

北部地區小尺度灌溉示範場域建置

作物改良科 副研究員 楊志維 分機 255

作物改良科 助理研究員 鄭智允、楊采文 分機 213、254

作物改良科 副研究員 簡禎佑 分機 251

前言

還記得2020年為自1964年以來首次無颱風侵臺，且6-10月上旬各水庫集水區降雨量為歷史平均值2-6成，水情吃緊，是56年來最枯旱的一年。農業部農田水利署積極辦理巡查圳路、執行精確配水、實施分區輪灌、啟用備用水井等應變措施後，仍不敵嚴峻水情，於是宣布，桃竹苗地區1萬9千公頃農田實施停灌補償措施；停灌範圍位於桃竹苗部分區域，以栽種水稻為大宗，當時正值水稻抽穗階段，停灌後造成稻作無收成，故政府發放補償金，以確保農民生計。

位於亞熱帶季風區的臺灣，由於氣候及地勢，降雨狀況可分為豐水期（5月至10月）及枯水期（亦即乾季，為11月至隔年4月）。豐水期以梅雨和颱風為主要降水來源，枯水期北部、東部仍會因東北季風而有降雨，但中部、南部因受地形阻擋，降雨機會極少，若豐水期雨量不足，則容易發生旱災。

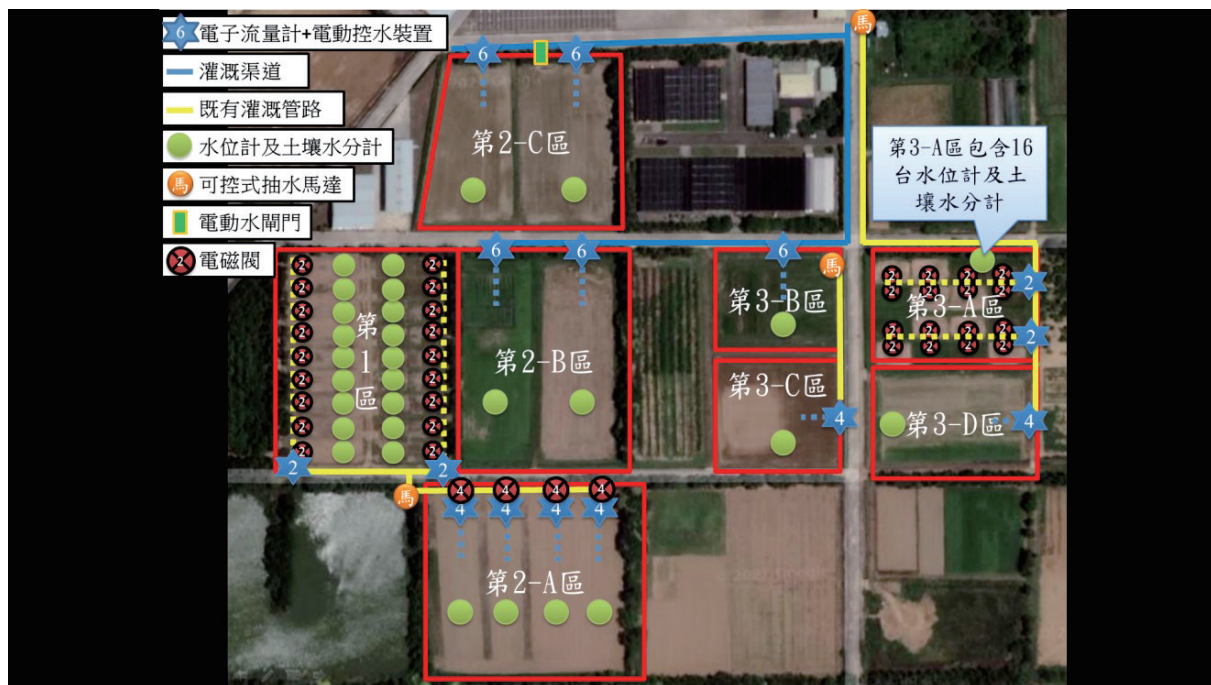
根據臺灣氣候變遷科學報告，目前臺灣全年總降雨量並無顯著變化，但有雨季降雨量增多、乾季降雨量減少的趨勢，並伴隨降雨天數減少的現象。當降雨天數變少，總雨量不變，代表下雨強度加大，意即短時間強降雨發生的次數將會增加，對水庫挑戰很大，更可能造成淹水問題。密集的強降雨不僅使水庫因無法一次容納

