

# 利用早熟水稻及調整栽培期作為水資源 調適韌性之研究<sup>1</sup>

楊智哲、陳榮坤<sup>2</sup>

## 摘 要

楊智哲、陳榮坤。2024。利用早熟水稻及調整栽培期作為水資源調適韌性之研究。臺南區農業改良場研究彙報 84：1-10。

近年來氣候變遷造成降雨日數減少及降雨模式改變，水資源的取得日益嚴峻，衍生臺灣西部地區一期稻作常面臨乾旱缺水而停灌的問題。為探討節省稻作生產用水及提升水分利用效率的可行性，本研究利用早熟水稻臺南 13 號 (TN13) 生育期短的特性，於一期作進行插秧期調整，與中晚熟水稻品種臺南 11 號 (TN11) 進行不同插秧時期之用水量比較。結果顯示，一期作延後 1 個月插秧之 TN13 較正常插秧 TN11 可節省 10% 以上用水，但產量降低 6.6%。此外，綜合分析 TN11 調整插秧期前後的生育期與近十年歷史平均降雨資料，顯示延後 1 個月插秧，可增加 4.5 天的降雨利用日數及 215 mm 降雨量，佔全生育期用水量之 20%。TN13 因生育期短導致產量較低的缺點，可透過導入每穗粒數基因 *Gn1a* 改善，導入 *Gn1a* 後的近似同源系 (TN13\_ *Gn1a*) 產量可與 TN11 相當，惟 TN13\_ *Gn1a* 在高溫下有白垩質偏高的情形。綜合以上結果，利用早熟水稻及調整栽培期，可做為節省一期稻作用水之調適作為；而早熟水稻品種導入產量相關基因，可減低早熟品種與中晚熟品種之產量差異，提升實務推廣的可行性，值得未來深入進行相關栽培及育種研究。

**現有技術：**現有早熟水稻品種生育期短，能減少灌溉日數。

**創新內容：**一期作早熟水稻延後插秧，減緩早春枯水期用水壓力，增加降雨利用。

**對產業影響：**有助於改善水稻一期作缺水問題，降低稻作產業鏈生產風險。

**關鍵字：**水稻、插秧期調整、水資源調適

接受日期：2024 年 5 月 13 日

---

1. 農業部臺南區農業改良場研究報告第 572 號。

2. 農業部臺南區農業改良場助理研究員、研究員兼分場長。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

## 前 言

我國農業用水中，灌溉用水佔比約 63%，其來源包含水庫壩堰水、河川水及地下水等，其中以河川水佔 78% 最多、水庫壩堰水佔 18% 次之。臺灣南部與北部地區之枯水期和豐水期降雨量比例差異極大，北部地區為 3：7，南部地區為 1：9；當降雨進入河川後若無蓄水設施將雨水留存，短時間內即流入大海無法有效利用，因而衍生南部地區春季灌溉用水常面臨供水不足的風險<sup>(9)</sup>。再者，近年來環保意識抬頭，要設置大型蓄水設施有其難度，在無法有效「開源」的情況下如何「節流」，並有效利用現有之水資源，提升用水效率成為重要課題。

水稻 (*Oryza sativa* L.) 為我國栽培面積最廣、用水量最多的作物，其中以中晚熟水稻品種臺南 11 號占栽培面積 65% 最多。根據農糧署統計資料，近 20 年來臺灣西部地區一期稻作共有 8 次缺水停灌紀錄，由於氣候變遷造成降雨日數減少及降雨模式的改變，平均每 3 至 5 年就會遭遇一次乾旱缺水<sup>(8)</sup>。由於國內稻作栽培高度機械化，近年來各項農機具工作效率大幅提升，同一地區之田區插秧期集中，插秧時間縮短，造成灌溉用水的尖峰需求量增加，供水壓力提升。為減少一期稻作用水量，減輕供水壓力，本研究利用不同生育日數水稻品種進行水資源調適試驗，期望運用早熟水稻生育期短，可減少供灌日數的特性，配合一期作插秧期延後調整的節水生產模式，於生育初期能減緩早春枯水期的供水壓力，於生育後期又能有效利用豐水期之降雨，以提升水資源利用效率，作為一期稻作節水栽培之調適作為。

