

# 水稻直播及節水栽培對水稻用水量及質量之 影響<sup>1</sup>

蔣汝國<sup>2</sup> 黃小珍<sup>3</sup>

## 摘 要

蔣汝國、黃小珍。2004。水稻直播及節水栽培對水稻用水量及質量之影響。臺南區農業改良場研究彙報 44：43~58。

本研究自八十八年一期作起至九十年二期作止在臺南縣六甲鄉進行，試驗處理分為直播節水、直播輪灌及插秧輪灌等三種處理，插秧輪灌為對照處理。目的在探討水稻直播及節水的栽培方式對水稻質量、用水量之影響以及其經濟效益。結果顯示，在用水壓力大的一期作若採用節水灌溉可節省 25.6~38.8%的灌溉用水量而不影響水稻之質、量。一期作若採用直播機實施直播水田栽培，其成本較插秧栽培節省 8.9%，若採用人工撒播可節省 13.0~15.6%。二期作若採用人工撒播可節省 17.2%，採落粒栽培節省 17.6~21.7%。直播栽培成本較低，而產量與插秧栽培相當。

**關鍵詞：**水稻、直播栽培、落粒栽培、節水栽培、水稻用水量。

接受日期：2004 年 7 月 5 日

## 前 言

水田具有生產性、生態性、生活性的功能。過去在農業時代背景下，著重於糧食生產之內部經濟效益，其受益對象為稻農本身，但隨著工商業的發展以及國人飲食習慣的改變，使得水田的生產性功能逐漸降低，再加上我國加入 WTO 後，受到國外廉價稻米的競爭，勢必減少水稻栽培面積以為因應。但在制定政策時，除了考量其生產性功能外，亦應注意到水田有調蓄暴雨洪水、涵養地下水源、調節氣溫等生態性、生活性功能的外部經濟效益。

水稻的生育期間，水田需要湛水，水深初期較淺，後期較深，於收穫期即排水。但田間

---

1.行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告 301 號

2.臺南區農業改良場嘉義分場助理研究員。嘉義縣鹿草鄉豐稠村農業改良場。

3.經濟部水利處水利規劃試驗所工程員。

經常澆水對水稻的生育不一定理想，因為由澆水誘致的水田土壤還原狀態，容易引起稻根的生理活性被抑制，甚至腐敗。在生育時期，尤其是在最高分蘗期後將水排除，讓空氣進入土壤，排除有毒物質，矯正過度的土壤還原，使稻根生育保持健全，為水管理的重點<sup>(4)</sup>。

水稻栽培期間水分的損失是經由蒸發作用、蒸散作用(合稱蒸發散)、滲漏及滲出。經由滲漏所損失的水分變化最大，總水分損失量範圍為 6~10 毫米/天。即如果想要得到好的水稻產量，則一月需 180~300 毫米的水量。水分的獲得，主要是來自降水，灌溉栽培的水稻所需的水，則經由一儲存系統，即收集水分儲存以待後日使用，而供應<sup>(4)</sup>。

本省南部地區年平均降雨量(民國 38~84 年)為 2406.6mm。雨季(5~10 月)為 2156.9mm，旱季(11~翌年 4 月)249.7mm。降雨分佈極不平均，使得在水資源的利用及調配上增加許多困難。本研究的目的是以直播栽培以及省水的灌溉管理方式與插秧栽培及水利會輪灌配水管理方式來作比較，探討適用之田間灌溉管理方式，期能達到省水、省工、省本之經濟效益，並維護水田生態環境及地下水涵養補助功能。

## 材料與方法

本試驗自八十八年一期作至九十年二期作，選定臺南縣六甲鄉中社村 1.2 公頃試驗田進行田間試驗。供試水稻品種為臺梗 8 號(八十九年二期作，因該農民參加六甲鄉農會越光米製作栽培而種植越光品種)。試驗處理分為直播節水區、直播輪灌區及插秧輪灌區(對照處理)。所謂水稻直播栽培是一種不必育苗與插秧，將稻種浸種、種子消毒、農藥粉衣處理後，直接播在水田之省工栽培法<sup>(6)</sup>。本試驗中種子用量，88 年為每公頃 40 公斤，一期作用機械直播機點播，二期作用人工撒播，89 年及 90 年一期作每公頃 60 公斤，用人工撒播，二期作採用落粒栽培，其餘田間管理方法與插秧栽培相同。插秧區之行株距為 30×15 公分。每公頃肥料用量，一期作氮 160 公斤、磷酐 60 公斤、氧化鉀 50 公斤，二期作氮 140 公斤、磷酐 40 公斤、氧化鉀 60 公斤。田間病蟲害防治，一期作施藥二次，二期作施藥三次。所謂輪灌區是依照水利會輪灌配水時間抽水灌溉<sup>(7)</sup>，節水區是保持田間濕潤狀態，視需要才抽水灌溉。用數位雨量計、大型蒸發皿(皿徑 120cm)、自計溫度計、水錶與水尺等儀器設備，登載試驗田雨量、蒸發量、溫度、抽水量與田間水深，再間接求算田間之滲漏量、有效雨量、作物需水量與灌溉用水量，推估田間蒸發散量。各處理區由南到北分為四個區段，作為性狀調查及取樣的四個重複。

調查項目：水稻生長期間氣象因素統計分析、灌溉用水量、水稻產量及米質、經濟效益。

## 結果與討論

水稻生長期間的氣象及田間生態觀測：本試驗進行中，在水稻生長期間，每天觀測氣溫、雨量及蒸發量，各期作插秧區、直播區每一個生長階段的氣象因素加以統計分析，列於表一。由表一知道，一期作降雨量較少，尤其是生長初期，二期作降雨量較多。水稻的灌溉、排水管理的要領是，初期田間湛水 3 公分，最大分蘗期後排水曬田，幼穗形成期、抽穗期田間湛水 5~10 公分，乳熟期、黃熟期湛水 3 公分，完熟期田間湛水深由 3 公分降至 0 公分以利收割。一期作用水壓力較大，初期雨量利用率較高，可減少引灌水量，減緩此時期用水壓力。但成熟後期，正值雨季的開始，因此有效雨量利用率降低。二期作整地及水稻生長初期的降雨量較多，用水壓力較小，但由於降雨量太多且集中，因此有效雨量利用率甚低。

