

水稻栽培於各類土壤之氮肥用量試驗

陳鴻堂、郭雅紋、曾宥紘

摘 要

採用氮肥施用量每公頃0、90、150、210及270公斤五級處理，配合栽培2個現行推廣種植之稉稻與1個秈稻，於102年1、2期作在石灰性粘板岩沖積土壤鹿港系，探討氮肥對水稻產量與土壤肥力之效應。第一期作試驗臺南11號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃7,936公斤。臺稉9號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃7,779公斤。臺中秈10號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150與210公斤區均為稻穀每公頃7,884公斤。第二期作臺南11號產量最高處理為每公頃施用氮素210公斤區之稻穀每公頃4,561公斤。臺稉9號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃4,169公斤。臺中秈10號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素90公斤。第二期作試驗結果顯示，水稻臺南11號每公頃每公頃氮素施用量以210公斤增產效果較佳，臺稉9號水稻每公頃氮素施用量以150公斤增產效果較佳，臺中秈10號水稻每公頃氮素施用量以90公斤增產效果較佳。水稻植體之總三要素吸收量，隨增施氮量而顯著增加，三參試品種在不同氮肥用量下，其氮利用效率一期作31.93~54.43%高於二期作之15.56~28.33%，農藝效率也是相似之趨勢，一期作2.93~16.46 Kg Kg⁻¹高於二期作之-1.49~6.21 Kg Kg⁻¹。

關鍵字：氮肥、氮利用效率、農藝效率、水稻、稻穀產量、土類

前 言

臺灣中部彰化縣沖積平原總面積約達887平方公里，粘板岩新沖積土152.41平方公里、粘板岩老沖積土519.61平方公里，合計約為彰化縣沖積平原之86.24%，其他103平方公里是砂頁岩及粘板岩混合沖積土約有13.76%⁽²⁰⁾，臺中市與南投縣耕地

土壤詳測，北自大安溪之南岸，西自海邊，東至丘陵麓，面積計約628平方公里。砂頁岩非石灰性新沖積土面積94.96平方公里約有15.12%⁽¹⁹⁾，砂頁岩非石灰性老沖積土面積274.0平方公里約43.73%，紅壤面積有188.65平方公里約為30.05%，這些地區在水源充足時皆可栽培水稻。稻米是我國民之主要糧食，所以水稻也是臺灣地區栽培面積最廣的作物，曾經投入大量之人力及物力進行相關之試驗研究與推廣，合理的肥培管理是增加稻穀產量的一種方法，其中又以氮肥的反應最明顯，適當的施肥方法與用量可以增加稻穀產量與品質。臺灣水稻每公頃平均之稻穀產量在1960年為2,522公斤、1970年為3,173公斤、1980年為3,692公斤，1990年為4,934公斤，2000年為5,613公斤，2010年為5,920公斤，顯示單位面積產量逐年提高。目前水稻栽培面積較廣之品種，大多數是比較耐肥且產量高之品種，由於肥料氮、磷與鉀三種作物必需之大量要素中，氮肥對水稻的增產效果最大⁽¹⁾，因此過量施用常發生各種程度之負面影響，而造成水稻減產。施用氮肥增產稻穀之效果文獻指出臺農67號每公頃施氮素210公斤的對照區較現行推薦用量130公斤處理區增產18%⁽¹⁾，民國57年以兩品種兩期作在三個地點試驗結果每公頃施氮素140公斤的處理區較100公斤處理區增產9%⁽⁶⁾，民國57~58年以5品種三期作在三個地點試驗結果氮肥平均增產22%⁽⁷⁾，臺南11號民國91、93年一期作平均每公頃氮素210公斤的更頃稻穀產量達10,305公斤顯著高於氮素160、120與80公斤的9,286、8,479與7,321公斤⁽⁸⁾，民國71年以4品種在第一期作試驗結果稻穀產量隨氮肥用量增加而顯著增加⁽⁹⁾，民國79、80年三期作試驗結果氮肥每公頃氮素140公斤較施用100公斤稻穀產量可增加12.8~16.1%⁽¹⁵⁾。民國82、83年試驗結果臺中秈10號第一期作稻穀產量隨施氮量增加而遞增，且增產效果明顯高於二期作⁽²²⁾。若每公頃施用氮素174與221公斤已較推薦用量140公斤高時，對稻穀產量增加效果不易達到顯著差異⁽¹⁸⁾，秈稻氮素需要量試驗結果顯示，氮肥用量從0~80公斤氮素範圍，秈稻產量隨氮肥施用量而增加提高稻穀產量⁽²¹⁾。中國大陸有稻穀產量隨施氮量的增加而增加之報告⁽¹²⁾，由於氮肥對稻穀增產效果明顯，所以大多數農民種植水稻時過量施用氮肥比例還是很高，並期待水稻植株進入成熟期時，不會有氣象條件異常如日照不足之陰雨、強風與豪大雨等不利水稻成熟期植株之環境，直接造成水稻植株倒伏影響產量^(1,5,21,22)，及增加水稻罹病程度^(1,22)。不同品種水稻對氮肥之反應呈現之差異乃正常

現象^(4,5,7,12,13,17,18,21,22)。不同施肥方法試驗深層施氮肥時可提高一期作稻穀產量13%⁽¹⁵⁾，許多報告除了從稻穀產量探討探討氮肥合理施用量外，並增加討論水稻之養分吸收量，文獻指出稻穀產量與植株氮含量呈極顯著正相關⁽¹⁾，水稻氮肥施用量顯著影響植株氮吸收量⁽¹⁷⁾，秈與粳稻之養分吸收量研究顯示，秈稻氮、磷與鉀濃度及吸收量比粳稻大⁽⁷⁾，氮肥晚施及增施使水稻氮吸收量增加，並促進水稻對鉀之吸收⁽⁶⁾。有關水稻氮素利用率之探討，深層施氮肥時可提高一期作氮利用率可達77%，二期作氮利用率為41%⁽¹⁵⁾，表面撒施氮肥水稻氮吸收利用率只有23~29%但深層施氮肥利用率可提高至39~53%⁽²³⁾。水稻氮素用量增加氮肥吸收效率隨之降低⁽²⁾，氮肥對水稻氮吸收利用率臺灣約為18.3~89%^(7,15)，中國大陸約為29.8~69.6%^(11,12,17)，因此有關氮肥合理施用應從各類土壤與水稻品種間來探討。

