

# 2018 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 200011  
參展科別 環境工程  
作品名稱 植物百寶箱-利用冷熱蒸散之環控建構植物  
生長最佳環境  
得獎獎項 大會獎：四等獎

就讀學校 彰化縣立陽明國民中學

指導教師 蔡名峯

作者姓名 粘恩睿

關鍵詞 植物生長、冷熱蒸散、溫室環境控制

## 作者簡介



我是粘恩睿，目前就讀於彰化縣立陽明國中二年級。從小對自然探討及英文學習特別有興趣。參加此次科展研究的過程中，讓我深深覺得環境保育很重要，如何維持生態平衡與地球永續共存，是我未來想繼續研究的地方，也希望自己的研究能為現今農業帶來新的想法。很榮幸有機會參與這次的展覽，能與國內外同學進行討論及交流，我相信今年的寒假一定特別不一樣！

## 摘要

全球性氣候變遷，一般的種植常因無法順應調節而產生病害，合併蟲害傳染時更須使用化學農藥。現今新興的農業設施有溫室栽培、魚菜共生及植物工廠等，但仍存在著介質控管、溫濕度控制及成本過高等問題。

本研究自行設計製作「植物箱」，運用替代光源及冷熱蒸散原理，模擬取代自然環境中之最佳光照、溫度與溼度，建立適宜植物生長的環境。實驗結果顯示：一、T5 燈管能模擬陽光的輻射熱能和光度，配合紅藍光比例及定時器，可控制光照時間及取代陽光照射。二、水冷機控制貯水槽溫度，結合風扇向上吹送，有助水氣蒸發與凝結，達到溫度控制。三、溼度控制器結合風扇向下吹送，有助水氣吹送，形成循環對流，達到溼度控制。四、自製密合及低功率的「植物箱」為智能環控，可避免病蟲害及農藥的使用。

在未來可創造極大的經濟價值，以更節能環保的方式與地球永續共存。

## Abstract

This study found that because the global climate anomalies became severe increasingly, the traditional open-air cultivation is easy to propagate diseases due to unbalance sunshine or the extreme weather. Moreover, pests make the crops need to be used pesticides and chemical fertilizers. Although the existing agricultural facilities nowadays use the method like greenhouse cultivation, aquaponics, and vegetable plants to reduce the damages. They still need to face the limitations of temperature and humidity control equipment, and also the problems like water quality control, media control. For the reasons given above, hardware and energy costs would become much high, too.

In this study, the self-made "plant box" apply the principles of simulating the optimal illumination, temperature and humidity in the natural environment to establish an environment comparatively suitable for plant to grow. The photometer in the plant box can help to measure the brightness of the lamp, and the temperature and humidity changes in the box are respectively measured by the infrared thermometer and hygrometer. Thus, the experimental results are shown as the following: First of all, T5 lamp can simulate the radiation heat and light. The ratio of red and blue light is closely related to the plant growth; therefore, T5 lamp with a timer device can simulate and replace sunlight exposure. Second, a hydro

cooler is operated to control water temperature in a water storage tank, and combined with the fan blowing up. It's benefit to facilitate water vapor evaporation and condensation, then to achieve the required temperature control. Third, the humidity controller combined with the fan blowing down could facilitate the water vapor blowing to form circulating convection, thereby achieving required humidity control. The last, the self-made "plant box" in plant growth research may be an intelligent environmental control, and the growth of plant is indeed feasible.

The "plant box" adopts low-power and energy-saving cultivation, which is isolated from the outside environment, not affected by weather, and capable of avoiding pests and pesticides. In addition to creating a great economic value in the future, through the energy saving and environmental protection, it would be more sustainable coexistence with the Earth friendly.

## 壹、研究動機

記得去年暑假氣候異常，菜價波動大，高麗菜甚至高漲到每顆要一佰多元，那時心想如果可以像「我家有個花果園」這本書一樣，蔬菜是家中隨手可得的，那該有多好呀！因此本組開始對植物生長作探討，自然與生活科技課程（一上 3-3 植物如何製造養分）中提到植物可利用光合作用合成成長所需之養分，並透過光合作用釋出氧氣，調節空氣成分。本組嘗試在自家庭院作露天種植，發現如同農夫常說的植物容易因日照不足、天候不佳或飽受病蟲害威脅，而須使用農藥與化學肥料。自然與生活科技課程（一下 6-1 人類對環境的衝擊）中提到溫室效應及全球暖化帶來的影響，屆時可能影響全球的農業生產，而且農藥與化學肥料正迅速的影響著人類健康與地球環境。本組針對以上問題作討論，研究植物適合生長的環境，並認為人類在符合生理的基本需求下，仍應還給生物生存空間，維持生態平衡。雖然現今農業生產有溫室栽培、魚菜共生及植物工廠等設施，但仍存在著溫、濕度控制局限、單一介質及成本過高等問題，故本組自行設計及製作「植物箱」，以隔絕病蟲代替農藥之使用，運用除濕機冷熱蒸散的原理，採低功率節能方式進行實驗，模擬自然環境，使用具有多元化微量元素之土壤，建立天然且適宜植物生長的環境。

## 貳、研究目的

- 一、自行設計及製作「植物箱」。
- 二、探討自製「植物箱」取代自然環境之最佳條件。
  - (一)研究植物箱的替代日照光源。
  - (二)研究植物箱的溫度調控方法。
  - (三)研究植物箱的溼度調控方法。
- 三、探討自製「植物箱」中的植物在各種光照及溫度、溼度中的生長情形。
- 四、比較自製「植物箱」種植與「露天」種植之生長情形。
- 五、研究自製「植物箱」的實用性與多樣性。

## 參、研究設備及材料

### 一、器材：

			
圖 1-1 收納箱*3	圖 1-2 T5 燈管、燈架	圖 1-3 低功率排風扇	圖 1-4 水冷機
			
圖 1-5 時間控制器	圖 1-6 電源供應器	圖 1-7 溼度控制器	圖 1-8 自動補水浮球 止水閥
			
圖 1-9 水管件組	圖 1-10 密封條	圖 1-11 填補劑	圖 1-12 滴灌桿滴件
			
圖 1-13 電源線組	圖 1-14 電線束管	圖 1-15 五金組件	圖 1-16 連接水管



圖 1-17 牛奶空瓶

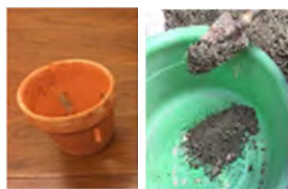


圖 1-18 盆栽+有機土



圖 1-19 萵苣苗栽



圖 1-20 草莓苗栽

## 二、測量儀器：



圖 2-1 紅外線溫度計



圖 2-2 感光計



圖 2-3 溫濕度計

## 三、實驗裝置說明：實驗裝置示意圖如圖 3，完成實體裝置如圖 4-1~4-3。

- (一)滴灌用水：補給密閉植物箱內植物所需水份。
- (二)植盆：盆栽內放置土壤種植植物。
- (三)導風管：輔助風扇吹送水氣擴散。
- (四)風扇：輔助蒸散凝結水氣。
- (五)出水孔：排出貯水槽水，與水冷機循環控溫。
- (六)貯水槽：保存固定水量、水溫，利於溫度控制。
- (七)水冷機：冷卻控制水溫。
- (八)T5 燈管(紅、藍光)：代替植物光合作用之替代光源。
- (九)溼度控制器：調控植物所需之溼度。
- (十)溫溼度計：觀察植物生長環境之溫溼度。
- (十一)貯水槽備用水桶：保持貯水槽水位水量之補充。
- (十二)浮球止水閥：控制貯水槽水位。
- (十三)入水孔：水源經水冷機制冷後，注入貯水槽水作為循環控溫。
- (十四)電源供應器：供應水冷機、風扇與植物燈所需之電力。
- (十五)定時器：控制 T5 植物燈，光照時段與時間長度。

