氮肥用量對水稻產量之影響[1]

賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾[2]

摘　要

本試驗在探討五種氮肥用量(0、90、150、210及270 kg N ha^{-1})對水稻產量之影響，找出最高產量90%之氮肥用量，並以迴歸分析求得氮肥施用量與最高產量的關係，期能降低化學肥料之用量。試驗第一期作於臺中市大雅區進行，爲砂頁岩非石灰性老沖積土，水稻供試品種爲台農71號；第二期作於大雅區紅壤土進行，水稻供試品種爲臺南11號。經二次式迴歸分析結果顯示，最高產量90%之氮肥用量，以130 kg N ha^{-1} (125-139 kg N ha^{-1}範圍)，可生產稻穀7,000 kg ha^{-1}，足夠水稻全生育期之養分(r值爲0.62**, P ≦ 0.05, n = 20)，故本地區水稻氮肥推薦量爲每公頃130 kg。糙米之氮含量隨著氮肥用量而增加，鉀含量則相反，隨著氮肥用量增加而減少，顯示氮肥用量會影響糙米品質。

關鍵字：水稻、氮肥、產量。

前　言

水稻生產者需要將品種、栽培技術及氣候條件等三因素作良好的配合，才能獲得最高的單位面積產量，同時在相同的人力、物力投資下，稻穀的生產量愈多，則利潤愈高(4)。三要素肥料之投入以氮肥爲促進水稻生育最有效之肥料，多施氮肥會使水稻株高伸長及分蘗數增多。栽培水稻的最終產物是稻穀，施用高量氮肥致使水稻分蘗數增多而植株抽穗成熟期參差不齊，形成米的澱粉不足，使穀粒充實度下降，空穀粒增加，稔實率降低，對產量、米質都有不利影響，並且增施氮肥量提高水稻植株易倒伏及誘病之風險(10)。現今水稻肥培管理之氮用量爲滿足水稻生育期養分所需，且水稻不倒伏及不誘發病蟲害發生範圍內，自行加以調整，均有施用量過多的現象。爲獲得高產、米質佳與收益，應加強水稻合理化施肥，減少氮肥施用量。臺灣各地區土壤普遍缺乏氮，在相同水稻品種條件，對於氮肥效應最大，一般稻田氮用量約在100~210 kg ha^{-1}之間(19)。據黃等人(11)之研究顯示，不同土壤需要不同氮用量，而底土質地不同，則氮肥用量亦異，底土質地愈粗，需氮量愈大。臺灣地區一、二期作水稻產量差異懸殊，除與氣象條件及品種有關，在營養管理上，顯示氮肥之施用過量及施用時期不當情形。水稻施肥技術之關鍵在氮肥之施用，而氮肥之需要性，受土壤間差異之影響很大(14)。本試驗之目的爲探討臺中地區水稻稻穀生產水準下之氮肥用量，做爲水稻栽培氮用量推薦依據，並提供農民栽培水稻施肥之參考。

---

[1] 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0783 號。

[2] 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員。

材料與方法

田間設計及肥培管理

針對水稻氮需要用量分爲五級處理(表一)，2011年第一期作於臺中市大雅區上楓里進行田間試驗，其土壤爲砂頁岩非石灰性沖積土上楓樹系(TSg)[13]；第二期作於大雅區紅壤土陳厝寮系(CCe)[13]，兩個試區土壤均爲坋質壤土[1]，試驗前之土壤肥力性質如表二所示。試驗採用逢機完全區集設計，五處理，四重複，計20小區，小區面積3 m × 10 m = 30 m^2。種植之水稻品種第一期作爲台農71號，第二期作爲臺南11號。化學氮肥用量分五級，分別爲0、90、150、210及270 kg N ha^{-1}。磷、鉀用量依照當地條件及土壤速測結果推薦，磷肥用量爲30 kg P_2O_5 ha^{-1}、鉀肥用量爲30 kg K_2O ha^{-1}。肥料施用法依作物施肥手冊[2]推薦法行之。氮肥以硫酸銨分別於基肥25%、插秧後一期作15天，二期作10天施第一次追肥20%、插秧後一期作30天，二期作20天施第二次追肥30%及穗肥25%施用，磷肥全量於基肥以過磷酸鈣施用，鉀肥以氯化鉀分別於第一次追肥40%、第二次追肥60%予以施用。

