

## 優質水稻肥培管理

賴文龍、郭雅紋、陳玟瑾\*

行政院農業委員會臺中區農業改良場

\*通信作者信箱：laywe@tdais.gov.tw

### 摘 要

水稻肥培管理依據現行稻田土壤肥力及合理施肥基準推薦施肥用量，氮肥推薦用量應考慮水稻品種、期作、氣候、土壤質地及土壤生產力等因素，磷、鉀肥則依土壤磷、鉀含量推薦用肥量。酸性土壤(pH 5.0以下)之稻田施用矽酸爐渣每分地150~300公斤，可提高土壤pH值、有效性矽酸、交換性鈣、鎂之含量，並可降低有毒之鋁、鐵離子危害，稻穀產量增加6.8~9.7%。矽酸爐渣施後對後作亦有殘效，連用3年後，停施2年仍可提高稻穀產量4.9~6.7%。水稻栽培對土壤質地之適應性，以壤土至粘質壤土質地為宜，質地較細而粘重土壤之稻穀產量高，粗質地之疏鬆土壤產量較低。氮肥施用於稻田之肥效，可因土壤質地產生不同土壤滲漏速率，進而影響氮肥流失及後續肥效。水稻任何生育階段均可吸收氮素，但以分蘖盛期及幼穗形成期之氮素肥效最高，可獲高產；因此，水稻肥培過程中，須於基肥、追肥(分蘖盛期及幼穗形成期)充分供應氮肥。為使水稻能夠產生足夠之穗數，於第二次整地前施基肥，將氮肥、磷肥混入土層中，提供水稻生育初期足夠養分，再配合穗肥施用，可提高稻穀產量9.1~11.1%。試驗結果，氮肥用量對水稻產量之影響經二次迴歸分析，施用130 kg N ha<sup>-1</sup>，即足夠水稻生育期之養分，可達最高產量之90% (7,000 kg ha<sup>-1</sup>)。另糙米之氮含量隨著氮肥用量而增加，鉀含量則因氮肥用量增加而減少，顯示氮肥用量會影響糙米品質。

**關鍵詞：**水稻、產量、氮肥。

## 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(宋，1980)。三要素肥料之投入以氮肥為促進水稻生育最有效之肥料，反應最為敏感，氮肥不足生長不良產量低，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(黃等，1980)。現今水稻肥培管理之氮用量為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。為獲得高產、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<sup>-1</sup>之間(Su, 1975)。據黃等人(1983)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(謝等，1976)。臺灣地區於1965~1974年間由各農業試驗改良場所在各地舉辦水稻氮肥分施試驗，結果證實水稻幼穗形成期之穗肥，可提高稻穀產量，以基肥、追肥、分蘗盛期及幼穗形成期組合較佳(Su, 1975)。據王等(2003)於農試所農場進行試驗結果以增施穗肥與否後對稻穀有增產之效果。

水稻肥培管理依據現行稻田土壤肥力狀況及合理化施肥基準推薦施肥用量。由土壤管理組知悉了解稻田之土系、土壤性質、土壤pH值、土壤生產力等因素，氮肥用量應考慮水稻品種、期作、氣候、土壤質地及土壤肥力狀況，依水稻生長勢靈活調整氮肥用量；土壤磷、鉀依土壤肥力分析數值含量(張，1981)，依作物施

肥手冊(2005)水稻推薦用量，避免盲目施肥，累積土壤中，影響養分有效性。臺灣地區耕地有33.2%屬於強酸性土壤，pH值低於5.0以下之稻田施用矽酸爐渣，提升土壤pH值及鈣、鎂、矽增加，降低土壤鋁、鐵離子危害，施用矽酸爐渣增產之潛力似乎不小(林等，1962)。

水稻對土壤質地之適應性，以種植在壤土至粘質壤土質為宜，質地較粘重者稻穀產量愈高，粗質地疏鬆的土壤稻穀產量較低。依土壤肥力能限土壤質地對稻穀產量高低順序為L≥LC>LS>S(黃等，1984)。水稻在任何生育階段均可吸收氮素，須以基肥、追肥(分蘖盛期及幼穗形成期)之氮素肥效最高，須充分供應氮肥，方可獲得高產(Su, 1975)。王等(2003)研究氮肥施分基肥、一、二追肥三次，與增施穗肥N 30 kg ha<sup>-1</sup>量，可增產11~23.4%，另黃(1984)於彰化縣低氮深施區於不同土壤質地可增產0.5~7.8%，但粗質地土壤則減產15.2%。水稻抽穗後因受豪雨、颱風等氣候因素而倒伏，則隨著倒伏時期往後者對稻穀成熟度及千粒重及產量影響較小(侯，1988)。土壤質地結構是氮肥肥效限制因子之一，稻田土壤滲漏速率，進而影響氮肥流失及後續肥效，據張等(1989)試驗指出表、底土粘重土壤(CL/CL)滲漏速率0.95 mm/day最少，而L/CL 1.54 mm/day次之，而壤土(L/L)滲漏率8.48 mm/day最大，建議以淺水狀態施氮肥減少深水肥效流失，以提升肥效。