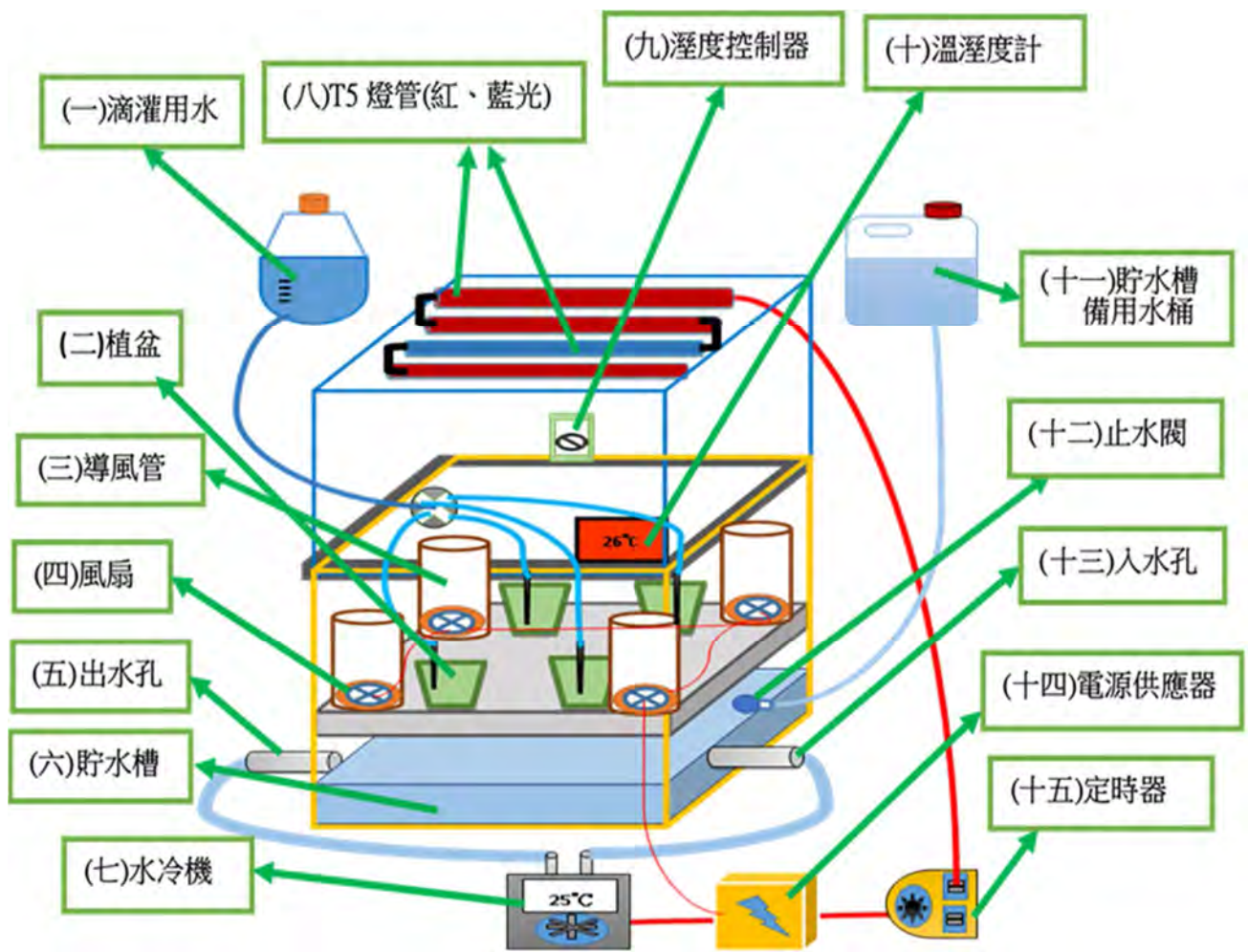


圖 3 實驗裝置示意圖



## 肆、研究過程或方法

一、實驗研究流程圖：如圖 5 所示。

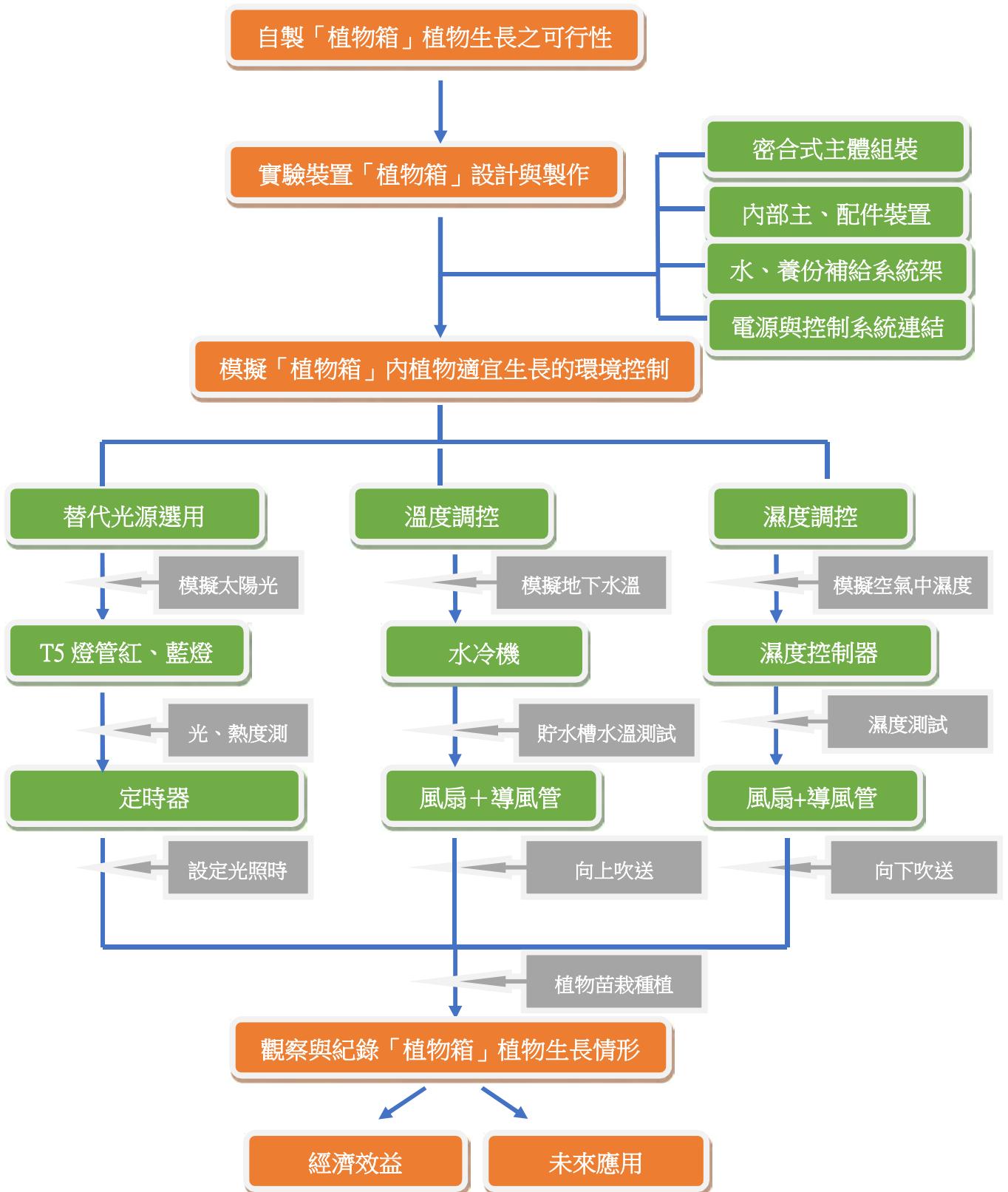


圖 5 實驗研究流程圖



## 二、 原理說明：

### (一)植物生長要素

1. **光線**：光線就是光照，綠色植物中的**葉綠素**需要**光線、水分和二氧化碳**行光合作用，如果植物沒有光線就無法生存。
2. **溫度**：溫度的高低對於植物的生長影響很大。每一種植物都有它最理想的生長適溫，提供最適當的溫度可以促進植物的生長。
3. **濕度**：植物除了吸收土壤中的水分外，散佈在大氣中的水蒸氣，**濕度也會影響植物的蒸散作用**。濕度高，莖葉的蒸散作用減緩，不易造成枯萎，但空氣濕氣太高容易導致病害感染；反之濕度低，蒸散作用加劇，易造成脫水及枯萎。
4. **空氣**：植物一天 24 小時不斷進行**光合作用及呼吸作用**、所以必須維持空氣的潔淨及根部的通氣，生長才能正常。
5. **土壤**：土壤中含有水份、空氣、營養元素和微生物，能提供植物成長所需。

### (二)光線光譜與植物光合作用的關係

植物對光譜的敏感性以**紅光光譜**最為敏感，對綠光較不敏感。**植物對光譜最大的敏感地區為 400~700nm**。此區段光譜通常稱為**光合作用有效能量區域**。陽光的能量約有 45 % 位於此段光譜。因此若以人工光源以補充光量，光源的光譜分佈應該接近於此範圍。

在自然陽光下，**藍光能量佔有 20%**。對人工光源而言，並不需要如此高的比例。對正常發育的植物而言，多數植物只需要**400~700nm 範圍內 6% 的藍光能源**。但在自然光源不足時，人工光源需增加藍光能量，否則藍色光源將成為植物生長限制影響因子。

藍色光源（400~500nm）對植物的分化與氣孔的調節十分重要。如果藍光不足，紅光的比例太多，莖部將過度成長，而容易造成葉片黃化。但植物對這些光譜比例的敏感性因各種植物而有不同。

### (三)環境調節控制與農業設施生產之演變階段

環境調節控制在於能協調的控制植物生長之微氣候，使其能成功地生長。當環境因子改變時，植物會隨之變化並表現出不同的反應。環境調節功能之演變，歸納如下：

第 0 階段：傳統**露地栽培**，作物生長環境由大氣氣候決定，因此又稱為"看天田"階段。

第 1 階段：利用**溫室進行作物栽培**，以**人為設備**控制溫度，相對濕度與二氧化碳濃

度，並以遮蔭網與人工光源局部調節光量，因此上部環境得以人為控制，作物不再受到自然氣候環境控制。

第2階段：**無土栽培**或是**人工介質栽培**。作物根部栽培用材料不再是天然的泥土，而是人為調配之介質。利用灌溉控制以調節水分與養分。介質之透氣性、保水性、酸鹼度等物性均可加以預先調整。因此下部環境可以以人為控制，不受溫室所在位置其泥土性質限制，也稱為「半密閉型植物工廠」。

第3階段：**人工光源控制**。作物之光源由人工燈所提供。因此光環境之光週期、光量、與光質完全由人為控制，也可以與太陽光併用。如果在密閉空間內完全使用人工光源，稱為「全密閉型植物工廠」。

**溫室栽培**及**半密閉式植物工廠**的環境控制難度較高，對於**地上部氣體環境**而言，溫室內部的日照量、溫度；相對濕度與二氧化碳濃度等因子，往往相互影響。增加日照量，即提高溫度，降低相對濕度。而且外界大氣環境的日照量、氣溫、風向、與風速等條件都是不斷變動。不定期的雲層，下雨，加上颱風，寒流等因子使得溫室環控技術更加複雜。對於**地下部環境**而言，雖然可以以人為灌溉施肥進行管理。但是由於介質的蒸發與植物的蒸散作用，介質的溫度與水分含量不斷地改變，因此介質內的 pH 值與各離子濃度也不斷地變動。

**全密閉型植物工廠**內部環境控制反而簡易，但須付出**昂貴的成本**，以大筆資金購買機械設備，建構絕緣良好的空間。因此空間內的溫度、相對濕度、二氧化碳濃度、光量與光質都是恆定狀態。對於地下部環境而言，引入養液控制設備，植物地下部之水量、肥料濃度與溫度也容易維持在恆定狀態。但因生產成本高昂，不容易得到生產利潤。

#### (四)各項農業設施說明：

##### 1.露地栽培

露地栽培主要以**施用農藥、化學肥料、基因改造的密集耕作方式**，來克服病蟲害及因應人口增加及耕種面積縮小等問題。

**優缺點**：可用最小單位的耕作，產出最大產量的農作方法。但為了這些達到這些優點，卻造成了**土壤酸化，影響地力、殘留硝酸鹽及農藥、昆蟲**或頑草抗藥性日增及磷礦石資源枯竭，而嚴重危害到環境生態及影響人類的健康。

## 2.溫室栽培

溫室栽培分為簡易型及結構型，溫室會因太陽發出的電磁輻射而加熱，使溫室內的植物、泥土、空氣等變暖，不受氣候影響。內部設備通常包含**水牆**(降溫用)、**風扇**(降溫用)、**加溫器**(加溫用)、**內外遮蔭網**(調整光度用)及**內外捲揚**(增加保溫用)。

**優缺點：**溫室能保護農作物免受過熱或過冷的影響，又可以避免天然氣候災害的威脅、免受害蟲的侵害，但因臺灣屬海島高溼氣候，若空氣中溼球分子過高，則無法蒸散與降溫，溫、溼度控制無法達到理想中所需。

## 3.魚菜共生

魚菜共生結合了水生動物中的糞便和水中的雜質分解過濾，主取氨（尿素）成份供應給飼養箱上的蔬菜，同時蔬菜的根系把飼養箱內的水淨化供給水生動物使用，結合水產養殖與水耕栽培的互利共生生態系統。

**優缺點：**魚菜共生將富含養分的**魚廢水取代化學營養液**供給植物生長所需，對魚有毒的廢水經過**植物的根吸收**，讓乾淨的水流回魚塘，形成“魚幫菜、菜幫魚”的共生關係。不需使用泥土，水源可再循環利用，可達節約用水之環保功效。除須考量種植地點的環境因素外，植物生長所需的養分及 pH 酸鹼值問題，若過高養份將沉澱而無法溶入水中，植物將呈現營養不良狀態，反之，若 pH 酸鹼值過低，水中的氨將會累積到一個毒害魚隻的程度，不管對植物或魚隻的生長都會帶來不利影響。

## 4.植物工廠

植物工廠是一個封閉系統，以人工設施控制光、溫度、濕度和二氧化碳，四季皆能生產。採用 LED 替代光源，設置空調設備，以營養液培養，產生品質穩定的質量。

**優缺點：****無塵室**種植，採用**LED 燈**作為人工光源，具**密閉系統又無菌無毒**，可克服病蟲害、農藥和天災。而且因為沒有土壤沉積，只要簡單洗滌即可，減少勞動力和水的成本。但因**水耕取代土壤**的種植方式，阻斷了大自然土地的養分，須另外添加**養液**，容易有**硝酸離子**過高的疑慮，且若受病菌攻擊，易因養液的流動而擴散至植物，影響人體健康。在光源部份，因使用**LED 燈**作為人工光源，其熱能的溫度皆由面板產生，光線照射為冷光，熱輻射明顯不足，無法對葉片產生葉溫效應，造成葉片成長稀薄。整體設備**成本太高**，經濟效益不符期望。