表一、試驗處理
Table 1. Fertilization treatments

Treatment	Application rate
N 0	0 kg N ha-1
N 90	90 kg N ha-1
N 150	150 kg N ha-1
N 210	210 kg N ha-1
N 270	270 kg N ha-1

表二、試區一般土壤性質
Table 2. Soil properties of experimental plot

Soil series	pH 1：1 Soil：H_2O	EC 1：1 dS m^{-1}	OM g kg^{-1}	Bray-1 P	Exchangeable cation K	Ca	Mg
				mg kg^{-1}			
TSg[1]	5.42	0.51	29	64	98	618	113
CCe	6.09	0.23	20	49	60	794	106

[1] TSg: ShangfengShu Series. CCe: Chentsoliao Series.

調查及分析項目

水稻植株樣本係於成熟期以逢機方式每小區採取二株，清洗後以70℃烘乾磨粉，分析水稻植體要素含量。氮之定量以濃硫酸消化分解後，用微量擴散法測定，磷、鉀、鈣、鎂之測定則先用硝酸、硫酸與過氯酸(4:1:1)等三酸混合液分解，磷用鉬黃法定量，鉀用焰光分析法，鈣及鎂則用原子吸光法測定[3,8]。土壤樣本於種植前及收穫時以隨機分別採取表土(0~20 cm)，

風乾、碎土、過篩(2 mm)。pH值以玻璃電極法測定水：土(v : w) = 1 : 1[7]、有機質以Walkley-Black法測定[18]、有效性磷以白雷氏第1法(Bray P1 Method)測定[18]、交換性鉀、鈣、鎂以1 M中性醋酸銨萃取，再以原子吸收光譜儀或火焰光度計測定[17]。水稻生育期及成熟期分別調查農藝性狀及產量等資料先做變方分析後，再以Duncan 最小顯著變域法比較處理之變異性[12]。

結果與討論

氮肥用量對土壤性質之影響

第一期作於臺中市大雅區上楓里砂頁岩沖積土之稻田，增施氮肥(硫酸銨)後，土壤電導度(EC值)較無氮區提高0.19~0.34 dS m^{-1} (表三)；施用氮肥後土壤pH值下降0.06~0.14單位；土壤有機質含量亦減少0.1~0.7 g kg^{-1}；土壤鉀含量降低13~26 mg kg^{-1}；土壤鎂含量降低2~14 mg kg^{-1}；而土壤交換性鈣含量則增加44~77 mg kg^{-1}，但各處理間並未達顯著差異。第二期作於臺中市大雅區大肚山脈水田化紅壤土之稻田施用氮肥後，顯示增施氮肥之N210及N270之處理，較對照區之土壤pH值降低0.21~0.25單位；土壤電導度則提高0.02~0.05 dS m^{-1}，土壤鉀含量亦降低9~10 mg kg^{-1}；土壤鎂含量降低7~8 mg kg^{-1}。顯示施用不同量之氮肥後，除提供水稻生育所需之氮外，對土壤肥力反應會降低養分有效性，使土壤酸鹼度(pH值)呈下降趨勢，但此差異未達顯著水準。據羅等[16]研究指出於強酸性土壤，凡不施穗肥者均使水稻減產，而施穗肥者，則產量隨著施用量多少而增減。

表三、氮肥用量對水稻收穫後土壤肥力之影響

Table 3. Effect of nitrogen levels on the fertility of soil after harvesivy of rice plants

Crop	Treatment Nitrogen (kg N ha^{-1})	pH 1：1 Soil:H_2O	EC 1：1 dSm^{-1}	OM g kg^{-1}	Bray-1 P	Exchangeable Cation K	Ca	Mg
					mg kg^{-1}			
1st crop	N0	4.61a[1]	1.34b	33a	118a	177a	910a	109a
	N90	4.54a	1.68a	33a	112a	164a	955a	107a
	N150	4.55a	1.53ab	32a	111a	151a	987a	109a
	N210	4.49a	1.57ab	33a	117a	161a	973a	107a
	N270	4.47a	1.54ab	33a	123a	155a	954a	95a
2nd crop	N0	6.15a	0.22b	19a	60a	59a	1,027a	131a
	N90	6.20a	0.22b	20a	61a	54a	1,023a	127a
	N150	6.04a	0.25ab	19a	69a	49a	1,019a	128a
	N210	5.94a	0.27a	20a	65a	49a	1,022a	124a
	N270	5.90a	0.24ab	19a	62a	50a	1,029a	123a

[1] Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leqq 0.05$).