內 容

材料與方法

- 一、試驗期間：102年第1、2期作。
- 二、試驗地點：彰化縣鹿港鎮粘板岩石灰性沖積土鹿港(Lu)系。
- 三、試驗作物：水稻臺梗9號、臺南11號及臺中秈10號計3品種。
- 四、試驗設計：採條區設計，3品種、5處理、3重複，計45小區。小區長6.0公尺、寬5.1公尺，面積計30.6平方公尺。每品種用插秧機插植16行，行株距為30×21公分。
- 五、肥料處理：
 - 1.氮素0公斤/公頃
 - 2.氮素90公斤/公頃
 - 3.氮素150公斤/公頃
 - 4.氮素210公斤/公頃
 - 5.氮素270公斤/公頃
- 六、施肥方法：

磷酐(P₂O₅)施用量54公斤/公頃，氧化鉀(K₂O)施用量90公斤/公頃。三要素肥料施肥時期及分配率：氮肥為基肥25%、第一次追肥20%、第二次追肥30%與穗肥

25%；磷肥基肥100%，鉀肥第一次追肥40%、第二次追肥60%。氮肥用硫酸銨，磷肥用過磷酸鈣，鉀肥用氯化鉀。

七、調查項目：

土壤肥力：試驗前、水稻生育期與收穫時土壤pH、EC、有機質、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅、鐵與灌溉水含氮量。

植體分析：水稻生育期與成熟期各處理植株之氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅、鐵。

其他項目：稻穀與稻草產量、水稻株高與分蘗數與收穫時株高與穗數、水稻穗重、穗長、一穗粒數、千粒重、稔實率、收穫時稻穀與稻草養分濃度等。

表一、試驗前土壤肥力分析

處理	pH	EC	O. M.	IN	Bray 1	1.0 M NH ₄ OAc			0.1 M HCl			
	1:1	1:5			P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
		dS m ⁻¹	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹						
表土	6.27	0.24	25.7	40.2	105	54	1,340	132	16	59	21	1,231
底土	6.80	0.19	18.7	29.1	83	41	1,345	111	14	107	14	983

氮肥用量對三品種水稻產量影響

102年一期作試驗(表二)臺南11號每公頃稻穀產量在5,714~7,936公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃7,936公斤。臺梗9號每公頃稻穀產量在5,714~7,779公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃7,779公斤。臺中秈10號每公頃稻穀產量在6,243~7,884公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素150與210公斤區均為稻穀每公頃7,884公斤。102年第一期作鹿港粘板岩沖積土試驗結果顯示，水稻每公頃氮素施用量以150公斤增產效果較佳。

二期作試驗臺南11號每公頃稻穀產量在3,529~4,561公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素210公斤區之稻穀每公頃4,561公斤。臺梗9號每公頃稻穀產量在3,238~4,169公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃4,169公斤。臺中秈10號每公頃稻穀產量在3,613~4,100公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素90公斤。102年第2期作鹿港粘板岩沖積土試驗結果顯示，水稻臺南11號

每公頃氮素施用量以210公斤增產效果較佳，臺梗9號水稻每公頃氮素施用量以150公斤增產效果較佳，臺中秈10號水稻每公頃氮素施用量以90公斤增產效果較佳。

表二、氮肥用量對水稻三品種之農藝性狀和產量影響

N kg ha ⁻¹	第一期作					第二期作				
	株高 (cm)	分蘗數	株高 (cm)	穗數	稻穀 產量 (kg ha ⁻¹)	株高 (cm)	分蘗數	株高 (cm)	穗數	稻穀 產量 (kg ha ⁻¹)
臺南 11 號 Tainan 11										
0	52.7a*	20.3a	90.3b	19.0c	5,714b	51.8c	13.7c	80.0c	12.2c	3,529c
90	54.1a	21.7a	95.9b	21.3c	7,103a	59.0b	16.9bc	82.0bc	13.1bc	3,846c
150	58.2a	23.4a	104.8a	22.6b	7,936a	60.1b	17.5b	84.2b	13.3bc	4,190b
210	59.1a	23.4a	109.4a	24.8a	7,831a	66.2a	22.0a	88.9a	15.0ab	4,561a
270	58.6a	22.1a	110.6a	25.9a	7,354a	66.7a	23.0a	89.9a	15.9a	4,370ab
臺梗 9 號 Taiken 9										
0	53.9c	18.9c	101.1d	16.5c	5,714b	50.6c	12.6c	85.6d	12.6b	3,238b
90	60.1b	21.1bc	110.7c	20.4b	6,614ab	57.6b	16.2b	92.3c	13.6ab	3,767a
150	64.5ab	25.1ab	116.4b	22.3ab	7,778a	59.6b	16.8b	95.2b	14.6a	4,169a
210	68.1a	27.3a	120.9ab	23.0ab	7,354a	64.7a	20.6a	98.3a	15.0a	4,138a
270	67.0a	28.4a	121.7a	24.0a	6,508ab	65.1a	21.4a	99.0a	14.5a	4,053a
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10										
0	61.0c	20.0c	111.4c	14.2c	6,243b	59.2c	17.8c	97.6c	13.1c	4,016a
90	65.6bc	22.5bc	119.2ab	18.7ab	7,725a	63.2c	21.8b	98.9bc	14.3bc	4,100a
150	70.4ab	26.0ab	116.5bc	17.5b	7,884a	69.0ab	23.3b	100.7ab	15.9ab	3,968ab
210	71.5a	27.8ab	120.2ab	18.4ab	7,884a	67.9b	24.8ab	100.2abc	17.6a	4,000a
270	73.0a	28.7a	122.2a	20.9a	7,672a	72.2a	27.7a	101.7a	16.8a	3,614b