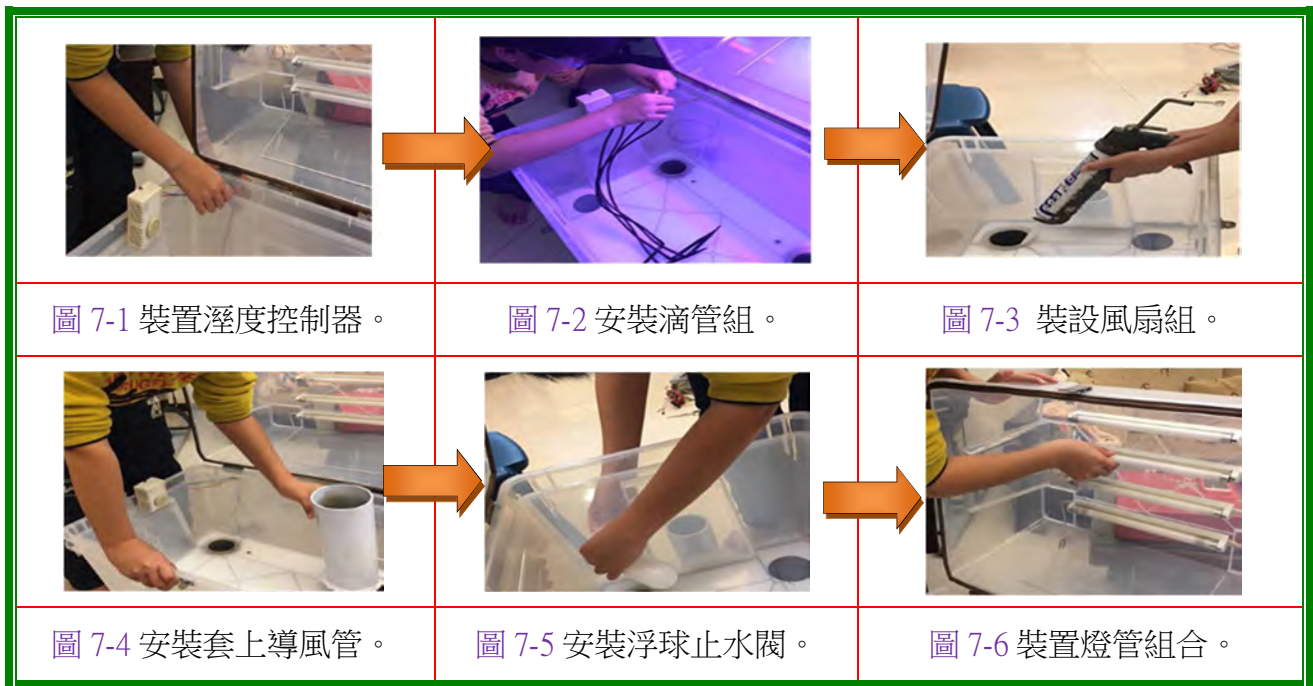
### 三、研究方法：

#### (一)自行設計及製作「植物箱」。

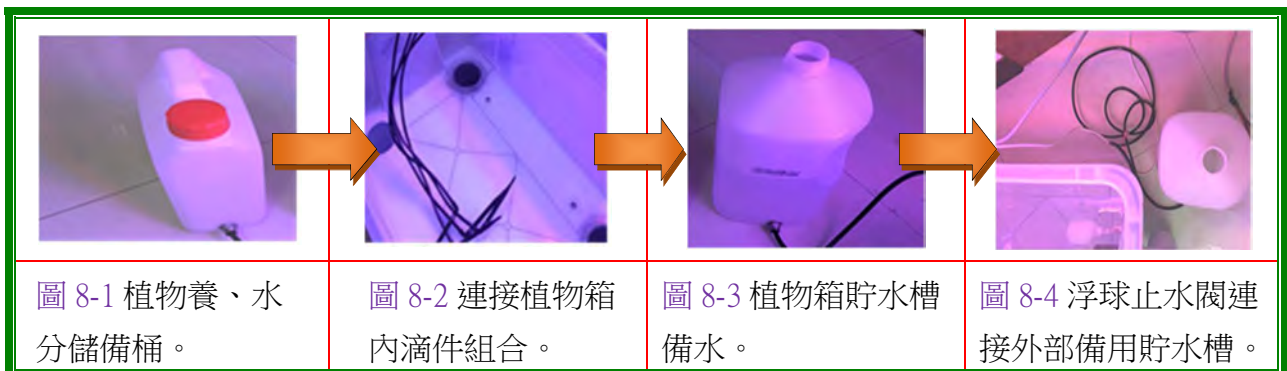
##### 1.密閉主體組裝：組裝過程如圖 6-1~6-5 所示。



##### 2.架設內部主件、配件：組裝過程如圖 7-1~7-6 所示。



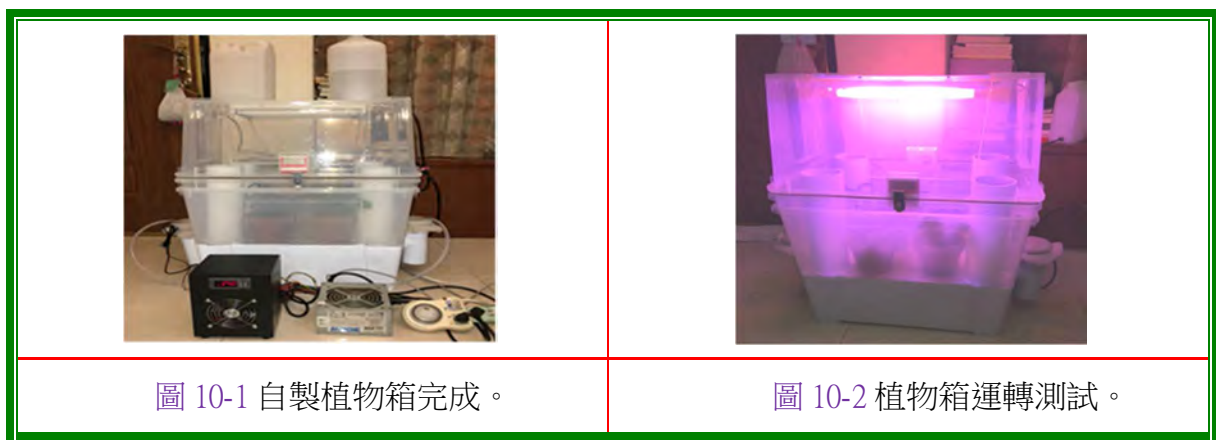
##### 3.水養分補給系統：組裝過程如圖 8-1~8-4 所示。



4.電源與控制設備連結：組裝過程如圖 9-1~9-2 所示。



5.植物箱運轉測試：如圖 10-1~10-2 所示。



(二)探討自製「植物箱」取代自然環境之最佳條件。

1. 研究植物箱的替代日照光源。

(1)測試各類光源產生之熱度：以紅外線溫度計，固定 20 公分處測量各類光源熱度，如圖 11。













螺旋燈管	U 型燈管	傳統燈泡	防眩光檯燈	日光燈	T5 燈管
					
					
93.3°C	79.5°C	120.8°C	56.9°C	52°C	紅光 47.3°C 藍光 48.3°C

圖 11 各類光源熱度

(2) 測試各類光源產生之光度：以感光計，固定 20 公分處測量各類光源光度，如圖 12。

螺旋燈管	U 型燈管	傳統燈泡	防眩光檯燈	日光燈	T5 燈管
					
					
1838 lux	1967 lux	1306 lux	1905 lux	1937 lux	紅光 326 lux 藍光 661 lux

圖 12 各類光源光度

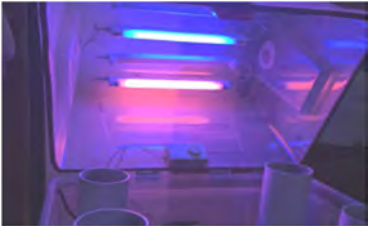
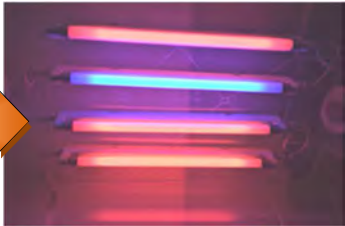

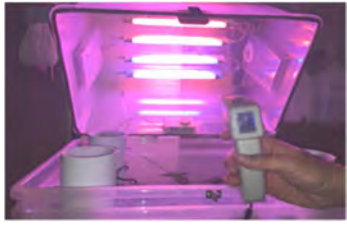
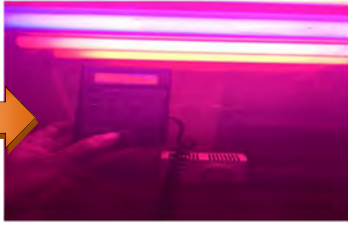

(3) 測試 T5 燈管紅藍光的熱度及光度，是否能作為本植物箱之替代光源：

透過光線光譜與植物光合作用的資料得知，選用紅、藍光能達到植物光合作用較佳的效果。故在各類光源測試後，選用熱度及光度較適中且具紅藍光之 T5 燈管進行植物箱之替代光源測試。

◎實驗設計：

控制的變因	操縱的變因	應變的變因
燈管與植物照射距離	紅、藍燈管數量、比例	植物箱內溫度、光度

◎實驗操作：如圖13-1~13-6所示。


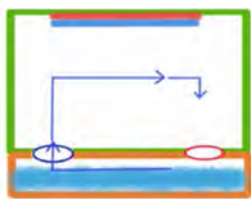
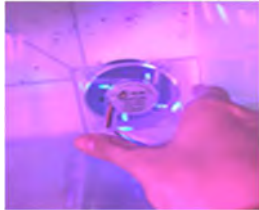

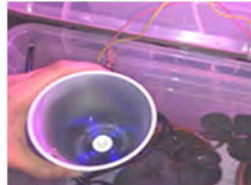
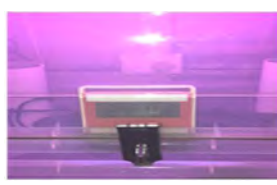
		
圖 13-1 裝置紅、藍 T5 燈管。	圖 13-2 以紅藍光比例 2 : 2 及 3 : 1 進行溫度測試。	圖 13-3 測試箱體上層與中層之溫度變化。
		
圖 13-4 加裝風扇，測試箱體上層與中層之溫度變化。	圖 13-5 測試紅、藍 T5 燈管感光度。	圖 13-6 測量 1 ~ 5 小時箱體上、中層植物箱內之溫度變化。

## 2. 研究植物箱的溫度調控方法。

◎實驗設計：

控制的變因	操縱的變因	應變的變因
貯水槽水溫 風扇吹送方向	風扇與貯水槽架設之間距 架設導風管增加風扇的擴散	出風量大小 達到箱內所需溫度時間快慢

◎實驗操作：如圖14-1~14-6所示。


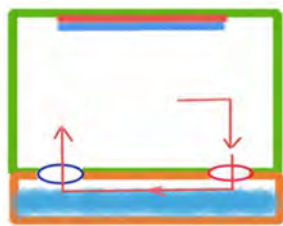

		
圖 14-1 水冷機連結風扇，風扇循環採向上吹風，進行溫度測試。	圖 14-2 測試風扇擺放位置，使風向上吹，水氣凝結，進入貯水槽。	圖 14-3 測試風扇與貯水槽水位間距 3~8cm 的溫度變化。
		
圖 14-4 加裝浮球止水閥，連接備用儲水槽，以保持貯水槽內所需之水位。	圖 14-5 套上導風管，穩定風扇吹送方向及植物箱內溫度。	圖 14-6 關閉植物箱、開啟植物燈，觀察並記錄溫度變化。

## 3. 研究植物箱的溼度調控方法。

◎實驗設計：

控制的變因	操縱的變因	應變的變因
貯水槽水溫 風扇吹送方向	風扇與貯水槽架設之間距 架設導風管增加風扇的擴散	出風量大小 達到箱內所需溼度時間快慢

◎實驗操作：如圖15-1~15-6所示。

		
圖 15-1 測試風扇吹送方向，使水氣吹送、加溼空氣。	圖 15-2 測試風扇擺放位置，使風向下吹，水氣往下吹出。	圖 15-3 測試風扇與貯水槽水位間距 3~8cm 的濕度變化。