## 材料與方法

### 一、參試材料及試驗設計

本研究參試材料共有 3 個水稻品種 ( 系 )，分別為早熟水稻品種臺南 13 號 (TN13)、帶有高每穗粒數基因 *Gn1a* 之 TN13 近同源系 (TN13\_ *Gn1a*)，對照品種為中晚熟水稻品種臺南 11 號 (TN11)。栽培試驗田區位於臺南區農業改良場鹿草分場 ( 嘉義縣鹿草鄉 )，於戶外設置長 1 公尺、寬 1 公尺深 70 公分之水泥槽試區共 18 個，水泥槽牆面及底部為水泥鋪面。本試驗採完全隨機設計 (Completely Randomized Design)，三重複，行株距 30 × 18 公分，多本植，採慣行栽培模式。每公頃於基肥施用臺肥 39 號 400 公斤、第一次追肥施用硫酸銨 200 公斤、第二次追肥施用臺肥寶效 1 號 400 公斤，穗肥施用臺肥寶效 43 號 300 公斤，每公頃總氮素施用量 179 公斤。

### 二、不同插秧時期處理

嘉義地區水稻一期作主要的插秧期落在 1 月下旬至 2 月上旬，二期作主要的插秧期落在 7 月中旬至 8 月上旬。本試驗將一期作插秧期分為正常插秧期與延後插秧期兩種處理，正常插秧期之插秧時間與嘉義地區主要插秧期相同，延後插秧期之插秧時間為正常插秧期延後約 1 個月插秧，分別於 1 月 21 日 ( 正常插秧期 ) 及 2 月 19 日 ( 延後插秧期 ) 插秧；二期作於 8 月 7 日插秧。

### 三、用水量紀錄

本試驗使用之水泥槽，先進行翻土曬田，於插秧前進行灌水整地。為避免不同水泥槽之土壤含水量差異影響灌溉水量，於插秧前土面保持湛水至插秧當日才將水排乾至露

出土面，並於插秧後以水流記量器 (8188, Gardena Co.) 開始記錄灌溉水量。生育期間之降雨量，依交通部中央氣象署設置於臺南區農業改良場鹿草分場內之氣象站所紀錄雨量計入灌溉水量，如降雨量過多進行排水，於雨停後以直尺量測排水水位高度計算排水量，將排水量自降雨量中扣除。

#### 四、農藝性狀調查

本試驗於生育期間進行抽穗期調查，當試區內植株 50% 的穗已抽出，即為該試區之抽穗期。於收穫前每個試區逢機選 10 株量測株高及穗數，並逢機取 3 株進行產量構成因素調查。試區中其餘植株全部收穫後乾燥至含水量 14%，秤重測得乾穀重量並依面積推估產量。

#### 五、米質分析

收穫後的稻穀進行稻米品質及食味分析，利用米粒外觀判別器 (RGQI10A, SATAKE Co.) 進行糙米外觀分析，並以食味計 (RLTA10C, SATAKE Co.) 進行糙米食味值分析，利用味度計 (MA-30A, Toyo) 進行米飯光澤度分析。

#### 六、氣象資訊與生育度數分析

本次試驗期間之氣溫、降雨量等氣象資訊以及歷史資料皆使用交通部中央氣象署設置於臺南區農業改良場鹿草分場內之氣象站所紀錄資料。生育度數之計算方式為：自插秧日開始，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，累積至收穫日之有效溫度，即為該時段內的生育度數 (Growing degree days)。

## 結果與討論

### 一、不同插秧時期之生育日數及用水量比較

水稻生育日數受到溫度、水分、養分、日照長短等因子的影響，其中溫度影響重大，一期作較早插秧田區由於生育初期氣溫較低，導致全生育日數較長。陳等 (2007) 於臺南市學甲區以相同品種分別於 1 月中旬和 2 月中旬插秧，兩批水稻插秧時間相差 30 天，收穫期僅延後 10 天<sup>(3)</sup>。為了解一期作不同插秧期對生育日數之影響，本試驗於 2020 年一期作進行兩種不同插秧期比較。

