	8.9	9.5	9.6	10.6	12.1	13.5	5.9	
	蕃茄	D1	15.7	16.2	17.0	17.5	18.1	18.9	19.6	20.1	20.5	4.8	
		D2	22.0	22.8	24.6	27.5	27.6	28.1	28.8	29.6	30.5	8.5	
		D3	19.4	21.2	23.0	26.6	27.6	28.4	29.2	29.5	31.4	12.0	
		D4	4.2	4.7	4.6	5.2	5.6	5.8	6.6	6.9	7.6	3.4	
25 W	馬鈴薯	E1	14.8	16.2	16.4	16.6	17.8	19.0	20.6	21.9	22.8	8.0	
		E2	15.4	16.6	16.7	17.2	19.3	20.9	21.9	24.2	25.6	10.2	
		E3	18.0	18.3	18.2	18.6	19.3	21.1	21.5	21.7	23.0	5.0	
		E4	18.4	18.6	19.1	20.4	21.4	21.7	21.9	23.6	25.8	7.4	
	綠豆	F1	12.2	----	----	----	----	----	----	----	15.7	3.5	
		F2	6.5	----	----	----	----	----	----	----	10.9	4.4	
		F3	4.5	----	----	----	----	----	----	----	7.9	3.4	
		F4	4.7	----	----	----	----	----	----	----	9.4	4.7	
	萐蕎	G1	7.0	7.6	8.2	8.3	8.8	9.2	9.8	11.0	12.2	5.2	
		G2	7.0	8.6	9.2	9.1	9.2	10.0	11.2	11.8	12.5	5.5	
		G3	6.3	8.3	8.6	8.7	8.9	9.3	10.5	11.7	12.8	6.5	
		G4	6.5	7.9	8.6	8.9	9.0	9.2	10.3	11.4	12.3	5.8	
	蕃茄	H1	5.8	6.6	7.8	8.8	9.8	10.5	11.4	11.8	13.6	7.8	
		H2	25.3	27.1	28.6	29.9	30.9	32.3	33.5	34.9	36.0	10.7	
		H3	23.4	24.5	25.5	25.5	27.2	27.8	27.7	28.3	30.0	6.6	
		H4	5.0	5.6	6.4	7.9	9.5	10.0	10.8	12.1	12.0	7.0	

植栽位置：英文字母代表四個面向，數字代表植栽塔高度，1是 100cm、2 是 80cm、3 是 60cm、4 是 40cm
----表示未測量(棉花載體，不易測量)，只測量開始觀察日及結束觀察日。

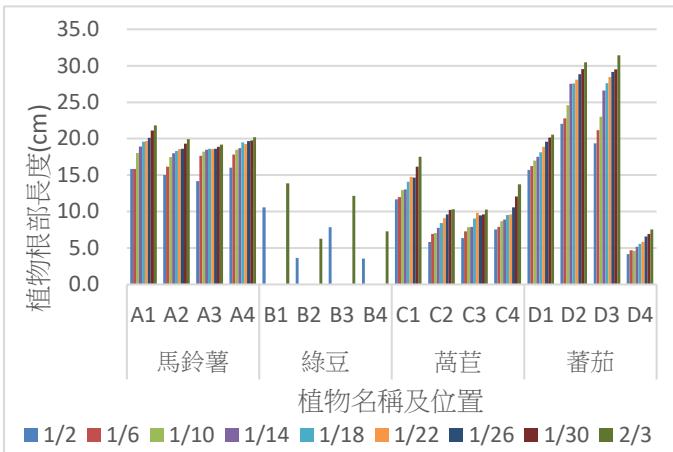


圖 6-5 AI 生態植栽培植物生長變化(115w 馬達)

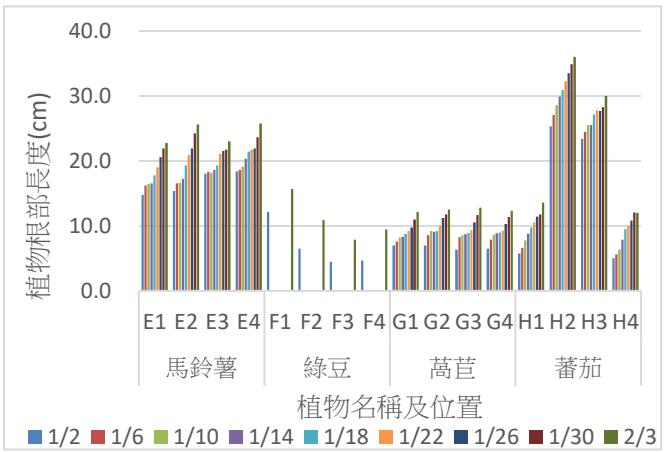


圖 6-6 AI 生態植栽培植物生長變化(25w 馬達)

(五)討論(植物生長狀況及應用)：

- (1)因為番茄和馬鈴薯都屬於茄科植物，是根部發展明顯的植物，而且是比較耐旱的植物所以根部只要吸收水分，就可以長得很快，也不會因為沒有水分就停止生長或乾枯。萐苣的根部細長，也可以迅速吸收水分並成長，但較不耐旱，沒有水分的時候就容易停止生長或乾枯。綠豆的根部必須附著在可以保濕的棉花，一旦沒有水分就容易停止生長而乾枯，所以不能只朝根部噴水，根部成長受到限制，成長狀況不明顯。
- (2)因為有加入 AI 裝置，所以「AI 照護生態植栽培」可以依照撰寫的程式碼內容，讓植物在自動化的偵測及控制下，得到良好的成長，達到節省人力的功效。
- (3)觀察結果：依植物根部的生長狀況，最好的是番茄，其次是馬鈴薯，再其次是萐苣，最後則是綠豆。此結果表示植物可以用「AI 照護生態植栽培」來栽種並成長，且只需要使用 25W 馬達功率就可以達到噴水澆灌的效果。在節能又自動化的雙重功效下，可以實現 SDGs 促進永續農業的目標。
- (4)生活應用：以「AI 照護生態植栽培」栽種植物一段時間後，植物已成熟並可開始進行採收。我們總共栽種 6 株番茄、16 株萐苣、16 株綠豆及 8 株馬鈴薯，番茄可採收 5 顆，萐苣及綠豆全數採收，馬鈴薯的塊莖較小顆，不夠成熟。我們將採收的番茄和萐苣清洗，切好放在大盤子裡，再加上美乃滋做成生菜沙拉，並於午餐時間跟同學們分享，在學校執行食農教育。沒想到在學校栽種植物可以這麼輕鬆有趣！收穫滿滿！而在家裡也可以像這樣用最簡單的方式栽種植物。

陸.結論：

研究一 探討水耕植物的種植照護方式及水分蒸發狀況

- 一、使用毛細載體照護水耕植物，跟土壤一樣可以保濕，讓植物不至於乾枯。
- 二、萐苣、綠豆、馬鈴薯、青蔥及番茄全部發芽。地瓜及黃豆不容易種植，且發黴了！
- 三、番茄和馬鈴薯都屬於茄科植物，是根系發展明顯且深的農作物，所以根部生長狀況最好長度最長。馬鈴薯葉片面積最大，而且葉片數量多，蒸散作用明顯。



研究二 探討生態瓶原理並自製「生態植栽塔」

- 一、架構：正方形、四層(每層 20cm)。
- 二、素材：木製學生座椅、pp 板、塑膠材質水箱寬度剛好卡住植栽塔，長度較長。
- 三、穩定性：因為要放置室外，製作過程以牢固為考量。
- 四、封閉性：植栽塔內噴水避免滲漏水箱外，加強植栽塔與水箱間的封閉性。



研究三 探討液壓原理並自製「植栽噴水裝置」

- 一、在簡易水壓實驗中，因為重力的關係，水從頂部往下流，最下面的洞口水壓最大，可以噴出最遠的距離。出口水壓隨著與頂部的距離增加而增加。
- 二、馬達功率每增加 1w，出水高度(水壓)約增加 1cm。雖然馬達功率增加，出水高度(水壓)也會增加，但增加幅度不明顯。
- 三、因為沉水馬達從下面抽水上去，水管從粗轉變為細，在低處的四向噴水出口受到阻力，水流持續往上擠壓，直到最高處的四向噴水出口，全部釋放壓力，於是噴水距離最遠。馬達功率 25w 與 115w 的噴水距離差異為 36.7~50.3cm，最大差異 13.6cm，差異不明顯。
- 四、因為噴頭旋轉的角度不同，影響了出水量。馬達功率 25w 與 115w 的出水量差異為 30 ml/min~45 ml/min，最大差異 15 ml/min，差異不明顯。
- 五、噴頭旋轉角度 300° ~ 600° 可調整噴頭出水流量。讓生態植栽塔中每個噴頭的出水流量差異縮小。