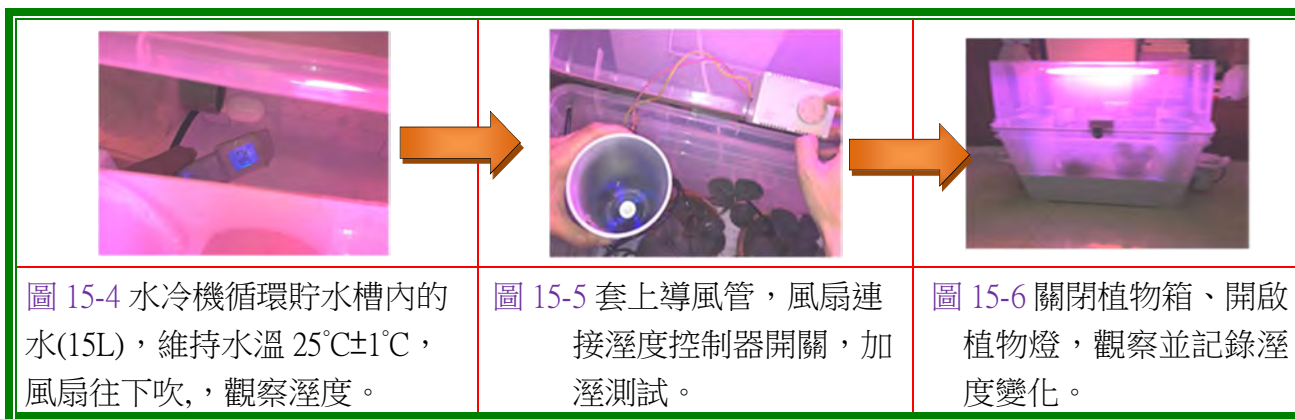


圖 15-4 水冷機循環貯水槽內的水(15L)，維持水溫 25°C±1°C，風扇往下吹，觀察溼度。

圖 15-5 套上導風管，風扇連接溼度控制器開關，加溼測試。

圖 15-6 關閉植物箱、開啟植物燈，觀察並記錄溼度變化。

三、探討自製「植物箱」中的植物在各種光照及溫度、溼度中的生長情形。

◎實驗設計：

控制的變因	操縱的變因	應變的變因
貯水槽水溫 溫、溼度控制	燈管光譜、光照時間 水養份補給	植物的成長狀況、速度

◎實驗操作：如圖16-1~16-6所示。

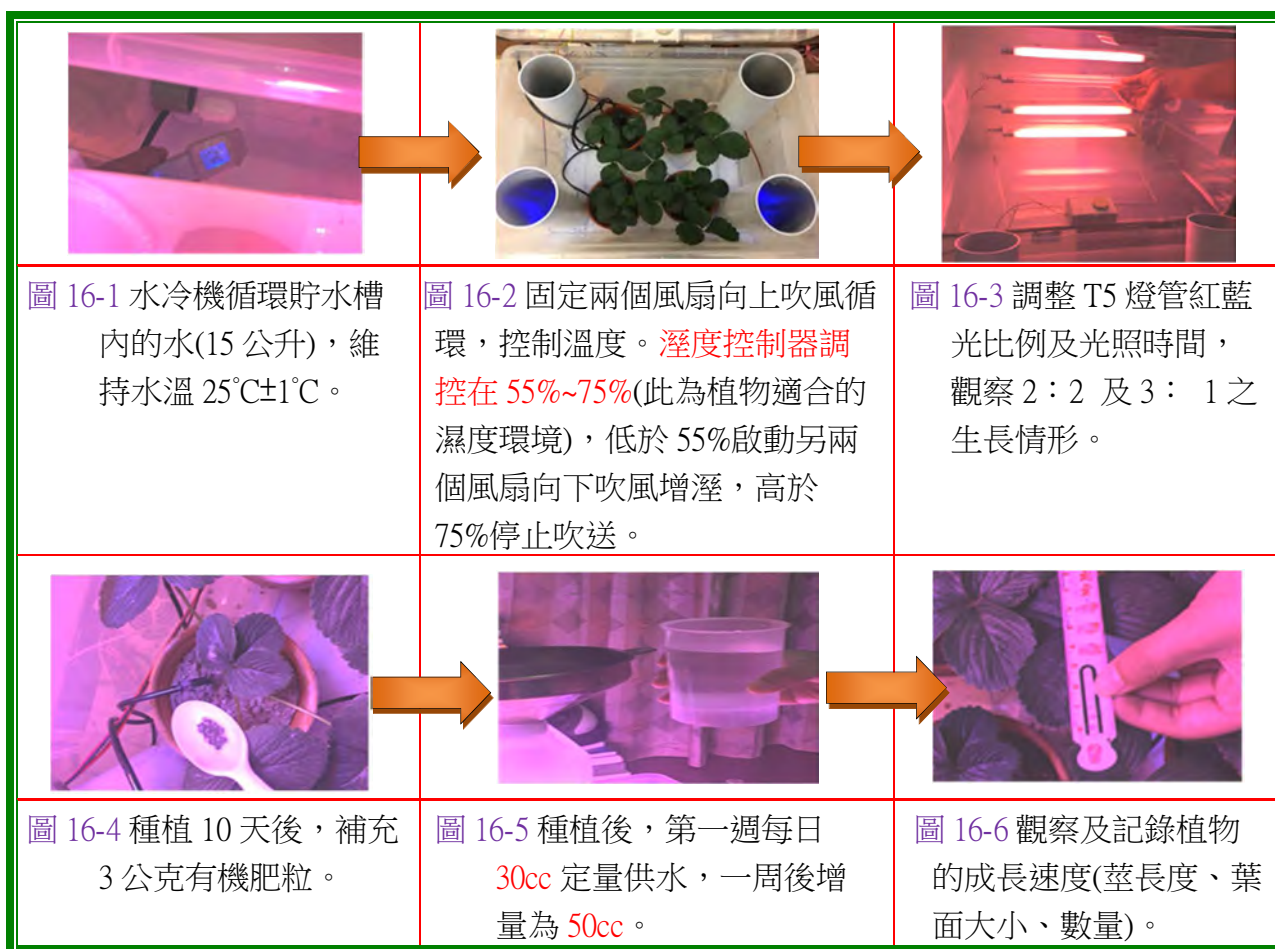


圖 16-1 水冷機循環貯水槽內的水(15 公升)，維持水溫 25°C±1°C。

圖 16-2 固定兩個風扇向上吹風循環，控制溫度。**溼度控制器調控在 55%~75%**(此為植物適合的濕度環境)，低於 55%啟動另兩個風扇向下吹風增溼，高於 75%停止吹送。

圖 16-3 調整 T5 燈管紅藍光比例及光照時間，觀察 2：2 及 3：1 之生長情形。

圖 16-4 種植 10 天後，補充 3 公克有機肥粒。

圖 16-5 種植後，第一週每日 30cc 定量供水，一周後增量為 50cc。

圖 16-6 觀察及記錄植物的成長速度(莖長度、葉面大小、數量)。

四、比較自製「植物箱」種植與「露天」種植之生長情形。

◎實驗設計：考量草莓為季節性植物，作為二種種植設施之比較。



控制的變因	操縱的變因	應變的變因
有機泥土、肥料、水	不同份量的有機泥土、肥料、水量	植物的成長速度(莖長度、葉面大小、數量等)

◎實驗操作：如圖17-1~17-6所示。

		
圖 17-1 露天種植：在庭院土壤種植草莓苗栽(1 吋苗)。	圖 17-2 自製植物箱：在家中種植草莓苗栽 (1 吋苗)。	圖 17-3 露天種植：有機泥土(1500g/株)、肥料(10g/株)、水(淹灌 1000cc/株)
		
圖 17-4 自製植物箱種植：有機泥土(500g/株)、肥料(5g/株)、水(滴灌 50cc/株)	圖 17-5 記錄露天種植莖長、葉面大小以及數量等。	圖 17-6 記錄自製植物箱種植莖長、葉面大小以及數量等。

### 五、研究自製「植物箱」的實用性與多樣性。

◎實驗設計：將一般家中常用的蔬菜，同時在植物箱內種植，觀察其生長情形及可行性。

控制的變因	操縱的變因	應變的變因
光照：T5 燈管紅藍光 3：1 溫度：25°C±1°C 濕度：55%~75% 水份：50CC、 土壤：有機土	空心菜、蔥 秋葵、朝天椒	蔬菜生長

◎實驗操作：如圖18-1~18-6所示。



## 伍、研究結果

### 一、自行設計及製作「植物箱」。

- (一) 本組自製「植物箱」如圖 19 所示：以低功率方式，模擬自然環境，建立植物生長環境。
- (二) 光照：**T5 紅藍光燈管**配合**定時器**裝置，取代太陽光之照射。
- (三) 溫度：**水冷機**控制貯水槽溫度，模擬地下水溫度，結合**風扇向上吹送**，以水氣蒸發與凝結，控制所需之理想溫度。
- (四) 濕度：**溼度控制器**結合**風扇向下吹送**，形成水氣吹送與循環對流，控制所需之理想濕度。
- (五) 空氣：風扇吸取貯水槽出(入)水孔外的空氣，負壓排出形成循環換氣，提供植物所需之養氣及二氧化碳等氣體。
- (六) 水份：水份儲備桶連接滴灌配件，每日定時定量供給植物所需之水份。
- (七) 本實驗裝置採密合式設計，可避免天然災害與病蟲害之侵襲。



圖 19 自製作「植物箱」

## 二、探討自製「植物箱」取代自然環境之最佳條件。

### (一)研究自製植物箱的替代日照光源。

#### 1.測試各類光源產生之熱度及光度：

- (1) 自然光溫度及光度：光度以感光計測量、溫度以紅外線溫度計測量，自上午 8 點至下午 5 時止，平均光度為 1189 lux、平均溫度為 29.2°C，如圖 20、21 所示。

