都會地區遠距澆水管理系統及底部灌溉管理模組應用

楊雅淨[1]、許雅婷[2]、賴信忠[3]

桃園區農業改良場副研究員[1]、助理研究員[2]、副研究員[3]
yaching@tydais.gov.tw

摘要

澆水為植物栽培養護之基本功，但一般民眾往往缺乏判斷澆水時機與澆水量等專業知識，或者因忙碌、出遠門無法親自澆水，需要簡便、易於操作之栽培管理模組輔助。本研究開發符合都市場域作物生育特性及管理需求之簡便管理模組，串接簡便底部灌溉模組，透過物聯網設備及數據分析工具進行技術整合，可依據作物需求設定給水條件，達到精準灌溉之省水省肥之效益。本遠距監控管理模組已陸續技轉及商品化，並逐步導入北部地區食農教育及都會農耕場域，進行技術示範推廣，收集場域反饋使用意見，調校系統操作友善度，期增進都市居民食用安全及使用滿意度，提升民眾參與農園藝活動之參與率，促進都市農園藝產業發展。

關鍵詞：都會農耕場域、遠距監控管理模組、物聯網

前言

隨著高度都市化，都市人口比例逐漸上升，都市民眾對於食安意識(Eigenbrod *et al*., 2015)、居家綠美化及生活環境調適存在需求(劉黃等，2014)，卻缺乏植物養護栽培專業知識技術，及簡便易於操作之栽培管理模組輔助，嘗試作物栽培養護而屢屢受挫，致使民眾減少接觸或參與都市農園藝活動之動機及意願。

都會農耕場域如屋頂環境，常面臨極端溫度、太陽照射、缺水、暴雨、漫淹、強風等惡劣氣候(陳，2009；陳等，2016)，不利於作物生長與管理。若作物栽植在非自然地盤處，則經常處於乾旱的逆境(張等，2013)。而作物栽培重要管理要素中，水分管理攸關蔬菜之正常生長及病害發生(廖，2003)；在不同灌溉頻度處理下，常用的香草植物－薄荷等5種植物於都會農耕場域之生長表現相異(陳，2012)，顯示都市場域作物栽培管理模式應依植物種類變化。另栽培介質配方之物化性質亦會影響綠屋頂栽植的效果，使用總體密度介於 0.4-0.7 g.cm^{-3}、總孔隙度為 75%-80%、容器容水量為57%-64%和通氣孔隙度在15%-20%之栽培介質，多數蔬菜

種類生長佳；其中，相對保水保肥之介質配方泥炭土:蛭石:真珠石=3:1:1，適何用於生長快速之葉菜類；而於乾旱季節或需水性較高的蔬菜以非網孔式栽植箱種植，於潮濕環境適合以網孔式栽植箱種植，對於蔬菜作物生長表現上有較佳的趨勢(莊，2017)。臺灣南北氣候差異大，導入自動化灌溉系統有助於成功養護都市場域綠屋頂植栽(蔡，2016)。正確的植栽用水管理能有效促進生長，節省水、電資源，並提升整體產值(陳，2013)。

本研究依據都市場域環境條件及栽植需求，開發導入簡便栽培監控管理模組，運用物聯網技術，整合自行開發之土壤溼度感測與監控裝置、雲端控制平台及太陽能供電系統，歸納四種屋頂農園之合宜給水模式，可依據作物需求及環境變化遠距即時供水，便利民眾管理植栽澆水及養護等工作。透過示範驗證進行效益評估，提供民眾安全、簡便的都市場域園藝作物栽培系統，有效輔助水分及營養管理，進而確保收穫量及品質。另一方面，在各種灌溉模式中，又以底部灌溉具節水省肥等優點，國外盆花專業生產多採用此法給水給肥，綠屋頂採底部灌溉除了省水，也符合植物根域環境上乾下溼的需求(蔡，2016)。因此，本場針對國內小品盆花產業研發「底部灌溉栽培端盤」，已完成授權生產，銷售推廣運用近二十家農場，本技術產品亦適合於都會農耕場域應用，可以串接作物管理資訊與遠距監控系統協同運作。