研究四 探討文氏管運用在氣水循環魚菜共生的功效

- 一、二種馬達皆可在植栽塔及魚缸之間穩定抽水，達到平衡，不至於造成二邊水位太大的變化，但以節能來說，6w 馬達優於 15w 馬達。
- 二、水流經文氏管時與未經文氏管的水流量有差異，但差異不大。表示執行魚菜共生時，植栽塔與魚缸的水位變化也不至於太大，可以穩定循環抽水並達平衡。
- 三、以 6w 及 15w 馬達抽水流經文氏管的集氣量來說，植栽塔的水位越高，集氣量越大。二種馬達抽水經文氏管可帶入 17 ml/sec ~22.7 ml/sec 氣體流量，差異不大。
- 四、根據實驗結果：運用 6w 馬達連接水管及文氏管，將水及空氣帶入魚缸，在植栽塔與魚缸之間進行空氣與水的互相交流，可以完成穩定平衡的生長循環系統，魚菜共生的功效良好。



研究五 探討與 GAI 共同製作 AI 照護生態植栽塔的可能性

- 一、micro:bit AI 裝置專題設計學習單可協助思考程式流程，釐清 AI 協助功能。
- 二、根據程式流程圖，可建立 AI 助理~撰寫程式小幫手的 Prompt。GAI 可生成程式碼並提供程式說明。
也可讓使用者拷貝或下載至程式編碼平台。如果沒有語法或開發板的問題，可直接轉換成積木程式，有問題則進行除錯。
- 三、裝上裝置測試，如果還有問題再去問 GAI 或諮詢 micro:bit 的專業技術人員。
- 四、根據實驗結果：GAI 可協助程式撰寫，也讓初學者獲得更深入的理解與學習。



研究六 探討「AI 照護生態植栽塔」的運作情形

- 一、觀察結果：依植物根部的生長狀況，最好的是番茄，其次是馬鈴薯，再其次是萐苣，最後則是綠豆。
- 二、實驗結果：25w 馬達植栽塔的失漏狀況 < 115w 馬達植栽塔，水循環狀況較佳，且二種馬達植栽塔的濕度差異 1%~2% 及保濕度差異 0%~1.2%，差異小，以節能(電能及水資源)來說，25w 馬達植栽塔優於 115w 馬達植栽塔。
- 三、「AI 照護生態植栽塔」可以依照撰寫的程式碼內容，讓植物在自動化的偵測及控制下，得到良好的成長，達到節省人力的功效。
- 四、植物可以用「AI 照護生態植栽塔」來栽種並成長，而且也可以應用於食農教育的推廣，只需要使用 25W 馬達功率就可以達到噴水澆灌的效果。在節能又自動化的雙重功效下，可以實現 SDGs 促進永續農業的目標。



柒.未來展望：

本研究以生態循環系統為設計原則，自製「生態植栽塔」，結合 GAI 的程式助理功能，協助撰寫程式進行 AI 自動化的植栽照護。再運用文氏管將水及空氣從植栽塔帶入魚缸，達到氣水循環的魚菜共生。研究結果顯示：實際運作「AI 照護生態植栽塔」，具有可行性。後續研究可針對植栽塔不同向度的植物與光照方向角度的關係、文氏管在魚菜共生上的運用價值、GAI 在實驗研究中的定位…等問題進行研究。在能源缺乏的時代，為了達成 SDGs 永續農業目標，「AI 照護生態植栽塔」是值得研究推廣的。

捌.參考資料：

- 一、康軒自然和生活科技學習領域國小課程研發中心（2023）。國小自然科學三年級。多采多姿的植物。台北：康軒文教事業股份有限公司。
- 二、第五十七屆中小學科展作品(2017)。都市陽台種菜系統開發-氣霧栽培法的研究。民 113 年 10 月 14 日，取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=61&sid=13868>
- 三、第五十九屆中小學科展作品(2019)。開根號—氣霧發根箱之研究。民 113 年 10 月 14 日，取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=90&cat=136&sid=16097>
- 四、第五十九屆中小學科展作品(2019)。因「菜」施教－自製水耕蔬菜自動化栽培之研究。民 113 年 10 月 15 日。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12953&sid=15940&print=1>
- 五、改善農村生產環境，扶持並提升在地農村企業韌性，實現農村產業永續發展。
 - 。民 113 年 10 月 15 日。取自行政院國家永續發展委員會 <https://ncsd.ndc.gov.tw/Fore/SDG02>
- 六、AI 幫農夫！如何用人工智慧提升作物產量？。民 113 年 10 月 15 日。取自秀觀點網頁 <https://www.kantti.net/tw/article/287/ai-agriculture-revolution>
- 七、溫室水耕循環系統。民 114 年 02 月 13 日。取自 ESG TIMES 網頁 <https://esgtimes.com.tw/11207-2/>
- 八、AI 水霧立柱種植。民 113 年 10 月 15 日。取自台灣智慧農業週網站。取自 <https://www.taiwanagriweek.com/catalog-detail/11020/>
- 九、認識循環經濟。民 113 年 10 月 15 日。取自循環台灣基金會。https://circular-taiwan.org/case_how/biological-cycle/page/4/
- 十、關鍵 IT 新趨勢 9。民 113 年 10 月 15 日。取自 iThome 網站。
<https://www.ithome.com.tw/news/166725>

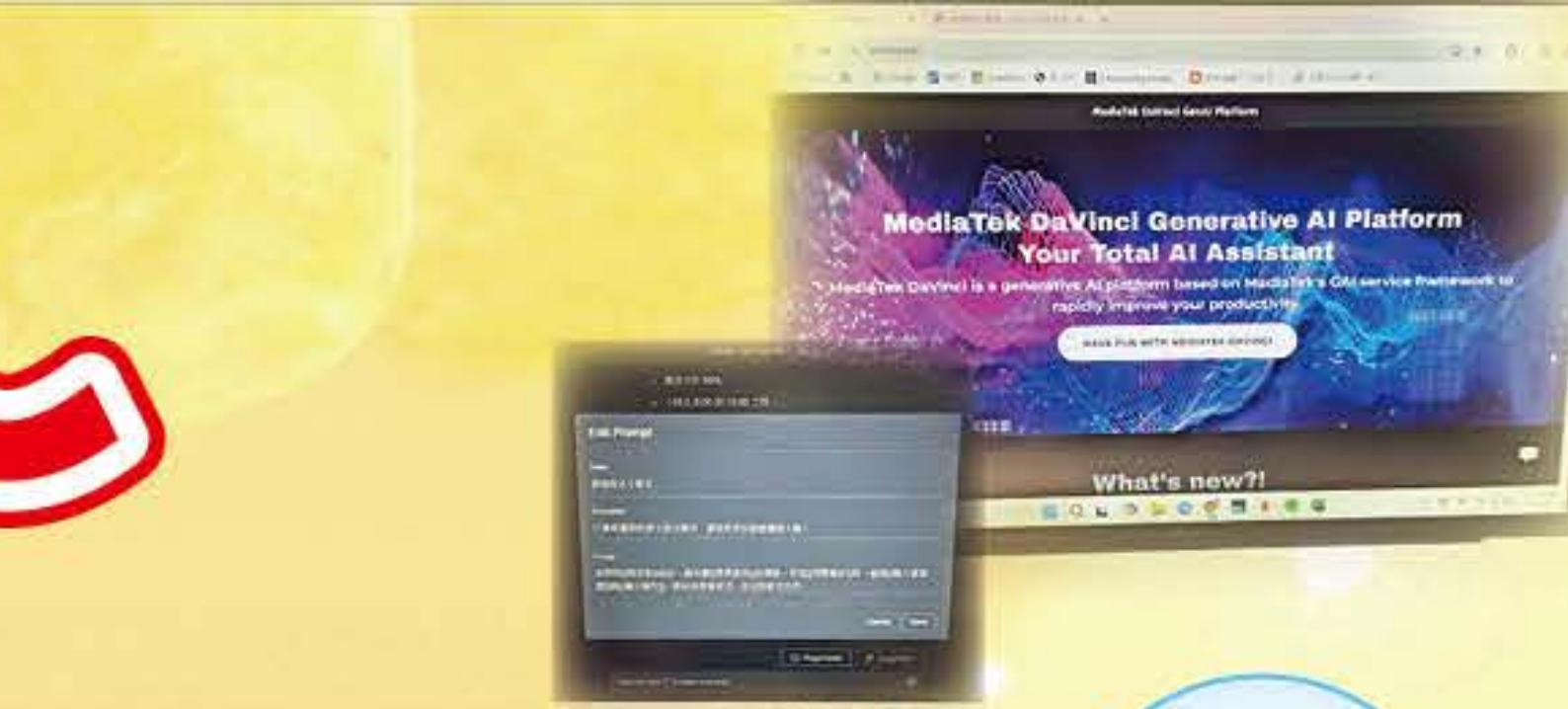
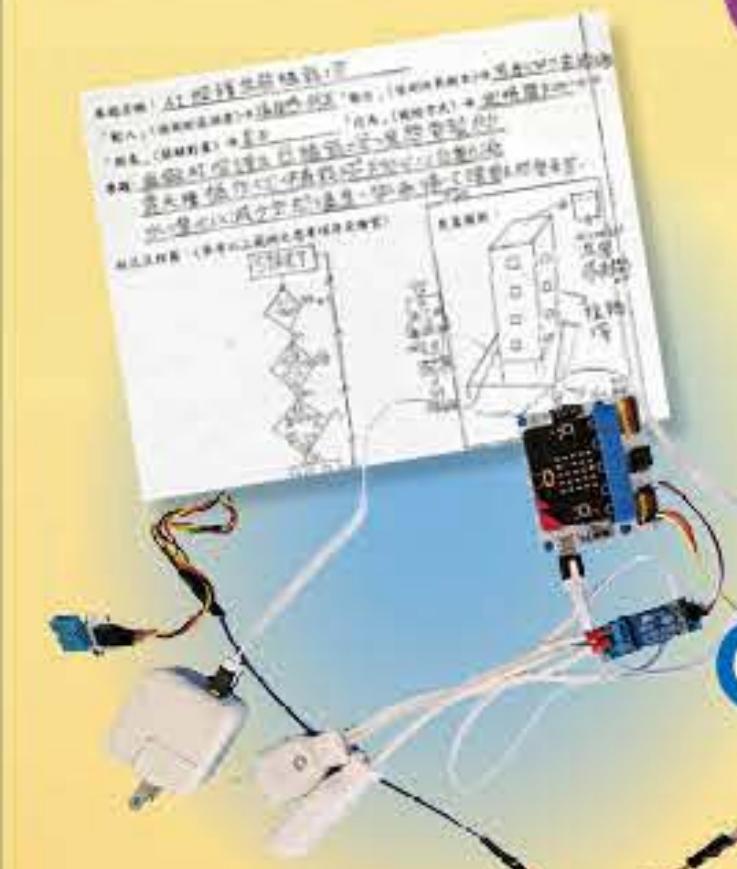
【評語】082908

