



都市農耕作物養護技術模組整合應用

李婷婷¹、楊雅淨²、呂朝元³

桃園區農業改良場 助理研究員¹、副研究員²、助理研究員³

摘要

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、居家綠美化及生活環境調適存在需求，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。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 4 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。且已透過示範驗證進行效益評估，顯示本技術可提供民眾安全、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。都市民眾開始栽種作物後，由於通常非農業背景，對於作物的栽培方式並不熟悉，以至於在栽種過程中常衍生出病蟲害問題。故本場設計一轉盤教具，以方便民眾查找。截至目前為止，此教具已擴散至全臺多處。且經初步分析今年度都農場域之 168 件病蟲害確診案件中，約有 8 成可通過轉盤教具做初步處理。另根據上述案件，歸納出都農場域前五常見且好發病蟲害之作物種類，分別為茄科、豆科、葫蘆科、十字花科及旋花科作物，今年度亦針對上述科別主要作物設計防治曆供民眾參考。本計畫針對都市農耕需求，整合作物栽培、土壤/栽培介質改良、肥培與灌溉管理、病蟲草害防治等技術，提供整體解決方案，推廣簡便易操作之操作設備與模組，期可藉此有效降低栽植技術門檻，曾加民眾使用都會區閒置空間栽培種植意願，並能生產食用安全之農作物，並貽養身心。

關鍵字：都會農耕場域、遠距監控管理模組、物聯網、病蟲害防治

前言

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)，欲主動參與農耕活動。唯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 $0.4\text{-}0.7\text{gcm}^{-3}$ 、總孔隙度為 75%-80%、容器含水量為 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，適合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)。

於開始種植作物後，常見病蟲害好發情境如下：於春夏季溫度升高，且多日無雨時，植株葉片上常見細小白點或葉片捲縮，此危害狀多為刺吸式口器害蟲造成，如葉蟬、蚜蟲、粉蝨、薊馬等肉眼無法輕易觀察到之小型害蟲，此類害蟲多聚集於新梢、葉背刺吸危害，可適度修剪受害部位，並於清晨或傍晚施用油劑如柑橘精油、礦物油 (張, 2018; 王, 2010) 等，平常可使用黃色黏紙監測，或以苦楝油 (Campos *et al.* 2016) 忌避。若種植葫蘆科作物如小胡瓜時，常可於植株下半部，生長較為茂密的葉片上，觀察到由風或雨水傳播的病害，病徵及病兆為植株葉片、莖部出現黃褐或黑褐斑，或粉狀物，如露菌病、白粉病及炭疽病等，可藉由增加種植行株距、適當修剪以及清除罹病葉，另搭配乳化植物油 (Cerkauskas *et al.* 2011)、礦物油 (侯等, 2014)、肉桂油或石灰硫磺合劑預防，可有效降低此病害發生率。故本計畫針對上述都市農耕常見病蟲害，開發一簡易綜合防治套組，方便民眾、教師學童於種植期間進行病蟲害防除。

材料及方法

一、作物最適灌溉模式建立

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-45 cm)；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-P₂O₅-K₂O-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 35 cm 高。灌溉方式為微噴灌，每個栽培槽配置 24 個噴頭。試驗材料為毛豆、芥藍、辣椒、草莓等 80 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 ($2.5 \text{ L m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) 為對照。試驗採完全隨機排列 (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。

二、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。

三、作物遠距灌溉整合系統推廣示範場域建置

於本場樹林分場園藝大樓屋頂建置技術示範點，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。

四、都市農耕場域常見病蟲害調查及相關教具教材開發、擴散情形調查分析

分析今年度於場內都農試驗區、社區病蟲害講習互動、民眾於 LINE 病蟲害診斷服務及社群網路之互動、校園食農場域現場或 LINE 輔導，共計 168 件已確定診斷結果。嘗試歸納出都市農耕整體及區分不同場域類型下之常見作物及病蟲害樣態，並驗證去年度所開發之病蟲害防治轉盤之實用性。此外，亦依據上述案件，歸納都市農耕易衍生病蟲害之作物類別，規畫製作防治曆教材。

結果與討論

一、作物最適灌溉模式建立

80 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)，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 $50.15 \text{ L m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ ，相較對照定時給水處理 $75 \text{ L m}^{-2} \text{ month}^{-1}$ 平均可節省用水 80.76%、59.59%、7.31% 及 33.13%。

表 1. 80 種家庭常見蔬菜及香草植物之最適給水模式

Table 1. The most suitable water supply mode for 80 common vegetables and herbs.