#### (一) 不同插秧期處理之生育日數

本試驗正常插秧期於 1 月 21 日插秧，延後插秧期於 2 月 19 日插秧，兩個插秧期處理相差 29 天，結果顯示一期作延後插秧可縮短生育日數增加生育期間的降雨日數 (表 1)。當 TN11 延後 29 天插秧，收穫期延後 17 天，生育日數減少 12 天，生育度數增加 68 度，可增加 4.5 天降雨日數。TN13 和 TN13\_Gn1a 延後 29 天插秧，收穫期延後 22 天，生育日數減少 7 天，生育度數增加 149 度，可增加 3.6 天降雨日數。早熟水稻 TN13 和 TN13\_Gn1a 延後 29 天插秧，較正常插秧之中晚熟水稻 TN11 延後 7 天收穫，生育日數減少 22 天，生育度數減少 107 度，可增加 0.9 天降雨日數。進一步分析嘉義鹿草地區 2012 ~ 2021 年之氣象資料顯示 (圖 1)，一期作 2 月中旬過後氣溫逐漸上升，延後插秧植株生育初期氣溫較高，是影響生育日數的主要原因；由歷史資料顯示，一期作降雨日數由 5 月開始明顯增加，6 月降雨日數最多，如能再將插秧期延後，降雨利用日數勢必能再向上提升。

表 1. 水稻品種(系)於不同插秧期處理之生育日數及生育期間近 10 年(2012 ~ 2021)降雨日數

Table 1. Growth date of TN13, TN13\_ *Gnla* and TN11 and precipitation days in the past 10 years (2012 ~ 2021) in two-cropping seasons

期作 Cropping season	插秧期 Transplanting date	品種 (系) Variety	抽穗期 Heading date	收穫期 Harvest date	生育 日數 Growth duration (day)	生育 度數 Growing degree days (°C)	2012 ~ 2021 年 平均降雨日數 Average precipitation days from 2012 to 2021 (day)
First cropping season	Jan. 21	TN11	Apr. 27	Jun. 2	133	1,640	18.6*
		TN13	Apr. 17	May 18	118	1,384	15.9
		TN13_ <i>Gnla</i>	Apr. 19	May 18	118	1,384	15.9
	Feb. 19	TN11	May 12	Jun. 19	121	1,708	23.1
		TN13	May 1	Jun. 9	111	1,533	19.5
		TN13_ <i>Gnla</i>	May 3	Jun. 9	111	1,533	19.5
Second cropping season	Aug. 7	TN11	Oct. 14	Nov. 19	104	1,759	20.4
		TN13	Oct. 2	Nov. 6	91	1,588	19.9
		TN13_ <i>Gnla</i>	Oct. 5	Nov. 10	95	1,634	19.7

\* 平均降雨日數：自插秧日至收穫日之平均降雨日數。



圖 1. 嘉義鹿草地區 2020 年及 2012 ~ 2021 年 1 ~ 6 月降雨量、日均溫

Fig. 1. The precipitation, daily mean temperature from January to June in Chiayi Lucao area in 2020 and 2012 ~ 2021

二期作正常插秧期於 8 月 7 日插秧，TN13 和 TN13\_ *Gnla* 的收穫期分別為 11 月 6 日及 11 月 10 日，生育日數分別為 91 天及 95 天，TN11 的收穫期為 11 月 19 日，生育日數為 104 天，TN13 和 TN13\_ *Gnla* 較 TN11 生育日數分別減少 9 和 13 天，生育度數減少 171、125 度，降雨日數減少 0.5 和 0.7 天。

本研究顯示一期作延後插秧，可縮短水稻生育日數，此結果與陳等 (2007) 結果相同。本研究進一步發現早熟水稻品種無論在一、二期作，生育日數皆較中晚熟品

種短，有增加生育期間降雨日數及彈性調整插秧期的應用潛力。

(二) 不同插秧期之田間用水量

一期作正常插秧期 TN13、TN13\_ *Gnla* 和 TN11 之用水量分別為 7,530、6,860 和 9,470 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>，延後插秧期之用水量分別為 8,190、8,100 和 10,300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (表 2)。一期作相同品種(系)延後插秧期的生育日數雖然較正常插秧期減少 7 至 12 天，然而延後插秧期的用水量卻較正常插秧期的用水量有增加 9 ~ 18%，顯示於一期作使用相同品種(系)延後插秧期並無法節省灌溉用水量，此與廖等 (2015) 以 DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) 作物生長模式模擬臺南市一期作插秧期延後 10 至 20 天，用水量有顯著的上升結果相似<sup>(12)</sup>，推測其原因可能是生育後期氣溫較高，植株及田間的蒸發散作用旺盛所致。然而一期作早熟品種(系) TN13 和 TN13\_ *Gnla* 延後插秧期的用水量仍較正常插秧期的中晚熟品種 TN11 節省 10% 以上，顯現早熟水稻品種(系)延後插秧之節水潛力。二期作田間用水量較少，與一期作正常插秧期的早熟水稻相當，TN13、TN13\_ *Gnla* 和 TN11 生育期間用水量分別為 7,050、7,850 和 7,590 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (表 2)，早熟與中晚熟水稻用水量並無顯著差異。

