

土系間氮肥用量對水稻產量與土壤化學性之影響

吳添益^{1*}、蔡正賢¹

摘 要

本文就苗栗區番子坡系 (Fp)，五分埔系 (Wn)，栗子園系 (Su) 等土系水田處，每處土系各有水稻台南 11 號等 3 種品種參試；氮肥用量分 0、90、150、210、270 公斤 / 公頃等 5 變級，三重複；每處土系施用磷酐及氧化鉀用量，每公頃各為 60 及 90 公斤，進行兩年 4 期作田間試驗。試驗結果，在各土系間一、二期作產量表現，都以番仔坡土系最好，栗仔園土系次之。在試驗組中氮肥利用效率都以 90 kg N / ha 處理組最好，一、二期作分別為 9.3-18.4 kg / kg-N、9.1-11.1 kg/kg-N 為最高。氮肥用量處理對產量比較結果，2012 年一、二期作分別以 90 及 150 kg N / ha 的處理組產量最好，且在公頃粗收入最高；2013 年一、二期作都以 210 kg N / ha 的處理組產量最好。另外，成熟期調查氮肥用量對水田土壤化學性影響，土壤酸鹼值於各土系試驗區都隨氮肥用量增加而呈現下降，土壤電導度值於各土系試驗區都隨氮肥用量增加而呈現上升；土壤肥力評估，以土壤鉀養分消長變化最大，土壤磷養分次之，土壤鈣、鎂養分含量變化則無明顯差異。

關鍵字：土系、水稻、產量、氮肥、土壤化學性

一、前言

據鍾等⁽⁹⁾調查桃園縣、新竹縣、苗栗縣、彰化縣、臺南縣、高雄縣與屏東縣之西瓜、柑橘、高接梨、葡萄、洋香瓜、印度棗及蓮霧等作物產量及施肥量與土壤組之關係，顯示土壤肥力仍是限制作物產量之主要土壤因子。在限制因子中，以石灰含量高為其限制因子的土系數目最多，其次為排水不良者，酸性強者的土系數目則佔第三位多。

因此，農民為達高產，常超量使用化學肥料，其原因除與肥料價格低佔生產成本之比例低，營養效應之明確與快速，則是農民施用高量肥料之另一原因。同時陳等⁽⁷⁾也指出，增加氮肥施用量將使穀粒及糙米之蛋白質含量增加，因而使食味變劣⁽¹³⁾。於水稻目前施肥量及推薦量資料及歷年調查資料顯示，施肥總量高居各項作物之冠，易造成

¹ 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

* 論文聯繫人：tianyih@mdais.gov.tw

水稻倒伏、病蟲害發生⁽¹³⁾。苗栗地區耕地受到地理環境影響，土壤母質呈現小面積和多樣化的特性，導致土壤性質呈現極大的變異，形成土壤過酸或過鹼，排水不良，石礫過多，土層淺薄，土壤養分有效性偏低等情形，對於耕作造成嚴重障礙，也對施肥效果造成極大的影響。

針對此狀況，本研究選擇苗栗地區農耕地中三大土系，進行氮肥用量對水稻產量效益與土壤化學性影響之田間試驗。藉此，瞭解水稻生產時的氮肥利用率與合理的氮肥施用量，強化環境永續生產管理技術，穩定糧食的供給，保護環境品質。

二、材料與方法

田間設計及肥培管理

針對苗栗縣水稻耕作田，選定三大土系，有後龍鎮復興里，其土壤為砂頁岩新沖積土番仔坡土系(Fp)⁽²⁾；公館鄉石墻村，其土壤為砂頁岩新沖積土五分埔土系(Wn)⁽²⁾；苑裡鎮山腳里(2012年)及三