給水模式 Water Supply Mode	作物種類 Crop
給水模式 Water Supply Mode	青蔥、迷迭香、土人參、桂花、葉用枸杞、蘿蔔、到手香
中溼 Medium Water Content	葉用萵苣、胡蘿蔔、芹菜、芫荽、薄荷、百里香、薰衣草、赤道櫻草、歐芹、結球甘藍、小地榆、琉璃苣、落葵、魚腥草、四季秋海棠、金針花、小茴香、香堇菜、芝麻菜、甜菜根、龍葵、明日葉
高溼 High Water Content	青梗白菜、小白菜、蕓菜、莧菜、菠菜、韭菜、青椒、辣椒、甜椒、芳香萬壽菊、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、紫錐花、洛神花、白花馬齒莧、艾草、野薑花、蝶豆花、黃梔、桔梗、球莖甘藍、茼蒿、紫梗葉用蘿蔔、紫芥菜、角菜、紅鳳菜、茭白筍(高溼-湛水)、芋頭(高溼-湛水)
乾溼循環 Between Low and High Water Content	葉用甘藷、甘藷、檸檬香茅、羅勒、九層塔、玫瑰天竺葵、甜菊、檸檬馬鞭草、彩柄恭菜、毛豆、香蜂草、大蒜、草莓、豌豆

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 $y = -0.13x + 150.22$ ， $R^2 = 0.9172$ ， 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。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（圖 1）。

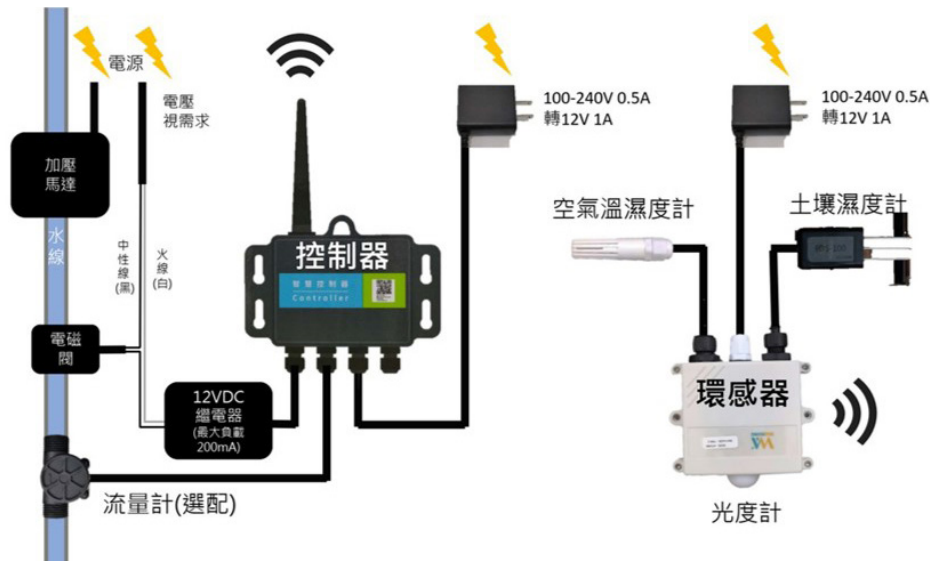


圖 1. 遠距監控設備配置方式

Fig.1. Remote monitoring device configuration.

三、作物遠距灌溉整合系統推廣示範場域建置

本場樹林分場園藝大樓屋頂使用長方菜槽（內徑約 65×35×20 cm）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 3.2/5 mm）作為分管，連接 Netafim Spray Stakes 滴灌箭片，設置 2 支滴灌箭片 / 槽。樹林分場園藝大樓屋頂（圖 2）自 107 年 8 月建置示範點，設置八組四合一（氣溫、空氣相對溼度、光度、土壤溼度）環境傳感器；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 10-15 cm 處，7 cm 長之感測器探針垂直完全沒入栽培介質中。經過 5 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 2. 樹林分場示範點運作情形

Fig. 2. Operation of the Shulin Branch as a demo site.