表 2. 水稻品種(系)在不同插秧期之用水量及產量

Table 2. Water irrigation requirement and yield of TN13, TN13\_ *Gnla* and TN11 at different transplanting date

期作 Cropping season	插秧期 Transplanting time	品種 Variety	產量 Yield		田間用水量 Field water consumption (m <sup>3</sup> /ha)	水分利用率 Water use efficiency (kg/ m <sup>3</sup> )
			(kg/ha)	Ratio (%)		
First cropping season	Jan. 21	TN11	6,370 <sup>b</sup>	100.0	9,470 <sup>a</sup>	0.67
	Jan. 21	TN13	4,330 <sup>c*</sup>	68.0	7,530 <sup>b</sup>	0.58
	Jan. 21	TN13_ <i>Gnla</i>	7,150 <sup>a</sup>	112.2	6,860 <sup>b</sup>	1.04
	Feb. 19	TN11	7,630 <sup>a</sup>	119.8	10,300 <sup>a</sup>	0.74
	Feb. 19	TN13	5,950 <sup>b</sup>	93.4	8,190 <sup>b</sup>	0.73
	Feb. 19	TN13_ <i>Gnla</i>	8,160 <sup>a</sup>	128.1	8,100 <sup>b</sup>	1.01
Second cropping season	Aug. 7	TN11	5,075 <sup>b</sup>	84.0	7,050 <sup>a</sup>	0.72
	Aug. 7	TN13	5,893 <sup>a</sup>	97.6	7,850 <sup>a</sup>	0.75
	Aug. 7	TN13_ <i>Gnla</i>	6,040 <sup>a</sup>	100.0	7,590 <sup>a</sup>	0.80

同一期作在品種間所附英文字母相同者，係經 LSD 測定 ( $\alpha = 0.05$ ) 差異不顯著。

\* In the same cropping season, mean separation within columns followed by different small letters indicate significant differences based LSD test at  $p \leq 0.05$ .

臺灣西部地區枯水期主要落在 1 至 4 月，5 至 9 月為豐水期，近年來由於氣候變遷，降雨日數減少及降雨量減低之發生頻率增加，一期作水稻常面臨缺水停灌<sup>(8)</sup>。臺灣擁有水庫及良好的灌溉系統，降雨落在集水區可貯存於水庫，以利農業灌溉，落在非集水區的降雨，若不能善加利用，短時間內將隨河川流入大海<sup>(9,17)</sup>。陳等 (2007) 及林等 (2017) 於臺南學甲進行不同插秧時期節水效能的研究結果也顯示，

一期作水稻插秧期延後能有效利用降雨，於 2 月中旬插秧能較 1 月中旬節水<sup>(2,3)</sup>。由上述結果可知，早熟水稻生育期較短，生育期間用水量較中晚熟水稻少；透過插秧期調整，將一期作延後插秧使其生育後期分布於雨季，可充分利用降雨並降低枯水期灌溉用水需求，將兩者結合能提升水資源利用效率，減少水庫供水壓力<sup>(4,19)</sup>。