## 材料與方法

針對水稻氮需要用量分為五級處理(表1)，2011年於臺中市大雅區上楓里進行田間試驗，其土壤為砂頁岩非石灰性沖積土上楓樹系(TSg)(臺中、南投縣土壤調查報告，1976)；試區土壤為坩質壤土(王，1981)，試驗前之土壤肥力性質如表2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<sup>2</sup>。種植之水稻品種為台農71號。化學氮肥用量分五級，分別為0、90、150、210及270 kg N ha<sup>-1</sup>。磷、鉀用量依照當地條件及土壤速測結果推薦，磷肥用量為30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>、鉀肥用量為30 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>。肥料施用法依作物施肥手冊(2005)推薦法行之。氮肥以硫酸銨分別於基肥25%、插秧後15天施第一次追肥20%、插秧後30天，

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 1. 試驗處理

Table 1. Fertilization treatments

Treatment	Application rate
N 0	0 kg N ha <sup>-1</sup>
N 90	90 kg N ha <sup>-1</sup>
N 150	150 kg N ha <sup>-1</sup>
N 210	210 kg N ha <sup>-1</sup>
N 270	270 kg N ha <sup>-1</sup>

表 2. 試區一般土壤性質

Table 2. Soil properties of experimental plot

Soil series	pH	EC	OM	Bray-1	Exchangeable cation		
	Soil : H <sub>2</sub> O	dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	P	K	Ca	Mg
					mg kg <sup>-1</sup>		
TSg <sup>1</sup>	5.42	0.51	29	64	98	618	113

<sup>1</sup> TSg: ShangfengShu Series.

### 氮肥用量對土壤性質之影響

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<sup>-1</sup> (表3)；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<sup>-1</sup>；土壤鉀含量降低13~26 mg kg<sup>-1</sup>；土壤鎂含量降低2~14 mg kg<sup>-1</sup>；而土壤交換性鈣含量則增加44~77 mg kg<sup>-1</sup>，但各處理間並未達顯著差異。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。據羅和林(1985)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 3. 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 harvest of rice plants

Treatment <sup>1</sup> Nitrogen (kg N ha <sup>-1</sup> )	pH	EC	OM	Bray-1	Exchangeable Cation		
	1 : 1 Soil:H <sub>2</sub> O	1 : 1 dSm <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	P	K	Ca	Mg
	mg kg <sup>-1</sup>						
N0	4.61a <sup>2</sup>	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

<sup>1</sup> The same as table 1.

<sup>2</sup> Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ( $P \leq 0.05$ ).

### 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4)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，其次為施用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。據宋(1980)之研究，施肥量增加，可增加水稻穗數或一穗粒數。林(1998)之研究顯示，施氮肥量120 kg ha<sup>-1</sup>之一期作水稻分蘗數比施氮肥量60 kg ha<sup>-1</sup>者多10%，可見提高氮肥用量有提高水稻分蘗數之效果。

表4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。羅和林(1985)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。

表 4. 氮肥用量對水稻株高及分蘖之影響

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

Treatment <sup>1</sup>		N0	N90	N150	N210	N270
40 DAT	Plant height (cm)	65c <sup>2</sup>	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

<sup>1</sup> The same as table 1.

<sup>2</sup> Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ( $P \leq 0.05$ ).

不同生育期株高調查結果顯示(表4)，插秧後40天生育調查以施N270及N210處理株高較高，其次為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，其次為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<sup>-1</sup>間，即足夠生育所需。由此可知，施不同量氮肥使水稻株高之增加，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5顯示，各處理之稻穀產量，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，本試驗地種植臺農71號水稻的氮肥施用量介於90~150 kg 即可達較高產量。

表5顯示每公頃施以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%。顯示氮肥用量對稻草增產效果與稻穀相似。

表 5. 氮肥用量對水稻產量之關係

Table 5. Effect of nitrogen level on rice yield

Treatment <sup>1</sup>	N0	N90	N150	N210	N270
Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )	6,599b <sup>3</sup>	7,333a	7,200a	7,308a	6,566b
Index (%) <sup>2</sup>	100	111	109	111	100
Straw yield (kg ha <sup>-1</sup> )	5,494d	6,351bc	5,740cd	7,259a	6,881ab
Index (%)	100	116	105	132	125
Grain straw ratio <sup>2</sup>	1.20	1.15	1.25	1.01	0.95

<sup>1</sup> The same as Table 1.