四、都市農耕場域常見病蟲害調查及相關教具教材開發、擴散情形調查分析

自 111 年底，本場開發出都市農耕常見病蟲害轉盤教具模組，至今已授權臺北市農會、國立臺灣大學生物資源暨農學院、國立中興大學農業暨自然資源學院、國立嘉義大學、國立屏東科技大學農學院、新竹縣政府、嘉義縣太保市農會及臺南市新市區農會等 8 單位進行印製，並於各式病蟲害防治推廣活動中發放，至今合計發放超過 5,000 份，已擴散至全臺 16 縣市（圖 3）。

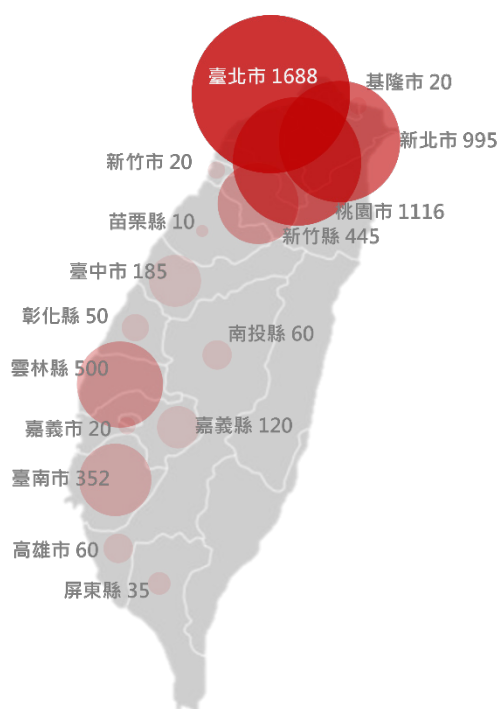


圖 3. 都市農耕常見病蟲害防治轉盤擴散情形。主要應用區域為本場轄區內都會化程度較高之臺北市、新北市及桃園市

Fig.3. Application of the pest control teaching tool for urban farming. The main application areas in our jurisdiction are Taipei City, New Taipei City and Taoyuan City, which are higher level of urbanization.

分析都市農耕 168 件病蟲害診斷案例，綜合而言，民眾栽種作物以蔬菜類為主，觀賞植物次之，故易衍生出之病蟲害種類為鱗翅目害蟲、蚜蟲、葉蟎、介殼蟲及潛蠅類（圖 4）。進一步探討可觀察到，於居家、社區及校園食農場域中，種植者基於不同考量，選擇種植之作物種類，以及種植環境不同，故相對容易衍生出之病蟲害樣態亦不盡相同（圖 5 至圖 7）。

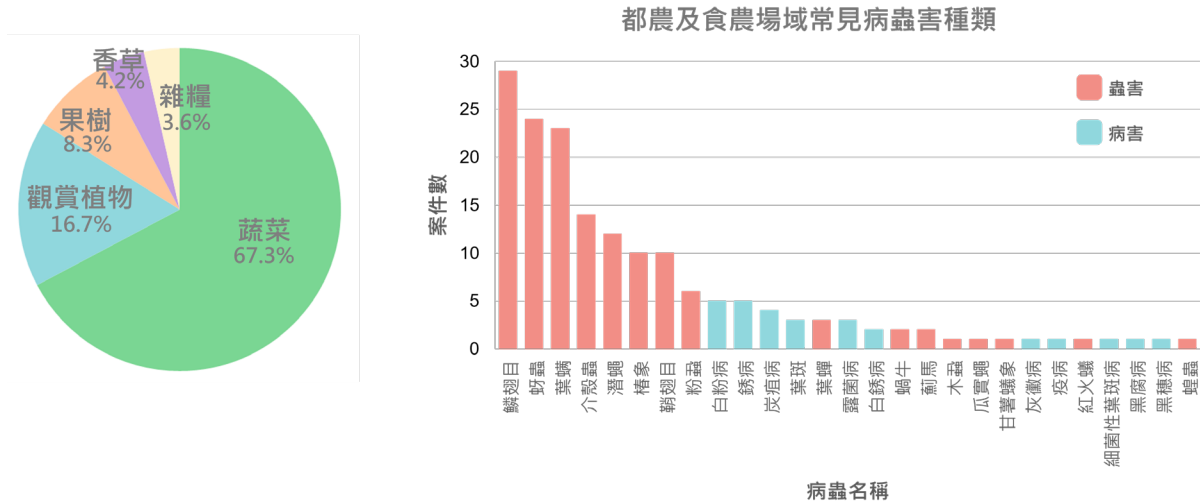


圖 4. 都市農耕各場域綜合常選作物及相對易衍生出之病蟲害

Fig.4. Crops commonly chosen in urban farming field and the corresponding pests that are relatively easy to occur.

