



智慧化設施栽培，扭轉風水宿命 立足臺灣，放眼世界

農業設施領航產業執行團隊

「透早就出門，天色漸漸光，受苦無人問，行到田中央…」臺灣歌謠《農村曲》描述農民為了三餐，忍受酷暑寒冬的農耕生活，隨著科技日新月異逐漸成為過去式。為了改善農作物露天栽培「餐風露宿」，降低農民看天吃飯的風險，農業委員會積極推廣網室與溫室設

施栽培之後，近幾年更透過智慧農業計畫結合智慧感測器、IoT物聯網與AI人工智慧，把農耕經驗與農業設施數位化跟模組化。想像一下農民坐在家裡滑手機就能夠遙控固若金湯的溫室，透過環境感測系統自動開啟風扇、噴霧、灌溉，甚至自動施肥，不必頂著烈日往返奔



❖ 建構溫室必須考慮在地氣候與作物需求，圖為採用無風扇水牆綠能設備的明星蘭業園區。

波，這些都不再是遙遠的夢想，而是「現在進行式」！

農業設施主要目的在保護農作物，避免受到天候與病蟲危害，營造良好栽培環境，提高作物產量跟品質，在氣候變遷威脅下，設施栽培已成為農耕重要趨勢。臺灣農業設施產業雖已有相當基礎，卻面臨內部溫度偏高、夏季運用效率差、耐風性不佳與颱風季節易受損等瓶頸，又因多數是成本較低的簡易溫室或網室，硬體設施結構簡單，栽培技術參差不齊，導致品質不易控管、銷售通路不穩定。也因此，透過智慧農業跨域整合，利用環境感測精準預測，使農業設施與栽培技術參數化，實施標準化生產與數位化產銷，精簡作業項次與資材過度投資，提升農業生產效能，減緩對環境衝擊，成為農業領航產業發展重要課題。

IoT聯手AI管理智慧化 程式麻瓜輕鬆掌控全場

2020年5月豪雨造成農業嚴重災損，影響蔬菜正常供需，大臺北地區蔬菜每公斤平均價格飆破30元，跟歷年5月平均價格對比，漲幅達2成；這也是臺灣夏季高溫多雨，加上病蟲害防治不易，蔬菜栽培最常碰到的難題。隨著北部地區逐漸發展成為設施栽培短期葉菜類重要產區，雖然能夠穩定夏季蔬菜產銷，就近提供北部都會區消費使用。但短期葉菜類栽培時間短、需水量大卻不能太濕，必須穩定供水維持品質和產量，農委會桃園區農業改良場特地為此建置「農業生產管理即時監控資訊系統」，運用IoT與AI開發設施作物栽培管理模式，加強數據化精準管理，不但省水省工、蔬菜品質佳，對農民更是輕鬆方便。

桃園農改場副研究員賴信忠表示，這套系統透過環境感測與控制器進行作物智慧栽培管理監控，除了依據蔬菜生育期自動調控管理灌溉，提供作物良好的栽培環境，農民可以利用手機、平板或電腦從遠端接收溫室環境感測資訊，透過網路操作溫室各項設施開關，例如在偵測到高溫警訊時，啟動風扇或噴霧降溫，就不用因住家跟農場有段距離，往返奔波耗費時間。即使是不懂電腦的「程式麻瓜」，也能夠輕鬆操作。

「透過網路遠端操控，農民不用到現場，就可以全盤掌控農場！過去僅能管理住家周圍10公里的農場，現在可以管理全世界的農場。」賴信忠強調，「農業生產管理即時監控資訊系統」可以把管理模式無限複製，管理面積無限擴大，這就是所謂的放大經濟規模，經營效益更高。桃園農改場在2019年把這項智慧農業栽培管理技術推廣到桃城蒔菜合作社，輔導75間簡易溫室（占地約2.5公頃）安裝環境感測器和灌溉控制器，依照農場管理模式設計智慧灌溉程式進行栽培智慧化自動管理，當感測器數據達到設定參數值，系統就會直接下達指令給田間的控制器啟動灌溉設備。

