

臺中區水稻施肥管理回顧與展望

Retrospect and prospect of fertilizer management on paddies of Taichung area

陳鴻堂¹、郭雅紋¹、曾宥
紘¹

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場作物環境課

*E-mail : chenhgtg@tdais.gov.tw

摘 要

回顧臺中區水稻肥培管理研究從深層施肥提高氮素肥效，掩埋滿江紅當綠肥，酸性稻田連用矽酸爐渣與進行土壤肥力能限分類單位稻田之氮磷鉀肥效應試驗結果，土壤之肥力限制因子不同，施氮量也有差異，石灰質的土壤需氮量較正常土壤為大，稻穀產量較高(LCb>LC)，CEC 過小的土壤需氮量較大，但稻穀產量反而較低，排水不良土壤需氮量較石灰質土壤為小，產量也較低。雨量少，日照充足，施用高於平常推薦量之氮肥，明顯促進稻作增產，低氮則明顯減產，無氮區生育及產量最差，10 處平均祇達高氮區之 76.6%。氮肥深施，在中細質地土壤對稻穀增產效果大，粗質地(壤質砂土或砂土)土壤氮肥深施則顯減產。稻田施矽效果僅限於二期作排水不良土壤，其他土壤施用無效。LSekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6 me/100 g 之低量鉀鐵土壤)較需要高量磷鉀肥(一期作 P₂O₅ 80、K₂O 60 kg/ha，二期作 P₂O₅ 80、K₂O 80 kg/ha)，Ld (表底土均為壤質之排水不良土壤)與 LCd (表土壤質，底土粘質之排水不良土壤)多施磷鉀肥對稻穀增產頗有效果。1992 年調查台中地區氮素施用量已高達 220 kg、磷 60 kg、氧化鉀 110 kg 以上，尤以彰化縣氮肥施用量最多。102 年 1、2 期作在石灰性粘板岩沖積土鹿港系，探討氮肥對水稻產量與土壤肥力之效應。1 期作試驗每公頃稻穀產量最高處理為，臺南 11 號每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 7,936 公斤。臺稔 9 號每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 7,779 公斤。臺中私 10 號每公頃施用氮素 150 與 210 公斤區均為稻穀每公頃 7,884 公斤。第 2 期作每公頃稻穀產量最高處理為，臺南 11 號每公頃施用氮素 210 公斤區之稻穀每公頃 4,561 公斤。臺稔 9 號每公頃施用氮素 150 公斤區之稻穀每公頃 4,169 公斤。臺中私 10 號每公頃施用氮素 90 公斤區之稻穀每公頃 4,100 公斤。

鹿港 Lu 系土壤一期作氮肥施用量對三品種水稻氮利用效率影響，臺南 11 號氮肥氮利用效率以每公頃施氮 210 公斤氮素之氮利用效率 47.90% 最高，氮利用效率臺稔 9 號以每公頃施氮素 150 公斤之氮利用效率 53.19% 最高，臺中私 10 號以每公頃施氮素 90 公斤之氮利用效率 54.43 最高。一期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 90 公斤農藝效率 15.29 kg kg⁻¹ 最高，臺稔 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 13.76 kg kg⁻¹ 最高，臺中私 10 號以每公頃施氮 90 公斤農藝效率 16.46 kg kg⁻¹ 最高，一期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影

響，臺南 11 號、臺梗 9 號與臺中私 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 30.54、25.46 與 23.66 kg kg^{-1} 最高。二期作氮肥施用量對臺南 11 號、臺梗 9 號與臺中私 10 號三品種水稻氮利用效率影響，均以每公頃施氮素 210 公斤之氮利用效率分別為 24.74、22.99 與 28.33% 最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 4.91 kg kg^{-1} 最高，臺梗 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 6.21 kg kg^{-1} 最高，臺中私 10 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 1.28 kg kg^{-1} 最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影響，臺南 11 號與臺中私 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 23.16 與 27.08 kg kg^{-1} 最高，而臺梗 9 號則以每公頃施氮 90 公斤之生理效率 79.57 kg kg^{-1} 最高。

前 言

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。水稻栽培需要選擇優良品種、以純熟的栽培

技術及良好之氣候條件等因素的配合，稻穀才能獲得高產，在投入相同的人力、物力下，稻穀的生產量的多寡，直接影響稻農利潤的高低。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，所以稻農的肥培管理措施中、氮、磷與鉀三種水稻必需要素之施用量、常高於正常水稻生長之需求量，其中又以對水稻的增產效果最大的氮肥過量施肥最明顯，因而常發生各種程度之不良影響，直接影響稻米品質並造成水稻減產。為配合水稻品種的不斷推陳出新，必須進行水稻合理肥培管理技術之研究，所以只要有水稻的種植，就須詳細研究合理之肥培管理措施，提供農民栽培水稻施肥之參考。