為考量植物需光性及美觀程度，民眾於居家環境選擇種植觀賞植物為主，故介殼蟲及葉蟬為最主要之兩大蟲害（圖 5）。

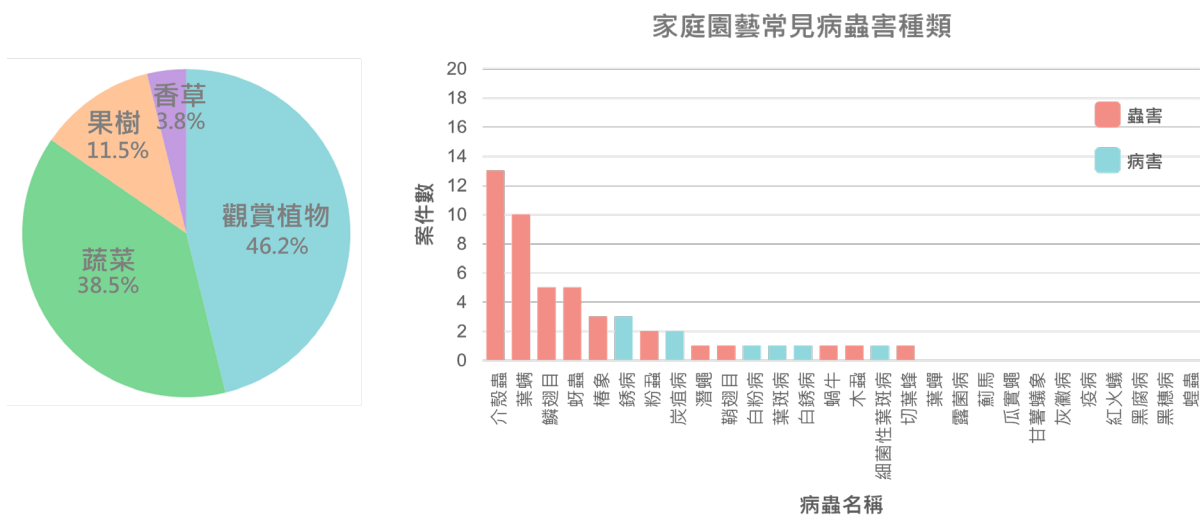


圖 5. 家庭園藝常選作物及相對易衍生出之病蟲害

Fig.5. Crops commonly chosen in home gardening field and the corresponding pests that are relatively easy to occur.

