



節水栽培管理技術

文/圖 胡智傑¹、賴鳳儀²

前言

近年因氣候變遷，臺灣降雨量變得難以節氣預測，根據氣象局公布近5年（2016～2020年）降雨資料顯示，大部分地區降雨量有減少的趨勢（表1）。農業用水占全國總用水量的71%，其中灌溉用水就占了總用水量的65.5%，而栽培兩期作水稻用水量為6,498百萬立方公尺占全國總用水量38.8%（表2）。臺灣地區水稻多為湛水栽培，水田區主要水源為溝渠重力水灌溉、內向滲流、降雨及虹吸升流，其中植株僅能以蒸散作用（transpiration）吸收及利用水分，而大部分的水會因為滲漏（percolation）、滲流（seepage）、蒸發作用（evaporation）或者田埂溢流（runoff）而流失（圖1）。水稻生育時期分為成活期、分蘗期、分蘗盛期、幼穗形成期、孕穗期、抽穗開花期及成熟期，各時期對於水分的需求程度並不相同，其中以成活期、幼穗形成期至抽穗開花期對水分需求較高。在水資源越來越缺乏的情況下，如何將有限水資源做有效率的應用是目前亟須思考的問題。近年來國內外已有許多水稻田間節水灌溉的研究正在進行，主要目標在於不影響稻米產量與品質的情形下，能提供水稻更有效率的節水栽培管理方法。

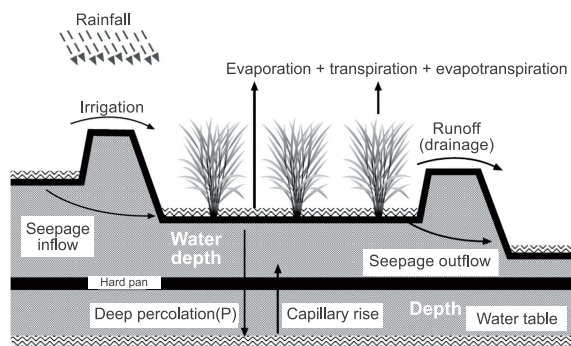


圖1. 稻田水平衡的組成要素（Bouman, 2001）

表1. 臺灣地區近5年（2016～2020）降雨量概況（單位：毫米，mm）

氣象測站別	年 份					2020年與2016年差異	2020年與2016年差異增減比率	2020年降雨量於近五年排序
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年			
基隆	3,841.4	3,857.6	3,405.7	3,517.5	3,895.0	53.6	1.4	1
臺北	2,431.7	2,339.7	1,621.0	2,369.6	1,702.8	-728.9	-30.0	4
桃園	2,219.0	1,631.0	1,428.0	2,214.5	1,478.5	-740.5	-33.4	4

氣象測站別	年 份					2020年與 2016年 差異	2020年與 2016年差 異增減比率	2020年降 雨量於近 五年排序
	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年			
新竹	2,027.5	1,394.0	1,164.0	2,098.3	1,025.4	-1,002.1	-49.4	5
苗栗	1,693.5	1,541.5	1,040.0	1,932.5	883.0	-810.5	-47.9	5
臺中	1,522.3	1,652.2	1,297.0	2,508.0	1,120.0	-402.3	-26.4	5
日月潭	2,293.4	2,568.0	1,941.5	2,871.0	1,707.0	-586.4	-25.6	5
彰化	1,713.0	1,837.0	1,522.5	1,733.5	752.5	-960.5	-56.1	5
雲林	1,713.0	1,956.5	1,531.0	1,989.5	1,129.0	-584.0	-34.1	5
嘉義	1,885.7	1,854.8	1,985.9	1,977.8	982.8	-902.9	-47.9	5
臺南	2,720.9	1,195.2	2,449.9	2,177.2	1,530.3	-1,190.6	-43.8	4
高雄	3,103.5	1,124.5	3,068.2	2,226.0	2,162.5	-941.0	-30.3	4
屏東	3,537.5	1,160.0	3,675.0	2,488.0	1,873.5	-1,664.0	-47.0	4
恆春	2,723.8	1,720.0	2,536.0	2,287.3	1,438.5	-1,285.3	-47.2	5
宜蘭	2,678.0	3,327.9	2,505.5	2,684.6	2,809.1	131.1	4.9	2
花蓮	3,109.2	1,948.2	1,388.2	1,655.0	1,272.9	-1,836.3	-59.1	5
臺東	2,852.5	1,971.5	1,390.4	1,092.4	1,137.3	-1,715.2	-60.1	4