內 容

臺中區水稻肥培管理回顧(1976-1992)

在探求增進氮素肥料效率之方法，顯示尿素以泥土或衛生紙包裹施於地下八公分處，可使氮肥之效率顯著地提高，僅用標準量之 60% 氮肥即可獲得與使用 100% 氮肥分四次撒施之方法同樣之產量。施肥法影響水稻碾米品質之研究，肥料處理影響碾米品質，尤其是完整米率，又肥料處理亦影響收穫稻谷水份，而收穫稻谷水份與完整米率成極顯著之正相關，糙米百粒重傾向與碾米品質呈負相關，近山坡地強酸性土壤之水田試驗結果，水稻每公頃施矽酸爐渣 3 公噸對水稻有增

產效果，1 期作最高為 5.5%(稻穀 324Kg/ha)，2 處平均 4.2%，2 期作最高為 4.3%(稻穀 250Kg/ha)，2 處平均 2.5%。氮素施用量以一期作 80~105 Kg/ha、二期作 70~90 Kg/ha 較合適、顯示與較平地一般水田使用量一期作 120~140 Kg/ha，二期作

1000~1200 Kg/ha 相較約減少氮素 30%。滿江紅(Azolla)之生長適應性及其當綠肥施用對水稻之生育效果，一連串之試驗經於六十九年及七十年在本場進行。結果顯示引進之 *A. pinnata* 及 *A. filiculoides* 在田間(砂頁岩沖積土微酸性)狀況下生長相當迅速，其增殖率每 4~7 日調查一次之每日平均前者為 25.8% 及 23.6%，亦即在 3.89 日及 4.24 日可增殖一倍，滿江紅在各種不同土壤中以砂頁岩沖積土生長最佳，平均為 4.9 倍粘板岩老沖積土 3.66 倍次之，新沖積土 3.36 倍又次之，紅壤 3.32 倍最差。可能與土壤之磷酰之含量有關。滿江紅當綠肥掩埋可促進水稻初期之生長及後期之稻谷產量。最高分蘗期之株高與分蘗調查發現掩埋期已較對照區為優，而後期增加株高 6.4 公分，分蘗(穗數)1.0 支更為明顯。每公頃掩埋 40 公噸之新鮮滿江紅時，其稻谷產量平均較對照區增

19%，*A. pinnata* 略較 *A. filiculoides* 為優，但兩者相差不明顯。增產之原因為增加每叢之穗數，每穗粒數及提高稔實率。每公頃掩埋 40 公噸之滿江紅，其肥效相當於 80 公斤之氮素化學肥料分四次施用。但僅施用滿江紅並不能使水稻獲得最高產量，配合 80 公斤之氮素化肥可達高產。插秧機附裝深層施肥器改良及施肥效果試驗，插秧與深層施肥，不論粘質壤土或砂質壤土均可作業，其結果：深層施肥區比對照區，除可節省氮肥 16.8~18.3% 外，又可增產稻穀 1.6~11%。

稻田掩埋滿江紅對水稻生育之影響，掩埋滿江紅可增加土壤有機質含量，減低土壤密實性，促進土壤微生物活動，增加水稻有效分蘗數，提高稻作產量。在不施氮肥情形下，水稻產量以前作加間作(插秧前 1 天及插秧後 40 天)掩埋滿江紅處理較對照增產 30.6% 34.3%。間作(插秧後 40 天)掩埋滿江紅處理增產 23.3% 22.6%。前作(插秧前 1 天)掩埋滿江紅處理增產 18.6%。滿江紅間作放任(放植不掩埋)處理增產 10.3%。顯示掩埋滿江紅可節省化學氮肥 60~70 kg/ha。

酸性稻田連用矽酸爐渣之效果及其殘效，結果顯示第一次施用矽酸爐渣對當期作之水稻即有增進生長之效果，稻谷增產率為 3.3~6.6% (稻谷 220~368 公斤/公頃)，連續施用時之增產效果更佳，其增產幅度最高達 18.8%。兩地平均增產率在 1.5 公噸/公頃矽酸爐渣區為 6.8% (稻谷每作增產 402 公斤/公頃)，3.0 公噸/公頃區為 9.7% (稻谷每作 573 公斤/公頃)。由統計分析結果顯示施用矽酸爐渣明顯的提高初期株高、分蘗，成熟期之穗數、穗長、每穗粒數及稔實率。施用矽酸爐渣可提高土壤中之 pH、有效性矽酸、交換性鈣、鎂之含量，並可降低有毒性之鋁、鐵離子，同時增加水稻對主要病害如稻熱病、紋枯病及胡麻葉枯病之抗病能力。彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之氮肥效應試驗，結果顯示不同土壤需要不同氮素用量，表土質地較粘重之土壤，稻谷產量大於粗質地疏鬆土壤，其氮素需要量較少。表土質地相同，如底土質地不同，則氮肥用量亦異。底土質地愈粗，需氮量愈大，每公頃每期作約需增加 10~30 公斤氮素。除質地有影響外，土壤之肥力限制因子不同，施氮量也有差異，石灰質的土壤需氮量較正常土壤為大，稻谷產量較高(LCb>LC)，CEC 過小的土壤需氮量較大，但稻谷產量反而較低，

