

土壤缺水對水稻植株水分狀態之影響

◎農試所農藝系 黃曙香[1] 楊純明[2*] 張惠媜[2] 蘇慕容[2]

本文研究旨在探討土壤缺水對水稻(臺農67號)植株水分狀態之影響，以瞭解土壤缺水程度與葉片水分潛勢之互動，並以評估稻株水分與水分潛勢之相對關係。根據試驗結果，發現土壤水分潛勢隨著停灌日數的增加而下降，每日平均下降0.14 MPa。稻株葉片水分潛勢與土壤水分潛勢的互動呈現曲線相關，無論在正常或土壤缺水狀態，稻株葉片水分潛勢均低於土壤水分潛勢，兩者亦呈現曲線變化，且葉片水分潛勢的下降幅度比較土壤水分潛勢的落差和緩，平均土壤水分潛勢下降1 MPa只造成約0.8 MPa葉片水分潛勢的降低。葉片水分潛勢與植體相對水分含量關係密切，在本試驗所測定的葉片水分潛勢變化範圍(-0.9~-2.2 MPa)內，植體相對水分含量由77.4%降爲67.6%，平均每降低1 MPa減少7.5%水分含量。

一、前 言

農作物的生產表現同時受到內在遺傳組成及外在環境因子的雙重影響，遺傳組成決定農作物的生產潛力(productivity potential)，環境因子則限制生產潛力的實際發揮。廣義的環境因子包括氣象、土壤、營養、病蟲害、栽培管理措施及天然與人爲災害等在內，干擾遺傳組成的彰顯程度及功能良窳，終至於整體產量與品質的呈現。在田間自然狀況下，水分是主導農作物生產最主要的環境限制因素之一，農作物從種子發芽、植株生長、乃至於開花結果等過程無一不受到水分的控制，密切關係人類糧食的需求及供應。

對臺灣地區而言，因降水或灌溉不足引起的乾旱是排名第三位的農業氣象災害，造成平均每年近九千五百萬元的農業經濟損失，僅次於颱風的十億八千七百萬元及水患的三億八千九百萬元(楊，1995)。乾旱係因長期降水或灌溉短缺導致土壤水分匱乏無法維持農作物所需的土壤水分狀態，爲全世界約74萬公頃非灌溉水稻栽培地區最重要產量限制因子，其對水稻生產的影響端視缺水發生時期、缺水程度及缺水期長短而定，並改

1 國立中興大學農藝系三年級學生，2000年8月1日至8月31日在行政院農業委員會農業試驗所農藝系作物逆境研究室實習，本文爲其實習成果報告。

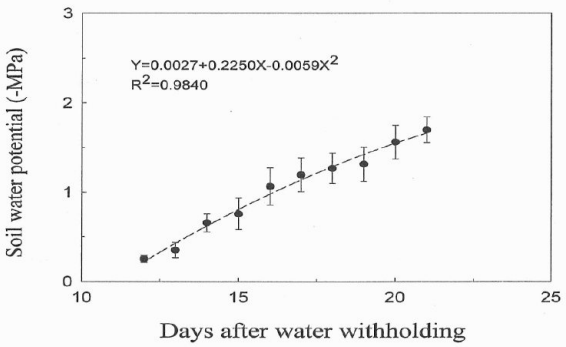
通訊作者：楊副研究員純明
聯絡電話：04-23302301轉135

變土壤礦物離子的平衡與供應(Klute, 1973; Leihner and Cock, 1977; Ponnamperuma, 1972; Rawlins, 1976)及促進雜草的競爭(Cruz et al., 1983; De Datta et al., 1976)，使得乾旱問題的解決更添複雜性與困難度。然而，此一情境亦反映出研究農作物對乾旱反應機制的必要性及解決乾旱問題的重要性，據以減輕旱害災情和保障農民收益。

本項試驗旨在探討土壤缺水對水稻(臺農67號)植株水分狀態之影響，由水分潛勢(water potential)的追蹤以瞭解土壤缺水程度與葉片水分潛勢之互動，並由植體相對水分含量(plant relative water content, PRWC)的測定以評估稻株水分與水分潛勢之相對關係。

二、試驗方法摘要說明

本試驗以水稻品種臺農67號(Oryza sativa L. cv. Tainung 67)爲試材，在座落於臺中縣霧峰鄉之行政院農業委員會農業試驗所農場進行盆栽缺水試驗。將3週齡稻苗移植於長1.1 cm、寬1.0 m、高0.55 m黑色塑膠盆內(2000/06/09)，每一塑膠盆填土0.4 m深且種植28株，行株距爲0.3 m×0.15 m。總計7塑膠盆，平時裸露大氣中，一如田間栽培狀況，於下雨時遮蔽於軌道式透明塑膠布覆蓋之簡易設施中，避免雨水干擾停灌造成之人爲缺水處理。每一塑膠盆施用臺肥39號60 g爲基肥，2000/07/14施用臺肥39號60 g爲追肥。另於2000/07/03、2000/07/14及2000/07/24分施蘇力菌(1000X)及2000/07/24噴施毒絲本(400X)進行病蟲害防治。