材料及方法

作物灌溉模式建立：披覆塑膠布防雨設施內進行，參試植株定植於栽培槽（規格L-600×W-80×H-45cm）；以8－16mm發泡煉石鋪底約5 cm高，栽培介質配方為泥炭土：真珠石= 4:1，添加35 g. L^{-1}有機質肥料N-P_2O_5-K_2O-OM=2.5-2.5-1.5-60，栽培介質配方與有機質肥料混合填充於栽培槽約至35cm高。灌溉方式為微噴灌，每個栽培槽配置24個噴頭。試驗材料為葉用萵苣、青梗白菜、番椒、青蔥、蕹菜、莧菜、小白菜、甘藷、韭菜、綠薄荷、迷迭香、甜薰衣草等40種家庭常見食用作物。試驗處理以栽培介質體積含水量(volumetric water content, VWC)15%-25%、25%-35%、35%-45%、15%-45%作為閾值控制給水，並以時間排程(2.5 L. m^{-2} . $month^{-1}$) 為對照。試驗採完全逢機排列(completely randomized design, CRD)，3重複，參試作物於適栽季節分批定植於栽培槽內，採固定排列。試驗期間紀錄介質體積含水量變化及總供水量，調查單株產量。

作物遠距監控管理技術模組開發：針對都會農耕屋頂場域，整合物聯網技術、土壤溫溼度及電導度感測與監控裝置、雲端控制平台及供電系統建立多樣化作物之遠距監控灌溉系統，建立栽培介質土壤水分含量、電導度與土壤傳感器監測讀值之回歸關係，完成監控元件模組化，開發使用者

操作介面，優化監控資訊系統。

底部灌溉栽培模組開發：針對3寸盆規格，考量給水自動性、給水量、吸水量等條件，設計蓄水底座、吸水構造、通氣構造、進水管路等構造進行功能性設計。利用3D列印技術，製作田間測試樣品，於本場試驗田區及盆花生產場進行自動灌溉與小品盆花栽培測試。考量適用盆栽規格、乘載重量、堆疊擺放、耐衝擊性等需求，進行終端產品繪圖開模，新型專利授權，進行產品開模與量產。

作物灌溉整合系統推廣示範場域建置：於本場臺北分場園藝大樓屋頂、臺北市社區園圃推廣中心及臺灣大學農場園藝分場各建置一處技術示範點，導入作物遠距監控管理技術，依據作物對水分需求及栽培介質含水量狀況，遠距即時監控管理，收集管理系統之環境監測及管理數據，評估系統運作效能，根據使用者滿意度調校優化本管理技術。

結果與討論

一、作物灌溉模式建立

40種參試作物於種苗定植於試區，栽培期間持續進行灌溉處理，於個別作物之採收適期進行調查。依據單次或多次收穫物產量(鮮重)與烘乾後重量，判定最適給水模式(表1，數據未顯示)，由於本試驗所設定之四種灌溉模式用水量均少於定時模式，若對照定時給水處理之產量最高，則判定高溼模式為最適灌溉模式。都市場域運用作物種類繁多，依據107年2月至107年9月灌溉流量紀錄計算，低溼模式、中溼模式、高溼模式與乾溼循環模式之平均用水量分別為14.43、30.31、69.52及50.15 $L.m^{-2}.month^{-1}$，相較對照定時給水處理75 $L.m^{-2}.month^{-1}$平均可節省用水80.76%、59.59%、7.31%及33.13%。

二、作物遠距監控管理技術模組開發

本場開發之四合一(氣溫、空氣相對溼度、光度、土壤溼度)環境傳感器進行環境數據收集，每分鐘上傳儲存環境數據，並依據土壤溼度回饋控制灌溉控制器作動，監控運作基本設備需求為環境傳感器與灌溉控制器各1台，應用場域必須具備穩定的Wi-Fi環境、110V供電系統及可控制之灌溉設備。本技術模組運用本場第三代土壤溼度計(FDS-100)電壓測值轉換之溼度百分比與栽培介質體積含水量(Spectrum Technologies, TDR 150, %)進行直線回歸，獲得數值轉換曲線$y=-0.13x+150.22$，$R^2=0.9172$(圖1)，x為土壤溼度計感測值，y為對應之栽培介質體積含水量。土溼計讀值與土壤體積含水量之對應關係，隨不同土壤或栽培介質配方而異，實際推廣時雖會推薦專用栽培介質，仍常遇到各種土壤或栽培介質，需要初步調