資料來源：中央氣象局、經濟部水利署主計室；編製單位：經濟部水利署主計室。

表2. 2019年各區域用水量及農業用水量之比例（單位：百萬立方公尺，Mm³）

區 域	生活用水 (Mm ³)	工業用水 (Mm ³)	農業用水 (Mm ³)				總和 (Mm ³)	農業用水 (%)
			灌溉	養殖	畜牧	合計		
北 區	1,546	449	1,701	17	5	1,723	3,718	46
中 區	782	613	4,260	170	42	4,471	5,866	76
南 區	763	553	1,692	614	43	2,349	3,665	64
東 區	76	53	3,318	18	2	3,338	3,466	96
離 島	19	3	-	1	-	2	23	7
合 計	3,185	1,671	10,971	820	92	11,882	16,739	71

資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫-臺灣地區民國108年各標的用水統計年報。
（灌溉包含水稻及雜糧；養殖為內陸養殖；畜牧為禽畜）

水稻種植日期調整

陳清田等人(2007年)於2006年嘉南農田水利會學甲灌溉技術推廣中心，進行兩期作水稻種植期間距調整對灌溉節水效能的分析。其研究結果顯示，不同水稻種植日期對節省兩期作灌溉用水有不同的效果。1期作種植期由1月16日調整至2月1日與2月16日能節省32%灌溉水，減產率為0.6%~13.7%，種植日期延後至3月1日能節省32.3%的灌溉水，減產率增加至21.7%，當種植日期延後至3月16日雖能節省約23.1%的灌溉水，但減產率會高達26.7%；在2期作水稻種植日期由7月11日調整至8月25日時，不但無法達到節水目的，且減產率高達21%（圖2），由其所得建議，適度調整1期作水稻種植日期有助於節省春季灌溉用水，而2期作種植日期調整對秋季時期灌溉用水較無影響。

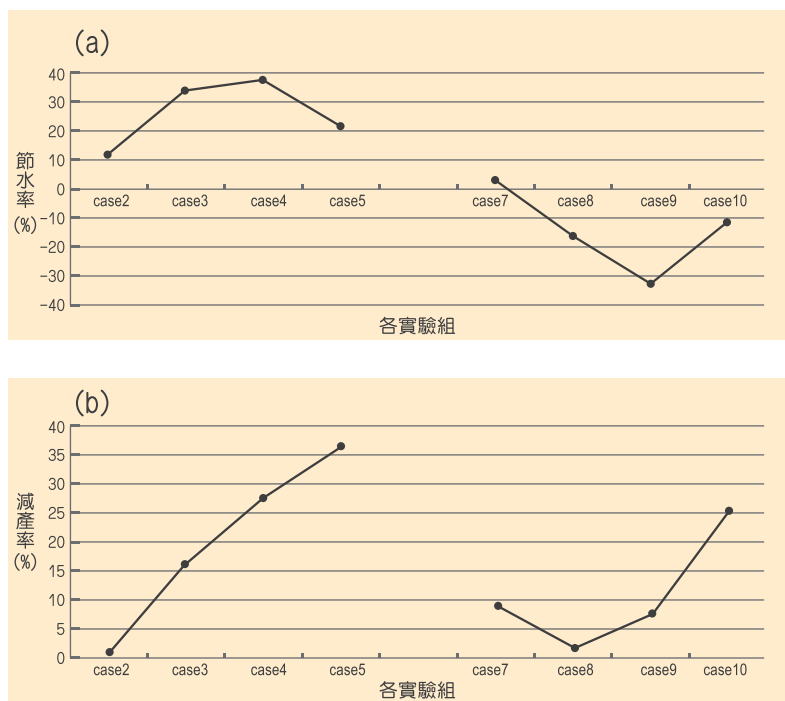


圖2. 嘉南學甲地區2006年1期作及2期作水稻於不同種植期的(a)節水率 (b)減產率趨勢圖(陳等，2007)