排水不良土壤需氮量較石灰質土壤為小，產量也較低。氮肥深施，在中細質地土壤對稻谷增產效果大，於此類土壤平均較對照區增產 5.7%。且可減少施肥次數二~三次，節省人力及氮素用量(平均每公頃節省 38.2 公斤)，但粗質地(壤質砂土或砂土)土壤氮肥深施則明顯減產。稻田施砂效果僅限於二期作排水不良土壤，其他土壤施用無效。

彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之磷鉀肥效應試驗，此分類單位為 L (表底土質地均為壤質之土壤) Ld (表底土均為壤質之排水不良土壤)、LC (表土質地壤質，底土質地為粘質之土壤)、LCb (表土壤質，底土粘質之石灰性土壤)、LCd (表土壤質，底土粘質之排水不良土壤)、LSekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6me/100g 之低量鉀鐵土壤)、LSbekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6me/100g 之低量鉀鐵之石灰性土壤)等，試驗結果顯示：1.LSekf 類土壤較需要高量磷鉀肥(一期作 P₂O₅ 80、K₂O 60 kg/ha，二期作 P₂O₅ 60、K₂O 80 kg/ha)。2.Ld、LCd 類土壤多施磷鉀肥對稻谷增產頗有效果。3.其他土壤如 L、LC、LCb、LSbekf 等，不論土壤中磷鉀含量多寡，均以施用中量磷鉀肥(一期作 P₂O₅ 40、K₂O 30 kg/ha，二期作 P₂O₅ 30、K₂O 40 kg/ha)較為經濟。

台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究 I。水稻施肥量與施肥次數，結果如下：一、無論梗稻、秈稻或糯稻，氮肥以施用四次居多，磷肥、鉀肥皆以二次最普遍。二、台中地區氮肥施用量已高達 220 kg、磷肥 60 kg、鉀肥 110 kg 以上，尤以彰化縣氮肥施用量最多。三、單質肥料的施用已有部分逐漸被複合肥料取代，目前使用最多者為台肥 1 號、5 號及 39 號肥料。

台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究 II。水稻期作、類型及地域間施肥量的統計檢定，結果顯示無論現在或五年前水稻期作間氮、磷、鉀肥的施用量均無顯著差異，而相同期作下不同水稻類型間氮肥的施用量亦無顯著差異，但鉀肥的施用量則顯示有顯著的不同。此與作物施肥手冊中水稻推薦施肥之情況不一致。

臺中區水稻肥培管理現況與展望(1992-2015)

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，為砂頁岩非石灰性老沖積土，水稻供試品種為台農 71 號；第二期作於大雅區紅壤土進行，水稻供試品種為臺南 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 值為 0.62**，P ≤ 0.05, n = 20)，故本地區水稻氮肥推薦量為每公頃 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。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⁻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為 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，若非屬漏水田之土壤，應屬過量施肥。

102 年於粘板岩石灰性沖積土鹿港(Lu)系土壤，進行水稻五種氮肥用量(0、90、150、210 及 270 kg N ha⁻¹)對水稻生長之影響，試驗結果，氮肥用量對三品種水稻產量影響如表 1 所示，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。臺稔 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。臺稔 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，臺稔 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 1、氮肥用量對水稻三品種之農藝性狀和產量影響(鹿港 Lu 系土壤)

N kg ha ⁻¹	一期作				二期作					
	株高(cm)	分蘗數	株高 (cm)	穗數	稻穀 產量 (kg/ha)	株高 (cm)	分蘗數	株高(cm)	穗數	稻穀 產量 (kg/ha)
	臺南 11 號 nan 11									
0	52.7a*	20.3a	90.3b	19.0c	5,714a	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
	臺稔 9 號 ken 9									
0	53.9c	18.9c	101.1d	16.5c	5,714a	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