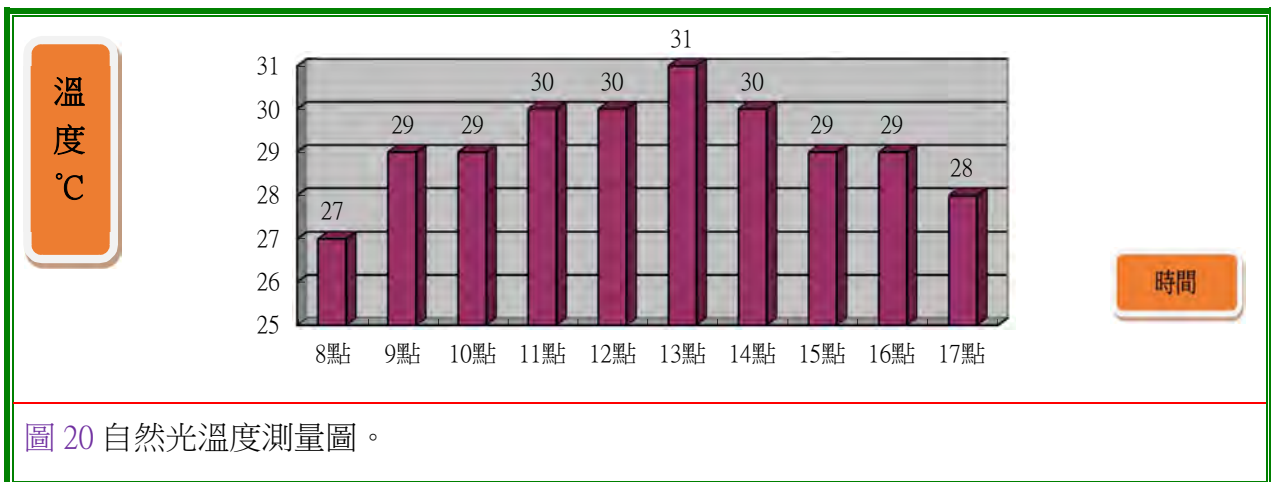


圖 20 自然光溫度測量圖。

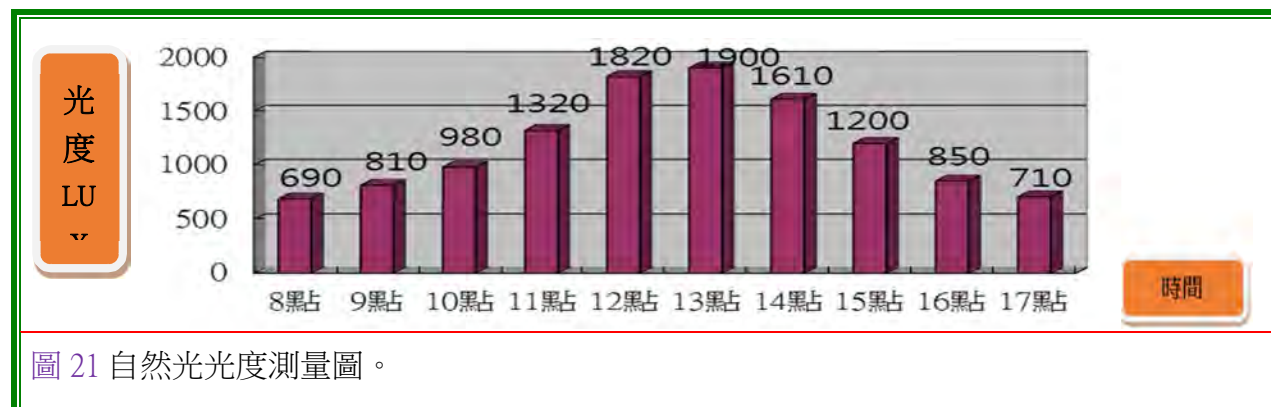


圖 21 自然光光度測量圖。

- (2) 各類光源溫度測試：以傳統燈泡熱度最高，防眩光檯燈、日光燈及 T5 燈管熱度較適中，如圖 22 所示。

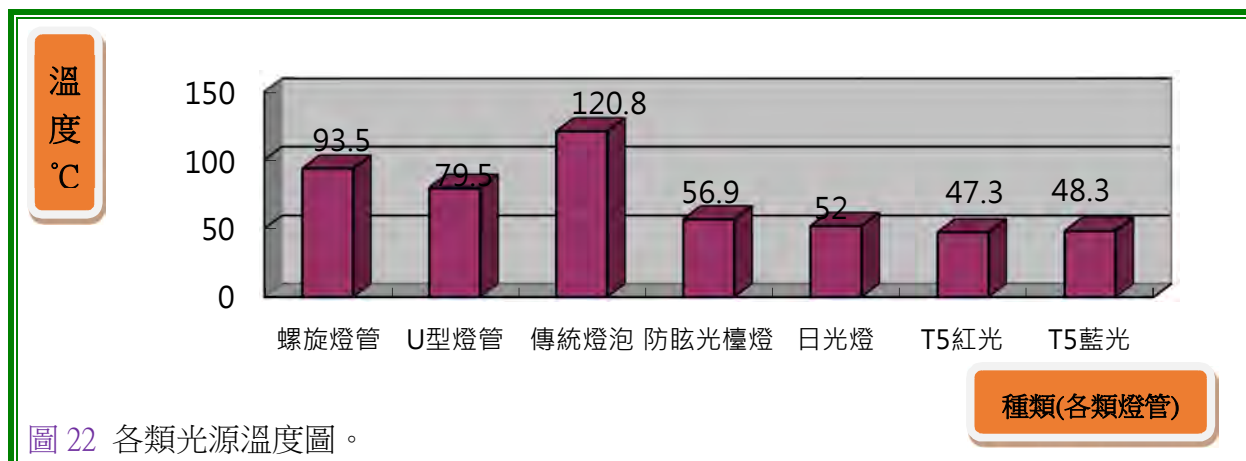


圖 22 各類光源溫度圖。

(3) 各類光源光度測試：T5 燈管紅光 326 lux、藍光 661 lux，其餘燈管皆高於 1500 lux，如圖 23 所示。

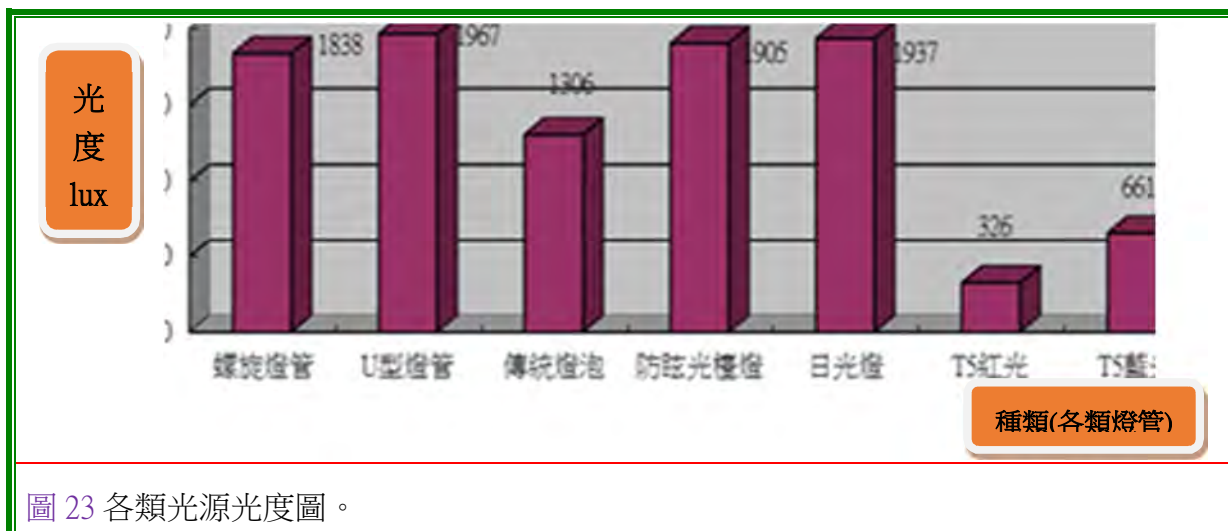


圖 23 各類光源光度圖。

(4) 裝設 T5 紅、藍燈管：紅、藍燈比例 2：2，光度 1590 lux；紅、藍比例 3：1，光度 1310 lux，如圖 24 所示。

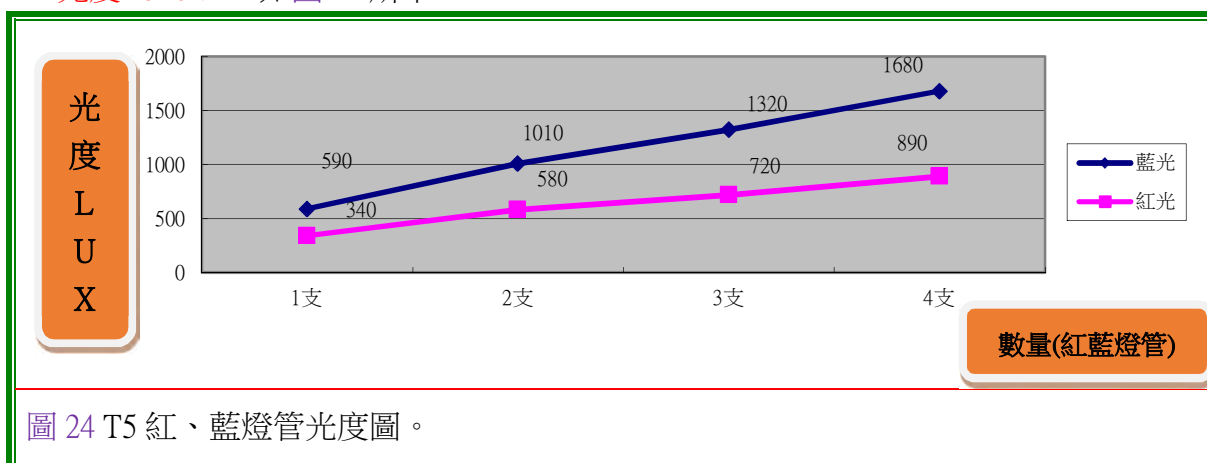


圖 24 T5 紅、藍燈管光度圖。

(5) 植物箱內是否裝置風扇，其溫度變化如圖 25、26 所示，裝設 T5 燈管、在未加設風扇循環時，測試箱體上層及中層溫度變化，溫度皆高於 40°C 以上；裝設 T5 燈管、加設風扇循環後，測試箱體上層及中層之溫度變化，溫度維持在 26~27°C 左右。

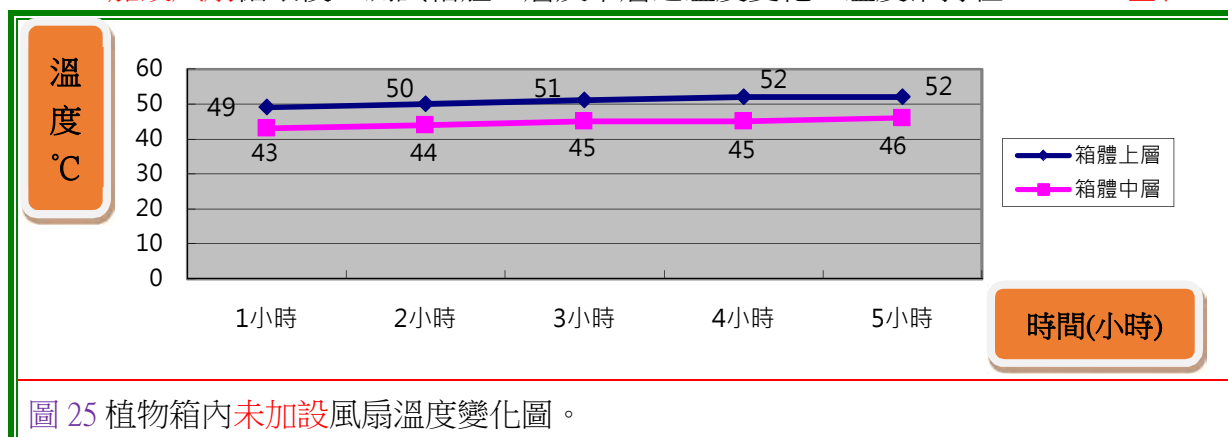


圖 25 植物箱內未加設風扇溫度變化圖。

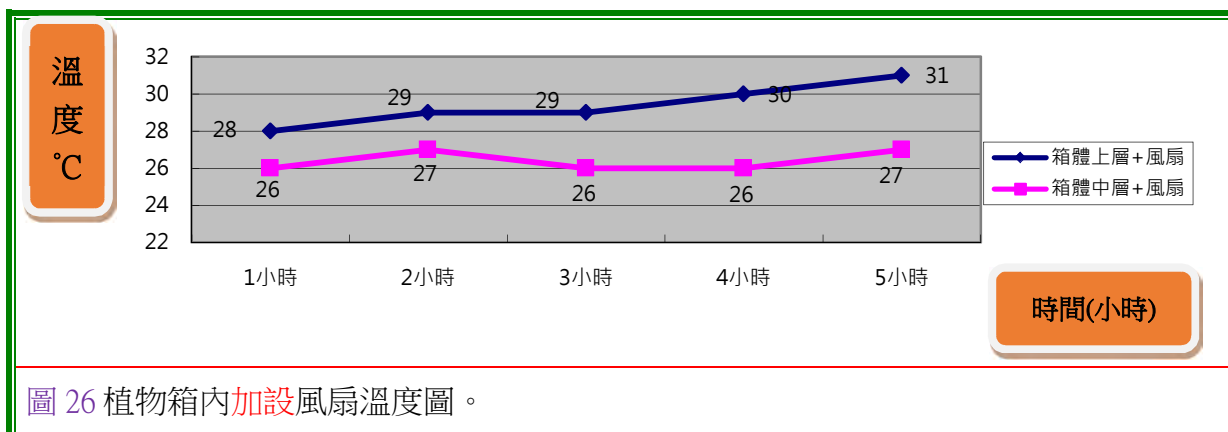


圖 26 植物箱內加設風扇溫度圖。

(6) 實驗結果顯示：各類燈管經測試後，除 T5 燈管外，其餘因熱度及光度過高且無適合植物生長之波長，較不適合作為植物箱之替代光源。本研究再以 T5 燈管進行實驗，採紅、藍光比例 2：2 及 3：1 之混光照射，配合風扇循環後，能控制溫度維持在 26~27°C 左右，控制光度維持在 1310~1590 lux，為最接近植物光合作用之溫度及光照。

## (二) 研究植物箱的溫度調控方法。

### 1. 測試植物箱內溫度調控方法：

(1) 在植物箱內測試有無 T5 燈管開啟、有無導風管設置及貯水槽水面與風扇間距之溫度變化關聯性，植物箱內溫度變化結果如圖 27 所示。【植物箱內設置 2 個風扇循環採向上吹風(降低溫度)】。

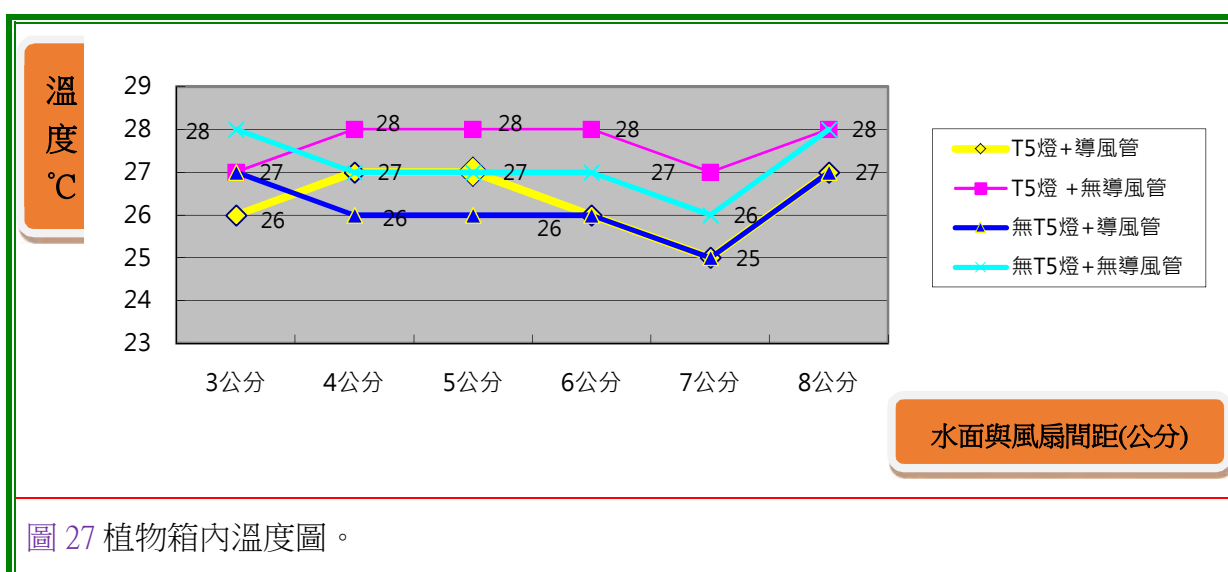


圖 27 植物箱內溫度圖。

(2) 實驗結果顯示：植物箱內未加設導風管時，溫度控制偏高較不穩定，加設導風管配

合水面與風扇間距 7cm 時，箱內溫度可達理想之溫度控制  $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

### (三)研究植物箱的溼度調控方法。

#### 1. 測試植物箱內溼度調控方法：

(1)進行植物箱內濕度調控，同樣測試植物箱內有無 T5 燈管開啟、有無導風管設置及貯水槽水面與風扇間距之濕度變化關聯性，植物箱內濕度變化結果如圖 28 所示。

【植物箱內設置 2 個風扇循環採向下吹風(增加水氣)】。

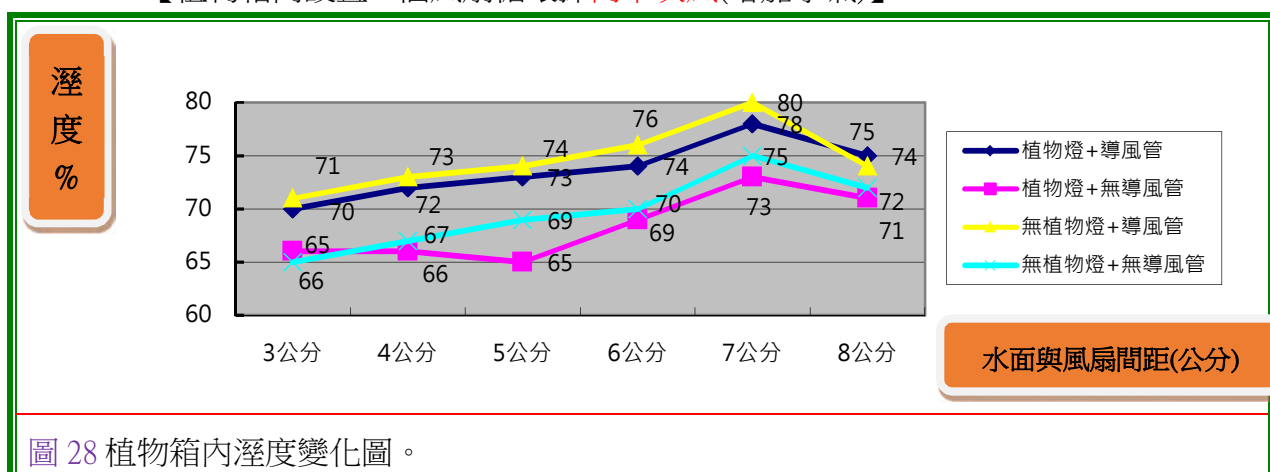


圖 28 植物箱內溼度變化圖。

(2) 實驗結果顯示：植物箱內未加設導風管時，溼度控制偏低較不穩定，加設導風管配合水面與風扇間距 7cm 時，箱內溼度控制在  $78\%\pm 10\%$ 。另本植物箱加裝溼度控制器，能控制理想的濕度在  $55\%\sim 75\%$  之間。