* 英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

一期作試驗水稻氮肥用量每公頃0、90、150、210及270公斤五級處理之生育期株高臺南11號分別為51.7、55.1、58.2、59.1及58.6公分，臺梗9號分別為53.9、60.1、64.5、68.1及67.0公分，臺中秈10號分別為61.0、65.6、70.4、71.5及73.0公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，增加氮肥用量會增加水稻植株高度。與賴等1996指出臺中秈10號之株高對施氮量呈直線相關，及施氮量越多水稻植株越高。生育期水稻分蘗數調查顯示，臺南11號為20.3、21.4、23.4、23.4及22.1支，臺梗9號為18.9、21.1、25.1、27.3及28.4支，臺中秈10號為20.0、22.5、26.0、27.8及28.7公分，初步結果顯示一期作試驗水稻氮肥用量每公頃0、90、150、210及270公斤五級處理之成熟期除臺南11號之水稻氮肥用量，每公頃150及210公斤分蘗數以23.4支較高外，臺梗9號與臺中秈10號均增加氮肥用量明顯增加水稻之分蘗數表現。株高，臺

南11號分別為90.3~110.6公分，臺梗9號分別為101.1~121.7公分，臺中秈10號分別為111.4~122.2公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，生育與成熟期調查結果均顯示，增加氮肥用量有增加水稻植株高度之表現。生育期水稻分蘗數調查顯示，臺南11號為20.3~23.4支，臺梗9號為18.9~28.4支，臺中秈10號為20.0~28.7公分，結果顯示除臺南11號之水稻氮肥用量，每公頃150及210公斤分蘗數以23.4支較高外，臺梗9號與臺中秈10號均增加氮肥用量明顯增加水稻之分蘗數表現。

二期作試驗水稻氮肥用量每公頃0、90、150、210及270公斤五級處理之生育期株高，臺南11號分別為51.8~66.7公分，臺梗9號分別為50.6~65.1公分，臺中秈10號分別為59.2~72.2公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，增加氮肥用量會增加水稻植株高度。生育期水稻分蘗數調查顯示，臺南11號為13.7~23.0支，臺梗9號為12.6~21.4支，臺中秈10號為17.8~27.7公分，結果顯示除臺南11號之水稻氮肥用量，每公頃90及270公斤分蘗數以23.0支較高外，臺梗9號與臺中秈10號均增加氮肥用量明顯增加水稻之分蘗數表現。

氮肥用量對三品種水稻生育期與成熟期土壤肥力影響

表三與表四均顯示第一期作水稻氮肥試驗各處理生育期與熟期之土壤肥力變化，無施用氮肥處理pH值均高於硫酸銨用量增加之處理，水稻氮肥用量每公頃0、90、150、210及270公斤五級處理，各處理之無機態氮包括銨態氮(NH₄-N)與硝酸態氮(NO₃-N)之變化顯示，三品種水稻田土壤之無機態氮含量，除第一期作生育期之臺梗9號試區以每公頃施氮素210與270公斤區，土壤無機態氮含量分別為30.1與36.87 mg kg⁻¹差異沒有顯著外，皆與其他每公頃施氮素0、90與150公斤區之土壤無機態氮含量有顯著差異，其他臺南11號與臺中秈10號試區及收穫期各處理與品種則沒有顯著差異，但與無氮肥區比較則顯示施氮肥處理稻田土壤之總無機態氮(IN)之含量隨施用量之變化反應土壤含量之趨勢。其他養分含量之變化則沒有顯著差異(表三、四)。

第二期作水稻氮肥試驗各處理生育期之土壤肥力變化，水稻氮肥用量每公頃施270公斤施高氮肥之土壤pH值皆隨氮肥用量減少而提高土壤pH值，第二期作三品種生育期(表五)與收穫期之臺中秈10號試區(表六)均有顯著差異。從第一期作水稻收穫時之5.65~5.97(表四)降低為5.77~5.81(表五)，土壤電導度(EC)之變化隨水稻

表三、水稻第一期作氮肥用量對品種在生育期土壤肥力影響

N kg ha ⁻¹	pH 1:1	EC 1:5 dS m ⁻¹	O.M. g kg ⁻¹	IN	Bray 1 P	1.0 M NH ₄ OAc				0.1 M HCl		
						K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
臺南 11 號 Tainan 11												
0	6.36a*	0.24a	25.6c	26.36a	78a	88a	1,488a	132a	17a	112a	19a	1,487a
90	6.23a	0.30a	29.6ab	29.64a	85a	93a	1,574a	139a	18a	113a	20a	1,537a
150	6.14a	0.25a	26.4bc	28.23a	86a	86a	1,422a	131a	16a	98a	20a	1,529a
210	6.14a	0.29a	30.4a	34.07a	89a	86a	1,562a	139a	18a	107a	20a	1,637a
270	6.15a	0.31a	27.2abc	31.97a	77a	82a	1,523a	136a	18a	106a	19a	1,624a
臺梗 9 號 Taiken 9												
0	6.34a	0.24c	26.5b	24.27b	74ab	88a	1,507a	135a	16a	101a	20a	1,492a
90	6.24a	0.27bc	27.4ab	24.27b	76ab	84a	1,564a	136a	16a	95a	19a	1,469a
150	5.93ab	0.31ab	28.6a	24.50b	73ab	88a	1,509a	137a	16a	86a	20a	1,622a
210	5.91ab	0.35a	27.9ab	36.87a	79a	89a	1,480a	135a	16a	91a	19a	1,616a
270	5.87b	0.33a	26.2b	30.10a	69b	88a	1,470a	128a	16a	89a	20a	1,654a
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10												
0	6.27a	0.28bc	26.3a	18.67a	70bc	86a	1,463a	124a	15a	103a	20a	1,562a
90	5.94b	0.27c	26.5a	19.36a	67c	72a	1,353b	117a	14a	82a	18a	1,493a
150	5.81b	0.29bc	29.2a	18.44a	75ab	77a	1,418ab	124a	15a	73a	19a	1,495a
210	5.85b	0.31ab	26.2a	21.24a	76a	73a	1,398ab	121a	14a	73a	17a	1,507a
270	5.88b	0.33a	25.7a	23.34a	73ab	70a	1,416ab	125a	14a	87a	18a	1,536a