本試驗田具有高約 10 公分之田埂，每坵塊設有寬 20 公分之排水口，種植期間水田保有湛水深時之平均湛水深度為 3 公分或田間無湛水，降雨時，則雨水先在水田儲存，俟有多餘水量再經排水口溢流流出，下大雨時，水田即成為「天然之防洪蓄水庫」。估計每公頃可儲存 700~1000m<sup>3</sup> 之水量，這些雨量儲存水田中，除提供作物蒸發散量以及田間滲漏量之外，並可降低下游排水之尖峰流量，延緩洪峰到達時間。

水稻田長時間保持田間湛水狀態，其用水量除向上之「蒸發量」外，剩下的幾乎全為向下之「滲透水量」，此滲透水量對地下水涵養貢獻甚大。水稻田的「滲透水量」可視為「補助地下水、伏流水、回歸水之水源涵養量」可延伸雨水之有效利用時間及空間，對水資源循環生態系具有重要之地位，不應視為「消耗性之損失水量」，可歸類為「生態用水」<sup>(5)</sup>。本試驗田各年度一期作對於補助地下水、伏流水、回歸水之水源涵養量粗估為每公頃 3320~6194m<sup>3</sup>/期作；二期作粗估為每公頃 3297~5968m<sup>3</sup>/期作。

不同灌溉處理區之用水量比較：各期作各處理區的整地及本田灌溉用水，取自嘉南水利會六甲工作站之林鳳營支線，利用抽水機自明渠抽水，每次灌溉用水量為灌溉後水錶讀數減灌溉前水錶讀數，精確計算，各期作各處理區的用水量如表二。除 90 年一期作採用乾田直播不需整地用水外，其餘各期作各處理區都需整地用水，整體而言一期作都比二期作的灌溉用水量高，這是因為臺南地區在一期作初期屬乾旱季節，故整地、本田用水量都比較高，又降雨量的有效利用率也比較高。二期作因為降雨量較多，因此灌溉用水量較少(表二)。每一個期作灌溉用水量都以直播節水區為最低。可見採用節水的灌溉方式可以節省灌溉用水量，但是若以直播輪灌區與插秧輪灌區的本田用水量來比較，除了 89 年一期作及 88 年二期作較

低外，其餘各期作都較高，可見直播栽培並不一定能節省灌溉用水量。這是因為在秧苗培育的期間，直播區自種子發芽後就必須灌溉，而插秧區這段期間秧苗是在育苗中心集中管理，用水量很少。依據六甲育苗中心實際育苗情況，使用  $0.7\text{m}^3$  的水可培育 800 盤秧苗，而每 0.1 公頃僅約需 30 盤秧苗，故育苗用水量可忽略不計。因此可以節省這段期間的灌溉用水量。

直播栽培本來就是水稻的古老栽培方式，後來人們為了獲得較穩定之稻米生產，才改變為水田農業勞力密集之精耕栽培方式，至民國 50 年代中期以後，由於工業化的進展，經濟快速成長，導致農村勞力不足及老化，農試所及各區農業改良場開始做系統性的水稻直播栽培之試驗研究<sup>(6)</sup>。水稻直播栽培可分為水(濕)田直播及早(乾)田直播，水(濕)田直播栽培的整地與插秧栽培一樣須先灌水後整地，播種前必須先行田間排水，播種時稻種須先浸種，可以用撒播或直播機機械條播，播種後保持田間濕潤不淹水為原則，俟種子發芽後可視田間水分狀況補充水分，保持 2~3 公分的淺水澆水避免雜草孳生及鳥害，於播種後 18 天進入本田用水管理。早(乾)田直播(90 年一期作)，整地時不需灌水，播種時稻種也不須先浸種，整地後用直播機機械條播，也可以在曳引機後加掛條播機，整地與條播同步進行，播種後覆土約 3 公分並噴灑萌前殺草劑以防治雜草。待稻苗長到 5~10 公分高時才開始灌水，故早(乾)田直播的栽培方式最節省用水，在佳里、學甲、西港等水源比較缺乏的鄉鎮廣泛被採行，尤其選定於 4、5 月播種，發芽後適逢雨季的開始，更可以節省灌溉用水。

降雨是自然補充作物用水的方法，依據中央氣象局資料顯，本省南部地區年平均降雨量(民國 38~84 年)為 2406.6mm。雨季(5~10 月)為 2156.9mm，旱季(11~翌年 4 月)249.7mm。本試驗各處理區在試驗進行期間的降雨量，一期作在 300mm 至 600mm 之間，但有效雨量利用率較高，可減少引灌水量，減緩此期間之用水壓力；二期作在 1000mm 至 1400mm 之間，其有效雨量利用率雖較低，但降雨量對田間用水量的補助量佔作物需水量比例大。在同一期作中直播區的有效雨量利用率比插秧輪灌區略高(表二)。因此若採用節水灌溉可提高有效雨量利用率，這些雨量儲存在水田中，除提供作物蒸發散量以及田間滲漏量之外，使水田成為天然滯洪池，減低下游排水的尖峰流量。

有效雨量的估算，當雨量計的讀數小於或等於田埂高度減去降雨前田間水深時，則有效雨量等於雨量計的讀數；當雨量計的讀數大於田埂高度減去降雨前田間水深時，則有效雨量等於田埂高度減去降雨前田間水深。此時，雨量計的讀數減去有效雨量就等於田埂上溢流水深。有效雨量的估算值，因田埂內排水水深之影響，宜加以修正，其修正估算方法為：當有效雨量大於田埂內排水水深時，有效雨量修正值等於有效雨量減田埂內排水水深；當有效雨