氮肥用量對水稻生育之效果

水稻生育期分蘗數及穗數調查結果(表四)顯示，第一期作插秧後40天之生育調查顯示，以N270及N210兩處理較對照處理之分蘗數增加較多，其次爲施用N150及N90之處理，且處理間差異顯著。成熟期(110天)與插秧後40天時之分蘗數(穗數)分布有相同趨勢。第二期作插秧後30天時顯示，以施N270處理分蘗數較對照處理增加最多，其次爲N210及N150兩處理，而以N90處理增加的程度較小，處理間顯著差異。成熟期(100天)調查以施N270處理穗數較對照處理增加的數量最多，其次施N210及N150處理，而以N90處理的增加量較少，且處理間有顯著差異。據宋[4]之研究，施肥量增加，可增加水稻穗數或一穗粒數。林[5]之研究顯示，施氮肥量120 kg ha^{-1}之一期作水稻分蘗數比施氮肥量60 kg ha^{-1}者多10%，可見提高氮肥用量有提高水稻分蘗數之效果。

表四、氮肥用量對水稻株高及分蘗之影響

Table 4. Effect of nitrogen levels on rice plant height and tiller number

			N0[1]	N90	N150	N210	N270
1st crop	40 DAT[2]	Plant height (cm)	65c[3]	70b	72ab	74a	75a
		Tiller (number)	25c	30bc	34ab	33b	38a
	Maturity stage	Plant height (cm)	98c	98c	110b	109b	114a
		Panicle number	21c	22b	23b	25ab	27a
	Effective tiller (%)		84	75	69	76	70
2nd crop	30 DAT[2]	Plant height (cm)	57b	63a	66a	66a	66a
		Tiller (number)	15d	19c	21b	22ab	26a
	Maturity stage	Plant height (cm)	82c	90b	94a	96a	96a
		Panicle number	14d	17c	21b	22b	25a
	Effective tiller (%)		93	94	98	100	96

[1] The same as Table 1.

[2] 30 DAT: 30 days after transplanting, 40 DAT: 40 days after transplanting.

[3] Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

表四顯示，水稻之有效分蘗率(成熟期穗數/插秧後40天之分蘗數)，施氮肥處理之平均值(72%)較對照組(84%)低甚多。可能與本試區土壤肥力之狀況佳，又因臨近上楓社區，當污水放流時，不慎之引灌造成對照處理的水稻，在插秧40天之分蘗數就高達20支以上，且增施不同用量氮肥之處理，亦徒增水稻無效分蘗數高達7.5~11.6支。第二期作水稻有效分蘗率(成熟期穗數/插秧後第二期作30天分蘗數)以施氮肥處理之平均(97%)較對照處理(93%)高。顯示第二期作試驗田區之灌溉水(地下水)的肥分較低，而不至於影響水稻植株之生育及分蘗數，各處理之有效分蘗率高達九成以上。羅等人[15]之研究指出，在水稻初期生長對氮肥反應敏感之土壤，應少施氮肥以降低無效分蘗，而保持適當分蘗數，在生長後期給予適當養分管理。

不同生育期株高調查結果顯示(表四)，第一期作插秧後40天生育調查以施N270及N210處理株高較高，其次爲N150及N90處理均顯著較對照(N0)高。成熟期之株高以N270處理者最高，其次爲N210和N150處理，而以N90和N0的株高較低。施用氮肥之處理的水稻平均株高(108 cm)較對照處理增高約10 cm；顯示增施氮肥促進水稻對氮吸收，致株高增高，惟收穫前因受氣候影響而造成N210及N270之處理的水稻植株倒伏產量降低。本地區種植之水稻氮肥施用量在90~150 kg N ha^{-1}間，即足夠生育所需。第二期作在插秧後30天生育調查結果顯示，氮肥施用可使水稻增高，但不同氮肥用量與水稻株高間並無顯著相關。成熟期之株高以施N270、N210及N150處理顯著較高，而施N90處理之株高次之，但亦顯著高於對照組者。由此可知，施不同量氮肥使二期作水稻株高之增加，若逢聖嬰年氣候異常時，可減少氮肥用量以避免倒伏所造成稻穀產量及稻米品質的下降。

