



陸稻在節水栽培上的利用

丁文彥

水資源利用情形

台灣年平均降雨量約2,510公釐，為世界年平均雨量730公釐之3.44倍(圖1)，雨量尚稱豐沛，但由於台灣的山坡陡峭、河川短急、雨勢集中，大部分的雨水都經由河川迅速流入海洋，造成可利用的降雨量僅約年雨量之15%左右(許與吳，2006)。台灣水資源的利用，早期主要以充裕農田灌溉，提高糧食生產為目標，因此，農田灌溉用水佔各標的用水總量80%以上，尤其是水稻的生產。近三十年來由於國家建設朝向工商服務業，生活及工業用水增加快速，相對壓縮農業用水的資源與分配；加上全球氣候變化異常，能分配於農業的百分比越來越少，乾旱頻率與強度也相對提高，使農業水資源之調配與利用更加捉襟見肘。

水資源的利用在不同產業之間差異甚大。從過去25年至未來20年的預測，農業用水將由164億立方米降至120億立方米，減少近27%；相對的，工業用水及民生用水將急劇增加，分別由7億立方米及13億立方米上升至30億立方米及35億立方米，增加幅度達329%及169%。惟農用水資源具有產業以外的經濟效益，擁有生產、生活、生態等「三生」功能，它的蓄水功能可以協助調節氣候、補注地下水、避免地層下陷及土壤鹽化等，對環境保

育貢獻極大，亦為現階段政府推動農業政策的動力來源。雖然如此，政府已設定未來20年內的農業用水維持在低於120億立方米且不成長的水準(張與楊，2005)。所以，如何節約用水及利用有限的水資源生產農作物，將是未來必須面對的問題。

水稻的用水量

全世界約有三十億人口以稻米為主食，稻米的生產量將近75%來自於7,900萬公頃的灌溉水田，主要集中於亞洲地區。由於水田栽培面積廣闊，消耗鉅量的水源，全球約有34-43%的灌溉水被使用於水稻栽培。台灣屬於海島型氣候，第一期作水稻生育期多介於2月至6月，在氣候上屬於濕季，正常的氣候下其水源供應充足；第二期作水稻生育期介於8月至11月，在氣候上屬於旱季，若遇乾旱將影響水稻的產量與品質。雖然水稻品質的表現主要由品種本身的遺傳性狀控制，但是環境因素也會影響米質的表現；同一品種在不同的栽培環境所生產的稻米品質會有差異，不同的水分狀態對不同品種的品質影響也有不一樣的結果。

現行的水稻栽培採用湛水模式，於整地插秧前，須先行進水灌溉，由於整地過程係將田區土壤水分由乾田轉換至飽和水田狀態，一次灌溉用水量約達120至200公釐，相當於本田期正常用水量的15至25



倍左右。在水稻數個月的生育期間通常必須維持3-6公分的水深，除了在有效分蘗終期應行曬田、乳熟後期水量稍減及收穫前7天必須斷水之外，生長期間需要不斷的灌水以補充植株蒸散及水田蒸發的損失量，而生育期間灌排水措施除了影響水稻生長發育，最終會反映於產量與品質表現上。因此，水稻的栽培需要足夠而且適量的水分，方能獲得最高產量；如水分吸收不足，將造成葉片水分潛勢、氣孔導度及光合作用速率降低，植物生長及光合產物減少，進而影響穀粒充實及稻米品質；假若在抽穗前20天至抽穗後10天期間發生水分供應不足時，將嚴重造成產量及品質的降低。因此，因應將來水資源的日漸短缺，有效的利用灌溉水及提高水稻對缺水逆境的適應能力越顯重要。

陸稻與水稻之異同

陸稻又名旱稻，性耐旱，為適合旱地種植的栽培稻。通常種植於熱帶、亞熱帶的山區及半山區的坡地、台地或溫帶的少雨旱地，主要分布於亞洲地區的南亞與東南亞，拉丁美洲的巴西、哥倫比亞及智利，非洲則主要分布在西非地區；台灣一直以來均栽培於旱地或山坡地，極少將其種植於水田裡。

陸稻的種類不如水稻多，大部分品種具有分蘗性差、植株過高、容易倒伏與產量潛能不佳等缺點；在形態、生理上與水稻有些差異，尤其是米質部分差異更大，但一般在缺水狀況下才會明顯顯現出來。

一般而言，陸稻的種子在發芽期需氧較多，吸水力較強，但需水量較少(表1)；芽鞘較短，中莖較長，第1、2完全葉較大；第4節以下的低位分蘗比水稻強勢，第4節以上的高位分蘗則以水稻的生長勢較強。陸稻根部較水稻發達，分布較深而且粗根比例較大，主根上產生均勻的細根，根冠較高，具有較高的滲透壓可以萃取較乾旱土壤的水分。陸稻的葉面積較大，葉片生長緩慢，表皮較厚，氣孔數較少，厚壁細胞較小，維管束與導管面積較大，這些特性都與耐旱性較強有關。陸稻雖然出穗性能良好，穗軸較長，然其容重量比水稻輕；白米色澤、心腹白及蛋白質等成分均以水稻表現較為優良。