量小於或等於田埂內排水水深時，有效雨量修正值等於 0。而田埂內排水水深的估算是，當次日田間水深小於降雨後田間水深時，田埂內排水水深等於降雨後田間水深減次日田間水深；當次日田間水深大於或等於降雨後田間水深時，田埂內排水水深等於 0。

水稻蒸發散量係指水稻生長期間蒸散量與地表蒸發量的總和，其估算的方法是依據臺灣大學甘俊二教授之研究結果：水稻蒸發散量等於水稻各生長階段之參考作物係數(水稻各生長階段之參考作物係數如表三)乘於參考作物需水量；而參考作物需水量等於蒸發皿蒸發量乘於蒸發皿係數。因此，每天記錄蒸發皿的蒸發量，將之乘於該蒸發皿係數再乘於該生長階段水稻之參考作物係數即可得到每天的蒸發散量，將之加總即為該期作的蒸發散量，本試驗各期作當中，僅 90 年一期作，插秧輪灌區的蒸發散量比直播節水區或直播輪灌區高，其餘各期作都比較低，因為直播區的本田期間較長 (表二)。

灌溉時田間滲漏量等於灌溉水深理論值減去灌溉水深實際值；灌溉水深實際值等於施灌後田間水深減去施灌前田間水深；而灌溉水深理論值等於灌溉抽水量除於試驗田面積；每次灌溉用水量為灌溉後水錶讀數減去灌溉前水錶讀數。

不同栽培及灌溉方式對水稻農藝性狀、產量、糙米及白米品質之影響：本試驗是比較直播與插秧栽及省水與一般輪灌的灌溉方式對水稻之產量及品質之影響。由表四知道不同的栽培及灌溉方式之水稻的株高差異不顯著，但穗數的差異很顯著，尤其是 89 年及 90 年之一期作及二期作，直播區採用撒播或落粒栽培，稻種均勻分散，無法像插秧一樣數株秧苗種成一叢，因此穗數比插秧區顯著減少，雖然穗數少，但每穗粒數卻顯著增加，而 88 年直播區一、二期作分別採用直播機條播及人力拉牽式撒播，有固定的行距且隔一定的距離落下數粒種子，故其穗數與插秧區相差較小。

一期作的稻穀產量，插秧輪灌區在 88 及 90 年最高，但 89 年最低，而直播的節水區與輪灌區來比較的話，節水區 88 年較高、90 年較低、89 年與輪灌區相同。把這三種栽培處理這三年的一期作產量加以平均來比較，是以插秧輪灌區為最高、直播節水區次之、直播輪灌區最低，但未達 5% 的顯著差異水準。二期作的稻穀產量，88 及 90 年三種栽培處理的產量都很接近，89 年插秧輪灌區的產量偏低是因為栽培越光品種之故，栽培品種不同，不能比較(表四)。因此可以認為，不論是一期作或二期作，三種栽培處理之間的稻穀產量並沒有顯著的差異。

水稻的稔實率通常都應該在九成以上，但 88 年二期作，因為該農戶於抽穗期為防治水

稻白葉枯病及其他病蟲害，使用農藥不當而造成藥害，因此各處理的稔實率都偏低，且稻穀產量也都比 89、90 年的二期作明顯減少。90 年二期作，因為九月間連續遭受兩次颱風侵襲，稔實率及千粒重都比 89 年的二期作稍低，產量也隨之降低。臺梗 8 號二期作的公頃產量應該在 5000 公斤以上<sup>(2)</sup>，89 年二期作的公頃產量比較正常，惟 89 年二期作的插秧區，因為該農戶參加農會的越光米製作栽培，越光水稻品種株型較矮、一穗粒數較少、米粒較小、產量也比較低(表四)。

糙米的品質，88 年二期作因為受到藥害，被害粒與死米的百分率都高出其他各期作甚多，而且整粒的百分率也比較低。白米的品質，直鏈性澱粉含量在 16~19%之間，粗蛋白質含量在 6~8%之間，糙米、白米的其他品質特性，如糙米容積重、完整米率等，同一期作的不同處理之間差異不顯著。由本試驗的結果得知直播方式或灌溉方法的改變對水稻的質、量並無顯著影響(表五、六)。

生產成本與收益之比較分析：直播與插秧栽培的生產成本，主要差別在於種子(秧苗)及播種(插秧)費用，本試驗一期作直播區 88 年雇用直播機來直播，不必購買秧苗只需準備水稻種子及雇用播種機的費用，89 及 90 兩年採用人工撒播，即使用動力施肥器將浸種後的種子撒播於整地後的水田，播種費用也省下來；二期作直播區 88 年採用人工撒播，而 89 及 90 兩年是採用落粒栽培(volunteer rice)，所謂落粒栽培是我國海外會農技團團長林安秋博士在非洲推廣的方法，其方法為利用第一期作聯合收穫機收穫時，掉落在田裡的稻穀，在稻穀採收後經七天於切成片段的稻草曬乾後灌水整地一次讓稻種自行發芽，形成自生秧苗，經適當管理，至三葉齡秧苗後，再行一般水稻栽培管理至收穫的直播栽培方法，此法可節省整地及插秧作業的成本。因此在不計自家的稻田管理工資之前題下，一期作若採用直播機直播，其生產成本可節省 8.9%，若採用人工撒播可節省 13.0~15.6%。二期作若採用人工撒播可節省 17.2%，若採用落粒栽培則可節省 17.6~21.7%的生產成本(表七)。

直播栽培生產成本較低而產量與插秧栽培相當，因此這種栽培方式可提升作物經濟效益。由表八的結果知道一期作稍有提升，二期作可提高 52~108%的效益(表八)。但 89 年二期作插秧區製作越光品種，製作價格不同，不能比較。