* 英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

表四、水稻第一期作氮肥用量對品種在收穫期土壤肥力影響

N kg ha ⁻¹	pH 1:1	EC 1:5 dS m ⁻¹	O.M. g kg ⁻¹	IN	Bray 1 P	1.0 M NH ₄ OAc				0.1 M HCl		
						K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
臺南 11 號 Tainan 11												
0	6.13a*	0.25a	30.6a	51.1a	67a	61a	1,692a	124a	24a	157a	39a	2,737a
90	6.16a	0.25a	28.7a	49.9a	80a	52a	1,691a	127a	23a	141ab	35a	2,497a
150	6.13a	0.29a	30.5a	49.3a	76a	52a	1,679a	132a	23a	130b	36a	2,661a
210	6.10a	0.28a	29.6a	50.4a	73a	53a	1,737a	134a	22a	135ab	35a	2,580a
270	5.95a	0.28a	30.5a	49.2a	73a	53a	1,617a	125a	24a	133ab	36a	2,727a
臺梗 9 號 Taiken 9												
0	6.09a	0.21a	27.5a	49.9a	80a	54a	1,444ab	116b	24a	137a	34	2,364a
90	6.09a	0.23ab	28.0a	49.7a	82a	50a	1,599a	129a	22a	108ab	34a	2,165a
150	5.86a	0.23ab	28.8a	51.4a	82a	43a	1,441ab	121ab	22a	93b	36a	2,154a
210	5.72a	0.31a	27.0a	52.0a	87a	44a	1,365b	112b	21a	103ab	34a	2,309a
270	5.97a	0.26ab	27.3a	51.5a	85a	38a	1,419b	119ab	21a	104ab	32a	2,194a
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10												
0	6.18a	0.23a	26.3a	45.7a	69	58a	1,442a	118a	22a	114a	33a	2,255a
90	5.72a	0.32a	26.9a	50.9a	77a	49a	1,368a	112a	21ab	113a	33a	2,456a
150	5.85a	0.26a	26.2a	50.2a	77a	41bc	1,386a	117a	20b	93a	32a	2,319a
210	5.72a	0.26a	26.0a	51.8a	75a	40bc	1,392a	109a	20b	99a	31a	2,350a
270	5.65a	0.32a	25.8a	49.3a	75a	33c	1,414a	112a	20b	103a	30a	2,288a

* 英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

表五、水稻第二期作氮肥用量對品種在生育期土壤肥力影響

N kg ha ⁻¹	pH 1:1	EC 1:5 dS m ⁻¹	O.M. g kg ⁻¹	IN	Bray 1 P	1.0 M NH ₄ OAc			0.1 M HCl			
						K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
臺南 11 號 Tainan 11												
0	6.11a*	0.33b	28.1a	15.37a	69a	62a	1,505a	125a	19a	115a	28a	2,160a
90	6.02ab	0.36ab	28.6a	16.01a	69a	61a	1,469a	127a	19a	119a	31a	2,440a
150	5.79b	0.36ab	28.3a	14.27a	76a	60	1,388a	121a	19a	101a	30a	2,429a
210	5.85b	0.36ab	29.9a	20.97a	76a	59	1,465a	129a	19a	107a	28a	2,235a
270	5.81b	0.38a	30.0a	20.33a	70a	59	1,476a	126a	19a	108a	30a	2,310a
臺梗 9 號 Taiken 9												
0	6.00a	0.33a	27.4a	13.50a	75a	66a	1,335a	120a	18a	106a	28a	2,170a
90	5.95ab	0.33a	26.2a	14.97a	74a	64a	1,275a	119a	17a	89a	24a	1,887a
150	5.81ab	0.33a	26.8a	16.80a	75a	55b	1,253a	112a	17a	81a	25a	2,054a
210	5.75b	0.34a	26.7a	17.27a	76a	53b	1,306a	118a	17a	86a	27a	2,324a
270	5.77ab	0.35a	26.0a	17.27a	73a	56b	1,300a	118a	17a	88a	26a	2,227a
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10a												
0	5.96a	0.31c	28.1a	15.17a	75a	53a	1,305a	111a	18a	103a	31a	2,334a
90	5.76b	0.32bc	28.6a	14.20a	69ab	52ab	1,278a	109a	17a	82a	26a	2,044a
150	5.72b	0.35abc	26.5a	13.97a	69ab	46ab	1,328a	117a	17a	77a	27a	2,299a
210	5.62b	0.40a	27.7a	14.90a	69ab	40b	1,283a	110a	16a	76a	27a	2,306a
270	5.75b	0.38ab	26.7a	17.30a	66b	46ab	1,286a	111a	17a	86a	28a	2,388a