當設備故障離線或遇到高溫時，系統也會即時發布警訊到手機；同時提供手動補水機制，當巡田員工發現園區出現異常乾旱時，也可透過手機啟動補水，並詳細記錄每次灌溉水量，讓農民清楚掌握用水狀況。桃園農改場評估，農場每年光是自動灌溉就可以節省管理工時1,218小時；更因為智慧灌溉精準用水，相較於定時器給水系統，灌溉用水減少一半。「農業生產管理即時監控資訊系統」省時省工又省水，正好與聯合國SDGs「提高產能與生產

力，協助維護生態系統，並漸進改善土地與土壤的品質」永續發展目標相互呼應。

「這套系統還有個很厲害的功能，就是生長預測。」賴信忠指出，現有蔬菜生產模式都是先種再賣，「我們希望能夠做到訂單式生產，客戶先告訴我們想要什麼？多少量？何時交貨？」系統就會根據交貨時間自動排程，應該在什麼時候種植，透過植株高度和鮮重預估生長與採收時間，訂出每座溫室生產排程，達到產量預測與最佳化經營，發揮設施最高效益。研究團隊未來將更進一步整合自動感測控制模組、AI模組與作物資料庫，針對不同作物量身訂做「專家系統」，例如點選「特定作物

模組」就可以啟動溫室管理感測作業流程、病蟲害防治、澆灌與肥料等管理作業。高雄區農業改良場已把這套系統推廣到網室木瓜栽種，面積超過10公頃且運作順利；臺中區農業改良場則是應用在文心蘭溫室栽培。

智慧灌溉不怕老天陰晴不定 作物隨時水啣啣

相對於2020年5月豪雨成災，同年秋季到2021年初夏，臺灣遭逢半世紀最嚴重旱災，農田停灌休耕首當其衝，再度突顯水資源分配是我國農業發展嚴苛挑戰。設施栽培雖多數採用人工啟動或定時灌溉方式，跟露天栽培比較相



✦ 溫室內定點安裝感測器偵測光度與空氣溫濕度。

對節水，但還是有費工與過猶不及浪費水電的問題。臺中區農業改良場研發省工高效率和智慧灌溉技術與機具，結合環境感知技術搭配適時灌溉驅動裝置，利用感測器蒐集環境與氣象數據，計算光積值（植物每日接收到的光量總和）與蒸發散量等重要參數，使灌溉量接近蒸發散量，是臺灣第1台具有估測作物蒸發散量的智慧型灌溉與環控主機，在低濕度時自動啟動噴霧與風扇，緩解作物生長逆境。

臺中區農業改良場副研究員陳令錫表示，灌溉技術著重適時與適量灌溉，也就是配合作物的需求，決定何時灌溉？灌溉多少水？基本原理是讓作物根部維持水分平衡。各種類作物對水資源的需求不同，因蒸發散量隨著天候改變，陰雨天與晴天需要的水分不同，採用定時定量灌溉，容易導致灌溉不足或過量。光積值灌溉技術利用感測器偵測評估作物蒸發散量，根據天氣狀況自動決定灌溉水量，晴天足量灌溉，陰雨天就自動減量，讓作物根部隨時維持適當水分。

研究團隊透過番茄種植田間試驗發現，智慧系統碰到陰雨天會自動減量20~80%灌溉用水，預測準確率超過80%，每天可為農民節約15~30分鐘，兼具省工、省水、省電與節能等特性。陳令錫指出，目前已經採用定時驅動管路灌溉的農場均可導入「適時灌溉驅動裝置」，完全不用改變既有的灌溉管路與給水給肥操作模式，放心讓機器幫忙工作。農民也可以透過手機、平板或電腦等裝置即時掌握設施內外氣候狀態，遠端即時了解灌溉、風扇與噴霧等相關設備操控狀態，達到省工適時灌溉的便利效益。



