

# 台中私 17 號低投入型耕作制度應用於飼料稻米生產之評估

江志峰<sup>1\*</sup>

## 摘要

溫度增高與日夜溫差減小是氣候改變趨勢，此變化對未來稻米的產業影響甚鉅。然而目前缺少建立當處於此種情境時的水稻生育階段模式，及為維持高產目標的適當的栽培診斷指標與技術措施。評估不同氣候條件與土壤特性，篩選適合品種，開發高單位面積產量之土壤管理與施肥技術，含土壤氮源診斷與營養管理等技術。包括台中私 17 號的地區性推廣 5 個粳秈水稻品種及 5 個不同氮肥等級 (0、90、150、210、270 kg/ha)，兩重覆共 50 個處理區試驗。依不同氣候區、區域性灌溉水質及品種於全省 6 個主要水稻生產區，進行 101-103 年 6 期次水稻新品種氮肥利用效率之田間試驗。結果顯示，從南至北水稻 6 個試驗區對於氮肥的增施其增產效果並不明顯，施氮量對稻穀中粗蛋白質的累積與產量的趨勢相似；氮肥偏生產力 (PFP) 隨氮肥的增加而降低，施用 90 kg N/ha 明顯高於施高氮區 (210、270 kg N/ha)。當因氣候變遷面臨氣溫增加，溫差縮小時，對於台中私 17 號品種的栽培可累積於稻穀的氮量高於糙米。資料也顯示，藉由土壤營養管理與改良，削減不同土壤中水稻對氮有效吸收的逆境，以提高地區性土壤氮供應力，配合氣候條件較增施氮肥更能實質增加台中私 17 號水稻品種的稻穀產量，以符合我國穀粒利用型的飼料稻發展策略。

**關鍵詞：**飼料稻米、土壤管理、氮利用效率。

## 前言

國內禽畜飼養業者所需求的飼料量相當大，目前大部分是自國外進口，由於國人飲食習慣的改變，飼料短缺的問題會愈來愈嚴重。由於飼料稻必須具有成本競爭力，高乾物質和營養產量是必不可少的 (Sakai *et al.*, 2003; Nakano *et al.*, 2008)。肥料三要素中，以氮對水稻的生長最為敏感，氮的管理成為飼料稻米栽培關鍵的技術，不同水稻品種氮的施用技術也不同。量化農田化肥氮的去向是研究其農學效應和環境效應的基礎。過去，這些研究大多侷限於對作物的回收、土壤中殘留氮和氮總損失的評估，雖然有些研究也涉及不同損失途徑的原位定量研究，但多數針對個別損失途徑 (如氨揮失或氮排放等)、農田化肥氮的去向 (作物回收、土壤中殘留與損失)，但不能給出通

1 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組 cfchiang@tari.gov.tw。

\* 通訊作者電子信箱：cfchiang@tari.gov.tw；電話：04-23317404。

過不同損失途徑的遷移通量與施用氮肥後農田生態系統中水稻的營養水準和氮損失量的提高程度以及土壤中氮的淨殘留量，因而難以較全面地同時定量評估化肥氮的農學效應與環境效應，更難以擴展到區域尺度（朱，2008）。因此需要進行點的完備整合，並建立模型，擴展到區域。目前氣候變遷對我國糧食產業發展衍生的問題，包括：

(一) 溫度增高與日夜溫差減小的氣候改變趨勢，此變化對未來稻米的產業影響甚鉅。

然而目前缺少建立當處於此種情境時的水稻生育階段模式，及為維持高產目標的適當的栽培診斷指標與技術措施。

(二) 評估不同氣候條件與土壤特性，篩選適合品種，開發高單位面積產量之土壤管理與施肥技術，包括土壤氮源診斷與營養管理等技術。

我國現階段以飼料稻米生產以低投入、高產量與高蛋白質含量為發展目標，為此，本研究本年度提出利用具可開發為飼料稻台中秈 17 品種在稻田生態系統中土壤氮素轉化和遷移規律、損失途徑及生態、環境效應，基本明確提出適合氮肥施用量，以作為開發調控水稻氮肥高效利用原理和方法的生物學資料依據。因此本計畫目標：