## 二、不同插秧時期之農藝性狀及品質分析

### (一) 不同插秧時期之產量分析

一期作不同插秧時期之產量表現，TN11 和 TN13 延後插秧期之產量皆高於正常插秧期，TN13\_ *Gn1a* 延後插秧期之產量與正常插秧期無顯著差異，延後插秧期之 TN13 及 TN13\_ *Gn1a* 的產量分別較正常插秧期的 TN11 減少 6.6% 及增加 28.1% (表 2)，二期作 3 個參試品種 (系) 的產量介於 5,075 ~ 6,040 kg ha<sup>-1</sup> 之間，以 TN13 產量最低，TN11 產量最高，相同品種之二期作產量皆較一期作低。由產量構成因素觀察，一期作延後插秧時，TN13 之稔實率增加 30%，TN11 和 TN13\_ *Gn1a* 之稔實率也有些微增加。由於水稻孕穗期間對溫度最為敏感，於抽穗開花前 14 天進入花粉母細胞發育期，此時如遭遇連續數天 20℃ 以下低溫，水稻會因為冷害造成授粉不良影響稔實率<sup>(1,11,22)</sup>。本次試驗期間於 4 月 12 日至 14 日連續 3 日受到 18℃ 以下低溫影響 (圖 1)，一期作正常插秧期試驗材料於此時進入孕穗期及抽穗期，受低溫影響較大，稻穀稔實率介於 53.0 ~ 85.9%，較正常值降低約 5 ~ 30% (表 3)，其中以 TN13 受影響最大。一期作延後插秧期能避開 4 月低溫造成稔實率降低之危害。TN11 和 TN13\_ *Gn1a* 的粒數於兩個期作皆優於 TN13，是造成產量較 TN13 高的主要因素，當 TN13 導入每穗粒數基因 *Gn1a* 後，稻穗中的二次枝梗及穎花數增加<sup>(18)</sup>，每穗粒數由 47.2 ~ 50.1 增加為 68.7 ~ 77.2 粒，顯現早熟品種即使生育日數較短，仍可透過育種方式提升產量潛力。三個試驗材料的穗數於一期作介於 25.5 ~ 35 之間，二期作介於 14.2 ~ 17.7 之間 (表 3)，每叢穗數較少是造成二期作產量較低的主要因素，此與黃等 (2015) 調查花蓮地區水稻一、二期作產量的影響因素，二期作生育初期高溫造成分蘖數少是產量較低的主要原因，結果相似<sup>(7)</sup>。

### (二) 不同插秧時期之外觀及食味品質分析

由糙米外觀品質分析結果顯示 (表 4)，相同品種 (系) 於一期作延後插秧者，白垩質粒的比率皆較正常插秧期高，二期作白垩質率的表現則優於一期作。一期作正常插秧期白垩質率以 TN13 最低 (13.9%)，TN13\_ *Gn1a* 最高 (32.8%)；一期作延後插秧期白垩質率以 TN11 最低 (30.8%)，TN13\_ *Gn1a* 最高 (65.4%)。二期作白垩質率以 TN11 最低 (2.4%)，TN13\_ *Gn1a* 最高 (20.1%) (表 4)。在臺灣一期稻作生育期間的氣溫變化，生育初期低溫，生育後期逐漸升高；二期作則是生育初期高溫，生育後期逐漸降低<sup>(5,7)</sup>。研究指出高溫會影響稻穀內澱粉粒及蛋白質粒的合成與堆疊，當堆疊不整齊時會產生空隙，造成穀粒內部呈現濁白色的白垩質粒，水稻穀粒充實期間以抽穗後 15 日內對高溫最敏感，此期間日高溫超過 30℃ 白垩質粒發生率明顯增加<sup>(6,10,14,15,21)</sup>。本研究一期作正常插秧期於 4 月中旬抽穗，延後插秧期於 5 月初抽穗，延後插秧期抽穗後氣溫高，導致白垩質率較高 (圖 1)。此外，研究指出白垩質穀粒之充實情形較正常穀粒差，白垩質之發生與穀粒充實期間植株供源 (source) 與積存 (sink) 間的平衡有關，當碳水化合物分配不均時，將導致穀粒充實不完全<sup>(20)</sup>。不論是一期作或二期作相同插秧期的 TN13\_ *Gn1a* 白垩質率皆較 TN13 高，而

TN13\_Gn1a 在千粒重的表現皆顯著低於 TN13 (表 3)，TN13\_Gn1a 在每穗粒數增加後，每粒稻穀所能分配到的乾物質相對減少，造成千粒重降低，在穀粒充實情形不佳的情況下造成白垩質率增加。

表 3. 水稻品種 (系) 在不同插秧期之農藝性狀表現

Table 3. The agronomic characters of TN13, TN13\_Gn1a and TN11 at different transplanting date

