

淺談灌溉節水

相關制度規劃及技術應用

行政院農業委員會農田水利署
農田水利管理組 工程員 廖國淳

前言

由於全球氣候變遷，在極端氣候發生頻率及強度增加的情況下，水資源的供需情勢愈趨嚴峻。農田水利署對於農田水利事業之發展策略，係以積極推動擴大服務範圍，將灌溉服務推廣至事業區域外適作農地為目標。農田水利署透過農業科技計畫委辦專業學術團隊，針對嚴峻之水資源供需情勢下，秉持擴大灌溉服務之精神提供相關執行策略，期望灌溉更多的農地，服務更多的農民，同時確保農業灌溉供水之穩定。因此透過計畫執行成果檢討現行耕作及灌溉制度，以提升農業灌溉用水利用效率，緩和農業用水因氣候極端化日顯不足窘境。下列簡要分享農田水利署於111年度農業科技計畫執行項目中，與灌溉節水相關之研究成果，供未來進行農業水資源規劃參考。

作物耕作方式調整對灌溉用

水量與節水效能及水資源生產力影響之研究

以水情較為嚴峻之曾文-烏山頭水庫灌區為研究區域，考量區域降雨特性、水稻產量、糧食自給率與土壤鹽化問題等因素，將曾文-烏山頭水庫灌區之雙期作田調整為單期作田及配合政府稻作四選三作物耕作策略，將一期作或二期作水稻休耕或調整為政策作物(玉米)及經濟作物等不同物耕作方式與灌溉制度情境下，評析其對灌溉用水量、節水效能與水資源生產率及灌溉配水之影響，以因應極端氣候及春季缺水衝擊，期能研擬解決水稻生產過剩問題及提升糧食自給率。

研究結果顯示，將水稻進行稻作四選三耕作制度調整之情境下(109~110年)，就節水效益而言，若以休耕為考量，以110年一期作水稻休耕及其他時期維持種植水稻之總節水量為27,891萬噸及平均節水率為28%為佳；若以轉作



(旱作物)為考量，以109年一期作水稻轉作高粱及其他時期維持種植水稻之總節水量為22,897萬噸及平均節水率為23%為佳。就經濟效益而言，若以休耕為考量，以109年二期作水稻休耕及其他時期維持種植水稻總經濟效益約57.4億元為最佳；若以轉作(旱作物)為考量，以109年二期作水稻轉作適種經濟作物及其他時期維持種植水稻總經濟效益約142.08億元為最佳。就水資

源生產力而言，一、二期作水稻五年平均水資源生產力分別為10.73~11.39元/m³、9.91~12.45元/m³，經濟作物為33~193元/m³。由上可知，實施水稻休耕相較於轉作雖能節省更多灌溉用水，惟考量糧食安全及經濟效益，建議以轉作為宜，本研究亦已建立上述耕作制度調整之灌溉配水計畫，可供未來因應不同缺水環境下灌溉配水之應用。