* 英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

表六、水稻第二期作氮肥用量對品種在收穫期土壤肥力影響

N kg ha ⁻¹	pH 1:1	EC 1:5 dS m ⁻¹	O.M. g kg ⁻¹	IN	Bray 1 P	1.0 M NH ₄ OAc			0.1 M HCl			
						K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
臺南 11 號 Tainan 11												
0	6.40a*	0.29a	27.6a	15.63a	82a	49ab	1,566a	154a	20a	120a	30a	2,463a
90	6.32a	0.32a	28.1a	16.33a	88a	52a	1,607a	158a	19a	98ab	30a	2,316a
150	6.19a	0.30a	30.2a	17.73a	88a	43bc	1,516a	149a	18a	83b	29a	2,297a
210	6.03a	0.34a	28.9ab	15.40a	87a	39c	1,476a	143a	19a	86b	30a	2,213a
270	6.05a	0.38a	27.0b	14.70a	83a	40c	1,419a	150a	18a	89ab	29a	2,289a
臺梗 9 號 Taiken 9												
0	6.22a	0.36a	29.3a	14.70a	83b	49a	1,547a	94a	19a	98a	28a	2,634a
90	6.00a	0.34a	29.0a	14.93a	87b	47a	1,411ab	79a	15a	72b	25ab	2,439b
150	6.08a	0.30a	28.2a	16.33a	87b	45a	1,414ab	75a	16a	59b	23b	2,278b
210	6.01a	0.29a	27.9ab	13.30a	94a	45a	1,292b	63b	17a	66b	24ab	2,394b
270	6.01a	0.31a	27.0b	14.47a	86b	43a	1,326ab	68b	18a	79ab	26ab	2,439b
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10												
0	6.38a	0.21b	24.9ab	16.34a	79a	39a	1,257a	66a	17a	75a	25a	2,019a
90	6.16ab	0.31ab	24.4ab	15.77ab	77a	38a	1,327a	79a	17a	62a	25a	2,053a
150	5.88ab	0.30ab	25.9a	12.60ab	76a	38a	1,209a	73a	16a	52a	24a	1,994a
210	6.00ab	0.31ab	23.7b	11.90ab	73a	28b	1,232a	74a	15a	50a	22a	1,891a
270	5.78b	0.40a	25.6ab	10.97b	72a	37a	1,325a	81a	17a	71a	26a	2,089a

* 英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

氮肥用量增加而提高土壤電導度，第二期作三品種生育期臺南11號試區無施氮肥區 0.33 dS m^{-1} ，顯著低於每公頃施270公斤施高氮肥之土壤電導度 0.38 dS m^{-1} ，臺中秈10號試區無施氮肥區 0.31 dS m^{-1} ，顯著低於每公頃施210與270公斤施高氮肥之土壤電導度 0.40 與 0.38 dS m^{-1} (表五)，第二期作收穫期臺中秈10號試區無施氮肥區 0.21 dS m^{-1} ，顯著低於每公頃施270公斤施高氮肥之土壤電導度 0.40 dS m^{-1} (表六)。生育期土壤有機質含量 $26.0\sim 30.0 \text{ g kg}^{-1}$ 差異不顯著，收穫期土壤有機質含量 $23.7\sim 30.2 \text{ g kg}^{-1}$ ，生育期無機態氮含量 $13.5\sim 20.97 \text{ mg kg}^{-1}$ 差異不顯著，其他養分則沒有明顯之趨勢。

第一期作氮肥用量對三品種水稻養分吸收與氮素回收率

氮肥施用量對三品種水稻氮、磷與鉀吸收量影響顯示於表七，第一期作水稻氮素用量每公頃分別施氮素0、90、150、210及270公斤時，分別計算每公頃臺南11號可吸收氮素97.62、137.68、168.38、198.21與191.04公斤，磷22.91~37.66公斤，鉀143.21~284.97公斤，臺梗9號每公頃可吸收氮素94.53~185.53公斤，磷22.13~36.64公斤，鉀151.69~275.35公斤，臺中秈10號每公頃可吸收氮素101.65~189.93公斤，磷30.16~49.27公斤，鉀181.27~301.40公斤。氮素吸收量臺南11號以每公頃施氮素210公斤區每公頃吸收198.21公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之氮素吸收量97.62與137.68公斤有顯著差異，臺梗9號氮素吸收量以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收185.53公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之氮素吸收量94.53與123.24公斤有顯著差異，臺中秈10號氮素吸收量以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收189.93公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之氮素吸收量101.65與150.63公斤有顯著差異。磷吸收量臺南11號以每公頃施氮素210公斤區每公頃吸收磷37.66公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之磷吸收量22.91與28.75公斤有顯著差異，臺梗9號磷吸收量以每公頃施氮素150公斤區每公頃吸收磷36.64公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之磷吸收量22.13與27.07公斤有顯著差異，臺中秈10號磷吸收量以每公頃施氮素210公斤區每公頃吸收49.27公斤最高與無施氮素區之磷吸收量30.16公斤有顯著差異。鉀吸收量臺南11號以每公頃施氮素210公斤區每公頃吸收284.97公斤最高與每公頃施氮素0、90與270公斤區之鉀吸收量143.21、219.38與222.92公斤有顯著差異，臺梗9號鉀吸收量以每公頃施氮素150公斤區每公頃吸收鉀275.35公斤最