研發提高地區性土壤別之田塊自然供氮力，具發展潛力飼料稻米之單位面積乾物質產量的關鍵性管理技術。

1. 土壤供氮力：其中包括供應容量和供應強度。田間條件下，土壤供氮量是以無氮區在採樣時土壤已提供給作物的可利用態氮量作為量度的，其中包括已被作物吸收的氮量和土壤中尚未被作物吸收的速效態氮量。在作物成熟時，由於土壤中速效氮量很低，可以直接用作物吸氮量計作土壤供氮量。但實際上，其中包括了土壤來源氮和非土壤來源氮兩個部分，因此，嚴格說來，由此計得的土壤供氮量應是田塊自然供氮量 (Indigenous N)，而不是土壤供氮量 (Soil supply N)。基礎產量高的田塊，施肥所能達到的產量水平也較高。
2. 田塊自然供氮量的解析和預測：在用水稻進行的研究中，無論是培養法的礦化氮量，或是各種氮素有效性的化學萃取指標，均與盆栽試驗中的無氮區作物吸氮量之間有很高的相關性；但是，在許多水稻田間試驗中，這種相關性均很低，確定係數約為 0.3 或更低，只能達到半定量水平。其原因可能是：(1) 在田間條件下，影響土壤氮素礦化的因素多、變化大(例如，年度間和田塊間的水熱條件和耕作管理措施的變化等)；(2) 僅以耕層土壤的測試作為預測依據，忽視了下層土壤來源氮和非土壤來源氮的變異。

## 材料與方法

101 年與 102 年進行全國台中秈 17 號水稻品種田間試驗與 103 年進行 6 個台中秈 17 號水稻品種田間試驗，探討年度間的差異。103 年 6 個田間試驗由北至南地區及土

壤管理組類別，包括桃園新屋（細質地排水良好紅壤）、新竹竹北（非石灰性排水不完全沖積土）、本所霧峰試驗地（低台地淺層排水良好沖積土）、彰化田中（石灰性排水不完全沖積土）、花蓮玉里（片岩石灰性淺層排水不完全沖積土、屏東萬丹（石灰性排水良好沖積土），氮肥等級採 0、90、150、210、270 kg/ha 等 5 級，施氮處理分別於水稻移植前、分蘖始期（一期作移植後 15 天和二期作移植後 10 天）、最高分蘖期（一期作移植後 30 天和二期作移植後 20 天）、幼穗分化期（一期作移植後 56–70 天和二期作移植後 45–53 天）施用，每公頃重分別為總氮量之 25、20、15、40%或 40、20、15、25% 施用。磷鉀肥相同量，本年預計進行總計 12 期次田間試驗。同時進一步探討對稻米品質影響（包括產量與品質的關係），並進行成熟期水稻土壤與地上部植體氮含量分析。

(一)調查項目：

- (1)水稻成熟期植株地上部各部位含氮量及各種氮素利用率指標參數。
- (2)氣候資料(包括溫度、濕度、日照強度、最大風力等級)的收集。

(二)氮素利用率指標參數 (Dobermann, A.*et al.*,1999)

- (1)配因效率 (Partial factor productivity of applied nutrient, PFP)

$$PFP = Y/F \text{ or } PFP = (Y0/F) + AE$$

- (2)農藝效率 (Agronomic efficiency of applied nutrient)

$$AE = (Y - Y0)/F \text{ or } AE = RE \times PE$$

- (3)內部利用效率 (Internal utilization efficiency of a nutrient)

$$IE = Y/ U$$

- (4)生理利用效率 (Physiological Efficiency of applied N)

$$PE = (Y-Y0)/(U-U0)$$

F 養分 (肥料) 施用量 (kg/ha)

Y 養分施用作物的產量 (kg/ha)

Y0 無氮區作物的產量 (kg/ha)

U 試驗區施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

U0 試驗區不施肥後作物成熟期地上部吸收乾物質量 (kg/ha)

(三)統計分析方法

試驗結果利用 STATISTICA 9.0 統計分析軟體 (StatSoft Holdings Inc., 2009) 進行變方分析 ( $p < 0.05$ )，探討處理間平均值之間的差異。

## 結果與討論

### 兩年相同期作不同氮肥施用量對於產量的效應

將本年度 (103 年) 試驗資料與 101 年與 102 年一期作宜蘭三星、桃園新屋、台南東山、屏東市、屏東恆春及台中霧峰 6 個試區田不同氮肥施用量之台中秈 17 號水稻品