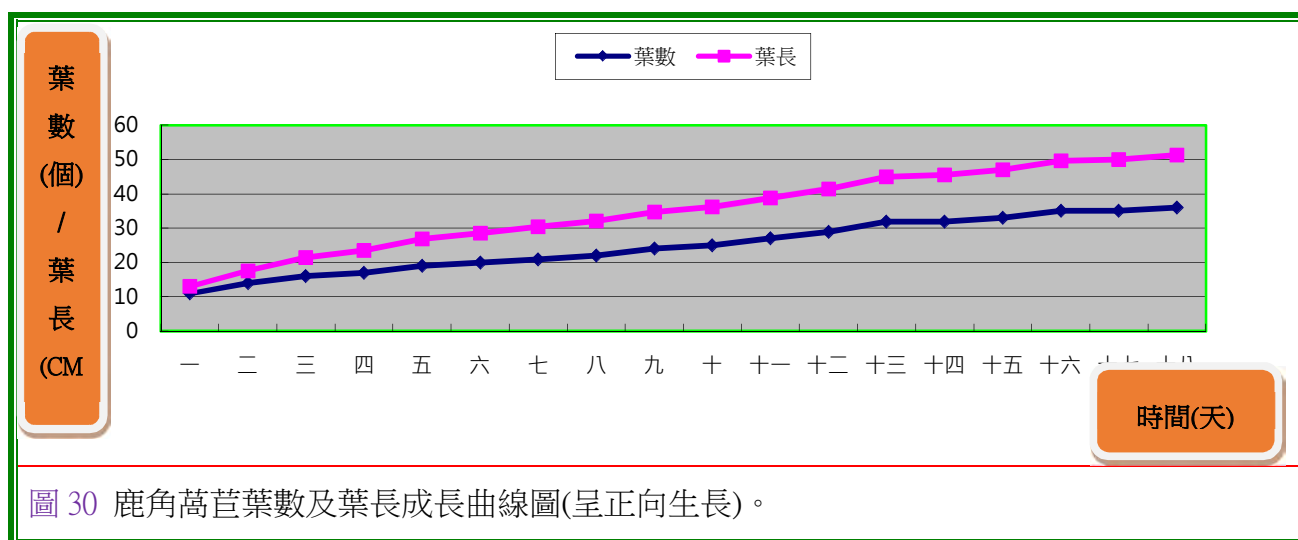
### 三、探討自製「植物箱」中的植物在各種光照及溫度、溼度中的生長情形。

(一)以鹿角蕨為種植植物，種植日期：105.10.15。種植第一週嘗試以紅、藍光比例採 2：2 方式，觀察其生長情形，透過光線光譜與植物光合作用的資料得知藍光會直接影響到植物的根莖發展，對光合作用影響最大，而紅光則對植物生長速度有顯著影響，因此第二週紅、藍光比例採 3：1 方式，生長情形記錄，如圖 29-1~29-6 所示：



		
<p>第八天</p> <p>光照：藍：紅 2：2</p> <p>光照時間：定時 12 小時</p> <p>水分：50CC</p> <p>施肥：X</p> <p>葉數：22 片 葉長：10.1cm</p> <p>圖 29-4</p>	<p>第十天</p> <p>光照：藍：紅 1：3</p> <p>光照時間：定時 12 小時</p> <p>水分：50CC</p> <p>施肥：有機肥 3 克</p> <p>葉數：25 片 葉長：11.3cm</p> <p>圖 29-5</p>	<p>第十八天</p> <p>光照：藍：紅 1：3</p> <p>光照時間：定時 12 小時</p> <p>水分：50CC</p> <p>施肥：X</p> <p>葉數：36 片 葉長：15.3cm</p> <p>圖 29-6</p>

(二)鹿角萵苣的葉片數及葉長隨著種植天數增加而增加，葉數及葉長從原來的 11 片及 2 公分，到第 18 天的 36 片及 15.3 公分，如圖 30 所示。



#### 四、比較自製「植物箱」種植與「露天」種植之生長情形。

(一)以草莓為種植植物物，種植日期：105.12.20，種植條件比較說明如下：

種植方式 種植條件	自製植物箱	露天種植
種植面積	52cm*36cm	70cm*55cm
種植株數	四株	四株
光照	T5 紅：藍 2：2，1590 lux(1~12 週) T5 紅：藍 3：1，1310 lux(13 週迄今) 光照時間：定時 10~12 小時	自然太陽光

溫濕度	溫度 25~27°C 濕度 65%正負 5%	溫度 23~31°C 濕度 78%
水分	每日定量 200cc、每株 50cc 需 800c/四天	3~4 天淹灌一次 約 7500cc/次
肥料養份	二週 10 克/四株	二週 40 克/四株
種植植物大小	草莓 1 寸苗	草莓 1 寸苗

(二)生長情形比較說明如下(如圖 31-1~31-12)：採用描圖紙畫出葉面，方格紙估算出葉面面積。

種植 方式 生長 狀況		
	圖 31-1 自製植物箱	圖 31-2 露天種植
種植 8 週		
	莖長度 8.1cm，葉面面積 8.5cm <sup>2</sup> 。 圖 31-3 草莓 8 週生長圖	莖長度 4cm，葉面面積 5.7cm <sup>2</sup> 。 圖 31-4 草莓 8 週生長圖
種植 11 週		
	莖長度 8.9cm，葉面面積 16.2cm <sup>2</sup> 。 (為與露天種植比較，修剪相同葉莖數) 圖 31-5 草莓 11 週生長圖	莖長度 6.5cm，葉面面積 9.1cm <sup>2</sup> 。 (出現少許蟲害，修剪受侵襲的葉莖) 圖 31-6 草莓 11 週生長圖
種植 13 週		
	莖長度 9.3cm，葉面面積 17.3cm <sup>2</sup> 。長出嫩葉。(本週發現葉緣周圍有焦黃情形，調整紅藍光比例，2：2→1：3)。 圖 31-7 草莓 13 週生長圖	莖長度 7.1cm，葉面面積 11.2cm <sup>2</sup> 。 長出嫩葉。 圖 31-8 草莓 13 週生長圖



種植 14 週		
	長出嫩葉 圖 31-9 草莓 14 週生長圖	長出嫩葉 圖 31-10 草莓 14 週生長圖
種植 15 週		
	莖長度 6cm，新葉面面積 7.8cm <sup>2</sup> 。 圖 31-11 草莓 15 週生長圖	莖長度 4cm，新葉面面積 6.9cm <sup>2</sup> 。 圖 31-12 草莓 15 週生長圖

(三)草莓在自製植物箱及露天種植情形：第 8 週的葉面積分別為 8.5 cm<sup>2</sup>、5.7 cm<sup>2</sup>，莖長度分別為 8.1 cm、4 cm；到第 13 週葉面積分別為 17.3 cm<sup>2</sup>、11.2 cm<sup>2</sup>，莖長度分別 9.3 cm、7.1 cm (如圖 32、33)