太多雨水，而必須經常洩洪，使我們能利用到的水資源變少，更可能導致山區、低窪、沿海地區因強降雨而發生淹水、土石流等災害。此外，降雨強度的增加也會從上游沖刷更多泥沙進入水庫，造成水庫淤積問題，使有效蓄水容量變少，將不利於水資源的保存。

氣候變遷導致臺灣降雨量的不穩定性增加，包括長期乾旱和突發的豪雨，使得農業生產更加不可預測，農民難以準確安排種植和灌溉，導致水資源的浪費和不均衡分配。為積極因應氣候環境改變等挑戰，運用智慧科技研發精準灌溉技術，提高農業用水效率，為當前亟需解決之問題。因此，啟動小尺度灌溉示範場域建置，設立北部地區小尺度灌溉示範場域，調查小尺度內各供灌田區之土壤性質、田間土壤水滲漏量、基本土壤給水能力等田間基礎栽培條件，配合氣象預測資料，並結合田間土壤水分感測器，即時監控各田區不同作物相之需水量變化，建立灌溉農水路系統實施精準灌溉，達到驗證與示範精準灌溉於小尺度施行之目的。

小尺度示範場域建置主體及功能

於本場試驗田規劃及建立田區智慧灌溉控制系統共計5公頃，包含田區流量計、水位計、土壤溫濕度及電導度感測器，設置之水田灌區共26區，旱田灌區共19區，各別灌區面積為0.02-0.4公頃；現有之灌溉



▲ 圖 1. 建置 5 公頃田區智慧配水控制示範場域。

設施為蓄水池1座、沉澱池1座、水塔1座、灌溉渠道3條及管路灌溉區3區，用以評估田間作物需水程度，並具備遠端連網即時監控功能。灌溉方式計有3種：灌溉水以抽水馬達將水從蓄水池抽入水塔，並由管線以重力灌入田區（第1區、第2-A區）；灌溉水以抽水馬達將水從渠道或沉澱池，由管線將灌溉水直接抽入田區（第3-A區、第3-C區、第3-D區）；灌溉水藉由灌溉渠道供應，以擋水方式由渠道壁之孔洞流入田區（第2-B區、第2-C區、第3-B區）。

田區智慧配水控制系統涵蓋(一)遠端控制水閥儀器：在稻田入水口之處架設遠端控制水閥儀器，包含電磁水閥及電磁式流量計，能自動記錄灌溉水量、每次供水時間長度及供水量，可避免異物阻塞，並具備 IP65 以上防水防塵防護能力，口徑依



▲圖 2. 電動水閘門。



▲圖 3. 田間水位感測器。



▲圖 4. 田間氣象站。

照田區規劃圖之管路口徑設置，增加螢幕顯示累計流量功能以利人工查核，並可透過網路或行動裝置中的應用程式遠端開關電磁水閥，以調控田區之灌溉用水量，應用於水稻全生育時期的灌溉用水控管；(二)田間水位感測器：可量測水位監測器量測範圍0-10公分，並可辨識0公分以下(土壤乾燥)、0公分(土壤濕潤)、1、2、3、4、5、6及10公分，土壤溼度監測範圍 0%-100%，溫度監測範圍 0-50℃，每5分鐘傳輸1筆，以太陽能電力供電，電力不受天候影響至少持續供電7日以上，即插即用，能配合整地與收穫作業移動，當主機接收到水位感測器所傳輸之資料時，可由主機內所設置的4G網路系統透過無線傳輸方式將

資料傳送到雲端，完成一系列的資通訊連接；(三)田間氣象站：可用於蒐集田間的溫度、濕度和風向等各種環境參數，有助於作物生長過程的環境資訊監控，提供長期動態變化的氣象參數，以作為後續智慧農業的發展與研究重要參數；(四)電動水閘門：手動及電動兩用，操作更彈性，可APP遠端操控，設有閘門關閉防止異物夾損安全保護裝置，配置變頻器做緩啟動，現場配置急停按鈕，保護人員安全。依據田間架設之感測器，判斷各區水路供灌量是否足夠，並且依照各區域之田間作物需水量進行分配，建置可調整供灌時程之灌溉系統，有效率分配灌溉水源。