<sup>2</sup> Grain straw ratio = (yield of each treatment/yield of No) × 100.

<sup>3</sup> Within rows, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test (P ≤ 0.05).

臺中地區砂頁岩沖積土之稻田氮肥需要量，每公頃氮肥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<sup>-1</sup>用量即可產出7,267 kg ha<sup>-1</sup>之稻穀，且較N0處理增產10%；其稻草平均產量(6,045 kg ha<sup>-1</sup>)則較N0處理增產10%。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1為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<sup>-1</sup>)之氮肥施用量為依歸，以迴歸程式求得最高產量的90%之氮肥用量，為125~139 kg N ha<sup>-1</sup>。據黃等(1976)之研究指出，一般平地之水稻一期作的氮肥推薦量約為120~140 kg N ha<sup>-1</sup>。由此推之，130 kg N ha<sup>-1</sup>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<sup>-1</sup>以上，應屬過量。

#### 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6所示。稻穀脫殼後糙米之氮含量以施用N210及N270處理(重氮區)顯著較高，再依次為N150、N90和N0，且處理間有顯著差異，顯示水稻生育期間，施氮肥會增加水稻氮吸收量，此與林(1998)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，邱和黃(1970)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。

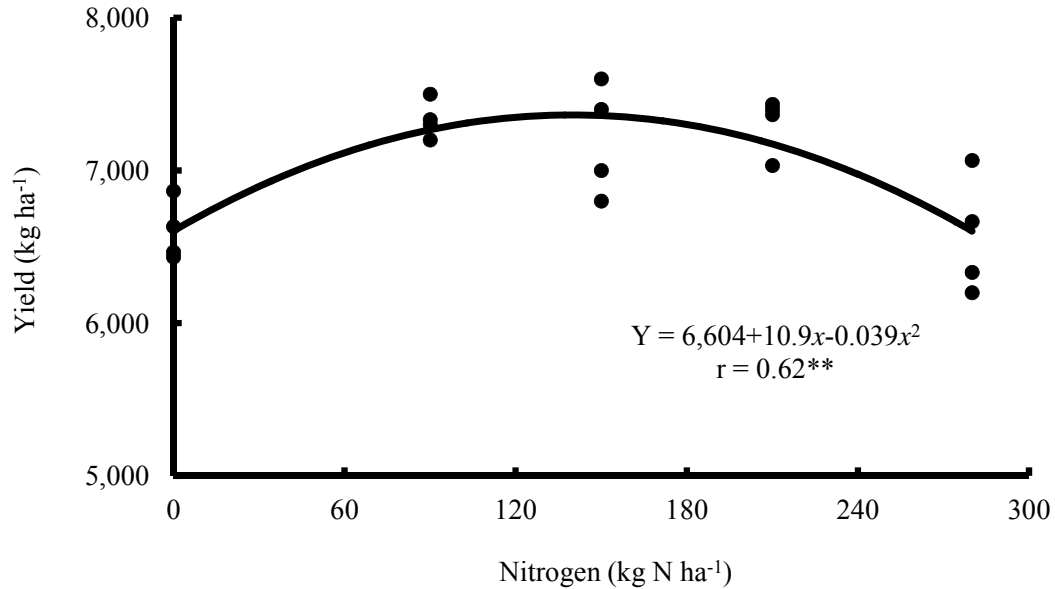


圖 1. 氮肥用量對水稻產量之相關。

Fig. 1. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amounts and rice yield.

表 6. 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 <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
Nitrogen (Kg N ha <sup>-1</sup> )	g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>					
N0	9.5d <sup>2</sup>	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

<sup>1</sup> The same as Table 1.

<sup>2</sup> Within columns, data followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ( $P \leq 0.05$ ).