查土溼程度與土溼計讀值範圍，以作為設定參數之依據。太陽能供電整合最大功率追蹤(maximum power point tracking, MPPT)系統，使能源轉換效率提升至96%，使用兩片310W光電板並聯，四顆深循環電池(100Ah, 12V)並聯，串接訊息佇列遙測傳輸(message queuing telemetry transport, MQTT)，可透過Wi-Fi即時追蹤蓄電池電壓及發電量。使用自來水作為灌溉水源，供水動力為1HP流控恆壓泵浦，以繼電器(12V)控制電磁閥(12V DC)通電啟動。

表 1.　40種家庭常見蔬菜及香草植物之最適給水模式

Table1. The most suitable water supply mode for 40 common vegetables and herbs.

給水模式 Water Supply Mode	作物種類 Crop
低溼 Low Water Content	蔥、迷迭香(冬春季)
中溼 Medium Water Content	用萵苣、胡蘿蔔、芹菜、韭菜(春季)、芫荽、迷迭香(春夏季)、綠薄荷、百里香、甜薰衣草、赤道櫻草、歐芹、結球甘藍、琉璃苣
高溼 High Water Content	青梗白菜、小白菜、蕹菜、莧菜、菠菜、韭菜(夏季)、羅勒(夏季)、番椒、甜萬壽菊、玫瑰天竺葵、紫蘇、金蓮花、小芥菜、酸模、青尖葉莧菜、金魚草、矢車菊、茄子、秋葵、芥藍、仙草
乾溼循環 Between Low and High Water Content	用甘藷、檸檬香茅、羅勒(春季)、甜菊、檸檬馬鞭草、彩柄蒜菜、毛豆

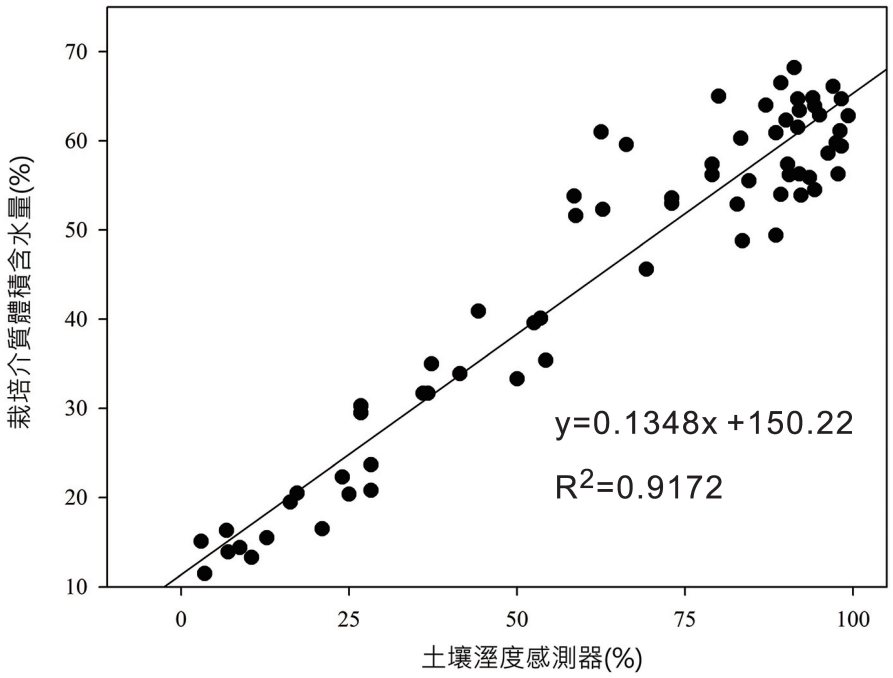

圖 1. 監控設備之土壤溼度感測器測值與栽培介質體積含水量之關係

Fig.1. The relationship between the measured value of the soil moisture sensor of the monitoring equipment and the volumetric water content of the cultivationmedium.