種於成熟期的產量進行年度間的比較，101 年與 102 年兩年度一期作均以屏東市的產量明顯高於其餘各試區，且年度間相同試區相對產量高低重覆性高，唯恆春試區於 102 年間較 101 年產量高約 25%，由於地理位置的關係，一期作水稻生長期間氣象因子的變化常較其它試區明顯，是造成年度間產量差異的主因（如圖 1），尤其對於台中秈 17 號水稻品種此類的秈稻品型更為敏感。相同試區不同氮肥施用量之產量表現並不明顯。宜蘭三星試區兩年度一期作維持 7000 kg/ha 以上的水準較新屋試區高約 27%，對台中秈 17 號水稻品種而言具有推廣潛力的地區。

101 年和 102 年一期作試驗其中屏東恆春與台中霧峰兩試區採相同移植時間，但收穫時間不同的屏東恆春與台中霧峰兩試區，生長期間平均日積溫與日射量等氣象條件也有所差異，其中 102 年稻穀產量於完熟期間屏東恆春高於台中霧峰試區 ( $P < 0.05$ )，101 年台中霧峰試區高於屏東恆春試區，但不顯著。

101 年二期作台中秈 17 號於桃園新屋、台中霧峰及台南東山 3 個試區的不同氮肥施用量的稻穀產量效應，對於產量及構成要素的表現如表 1，相同施氮等級隨水稻氣候生態區的差異而呈現台南東山 > 台中霧峰 > 桃園新屋，主要差異在於各試區一穗粒數的表現，但隨施氮量等級稻穀產量增加的趨勢並無規則性，桃園新屋與台南東山相較，桃園新屋試區施用 150 kg N/ha 時一穗粒數為最高，但稻穀產量僅較台南東山減少 56% 與無氮區相當。相同試區稻穀產量均隨施氮量的增加而增加的趨勢，但增加的趨勢也不一致，台中霧峰、台南東山試區稻穀產量以 270 kg N/ha 為最高，桃園新屋以 210 kg N/ha，但兩個施氮等級間並無明顯差異。

### 不同氮肥施用量對於氮素累積與轉運

水稻體內氮素傳輸和分配機理與乾物質累積與分配（生產）的過程相似。水稻生育前期的氮素分配中心主要是營養器官，即葉片、莖鞘和根，水稻吸收的氮素量與水稻葉片顏色有直觀表現，葉色較暗（深綠）及含氮量較多，反映稻株以氮代謝為主，光合產物用於新生器官生長，儲存少。中期分配中心開始向穗部轉移，後期的分配中心是生殖器官。穗的氮素既有新吸收的部份，又有包括抽穗前儲藏在莖鞘中氮素再分配到穗中的。抽穗期至成熟期的氮素累積量與產量呈拋物線關係。不同氮肥施用量對於氮素累積與轉運，如表 2 桃園新屋無氮區的穗部氮素的累積含量佔地上部氮素的累積含量約 59.5% 低於台南東山試區的 72.9%，施用 270 kg N/ha 也是新屋試區 49.2% 低於東山試區的 70.9%，但對於穗部中糙米氮素的累積率，新屋試區無論是無氮區 (87.7%) 或施用 270 kg N/ha 的處理 (82.1%) 也均高於東山試區無氮區 (80.2%) 或施用 270 kg N/ha 的處理 (76.7%)。

### 不同氮肥施用量對於氮肥利用效率的影響

101 年和 102 年一期作台中秈 17 號品種於 6 個不同氣候試區其不同氮肥等級處理對配因效率 (PFP) 和農藝效率 (AE) 的影響，如圖 2 及圖 3，各試區於 101 年與 102 年的 PFP 並無明顯的不同 ( $p < 0.05$ )，但 AE 則有區域間的差異，顯示區域內田塊自然供氮力 (Indigenous N supply) 為兩年度水稻氣候改變而氮肥利用效率變化的主要因子。