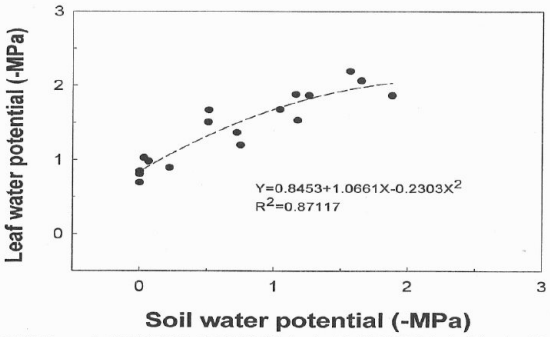


圖一、土壤停灌後水分潛勢之變化

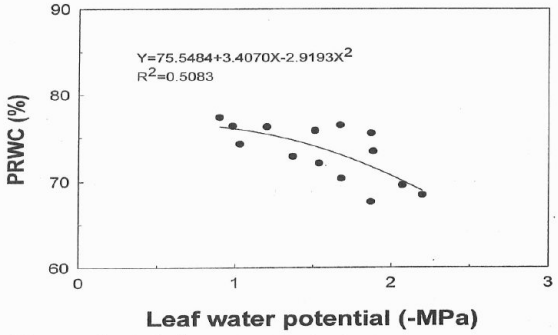
停灌處理自移植後36天開始，至停止灌水後11天(移植後47天)起於每日12:30至14:30期間測定稻株葉片水分潛勢，持續追蹤10天。選取主稈最上位完全展開葉片中間部位，以直徑0.01 m打孔器裁取圓形葉片樣本，迅速置入C-52 Sample Chamber內，經20 min平衡時間再以HR33T Dew Point Microvoltmeter (WESCOR Inc., Utah, USA) 儀器量測葉片水分潛勢。採 Dew Point Mode 方法，將讀值經檢量線方程式換算成葉片水分測值，每盆至少選取3株而以平均值代表。裁取葉片樣本後，隨即取下含葉片與葉鞘之主稈，在稱取鮮重(FW)後置入80℃烘箱內，於烘乾72 h後稱取乾重(DW)，由PRWC= (FW-DW)/FW公式計算植株相對水分含量(PRWC)。另以阻力式石膏塊埋置於土壤深度0.2-0.3 m處，每一盆3個，以Model 5910A Soil Moisture Meter (Soilmoisture Inc., USA)測計讀取阻抗值，再經由檢量曲線換算成土壤水分潛勢測值，取平均值爲代表值。爲獲取不等土壤缺水程度，另添加若干水量於不同塑膠盆中。

三、結果與討論

當土壤停止灌水後，由於持續的蒸發與稻株的蒸散，土壤水分逐日遞減。由圖一可看出本項試驗土壤水分散失情形，土壤水分



圖二、水稻臺農67號葉片水分潛勢與土壤水分潛勢之相關



圖三、水稻臺農67號植株相對水分含量(PRWC)與葉片水分潛勢之相關

潛勢隨著停灌日數的增加而下降，顯示蒸發與蒸散確實明顯的減少土壤可供利用的水分，每日平均下降0.14 MPa。當土壤水分含量不足以供應稻株需求時，稻株的水分含量也將伴隨土壤水分潛勢的降低而減少。圖二描繪出稻株葉片水分潛勢與土壤水分潛勢的互動呈現曲線相關。如圖示無論在正常或土壤缺水狀態，蒸散作用的水分消耗使得稻株葉片水分潛勢均低於土壤水分潛勢，如此的水分潛勢梯度是必要的，藉以維持水分不斷的由土壤抽取至植體內，再蒸散出周遭空氣中。水稻植體將因此散熱以保持常態體溫，避免過高的體溫導致異常生理生化作用的進行及快速的呼吸作用對同化產物的消耗。然水稻比較其他農作物具有旺盛的土壤水分萃取率，因此極易受到土壤缺水的影響(Tanguilig et al., 1987；楊及張，1991)，其溶質調節能力(ability of osmotic adjustment)也較差而維持較低膨壓(turgor)，對於缺水所導致蒸散率減弱而降低葉片水分潛勢及阻滯土壤養分吸收之反應十分敏銳。