表七、一期作水稻氮肥用量之氮磷鉀吸收量、氮利用效率、農藝效率及生理效率

N (kg ha ⁻¹)	氮吸收量 (kg ha ⁻¹)	磷吸收量 (kg ha ⁻¹)	鉀吸收量 (kg ha ⁻¹)	氮利用效率 (%)	農藝效率 (Ag) (kg kg ⁻¹)	生理效率 (P _E) (kg kg ⁻¹)
臺南 11 號 Tainan 11						
0	97.62c*	22.91c	143.21c	-	-	-
90	137.68b	28.75b	219.38b	44.51	15.29	10.01
150	168.38ab	34.47a	248.37ab	47.17	14.81	30.54
210	198.21a	37.66a	284.97a	47.90	10.08	20.80
270	191.04a	34.40a	222.92b	34.60	6.07	19.56
臺梗 9 號 Taiken 9						
0	94.53c	22.13b	151.69b	-	-	-
90	123.24b	27.07b	215.62ab	31.93	9.99	7.21
150	174.28a	36.64a	275.35a	53.19	13.76	25.46
210	181.10a	32.60a	254.19a	41.24	7.81	20.21
270	185.53a	35.28a	256.21a	33.71	2.93	6.31
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10						
0	101.65c	30.16b	181.27b	-	-	-
90	150.63b	45.84a	251.13a	54.43	16.46	9.9
150	173.78ab	46.70a	301.40a	48.08	10.93	23.66
210	187.78a	49.27a	267.29a	41.01	7.81	20.12
270	189.93a	47.89a	273.24a	32.70	5.29	16.70

* 表內同行英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

高與無施氮素區之鉀吸收量 151.69 公斤有顯著差異，臺中秈 10 號鉀吸收量以每公頃施氮素 150 公斤區每公頃吸收鉀 301.40 公斤最高與無施氮素區之鉀吸收量 181.27 公斤有顯著差異。氮肥施用量對三品種水稻氮利用效率 (apparent N use efficiency) (ANUF) 影響顯示於表七，臺南 11 號氮肥氮利用效率臺南 11 號 34.60~47.90% 每公頃施氮 210 公斤氮肥氮利用效率 47.90% 最高，氮利用效率臺梗 9 號 31.93~53.19% 每公頃施氮 150 公斤氮肥氮利用效率 53.19% 最高，氮利用效率臺中秈 10 號 32.7~54.43%，每公頃施氮 90 公斤氮肥氮利用效率 54.43% 最高。氮肥施用量對三品種水稻農藝效率 (agronomic efficiency) (Ag) (kg kg⁻¹) 影響顯示於表七，農藝效率臺南 11 號 6.07~15.29 kg kg⁻¹ 每公頃施氮 90 公斤農藝效率 15.29 kg kg⁻¹ 最高，臺梗 9 號農藝效率 2.93~13.76 kg kg⁻¹ 每公頃施氮 150 公斤農藝效率 13.76 kg kg⁻¹ 最高，臺中秈 10 號農藝效率 5.29~16.46 kg kg⁻¹ 每公頃施氮 90 公斤農藝效率 16.46 kg kg⁻¹ 最高，氮肥施用量對三品種水稻生理效率 (physiological efficiency) (P_E) (kg kg⁻¹) 影響顯示於表七，臺南 11

號10.01~30.54 kg kg⁻¹每公頃施氮150公斤生理效率30.54最高，臺梗9號6.31~25.46 kg kg⁻¹每公頃施氮150公斤生理效率25.46 kg kg⁻¹最高，臺中秈10號9.9~23.66 kg kg⁻¹每公頃施氮150公斤生理效率23.66 kg kg⁻¹最高。

第二期作氮肥用量對三品種水稻養分吸收與氮肥利用率

氮肥施用量對三品種水稻氮、磷與鉀吸收量影響顯示於表八，第二期作水稻氮素用量每公頃分別施氮素0、90、150、210及270公斤時，分別計算每公頃臺南11號可吸收氮素77.38、94.58、106.49、129.34與140.67公斤，磷18.44~26.27公斤，鉀136.91~200.34公斤，臺梗9號每公頃可吸收氮素74.71~134.88公斤，磷17.43~23.06公斤，鉀133.54~196.36公斤，臺中秈10號每公頃可吸收氮素101.42~160.91公斤，磷25.59~33.99公斤，鉀151.24~304.93公斤。氮素吸收量臺南11號以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收140.67公斤最高與每公頃施氮素0、90與150公斤區之氮素吸收量77.38、94.58與106.49公斤有顯著差異，臺梗9號氮素吸收量以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收134.88公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之氮素吸收量74.71與88.72公斤有顯著差異，臺中秈10號氮素吸收量以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收160.91公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之氮素吸收量101.42與117.82公斤有顯著差異。磷吸收量臺南11號以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收磷26.27公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之磷吸收量18.44與19.55公斤有顯著差異，臺梗9號磷吸收量以每公頃施氮素210公斤區每公頃吸收磷25.73公斤最高與每公頃施氮素0、90、150與270公斤區之磷吸收量17.43、18.74、22.15與23.06公斤有顯著差異，臺中秈10號磷吸收量以每公頃施氮素210公斤區每公頃吸收33.99公斤最高與無施氮素區之磷吸收量25.59公斤有顯著差異。鉀吸收量臺南11號以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收200.34公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之鉀吸收量136.91與139.86公斤有顯著差異，臺梗9號鉀吸收量以每公頃施氮素270公斤區每公頃吸收鉀196.36公斤最高與每公頃施氮素0與90公斤區之鉀吸收量13.54與145.01公斤有顯著差異，臺中秈10號鉀吸收量以每公頃施氮素210公斤區每公頃吸收鉀304.93公斤最高與無施氮素區之鉀吸收量151.24公斤有顯著差異。第二期作氮肥施用量對三品種水稻氮利用效率(apparent N use efficiency)(ANUF)影響顯示於表八，臺南11號氮利用效率19.11~24.74%，每公頃施氮210公斤氮肥氮利用效率