社區民眾於作物選擇上較為多元，單一作物種植面積不大，較不易累積病原菌。而由於有些民眾管理頻率較低，容易導致蟲害爆發而殃及周遭，故蟲害相對病害多（圖 6）。

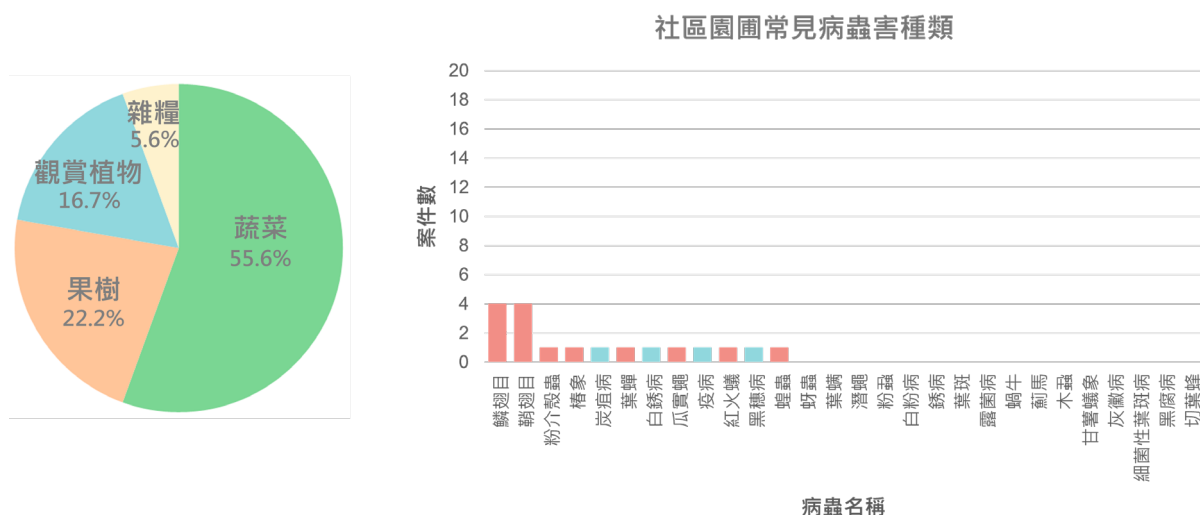


圖 6. 社區園圃常選作物及相對易衍生出之病蟲害

Fig.6. Crops commonly chosen in community gardening field and the corresponding pests that are relatively easy to occur.

學校則多受限於學期長度，偏向選擇短期蔬菜種植，故常見危害葉菜、果菜類之鱗翅目害蟲、蚜蟲及葉蟬相對容易發生（圖 7）。

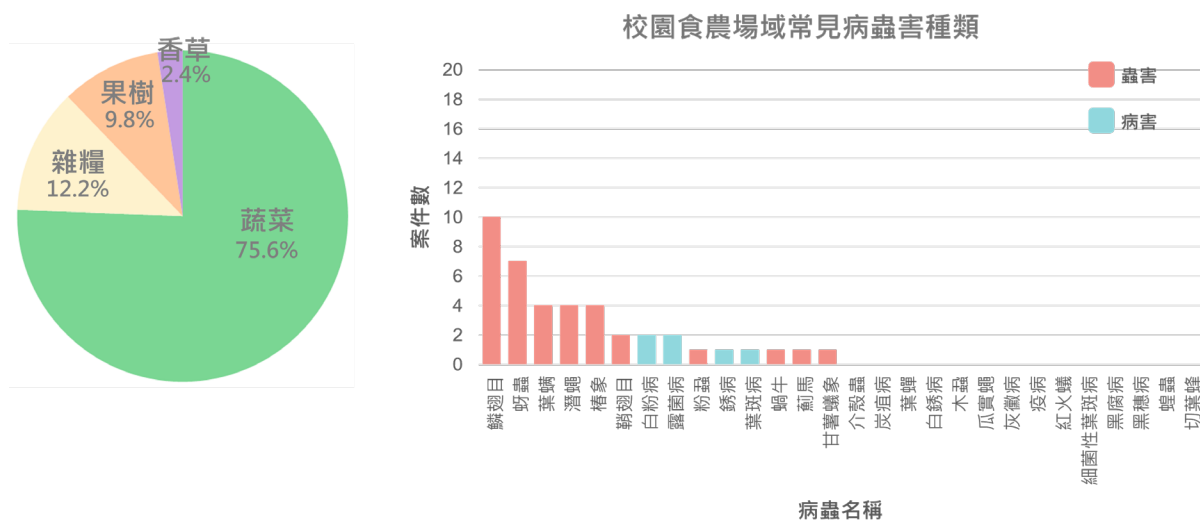


圖 7. 校園食農場域常選作物及相對易衍生出之病蟲害

Fig.7. Crops commonly chosen for the schools that implementing food and agriculture education projects, and the corresponding pests that are relatively easy to occur.

依上述不同場域好發之病蟲害樣態，可供輔導人員做種植前及種植期間病蟲預防規劃參考。另上述都市場域病蟲害診斷案件中，將近 8 成之病蟲害，使用者可通過使用轉盤，初步查找到適用的防治方法。然而，轉盤教具提供的僅為簡易的防治資訊，本計畫將更詳盡的病蟲害防治資訊轉化為民眾較易理解的防治曆形式，讓使用者認識到，於種植不同作物或不同季節時，須注意並加強防治的病蟲害種類。初步已製作病蟲害問題較多的茄科、豆科、葫蘆科、十字花科及旋花科作物（圖 8）之防治曆。以小白菜為例，於育苗期、種植期及採收期分別有好發的病蟲害。又於秋冬季，以小菜蛾及十字花科小猿葉蟲較容易發生（圖 9）。