氮肥用量對水稻產量之影響

表五顯示，各處理之稻穀產量，其中第一期作以N90、N150和N210處理之產量顯著高於未施氮肥之對照組，但三處理之水稻產量間無顯著差異。施用N270處理之水稻產量反而較低，而與對照組相近。由此推知，本試驗地之第一期作臺農71號水稻的氮肥施用量介於90~150 kg即可達較高產量。第二期作之稻穀產量以施N270及N210處理顯著較高，再依次爲N150、N90和N0，且各處理間呈顯著差異。顯示本試驗區第二期作臺南11號之稻穀產量隨氮肥用量的增加而增高。

表五、氮肥用量對水稻產量之關係

Table 5. Effect of nitrogen level on rice yield

		N0[1]	N90	N150	N210	N270
1st crop	Grain yield (kg ha^{-1})	6,599b[2]	7,333a	7,200a	7,308a	6,566b
	Index (%)[2]	100	111	109	111	100
	Straw yield (kg ha^{-1})	5,494d	6,351bc	5,740cd	7,259a	6,881ab
	Index (%)	100	116	105	132	125
	Grain straw ratio	1.20	1.15	1.25	1.01	0.95
2nd crop	Grain yield (kg ha^{-1})	5,305d	6,686c	7,208b	7,583a	7,672a
	Index (%)	100	126	136	143	145
	Straw yield (kg ha^{-1})	6,160d	7,820c	8,351b	9,187a	9,208a
	Index (%)	100	127	136	149	150
	Grain straw ratio	0.86	0.85	0.86	0.83	0.83

[1] The same as Table 1.

[2] Index = (yield of each treatment/yield of No) × 100.

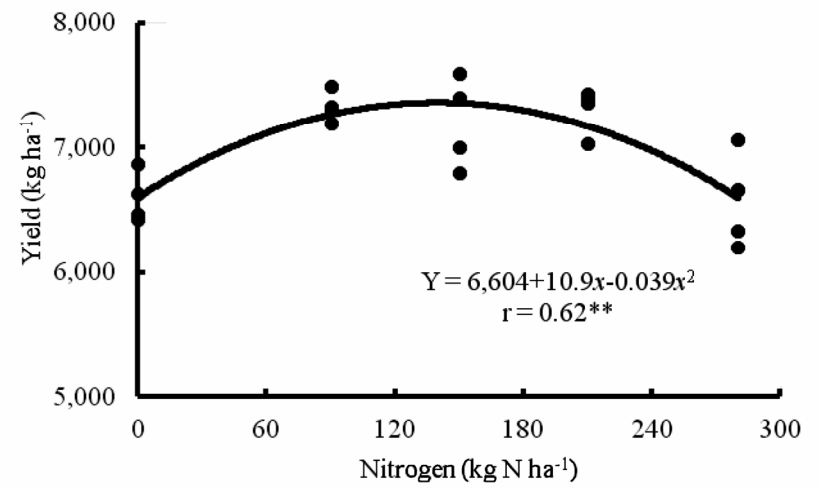
[3] Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leq 0.05$).

表五顯示第一期作N210及N270 (重氮)處理之稻草產量較對照組平均增產29%，N90 (低氮)處理之稻草產量則較對照組增產約16%。第二期作稻草產量以N270及N210處理較對照組分別

增產50及49%，而N90則較對照處理增產27%，各處理間有顯著差異；顯示氮肥用量對稻草增產效果與稻穀相似。

臺中地區砂頁岩沖積土之稻田氮肥需要量，第一期作以每公頃氮90~150 kg之用量足可提供臺農71號水稻生育所需之養分。90~150 kg N ha^{-1}用量即可產出7,267 kg ha^{-1}之稻穀，且較N0處理增產10%；其稻草平均產量(6,045 kg ha^{-1})則較N0處理增產10%。第二期作於紅壤水田，每公頃氮高達200 kg時，臺南11號水稻產量高達7,500 kg，顯示第二期作因雨量減少，若增加氮肥用量，則有助稻穀增產。因此，水稻的氮肥施用，宜隨氣候變化、水稻植株生長所需與葉片姿態靈活調整用量。