義鄉鯉魚潭村(2013年)，其土壤為板岩砂頁岩混合沖積土栗仔園土系(Su)⁽²⁾，進行田間試驗。試驗區試驗前土壤之土性⁽⁴⁾及土壤肥力性質如表一所示。

表 1、試驗前供試土系土壤理化性質調查

土系	土性	黏粒 %	砂粒 %	酸鹼值	電導度 dS/m	有機質 g/kg	有效磷	交換性 鉀	交換性 鈣	交換性 鎂
							mg/kg			
Fp 系	L	15.5	33.2	5.5	0.133	20.2	27	65	770	165
Wn 系	L	19.5	43.2	5.6	0.118	23.8	33	63	722	131
Su 系*	L	21.5	39.2	4.8	0.414	26.6	12	61	932	169
Su 系**	SL	13.6	26.2	5.3	0.083	14.8	14	37	563	143

*2012年苑裡田區；**2013年三義田區。

每一土系試驗田採用逢機完全區集設計，五處理，三品種，三重複，計45小區，小區面積 8 m x 5 m = 40 m²。供試之水稻品種如表二所示。

表 2；試驗區參試之水稻品種(* Su 土系_2012 年苑裡田區；2013 年三義田區。)

試驗區	2012 年		2013 年	
	1st	2nd	1st	2nd
Fp 土系	臺梗 9、臺南 11、臺梗 11	桃園 3、臺南 11、臺梗 11	臺梗 9、臺南 11、臺梗 14	同左
Wn 土系	臺梗 9、臺南 11、臺農 71	同左	臺梗 9、臺南 11、臺農 77	同左
Su 土系*	臺梗 9、臺南 11、高雄 145	臺梗 9、臺南 11、臺梗 14	臺中 192、臺南 11、苗栗 2	臺中 192、臺南 11、臺梗 16

化學氮肥用量分五級，分別 0，90，150，210 及 270 kg ha⁻¹。磷肥用量為 60 kg P₂O₅ ha⁻¹。鉀肥用量為 90 kg K₂O ha⁻¹。肥料施用法依作物施肥手冊⁽¹¹⁾ 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。實施期作兩年之插秧及收割行程如表三所示。

表 3:實施期作插秧及收割行程

實施期作	2012 年		2013 年	
	1st	2nd	1st	2nd
插秧日	3 月 2、3 日	7 月 26、27 日	3 月 2、3 日	7 月 26、30 日
收割日	6 月 27 日 ~ 7 月 11 日	11 月 1、6 日	7 月 1、11 日	11 月 14~19 日
栽培日數	114 ~ 127 日	92 ~ 104 日	126 ~ 130 日	112 ~ 115 日

調查及分析項目

水稻土壤採樣於種植前及收穫時，以隨機分別採取表土 (0~20cm)，進行風乾、萃土、過篩 (2mm)。pH 值以玻璃電極法測定水：土 (V:W)=(1:1)⁽⁵⁾，有機質以 Walkley-Black 法測定⁽¹⁵⁾，有效磷以白雷式第 1 法 (Bray-1 P Method) 測定⁽¹⁵⁾，交換性鉀、鈣、鎂用 1M 中性醋酸銨萃取，再以原子吸光譜儀或火焰光度計測定⁽¹⁴⁾。水稻生育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，在以 Duncan 最小顯著變域法比較處理之變異性⁽⁶⁾。

三、結果討論

土系間氮肥用量對水稻生育之影響

本研究進行土系間氮肥用量 2 年四期作之水稻田間試驗，2012 年水稻插秧後第 53-58 天 (1st) 及 47-48 天 (2nd) 之生育調查結果。從表 4、6 中得知，一期作株高以番仔坡 (Fp) 土系 70.6-83.5 公分最高，二期作株高以五分埔 (Wn) 土系 82.6-90.2 公分最高；成熟期生長第 114-127 天 (1st) 及 92-104 天 (2nd) 之生育調查如表 5、7 所示，一、二期作株高都以番仔坡土系分 98.4-132.4 公分及 89.2-106.8 公分最高；各土系於對照組株高比較，一期作高於二期作，在栗子園 (Su) 土系增長 24-49 % 為最高，五分埔土系增長 9-29 % 為最低。在試驗組一期作以氮肥用量 90 公斤公頃處理與其他處理間株高有明顯差異；二期作以氮肥用量 90-150 公斤公頃處理與其他處理間株高有明顯差異。插秧後穗肥前之分蘗支數調查，在一期