臺中私 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。

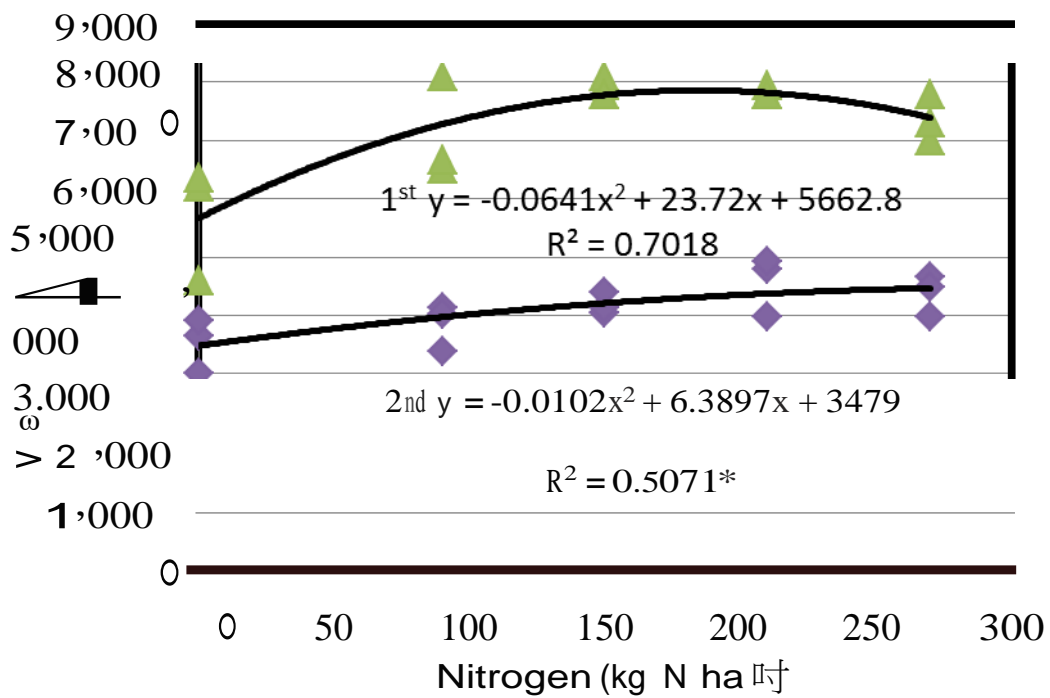
一期作水稻氮肥用量試驗，每公頃施 0、90、150、210 及 270 公斤五級處理之生育期株高臺南 11 號分別為 51.7、55.1、58.2、59.1 及 58.6 公分，臺稔 9 號分別為 53.9、60.1、64.5、68.1 及 67.0 公分，臺中私 10 號分別為 61.0、65.6、70.4、71.5 及 73.0 公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，增加氮肥用量會增加水稻植株高度。與賴等 1996 指出臺中私 10 號之株高對施氮量呈直線相關，及施氮量越多水稻植株越高。生育期水稻分蘗數調查顯示，臺南 11 號為 20.3、21.4、23.4、23.4 及 22.1 支，臺稔 9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

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株高，臺南 11 號分別為 90.3-110.6 公分，臺稔 9 號分別為 101.1-121.7 公分，臺中私 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，臺稔 9 號為 18.9-28.4 支，臺中私 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，臺稔 9 號與臺中私 10 號均增加氮肥用量明顯增加水稻之分蘗數表現。

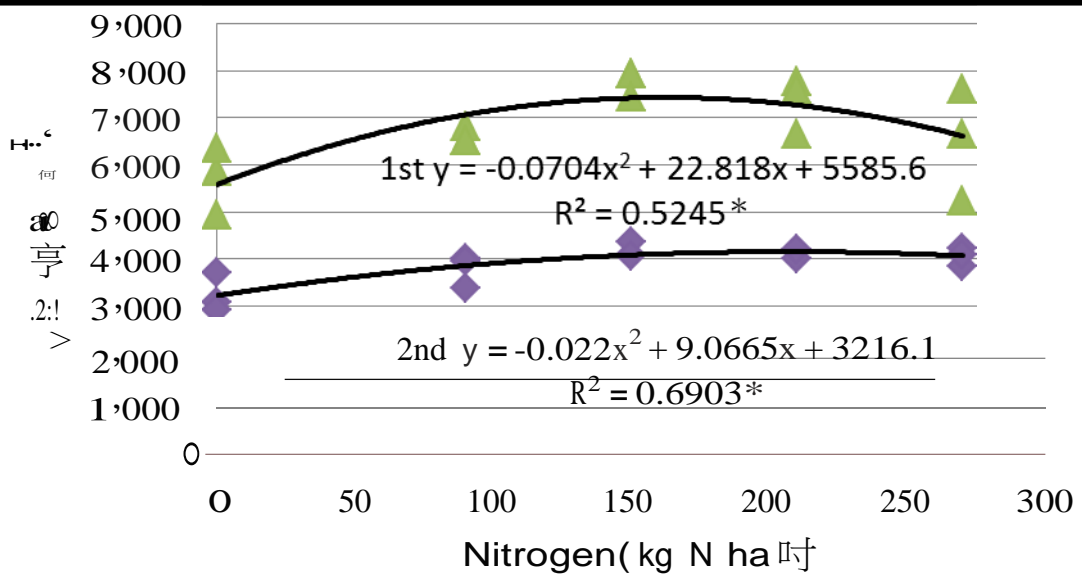
二期作試驗水稻氮肥用量每公頃 0、90、150、210 及 270 公斤五級處理之生育期株高，臺南 11 號分別為 51.8-66.7 公分，臺稔 9 號分別為 50.6-65.1 公分，臺中私 10 號分別為 59.2-72.2 公分，結果顯示在供試的氮肥用量下，增加氮肥用量會增加水稻植株高度。生育期水稻分蘗數調查顯示，臺南 11 號為 13.7-23.0 支，臺稔 9 號為 12.6-21.4 支，臺中私 10 號為 17.8-27.7 公分，結果顯示除臺南 11 號之水稻氮肥用量，每公頃 90

