

氣候變遷對水稻作物需水量與灌溉用水量影響之研究

A Study on Consumptive Use and Irrigation Water of Paddy Rice Under Climate Change

專題生:陳毓旻、邱琬筑、林冠宏
指導教授:陳清田 副教授

前言

現因全球氣候變遷，溫度與降雨已顛覆以往之情狀，糧食安全已儼然為全球所關注及重要課題。臺灣降水量雖然為全球平均降水量的三倍，但因時間空間分布不均，加上河川坡陡流急，洪枯流量懸殊，造成可使用的比率不到兩成。且由於地狹人稠，每人所分配水量不到世界平均的七分之一，降雨稍有變化，中南部地區即出現缺水現象。水稻為臺灣重要糧食，如何確保在不同水源情境下，適時適量調配灌溉用水量及供灌期距，以維持糧食生產，是現階段水資源規劃利用之重要課題。

本研究旨在評估不同氣候變遷情境下短、中、長期對水稻灌溉用水量及生長期距之影響，以提升農業灌溉用水調配效能提升，及確保糧食生產與農田永續利用。

研究方法

一、氣候變遷模式之選用

CSIRO-MK3
GFDL-CM2.0
GFDL-CM2.1
UKMO-HADCM3
IPSL-CM4

二、水稻累積生長日度數推估模式之建立

作物生長發育受到許多環境因子的影響，其中以溫度因子最為重要。溫度的量化利用生育度數法 (Growing Degree Days, GDD) 來表示，生育度數的基本定義為：在特定的生育期中，每日最高溫與最低溫的平均值減去基礎溫度 (base temperature) (即作物停止生長的溫度) 的總和。其累積的溫度在不考慮其他環境因子如年期、種植地點等時，仍會接近一個常數。以水稻而言，其生育基礎溫度可因品種或不同生育階段而異，一般以10°C為其基礎溫度。因此，水稻的生育度數之計算方式為：自移植日開始，將每日最高氣溫及最低氣溫之平均減去10°C，作為當日之有效溫度，累積至取樣調查日的有效溫度，即為該時段內的有效累積生育度數 (effective accumulated heat unit)。

$$\sum \text{Modified GDD} = [(T_{max} + T_{min}) / 2 - T_b]$$

三、田間灌溉用水量推估模式之建立

荷蘭土地開墾與發展研究所 (International Institute for Land Reclamation and Improvement, 簡稱 ILRI) 提出的

$$FIR_i = ET_i^{crop} + P_i - AR_i$$

主要成果與結論

一、不同氣候變遷情境下長、中、短期期溫度趨勢分析:

由圖1可知，臺灣台南區域長、中、短期之平均氣溫變化率，長期都較中、短期平均氣溫變化率大，平均氣溫變化率增加最大為第36旬，平均氣溫變化率減少最大為第28旬。

二、不同氣候變遷情境下長、中、短期雨量趨勢分析:

由圖2可知，降雨量於1旬至13旬及28旬至36旬逐年降低，於14旬至27旬之間，變化率逐漸升高，由此可知，未來雨量逐漸趨於極端，豐水期應加強防災，枯水期著重用水調配。