1. 本研究以自製生態植栽塔及噴水裝置，利用文氏管建置氣水循環魚菜共生系統，導入 GAI 協助程式編寫，實現 AI 照護植物的目標。將物理原理（文氏管、液壓）、生物循環（魚菜共生、水耕）、工程實作（植栽塔、噴水裝置）與前沿科技（AI、Micro:bit）跨領域整合的做法，具有創意。
2. 實驗建議可探討其他影響植物生長如光照，各色光的因素，可強化研究的深度。進一步優化水耕營養液配方和生長週期，以達到更好的收成效果。

作品海報

SDGs 小樂兵

AI 照護生態植物栽培



壹、摘要：

本研究嘗試自製生態植栽塔及噴水裝置，以文氏管建置氣水循環魚菜共生系統，使用 GAI 協助 Coding，讓 AI 照護植物。研究發現：可使用毛細載體照護水耕植物，番茄和馬鈴薯根部成長佳，馬鈴薯蒸散作用明顯。木製學生座椅可製作具穩定性及封閉性的生態植栽塔。馬達功率增加 1w，出水高度約增加 1cm，二種馬達功率的噴水距離、出水量、溫度及保濕度差異小，但功率 25w 的植栽塔水循環狀況佳。噴頭旋轉 300° ~ 600° 可調出水量。將沉水馬達(6w、15w)連接水管及文氏管抽水可帶入 17 ml/sec ~ 22.7 ml/sec 氣體流量，是穩定循環的魚菜共生系統。GAI 生成程式碼及 microbit 開發板+iot 擴充板的「AI 照護生態植栽塔」，可應用於食農教育。在節能及自動化省人力的雙重功效下，實現 SDGs 促進永續農業的目標。

貳、研究動機：

三年級自然課，老師帶我們在學校種植蔬菜。從播種、定時澆水、觀察記錄到收成，是非常有趣的學習經驗。在討論過程中，瞭解植物生長需要水、空氣及陽光三項要素。我們想到：植物生長過程是否只需要具備這三項要素，不用土壤也可以種植嗎？有什麼方法可以減少水資源的使用？查詢資料之後，驚喜發現目前已有很多水耕蔬菜，氣霧栽培也正在發展中，還有所謂植物的生態瓶。從參考文獻得知水耕與氣霧栽培主要將水分作用於植物根部，讓植物得以生長，可以不用土壤。生態瓶則是在封閉環境中，讓植物依循自然生態循環而持續生長。我們上創課課程時，已經學會使用 micro:bit 開發板及一些感測器撰寫程式製作 AI 機器人裝置，協助解決生活問題。所以，我們決定在封閉環境中，以循環水嘗試讓植物自然生長。於是，建造一個結合開發板及感測器的「AI 照護生態植栽塔」裝置來種植植物，並進行一系列的研究。

參、研究目的：

- 一、探討水耕植物的種植照護方式及水分蒸發狀況
- 二、探討生態瓶原理並自製「生態植栽塔」
- 三、探討液壓原理並自製「植栽噴水裝置」
- 四、探討文氏管運用在氣水循環魚菜共生的成效
- 五、探討與 GAI 共同製作「AI 照護生態植栽塔」的可能性
- 六、探討「AI 照護生態植栽塔」的運作情形



伍、研究過程、結果及討論：

文獻探討與實驗原理 近年來，農業生產力成長減緩、可耕地逐漸減少、氣候劇烈變化導致風險攀升等問題層出不窮，加強育苗管理及育苗品質，完成蔬菜自動化種植等智能機具之研發，勢在必行。聯合國永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs）的第二項目標就是「確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業」。生態循環系統可以完美延續物質的再利用性，達到環保節能的目的，其中最重要的循環之一是水循環。噴水到植物根系滿足作物生長所需的條件，簡化耕作過程的繁瑣操作，讓農業生產變得簡單而省力，直立柱的栽培方式則可以用最少的佔地面積，達到最多的收成。

micro:bit 為英國廣播公司(BBC)專為 5 歲以上孩子所研發設計的微型電腦，是一台專屬給孩子學習程式的好工具，可以利用它來打造智能監測裝置。當監測值低於臨界值時，會驅動相關裝置來進行調整。生成式人工智慧 GAI 是一種利用大量的資料來深度學習並創造新內容的電腦程式，目前常被應用在程式編寫。聯發科推出繁中生成式 AI 平台 MediaTek DaVinci，又稱「聯發科達哥」。MediaTek DaVinci 是個高整合度、高擴展性的開放式平台，也在不斷升級進化，讓使用者更容易學習與 AI 溝通並得到 AI 的協助。本研究專題嘗試以生態循環系統為考量，自製生態植栽塔及氣霧栽培的噴霧(水)設備，結合 GAI 的程式編寫及 AI 智慧農業套件內的 micro:bit 開發板及感測器，進行植物的種植及照護，實現 SDGs2 消除飢餓促進永續農業之目標。

一、探討水耕植物的種植照護方式及水分蒸發狀況

1. 想法：我們想用土耕或水耕方式先播種育苗，讓植物生長。嘗試以毛細現象的科學原理，使用不同材料作為植物的載體，自製簡易水耕栽培裝置種植植物。看看是否可以用最簡單的方式照護植物？植物生長及水分蒸發狀況又是如何？於是進行以下實驗。
2. 方法：請參說明書。3. 結果：表 1-1 表 1-2 表 1-3 圖 1-1 圖 1-2 圖 1-3 圖 1-4
4. 討論：
 - (1) 萍草及綠豆第 3 天 16 株就全部發芽。馬鈴薯及青蔥直到第 9 天 16 株全部發芽。番茄種在土壤讓它發芽，第 12 天 16 株全部發芽。地瓜都沒發芽黃豆不容易種植，即使發芽後也容易發黴。
 - (2) 番茄和馬鈴薯都屬於茄科植物，是根系發展明顯且深的農作物，所以根部生長狀況最好長度最長。
 - (3) 馬鈴薯葉片面積最大，葉片數量多，蒸散作用明顯。毛細載體照護水耕植物，跟土壤一樣可以保濕。

表 1-1 植物發芽及發黴狀況表

植物 名稱	觀察日期				
	2024/11/1	2024/11/4	2024/11/7	2024/11/10	2024/11/13
萬豆	0	0	16	0	16
綠豆	0	0	16	0	16
黃豆	0	0	7	4	9
蕃茄	0	0	0	0	3
馬鈴薯	0	0	11	0	13
地瓜	0	0	0	0	5
青蔥	0	0	9	0	12



圖 1-1 植物發芽狀況圖

植物 名稱	依設定日期觀察測量植物根部長度(cm)									
	11/26	11/29	12/02	12/05	12/08	12/11	12/14	12/17	12/20	12/23
萬豆	5.2	7.1	7.3	7.9	8.3	8.9	8.8	9.9	10.5	12.0
綠豆	2.9	4.8	6.1	7.3	7.8	8.0	8.2	8.8	9.2	9.2
蕃茄	5.9	6.0	6.9	7.8	9.2	10.9	12.8	13.8	15.6	15.9
馬鈴薯	4.8	6.9	8.4	9.4	10.1	11.7	13.4	14.2	14.9	15.2
青蔥	3.8	5.1	6.6	6.0	7.4	8.0	8.5	7.8	8.8	9.0