❖ 適時灌溉驅動裝置於番茄農場試驗效果優異。

因地制宜打造抗風溫室 智慧溫室發展跨境經營

「風水問題」自古就是臺灣農業發展避無可避的宿命，農委會為了解決缺水危機，持續投入灌溉技術研發近30年，臺灣地處西北太平洋颱風必經路徑，造成農作物與農業設施嚴重損害更是「罄竹難書」，如何協助農民設計打造抗風防雨的溫室，也成為農委會「挑戰天

命」的任務。為改善現有溫室連接結構力量傳遞不佳，很容易成為颱風破壞弱點，農業試驗所與金屬工業研究發展中心合作開發簡易型溫室複合式連接機構與強固型溫室可組合式彈性連接機構，提升溫室耐風強度與使用安全性。

金屬中心技術總監黃金川表示，建構溫室必須「因地制宜」，例如蓋在花蓮或嘉義山區的溫室，承受風速就不一樣，所以蓋在哪裡與所處位置直接攸關溫室使用壽命。也就是說，溫室的壽命會被環境風速與腐蝕性所左右。農糧署輔導編纂的「溫室安全構造手冊」雖然訂定，簡易溫室壽命是8年、塑膠布溫室15年、玻璃型溫室20年，但這些都僅是統稱，如果溫室設在花蓮或恆春，就算是最高負荷等級的

溫室，平常沒事就沒事，但碰到1次強颱可能就毀了。也因此研究團隊在設計溫室專家系統時，不會刻意定義「壽命」，而是強調「風險性」。

「蓋溫室要考慮品質，必須講究結構風險跟腐蝕風險！」黃金川補充說，另外還要考量成本。要花多少成本取決於種植什麼作物，成本太高，種什麼都很難回本、賺不到錢。工期（施工速度）也是設計溫室必須考量的重要關鍵。金屬中心目前開發的簡易型溫室複合式連接機構，具有穩定連結性、正確傳遞負荷並抵抗電化學腐蝕等特性，有效提升溫室耐風性與使用安全性。強固型溫室可組合式彈性連接機構，則是利用模組化製造預製跟預鍍所有連結



❖ 簡易型溫室複合式連接機構。

機構，解決銲接工法衍生的耗時、耗工、耗費工序與品質異常問題，除了預購物料、縮短工期，更大幅降低施工、運輸與組裝成本，擁有高品質、高效能與低成本優勢。

農業設施產業歷經智慧農業計畫5年執行的期程，針對設施軟硬體設計等方面提升智慧化應用，並以設施硬體面之研發成果為基礎，開發溫室相關專家知識系統，藉此整合國內外設計規範、先進技術及專家經驗知識，應用新式智慧化電腦輔助設計技術，開發溫室總體規劃設計專家知識系統，協助農民與業者設計及維護溫室。透過不同參數的設定及選擇，可即時進行風險評估、成本計算及工期預估，為一個可加速雙方規劃的共識速度、提供串聯農民、溫室業者及設備系統商之資訊平臺，期能促進產業間的發展與技術服務，達成設施最高的效益。

近幾年因氣候變遷加劇，露天栽培難度提高，使得設施栽培面積逐年提升，農委會農業試驗所副研究員徐武煥表示，近5年國內設施栽培面積增加近2,000公頃，研究團隊開發的系統模組建立起來之後，配合遠端監控與專家知識系統的導入，透過感測器與控制器監測蒐集資料，修正田間管理參數，把農業技術與經驗數位化，發展成為「數位分身」，藉由複製與擴散擴大經營規模，提升臺灣農業競爭力，讓更多青年願意返鄉從農。「智慧農業標榜智慧栽培與數位服務，我們更希望能夠促進我國設施產業發展與整廠技術輸出，配合政府南向

政策，透過我國農業技術以網路傳輸跨境經營農場，以臺灣為全球智慧農業營運中心，管理全世界的農場，立足臺灣，境外生產，行銷全球。」