由於陸稻葉內細胞液的濃度較高，對缺水的耐性較強，當水分補充時可以快速恢復正常生長。所以，在缺水狀態下，陸稻比一般水稻具有較高的光合成速率與水分平衡，葉綠素含量、蛋白質、RNA及某些酵素均維持較高的活性，最主要的是，葉片中之脯氨酸累積含量遠高於水稻品種，而脯氨酸累積的能力與作物的耐旱能力有關。

陸稻栽培特性及限制

台灣氣候溫暖潮濕，年平均總雨量雖為世界平均值的3.44倍，但因人口密度高，每人每年可分配到的雨量僅為世界平均值的1/6—1/7；當全球暖化現象發生後，缺水情形日益嚴重，減少水稻的種植面積已成為政府因應措施之一；然而為維

持糧食的自給自足，稻米的生產又是主要的一環，使得陸稻的生產與栽培逐漸受到農政單位的重視。陸稻是栽培稻中一種特殊的生態類型，通常在旱地進行直播，全靠自然降雨或於乾旱到達一定程度時輔於適量灌溉的管理方式，單位面積灌水量不到水稻的1/5或更少。實際上，陸稻生產區域均位於水源不易取得之山區，往往一年只有一作，加上大部分農民沒有施肥的習慣，所以每個生產農田必須休耕一段時間才能再生產。目前台灣陸稻主要的栽培區域為台東縣，大多集中在山地鄉的原住民部落，種植品種以台東區農業改良場育成的東陸1號、東陸2號與東陸3號為主(表2)，也有部分農民栽種其祖先流傳下來的地方品(種)系(圖2)。由於產量只有水稻的30-40%，加上鳥害、雜草的防除與颱風的防範均屬不易，目前種植面積約20-30公頃左右。陸稻之所以無法在其他縣市發展，主要原因係由於近十幾年來政府對山坡地水土保持設施的大力推動，配合高經濟價值作物的引進試作成功及農民栽植意願高等條件，使得栽培陸稻的利潤無法與高接梨、甜蜜桃及甜柿等作物相比擬，只能成為高山地區原住民習慣性或土地利用型的種植材料。

世界主要國家降水量比較



圖1. 世界主要國家年降雨量之比較
(資料來源：水資源特展)



圖2、陸稻的地方品(種)系



表1、陸稻與水稻之異同比較表(資料來源：江瑞拱，2006)

期別或器官	特性或性狀	陸稻	水稻
發芽期	種子發芽	需氧較多	亦需氧
	吸水力	較強	稍強
	需水量	較少	較多
	發芽最快溫度	15°C	20°C - 35°C
萌芽期	芽鞘	較短	較長
	第1、2完全葉	較大	較小
莖	中莖	較長	較短
分蘖	由不完全葉之葉芽成蘖	較多	較少
	第4節以下之分蘖	較強	亦強
	第4節以上之分蘖	弱	強
根	粗根	大	中
	根系與分佈	發達且深	發達但較淺
	主根上產生的細根	均勻	均勻
	根冠	較高	中等
葉	葉面積	較大	較小
	葉片生長	較緩	較快
	中肋	較少	較多
	維管束與導管面積	較大	較小
	表皮	較厚	中等
	氣孔數	較少	較多
	厚壁細胞	較小	較大
	維管束與維管束鞘	較不密接	較密接
	葉片	多長而下垂	多短而直立，亦有下垂者
	葉色	淺綠—綠	淺綠—濃綠
芒	芒之有無	大多有	少數有
	芒之長短	長	偶有惟短
抽穗	出穗性	良好	良好
	穗軸	較長	較短
稻型	類型	稈、秈、糯	稈、秈、糯
米質	容重量	較輕	較重
	米粒色澤	欠白	白
	胴裂與青米	較多	較少
	糠層	較厚	較薄
	心腹白	多	無—中
	蛋白質、纖維、灰分	較高	較低

結 語

雖然水稻、陸稻各品種之耐旱特性、米質及產量間皆呈現差異，但由於陸稻的根系發達，具有抗旱功能，適合作為水稻育種的親本材料，若是能將陸稻的耐旱遺傳特性轉移融合於水稻，對於水稻的灌溉需求量勢必發生極大的改變。惟在考量當前水資源的缺乏及提高農業灌溉水的經濟

效益下，如何在有限的水源供應下獲取最大的稻作生產效益所採行的栽培方法，實為吾人所要追求的目標。而採行節水灌溉或以陸稻品種作為水稻栽培應可作為缺水狀態時的另一種選擇，期能建立合理的稻田水分管理方法，因應未來全球暖化所帶來的影響。

表2、台東區農業改良場所育成的陸稻品種之農藝性狀表現

品種	期作	株高 cm	生育日數	穗數 no.	穗長 cm	穗重 g	一穗粒數	千粒重 g	稔實率 %	芒	稈尖色	稈色	耐寒性	脫粒性	倒伏程度	產量 kg/ha
東陸1號	I	97	124	14	24	3.4	120	26	86	無	褐	綠	—	難	直	2,982
	II	113	98	11	28	4.9	111	25	90				高感			3,141
東陸2號	I	96	122	20	28	3.5	121	34	72	無	紫黑	綠	—	中	直	2,149
	II	117	99	19	22	4.8	105	28	83				中感			3,464
東陸3號	I	124	116	14	22	3.8	110	33	75	稀短	稻桿	綠	—	中	直	2,610
	II	121	106	13	22	3.4	103	30	78				抗性			2,409