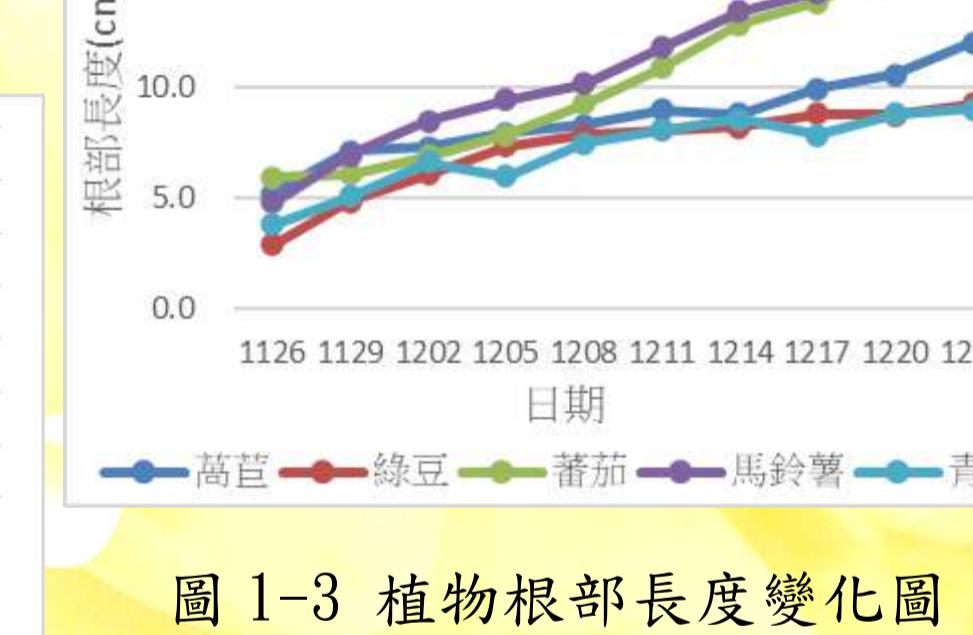


圖 1-2 植物發黴狀況圖

二、探討生態瓶原理並自製「生態植栽塔」

1. 想法：我們想根據生態瓶原理，設計一座達到生態循環的植物種植系統，利用簡易的方式及容易取得的材料，自製「生態植栽塔」種植植物。經過發想及討論，並動手製作及測試，於是進行以下設計及製作。
2. 方法：請參說明書。3. 結果：表 2



三、探討液壓原理並自製「植栽噴水裝置」

1. 想法：我們先模擬噴水裝置設計簡易實驗初步了解液壓原理，再用自製植栽噴水裝置做研究。我們想了解不同沉水馬達功率(w)跟水壓(出水高度)的關係如何？不同沉水馬達功率(w)的噴水管側邊不同高度出水孔與水壓(出水量及噴水距離)的關係？噴頭旋轉角度與水流量的關係？所以進行以下研究，據此調整自製植栽噴水裝置。
2. 方法：請參說明書。3. 結果：表 3-1 表 3-2 表 3-3 表 3-4 表 3-5

圖 3-1 圖 3-2 圖 3-3 圖 3-4 圖 3-5

生態植栽塔設計與製作					
設計內容	原設計	發現與討論		修改設計	製作
架構	外型	長方形	四邊不等長，植物種植數量有差異。		正方形
	層數	五層	以每層 20cm 計算，植物種植部分需要 100cm，再加上水箱高度會超過 140cm，對四年級學生來說，太高了！		
素材	支架	鐵製支架	不容易固定，容易倒下及變形，購買需要成本。		木製學生座椅
	種植板	PP 板	容易取得及裁切，材質輕，方便操作及開啟。		
水箱	塑膠材質	剛好卡住植栽塔	水不易流出，容易製作。水箱體積小，不易補水。		PP 板
	設置地點	室外	放置室外，需要承受風吹雨打。觀察測量會有頻繁開啟種植板的狀況，植栽裝置要夠穩才可以。		
封閉性	水循環	水資源回收再利用	放置室外，需要承受風吹雨打。觀察測量會有頻繁開啟種植板的狀況，植栽裝置要夠穩才可以。		噴水測試將滲漏部位加強，避免漏水
			製作原則：架構穩固，素材可承受風雨，種植板開啟方便且牢固。		

研究架構圖：

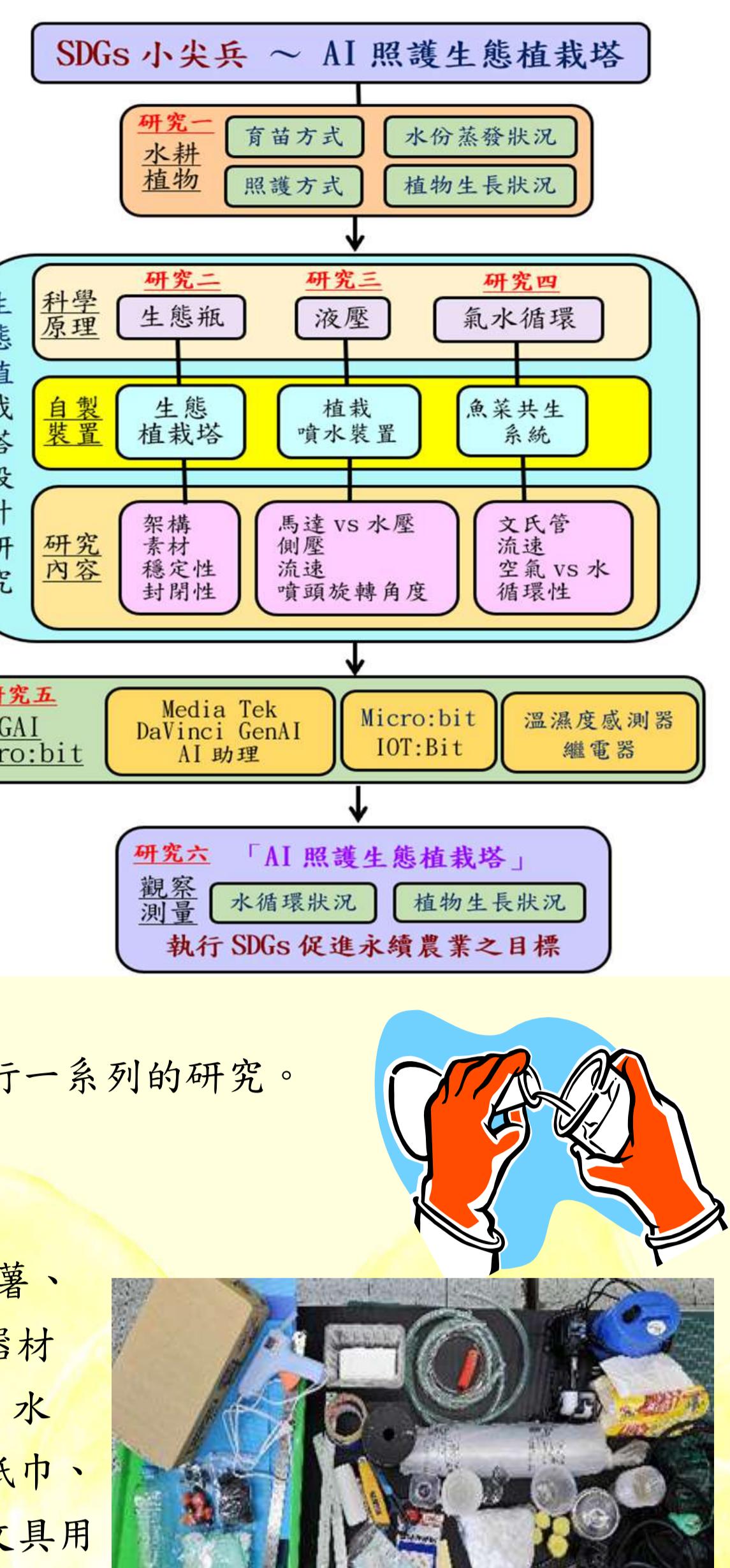


圖 1-3 植物照護水份蒸發狀況表

植物 名稱	觀察測量日期										每日 水份 蒸發率 (%)
	11/26~ 11/29	11/26~ 12/02	11/26~ 12/05	11/26~ 12/08	11/26~ 12/11	11/26~ 12/14	11/26~ 12/17	11/26~ 12/20	11/26~ 12/23		
萬豆	55.8	62.2	66.7	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	12.2
綠豆	60.0	67.5	83.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	14.7
蕃茄	7.7	17.3	26.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	5.3
馬鈴薯	63.0	70.8	88.3	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	15.8
青蔥	57.0	67.5	80.0	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	88.3	14.7