圖一爲氮肥用量與水稻稻穀產量之二次迴歸分析結果，顯示兩者之間呈極顯著相關。以稻穀最高產量(7,364 kg ha^{-1})之氮肥施用量爲依歸，以迴歸程式求得最高產量的90%之氮肥用量，爲125~139 kg N ha^{-1}。據黃等人[9]之研究指出，一般平地之水稻一期作的氮肥推薦量約爲120~140 kg N ha^{-1}。由此推之，130 kg N ha^{-1}氮肥施用量已足夠水稻生長所需，而一般農民高達200 kg N ha^{-1}以上，應屬過量。



圖一、氮肥用量對水稻產量之相關。
Fig. 1. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amounts and rice yield.

氮肥用量對糙米無機養分含量之關係

糙米之養分含量如表六所示。第一期作糙米之氮含量以施用N210及N270處理(重氮區)顯著較高，再依次爲N150、N90和N0，且處理間有顯著差異。第二期作之糙米氮含量以N210及N270處理顯著較高，顯示水稻生育期間，施氮肥會增加水稻氮吸收量，此與林[5]研究結果一致；即稻穀氮含量隨著氮肥用量增加而增加，且一期作者比二期作者高。另，邱等人[6]之研究顯示，晚施及過量施用氮肥，會使水稻氮吸收量增加，植株生長旺盛而易致倒伏且影響稻米品質。

表六、氮肥用量對糙米養分之影響

Table 6. Effect of nitrogen level on the nutrient contents of brown rice

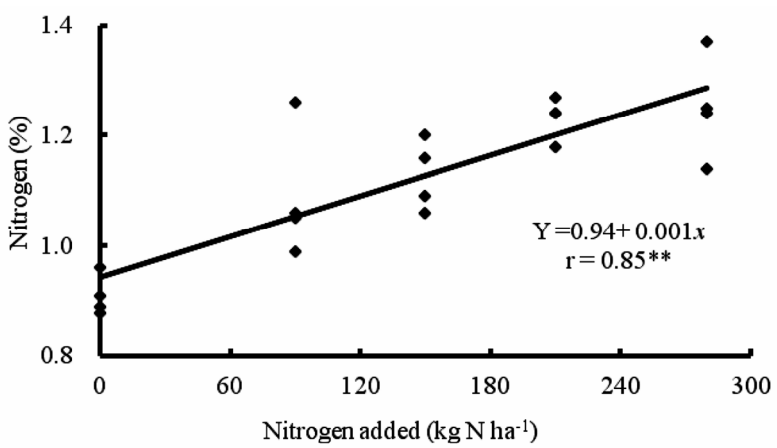
	Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	Nitrogen (Kg N ha^{-1})	g kg^{-1}					mg kg^{-1}			
1st crop	N0[1]	9.5d[2]	2.8a	2.7a	2.6a	1.3a	3.0c	18a	31a	16a
	N90	11.0c	2.6a	2.5ab	2.9a	1.3a	3.8ab	17a	30a	16a
	N150	12.3b	2.7a	2.5ab	2.8a	1.3a	3.5b	16a	29a	15a
	N210	12.6ab	2.5a	2.4b	3.0a	1.3a	4.0a	16a	30a	16a
	N270	13.5a	2.5a	2.4b	2.2a	1.2a	4.0a	16a	31a	16a
2nd crop	N0	6.9b	0.8a	0.6a	2.1ab	0.7a	4.5a	4a	15a	12a
	N90	7.5b	0.8a	0.6a	1.8b	0.6a	4.0a	4a	14a	12a
	N150	8.8ab	0.8a	0.6a	3.1a	0.7a	4.5a	5a	13a	12a
	N210	10.0a	0.9a	0.7a	1.1b	0.5a	4.5a	6a	13a	13a
	N270	10.6a	0.8a	0.6a	2.0b	0.7a	5.0a	7a	13a	12a

[1] The same as Table 1.

[2] Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \leqq 0.05$).