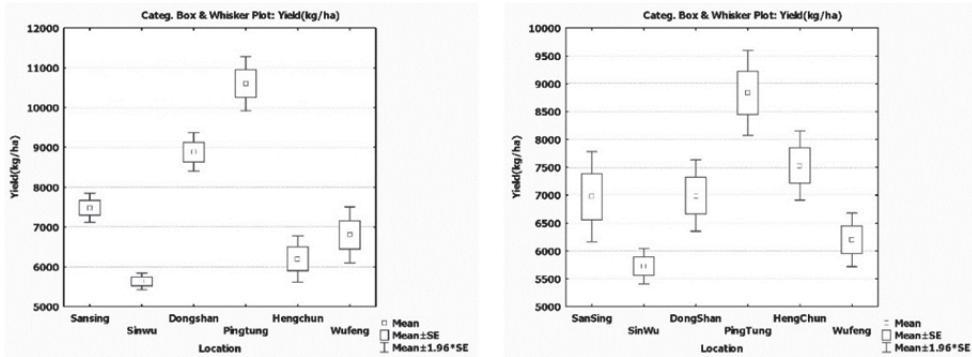


圖 1. 101 年(左)和 102 年(右)一期作台中秈 17 號品種於不同氮肥等級處理 6 個不同氣候試區之產量效應

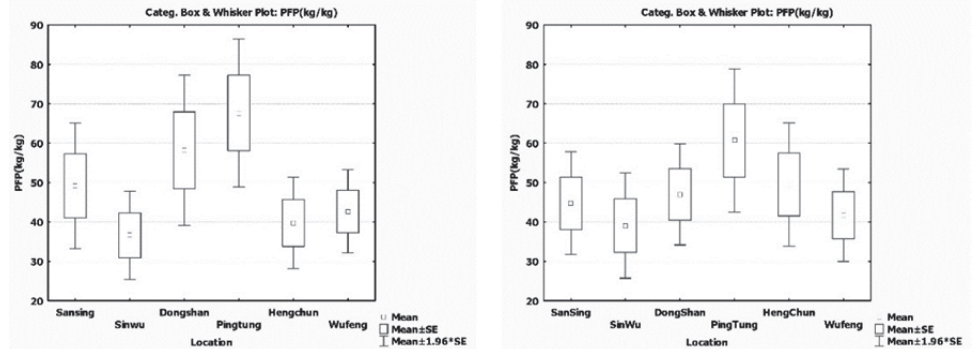


圖 2. 101 年(左)和 102 年(右)一期作台中秈 17 號品種於 6 個不同氣候試區其不同氮肥等級處理對配因效率 (PFP) 的影響

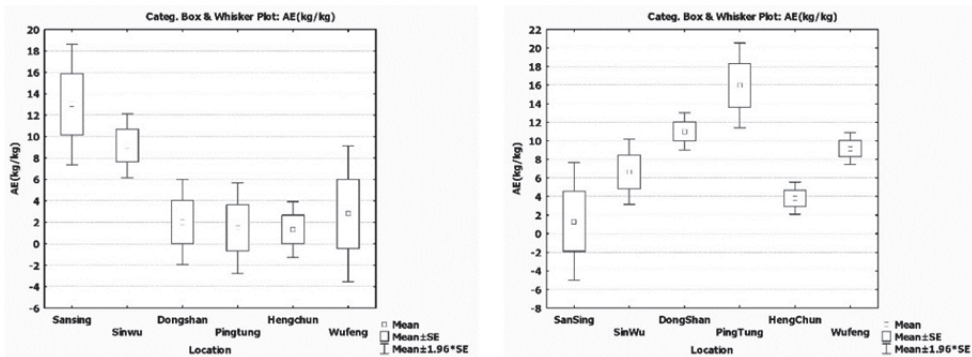


圖 3. 101 年(左)和 102 年(右)一期作台中秈 17 號品種於 6 個不同氣候試區其不同氮肥等級處理對農藝效率 (AE) 的影響

101 年二期作南部東山低台地細質地排水良好沖積土 (T1a) 與北部新屋細質地排水良好紅壤 (R1a) 試區生產台中秈 17 號飼料稻米，氮肥內部利用效率 (IE) 和生理利用效率 (PE) 對稻穀產量與氮素累積的表現，如圖 4，相同施氮量等級的氮肥內部利用效率以東山試區較新屋試區高，但新屋試區內氮肥施用 150 kg N/ha 的生理利用效率明顯高於其他施氮等級，也較東山試區為高，試區內稻穀產量隨氮肥施用量呈增加的趨勢。由以上試驗測定結果，可獲初步結論，新屋試區以現有栽培管理，以施用 150 kg N/ha 雖可增加氮肥利用效率，達一定水準的稻穀產量，但無改良紅壤對於生產諸多限制時，如強酸性造成養分供應不平衡，很難發揮現有生產潛力。