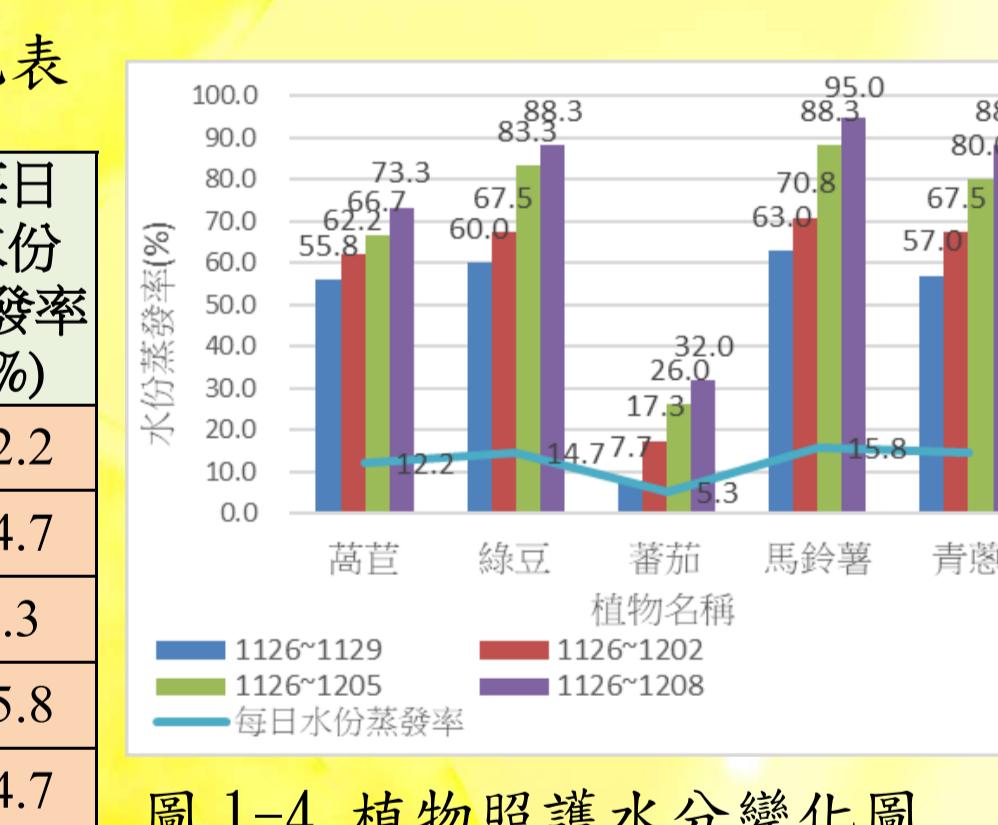


表 2 生態植栽塔設計內容及討論製作過程記錄表

4. 討論：

- (1)在簡易水壓實驗中，因為重力的關係，水從頂部往下流，所以最下面的洞口水壓最大，可以噴出最遠的距離。出口水壓隨著與頂部的距離增加而增加。
- (2)二個馬達功率相差 90w，出水高度相差 91cm。馬達功率每增加 1w，出水高度(水壓)約增加 1cm，但增加幅度不明顯。
- (3)水管高度越高噴水距離越遠，代表水壓越大。推測是因為沉水馬達從下面抽水上去，水管從粗轉變為細，在低處的四向噴水出口受到阻力，水流持續往上擠壓，直到最高處的四項噴水出口，全部釋放壓力，於是噴水距離最遠。馬達功率 25w 與 115w 的噴水距離差異為 36.7~50.3cm，最大差異 13.6cm，差異不明顯。
- (4)馬達功率 25w 與 115w 的出水量差異為 30 ml/min~45 ml/min，最大差異 15 ml/min，差異不明顯。推測是因為噴頭旋轉的角度不同，影響出水量。
- (5)噴頭旋轉角度轉到 300° 才開始有水流，旋轉角度從 300° ~ 600° 出水流量隨着角度增加而增加，可調整噴頭出水流量。讓生態植栽塔中每個噴頭的出水流量差異縮小。

表 3-1 簡易水壓實驗記錄表
重複三次平均值

寶特瓶孔洞噴水距離(cm)				
距頂部孔洞位置(cm)	重複 1	重複 2	重複 3	平均值
5	1	0.8	1.3	1.0
10	5	4.6	4.8	4.8
15	10	9.5	11	10.2