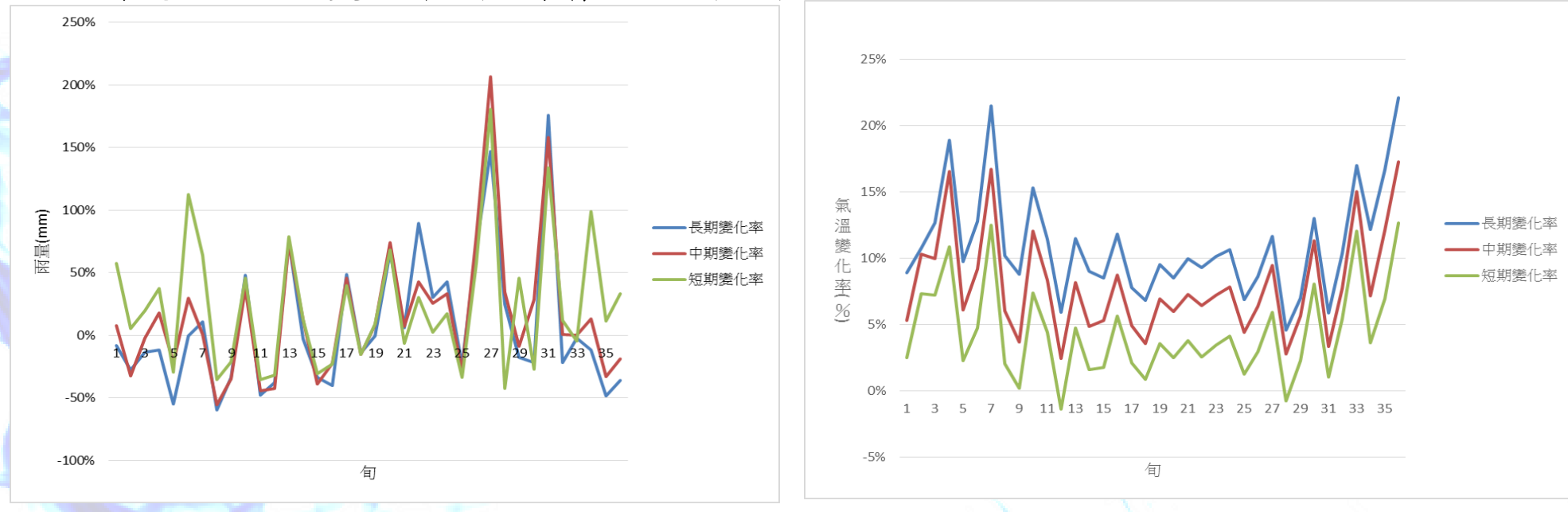


圖1. 台南站於長中短期氣候變遷情境下氣溫變化率趨勢圖

三、不同氣候變遷情境下水稻生長期距之影響分析:

以修正累積生長溫度 (MGDD) 及有效雨量之觀點，建立嘉南地區台南11號一、二期作水稻平均累積生長溫度分別為1766°C及1831°C，長期氣候變遷情境下，其一、二期作水稻種植期距分別縮短13日及19日；中期氣候變遷情境下，其一、二期作水稻種植期距分別縮短9日及14日；短期氣候變遷情境下，其一、二期作水稻種植期距分別縮短5日及8日。

四、不同氣候變遷情境下參考作物需水量之評析:

以簡易修正型 Modify Blaney-Cridle 法，預測未來長 (2080~2099)、中 (2050~2069)、短 (2020~2039) 期的參考作物蒸發散量，由圖3可知，長期氣候變遷情境下，其參考作物需水量皆較中短期情境為高，且均在20旬時參考作物需水量達最高。

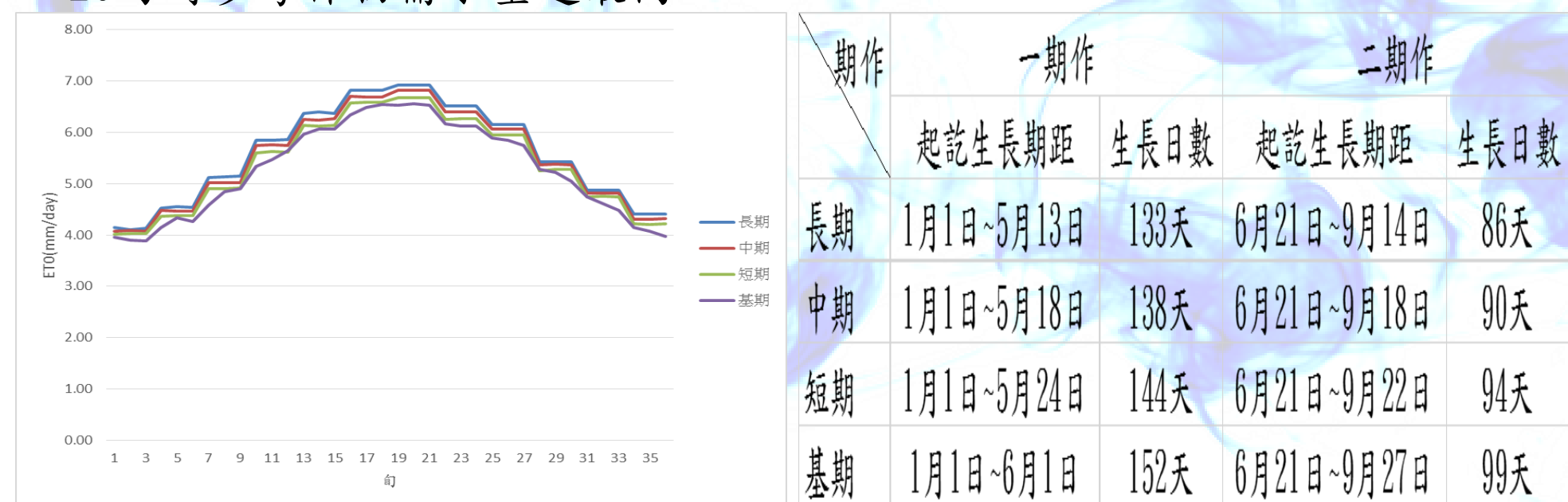


圖3. 台南地區於不同氣候變遷下參考作物需水量趨勢分析圖

五、不同氣候變遷情境下水稻作物需水量影響之評析:

由圖4可知，台南地區於長中短期氣候變遷情境下水稻作物需水量，

一期作水稻需水量分別為674.0mm、697.6mm、719.0mm，較基期減少10.26%、7.12%、4.27%；二期作水稻需水量分別為695.3 mm、710.1mm、727.0mm，較基期減少6.77%、4.79%、2.52%。

六、不同氣候變遷情境下水稻灌溉用水量之影響分析:

由圖5可知，台南地區於長中短期氣候變遷情境下水稻田間灌溉用水量，一期作水稻灌溉用水量分別為1378.1mm、1397.3mm、1379.0mm，較基期減少3.84%、2.5%、3.78%；二期作水稻灌溉用水量分別為276.0 mm、283.4mm、355.7mm，較基期減少52.64%、51.37%、38.97%，因未來雨量趨於極端，豐枯情形更加明顯，所以一期作水稻灌溉用水量均高於二期作。

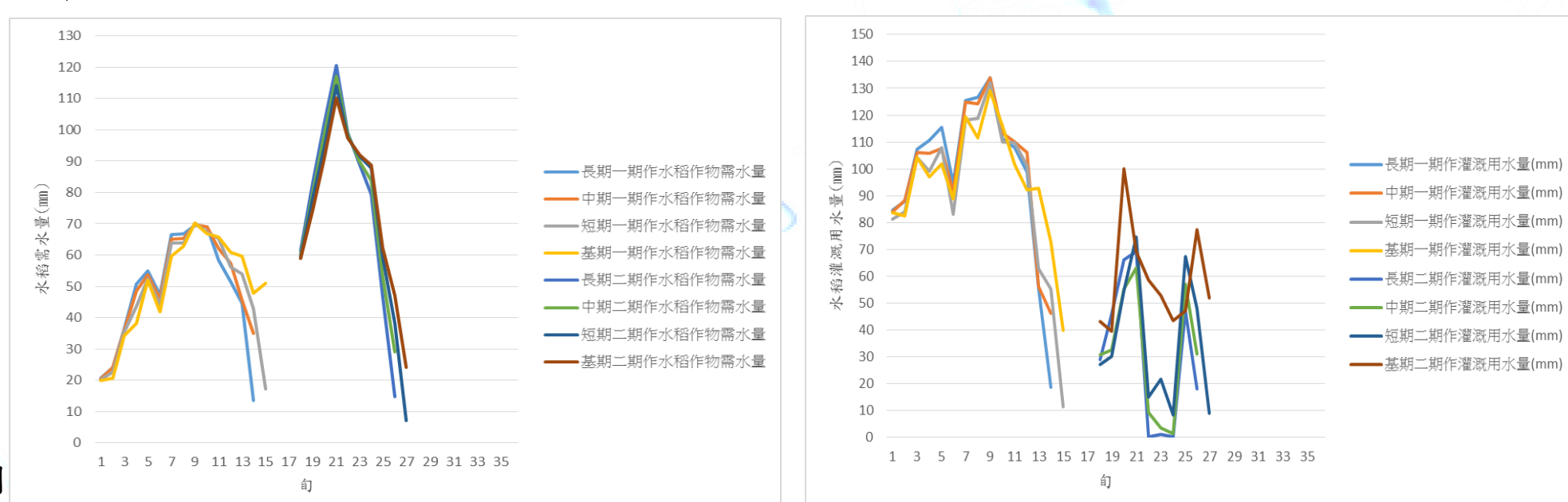


圖4. 台南地區下一、二期作水稻需水量趨勢分析圖

圖5. 台南地區一、二期作水稻田間灌溉用水量趨勢圖

七、結論與建議:

- 就溫度趨勢分析，臺灣台南區域長期平均氣溫都較中、短期平均氣溫高，長期最高溫為31.8°C，因氣候變遷溫室效應之影響，平均氣溫大致都有遞增之趨勢，短、中、長期各階段之平均氣溫變化率以約每20年3.3%之速度在升溫。
- 就雨量變化分析，因臺灣受氣候變遷溫室效應之影響，台南地區短期年總降雨量低於長期年總降雨量，短中長期之平均降雨量均集中於16~24旬之間。
- 就水稻生長期距而言，因氣候變遷溫室效應之影響，一期作溫度變化率較大，長、中及短期氣候變遷情境下生長期距差異亦較大；二期作溫度變化率小，長、中及短期氣候變遷情境下生長期距差異則較小。
- 本研究已建立不同氣候變遷情境下台南地區各旬別參考作物需水量，參考作物需水量變化率長期都較中、短期為高，長期變化率增加最高為11.93%，此結果可為台南地區有效快速推估作物生長所需水量。
- 就水稻作物需水量分析，由於溫度高縮短生長期距，以致於長期為最低，基期為最高，此為未來作物需水量遞減之趨勢，主要受生長期距縮短所造成，此結果可供於未來氣候變遷情境下，一、二期作水稻灌溉計畫擬定之應用。
- 一期作長、中及短期水稻需水量與有效雨量均較基期短少，所以長、中短期水稻灌溉用水量較基期為少；二期作長、中及短期氣候變遷下，降雨量趨多，導致長、中及短期灌溉用水量較基期為少。
- 本研究僅採用台南站歷史資料進行長時距之灌溉用水量分析，未來可採多個氣象站之歷史資料，進行長時距之田間灌溉用水量分析，將更能反應水稻種植期距調整對此區域的用水調節成效。