糙米之鉀含量以對照組最高，其次爲N90及N150處理，而N210及N270處理(重氮區)之糙米鉀含量較低，且處理間達顯著差異。糙米之氮含量隨著氮肥用量增加而增加，但糙米之鉀含量則反之，係隨著氮肥用量增加而有減少之趨勢。

本試驗中氮肥施用量處理包括五級(0、90、150、210及270 kg N ha^{-1})，第一期作的氮肥用量與糙米氮之間有極顯著的線性相關(圖二)；表六亦顯示糙米之氮含量隨氮肥用量的增加而增加，因此，氮肥用量會直接影響到水稻產量及稻穀品質。



圖二、氮肥用量對糙米氮含量之相關。

Fig. 2. Correlation regression between different nitrogen fertilizer amounts and nitrogen content in brown rice.

參考文獻

1. 王新傳 1981 鮑氏土壤機械分析法 p. 27-29 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊第13號。
2. 作物施肥手冊 2005 水稻 p. 16-20 中華肥料協會 臺中。
3. 李蘭帝 1966 大量植體樣本氮、磷、鉀之迅速測定法 中華農業研究 15: 1-5。
4. 宋勳 1980 施肥法影響水稻碾米品質之研究 臺中區農業改良場研究彙報 3: 20-24。
5. 林再發 1998 氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀影響 臺中區農業改良場研究彙報 61: 13-23。
6. 邱再發、黃文良 1970 水稻氮肥施肥技術之研究 (Ⅰ) 氮肥晚施用對水稻產量及養分吸收之影響 農業研究 19: 26-41。
7. 張愛華 1981 本省現行土壤測定方法 p. 9-26 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊第13號。
8. 張淑賢 1981 本省現行植物分析法 p. 53-59 作物需肥診斷技術 臺灣省農業試驗所特刊第13號。
9. 黃山內、謝慶芳、黃祥慶 1976 稻作施肥改善推廣 臺灣農業季刊 12: 38-52。
10. 黃山內、顏正益、蘇後茂、胡南輝、黃宣鵬 1980 水稻新育成品種之氮肥需要量 p. 58-70 土壤肥料試驗報告 臺灣省農林廳。
11. 黃祥慶、王錦堂、黃山內 1984 彰化縣不同土壤肥力能限分類 單位稻田之氮肥效應試驗 臺中區農業改良場研究彙報 8: 41-58。
12. 葉樹藩 1986 試驗設計學 國立臺灣大學農學院 臺北。
13. 臺中縣、南投縣土壤調查報告 1976 國立中興大學農學院土壤學系 臺中。
14. 謝慶芳、黃山內 1976 水稻氮素肥料效率試驗 土壤肥料試驗報告 臺灣省農林廳。
15. 羅瑞生、林順台 1982 土壤氮素肥力特性與水稻收量及氮肥需要量關系研究 p. 50-93 臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告 臺灣省農林廳。
16. 羅瑞生、林聰德 1985 性質迥異稻田土壤之氮素營養管理技術研究 p. 1-18 土壤肥料試驗報告 臺灣省農林廳。
17. Kundsen, D., G. A. Peterson and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin, USA. p. 225-246.
18. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II, 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin, USA, p. 539-579.
19. Su, N. R. 1972. The Fertility Status of Taiwan Soils. ASPAC/FFTC Aechhical bulletin No.8: 16-95.

Effects of Different Amounts of Nitrogen Fertilizer Application on the Rice Production [1]

Wen-Lung Lay, Ya-Wen Kuo and Wen-Ching Chen [2]

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate on the amounts of nitrogen fertilizer application to reach the optimum rice production in Taichung area. Five level amounts of nitrogen fertilizer by 0, 90 , 150, 210, and 270 kg N ha^{-1} were applied in the study. The two cultivars of Tainung No. 71 and Tainan No. 11 were tested in the first and the second crop, respectively. Through the multiple regression analysis ($r=0.62^{**}$, $P\leq0.05$, $n=20$), 90% of the maximum yield, around 7,000 kg ha^{-1}, was obtained by the application of 130 kg N ha^{-1}. The result inclicated that nitrogen content in brown rice was induced with the increase of application rate of nitrogen fertilizer, however, reduced in potassium content revesely. It could conclude that the amount of nitrogen fertilizer application is signficant influence both on the coarse grain yield and quality of rice.

Key words: rice, nitrogen fertilizer, yield.

---

[1] Contribution No. 0783 from Taichung DARES, COA.

[2] Assistant Researcher and Associate soil scientist of Taichung DARES, Changhua, Taiwan, ROC.