及 270 公斤分蘗數以 23.0 支較高外，臺稔 9 號與臺中私 10 號均增加氮肥用量明顯增加水稻之分蘗數表現。

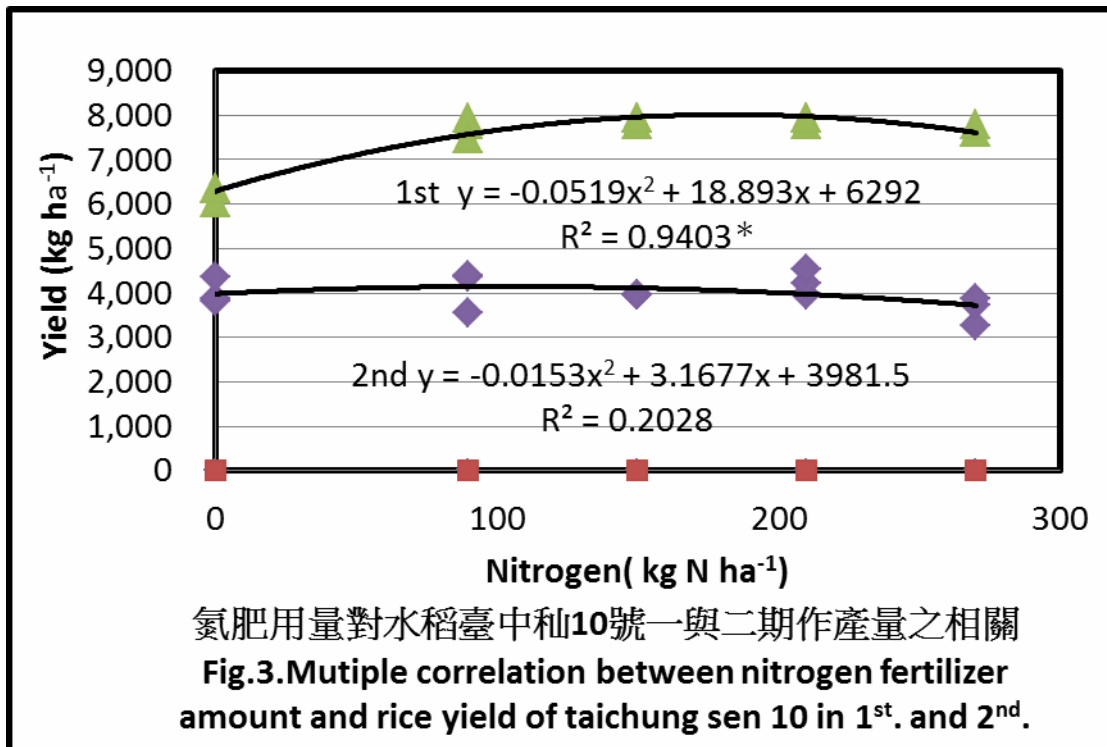
氮肥用量與 3 品種水稻稻穀產量之二次迴歸分析結果如圖 111，顯示除了臺中私 10 號之第 2 期作氮肥用量與水稻稻穀產量間差異不顯著外。臺南 11 號、臺稔 9 號 1 及 2 期作與臺中私 10 號第 1 期作均呈顯著相關。



氮肥用量對水稻臺南 11 號一與二期作產量之相關
 Fig. 1. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amount and rice yield of tainan 11 in 1st and 2nd.



氮肥用量對水稻臺模 9 號一與二期作產量之相關
 Fig. 2. Multiple correlation between nitrogen fertilizer amount and rice yield of taikeng 9 in 1st and 2nd.