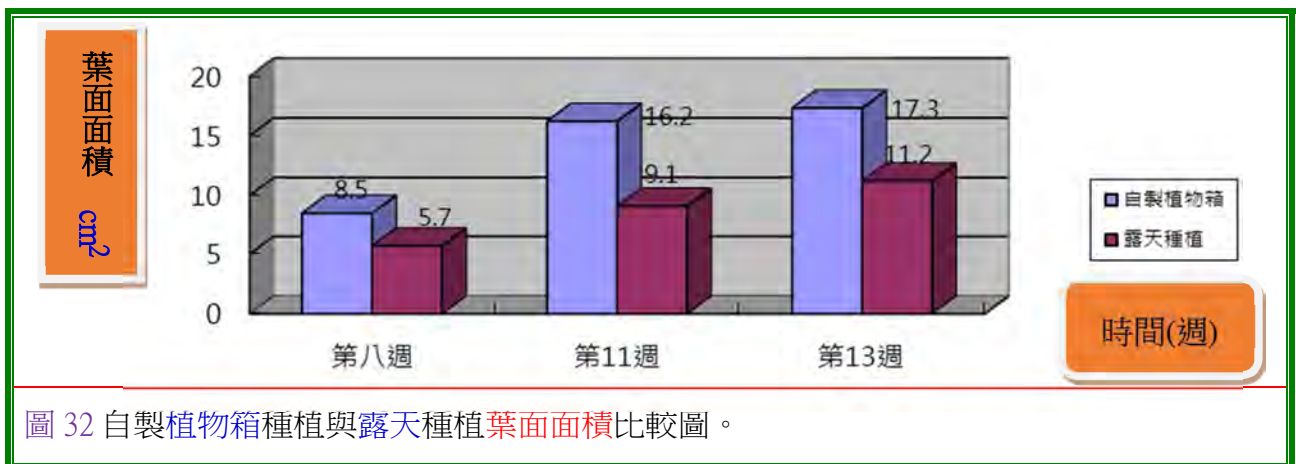


圖 32 自製植物箱種植與露天種植葉面面積比較圖。

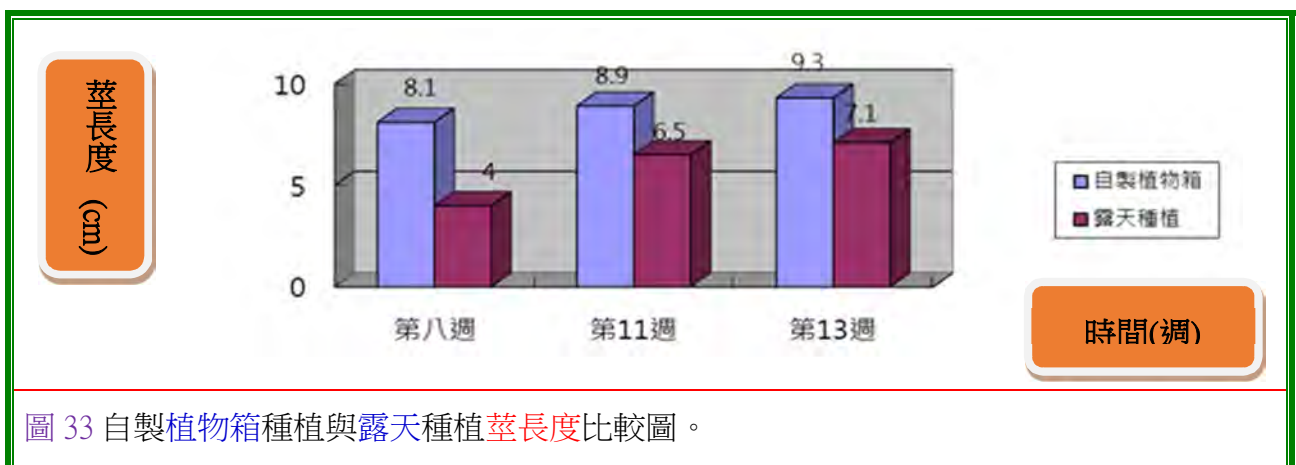


圖 33 自製植物箱種植與露天種植莖長度比較圖。

## 五、研究自製「植物箱」的實用性與多樣性。

蔬菜生長及採收情形：如圖 34

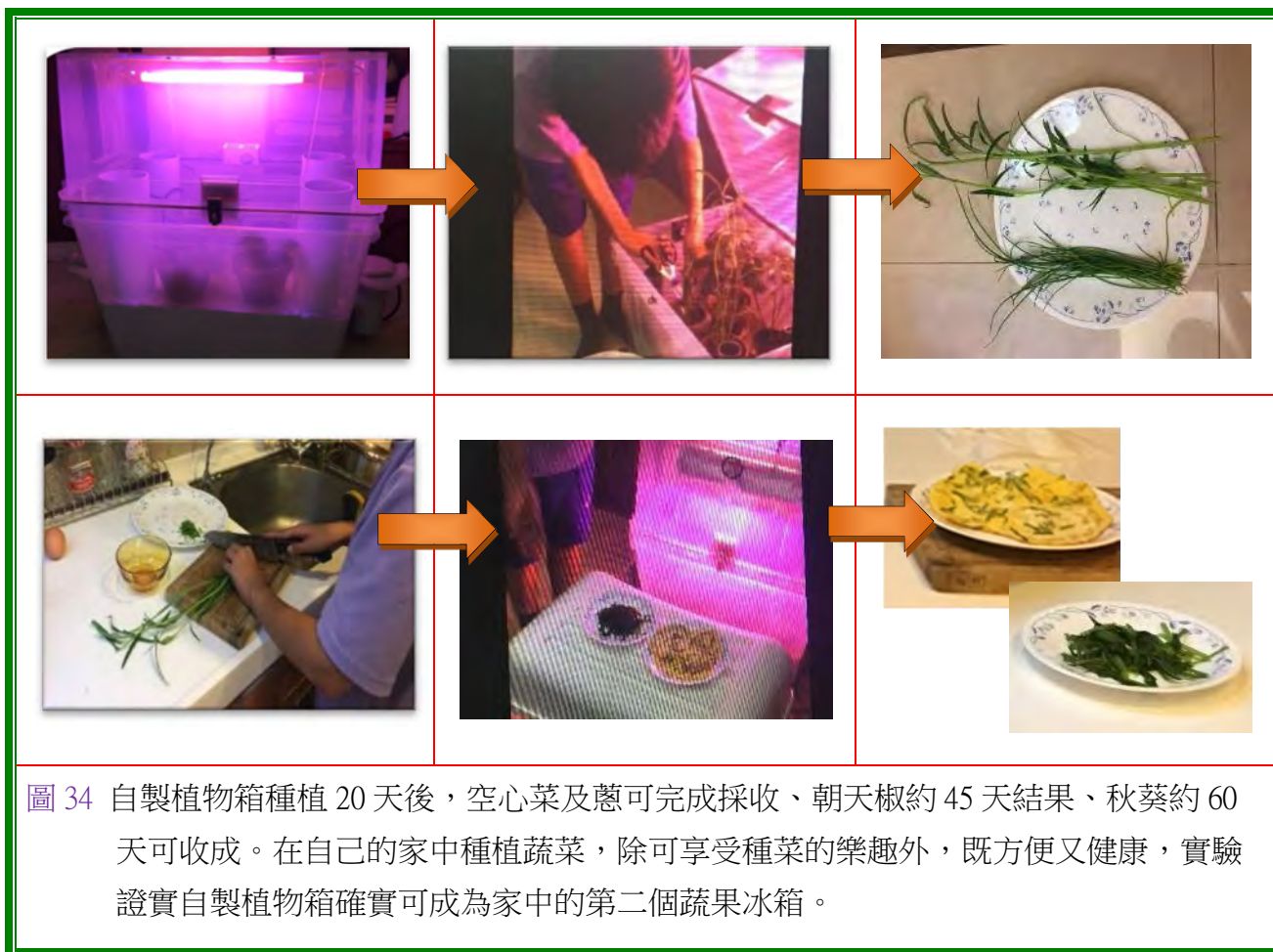


圖 34 自製植物箱種植 20 天後，空心菜及蔥可完成採收、朝天椒約 45 天結果、秋葵約 60 天可收成。在自己的家中種植蔬菜，除可享受種菜的樂趣外，既方便又健康，實驗證實自製植物箱確實可成為家中的第二個蔬果冰箱。

## 陸、討論

### 一、自行設計及製作「植物箱」。

(一)本實驗以**密合空間**種植為概念，設計及製作實驗裝置，使用三個透明收納箱

55\*38\*28cm 作為上蓋、下盒及貯水槽，二個收納箱上蓋、下盒的密合處加裝密封條，形成密合植物箱體，如同仿效地球外圍大氣層縮小版。

(二)實驗中收納箱下盒底座放置植物盆栽與風扇架設；另一上蓋頂端加裝植物燈組合，模擬太陽照射時適當的熱能光源照射。為代替大自然水氣的吹送蒸散，海水冷卻的凝結降溫，實驗中利用節能的**0.3W 微形風扇**，架在下盒鑿孔的板面上，一方為向上吹風降溫，一方為向下吹送水氣增溼，模擬自然的對流，如圖 35 所示，參考網路資料地理教育。

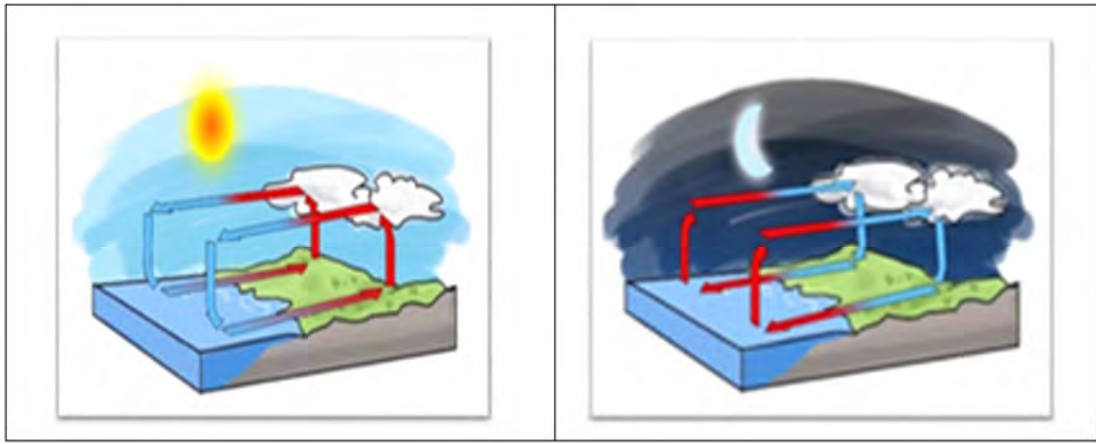


圖 35 海風、陸風示意圖

(三)實驗過程中在下盒加裝相同面積的收納箱，讓二個收納箱重疊，使深度加深 15cm，形成下方密閉式的貯水槽，模擬大自然海、陸風循環方式(如圖 36)。實驗結果顯示貯水槽使水氣凝結吹送更有效率，且易於水分儲存、水溫控制，節省空間。

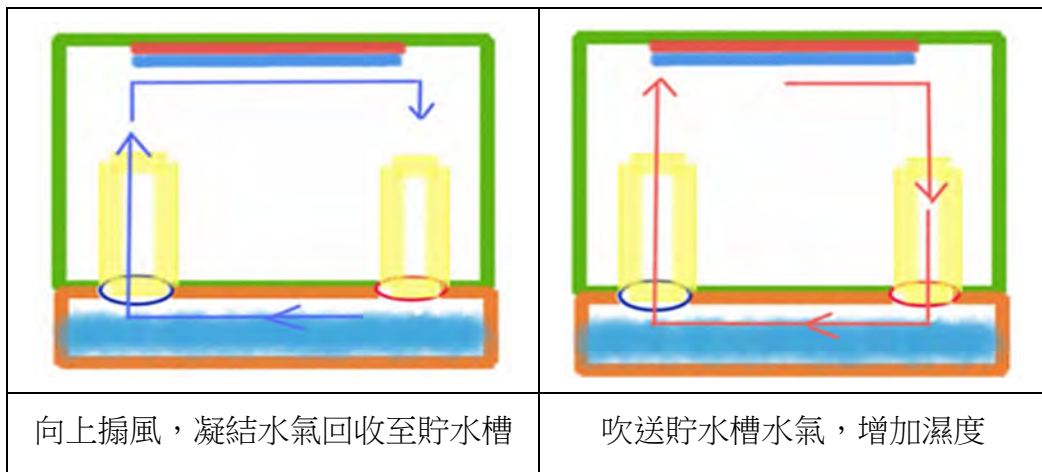


圖 36 自製植物箱貯水槽水氣流動示意圖

二、探討自製「植物箱」取代自然環境之最佳條件。

(一)研究植物箱的替代日照光源。

1. 利用紅外線溫度計及感光計測量白天日照 8-17 時平均值，選擇穩定照射植物之溫度與光度以作為各種替代性光源參考值，在實驗中發現光度越高，產生熱能越高。
2. 本組參考除溼機原理(如圖 37)，評估 LED 植物燈冷光的特性，發現 LED 植物燈雖然具有高照度及產生熱能較低的特性，但照射輻射熱能距離短，熱能只產生在面板上，較不適於本組植物箱內冷熱蒸散凝結水氣的調控。

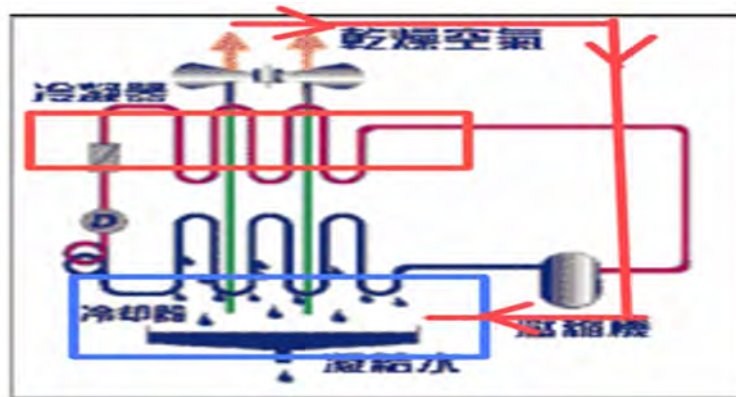


圖 37 水氣蒸散凝結示意圖(除溼機原理)

3. 探討及測試各類燈管之熱度、光度的數據後，淘汰產生高熱度、高光度之燈管，剩餘防眩光檯燈及 T5 紅、藍燈管較為符合植物箱內的光源需求。因防眩光檯燈為白光，T5 燈管具有紅、藍光，有助於植物的光合作用，因此本研究選擇以 T5 燈管紅、藍光做為自製植物箱之替代性光源。
4. 植物體內有多種色素得以吸收光影響其生理反應，每種色素所受影響的波段亦不同，若要使植物生長得更好，便須以不同比例的不同光波段來照射植物。考量本植物箱體的空間，設置 T5 燈管四支，採用紅藍光比例 2：2 及紅藍光比例 3：1 進行實驗。
5. 從實驗得知植物光合作用是因其內含有葉綠素以吸收光線，而只照射藍光或紅光等單一色光時，又會對植物造成不同方面的影響。本次實驗中發現在鹿角萵苣種植初期成長迅速，1 週後出現成長緩慢現象情形；草莓在種植 12 週時，葉緣四周出現乾燥、焦黃的現象，探討原因應為燈光照過亮和光譜問題，造成植物光合作用過快，過程中原本使用紅光及藍光比例 2：2，置換成燈管藍光及紅光比例 3：1 時，葉緣四周焦黃現象可獲改善，植物仍呈正向成長。
6. 實驗證明在自製植物箱內種植，利用 T5 燈管做為替代光源是可行的，但一年四季中因日照時間不同，每一種植物對光的波長需求更不同，如何將各種植物應用於密閉植物箱的種植，未來將再做進一步的了解與研究。

## (二)研究植物箱的溫度調控方法。

1. 實驗中將貯水槽水溫固定控制於 25°C，二個風扇循環採向上吹風。測量風扇與水面間距 8 公分，出風口的溫度為 27°C，若將貯水槽水位增高，使水面慢慢貼近風扇，發現溫度也會慢慢下降，但因風扇與水面間距過小，導致出風量一直減少，無法發揮風扇降溫的效用，以致植物箱內溫度升高，經實驗證明風扇與貯水槽的水面間距，與植物

箱內的溫度控制有密切的關聯性。

2. 經實驗與測試，風扇與貯水槽的水面間距會影響風扇吸取下方貯水槽的空間，進而改變了風量與溫度，測試後間距以 7cm 最為理想，植物箱內的溫度可最接近貯水槽所控制的水溫溫度。
3. 實驗中在貯水槽裡加裝了浮球止水閥，與貯水槽外連接了儲備水桶，以保持植物箱內所需的水位及水槽內水分蒸發的補充，可更穩定風扇出風口之溫度、風量。
4. 植物箱運作時，風扇出風口的溫度可維持與貯水槽的水溫一致，因 T5 燈管在密合式箱體內所產生近 50°C 的熱能，故裝設二個風扇及導風管，輔助風扇吹送，將水氣循環完全擴散至植物箱內。實驗結果顯示自製植物箱內的盆栽放置區與貯水槽內所控制的水溫，溫度差維持在 1~2°C 內，證明自製植物箱內的溫度可以調控。
5. 實驗過程中發現風扇周圍的葉面容易因風扇直接吹送水氣而受到傷害，加裝導風管後，不僅能使自製植物箱內的溫度控制更加穩定，也改善植物葉面受傷的問題。