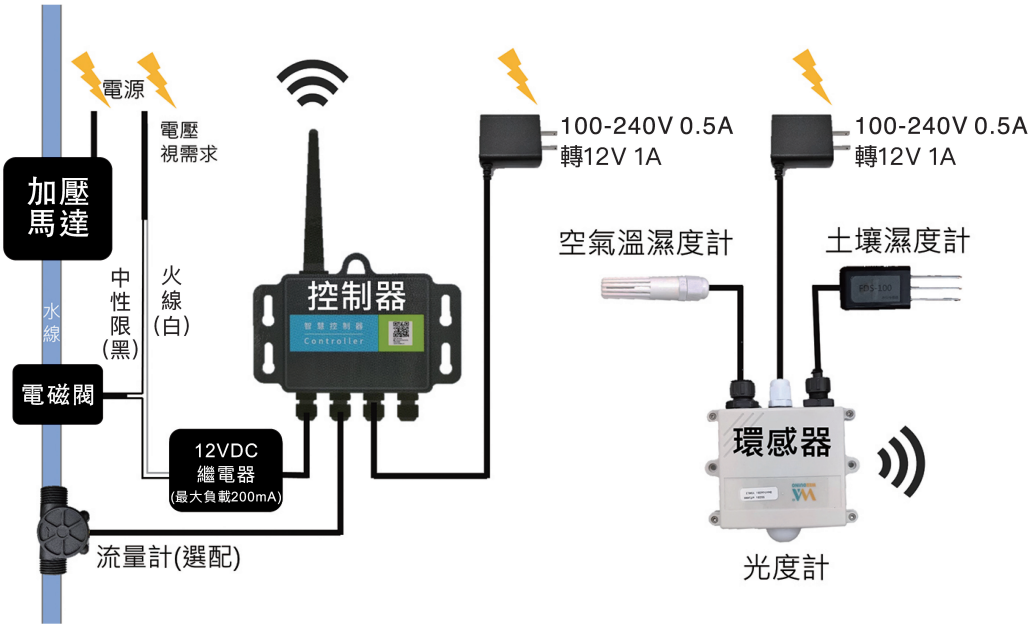

圖 2. 遠距監控設備配置方式

Fig.2. Remote monitoring device configuration.

三、底部灌溉栽培模組開發

針對3寸盆規格，以單元小型化、自動化、加強通氣性、具集水構造等四個必要原則，以及管路極少化、二至六盆連通、易於拆卸、易於填裝介質等四個參考原則，進行底部灌溉端盤設計。設計過程，製作3D列印樣品，進行田間測試，確認外觀規格為長 59cm、寬 42cm、高 4.5cm，定量蓄吸水 37.5 mL.pot^{-1}，可供管徑 4.97 mm及 2.60 mm灌溉軟管安裝固定於集水槽之三個側邊。110年1月1日取得「盆栽植物栽培端盤底部灌溉系統」新型專利(證書號M606075)，主要功能結構為栽裝載部、定量集水部、四盆連通連接部及加強通氣構造。並於110年6月23日完成「盆栽植物栽培端盤底部灌溉系統」專屬授權予社團法人中華盆花發展協會，完成產品量產銷售逾2萬個，主要應用於小品盆花生產栽培(圖3)。本技術更榮獲2021臺灣創新技術博覽會發明競賽金牌獎。本技術特點為具集水槽高度控制定量給水，減少溢流，可節約灌溉用水量50%-75%；四盆連通設計使可節省75%管線成本及安裝人工；四盆連通設計滿足多種盆花不同盆距需求，植栽適用性廣；底部中央通氣構造設計，可改善根系生長；特殊細管卡扣設計，易於安裝拆卸。



圖 3. 底部灌溉端盤串接自動灌溉管路，應用於小品盆花栽培

Fig.3. The sub-irrigation trays integrating with the automatic irrigation system, used in the cultivation of 9 cm pottedplants.