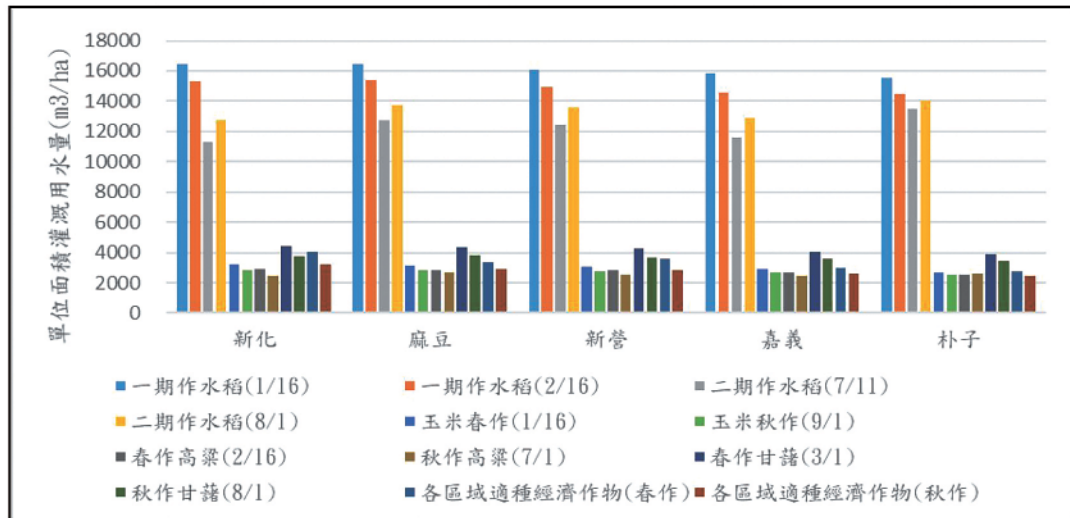


圖1 不同分處於不同作物耕作方式下單位面積期作灌溉用水量比較圖

智慧農業地下可用水量之評估

研究主要目的是建置桃園地下水位長期預報模式，並以中央氣象局第一代一步法全球預報模式(the Taiwan Central Weather Bureau Climate Forecast System 1-tiered model, TCWB1T1)，透過氣象資料並

以最近鄰居法(k-nearest neighbors, k-NN)模式將大尺度日雨量尺度降至石門水庫流域尺度，以傅立葉轉換及小波分析地下水抽補強度和地下水井的觀測水位資料，建置準確且穩定的地下水水位長期預報模式，提供機率式預報和優選後的定率式預報，提供未來可概估地下水含有之備用水源。

結果顯示絕大多數的觀測雨量都在

機率式預報範圍內，而旱季因不確定性較小且較濕季來的準確，本研究為長期性預報，在選擇定率式預報時，在旱季時就選擇出符合未來180日後濕季的定率式預報較為困難。而就地下水位預報而言，在一、二層結果較佳，其中實際上需要抽取地下水的旱季又比濕季來的更為準確，而地下三、四層水井由於資料不足，且雨量也無直接關聯性，只能以上一層的預測結果作為模式輸入項，但卻會導致因時間長度較長而造成誤差累積，預測結果沒有一、二層效果好。本研究所發展之地下水位預報模式可提供未來長期降雨趨勢預判資訊，以作為抗旱期間決策之參考依據。

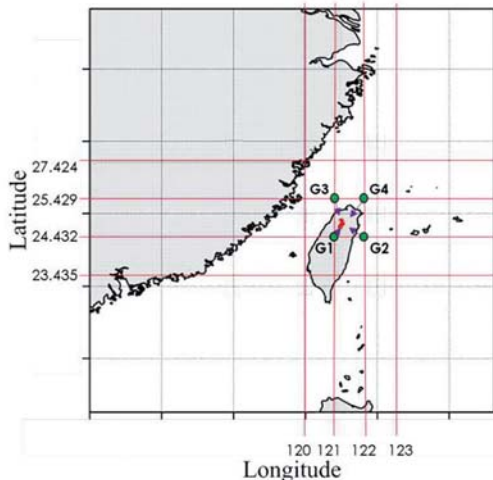


圖2 氣象局第一代一步法海氣偶合氣候預報模式網格點

表1 不同抽補強度預測地下水位之評鑑指標

	Training				Test			
	RMSE (m)	MAE (m)	CE	R ²	RMSE (m)	MAE (m)	CE	R ²
傅立葉分析	0.04	0.02	>0.99	>0.99	0.11	0.05	0.96	0.97
小波分析	0.05	0.03	>0.99	>0.99	0.11	0.05	0.96	0.96

土壤水分模擬模式於旱作灌溉計畫研擬之應用分析

土壤水分的管理對於作物生長的好壞有絕對的關係，在氣候變遷下，乾旱發生頻仍之際，掌握土層土壤水分的變化並擬定適時的灌溉策略成為了相當重要的課題。近年因科技的發展下，土壤水分量測的方法已不僅限採土法、水分張力計法等，Time Domain Reflectometer(TDR)水分感測器已逐漸被廣泛利用。在TDR的應用下，建置一