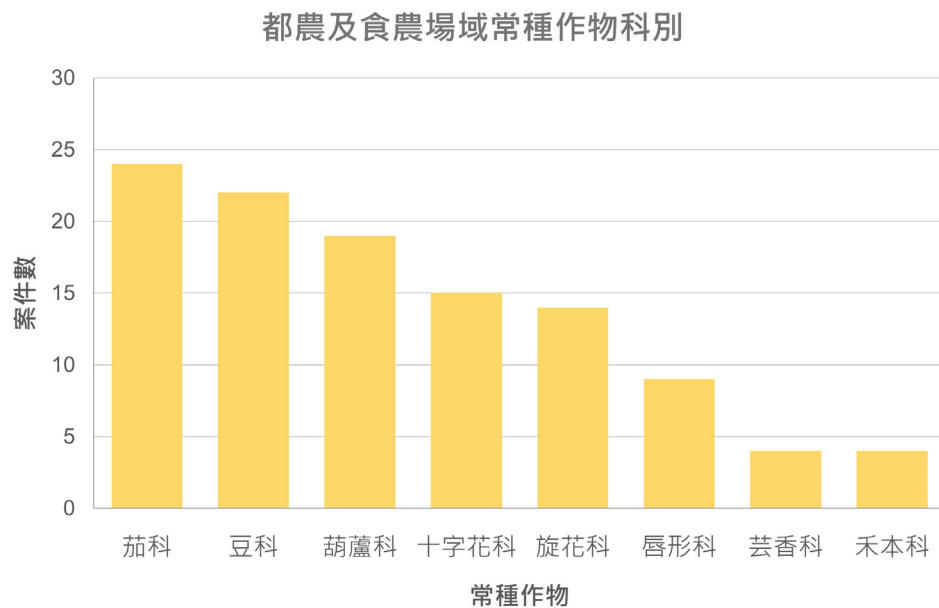


圖 8. 都農食農場域常見且易發生病蟲害之作物科別

Fig.8. Common crop families prone to plant pests and diseases in both urban and campus.

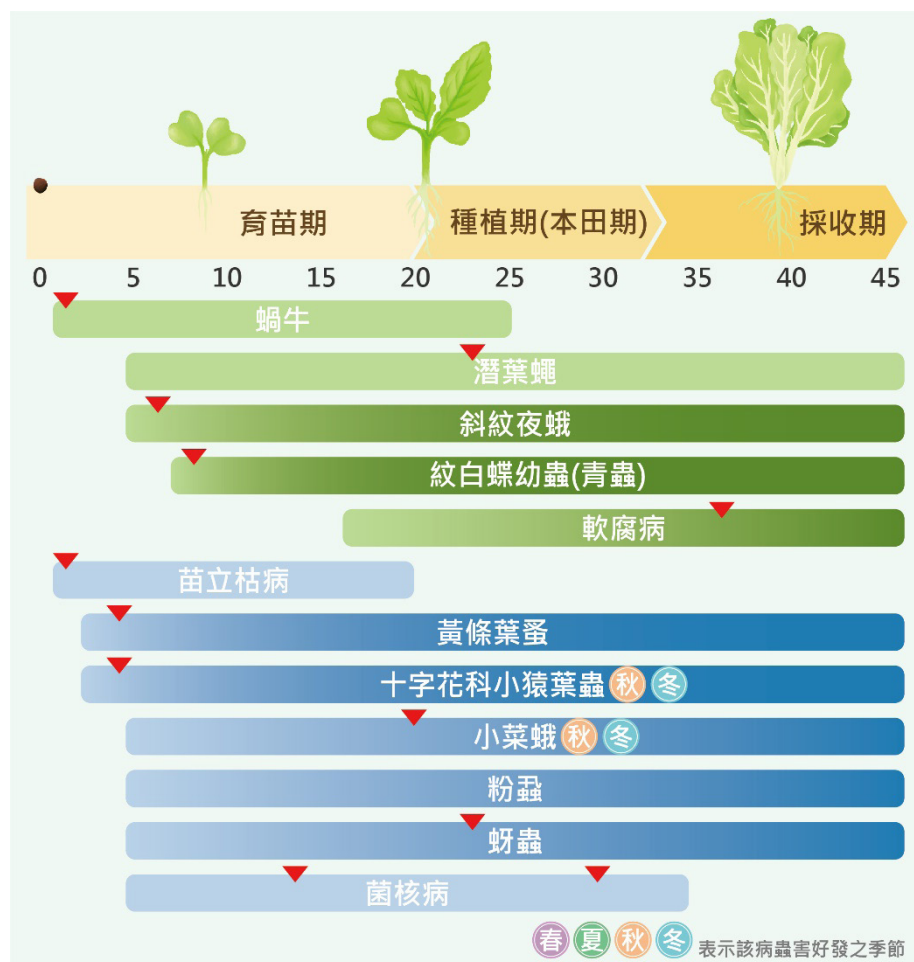


圖 9. 小白菜病蟲害防治曆

Fig.9. The pests and diseases control calendar of Bok Choy.