作各土系平均 21.6-25.6 支，土系中以栗子園土系表現最好；二期作各土系平均 13.1-18.9 支，其中以五分埔土系表現最好，試驗組中以番仔坡土系表現最佳。成熟期穗數調查，在一期作各土系平均 17.9-21.8 支，土系中以栗子園土系表現最好；二期作各土系平均 13.6-16.6 支，其中以番仔坡土系表現最高。有效分蘗平均比較，一期作有 84.6 % 低於二期作 90.4 %，但在平均穗數則以一期作 19.4 支高於二期作 15.0 支。試驗組穗數隨氮肥用量增加而有提高，其增多幅度隨氮肥用量增加而逐漸趨於下降，在一期作以氮肥用量 90 公斤公頃處理與其他處理間穗支數有明顯差異；二期作以氮肥用量 90-150 公斤公頃處理與其他處理間穗支數有明顯差異。

表 4、2012 年一期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	68.9c	70.6b	63.8b	21.6c	22.0d	25.3 d
A	75.1b	79.4a	72.9a	27.8b	27.6c	37.6 c
B	80.1a	81.9a	73.8a	32.3a	31.3b	38.9bc
C	79.9a	86.2a	74.3a	33.9a	36.5a	40.2ab
D	80.0a	83.5a	74.2a	34.2a	35.6a	42.0 a

*CK：無氮肥區，A：90kg-N/ha，B：150kg-N/ha，C：210kg-N/ha，D：270kg-N/ha。

表 5、2012 年一期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	88.5 c	98.4 d	95.2 c	17.9 b	18.6 c	21.8 b
A	102.5 b	113.4 c	107.1 b	23.1 a	23.2 b	26.1 a
B	110.7 a	123.5 b	113.9 a	26.6 a	25.1 ab	27.6 a
C	114.9 a	133.2 a	114.5 a	26.9 a	27.4 a	28.2 a
D	112.9 a	132.4 ab	117.1 a	25.8 a	26.6 a	28.1 a

*同表 4 說明。

表 6、2012 年二期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	82.6a	76.1c	65.9c	18.7b	18.1c	13.1c
A	84.9a	81.0b	69.2b	21.7ab	24.2b	15.0bc
B	88.1a	83.0ab	68.4c	22.7ab	26.2ab	17.3ab
C	87.9a	84.0ab	72.2ab	24.0a	29.1a	18.3a
D	90.2a	86.0a	74.1a	23.9a	29.3a	19.2a

*同表 4 說明。

表 7、2012 年二期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	89.9 c	89.2 d	81.8 d	14.8 c	16.6 d	13.7 c
A	95.6 b	96.7 c	89.5 c	16.2 bc	21.9 c	16.0 b
B	98.0 ab	100.1bc	95.7 b	18.4 ab	24.3 bc	18.1 ab
C	101.1 a	103.8ab	99.2 ab	19.0 a	26.6 ab	19.6 a
D	102.5 a	106.8 a	102.7 a	19.5 a	27.7 a	19.8 a