試驗結果發現直播節水區用水量最少，但產量與直播輪灌區或插秧輪灌區的產量十分接近，其原因在於田間管理雖以節水為目的，但不會減少給與水稻生理所需的水份，因此，灌溉管理方式依水稻生理所需而做適當的調整，有明顯降低灌溉用水量的事實。

表一、試驗期間水稻各生長期的氣溫、雨量及蒸發量(一期作)

Table 1. The temperature, precipitation and evaporation in the growth period of rice (1<sup>st</sup> crop)

期作 Year	生長期間 Growth period	平均氣溫 Ave. Temperature	累積溫度 Accumulation temperature(°C)		日平均蒸 發量 Ave. Evaporation	降雨日 Rainy day	降雨量 Precipitation
			插秧區 Trans- planting	直播區 Direct- seeding			
	(mm/dd)	(°C)			(mm)		(mm)
1999	1/31	19.7	19.7	-	2.0	-	-
	2/1~2/8	14.3	138.0	-	4.0	-	-
	2/9~2/28	17.3	484.5	346.5	3.5	-	-
	3/1~3/31	20.3	1114.6	976.6	4.1	4	10.0
	4/1~4/30	22.6	1792.0	1654.0	4.5	3	53
	5/1~5/31	23.0	2503.9	2365.9	3.9	12	207.0
	6/1~6/9	20.8	2691.3	2553.3	4.5	2	17
	6/10~6/17	22.8	-	2735.6	6.5	2	9.0
2000	1/27~1/28	13.6	27.3	-	3.0	-	-
	1/29~1/31	15.5	73.7	46.4	4.3	-	-
	2/1~2/29	16.9	564.7	537.5	2.5	5	13.0
	3/1~3/31	19.9	1181.1	1153.9	3.2	1	1.0
	4/1~4/30	23.8	1895.3	1868.0	3.2	10	84.0
	5/1~5/30	25.7	2692.1	2664.9	3.0	6	54.0
	6/1~6/20	27.2	3236.8	3209.6	2.8	9	193.0
2001	1/20~1/31	18.1	-	217.6	2.3	4	25.0
	2/1~2/5	17.8	-	306.5	3.0	-	-
	2/6~2/28	18.5	425.5	731.9	3.4	-	-
	3/1~3/31	21.3	1086.2	1392.7	4.2	4	31.0
	4/1~4/30	23.2	1780.9	2087.4	3.3	5	24.0
	5/1~5/31	27.3	2627.9	2934.3	3.8	13	409.0
	6/1~6/8	28.4	2855.3	3161.8	4.4	4	17.0
6/9~6/15	27.8	-	3356.6	3.0	2	164.0	

表一、試驗期間水稻各生長期的氣溫、雨量及蒸發量(二期作)

Table 1. The temperature, precipitation and evaporation in the growth period of rice (2<sup>nd</sup> crop)

期作 Year	生長期間 Growth period (mm/dd)	平均氣溫 Ave. Temperature (°C)	累積溫度 Accumulation temperature(°C)		日平均蒸 發量 Ave. Evaporation (mm/day)	降雨日 Rainy day	降雨量 Precipitation (mm)
			插秧區 Trans- planting	直播區 Direct- seeding			
1999	7/9~7/19	25.2	50.4	-	0.1	2	92.0
	7/11~7/31	25.2	581.2	530.8	2.4	14	283.0
	8/1~8/31	23.7	1315.3	1264.9	3.5	14	532.0
	9/1~9/30	25.2	2071.6	2021.2	3.5	7	50.0
	10/1~10/29	23.3	2748.1	2697.7	2.7	2	2.0
	10/29~10/31	23.2	-	2767.5	3.5	-	-
	11/1~11/8	21.0	-	2912.1	3.3	-	-
2000	6/26~6/30	30.0	-	149.9	4.6	-	-
	7/1~7/9	28.3	-	404.9	3.5	6	124.0
	7/10~7/31	27.6	606.5	1011.4	2.9	9	370.0
	8/1~8/31	27.2	1450.1	1855.0	3.2	15	366.0
	9/1~9/30	27.7	2282.0	2686.9	4.4	5	142.0
	10/1~10/22	27.6	-	3294.0	3.9	-	-
2001	6/18~6/30	28.4	-	369.0	3.4	5	268.6
	7/1~7/6	28.6	-	540.7	4.0	-	-
	7/7~7/31	27.0	674.6	1215.3	3.9	14	365.9
	8/1~8/31	28.0	1543.9	2084.6	4.6	13	180.1
	9/1~9/30	26.1	2325.8	2866.5	3.1	16	605.6
	10/1~10/18	26.0	2793.7	3334.4	3.0	-	-
	10/19~10/30	24.5	3088.1	-	3.4	-	-



表二、不同灌溉處理區之用水量比較（一期作）

Table 2. Comparative water requirement for irrigation in different irrigation management areas (1<sup>st</sup> crop)

期作 Year	處 理 Treatment	灌溉用水量 Water requirement for irrigation (mm)				有效雨量 Effective precipitation mm	雨量利用率 precipitation utility (%)	蒸發散量 Evapotrans- piration mm (mm/day)	滲漏量 Percolation mm (mm/day)
		整地 Preparation	本田 Paddy field	合計 Total	比較 Compare (%)				
1999	直播節水	105.3	300.6	405.9	72.1	296.0	100.0	565.7(4.39)	446.8(3.46)
	直播輪灌	106.0	577.3	683.3	121.3	296.0	100.0	565.7(4.39)	619.4(4.80)
	插秧輪灌	149.6	413.5	563.1	100	287.0	100.0	542.5(4.17)	462.2(3.56)
2000	直播節水	154.0	290.0	444.0	69.8	337.0	97.7	389.2(2.68)	391.4(2.70)
	直播輪灌	160.0	357.3	517.3	81.3	308.0	89.3	392.6(2.71)	432.3(2.98)
	插秧輪灌	138.5	498.0	636.5	100	309.0	89.6	415.7(2.85)	529.6(3.63)
2001	直播節水	0	328.0	328.0	66.8	497.0	74.2	469.2(3.19)	355.3(2.42)
	直播輪灌	0	376.0	376.0	76.2	465.0	69.4	444.2(3.02)	397.0(2.70)
	插秧輪灌	133.0	360.5	493.5	100	388.0	80.7	425.5(3.46)	455.6(3.70)