期作 Cropping season	插秧期 Transplanting time	品種 Variety	株高 Plant height (cm)	穗數 Panicle number (no.)	粒數 Spikelet number (no.)	稔實率 Fertility (%)	千粒重 1,000-grain weight (g)
First cropping season	Jan. 21	TN11	79.9 <sup>bc</sup>	25.5 <sup>c</sup>	65.2 <sup>a</sup>	85.9 <sup>ab</sup>	26.7 <sup>ab</sup>
	Jan. 21	TN13	68.8 <sup>c*</sup>	32.6 <sup>ab</sup>	50.1 <sup>b</sup>	53.0 <sup>c</sup>	27.2 <sup>a</sup>
	Jan. 21	TN13_Gn1a	77.1 <sup>cd</sup>	32.0 <sup>ab</sup>	68.7 <sup>a</sup>	79.3 <sup>b</sup>	25.4 <sup>c</sup>
	Feb. 19	TN11	92.2 <sup>a</sup>	30.0 <sup>b</sup>	64.1 <sup>a</sup>	90.5 <sup>a</sup>	26.9 <sup>ab</sup>
	Feb. 19	TN13	73.3 <sup>dc</sup>	35.0 <sup>a</sup>	47.2 <sup>b</sup>	83.2 <sup>ab</sup>	26.0 <sup>bc</sup>
	Feb. 19	TN13_Gn1a	83.0 <sup>b</sup>	31.7 <sup>ab</sup>	76.8 <sup>a</sup>	81.7 <sup>b</sup>	22.8 <sup>d</sup>
Second cropping season	Aug. 7	TN11	83.4 <sup>ab</sup>	14.2 <sup>b</sup>	77.2 <sup>a</sup>	87.0 <sup>a</sup>	26.7 <sup>ab</sup>
	Aug. 7	TN13	80.9 <sup>b</sup>	17.7 <sup>a</sup>	48.2 <sup>b</sup>	87.6 <sup>a</sup>	27.6 <sup>a</sup>
	Aug. 7	TN13_Gn1a	85.8 <sup>a</sup>	16.5 <sup>ab</sup>	70.5 <sup>a</sup>	86.0 <sup>a</sup>	26.3 <sup>b</sup>

同一期作在品種間所附英文字母相同者，係經 LSD 測定 ( $\alpha = 0.05$ ) 差異不顯著。

\* In the same cropping season, mean separation within columns followed by different small letters indicate significant differences based LSD test at  $p \leq 0.05$ .

表 4. 水稻品種 (系) 在不同插秧期之米質性狀表現

Table 4. The rice quality traits characters of TN13, TN13\_Gn1a and TN11 at different transplanting date

期作 Cropping season	插秧期 Transplanting time	品種 Variety	白垩質率 Chalky kernels (%)	食味值 Eating quality score	味度 Palatability score
First cropping season	Jan. 21	TN11	24.3 <sup>bc</sup>	82.3 <sup>a</sup>	67.3 <sup>bc</sup>
	Jan. 21	TN13	13.9 <sup>c*</sup>	75.3 <sup>b</sup>	70.0 <sup>ab</sup>
	Jan. 21	TN13_Gn1a	32.8 <sup>b</sup>	81.3 <sup>a</sup>	72.0 <sup>a</sup>
	Feb. 19	TN11	30.8 <sup>bc</sup>	81.7 <sup>a</sup>	66.3 <sup>bcd</sup>
	Feb. 19	TN13	34.1 <sup>b</sup>	76.0 <sup>b</sup>	62.3 <sup>d</sup>
	Feb. 19	TN13_Gn1a	65.4 <sup>a</sup>	82.0 <sup>a</sup>	64.3 <sup>cd</sup>
Second cropping season	Aug. 7	TN11	2.4 <sup>b</sup>	83.2 <sup>a</sup>	83.3 <sup>a</sup>
	Aug. 7	TN13	5.3 <sup>b</sup>	78.7 <sup>b</sup>	76.7 <sup>b</sup>
	Aug. 7	TN13_Gn1a	20.1 <sup>a</sup>	79.7 <sup>ab</sup>	74.3 <sup>b</sup>

同一期作在品種間所附英文字母相同者，係經 LSD 測定 ( $\alpha = 0.05$ ) 差異不顯著。

\* In the same cropping season, mean separation within columns followed by different small letters indicate significant differences based LSD test at  $p \leq 0.05$ .