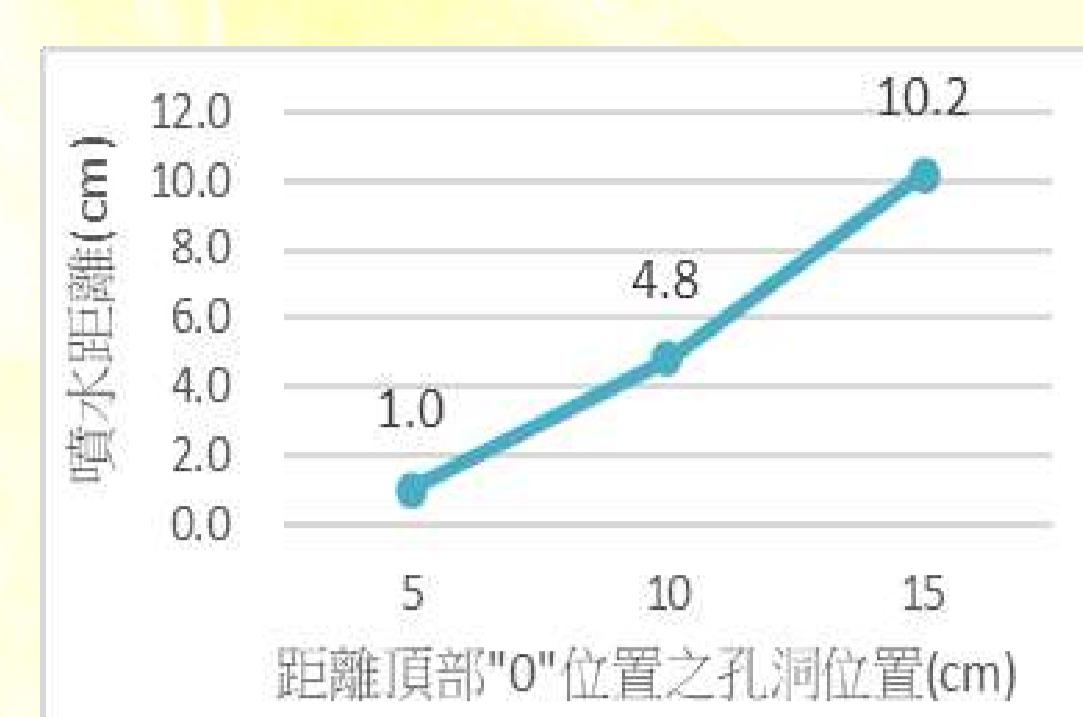


表 3-2 不同馬達功率出水高度記錄表

馬達功率(w)				
	1	2	3	平均值
25	140	148	136	144
115	220	250	245	235

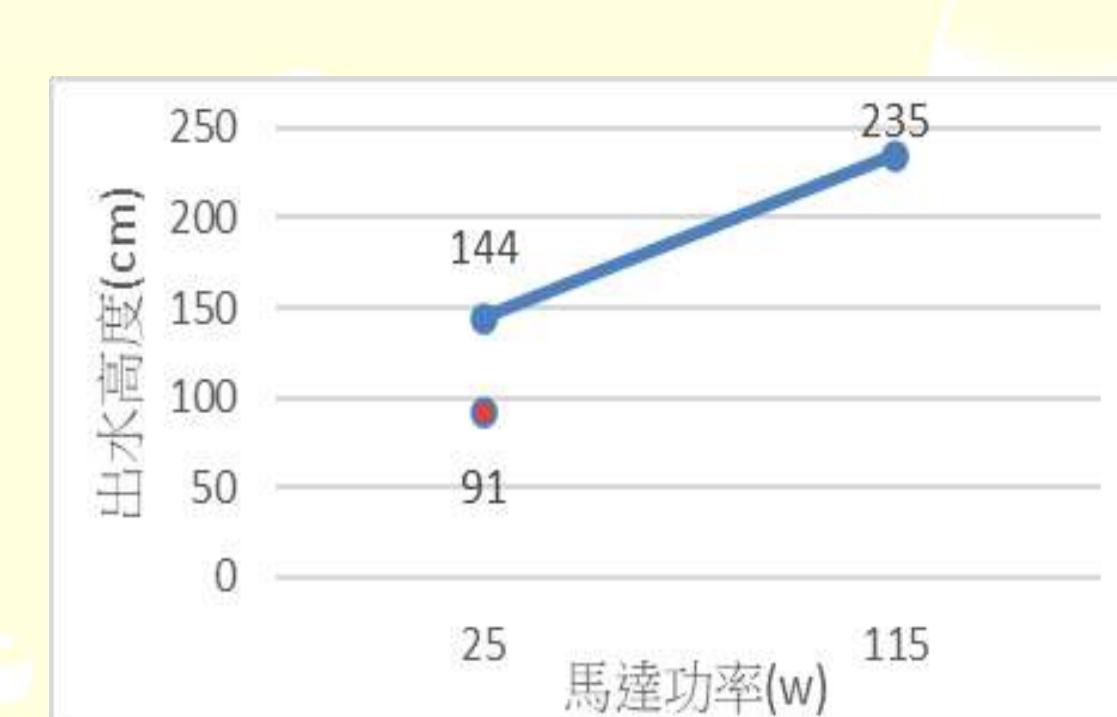


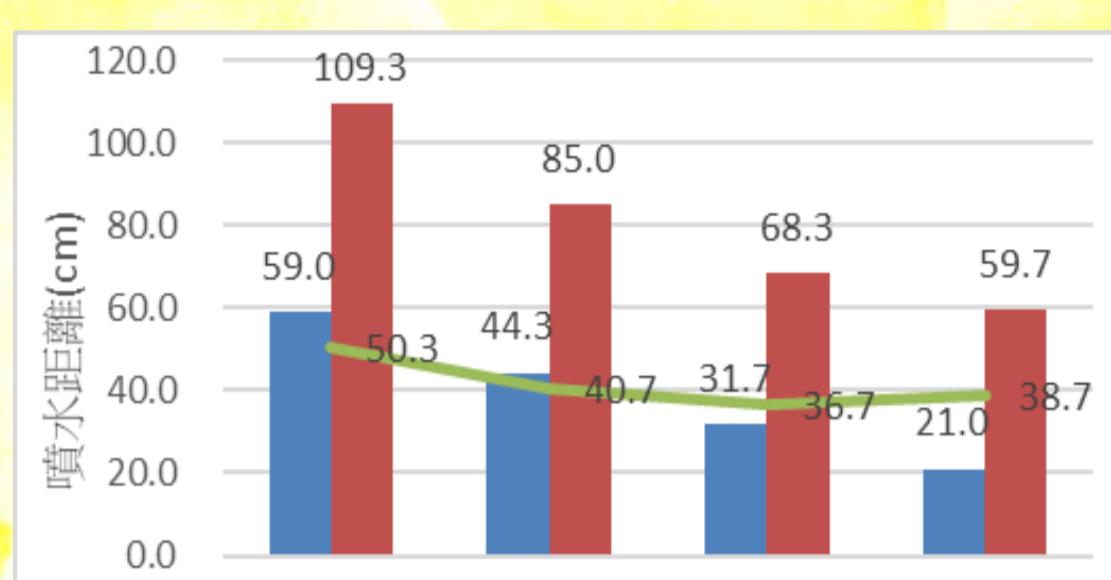
表 3-3 不同馬達功率及水管高度噴水距離記錄表(三次平均值)

簡易實驗	不同出水高度測水量	噴頭旋轉角度測水量

不測同量出噴水高距離	不測同量馬出達水功高率度

表 3-3 不同馬達功率及水管高度噴水距離記錄表(三次平均值)

馬達功率(w)	水管側邊不同高度(cm)
	四孔噴水距離 cm
100	100
80	80
60	60
40	40



四、探討文氏管運用在氣水循環魚菜共生的功效

1. 想法：我們想在植栽塔旁邊用魚缸養魚，把魚缸跟植栽塔的水和氣體進行循環利用，達成魚菜共生。植栽塔的水用馬達接水管經文氏管將空氣(氧氣)及水帶入魚缸，再用魚缸內的馬達把含有氧氣的魚缸水抽入植栽塔讓植物吸收，於是進行以下的研究。

2. 方法：請參說明書。

3. 結果：表 4-1 表 4-2 表 4-3

圖 4-1 圖 4-2 圖 4-3

4. 討論：

(1)因為魚缸放置於植栽塔旁邊，水位的高低差異不大，所以用 6w 及 15w 馬達從植栽塔(高中低水位)抽水到魚缸或從魚缸(高中低水位)抽水到植栽塔的水流量：高水位>中水位>低水位，但水位之間的差異不大。6w 馬達的抽水流量差異是 74~76ml/sec, 15w 馬達則是 77~78ml/sec，二種馬達皆可在植栽塔及魚缸之間穩定抽水，達到平衡，但以節能來說，6w 馬達優於 15w 馬達。

(2)水流經文氏管時，文氏管內的設計阻礙水流動，以便於帶空氣進來，所以從植栽塔抽水到魚缸的水流量較低，與未經文氏管的水流量有差異，但差異不大，以 6w 馬達來說，差異值為 6 ml/sec 跟 9 ml/sec。表示執行魚菜共生時，植栽塔與魚缸的水位變化也不至於太大，可以穩定循環抽水並達平衡。

(3)以 6w 及 15w 馬達抽水流經文氏管的集氣量來說，植栽塔的水位越高，集氣量越大。以 6w 馬達來說，抽水集氣量變化：高水位 17 ml/sec > 中水位 15.3 ml/sec > 低水位 13.3 ml/sec。15w 馬達則是高水位 22.7 ml/sec > 中水位 17.7 ml/sec > 低水位 15.3 ml/sec。二種馬達抽水經文氏管皆可帶入大量的氣體，差異不大。

(4)根據實驗結果：運用 6w 馬達連接水管及文氏管，將水及空氣帶入魚缸，在植栽塔與魚缸之間進行空氣與水的互相交流，可以完成穩定平衡的生長循環系統，魚菜共生的成效良好。

表 4-1 植栽塔←→魚缸水流量記錄表(三次平均值)

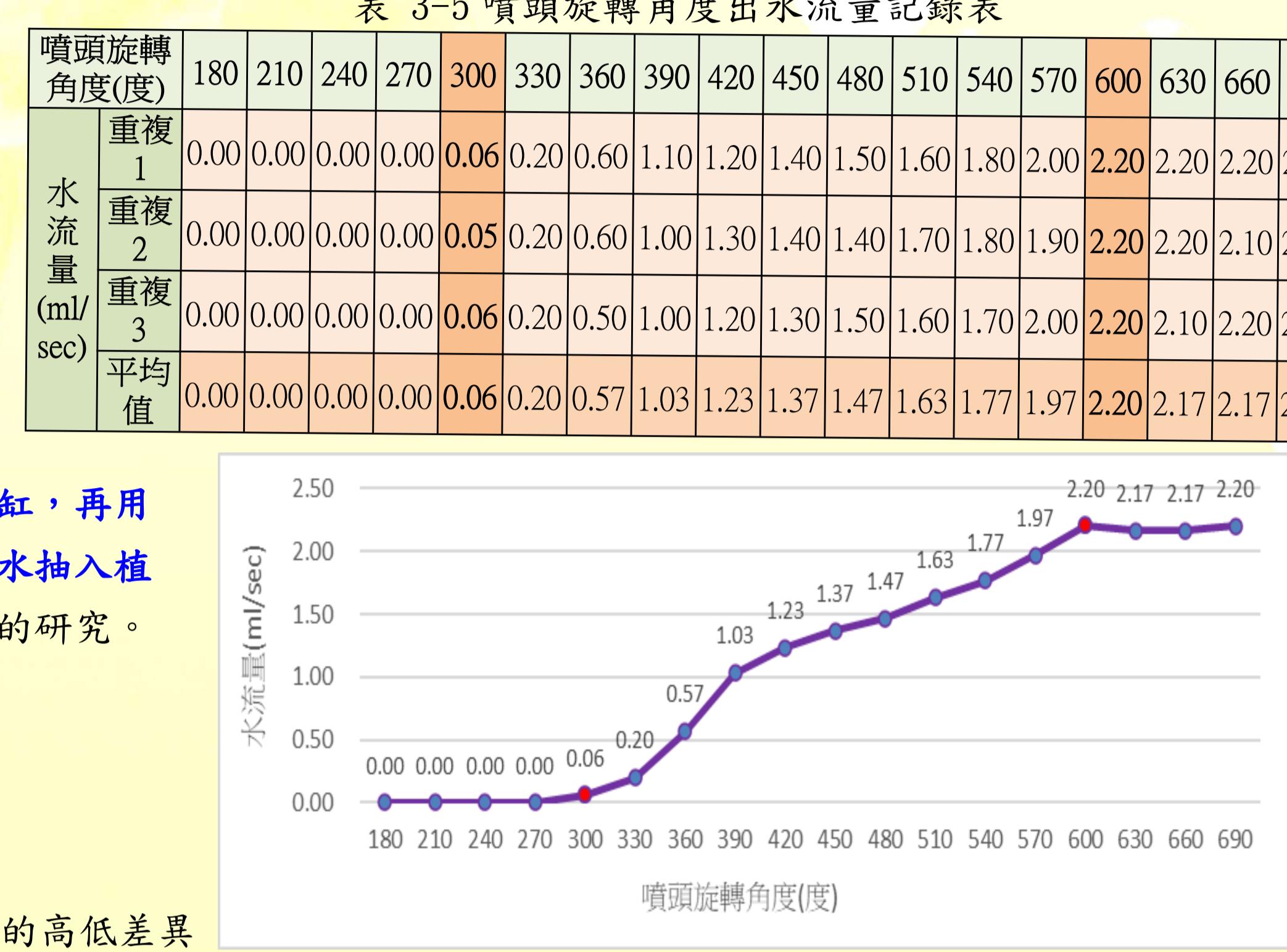


圖 3-5 噴頭旋轉角度與出水流量的關係

表 4-2 有無文氏管之植栽塔→魚缸水流量記錄表(三次平均值)

馬達功率(w)	植栽塔→魚缸水流量 ml/sec		差異值	
	無文氏管	有文氏管		
	高	中	低	
6w	45	43	41	39
15w	118	118	114	105
差異值	74	76	74	61