表二、不同灌溉處理區之用水量比較（二期作）

Table 2. Comparative water requirement for irrigation in different irrigation management areas (2<sup>nd</sup> crop)

期作 Year	處 理 Treatment	灌溉用水量 Water requirement for irrigation mm				有效雨量 Effective precipitation mm	雨量利用率 Precipitation utility (%)	蒸發散量 Evapotrans- piration mm (mm/day)	滲漏量 Percolation mm (mm/day)
		整地 Preparation	本田 Paddy field	合計 Total	比較 Compare (%)				
1999	直播節水	38.0	96.7	134.7	52.0	649.7	64.5	447.2(3.70)	336.4(2.78)
	直播輪灌	42.0	163.3	205.3	79.2	582.1	57.7	457.4(3.78)	329.7(2.72)
	插秧輪灌	46.7	212.5	259.2	100	547.7	57.1	383.7(3.40)	419.8(3.72)
2000	直播節水	57.3	144.0	201.3	96.5	713.0	71.2	431.0(4.06)	483.3(3.62)
	直播輪灌	57.3	164.7	222.0	106.5	700.0	69.9	479.5(4.03)	442.6(3.72)
	插秧輪灌	60.5	148.0	208.5	100	459.0	46.6	306.7(3.69)	360.6(4.34)
2001	直播節水	35.3	258.7	294.0	97.8	865.0	60.9	563.7(4.58)	595.3(4.84)
	直播輪灌	34.0	300.7	334.7	111.4	812.6	57.2	561.1(4.56)	596.8(4.85)
	插秧輪灌	61.5	239.0	300.5	100	726.7	63.1	521.3(4.53)	505.6(4.40)

表三、各生長階段之水稻蒸散發係數 Kc 值

Table 3. Crops coefficient Kc of rice paddy in different growing stages

生長時期 Growth stage	作物係數 Kc 值 Crops coefficient Kc	
	一期作 1st crop	二期作 2nd crop
	生長初期 Early growth stage	0.5
分蘗初期 Early tillering stage	0.8	1.2
分蘗末期 Late tillering stage	1.2	1.5
孕穗期 Booting stage	1.3	1.6
抽穗期 flowering stage	1.3	1.5
抽穗末期 Late flowering stage	1.2	1.3
黃熟期 Yellow-ripen stage	1.0	1.0
成熟期 Maturity stage	0.7	0.6

資料來源：臺灣地域性作物需水量之推估研究(陳清田、甘俊二。1997)<sup>(3)</sup>

表四、不同灌溉處理區之水稻的農藝性狀(一期作)

Table 4. Agronomic characteristics of rice by different irrigated treatments (1<sup>st</sup> crop)

年期 Year	處理 Treatment	株高 Plant height (cm)	穗數 Panicle number	一穗粒數 No. of spikelet per panicle	稔實率 Fertility (%)	千粒重 1000-kernel weight (g)	穀容積重 Volume eight of grain (g/l)	稻穀產量 Yield (Kg/ha)
1999	直播節水	106.2 <sup>a</sup>	19.7 <sup>b</sup>	114.7 <sup>b</sup>	89.3 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	549.7 <sup>a</sup>	7980
	直播輪灌	105.8 <sup>a</sup>	17.5 <sup>c</sup>	126.0 <sup>a</sup>	92.8 <sup>a</sup>	25.7 <sup>a</sup>	554.1 <sup>a</sup>	7380
	插秧輪灌	102.5 <sup>a</sup>	23.9 <sup>a</sup>	90.7 <sup>c</sup>	93.6 <sup>a</sup>	27.0 <sup>a</sup>	570.6 <sup>a</sup>	8400
2000	直播節水	115.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	121.2 <sup>a</sup>	91.7 <sup>a</sup>	26.7 <sup>a</sup>	527.0 <sup>a</sup>	8280
	直播輪灌	117.1 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	98.4 <sup>b</sup>	92.3 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	521.1 <sup>a</sup>	8280
	插秧輪灌	111.2 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	89.2 <sup>c</sup>	92.8 <sup>a</sup>	23.9 <sup>b</sup>	542.6 <sup>a</sup>	8250
2001	直播節水	100.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	115.6 <sup>a</sup>	95.2 <sup>a</sup>	25.3 <sup>a</sup>	545.3 <sup>a</sup>	7013
	直播輪灌	98.1 <sup>a</sup>	6.3 <sup>b</sup>	110.9 <sup>a</sup>	95.9 <sup>a</sup>	26.0 <sup>a</sup>	558.6 <sup>a</sup>	7173
	插秧輪灌	95.7 <sup>a</sup>	24.0 <sup>a</sup>	82.9 <sup>b</sup>	94.3 <sup>a</sup>	26.8 <sup>a</sup>	560.8 <sup>a</sup>	7360

註：表中同一期作英文字母相同者係經鄧肯氏多變域測定 ( $\alpha=0.05$ ) 差異不顯著。

Mean values followed by same letter in the same crop season are not significantly different at the 5% level by Duncun's multiple range test.