### 浸水栽培下水稻的需氮特徵

水稻吸收的養分有相當一部分是由土壤供給，其供給量主要取決於土壤養分的貯存量及供應量即其有效狀況及供應容量。供應容量和土壤中的有機質含量、母質成分及灌溉水質等狀況有關，根據定址養分的管理模式 (sit-specific nutrient management, SSNM) 通過對所輸入數據綜合分析後為農民提供更為經濟有效的施肥推薦。該系統的輸入項包括土壤氮磷鉀的有效供應量、產量、稻草帶走的養分量、上季作物施肥量、當地稻穀價格以及微量元素養分缺乏臨界值 (Cassman, K. G. *et al.*, 1998)，農田生態系統中的氮素，不僅要考慮高產出，低成本，同時必須考慮提高投入的氮效率，減少氮的非生產損耗。氮肥在低用量和合理施氮情況下，並不至於對環境造成巨大危害，但用量過高就會有害。將 103 年一期作桃園新屋 (細質地排水良好紅壤)、新竹竹北 (非石灰性排水不完全沖積土)、本所霧峰試驗地 (低台地淺層排水良好沖積土)、彰化田中 (石灰性排水不完全沖積土)、花蓮玉里 (片岩石灰性淺層排水不完全沖積土、屏東萬丹 (石灰性排水良好沖積土) 以台中秈 17 號水稻栽培種為試驗材料，氮肥等級採 0、90、150、210、270 kg N/ha 等 5 級，6 個試區田不同氮肥施用量之台中秈 17 號水稻品種於成熟期的產量進行年度間的比較，結果各區的試驗顯示，各等級施氮量間的增產率並無明顯的差異，如圖 5，6 個試區最高產量的施氮量並不相同，考慮最高產量和氮吸收利用率的試驗資料，各區一期作可將最高產量時的施氮量減少 20–38%，達到各試區土壤施氮肥時的最高利用率。

### 石灰質土壤氮素供應力與微量元素缺乏臨界值推論

一般石灰性土壤常有微量元素缺乏的問題而影響氮的供應，對於土壤殘留氮與水稻吸收情形，對兩試區不同土壤氮供應力而言，恆春試區細質地石灰質土壤明顯低於霧峰試區淺層低台地沖積土，檢討土壤有效營養元素含量與供應力的關係，可能由於石灰質土壤有效鋅含量低，成為水稻吸收氮素的限制因子，降低肥效。試驗數據顯示，當石灰質土壤的有效性鋅 < 12 mg/kg 時，水稻容易出現缺鋅症狀，降低台中秈 17 號品種的氮肥效應，如圖 6。對於不同土壤氮供應力而言，應加強農田土壤的檢測與診斷，並針對不同土壤營養障礙加以改良，使其發揮最大的養分供應力。