又由圖二的曲線變化，發現葉片水分潛勢的下降幅度比較土壤水分潛勢的落差和緩，平均土壤水分潛勢下降1 MPa只造成約0.8 MPa葉片水分潛勢的降低。顯示稻株具有保留植體水分的機制以延緩快速的水分損失。此一功能對水稻甚爲重要，因爲在土壤缺水狀況下根系周圍水分含量的減少終將無法滿足蒸散與生長需求，非僅改變植株正常蒸散降溫作用而引起體溫異常上升，更將破壞土壤養分的吸收與傳導而干擾常態生理生化過程。快速的水分散失將使得稻株無法及時因應調適，對於短暫或長期的缺水皆造成植體不利影響。在較爲緩慢的水分逸失景況，植體可以調降代謝消耗，並縮小氣孔開度以減輕蒸散量，而不致於造成急劇的生理差異。此一延緩植體水分快速散失的現象，可能由溶質調節產生，尚待進一步探究。

由圖三葉片水分潛勢與植體相對水分含量(PRWC)關係，再顯證植體水分含量與水分潛勢間的密切相關，水分潛勢的下降確實反應出水分含量的減少。在本試驗所測定的葉片水分潛勢變化範圍(-0.9~-2.2 MPa)內，植體相對水分含量由77.4%降爲67.6%，平均每降低1 MPa減少7.5%水分含量。根據文獻，發生於營養生長期的缺水將可能造成株高、分蘗數、葉面積及稻株乾物質的抑制，甚至延長生育時期，惟若能在抽穗開花前獲得充足水分而恢復正長生長，將不致於嚴重影響產量(Lawlor, 1976; O' Toole and Baldia. 1982. Yambao and O' Toole, 1984; Yoshida, 1981)。對於田間自然狀況下經常出現的短暫缺水現象，通常並未顯著影響稻株生長，因爲稻株能夠自我調節適應輕微的缺水。

四、結　語

本試驗驗證土壤缺水將對水稻植體水分狀態造成明顯影響，土壤水分潛勢的下降將同時減少稻株水分含量及水分潛勢，並使稻株出現葉片捲縮乃至於植體枯黃，顯示不等缺水程度引發稻株外觀徵狀之不同改變。試驗結果進一步呈現葉片水分潛勢低於土壤水分潛勢的現象，證實水分潛勢梯度存在於水稻植株作爲土壤—稻株—大氣體系的水分輸導通道，在飽和土壤水分含量下近午時分的葉片水分潛勢可低至-0.5 MPa以下。試驗並發現稻株具有延緩水分快速散失的機制，以減輕植體迅速流失水分的壓力，也提供稻株調適缺水衝擊的機會。由植體水分含量與水分潛勢的關係，吾人可以瞭解缺水造成水稻植株水分狀態變化，獲得兩者之間的實質對應關係。

五、引用文獻

楊純明 張富洲 1991. 水稻逆境之探討. 科學農業39(9-10):219-224.

楊純明. 1995. 臺灣地區農業氣象災害(1945-1993)及因應之研究方向. 中華農業氣象 2(1):31-35.

Cruz, R. T. and J. C. O' Toole. 1984. Dryland rice response to an irrigation gradient at flowering stage. Agron. J. 76:178-183.

De Datta, S. K., T. T. Chang and P. G. Vicencio. 1976. Prospects for overcoming yield-limiting factors of upland rice. In: Proc. 2nd Seminar on Variety Improvement of the West Africa Rice Development Assoc. Sept. 13-17, 1976. Monrovia, Liberia.

Klute, A. 1973. Soil water-flow theory and its application in field situations. P.9-37. In field water regime. D. Bruce et al., eds. SSSA Special Pub. No.5. Sol Sci. Am. Madison, Wis., USA.

Lawlor, D. W. 1976. Assimilation of carbon into photosynthetic intermediates of water stressed wheat. Photosynthetica 10:431-439.

Leihner, D. E. and J. H. Cock. 1977. Causes for anomalous wet-dry season yield differences in lowland rice. Crop Sci. 17:391-395.

O'Toole J. C. and E. P. Baldia. 1982. Water deficits and mineral uptake in rice. Crop Sci. 22:44-50.

Ponnamperuma, F. N. 1972. Chemistry of submerged soil. Adv. Agron. 24:29-96.

Rawlins, S. L. 1976. The measurement of water content and the status of water in soils. P.1-55. In: Water Deficits and Plant Growth. T. T. Kowzlowski, ed. Vol.IV. Academic Press, New York.

Tanguilig, V. C., E. B. Yambao, J. C. O' Toole and S. K. De Datta. 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. Plant & Soil 103:155-168.

Yambao, E. B. and J. C. O' toole. 1984. Effects of nitrogen and root medium water potential on growth, nitrogen uptake and osmotic adjustment of rice. Physiol. Plant. 60:507-515.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. P.65-110. The International Rice Research Institute, Laguna, Philippines.