表四、不同灌溉處理區之水稻的農藝性狀(二期作)

Table 4. Agronomic characteristics of rice by different irrigated treatments (2nd crop)

年期 Year	處 理 Treatment	株高 Plant height (cm)	穗數 Panicle Number	一穗粒數 No. of spikelet per panicle	稔實率 Fertility (%)	千粒重 1000-kernel weight (g)	穀容積重 Volume eight of grain (g/l)	稻穀產量 Yield (Kg/ha)
1999	直播節水	107.2 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	95.5 <sup>c</sup>	63.8 <sup>b</sup>	25.3 <sup>a</sup>	562.1 <sup>a</sup>	4726
	直播輪灌	109.4 <sup>a</sup>	14.7 <sup>b</sup>	109.0 <sup>b</sup>	56.7 <sup>c</sup>	24.9 <sup>a</sup>	545.0 <sup>a</sup>	4726
	插秧輪灌	109 <sup>a</sup>	14.4 <sup>b</sup>	117.7 <sup>a</sup>	82.4 <sup>a</sup>	25.1 <sup>a</sup>	539.1 <sup>a</sup>	4960
2000	直播節水	98.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	98.7 <sup>a</sup>	90.6 <sup>ab</sup>	27.0 <sup>a</sup>	544.8 <sup>a</sup>	5972
	直播輪灌	99.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	85.7 <sup>b</sup>	86.3 <sup>b</sup>	27.5 <sup>a</sup>	537.8 <sup>a</sup>	5972
	插秧輪灌	91.9 <sup>a</sup>	18.7 <sup>a</sup>	57.0 <sup>c</sup>	91.8 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	531.5 <sup>a</sup>	4278
2001	直播節水	110.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	121.6 <sup>a</sup>	81.9 <sup>a</sup>	22.5 <sup>a</sup>	516.1 <sup>a</sup>	4660
	直播輪灌	109.7 <sup>a</sup>	6.1 <sup>b</sup>	118.6 <sup>a</sup>	83.2 <sup>a</sup>	22.9 <sup>a</sup>	518.3 <sup>a</sup>	4660
	插秧輪灌	98.0 <sup>b</sup>	15.3 <sup>a</sup>	101.1 <sup>b</sup>	74.6 <sup>b</sup>	24.7 <sup>a</sup>	498.8 <sup>a</sup>	4560

註：表中同一期作英文字母相同者係經鄧肯氏多變域測定( $\alpha=0.05$ )差異不顯著。

Mean values followed by same letter in the same crop season are not significantly different at the 5% level by Duncun's multiple range test.

表五、不同灌溉處理區之水稻的糙米品質(一期作)

Table 5. Effects of different irrigated treatments on the quality of brown rice (1<sup>st</sup> crop)

年期 Year	處 理 Treatment	水份 Moisture (%)	容積重 Volume weight (g/l)	整粒 Whole kernel (%)	未熟粒 Immature kernel (%)	被害粒 Cracked kernel (%)	死米 Dead kernel (%)
1999	直播節水	14.8 <sup>a</sup>	813.5 <sup>a</sup>	76.6 <sup>b</sup>	5.1 <sup>b</sup>	14.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>
	直播輪灌	15.0 <sup>a</sup>	809.0 <sup>a</sup>	80.2 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>b</sup>	11.4 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>
	插秧輪灌	14.4 <sup>a</sup>	809.6 <sup>a</sup>	83.2 <sup>a</sup>	8.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>c</sup>	3.6 <sup>b</sup>
2000	直播節水	12.0 <sup>a</sup>	775.4 <sup>a</sup>	72.4 <sup>a</sup>	9.5 <sup>b</sup>	13.8 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>
	直播輪灌	12.6 <sup>a</sup>	760.5 <sup>a</sup>	72.5 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	8.7 <sup>c</sup>	6.5 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	12.9 <sup>a</sup>	790.3 <sup>a</sup>	69.1 <sup>a</sup>	7.4 <sup>c</sup>	16.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
2001	直播節水	13.2 <sup>a</sup>	808.5 <sup>a</sup>	79.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b</sup>	9.8 <sup>a</sup>	3.6 <sup>c</sup>
	直播輪灌	13.5 <sup>a</sup>	810.0 <sup>a</sup>	82.3 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	13.4 <sup>a</sup>	815.1 <sup>a</sup>	84.4 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>	3.9 <sup>b</sup>

註：表中同一期作英文字母相同者係經鄧肯氏多變域測定( $\alpha=0.05$ )差異不顯著。

Mean values followed by same letter in the same crop season are not significantly different at the 5% level by Duncun's multiple range test.

表五、不同灌溉處理區之水稻的糙米品質(二期作)

Table 5. Effects of different irrigated treatments on the quality of brown rice (2nd<sup>1</sup> crop)註：表中同一期作英文字母相同者係經鄧肯氏多變域測定( $\alpha=0.05$ )差異不顯著。

年期 Year	處 理 Treatment	水份 Moisture (%)	容積重 Volume weight (g/l)	整粒 Whole kernel (%)	未熟粒 Immature kernel (%)	被害粒 Cracked kernel (%)	死米 Dead kernel (%)
1999	直播節水	15.7 <sup>a</sup>	770.0 <sup>a</sup>	65.2 <sup>a</sup>	5.94 <sup>a</sup>	20.0 <sup>ab</sup>	7.7 <sup>ab</sup>
	直播輪灌	14.6 <sup>b</sup>	790.0 <sup>a</sup>	66.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>b</sup>	20.3 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>
	插秧輪灌	14.8 <sup>ab</sup>	783.0 <sup>a</sup>	66.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	18.9 <sup>b</sup>	8.1 <sup>a</sup>
2000	直播節水	10.9 <sup>b</sup>	825.5 <sup>a</sup>	76.7 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>
	直播輪灌	10.6 <sup>b</sup>	824.0 <sup>a</sup>	83.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>c</sup>	6.3 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	12.3 <sup>a</sup>	798.0 <sup>a</sup>	80.1 <sup>a</sup>	8.1 <sup>b</sup>	9.1 <sup>a</sup>	2.1 <sup>c</sup>
2001	直播節水	13.4 <sup>a</sup>	824.5 <sup>a</sup>	83.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>c</sup>	6.8 <sup>b</sup>	4.4 <sup>b</sup>
	直播輪灌	13.4 <sup>a</sup>	823.5 <sup>a</sup>	78.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>c</sup>
	插秧輪灌	13.7 <sup>a</sup>	818.1 <sup>a</sup>	78.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	10.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>