種植早熟品種水稻可有效節水

本場於2008年所選育出早熟品種高雄146號、具豐產、不易倒伏、抗稻熱病、米粒外觀良好及食味品質佳等特性，1期作生育時期約116天，其生育天數較目前栽培面積最大的臺南11號提早約15天；桃園區農業改良場於2019年選育出早熟品種桃園5號，具早熟、產量穩定、穀粒大、千粒重高等特性，1期作生育時期約119天；臺南區農業改良場2020年選育出早熟的香米品種臺南19號，具米質優良、芋香味、穩定的抗病性等優點，其生育天數較臺南11號提早約20天。早熟品種由於生育時間短，通常約可節省9~15%灌溉水量。

水稻栽培節水技術的改良

針對水稻節水，全世界發展出許多栽培管理技術，如雷射整平機(Laser leveler)、強化稻栽培系統(system of rice intensification, SRI)、乾濕輪灌技術(alternative wetting/drying irrigation, AWD)、通氣栽培技術(aerobic rice system)、土壤飽和水分栽培技術(saturated soil culture)等。

- (1) 雷射整平機 (Laser leveler)：雷射整平機是利用雷射光束的發射及接收，調整曳引機上液壓控制閘上鏟斗的高度，Upadhyaya等人(2012)指出由於田地被整平使水分能均勻分布於田間，故每公頃能節省18.2%的用水量，達到節省水資源的效果。
- (2) 強化稻栽培系統 (System of rice intensification, SRI)：係指秧苗於兩葉齡時以行株距25x25cm進行單本植，採用有機質肥料及乾濕輪灌技術 (alternative wetting/drying irrigation, AWD) 進行栽培。由於早期移植能降低對根系的傷害，且單本植及增加行株距能讓植幅有更多的生長空間及避免根系競爭養分。Bouman等人(2005)指出此系統能提高產量20%以上、減少超過90%稻種使用量及節省50%以上灌溉用水。
- (3) 乾濕輪灌技術 (alternative wetting/drying irrigation, AWD)：由菲律賓國際水稻研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 所開發的灌溉技術，始於秧苗移植後2週，在營養生長期以最少量的水維持植物生長，通常每次湛水1~2cm深後進行曬田，直至田間出現龜裂後再重新湛水。由於水稻整個生育期中以開花期對水分需求較高，此期間會保持田區湛水狀態，直到穀粒充實期持續進行乾濕交替，在收穫前2~3週再排乾水分。一般情況下生產每公斤稻穀（未碾製）通常需要2,000公升水，而採用AWD技術則每公斤稻米最多可節約500L需水量 (Bernadette, 2014)。另外，根據苗栗區農業改良場林家玉等(2021)乾濕輪灌試驗結果顯示，灌溉用水1期作可節省19.4%至35.0%，2期作可節省17.5%至53.4%，且對產量無顯著影響。
- (4) 通氣栽培技術 (aerobic rice system)：此系統是採旱田直播，以雨水灌溉或補充灌溉方式在植株關鍵時期進行表土灌水，栽培過程土壤不進行淹水或使水分飽和，因此在整個生長季土壤有良好的通氣性，與長期湛水栽培相比，Bouman等人(2005)指出通氣水稻栽培能減少30~50%灌溉用水。
- (5) 土壤飽和水分栽培技術 (saturated soil culture, SSC)：土壤水分盡可能接近飽和狀態，即田間水分乾一天後進行1cm淺層湛水。相較於長期湛水相比，此種灌溉方式可以減少23%灌溉用水，但會使平均產量減少6% (Bouman, 2007)。



圖3. 雷射整平機的操作情況

結語

水稻田栽培用水占全國總用水量38.8%，在臺灣面臨水資源日益不穩定的考驗下，為環境永續發展，本文整理了一些水稻節水相關研究，包括了藉由調整種植日期、早熟品種、灌溉方式以最低限度供水，使水稻植株對水分更具有耐受性，以達到節水的效果。本場期待各式水稻節水栽培管理導引，能提供農民在面對水資源缺乏時有更多的管理選擇，讓水資源獲得更有效率的利用空間，使我國水稻生產及供應更顯韌性。