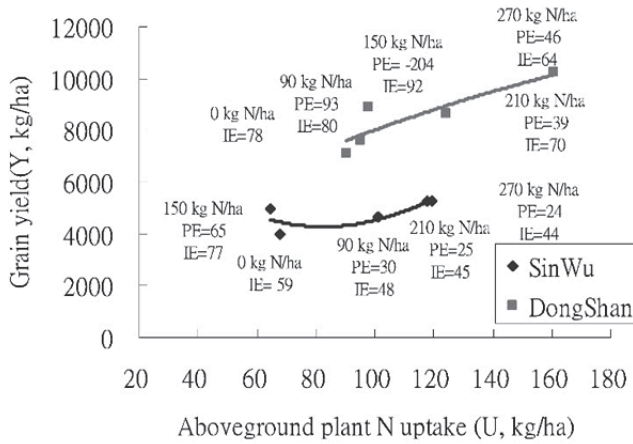


圖 4. 不同氮肥等級對台中秈 17 號於東山和新屋試區之水稻地上部累積與氮肥內部利用效率 (IE) 與生理利用率 (PE) 的表現

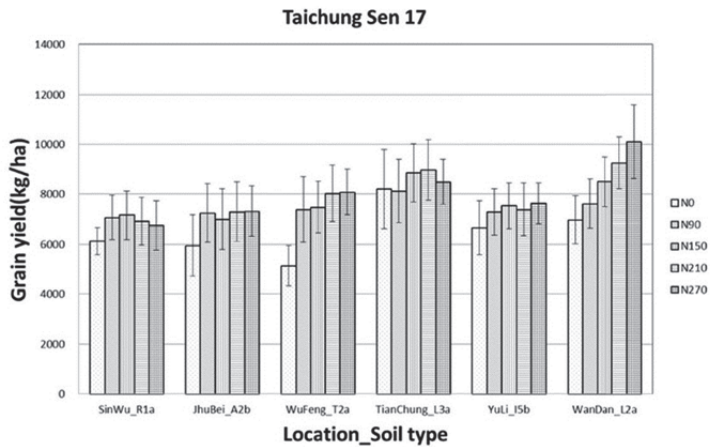


圖 5. 103 年一期作 6 個試區不同土壤類別不同等級施氮量對於台中秈 17 號水稻稻穀產量表現

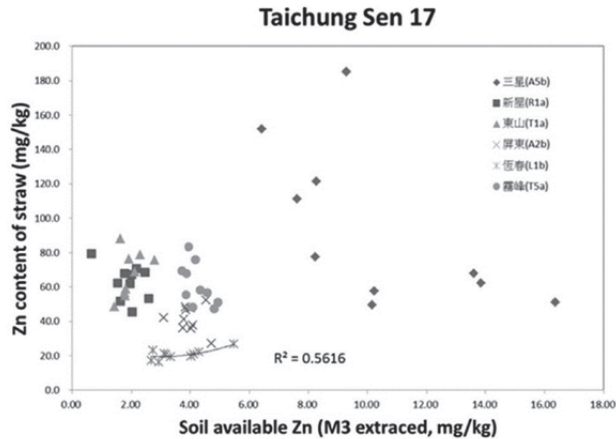


圖 6. 不同試區與土壤殘留鋅與台中秈 17 號水稻品種稻稈中鋅濃度含量關係

表 1. 不同氮肥等級處理對台中秈 17 號水稻品種於 3 試區之產量與產量構成因子(2<sup>nd</sup> crop, 2012)

Location	N application (kg/ha)	Plant height (cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100-grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)	Harvest index (%)
SinWu	0	69 <sup>x</sup> (10 <sup>y</sup> )	16(3)	39(14)	3.26(0.20)	96(2)	3983(807)	42(10)
	90	75(7)	18(2)	42(6)	3.16(0.27)	95(0)	4655(766)	36(8)
	150	80(11)	18(3)	45(26)	2.72(0.30)	94(3)	4944(723)	45(4)
	210	79(8)	19(2)	40(11)	3.20(0.08)	94(1)	5288(97)	35(3)
	270	84(6)	19(0)	43(16)	3.11(0.04)	93(1)	5246(462)	42(14)
WuFeng	0	91(0)	15(1)	71(7)	3.27(0.04)	97(1)	5186(638)	55(0)
	90	96(1)	18(1)	76(8)	3.33(0.05)	94(0)	6615(351)	54(2)
	150	96(0)	19(0)	86(8)	3.34(0.04)	96(2)	6758(230)	58(0)
	210	98(3)	20(0)	67(1)	3.31(0.04)	94(1)	7399(126)	53(6)
	270	95(1)	19(0)	71(9)	3.28(0.07)	92(4)	7432(70)	53(3)
DongShan	0	81(3)	16(1)	87(7)	3.25(0.07)	97(0)	7090(324)	61(1)
	90	87(2)	17(1)	87(13)	3.27(0.07)	96(1)	7620(435)	63(4)
	150	83(0)	18(0)	82(0)	3.24(0.07)	95(0)	8852(221)	62(1)
	210	86(2)	20(2)	88(7)	3.26(0.06)	94(1)	8651(1329)	65(4)
	270	92(5)	21(0)	88(1)	3.42(0.05)	98(0)	10198(899)	61(0)

<sup>x</sup>: average of replicate    <sup>y</sup>: standard deviation of replicate.

表 2. 不同氮肥等級處理對台中秈 17 號水稻品種於 3 試區之氮素吸收累積與轉運(2<sup>nd</sup> crop, 2012)

Location	N application (kg/ha)	Total leaves accumulated N (mg/hill)	Panicle		Total	Total
			Total brown accumulated N (mg/hill)	Total husk accumulated N (mg/hill)		
SinWu	0	172 <sup>x</sup> (36 <sup>y</sup> )	222(55)	32(4)	253	425
	90	333(154)	266(3)	34(3)	300	633
	150	153(64)	223(17)	29(4)	253	406
	210	403(85)	290(42)	45(13)	334	737
	270	380(129)	302(100)	66(24)	368	748
WuFeng	0	146(36)	294(100)	43(7)	338	483
	90	214(48)	314(61)	91(9)	405	619
	150	179(38)	342(41)	104(76)	446	625
	210	249(81)	362(25)	106(11)	467	717
	270	284(34)	401(139)	111(15)	512	796
DongShan	0	154(8)	332(9)	82(6)	414	568
	90	158(16)	359(24)	78(13)	437	596
	150	162(26)	359(38)	91(21)	451	613
	210	187(0)	475(116)	118(34)	594	781
	270	294(14)	549(40)	166(21)	716	1010

<sup>x</sup> average of replicate.