智慧灌溉系統的自動化控制主要目

的是以專家知識依據感測數據進行判斷後執行水分管理以達成經濟有效之灌溉用水量控制，使用手機APP即可在遠端即時控制供水或停止供水，也可以定時之方式進行供水或停水，更可以依據田間水位計之水位進行關聯控制，依據所設定之條件灌溉到指定的水位後停止，並透過數據蒐集和分析提供長期的農業灌溉管理決策實行，提高農業生產效率，有助於確保農業永續發展，減少浪費，並減輕對水資源的壓力。相對地，傳統灌溉方式通常較為固定，容易導致過度灌溉、浪費水資源，並需要更多的人力參與。透過小尺度灌溉場域建置，依照各區域之田間作物需水量資

訊進行驗證及精準灌溉，可供大尺度灌溉場域配水動態決策依據。

場域執行概況

2022-2023年於本場小尺度示範場域田區內搭配種植水稻、高粱及甘藷，整合作物需水量、土壤水分、渠道流量變化等資料，進行不同季節、作物不同生育期間田區之水、旱作水源調配評估，提供精準用水運算基礎。豐水期間降低水資源浪費，枯水期間以最適調配達到各作物之需水需求，並建立小尺度示範場域內旱作及水稻最適灌溉模組，做為未來開發水源智慧調度管理基礎。最適灌溉模組主要針對作物生育期間之重要生育階段予以灌水，



▲圖 5. 遠端控制水閥儀器。

如水稻生育期間採用適期灌溉，較慣行湛水灌溉可有效調節水資源運用；旱田作物則利用管路可於作物播種後、開花期及充實期給予噴灌，以達到精確給水及提高用水效率。

旱作高粱及甘藷灌溉處理為管路灌溉，並以溝灌為對照；水稻灌溉處理為適期灌溉，並以北部地區慣行灌溉為對照。水稻第1期作插秧至收穫，湛水灌溉每公頃灌溉量平均757.4毫米，產量平均5,131公斤；適期灌溉每公頃灌溉量567.1毫米，產量平均5,144公斤；間歇灌溉每公頃灌溉量857.6毫米，產量平均5,534公斤；試驗結果以適期灌溉效率最佳，生育期間降雨量累積為628毫米，積溫為1,612.5度日。水稻第2期作插秧至收穫，湛水灌溉每公頃灌溉量平均1,133.4毫米，產量平均3,792公斤；適期灌溉每公頃灌溉量818.3毫米，產量平均2,672公斤，兩者灌溉效率相近，生育期間降雨量累積為298毫米，積溫為1,872.6度日。

甘藷溝灌每公頃灌溉量116.7毫米，產量平均22,249公斤；噴灌每公頃灌溉量108.9毫米，產量平均30,438公斤，以噴灌效率最佳；生育期間降雨量累積為615.5毫米，積溫為2,443.9度日。

春作高粱溝灌每公頃灌溉量156.9毫米，產量平均1,968公斤；噴灌每公頃灌溉量137.8毫米，產量平均3,121公斤，生育期間降雨量累積為628毫米，積溫為1,737.8度日。秋作高粱溝灌每公頃灌溉量146.8毫米，產量平均3,452公斤；噴灌每

公頃灌溉量22.8毫米，產量平均3,755公斤；生育期間降雨量累積為307.5毫米，積溫為2,085.7度日，兩作均以噴灌效率最佳。

未來展望

未來將持續以本場既有之小尺度示範場域灌溉系統，利用水位計、土壤濕度計及流量計等進行灌溉係數之調查驗證。並依照作物品種之差異，記錄灌溉用水量、有效降雨量以及配合氣象站之氣象參數，以CROPWAT8.0軟體，代入先前計畫所估算之作物係數，以釐清在小尺度範圍內，主要耕作模式之每旬需水量；驗證過往計畫執行之耕作制度灌溉管理模式，研擬適合北部地區之灌溉指引。並繪製供灌計畫甘特圖，相關資料介接大尺度供農水單位配水之參考，於未來水情不佳時進行水資源的調度與分配可有所依循。並與學校合作透過小尺度灌溉示範場域田區作物不同生育期需水量、多類型土壤滲漏量、多類型土壤水分蒸發散和灌溉設施滲漏量等作物及其土壤水分即時監測數據資料庫，結合灌溉田區溫度和降雨資訊，解析灌溉田區水動態平衡。並建立動態配水模式，進行旱作及水稻作物供灌配水系統之驗證，利用驗證後之動態配水模式模擬不同作物栽培模式與作物在各生長期之灌溉水量。並分析缺水時期之因應作為及灌溉配水情境，強化灌溉示範場域灌溉之效率及精度，拓展作為大尺度灌溉場域配水之參考依據。