103 年和美砂頁岩及粘板岩混合沖積土口厝(Ko)系土壤試驗結果顯示，氮肥用量對三品種水稻產量影響，一期作試驗(表 3)臺南 11 號每公頃稻穀產量在 5,714-7,116 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 7,116 公斤。臺稈 9 號每公頃稻穀產量在 5,238-6,534 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 6,534 公斤。臺中秈 10 號每公頃稻穀產量在 6,243-7,142 公斤間，產量最高處理為每公頃施用氮素 90 公斤區稻穀每公頃 7,142 公斤。103 年第一期作和美砂頁岩及粘板岩混合沖積土試驗結果顯示，水稻不同品種氮肥施用量對稻穀增產反應有所差異，臺南 11 號每公頃施氮素 150 與 210 公斤區之稻穀每公頃分別為 7,010 與 7,116 公斤差異不顯著，且與每公頃施氮素 270 公斤高氮區及每公頃施氮素 90 公斤低氮與無氮區之稻穀有顯著差異，臺稈 9 號每公頃

表 2、氮肥用量對水稻三品種之農藝性狀和產量影響(口厝(Ko)系土壤)

N _r 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 Tahan 11										
0	64.7a*	25.1	89.6	23.0	5,714d	55.5d	20.5c	98.2	18.2	5,265b
90	71.3	31.3	95.6	26.7	6,667bc	59.8c	22.4bc	104.0	18.8	5,794ab
150	73.7	32.1	101.2	27.9	7,010ab	62.7bc	24.8ab	109.6	21.4	6,296a
210	75.1	34.1	103.8	29.9	7,116a	65.2ab	26.8a	113.0	23.4	6,376a
270	77.3	34.4	106.4	29.9	6,614c	67.7a	28.4a	115.8	25.4	5,952a

臺稈 9 號 Taiken 9										
0	68.2	21.2	89.9	19.9	5,238b	63.2c	19.9c	100.2	17.4	5,370b
90	72.2	26.2	105.5	24.1	6,322a	66.4c	21.8b	107.4	17.8	5,635ab
150	74.1	26.9	109.1	24.5	6,534a	70.9b	22.2b	110.7	19.3	6,270a
210	76.7	26.6	114.4	25.3	6,455a	74.9ab	24.6a	115.5	19.1	5,847ab
270	79.1	31.9	118.4	27.5	5,582ab	77.2a	25.9a	117.3	20.6	6,323a
臺中私 10 號 Taichung Sen										
0	61.0c	23.1	108.1	17.2	6,296b	61.7c	24.9c	99.5	16.4	5,132ab
90	77.5	26.9	115.1	19.8	7,142a	67.3c	26.2bc	104.8	19.9	5,370a
150	80.7	28.6	120.1	19.7	7,037a	71.0c	29.6a	112.0	20.2	5,661a
210	85.4	28.3	122.1	20.9	7,116a	76.2b	29.1ab	114.1	18.5	4,550bc
270	85.2	27.8	123.0	20.9	6,667ab	82.0a	31.2a	114.9	18.5	4,180c

* 英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

施氮素 90-270 公斤區之稻穀每公頃分別為 6,322-6,534 公斤處理間差異不顯著，臺中私 10 號每公頃施氮素 0-270 公斤各處理間之稻穀產量沒有顯著差異，一期作試驗結果顯示水稻每公頃施氮素 270 公斤之高氮區均有減產稻穀反應。第二期作試驗臺南 11 號每公頃稻穀產量在 5,265-6,376 公斤間，每公頃施用氮素 210 公斤區之稻穀產量最高為每公頃 6,376 公斤，與無氮區產量有顯著差異。臺稈 9 號每公頃稻穀產量在 5,370-6,323 公斤間，每公頃施用氮素 270 公斤區之稻穀產量最高為每公頃 6,323 公斤，與每公頃施用氮素 90 公斤區產量有顯著差異。臺中私 10 號每公頃稻穀產量在 4,180-5,661 公斤間，每公頃施用氮素 150 公斤區之公頃稻穀產量最高為 5,661 公斤，與每公頃施用氮素 210 與 270 公斤區產量有顯著差異。103 年第 2 期作和美砂頁岩及粘板岩混合沖積土試驗結果顯示，水稻臺南 11 號每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳，臺稈 9 號水稻每公頃氮素施用量以 270 公斤增產效果較佳，臺中私 10 號水稻每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳。

鹿港 Lu 系土壤 102 年一期作氮肥用量對三品種水稻養分吸收與氮素回收率影響，氮肥施用量對三品種水稻氮、磷與鉀吸收量影響顯示於表 4，一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，臺稈 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，臺中私 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，臺稈 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，臺中私 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，臺稈 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，臺中私 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，臺稈 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 公斤最高與無施氮素區之鉀吸收量 151.69 公斤有顯著差異，臺中私 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 4，臺南 11 號氮肥氮利用效率 34.60-47.90%每公頃施氮 210 公斤氮肥氮利用效率 47.90%最高，氮利用效率臺稈 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，氮利用效率臺中私 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，臺稈 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，臺中私 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，