結語

相關軟硬體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。

參考文獻

- 王清玲。2010。作物蟲害非農藥防治資材 - 其它資材。作物蟲害非農藥防治資材。
- 侯秉賦、賴榮茂。2014。安全資材防治小胡瓜白粉病及露菌病初探。高雄區農業改良場研究彙報。卷 25 第 14-23 頁。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 張育森、謝妤泓。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。
- 張淳淳。2018。常用非化學農藥資材對作物薊馬防治之探討。臺南區農業專訊。p.12-16。
- 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。
- 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。
- 蔡厚男。2016。綠屋頂技術手冊。p170。
- 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。
- Campos, E. V., De Oliveira, J. L., Pascoli, M., De Lima, R., and Fraceto, L. F. 2016. Neem oil and crop protection: from now to the future. *Frontiers in plant science*. 7:1494.
- Cerkauskas, R. F., Ferguson, G., and Banik, M. 2011. Powdery mildew (*Leveillula taurica*) on greenhouse and field peppers in Ontario – host range, cultivar response and disease management strategies. *null*. 33:485–498.
- Eigenbrod, C. and N. Gruda. 2015. Urban vegetable for food security in cities. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35:483–498.

Application of Urban Farming Crop Maintenance Integrated Technology Modules

Ting-Ting Li¹, Ya-Ching Yang², Chao-Yuan Lyu³

Assistant researcher¹, Associate researcher² and Assistant researcher³, Taoyuan district agricultural research and extension station, MOA

Abstract

With the high level of urbanization, the proportion of urban dwellers is gradually increasing. Urban people cultivate plants for food safety awareness, home greening, and living environment adjustment. However, they lack professional knowledge and technology in plant maintenance and cultivation, as well as the assistance of simple and easy-to-operate cultivation management modules. Continual setbacks have resulted in people reducing their motivation and willingness to contact or participate in urban agriculture and gardening activities. Based on urban environmental conditions and management needs, our study developed a simple cultivation monitoring and management module. It used Internet of Things technology to integrate self-developed soil moisture sensors, monitoring devices, cloud control platforms and solar power supply systems to summarize four types of irrigation modes. Real-time water supply from a distance according to crop needs and environmental changes, making it easier for the public to manage plant watering and maintenance. Benefit evaluation also has been carried out through fields verification, showing that this technology can provide the public with a safe and simple horticultural crop cultivation system in urban areas, effectively assisting in water and nutrient management, thereby ensuring harvest quantity and quality. After urban residents begin to cultivate crops, they are usually not familiar with crop cultivation methods due to their non-agricultural background. As a results, pests and diseases arise. Therefore, we designed a teaching aid to facilitate the public to solve pest control problems. So far, this teaching aid has spread to many places across Taiwan. According to preliminary analysis, about 80% of the 168 confirmed cases of pests and diseases in urban farms this year can be initially treated with this teaching aid. In addition, based on the above cases, the top five common crop types that are prone to disease and insect pests in the urban farming fields are summarized, namely Solanaceae, Leguminosae, Cucurbitaceae, Cruciferae and Convolvulaceae crops. This year, the prevention and treatment calendars of the main crops that mentioned above were designed. We hope it can be used as a reference for the public. In response to the needs of urban farming, our project integrates crop cultivation, soil and cultivation media improvement, fertilizer cultivation and irrigation management, pests and diseases control techniques to provide overall solutions. We expect these techniques could promote simple and easy-to-operate operating equipment and modules to effectively lower the technical threshold, then increases people's willingness to use idle space in urban fields for cultivation. Consequently, people can produce crops that are safe to eat and nourish their body and mind.

Keywords: Urban Farming, Remote Monitoring Modules, Internet of Things, Plant Pests and Diseases Control