24.74%最高，氮利用效率臺梗9號-15.56~22.99%，每公頃施氮210公斤氮利用效率22.99%最高，氮利用效率臺中秈10號18.22~28.33%，每公頃施氮210公斤氮肥氮利用效率28.33%最高。氮肥施用量對三品種水稻農藝效率(agronomic efficiency) (Ag) (kg kg⁻¹)影響顯示於表八，農藝效率臺南11號3.12~4.91 kg kg⁻¹每公頃施氮210公斤農藝效率4.91 Kg/Kg最高，臺梗9號農藝效率3.01~6.21 kg kg⁻¹每公頃施氮150公斤農藝效率6.21 kg kg⁻¹最高，臺中秈10號農藝效率-1.49~1.28 kg kg⁻¹每公頃施氮210公斤農藝效率1.28 kg kg⁻¹最高，氮肥施用量對三品種水稻生理效率(physiological efficiency)(P_E) (kg kg⁻¹)影響顯示於表六，臺南11號14.9~23.16 kg kg⁻¹每公頃施氮150公斤生理效率23.16 kg kg⁻¹最高，臺梗9號13.49~79.57 kg kg⁻¹每公頃施氮90公斤生理效率79.57 kg kg⁻¹最高，臺中秈10號-7.37~27.08 kg kg⁻¹每公頃施氮150公斤生理效率27.08 kg kg⁻¹最高。

表八、二期作水稻氮肥用量之氮磷鉀吸收量、氮利用效率、農藝效率及生理效率

N (kg ha ⁻¹)	氮吸收量 (kg ha ⁻¹)	磷吸收量 (kg ha ⁻¹)	鉀吸收量 (kg ha ⁻¹)	氮利用效率 (%)	農藝效率 (Ag) (kg kg ⁻¹)	生理效率 (P _E) (kg kg ⁻¹)
臺南 11 號 Tainan 11						
0	77.38d*	18.44b	136.91b	—	-	-
90	94.58cd	19.55b	139.86b	19.11	3.53	20.57
150	106.49bc	23.57a	173.04ab	19.40	4.41	23.16
210	129.34ab	24.80a	197.58a	24.74	4.91	20.06
270	140.67a	26.27a	200.34a	23.44	3.12	14.90
臺梗 9 號 Taiken 9						
0	74.71c	17.43c	133.54b	-	-	-
90	88.72bc	18.74c	145.01b	15.56	5.88	79.57
150	109.00ab	22.15b	173.14a	22.86	6.21	27.08
210	122.99a	25.73a	187.84a	22.99	4.28	19.08
270	134.88a	23.06b	196.36a	22.28	3.01	13.49
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10						
0	101.42c	25.59b	151.24b	-	-	-
90	117.82bc	29.37ab	215.60ab	18.22	0.94	-0.94
150	136.44ab	30.58a	271.48a	23.35	-0.32	27.08
210	160.91a	33.99a	304.93a	28.33	1.28	4.69
270	156.47a	32.00a	293.32ab	20.39	-1.49	-7.37

* 表內同行英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

表九、一期作水稻氮肥用量之氮磷鉀鈣鎂吸收量

N (kg ha ⁻¹)	稻穀產量 (kg ha ⁻¹)	氮吸收量 (kg ha ⁻¹)	磷吸收量 (kg ha ⁻¹)	鉀吸收量 (kg ha ⁻¹)	鈣吸收量 (kg ha ⁻¹)	鎂吸收量 (kg ha ⁻¹)
臺南 11 號 Tainan 11						
0	5,714b*	97.62c	22.91c	143.21c	43.58b	16.63d
90	7,103a	137.68b	28.75b	219.38b	42.40b	23.92c
150	7,936a	168.38ab	34.47a	248.37ab	53.53ab	26.78bc
210	7,831a	198.21a	37.66a	284.97a	69.18a	31.76a
270	7,354a	191.04a	34.40a	222.92b	64.58ab	31.73ab
臺梗 9 號 Taiken 9						
0	5,714b	94.53c	22.13b	151.69b	47.29b	21.47b
90	6,614ab	123.24b	27.07b	215.62ab	61.41a	26.99b
150	7,778a	174.28a	36.64a	275.35a	70.93a	34.50a
210	7,354a	181.10a	32.60a	254.19a	64.77a	33.36a
270	6,508ab	185.53a	35.28a	256.21a	69.27a	35.59a
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10						
0	6,243b	101.65c	30.16b	181.27b	44.08b	20.00c
90	7,725a	150.63b	45.84a	251.13a	67.03a	29.40b
150	7,884a	173.78ab	46.70a	301.40a	74.54a	34.86a
210	7,884a	187.78a	49.27a	267.29a	77.68a	36.83a
270	7,672a	189.93a	47.89a	273.24a	73.80a	36.76a

* 表內同行英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

表十、第二期作水稻氮肥用量之氮磷鉀鈣鎂吸收量

N (kg ha ⁻¹)	稻穀產量 (kg ha ⁻¹)	氮吸收量 (kg ha ⁻¹)	磷吸收量 (kg ha ⁻¹)	鉀吸收量 (kg ha ⁻¹)	鈣吸收量 (kg ha ⁻¹)	鎂吸收量 (kg ha ⁻¹)
臺南 11 號 Tainan 11						
0	3,529c*	97.62c	22.91c	143.21c	57.60b	22.37c
90	3,846c	137.68b	28.75b	219.38b	55.85b	24.33c
150	4,190b	168.38ab	34.47a	248.37ab	71.58a	30.94b
210	4,561a	198.21a	37.66a	284.97a	73.48a	35.07a
270	4,370ab	191.04a	34.40a	222.92b	72.13a	34.23a
臺梗 9 號 Taiken 9						
0	3,238b	94.53c	22.13b	151.69b	53.97c	25.19c
90	3,767a	123.24b	27.07b	215.62ab	58.80c	27.26c
150	4,169a	174.28a	36.64a	275.35a	69.84b	33.08b
210	4,138a	181.10a	32.60a	254.19a	72.64b	38.11a
270	4,053a	185.53a	35.28a	256.21a	82.91a	41.65a
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10						
0	4,016a	101.65c	30.16b	181.27b	86.70a	33.17b
90	4,100a	150.63b	45.84a	251.13a	80.45a	35.75b
150	3,968ab	173.78ab	46.70a	301.40a	92.02a	44.62a
210	4,000a	187.78a	49.27a	267.29a	97.17a	50.12a
270	3,614b	189.93a	47.89a	273.24a	94.08a	47.26a