<sup>y</sup> standard deviation of replicate.



## 參考文獻

- 朱兆良. 2008. 'Research on soil nitrogen in China.' *Acta Pedologica Sinica*. 45(5).
- Cassman, K. G., Peng, S. B., Olk, D. C., Ladha, J. K., Reichardt, W., Dobermann, A., & Singh, U. 1998. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. *Field Crops Res.* 56:7–39.
- Dobermann, A., White, P. F. 1999. Strategies for nutrient management in irrigated and rainfed lowland rice systems. *Nutr. Cycl. Agroecosystems*. 53:1–18.
- Hossain, M. F., White, S. K., Elahi, S. F., Sultana, N., Choudhury, M. H. K., Alam, Q. K., Rother, J. A., & Gaunt, J. L. 2005. The efficiency of nitrogen fertilizer for rice in Bangladeshi farmers' fields. *Field Crops Res.* 93:94–107.
- Jiang, L. G., Jiang, T. B. D. 2004. Characterizing physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. *Field Crops Res.* 88:239–250.
- Nakano, H., Morita, S. 2007. Effects of twice harvesting on total dry matter yield of rice. *Field Crops Res.* 101:269–275.
- Nakano, H., Hattori, I., Sato, k., & Morita, S. 2009. Effects of double harvesting on estimated total digestible nutrient yield of forage rice. *Field Crops Res.* 114:386–395.
- Nakano, H., Morita, S., Hattori, I., & Sato, k. 2008. Effects of planting time and cultivar on dry matter yield and estimated total digestible nutrient content of forage rice in southwestern Japan. *Field Crops Res.* 105:116–123.
- Nakano, H., Morita, S. 2008. Effect of time of first harvest, total amount of nitrogen, and nitrogen application method on total dry matter yield in twice harvesting of rice. *Field Crops Res.* 105:40–47.
- Witt, C., Dobermann, A., Abdulrachman, S., Gines, H. C., Wang, G., Nagarajan, R., Satawatananont, S., Tran, Thuc Son, Pham Sy Tan, Le van Tiem, Simbahan, G. C., & Olk D. C. 1999. Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Res.* 63:113–138.

# Studies on the Low-input Farming System of Yield of Forage Rice of Taichung Sen 17

Chih-Feng Chiang<sup>1\*</sup>

## Abstract

It's self-produced a serious shortage of feed supply source, a large number of imports each year, cultivation of forage rice technology developed to address the shortage of self-produced feed and stable feed production. From the fallow fields (including: low-yielding rice fields, marginal land) of the soil characteristics to start with selection of suitable varieties, development of high yield per unit area of soil management and fertilization techniques, including diagnosis and soil nutrient management technologies. The variety and nitrogen (N) management play a vital role in rice production and nitrogen use efficiency (NUE). In order to optimize N application patterns for variety of Taichung sen 17 of rice, we have conducted fertilization experiments with five N applied rates, include 0, 90, 150, 210 and 270 kgNha<sup>-1</sup> in 6 locations in Taiwan. The establishment of the forage rice production adjustment mechanism, enhance the active use of paddy fields. The results reveal effect of sit and applied rate of N on grain yield for variety of Taichung sen 17 were significant ( $p < 0.05$ ). The N efficiency was highest under applied rate of 90 kgNha<sup>-1</sup> among various applied rates. The higher mean temperature has significant effect on the transfer and accumulation of biomass and nitrogen to panicle of most experiments. Nevertheless, the higher mean temperature decrease the transfer of those to the grain.

**Keywords:** Forage Rice, Soil Management, Nitrogen Use Efficiency.

---

1 Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture Executive Yuan.

\* Corresponding Author, Email: cfchiang@tari.gov.tw; Tel: 04-23317404.