圖 4-1 植栽塔←→魚缸水位與出水流量的關係

表 4-3 植栽塔→魚缸集氣量記錄表

馬達功率(w)	植栽塔水位(cm)			差異值
	高	中	低	
	(26)	(18)	(10)	
6w	45	43	41	39
15w	118	118	114	105
差異值	74	76	74	61

圖 4-2 植栽塔→文氏管→魚缸水位與出水流量的關係

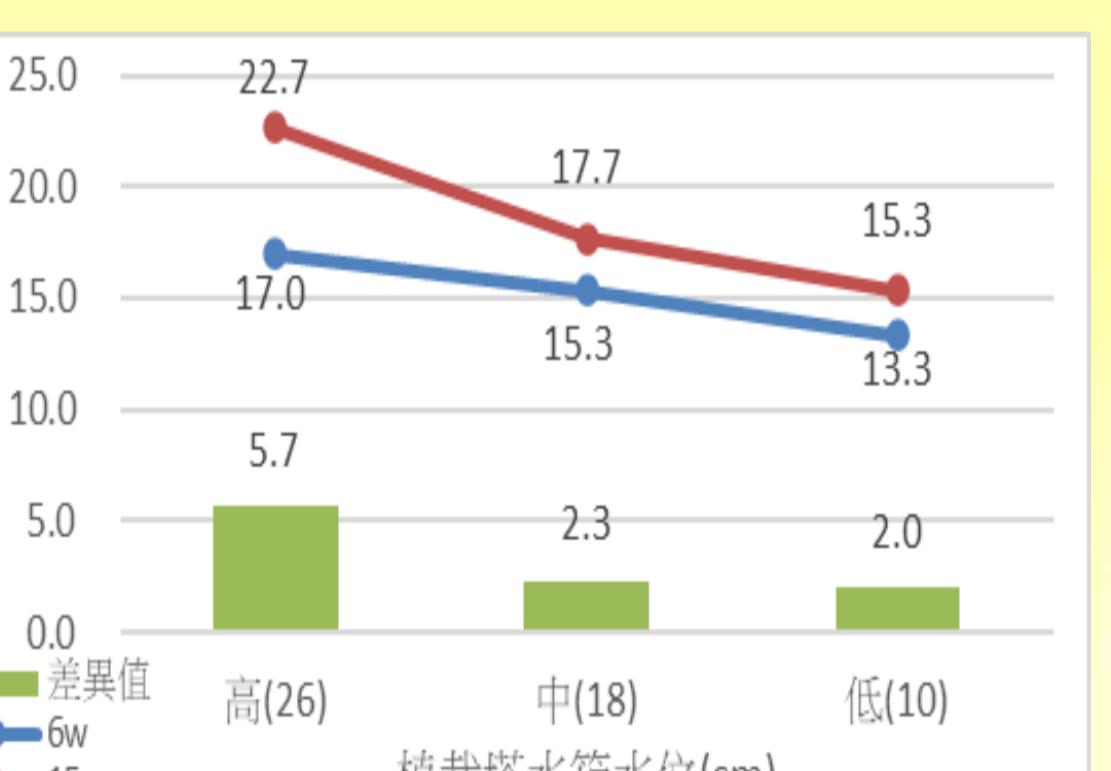


圖 4-3 植栽塔→文氏管→魚缸水位與集氣量的關係

五、探討與 GAI 共同製作 AI 照護生態植栽塔的可能性

1. 想法：設置完成生態植栽之後，我們想用 AI 進行自動化照護，但是我們只寫過簡單的 microbit 程式操控簡單的裝置，所以，我們想在 GAI 平台建立 AI 助理，讓 AI 協助我們撰寫程式。於是開啟了跟 GAI 的對話並進行以下的研究。

2. 方法：請參說明書。

3. 結果：研究步驟、研究工具、研究發現與結果討論。

繪製程式流程圖	討論問題：AI 做什麼？程式輸入(感測器)？輸出(結果顯示或作動)？思考順序？	程式流程圖：(參考以上範例之思考順序來繪製)	裝置圖解： START → 感測器 → 微控制器 → 喷水裝置 → END	撰寫程式小幫手 討論並完成學習單內容，決定 AI 协助的部分，輸入感測器、輸出顯示操控、判斷條件，思考程式流程順序，繪製程式流程圖及裝置圖解。	GAI 回應： 好的，我可以幫助你撰寫這個專案的程式。以下是使用 Microbit 開發板及 IoT 擴充板設計自動噴水裝置的程式範例：
	學習單	程式語法 拷貝程式碼 程式說明	程式範例	GAI 根據 AI 助理撰寫程式小幫手的 Prompt，立刻生成程式，提供程式範例及說明。上方告知程式語法(python)，並可讓使用者拷貝或下載程式碼至程式編碼平台。	

建立 AI 助理	建立 AI 提示詞助理： Create Prompt Name 撰寫程式小幫手 Description 只要根據你的想法提出需求，讓我來替你啟動機器人喔！ Prompt 我想用{{開發板}}設計一個有關{{專案類別}}的專案，希望{{背景條件}}時，偵測 {{輸入感測器}} 就{{輸出動作}}。請協助撰寫程式，並說明程式內容。	开始使用 AI 提示詞助理 只要根據你的想法提出需求，讓我來替你啟動機器人喔！ 開發板 microbit 開發板及 IoT 擴充板 專案類別 自動噴水裝置 背景條件 偵測濕度及設定 8:00~18:00 進行噴水控制 輸入感測器 濕度感測器及繼電器 輸出動作 濕度小於 70% 啟動繼電器 進行噴水 1
-----------------	---	--

六、探討「AI 照護生態植栽塔」的運作情形

1. 想法：我們想把水耕植物上架到自製「AI 照護生態植栽塔」，除了觀察測量植物生長情形，也想知道 AI 生態植栽塔的溫度及水循環狀況。所以進行以下研究。

2. 方法：請參說明書。 3. 結果：表 6-1 表 6-2 表 6-3 表 6-4 圖 6-1 圖 6-2 圖 6-3 圖 6-4 圖 6-5 圖 6-6

4. 討論：

(1) 115W 的抽水壓力較大，水噴向植栽塔內壁時，因水壓力較大，水箱水位下降幅度及滲水狀況高於 25W 馬達植栽塔。

(2) 115W 馬達植栽塔的濕度 78.7%~83.7% > 25W 馬達植栽塔的濕度 76.7%~81.7%，但差異只有 1%~2%，並不明顯。噴水後 45 分鐘再偵測濕度，25W 馬達植栽塔保濕度是 96.3%~98.4%，115W 馬達植栽塔保濕度是 96.4%~97.5%。二種馬達植栽塔的保濕度差異是 0%~1.2% 差異小。

(3) 實驗結果：因為 25W 馬達植栽塔的失漏狀況 < 115W 馬達植栽塔，水循環狀況較佳，且二種馬達植栽塔的濕度及保濕度差異小，以節能(電能及水資源)來說，25W 馬達植栽塔優於 115W 馬達植栽塔。

(4) 番茄和馬鈴薯都屬於茄科植物，是根部發展明顯的植物，而且是比較耐旱的植物，所以可以長得很好。

(5) 加入 AI 裝置的「AI 照護生態植栽塔」可以依照撰寫的程式碼內容，讓植物在自動化的偵測及控制下，得到良好的成長，達到節省人力的功效。

(6) 生活應用：總共栽種 6 株番茄、16 株萬苣、16 株綠豆及 8 株馬鈴薯，番茄可採收 5 顆，萬苣及綠豆全數採收，馬鈴薯的塊莖較小顆，不夠成熟。

將採收的番茄和萬苣加上美乃滋做成生菜沙拉，並於午餐時間跟同學們分享，在學校可以輕鬆有趣執行食農教育。



表 6-1 植栽塔水箱水位下降幅度及失漏水狀況
(重複三次平均值)

馬達 功率 (w)	植栽塔水箱水位下降幅度及失漏水狀況							
	水位下降幅度 (cm/day)				失漏水狀況 (ml/min)			
	12/24	12/25	12/26	12/27	12/24	12/25	12/26	12/27
25W	3.1	4.8	3.8	4.5	41	63	50	59
115W	4.7	7.6	6.4	7.3	62	99	84	95
差異值	1.6	2.8	2.6	2.8	20.9	36.7	33.6	36.2

表 6-2 生態植栽塔濕度紀錄表(重複三次平均值)

馬達 功率 (w)	生態植栽塔濕度測量記錄							
	噴水後 8:10 濕度(%)				噴水後 8:55 濕度(%)			
	12/24	12/25	12/26	12/27	12/24	12/25	12/26	
25W	81.7	76.7	81.3	78.3	80.3	74.3	78.3	76.3
115W	83.7	78.7	83.3	79.3	81.3	76.3	80.3	77.3
差異值	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0

大氣濕度：12/24(77%)、12/25(73%)、12/26(78%)、12/27(76%)

表 6-3 生態植栽塔保濕度
(重複三次平均值)

馬達 功率 (w)	噴水 45 分鐘後的 保濕度(%)			
	12/24	12/25	12/26	12/27
	25W	115W	25W	115W
25W	98.4	97.0	96.3	97.4
115W	97.2	97.0	96.4	97.5
差異值	1.2	0	0.1	0.1