糙米之鉀含量以對照組最高，其次為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<sup>-1</sup>)，氮肥用量與糙米氮之間有極顯著的線性相關(圖2)；表6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。

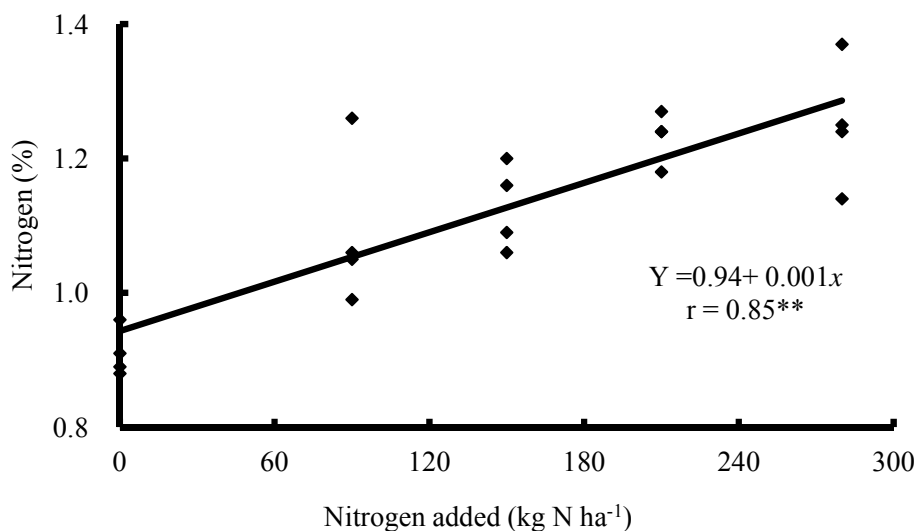


圖 2. 氮肥用量對糙米氮含量之相關。

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

## 致 謝

本研究承蒙作物環境課土壤肥料研究室同仁的協助，謹致謝忱。

## 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. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉、陳琦玲、劉滄琴 2003 肥料深施及穗肥對水稻產量之效應及診斷研究 農試所特刊 105: 105-120。
3. 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。
4. 作物施肥手冊 2005 水稻 p.16-20 中華肥料協會 臺中。
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. 林國謙、連深、李蘭帝 1962 矽酸對水稻產量之效應 中華農業研究 11: 45-47。
7. 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 中華農業研究 19: 26-41。
8. 侯福分 1988 肥料對稻米品質之影響 稻米品質研討會專集 臺中區農業改良場特刊 13: 242-248。
9. 張茂盛、周泰鈞、黃宣鵬、劉慧瑛 1989 良質米與非良質米稻田土壤性質差異之研究 臺灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告 p.1-7。
10. 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。
11. 黃山內、黃祥慶、王錦堂 1983 酸性稻田連用矽酸爐渣之效果及其成效之研究 臺中區農業改良場研究彙報 7: 53-65。
12. 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。
13. 黃山內、顏正益、蘇復茂、胡南輝、黃宣鵬 1980 水稻新育成品種之氮肥需要量 p.58-70 臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告。
14. 黃明輝 1982 影響水稻生產之土壤物理性檢定 中華農業研究 31: 347-352。
15. 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 臺中區農業改良場研究彙報 8: 41-58。
16. 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。

17. 謝慶芳、黃山內 1976 水稻氮素肥料效率改進試驗 臺灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告 p.22-26。
18. 羅瑞生、林聰德 1985 性質迥異稻田土壤之氮肥營養管理技術之研究 p.1-18 臺灣省農林廳土壤肥料試驗報告。
19. Su, N. R. 1972. The Fertility status of Taiwan soils ASPAC/FFTC technical bulletin No. 8 8: 16-95.

## ABSTRACT

According to the soil fertility analysis and reasonable fertilizer management, rice nitrogen fertilizer recommendation rate should take into consideration of the following factors, such as rice variety, cropping number, weather, soil texture and soil productivity. The factors of that in considering rice phosphorus and potassium fertilizer should be soil phosphorus and potassium contents. In acid soils ( $\text{pH} < 5.0$ ), it is suggested to apply 150-300 silica slag for 0.1 hectare to raise soil pH, available silicate acid, exchangeable calcium and magnesium, 6.8-9.7% of rice grain production and to reduce toxic effect of aluminium and ferric ion. Silicate slag is effective in 3 years of concessive application, and 2 years of non-applying (rice grain production increased for 4.9-6.7%). It is suggested to plant rice in loam to sandy loam soil. The rice production is higher in fine soils than in coarse soils. Nitrogen fertilizer is more effective in fine soils because of lower leaking. Nitrogen can be used in all rice growth stages, but only at the tillering and panicle formation period, the utilization of nitrogen was highest. Therefore, during rice growth stages, we should provide sufficient nitrogen in ground fertilizing and topdressing (tillering and panicle formation period). The rice grain production can be raised for 9.1-11.1%. The result showed that  $130 \text{ kg N ha}^{-1}$  of nitrogen fertilizer applied was sufficient in supporting all the rice growth stages to reach 90% of highest production. The content of nitrogen in brown rice was increased with the applying of nitrogen fertilizer, while that of potassium was decreased, showing nitrogen fertilizer can influence on the quality of rice.

**Key words:** Rice, Yield, Nitrogen.