在食味品質的表現方面，一期作兩個不同插秧期之 TN13\_*Gnla* 與 TN11 糙米食味值表現相當，且優於 TN13；二期作糙米食味值以 TN13 最低，但與 TN13\_*Gnla* 無顯著差異 (表 4)。米飯味度分析結果顯示，三個試驗材料在二期作的表現均優於一期作；一期作 TN13 和 TN13\_*Gnla* 正常插秧期的表現優於延後插秧期，TN11 在兩個插秧期無顯著差異 (表 4)，顯示米飯味度表現受生育期間氣溫影響較大。綜合以上結果，TN11 及 TN13\_*Gnla* 在食味品質的整體表現較佳，在劉等 (1996) 的研究中也顯示，稻米品質受品種的影響較大<sup>(13)</sup>。

## 結 論

作物在雨季土壤水分充足時完成生活史，是躲避乾旱環境的適應機制<sup>(16)</sup>。為提升氣候變遷下稻作生產在水資源短缺之調適韌性，選育早熟品種並建立早熟水稻調整插秧期之節水栽培模式為有效策略之一，利用早熟水稻 TN13 生育期短的特性，於一期作將插秧期延後 1 個月，可較正常插秧之中晚熟水稻 TN11 節水 10% 以上，並降低孕穗期遭遇低溫冷害的風險。雖然相同的品種於一期作延後插秧無法節省用水，然而延後插秧可使生育後期進入雨季，提升水稻生育期間之降雨日數，有效利用天然降雨而減少水庫供水壓力。此外，為改善早熟水稻產量較低的特性，將每穗粒數基因 *Gnla* 導入 TN13，其產量明顯提升，可與 TN11 產量相當，顯示早熟水稻品種仍具有高產潛力，可提升未來育種及推廣時之可行性。然而 TN13\_*Gnla* 在高溫下仍有白垩質偏高的情形，因此如何在增加早熟水稻產量的同時，也提升早熟水稻在高溫逆境下的稻米品質，以助益於稻作節水栽培，應對缺水情境，值得未來深入進行相關育種及栽培試驗研究。

## 引用文獻

1. 李超運。2000。水稻冷害原因及對策。花蓮區農業改良場農業專訊 34：12-14。
2. 林羿汝、邱儀婷、陳清田、李振誥。2017。灌溉管理操作對水稻生長期距及灌溉用水效能影響之研究 63(2)：35-48。
3. 陳清田、林益如、徐金錫、許勝雄、劉景平。2007。水稻種植期距調整對灌溉節水效能之研究。臺灣環境資源永續發展之研討會 149-173。
4. 財團法人農業工程研究中心。2009。利用田坵蓄水及稻作調整以豐沛桃竹地區水資源之可行性研究。桃園市。經濟部水利署北區水資源局。
5. 莊豐鳴、盧虎生。2013。高溫對水稻產量及品質之影響：從生理層次到田間環境之探討。作物、環境與生物資訊 10(1)：75-83。
6. 張芳瑜、胡智傑、謝嘉如、吳志文。2017。高溫對水稻品質之影響。高雄區農業改良場研究彙報 28(1)：23-29。
7. 黃佳興、吳文欽、潘昶儒、林泰佑、宣大平。2015。花蓮地區不同期作之氣象因素對水稻產量之影響。花蓮區農業改良場研究彙報 33：1-11。
8. 農糧署。2020。109 年水資源競用區耕作制度轉型方案。110 年農糧署政策宣導資料。
9. 虞國興。2018。農業水資源開發策略與展望。水資源管理會刊 20(1)：2-11。