*同表 4 說明。

2013 年水稻插秧後第 64-67 天 (1st) 及 45-48 天 (2nd) 之生育調查結果。從表 8、10 中得知，一、二期作株高都以番仔坡土系 64.9-75.1 公分 (1st) 及 81.1-87.2 公分 (2nd) 最高；成熟期生長第 126-130 天 (1st) 及 112-115 天 (2nd) 之生育調查如表 9、11 所示，一期作株高以番仔坡土系 91.7-112.4 公分最高，二期作株高以五分埔土系 93.8-112.2 公分最高；對照組各土系於株高比較，一期作增高率 41-48 % 優於二期作 13-21 %，且在土系間以栗子園土系表現為最高。在試驗組則以隨氮肥用量增加處理間株高有明顯增加趨勢。插秧後穗肥前之分蘗支數調查，一期作各土系在對照組平均 19.5-20.5 支，土系中以栗子園土系表現最好，試驗組中以番仔坡土系表現最佳。二期作各土系平均 15.5-15.9 支，都以栗

仔園土系表現最好。成熟期穗數調查，在一期作各土系平均 17.7-19.6 支，土系中以番仔坡土系表現最好；二期作各土系平均 12.7-14.7 支，其中以栗子園土系表現最高。有效分蘗平均比較，一期作有 96.0 % 高於二期作 87.9 %，且平均穗數則以一期作 18.9 支高於二期作 13.8 支。試驗組穗數於各個土系間表現不一，但都隨氮肥用量增加而有增加，且與對照組在穗數上有明顯差異。據宋⁽³⁾及林⁽⁸⁾研究指出，施氮肥料量增加，可提高水稻分蘗數及穗數之效果。綜合土系間氮肥用量對水稻生育之影響試驗，在一定範圍內，氮肥施用量越高則穗數、產量提升越多，過量施用肥料最終產量未必增加，反而因分蘗過盛造成通風不良，導致病蟲害孳生危害。

表 8、2013 年一期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	60.1 c	64.9 b	63.5a	19.5 d	20.3c	20.5b
A	63.8 b	69.7ab	66.3a	21.4 c	24.4b	22.0a
B	68.7ab	71.6ab	66.0a	23.9 b	25.3b	22.7a
C	70.5 a	73.1 a	66.8a	24.4ab	26.7a	23.1a
D	70.8 a	75.1 a	66.2a	25.7 a	27.8a	23.1a

*同表 4 說明。

表 9、2013 年一期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	86.0 c	91.7 c	93.7 b	17.7 c	19.6 c	19.5 d
A	93.6 b	102.4b	95.5ab	20.7 b	22.4 b	20.9 c
B	99.3ab	105.7ab	97.4ab	23.5 a	26.2 a	21.7bc
C	103.4 a	108.9ab	99.1ab	24.2 a	27.0 a	22.5ab
D	105.0 a	112.4 a	100.9 a	24.3 a	27.5 a	23.3 a

*同表 4 說明。

表 10、2013 年二期作土系間氮肥用量對水稻穗肥前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			分蘗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	77.4 b	81.1 d	85.2a	15.7c	15.5e	15.9d
A	76.1 b	83.1 c	86.5a	17.1b	17.0d	18.1c
B	78.1ab	85.2 b	85.1a	18.0b	19.3c	19.0c
C	80.9ab	86.2ab	86.4a	19.3a	20.3b	20.5b
D	82.9 a	87.2 a	85.4a	20.0a	22.7a	22.7a

*同表 4 說明。

表 11、2013 年二期作土系間氮肥用量對水稻採收前農藝性狀調查

氮肥用量 (kg/ha)	株高(公分)			穗數(支)		
	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系	Wn 土系	Fp 土系	Su 土系
CK*	93.8 e	93.3 b	96.0 b	12.7 e	14.0 c	14.7 e
A	99.1 d	98.5ab	99.5ab	15.7 d	17.1 b	17.8 d
B	103.4 c	101.2a	101.2ab	17.9 c	18.3ab	20.8 c
C	108.2 b	103.9a	103.7ab	19.7 b	21.5 a	23.4 b
D	112.2 a	104.1a	106.3 a	22.1 a	21.2 a	25.3 a

