

五、設施葉菜人機協同光積值智慧灌溉場域驗證

於桃園市八德區設施葉菜農場建立智慧灌溉示範場域，導入監控系統及透過程式積木進行智慧灌溉。灌溉模式採用光積值灌溉結合LineBot指令互動，進行人機協調灌溉模式。

透過成小白菜、青梗白菜、小松菜、菠菜、莧菜之光積值灌溉閾值設定，以生育天數分為播種期、初期、中期及中期2等時期自動灌溉，自動切換灌溉條件。每日7時至19時光度值超過500 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ 進行光度數值累積，早上9時到下午2時進行累積光度閾值判斷，並設定兩次灌溉至少間隔3小時。達到閾值通知到LINE群組，管理人員回覆同意灌溉採啟動灌溉，並將光積值歸零，重新計算。完成灌溉後將灌溉量紀錄至Google試算表。

於2棟溫室進行實機驗證(表1)，依照天候自動調整灌溉頻率，驗證青梗白菜、莧菜及薤菜等5期作共計灌溉32次，累計灌溉量98,659 L，相較於定時器(每日灌6分鐘)可節省72%灌溉次數，蔬菜生育狀態良好。

» 表1.人機協同光積值智慧灌溉驗證

作物	種植日期	採收日期	灌溉次數	灌溉時間(分鐘)	灌溉量(公升)
青梗白菜	8/11	9/15	11	75	32,343
莧菜	9/20	10/12	5	39	18,361
薤菜	4/29	5/14	8	54	24,062
薤菜	7/21	8/7	5	39	13,593
薤菜	10/16	11/10	3	24	10,300
合計			32	231	98,659

六、結論及注意事項

溫室抵擋雨水侵襲，設施內作物只能仰賴人為灌溉系統，灌溉良莠直接影響作物產量及品質，尤其是淺根性葉菜及盆花，通常由極富經驗之管理人員或農場主人負責灌溉，限制管理人力運用，影響經營規模，農業經驗傳承不易。智慧科技導入，透過監控設備及雲端系統進行自動灌溉，以數據驅動精準管理，而管理經驗程式化，可擴大經營規模，讓全年無休的農耕者也可以放假，進而吸引年輕人返鄉從農。不同作物灌溉需求及灌溉管路設計不同，需要不同灌溉技術；考量作物、溫室環境、灌溉管路及灌溉習慣不同，需客製化灌溉程式，滿足場域需求，程式積木提供高度靈活操作模式。作物智慧灌溉普及需要廠商提供平價智農系統，以及政府補助資源以減少農民負擔，加上智農廠商合作降低開發成本，並透過教育訓練及示範場域口碑，讓農民願意採用，逐步習慣智慧栽培，進而打開智農市場。

設施葉菜智慧灌溉技術 操作原則與驗證

賴信忠

前言

設施葉菜栽培過程包括整地、施基肥、播種(移植)、田間管理(灌溉、噴藥)、採收及採後處理等，田間管理階段勞力支出占比約17%，且主要係進行灌溉操作(95%)管理。土壤水分管理攸關產量及品質，亟需富有經驗之管理人力。因此，澆水工作之良窳直接影響作物產量及品質，實務上，此工作多由農場主或資深員工操作，耗時、費工且可取代性低，難以複製及擴散。設施葉菜應用智慧灌溉技術，藉由無線通訊環境感測器、控制器及資通訊系統，進行自動排程灌溉管理，除可減少90%以上灌溉人力，並可克服夏季高溫熱障礙，降低溫度6-9°C。本文介紹設施葉菜智慧灌溉系統，人機協同智慧灌溉程式設計及場域驗證成果。

二、智慧灌溉系統及監控裝置及安裝

桃園農改場基於物聯網技術所開發之生產管理即時監控資訊系統，為雲端資訊系統，以帳號管理，主要功能為記錄感測數據及控制數據，以程式積木編輯自動控制程式，操作介面為響應式網頁；監控設備採用Wi-Fi傳輸，環境感測器(圖2)可偵測光度($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)、空氣溫度($^{\circ}\text{C}$)、空氣相對濕度(%)、土壤濕度(%)。灌溉控制器(圖3)透過繼電器可控制一組設備開關，可外接1組流量計，偵測水流量。田間智慧環控採用程式積木進行自動控制程式編程，依據感測數據進行自動灌溉管理，灌溉結果以LINE通知到手機並記錄至Google試算表。

三、田間監控設備安裝注意事項

- (一)環境感測器安裝位置需接近偵測物，但不干擾作物生長及田間管理作業，所偵測位置需有代表性，避免安裝在溫室邊角位置；因此，如溫度偵測設置需離作物近，且在溫室中間，所獲得溫度數值較接近大部分作物栽培所在環境。
- (二)提供110V或220V市電，穩定電源可確保監控設備穩定運作，注意雷擊造成損害，電箱增設突波保護器，雷雨天關閉總開關。
- (三)穩定網路環境確保設備連線不中斷，安裝後檢查Wi-Fi分享器連線訊號度，需大於-75dB，並測網路速度，建議網路上下行速度大於1Mbps。
- (四)控制器安裝於環控設備附近，控制器需安裝於塑膠電箱，避免金屬屏蔽訊號，對於馬達類大電流設備，需以電磁接觸器隔離電流。



▲ 設施葉菜溫室安裝環境感測器，監測光度、空氣溫溼度



▲ 農業生產管理即時監控資訊系統運作架構



▲ 設施葉菜溫室安裝灌溉控制器及電磁閥



▲ 設施葉菜馬達控制器連動溫室電磁閥自動灌溉

四、人機協同光積值灌溉程式設計

設施葉菜農場可根據栽培作物種類及經營模式，透過程式積木編輯灌溉程式(圖6)，當採用光積值模式時，以戶外傳感器光度計計算累積光度，達到設定閾值時以LineNotify發布通知灌溉，管理員做最後決策是否灌溉，透過LineBot回覆，灌溉後光積值歸零重新計算，遇到陰天光度值低於 $500\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，停止累加光度，偵測到下雨，光積值歸零。灌溉後記錄至Google試算表。



▲ 桃城蔞菜生產合作社人機共同灌溉決策-光積值灌溉+LineBot