10. 鄭佳綺。2013。充實期高溫對水稻產量及白垩質的影響。臺中區農業改良場特刊 116：271-276。
11. 鄭智允、簡禎佑、楊志維。2018。水稻寒冷害指標與調適策略。桃園區農業改良場農業專訊 107：2-6。
12. 廖芳瑾、林盈廷、姚銘輝、盧虎生。2015。氣候變遷下農業耕作制度或空間分布對農業需水量之影響。氣候變遷調適科技整合研究計畫 - 跨領域評估組示範計畫工作報告。
13. 劉瑋婷、宋勳。1996。稻米品質的影響因素。花蓮區農業改良場專訊 18：12-15。
14. 盧虎生、劉韻華。2006。臺灣優質水稻栽培之環境挑戰與因應措施。作物、環境與生物資訊 4：297-306。
15. 盧虎生、徐佳伶、吳志文、李佳諭、老嘉玲、吳以健、張素貞、王長瑩、近藤始彥。2009。臺灣近年來溫度、稻作栽培時序及稻米品質之變化。作物、環境與生物資訊 6(3)：175-182。
16. 羅正宗、呂奇峰、陳榮坤、陳演書、劉啟東。2014。耐旱節水水稻新品系之研發。農業試驗所特刊 183：63-70。
17. 蘇宗振。2013。探討稻田耕作制度與農業水資源整合之新契機。水資源管理會刊 15(1)：21-26。
18. Fukai, S. and M. Cooper. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiological traits in rice. *Field Crops Res.* 40: 67-86.
19. Jalota S. K., K. B. Singh, G. B. S. Chahal, R. K. Gupta, S. Chakraborty, A. Sood, S. S. Ray and S. Panigrahy. 2009. Integrated effect of transplanting date, cultivar and irrigation on yield, water saving and water productivity of rice (*Oryza sativa* L.) in Indian Punjab: Field and simulation study. *Agric. Water Manage.* 96: 1096-1104.
20. Tashiro T. and M. Ebata. 1974. Studies on white-belly rice kernel. II. Location on the panicle on occurrence of white-belly kernel. *Proc. Crop Sci. Soc. Jpn.* 43: 105-110.
21. Wakamatsu, K., O. Sasaki, I. Uezono and A. Tanaka. 2008. Effect of the amount of nitrogen application on occurrence of white-back kernels during ripening of rice under high-temperature conditions. *Jpn. J. Crop Sci.* 77: 424-433.
22. Zhou L., Y. Zeng, W. Zheng, B. Tang, S. Yang, H. Zhang, J. Li and Z. Li. 2010. Fine mapping a QTL *qCTB7* for cold tolerance at the booting stage on rice chromosome 7 using a near-isogenic line. *Theor. Appl. Genet.* 121: 895-905.

# Using early-maturing rice and shifting the cultivation period as a adjustment operation for water shortage<sup>1</sup>

Yang, C. C. and R. K. Chen<sup>2</sup>

## Abstract

In recent years, climate change has reduced rainy days, changed the rainfall pattern and the availability of water resources has become increasingly severe. As a result, the first crop season of rice cultivation in western Taiwan often faces the problem of water shortage and irrigation stopped. In order to save water for rice production and to improve water use efficiency, this study took advantage of the short growth period of early-maturing rice cultivar Tainan No. 13 (TN13), and shifted the transplanting date in the first crop season. Comparison of water consumption in different transplanting dates. The results showed that TN13 with one-month delay in transplanting date at first crop season can save more than 10% of irrigation water, but the yield is reduced by 6.6% compared with the normal-transplanted Tainan No. 11 (TN11). In addition, comprehensive analysis the growth period with historical precipitation data between before and after the transplanting date shift of TN11 showed that delaying the transplanting date by one month could increase precipitation utilization day by 4.5 days. The short growth period of TN13 led to lower yield, which can be improved by the introducing *Gn1a* gene, which is a major QTL contributing to grain number. The yield of the near isogenic line (TN13\_ *Gn1a*) is similar to TN11, but TN13\_ *Gn1a* has higher chalky kernels content under high temperature condition. Based on the above results, the use of early-maturing rice and shifting the transplanting date can be used as an adjustment method to save the water used at the first crop season, and the introduction of yield-related genes into early-maturing rice varieties can reduce the yield difference between early-maturing varieties and middle-late-maturing varieties, and improve practical promotion. The feasibility is worthy of further related cultivation experiments and breeding research in the future.

### What is already known on this subject?

The existing early-maturing cultivar have a short growth period, which can reduce the number of irrigation days.

### What are the new findings?

Using early-maturing rice and postpone the transplanting period at the first crop season of rice can save irrigation water, increase rainfall utilization, and improve water use efficiency in paddy field.

### What is the expected impact on this field?

The results in this study contribute to improve the problem of water shortage in the first crop season of rice cultivation, and reduce the production risk of the rice cultivation industry.

**Key words:** Rice, Adjustment of transplanting period, Water use efficiency, Adaptive production  
Accepted for publication: May 13, 2024

1. Contribution No. 572 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
2. Assistant Researcher, Researcher & Chief of Lucao Branch station, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.