Mean values followed by same letter in the same crop season are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

表六、不同灌溉處理區之稻米品質(一期作)

Table 6. Effects of different irrigated treatments on the quality of milled rice (1<sup>st</sup> crop)

年期 Year	處 理 Treatment	白米率 Milled rice (%)	完整米率 Head rice (%)	透明度 Trans parency	心白 W. center	腹白 W. belly	直鏈性 澱粉 Amylose content (%)	粗蛋白質 Crude protein content (%)
1999	直播節水	73.8 <sup>a</sup>	69.3 <sup>a</sup>	3.0	0	0	18.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
	直播輪灌	73.2 <sup>a</sup>	69.5 <sup>a</sup>	3.0	1.0	0	19.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	73.3 <sup>a</sup>	70.8 <sup>a</sup>	3.0	1.0	0	19.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
2000	直播節水	73.6 <sup>a</sup>	69.6 <sup>a</sup>	3.0	0.2	0.2	16.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
	直播輪灌	73.2 <sup>a</sup>	69.5 <sup>a</sup>	3.5	0.4	0	16.7 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	71.3 <sup>a</sup>	64.2 <sup>b</sup>	3.0	0	0.2	17.7 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
2001	直播節水	75.2 <sup>a</sup>	71.9 <sup>a</sup>	3.0	0.2	0	16.9 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>
	直播輪灌	74.9 <sup>a</sup>	71.5 <sup>a</sup>	3.0	0.2	0	17.1 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	75.2 <sup>a</sup>	72.7 <sup>a</sup>	3.0	0.3	0	17.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>

註：表中同一期作英文字母相同者係經鄧肯氏多變域測定( $\alpha=0.05$ )差異不顯著。

Mean values followed by same letter in the same crop season are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

資料來源：臺中區農業改良場

表六、不同灌溉處理區之稻米品質(二期作)

Table 6. Effects of different irrigated treatments on the quality of milled rice (2<sup>nd</sup> crop)

年期	處理	白米率	完整米率	透明度	心白	腹白	直鏈性	粗蛋白質
Year	Treatment	Milled rice	Head rice	Transparency	W. center	W. belly	Amylose content	Crude protein content
		(%)	(%)				(%)	(%)
1999	直播節水	73.4 <sup>a</sup>	68.2 <sup>a</sup>	3.0	0.8	0.4	16.9 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>
	直播輪灌	73.2 <sup>a</sup>	66.3 <sup>a</sup>	3.5	0.9	1.2	16.8 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	72.8 <sup>a</sup>	66.0 <sup>a</sup>	3.0	1.2	0	16.9 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>
2000	直播節水	75.7 <sup>a</sup>	72.6 <sup>a</sup>	4.0	0	0	16.0 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
	直播輪灌	75.1 <sup>a</sup>	72.6 <sup>a</sup>	4.0	0	0	15.4 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	76.1 <sup>a</sup>	74.0 <sup>a</sup>	3.5	0.2	0	15.2 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>
2001	直播節水	73.0 <sup>a</sup>	64.5 <sup>a</sup>	3.0	0.5	0	16.3 <sup>a</sup>	8.31 <sup>a</sup>
	直播輪灌	73.4 <sup>a</sup>	65.7 <sup>a</sup>	3.0	0.2	0	16.0 <sup>a</sup>	8.17 <sup>a</sup>
	插秧輪灌	73.4 <sup>a</sup>	66.2 <sup>a</sup>	3.0	0	0	16.2 <sup>a</sup>	8.71 <sup>a</sup>

註：表中同一期作英文字母相同者係經鄧肯氏多變域測定 ( $\alpha=0.05$ ) 差異不顯著。Mean values followed by same letter in the same crop season are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

資料來源：臺中區農業改良場

表七、水稻不同栽培方法生產成本比較(NT\$/ha) (一期作)

Table 7. Comparison of the production costs between different cultured methods (1<sup>st</sup> crop)

年期	處理	種苗	整地	插秧	肥料	除草劑	農藥	灌排水	收穫	合計
Year	Treatment	Seedling	Soil preparation	Trans-planting	Fertilizer	Weedicide	Pesticide	Irrigation	Harvest	Total
1999	直播栽培	1,770	9,000	5,000	5,500	3,000	8,667	16,000	13,400	62,337
	插秧栽培	7,083	9,000	5,500	6,392	2,600	9,375	16,000	13,400	69,350
2000	直播栽培	1,260	9,000	400	7,250	3,083	12,000	16,000	13,400	61,393
	插秧栽培	6,875	9,000	5,500	6,990	2,525	11,250	16,000	13,400	70,540
2001	直播栽培	1,080	9,000	400	4,100	2,700	9,000	16,000	13,400	55,680
	插秧栽培	6,250	9,000	5,500	4,490	2,300	8,270	16,000	13,400	65,210

註：1.1999 年一期作直播栽培採用直播機播種，其餘兩年自行撒播，工資列 400 元。

2.農藥施二次，每次 2500 元；肥料施四次，每次 400 元；除草劑直播區施二次，插秧區施一次，每次 400 元之標準來計算工資。田埂除草 1000 元。

3.收穫含運穀 200 元及烘乾 3600 元。

表七、水稻不同栽培方法生產成本比較(NT\$/ha) (二期作)

Table 7. Comparison of the production costs between different cultured methods (2<sup>nd</sup> crop)