* 表內同行英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

結 語

在石灰性粘板岩沖積土壤鹿港系，氮肥施用量每公頃0、90、150、210及270公斤五級處理，配合2個現行推廣種植之梗稻與1個秈稻品種，探討氮肥對水稻產量與土壤肥力及氮肥效率之效應試驗結果，第一期作試驗臺南11號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃7,936公斤。臺梗9號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃7,779公斤。臺中秈10號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150與210公斤區均為稻穀每公頃7,884公斤。第二期作臺南11號產量最高處理為每公頃施用氮素210公斤區之稻穀每公頃4,561公斤。臺梗9號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素150公斤區之稻穀每公頃4,169公斤。臺中秈10號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素90公斤。第二期作試驗結果顯示，水稻臺南11號每公頃氮素施用量以210公斤增產效果較佳，臺梗9號水稻每公頃氮素施用量以150公斤增產效果較佳，臺中秈10號水稻每公頃氮素施用量以90公斤增產效果較佳。水稻植體之總三要素吸收量，隨增施氮量而顯著增加，三參試品種在不同氮肥用量下，其氮利用效率一期作31.93~54.43%高於二期作之15.56~28.33%，農藝效率也是相似之趨勢，一期作2.93~16.46 Kg Kg⁻¹高於二期作之-1.49~6.21 Kg Kg⁻¹。

參考文獻

1. 王鐘和、江志峰、申雍 2003 土壤肥力診斷在水稻精準施肥管理之應用 p.121-132 水稻精準農業體系 行政院農業委員會農業試驗所特刊第105號 霧峰，臺灣。
2. 王鐘和、林毓雯、邱麗蓉、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 p.105-120 水稻精準農業體系 行政院農業委員會農業試驗所特刊第105號 霧峰，臺灣。
3. 江志峰 2013 不同水稻品種的氮肥施用量對其利用效率與產量之效應 p.165-173 良質米研究團隊研發成果研討會專輯 臺中區農業改良場特刊第115號 彰化，臺灣。

4. 吳育郎、劉慶裕 1967 密植增肥對水稻早熟品種產量之關係 科學農業 15(1,2): 59-62。
5. 吳育郎、林富雄 1968 水稻品種特性與肥料反應 科學農業 66(9,10): 251-254。
6. 邱再發、黃文良 1967 水稻氮肥施肥技術之研究(第一報) 氮肥晚期施用對水稻產量及養分吸收之影響 臺灣農業研究 19(3): 26-41。
7. 邱再發 1971 本省主要水稻品種之肥料效應及肥料吸收率之研究 臺灣農業研究 20(1): 1-20。
8. 林國清 2004 水稻新品種臺南11號之育成 臺南區農業改良場研究彙報 45: 1-25。
9. 林富雄、邱運全 1983 氮肥用量與栽培密度對水稻收穫指數之影響 p.237-239 稻作改良年報 71年版 臺灣省政府農林廳 南投，臺灣。
10. 徐玉標、張尊國 1988 氮素—非點源汙染質—在農業環境中之傳輸 臺灣農業 23: 30-36。
11. 張福鎖、王激清、張衛峰、崔振岭、馬文奇、陳新平、江榮鳳 2008 中國主要糧食作物肥料利用率現狀與提高途徑 土壤學報 45(5): 915-924。
12. 張滿利、陳盈、隋國民、侯守貴、于廣星、李海波、王有芬、吳凱 2010 氮肥對水稻產量和氮肥利用率的影響 中國農學通報 26(13): 230-234。
13. 陳新紅、葉玉秀、周青、浦祝軍 2011 實地氮肥管理對水稻產量和氮肥利用率的影響 西北農業學報 20(2): 77-80。
14. 莊志慶 2004 氮肥施用量對水稻氮素利用效率之影響 國立嘉義大學碩士論文。
15. 莊作權、黃裕銘 1984 改進肥效及增進土壤氮素肥力以提高二期稻作產量之研究 p.1-16 臺灣省農業試驗所特刊第16號 霧峰，臺灣。
16. 莊義雄、丁文彥 1993 氮肥施用量對不同再生處理再生稻產量與品質之影響 花蓮區研究彙報 9: 73-82。

17. 賀帆、黃見良、崔克輝、王強、湯蕾蕾、龔偉華、徐波、彭少兵、Ronald J. Buresh. 2008 實時實地氮肥管理對不同雜交水稻氮肥利用率的影響 中國農業科學 41(2): 470-479。
18. 曾東海 1985 氮肥、行株距與每樣苗數對水稻新品種系農藝性狀之影響 中華農業研究 34: 410-421。
19. 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，臺灣。
20. 彰化縣土壤調查報告 1969 國立中興大學農學院土壤學系 臺中，臺灣。
21. 鄭榮賢、蘇俊茂、李忠衛 1968 秈稻氮肥需要量試驗 臺灣農業 4(1): 12-20。
22. 賴明信、陳正昌、郭益全、呂秀英、陳治官、李長沛、曾東海 1996 現行水稻推廣品種生產力與氮肥用量之關係 1. 氮肥用量對水稻產量及產量構成要素之影響 中華農業研究 45(3): 203-217。
23. Choudhory, A. T. M. A. and I. R. Kennedy. 2005. Nitrogen fertilizer losses from rice soil and control of environmental pollution problems. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36: 1625-1639.