### (三)研究植物箱的溼度調控方法。

1. 實驗過程設置二個風扇採向下吹風，使自製植物箱內的水氣增加，達到增溼效果。測量風扇與水面間距 8cm 時，植物箱中層溼度為 71%，若將貯水槽水位增高，使水面慢慢貼近風扇，發現出風口的增溼速度緩慢，且因風扇與水面間距過小，導致出風量一直減少，溼度反而慢慢減少，經實驗證明風扇與貯水槽的水面間距，與植物箱內的溼度控制有密切的關聯性。
2. 經實驗與測試，風扇與貯水槽的水面間距會影響風扇吸取下方貯水槽的空間，進而改變了風量與溼度，測試間距 7cm 時，植物箱中層溼度為 73%，但觸摸盆栽底部，會感受到溼潤感，放置溼度計測量，溼度為 89%，此結果顯示，因吹送的水氣無法到達最上層，造成上、下層空間溼度差異過大。
3. 為改善此問題，同樣加裝導風管，使水氣能吹送至最上層，有效平均混合植物箱內的濕氣，間距 7cm 時，測試植物箱中層溼度為 78%。
4. 植物箱內加裝溼度控制器，可調控不同植物所需之溼度範圍。本自製植物箱溼度控制設定在 55%~75%之間，溼度低於 55%時，啟動風扇往下吹風增溼，溼度高於 75%時停止風扇吹送，證明自製植物箱內的溼度可以調控。

### 三、探討「植物箱」中的植物在各種光照及溫度、溼度中的生長情形。

- (一)自製植物箱完成後，開始種植鹿角萵苣苗栽進行探討，初期植物箱內以紅、藍光比例 2:2 為替代光源，溫度調控在  $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，溼度調控在 55%~75%，實驗結果鹿角萵苣可生長，初期葉片成長迅速。
- (二)鹿角萵苣 1 週後觀察發現，溫度維持調控在  $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，溼度維持調控在 55%~75%，但葉片成長速率似乎較前一週減少。調整紅、藍光比例為 3：1 後發現速率較有增加。
- (三)實驗結果鹿角萵苣經苗栽 18 天後可收成。
- (四)本實驗證明自製植物箱，以 T5 植物燈為替代光源及溫度調控在  $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，溼度調控在 55%~75%，植物可生長及成長。

### 四、比較自製「植物箱」種植與「露天」種植之生長情形。

種植方式 種植條件	自製植物箱	露天種植
種植面積/地點	每株約 15*15cm、225 cm <sup>2</sup> ，不受空間影響，在家可享受種植樂趣。	每株約 30*30cm、900 cm <sup>2</sup> ，需有土地且須輪作或休耕。
光照	T5 燈管可以依不同的植物特性模擬植物所需的光度與光譜，提供植物光合作用，並可增減日照時間，促進生長。	氣候平順時，自然的光照調合，可完成種植，但若遇到颱風、雨季等天候影響，無法控制植物的生長。
溫、溼度	因水冷機循環改變貯水槽水溫，間接水氣流動，調控了植物箱內所需理想的溫溼度，且不受外在氣候影響，可選擇四季皆可種植之溫溼度。	自然溫度成長，隨著季節變化，種植當季植物，若有明顯溫溼度變化或遇到天氣異常，植物成長就會產生停滯或病蟲害。
養份、水份供給	滴灌方式，不受到天候影響，用最少的水量補充植物所需水份、養份，植物可以每天定時完成光合作用。	淹灌，若土壤水量過度飽合，易使植物根部受損，噴灑養份肥料，植物無法吸收時，會污染土壤和地下水。
病蟲害影響	密閉隔離外在病蟲害因素，土壤變因於種植前完成篩選，故不需施予農藥預防，可減少環境污染問題。	易受病蟲害侵襲及土壤地下水源污染，天然災害及天氣異常的潮濕或乾熱都會影響到植物成長或病變，須定期施予農藥預防。

五、研究自製「植物箱」的實用性與多樣性。

自製植物箱在調設好植物的光照比例與定時器時間；設定水冷機溫度、溼度控制器並定時定量完成水分滴灌，即可完成你想要種植的蔬菜或植物，證實自製植物箱具有實用性及多樣性的變化，可以作為家庭最方便健康的蔬果冰箱。

## 柒、結論

- 一、自製植物箱如何達到植物生長所需要素 1.光線 2.溫度 3. 濕度 4.空氣 5.水份。本研究以 T5 紅、藍燈管取代太陽光照射；以 100W 水冷機配合 0.3W 風扇調控溫度；以溼度控制器配合 0.3W 風扇調控溼度；以風扇吸取貯水槽出(入)水孔外的空氣，負壓排出形成循環換氣；以定時定量的滴灌方式供給植物水份，實驗證實自製植物箱可以達到植物生長所需之智能環境控制。
- 二、植物生長需要不同比例與不同的光波來照射植物，實驗過程確認 T5 紅、藍燈管可以促進植物的生長，但光照時間及紅藍光的波長比例，需要視不同的植物的特性作調整。
- 三、本次實驗過程，種植鹿角萵苣及草莓皆遇到 T5 燈管紅、藍光比例問題，長時間藍光照射太強則會抑制其生長或引起葉面受傷，經調整後紅藍光比例 3：1 後，鹿角萵苣苗栽共 18 天可完成收成；草莓的莖、葉長度比同時間的露天種植成長了 30%。
- 四、本次研究發現使用 100W 水冷機及溼度控制器，配合 0.3W 的低功率風扇，調整貯水槽水面間距 7cm 後，可控制植物箱體內的溫、溼度，加裝上導風管後，可更穩定的控制溫、溼度及發揮更大的效能。
- 五、實驗過程發現露天種植無可避免的病蟲害威脅，經以密合式空間種植並將天然土壤利用高溫殺菌消毒後，確實能完全達到以隔絕病蟲代替農藥，還給生物生存空間，維持生態平衡。
- 六、本實驗裝置與現行農業設施並不相同，本實驗以自然的方式使用天然有機泥土取代水耕養液之化學添加物；以 T5 紅藍燈、定時控制方式取代冷光 LED 燈，模擬自然光照（輻射熱能和光度）；以低功率之水冷機及風扇取代冷氣運轉，模擬平均地下水溫調控溫、濕度，以更符合健康及經濟效益之方式來種植，比較說明圖如下：

設施 條件	自製 植物百寶箱	溫室栽培	魚菜共生	植物工廠/ 植物生長箱
日照	T5 紅、藍燈+定時器控制時間	自然光，可增設輔助燈具(T5 或 LED)	自然光，可增設輔助燈具(T5 或 LED)	LED 冷光燈+定時器控制時間
溫度	水冷機控制水溫 風扇向上吹風	負壓水牆、排風扇、遮蔭網降溫	自然環境或架設溫室	冷氣空調
濕度	溼度控制器控制溼度、風扇向下吹風	排風扇、噴霧灑水	噴霧灑水或架設溫室	冷氣空調
介質	土壤	土壤	水耕	水耕
施肥	有機肥	有機肥	魚的排泄物	自行調製養液
水份	滴灌	淹灌	魚槽水循環	養液循環
優點	一年四季皆可生產，可克服天災及病蟲害，免用農藥。採用 T5 燈管產生葉溫效應、以天然土壤、低功率節能方式有效環控，設備成本低，符合經濟效益。	避免天然氣候災害的威脅、免受害蟲的侵害。	魚幫菜、菜幫魚的共生關係。不需用泥土，水源可再循環利用，可達節約用水之環保功效。	一年四季皆可生產，可克服天災及病蟲害，免用農藥，無塵室耕作，簡單的洗滌即可食用。
缺點	種植前土壤需事先消毒，防止土壤細菌的傳播。	臺灣屬海島高溼氣候，若空氣中溼球分子過高，溼度無法蒸散，溫度無法降溫，溫溼度控制無法達到理想所需。	植物與魚所需之溫度及養分不盡相同，容易對植物及魚的生長都會帶來不利影響。	設備成本太高，經濟效益不符期望。雖不使用農藥，但養液本身即是一種化學藥劑，對人體健康仍有疑慮。

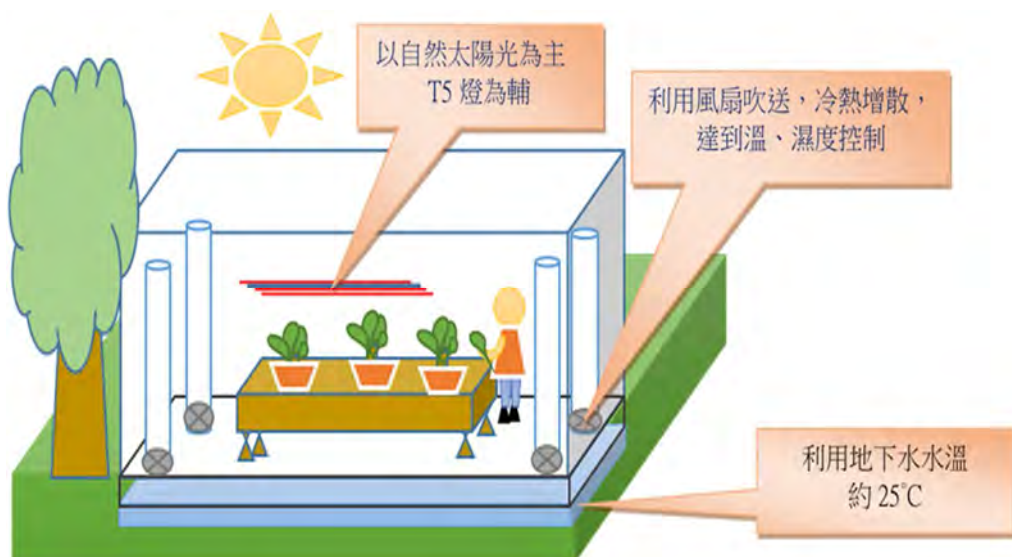


## 捌、未來展望與應用

(一) 自製植物箱可在空間及光照有限的室內任何角落作設置，空間設計與大小，可依不同的需求作不同的調整，除可獨立作一個植物箱外，也可以與家庭廚具櫃做結合，應用於日常生活中，只要調設好植物光照定時器、水冷機溫度、溼度控制器及定時定量水分滴灌，即可完成你想要種植的植物，可作為家庭不受天候、食安影響及可預期蔬果收成，**隨手可得的第二個蔬果冰箱**，如下圖所示。



(二) 本組在實驗過程中發現：1.一般地下水溫平均約 25°C，與本次實驗所控制的水冷機循環貯水槽溫度 25°C 相同。2. 一般溫室在未做通風下的條件下，所產生溫室效應的溫度約 40°C，與本次實驗裝置四支 T5 植物燈、風扇不啟動循環的條件下，所產生的溫度 45°C 相似。故本組日後將朝著這二個發現繼續實驗研究，將**密合植物箱**的原理放大、放置於**露天環境下**，以自然太陽光為主、T5 燈為輔，配合地下水溫及風扇吹送，達到**水氣冷熱蒸散**之效，以大自然資源來呈現**更節能環保**的種植，如下圖所示。



## 玖、參考資料

- 一、方煒(1992) • 溫室環境控制(上) • 台灣農業機械雜誌, 7(6), 7-11。
- 二、方煒(1993) • 溫室環境控制(下) • 台灣農業機械雜誌, 8(1), 5-7。
- 三、朱鈞 • 2001 • 光與強度 • 科學農業 • 49, 56-57。
- 四、陳守泓、姚銘輝、申雍(2005) • 氣候變遷對台灣地區糧食安全之衝擊與因應對策 • 全球變遷通訊雜誌, 46, 7-13。
- 五、陳加忠(2010年01月14日) • 環控技術與完全密閉型植物工廠 • 取自 [http://bse.nchu.edu.tw/new\\_page\\_393.htm](http://bse.nchu.edu.tw/new_page_393.htm)。
- 六、陳加忠(2005年01月24日) • 光線光譜與植物光合作用的關係 • 取自 [http://bse.nchu.edu.tw/new\\_page\\_540.htm](http://bse.nchu.edu.tw/new_page_540.htm)。
- 七、郭華仁(2016年05月13日) • 農業的典範轉移：由慣行到有機 • 取自 <http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=20160513&Category=101003>。
- 八、張瑀庭(2013年07月17日) • 商業週刊科技大老闆種出來的菜，少吃！有關係 • 取自 <http://www.businessweekly.com.tw/article.aspx?id=4107&type=Blog>。
- 九、植物工廠-維基百科 • 取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/>。
- 十、游牧笛(2010年12月28日) • 地理教育：地方風系與地方風 • 取自 [http://geog-education.blogspot.tw/2010/12/blog-post\\_28.html](http://geog-education.blogspot.tw/2010/12/blog-post_28.html)。

## 【評語】 200011

本作品以除濕機的設計原理為發想，設計出冷熱蒸散循環的植物箱，並以紅藍的 T5 燈管做為光源及溫度調控。植物箱內部以風扇向上及向下吹，形成循環對流，達到濕度控制，增加用水的效率，減少水資源浪費。本作品結合了創意與節水節能，是一優秀作品。