年期	處理	種苗	整地	Soil	插秧	肥料	除草劑	農藥	灌排水	收穫	合計
Year	Treatment	Seedling	preparation	Trans-	Fertilizer	Weedicide	Pesticide	管理	Irrigation	Harvest	Total
				planting							
1999	直播栽培	1,100	9,000	400	5,963	3,053	11,000	16,000	11,000	57,516	
	插秧栽培	7,292	9,000	5,500	6,550	2,233	11,875	16,000	11,000	69,450	
2000	直播栽培	0	9,000	0	5,583	3,053	11,167	16,000	11,000	55,830	
	插秧栽培	7,500	9,000	5,500	5,370	2,300	10,250	16,000	11,000	66,920	
2001	直播栽培	0	5,000	0	4,693	3,333	11,833	16,000	11,000	51,859	
	插秧栽培	7,643	9,000	5,500	5,138	2,300	9,662	16,000	11,000	66,243	

註：1.1999 年自行撒播，工資列 400 元。其餘兩年採落粒栽培，故無種苗費。

2.農藥施三次，每次 2500 元；肥料施四次，每次 400 元；除草劑直播區施二次，插秧區施一次，每次 400 元之標準來計算工資。田埂除草 1000 元。

3.收穫含運穀 200 元及烘乾 1800 元。

表八、水稻不同栽培方法經濟效益比較(一期作)

Table8. Comparison of economic effects of different cultured methods (1st crop)

年期	處理	產量	產值	成本	收益	比較
Year	Treatment	Yield	Output value	Cost	Revenue	Comparison
		(kg/ha)	(NT\$/ha)	(NT\$/ha)	(NT\$/ha)	(%)
1999	直播節水	7,980	134,820	62,337	72,483	100.9
	直播輪灌	7,380	125,820	62,337	63,483	88.5
	插秧輪灌	8,400	141,120	69,350	71,770	100
2000	直播節水	8,280	139,320	61,393	77,927	114.0
	直播輪灌	8,280	139,320	61,393	77,927	114.0
	插秧輪灌	8,250	138,870	70,540	68,330	100
2001	直播節水	7,013	120,315	55,680	64,635	107.1
	直播輪灌	7,173	122,715	55,680	67,035	111.0
	插秧輪灌	7,360	125,520	65,210	60,310	100

註：一期作，其中 1920 公斤為保證價格，每公斤 21 元，1200 公斤為輔導價格，每公斤 18 元，其餘產量為市價，每公斤 15 元。

表八、水稻不同栽培方法經濟效益比較(二期作)

Table8. Comparison of economic effects of different cultured methods (2nd crop)

年 期	處 理	產 量	產 值	成 本	收 益	比 較
Year	Treatment	Yield	Output value	Cost	Revenue	Comparison
		(kg/ha)	(NT\$/ha)	(NT\$/ha)	(NT\$/ha)	(%)
1999	直播節水	4,726	81,930	57,516	24,414	152.6
	直播輪灌	4,726	81,930	57,516	24,414	152.6
	插秧輪灌	4,960	85,440	69,450	15,990	100
2000	直播節水	5,972	100,620	55,830	44,790	63.8
	直播輪灌	5,972	100,620	55,830	44,790	63.8
	插秧輪灌	4,278	137,112	66,920	70,192	100
2001	直播節水	4,660	80,940	51,859	29,081	208.9
	直播輪灌	4,660	80,940	51,859	29,081	208.9
	插秧輪灌	4,560	79,440	66,243	13,197	100

註：二期作，其中 1440 公斤為保證價格，每公斤 21 元，800 公斤為輔導價格，每公斤 18 元，其餘產量為市價，每公斤 15 元。89 年二期作插秧輪灌區製作越光米，每公斤 29 元。

## 謝 誌

本研究獲行政院農業委員會 88 農建-9.2-林-01(2)，89 農管-3.3-林-1.2 及 90 農發-2.2-林-08(2)之計畫補助，本文承蒙國立中興大學朱德民教授斧正，謹此特申謝忱。

## 引用文獻

1. 甘俊二。1979。灌溉系統配水技術之分析與研究。臺灣大學農工系。
2. 莊商路、林國清。1992。水稻新品種臺梗 8 號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 29：1~22。
3. 陳清田、甘俊二。1997。臺灣地域性作物需水量之推估研究。農業工程學報 43：1\_18。
4. 張正賢。1988。稻作學精要。茂昌圖書有限公司。
5. 蔡明華、林水德。1995。水稻田生態環境維護對策之推行。一九九五年中日農業水利生態研討會。
6. 臺灣省政府農林廳。1999。臺灣稻作發展史。
7. 嘉南農田水利會。1998。八十八年度曾文烏山頭水庫系統灌溉區灌溉計畫。

# **Studies on the Effects of Direct-seeding and Water Saving Culture on the Water Requirement, Yield and Quality of Rice<sup>1</sup>**

Chiang, J.K.,<sup>2</sup> and S. C. Huang<sup>3</sup>

## **Summary**

The experiment was carried out in the paddy field of Liu-Chia, Tainan prefecture from 1999 to 2001. Three treatments, namely the direct seeding with water saving culture, the direct seeding with rotational irrigation culture and the transplanting with rotational irrigation culture were tested in this experiment to investigate the effects of the direct-seeding culture and the water saving culture on the water requirement, yield and quality of rice and the economic benefits. The result showed that the water saving culture could save 25.6~38.8% of irrigation water in the 1st crop which deficient in water resources. The production costs of the direct-seeding culture could reduce 8.9%, or 13.0~15.6% when sowing by sowing machine or by hand sowing, respectively, compared to the transplanting culture in the 1st crop and in the 2<sup>nd</sup> crop it could reduce 17.2%, or 17.6~21.7%, respectively, when sowing by hand or volunteer rice in not influenced the yield and the quality of rice.

Key words: Rice, Direct-seeding culture, Volunteer rice, Water saving culture, Water requirement for rice.

Accepted for publication: 5, July, 2004

---

1. Contribution No.301 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Assistant Agronomist, Chiayi Branch Station, Tainan DAIS, No.1 Fong-Chou Village, Lutsao 611, Chiayi, Taiwan, ROC.

3. Engineer, Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency, MOEA.