四、作物灌溉整合系統推廣示範場域建置

本場臺北分場園藝大樓屋頂及臺灣大學農場園藝分場使用長方菜槽(內徑約65×35×20cm)作為栽培容器，灌溉管路使用Netafim黑色PE管(管徑16mm)作為主管，Netafim黑色微滴管(管徑3.2/5mm)作為分管，連接Netafim Spray Stakes滴灌箭片，設置2支滴灌箭片/槽。其中，臺北分場園藝大樓屋頂(圖4)自107年8月建置示範點，目前四合一(氣溫、空氣相對溼度、光度、土壤溼度)環境傳感器設置數量為8組；每10個菜槽共用1組環境傳感器，同一時間以栽培一種作物為原則，土壤溼度計裝設於滴灌箭片水平距離約10-15cm處，7cm 長之感測器探針垂直完全沒入栽培介質中。經過4年場域驗證，本技術可直接依據土壤溼度決策給水，避免土壤溼度仍充足時過度澆水，同時能因應多變的都會農耕環境氣候，滿足民眾栽植多元作物的需求，達到簡便又智慧的管理效益。



圖4. 臺北分場示範點運作情形
Fig.4. Operation of the Taipei Branch as a demo site.

參考文獻

1. 陳光堯。2013。立體栽培水分管理與應用。都市綠美化與種苗生產研討會專刊。p1-28。
2. 陳昱心。2012。介質特性與栽培管理對綠屋頂植物生育之影響。國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文。p1-100。
3. 陳起鳳、陳志方、莫懿美。2016。都市低衝擊開發之綠屋頂應用與效益。中華技術。109:46-57。
4. 陳慶安。2009。城市推行綠屋頂的策略、措施與成效之分析研究。國立臺灣大學園藝學碩士論文。p129。
5. 張育森、謝妤澋。2013。都市綠美化與種苗生產的發展趨勢。都市綠美化與種苗生產研討會專刊。p1-28。
6. 莊婉琪。2017。都市農園之蔬菜栽培與應用。國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文。p1-122。
7. 廖乾華。2003。蔬菜園土壤水分管理－塑膠噴管帶之應用。桃園區農業專訊。 46:9-11。
8. 蔡厚男。2016。綠屋頂技術手冊。p170。
9. 劉黃碧圓、李亭頤、洪進雄、許文燦。2014。都市農耕居家綠活園藝。科學研習年。53:16-23。
10. Eigenbrod, C. and N. Gruda. 2015. Urban vegetable for food security in cities. A review. Agron. Sustain. Dev. 35:483 - 498.

Development and Application of Remote Watering Monitoring Modules and Sub-irrigation Module in the Urban Area of Taiwan

Ya-Ching Yang[1], Ya-Ting Hsu[2], Shin-Jong Lay[3]

Associate Researcher [1]. , Assistant Researcher[2]. , Associate Researcher[3].
Taoyuan district agricultural research and extension station, COA
yaching@tydais.gov.tw

Abstract

Watering is the basic skill for plant cultivation and maintenance, but the general public often lacks the professional knowledge to judge the timing and amount of watering, or cannot water by themselves due to being busy or traveling, and needs the assistance of a simple and easy-to-operate cultivation management module. This study develops a simple management module that meets the crop growth characteristics and management needs of the urban farm. The simple sub-irrigation module is integrated through the Internet of Things (IoT) equipment and data analysis tools. The water supply conditions can be set according to the needs of crops to achieve precise irrigation. The benefits of saving water and fertilizer. The software and hardware of the related technologies in this research have been gradually transferred and commercialized, and have been gradually introduced into the food and agriculture education and urban farming fields in the northern region of Taiwan to demo and promotion. We collect the feedback information and user opinions, and adjust the friendliness of system operation. Improve the food safety and user satisfaction of urban residents, increase the participation rate of the public in agricultural and horticultural activities, and promote the development of urban agricultural and horticultural industries.

Key words: Urban farm, Remote monitoring modules, Internet of things