表 3、鹿港 Lu 系土壤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	97.62 ^{c*}	22.91 ^c	143.21 ^c	-	-	-
90	137.68 ^b	28.75 ^b	219.38 ^b	44.51	15.29	10.01
150	168.38 ^{ab}	34.47 ^a	248.37 ^{ab}	47.17	14.81	30.54
210	198.21 ^a	37.66 ^a	284.97 ^a	47.90	10.08	20.80
270	191.04 ^a	34.40 ^a	222.92 ^b	34.60	6.07	19.56
臺稈 9 號 Taiken 9						
0	94.53 ^c	22.13 ^b	151.69 ^b	-	-	-
90	123.24 ^b	27.07 ^b	215.62 ^{ab}	31.93	9.99	7.21
150	174.28 ^a	36.64 ^a	275.35 ^a	53.19	13.76	25.46
210	181.10 ^a	32.60 ^a	254.19 ^a	41.24	7.81	20.21

270	185.53 ^a	35.28 ^a	256.21 ^a	33.71	2.93	6.31
臺中私 10 號 Taichung Sen 10						
0	101.65 ^c	30.16 ^b	181.27 ^b	-	-	-
90	150.63 ^b	45.84 ^a	251.13 ^a	54.43	16.46	9.9
150	173.78 ^{ab}	46.70 ^a	301.40 ^a	48.08	10.93	23.66
210	187.78 ^a	49.27 ^a	267.29 ^a	41.01	7.81	20.12
270	189.93 ^a	47.89 ^a	273.24 ^a	32.70	5.29	16.70

* 表內同行英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

氮肥施用量對三品種水稻生理效率(physiological efficiency)(PE) (kg kg⁻¹)影響顯示於表 4，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，臺稔 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，臺中私 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。

鹿港 Lu 系土壤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 5，二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，臺稔 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，臺中私 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，臺稔 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，臺中私 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 18.441 與 19.55 公斤有顯著差異，臺稔 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，臺中私 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，臺稔 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，臺中私 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 5，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，氮利用效率臺稈 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 5，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，臺稈 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)(PE)(kg kg-1)影響顯示於表 5，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，臺稈 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 4、鹿港 Lu 系土壤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	77.38 ^{d*}	18.44 ^b	136.91 ^b	—	-	-
90	94.58 ^{cd}	19.55 ^b	139.86 ^b	19.11	3.53	20.57
150	106.49 ^{bc}	23.57 ^a	173.04 ^{ab}	19.40	4.41	23.16
210	129.34 ^{ab}	24.80 ^a	197.58 ^a	24.74	4.91	20.06
270	140.67 ^a	26.27 ^a	200.34 ^a	23.44	3.12	14.90
臺稈 9 號 Taiken 9						
0	74.71 ^c	17.43 ^c	133.54 ^b	-	-	-
90	88.72 ^{bc}	18.74 ^c	145.01 ^b	15.56	5.88	79.57
150	109.00 ^{ab}	22.15 ^b	173.14 ^a	22.86	6.21	27.08
210	122.99 ^a	25.73 ^a	187.84 ^a	22.99	4.28	19.08
270	134.88 ^a	23.06 ^b	196.36 ^a	22.28	3.01	13.49
臺中秈 10 號 Taichung Sen 10						
0	101.42 ^c	25.59 ^b	151.24 ^b	-	-	-
90	117.82 ^{bc}	29.37 ^{ab}	215.60 ^{ab}	18.22	0.94	-0.94
150	136.44 ^{ab}	30.58 ^a	271.48 ^a	23.35	-0.32	27.08
210	160.91 ^a	33.99 ^a	304.93 ^a	28.33	1.28	4.69
270	156.47 ^a	32.00 ^a	293.32 ^{ab}	20.39	-1.49	-7.37