圖 6-4 生態植栽塔 45 分鐘
保濕度(%)

陸、結論：

研究一 探討水耕植物的種植照護方式及水分蒸發狀況

- 一、使用毛細載體照護水耕植物，可以保濕，讓植物不至於乾枯。萬苣、綠豆、馬鈴薯、青蔥及番茄全部發芽。地瓜及黃豆不容易種植，且發黴了！
- 二、番茄和馬鈴薯都屬於茄科植物，是根系發展明顯且深的農作物，所以根部生長狀況最好。馬鈴薯葉片面積最大，而且葉片數量多，蒸散作用明顯。

研究二 探討生態瓶原理並自製「生態植栽塔」

- 一、架構：正方形、四層(每層 20cm)。素材：木製學生座椅、pp 板、塑膠材質水箱寬度剛好卡住植栽塔，長度較長。
- 二、穩定性：因為要放置室外，製作過程以牢固為考量。封閉性：植栽塔內噴水避免滲漏水箱外，加強植栽塔與水箱間的封閉性。

研究三 探討液壓原理並自製「植栽噴水裝置」

- 一、簡易水壓實驗，因為重力的關係，水從頂部往下流，最下面的洞口水壓最大，可以噴出最遠的距離。出口水壓隨著與頂部的距離增加而增加。
- 二、馬達功率每增加 1W，出水高度(水壓)約增加 1cm。雖然馬達功率增加，出水高度(水壓)也會增加，但增加幅度不明顯。
- 三、因為沉水馬達從下面抽水上去，水管從粗轉變為細，在低處的四向噴水出口受到阻力，水流持續往上擠壓，直到最高處的四向噴水出口，全部釋放壓力，於是噴水距離最遠。馬達功率 25W 與 115W 的噴水距離差異為 36.7~50.3cm，最大差異 13.6cm，差異不明顯。
- 四、因噴頭旋轉的角度不同，影響了出水量。馬達功率 25W 與 115W 的出水量差異為 30 ml/min~45 ml/min，最大差異 15 ml/min，差異不明顯。
- 五、噴頭旋轉角度 300° ~ 600° 可調整噴頭出水流量。讓生態植栽塔中每個噴頭的出水流量差異縮小。

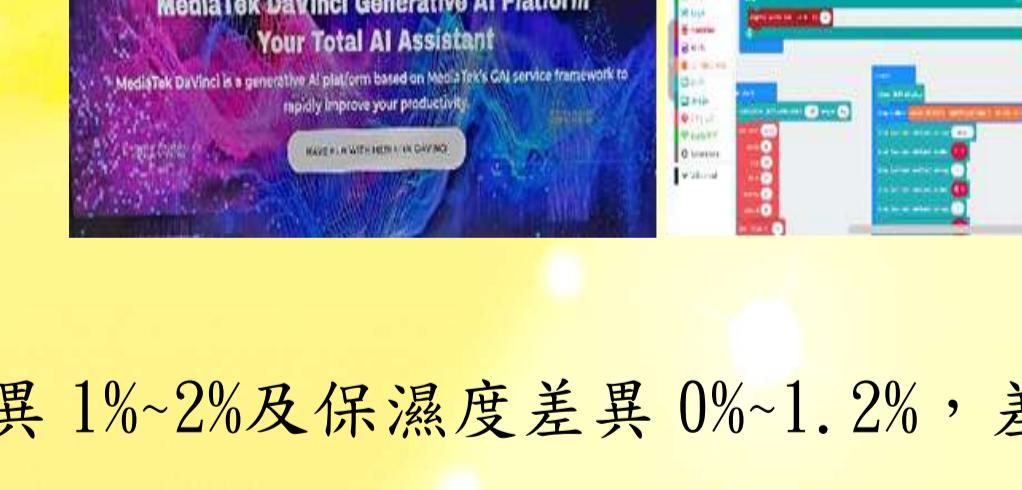
研究四 探討文氏管運用在氣水循環魚菜共生的成效

- 一、二種馬達皆可在植栽塔及魚缸之間穩定抽水，達到平衡，不至於造成二邊水位太大的變化，但以節能來說，6W 馬達優於 15W 馬達。
- 二、流經文氏管時與未經文氏管的水流量有差異，但差異不大。表示執行魚菜共生時，植栽塔與魚缸的水位變化也不至於太大，可以穩定循環抽水並達平衡。
- 三、以 6W 及 15W 馬達抽水流經文氏管的集氣量來說，植栽塔的水位越高，集氣量越大。二種馬達抽水經文氏管可帶入 17 ml/sec ~ 22.7 ml/sec 氣體流量，差異不大。
- 四、實驗結果：運用 6W 馬達連接水管及文氏管，將水及空氣帶入魚缸，在植栽塔與魚缸之間進行空氣與水的互相交流，可以完成穩定平衡的生長循環系統，魚菜共生的成效良好。



研究五 探討與 GAI 共同製作 AI 照護生態植栽塔的可能性

- 一、micro:bit AI 裝置專題設計學習單可協助思考程式流程，釐清 AI 幫助功能。
- 二、根據程式流程圖，可建立 AI 助理~撰寫程式小幫手的 Prompt。GAI 可生成程式碼並提供程式說明。也可讓使用者拷貝或下載至程式編碼平台。如果沒有語法或開發板的問題，可直接轉換成積木程式，有問題則進行除錯。
- 三、裝上裝置測試，如果還有問題再去問 GAI 或諮詢 micro:bit 的專業技術人員。
- 四、根據實驗結果：GAI 可協助程式撰寫，也讓初學者獲得更深入的理解與學習。



研究六 探討「AI 照護生態植栽塔」的運作情形

- 一、觀察結果：依植物根部的生長狀況，最好的是番茄，其次是馬鈴薯，再其次は萬苣，最後則是綠豆。
- 二、實驗結果：25W 馬達植栽塔的失漏狀況 < 115W 馬達植栽塔，水循環狀況較佳，且二種馬達植栽塔的濕度差異 1%~2% 及保濕度差異 0%~1.2%，差異小，以節能(電能及水資源)來說，25W 馬達植栽塔優於 115W 馬達植栽塔。
- 三、「AI 照護生態植栽塔」可以依照撰寫的程式碼內容，讓植物在自動化的偵測及控制下，得到良好的成長，達到節省人力的功效。
- 四、植物可以用「AI 照護生態植栽塔」來栽種並成長，而且也可以應用於食農教育的推廣，只需要使用 25W 馬達功率就可以達到噴水澆灌的效果。在節能又自動化的雙重功效下，可以實現 SDGs 促進永續農業的目標。



柒、未來展望：

本研究以生態循環系統為設計原則，自製「生態植栽塔」，結合 GAI 的程式助理功能，協助撰寫程式進行 AI 自動化的植栽照護。再運用文氏管將水及空氣從植栽塔帶入魚缸，達到氣水循環的魚菜共生，具可行性。後續研究可針對植栽塔不同高度的植物與光照方向角度的關係、文氏管在魚菜共生上的運用價值、GAI 在實驗研究中的定位…等問題進行研究。在能源缺乏的時代，為了達成 SDGs 永續農業目標，「AI 照護生態植栽塔」是值得研究推廣的。

捌、參考資料：

- ※海報之所有照片由指導老師自行拍攝，圖片取自網路免費圖片
- 一、康軒自然和生活科技學習領域國小課程研發中心 (2023)。國小自然科學三年級。多采多姿的植物。台北：康軒文教事業股份有限公司。
 - 二、第五十七屆中小學科展作品(2017)。都市陽台種菜系統開發-氣霧栽培法的研究。民 113 年 10 月 14 日，取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=61&sid=13868>
 - 三、第五十九屆中小學科展作品(2019)。開根號-氣霧發根箱之研究。民 113 年 10 月 14 日，取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=90&cat=136&sid=16097>
 - 四、第五十九屆中小學科展作品(2019)。因「菜」施教-自製水耕蔬菜自動化栽培之研究。民 113 年 10 月 15 日。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=12953&sid=15940&print=1>
 - 五、改善農村生產環境，扶持並提升在地農村企業韌性，實現農村產業永續發展。民 113 年 10 月 15 日。取自行政院國家永續發展委員會 <https://ncsd.ndc.gov.tw/Fore/SDG02>
 - 六、AI 幫農夫！如何用人工智慧提升作物產量？。民 113 年 10 月 15 日。取自秀觀點網頁 <https://www.kantti.net/tw/article/287/ai-agriculture-revolution>
 - 七、溫室水耕循環系統。民 114 年 02 月 13 日。取自 ESG TIMES 網頁 <https://esgtimes.com.tw/11207-2/>
 - 八、AI 水霧立柱種植。民 113 年 10 月 15 日。取自台灣智慧農業週網站。取自 <https://www.taiwanagriweek.com/catalog-detail/11020/>
 - 九、認識循環經濟。民 113 年 10 月 15 日。取自循環台灣基金會。https://circular-taiwan.org/case_how/biological-cycle/page/4/
 - 十、關鍵 IT 新趨勢 9。民 113 年 10 月 15 日。取自 iThome 網站。 <https://www.ithome.com.tw/news/166725>