套土壤水分移動模式模擬土壤水分的變化，以即時掌握旱田土壤水分的狀況，進而透過關鍵工具的串聯來開發出智慧型旱田灌溉用水系統，將有助於推算各種旱作在各種土壤水分條件下之需水量與灌溉時機，以訂定更合理之作物需水量。

關於透過土壤水分的監測及模擬來掌握土壤水分移動的行為與趨勢方面，目前已完成各土層之土壤物理性試驗並取得各土層之土壤水分特性曲線，利於區分出不同土層之容易有效水分(RAM)，使用水量計算更加精確。經



分析後選定評價指標表現最佳之地下5 cm土層作為代表土層，並以代表土層之土壤水分移動模式進行模擬灌溉。將土壤水分移動模式分析之灌溉方案、扣除降雨所推估之日用水量與水權量所

換算之日用水量進行差異比較及分析得知，研究區域(卓蘭圳)水權量雖低於日本旱作灌溉基準建議值甚多，但可滿足土壤水分動態模擬模式之節水建議方案值及農民實際灌溉用水量之需求。

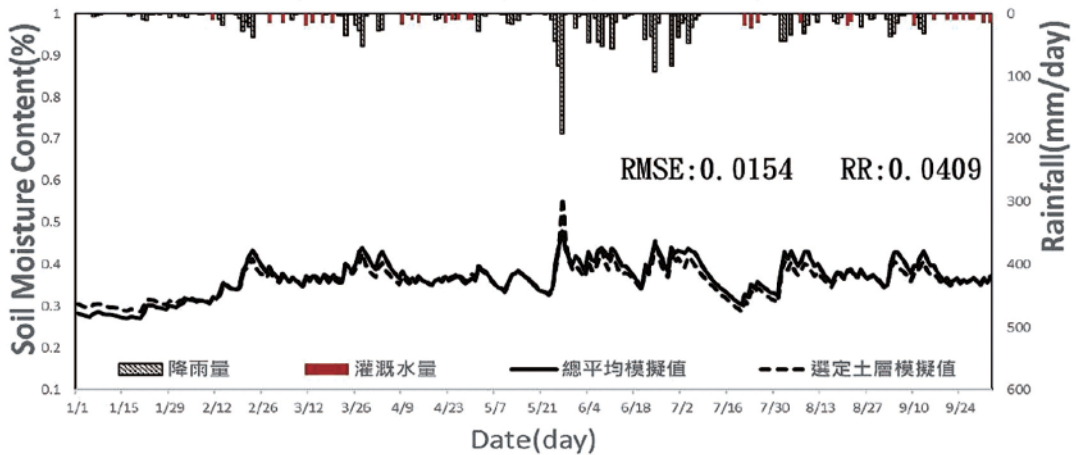


圖3 總土層平均模擬值與選定土層模擬值比較

結語

臺灣因地形、降雨時空分布不均，灌溉用水調配及水資源利用受豐枯雨季影響，有著高度的不確定性，氣候變遷更造成乾澇極端事件的經常發生，如民國93年與民國104年及民國110年皆發生了嚴重乾旱，一期稻作得經時常面臨供水不穩定風險。此外隨著都市化的快速發展，各標的用水激增，加上耕地的零碎化及作物的多元性，使灌溉用水管理上越顯困難。為解決一期稻作常面臨供水不穩定的情形，政府亦提出多項農業政策，如調整大區輪作制度以減緩區域供水壓力及研擬水資源競用區之一期

稻作轉旱作試辦措施等，並提出數種耕作獎勵鼓勵農民轉作旱作。

面對農業水資源高度不確定性的情境下，農業水資源調配管理是一個相當複雜的決策分析問題，因應不同缺水程度，建立灌區適切之耕作策略，期望透過智慧化調配用水與風險管理，確保農業灌溉供水之穩定，精準灌溉維持糧食生產安全與農民收益。

農田水利署持續匯集國內農業水資源界之專家意見，期望透過科學研究推算，即時掌握農業地面、地下水情，配合雨量資訊提供即期乾旱預警作業，達到精準農業水資源調度，解決未來可能持續發生之水資源供需困境。