* 表內同行英文字母相同表示 5% 差異不顯著。

結 語

回顧臺中區水稻肥培管理從增進氮素肥料效率研究，證實深層施肥可提高氮素肥效，並設計插秧機附裝深層施肥器改良及施肥效果測試，節省氮肥 16.8~18.3%外，又可增產稻穀 1.6~11%。每公頃掩埋 40 公噸之新鮮滿江紅當綠肥時，其稻穀產量平均較對照區增 19%，肥效相當於 80 公斤之氮素化學肥料分四次施用，但僅施用滿江紅並不能使水稻獲得最高產量，配合 80 公斤之氮素化肥可達高產。掩埋滿江紅可節省化學氮肥 60~70 kg/ha。酸性稻田連用矽酸爐渣增產幅度最高達 6.8~9.7%。土壤肥力能限分類單位稻田之氮磷鉀肥效應試驗結果，土壤之肥力限制因子不同，施氮量也有差異，石灰質的土壤需氮量較正常土壤為大，稻穀產量較高(LCb>LC)，CEC 過小的土壤需氮量較大，但稻穀產量反而較低，排水不良土壤需氮量較石灰質土壤為小，產量也較低。雨量少，日照充足，施用高於平常推薦量之氮肥，明顯促進稻作增產，低氮則明顯減產，無氮區生育及產量最差，10 處平均祇達高氮區之 76.6%。氮肥深施，在中細質地土壤對稻穀增產效果大，粗質地(壤質砂土或砂土)土壤氮肥深施則顯減產。稻田施矽效果僅限於二期作排水不良土壤，其他土壤施用無效。LSekf (表土壤質，底土砂質而 CEC<6 me/100 g 之低量鉀鐵土壤)較需要高量磷鉀肥(一期作 P₂O₅ 80、K₂O 60 kg/ha，二期作 P₂O₅ 80、K₂O 80 kg/ha)，Ld (表底土均為壤質之排水不良土壤)與 LCd (表土壤質，底土粘質之排水不良土壤)多施磷鉀肥對稻穀增產頗有效果。1992 年調查台中地區氮素施用量已高達 220 kg、磷酐 60 kg、氧化鉀 110 kg 以上，尤以彰化縣氮肥施用量最多。102 年 1、2 期作在石灰性粘板岩沖積土鹿港系，探討氮肥對水稻產量與土壤肥力之效應。1 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。臺稔 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。臺中私 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 2 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。臺稔 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。臺中私 10 號每公頃稻穀產量最高處理為每公頃施用氮素 90 公斤之稻穀每公頃 4,100 公斤。第 2 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，臺稔 9 號水稻每公頃氮素施用量以 150 公斤增產效果較佳，臺中私 10 號水稻每公頃氮素施用量以 90 公斤增產效果較佳。

鹿港 Lu 系土壤一期作氮肥施用量對三品種水稻氮利用效率影響，臺南 11 號氮肥氮利用效率以每公頃施氮 210 公斤氮素之氮利用效率 47.90%最高，氮利用效率臺稔 9 號以每公頃施氮素 150 公斤之氮利用效率 53.19%最高，臺中私 10 號以每公頃施氮素 90 公斤之氮利用效率 54.43 最高。一期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 90 公斤農藝效率 15.29 kg kg⁻¹最高，臺稔 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 13.76 kg kg⁻¹最高，臺中私 10 號以每公頃施氮

90 公斤農藝效率 16.46 kg kg^{-1} 最高，一期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影響，臺南 11 號、臺梗 9 號與臺中私 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 30.54、25.46 與 23.66 kg kg^{-1} 最高。二期作氮肥施用量對臺南 11 號、臺梗 9 號與臺中私 10 號三品種水稻氮利用效率影響，均以每公頃施氮素 210 公斤之氮利用效率分別為 24.74、22.99 與 28.33% 最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻農藝效率影響，臺南 11 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 4.91 kg kg^{-1} 最高，臺梗 9 號以每公頃施氮 150 公斤農藝效率 6.21 kg kg^{-1} 最高，臺中私 10 號以每公頃施氮 210 公斤農藝效率 1.28 kg kg^{-1} 最高，二期作氮肥施用量對三品種水稻生理效率影響，臺南 11 號與臺中私 10 號均以每公頃施氮 150 公斤之生理效率分別為 23.16 與 27.08 kg kg^{-1} 最高，而臺梗 9 號則以每公頃施氮 90 公斤之生理效率 79.57 kg kg^{-1} 最高。

參考文獻

1. 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 3:20-23。
2. 林月金、戴登燦 1992 台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究 II. 水稻期作、類型及地域間施肥量的統計檢定 臺中區農業改良場研究彙報 36:1-6。
3. 梁榮良 1982 插秧機附裝深層施肥器改良及施肥效果試驗 臺中區農業改良場研究彙報 6:112-120。
4. 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。
5. 黃祥慶、王錦堂 1984 彰化縣不同土壤肥力能限分類單位稻田之磷鉀肥效應試驗 臺中區農業改良場研究彙報 9:29-40。
6. 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。
7. 黃山內 蔡宗仁 蘇匡基 1982 栽種滿江紅對節省水稻氮肥之經濟性研究 臺中區農業改良場研究彙報 .6:103-111。
8. 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。
9. 戴登燦、林月金 1992 台中區水稻施肥量與施肥方法之調查研究 I. 水稻施肥量與施肥次數 臺中區農業改良場研究彙報 35:33-40。
10. 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。
11. Dobermann A., K. G. Cassman, P. C. Sta. Cruz, M.A.A. Adviento & M.F. Pampolino 1996 Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice systems. III. Phosphorus. Nutrient Cycling in Agroecosystems 46: 111-125.