*同表 4 說明。

土系間氮肥用量對土壤化學性之影響

本研究採選土系有番仔坡及五分埔土系係屬於砂頁岩新沖積土，土性為壤土；栗仔園土系屬於板岩砂頁岩混合新沖積土，2012年苑裡試驗田區土性為壤土，2013年三義試驗田區土性為砂壤土。於2012-2013年間執行四期作之水稻田間試驗，於每期作成熟期進行田間土壤化學性調查，結果如下說明。由表12、13中得知，2012年氮肥試驗組一期作酸鹼值下降0.19-0.30單位，較二期作酸鹼值下降0.08-0.13單位幅度稍大些；2013年氮肥試驗組一期作酸鹼值下降0.10-0.15單位，較二期作酸鹼值下降0.15-0.18單位降幅度稍小些；且二期作酸鹼值均高於一期作回升情況，在土系中以番仔坡及五分埔土系酸鹼值變化明顯於栗仔園土系表現。土壤電導度值變化由表14、15中得知，氮肥用量愈大者其電導度值愈高，且一期作電導度值高於二期作。土壤有機質含量變化由表16、17中得知，一期作土壤有機質含量高於二期作；土系間就以番仔坡及五分埔土系土壤有機質含量於四期作之測值並無明顯差異變化。土壤有效磷含量變化由表18、19中得知，平均都呈現隨氮肥用量增加其測值表現是先增後降的趨勢，且對照組二期作平均有效磷含量 $29.1-29.3 \text{ mgkg}^{-1}$ 高於一期作 $26.4-26.8 \text{ mgkg}^{-1}$ ，相較於試驗前可得土壤蓄積有效磷量

約10.0-21.3%之多，且隨土性中黏、砂粒含量不同而有差異；本試驗中番仔坡及五分埔土系土壤有效磷含量高於栗仔園土系，就同一栗仔園土系不同地區，其土性中黏、砂粒含量不同，蓄積的有效磷量也是有差異。本結果明顯得知氮肥用量愈多，對相同土系下有增加消耗有效磷含量的效果，但在合理氮肥用量下其消耗有效磷的效果是微稍少的，所以水稻磷肥施用量推薦，有必要斟酌土壤檢測值高低及當地土壤條件做合理的調整。土壤交換性鉀含量變化由表20、21中得知，氮肥用量組與對照組土壤交換性鉀含量於成熟期是有顯著上差異。由2012-2013年對照組各土系平均土壤交換性鉀含量一期作從 57.7 mgkg^{-1} 增加到 61.2 mgkg^{-1} ，二期作 56.3 mgkg^{-1} 增加到 60.7 mgkg^{-1} 。顯示外加投入鉀肥也會使土壤中交換性鉀有些稍小的蓄積出現，但隨著氮肥施用量增加土壤中交換性鉀含量減少也隨之擴大，2012年隨氮肥用量增加其土壤交換性鉀含量減少約32.5-43.6%之多，2013年雖有稍緩情況，土壤交換性鉀含量仍減少到9.0-19.9%之多。本試驗結果顯示氮肥用量增加，有促使土壤中鉀養分運移速度加快的效果。土壤交換性鈣含量變化由表22、23中得知，在2012年各土系一期作測值 $971-1015 \text{ mgkg}^{-1}$ 高於二期

作測值 915-976 mgkg^{-1} ；在 2013 年各土系一期作測值 872-956 mgkg^{-1} 高於二期作測值 792-864 mgkg^{-1} ，栗仔園土系三義試驗田差異變化較明顯，可視當地土壤條件做些微調整，其它土系間隨著氮肥施用量增加，其土壤交換性鈣含量變化並無明顯差異。土壤交換性鎂含量變化由表 24、25 中得知，在 2012 年各土系一期作測值 177-187 mgkg^{-1} 高於二期作測值 171-175 mgkg^{-1} ；在 2013 年各土系一期作測值 150-

157 mgkg^{-1} 高於二期作測值 143-150 mgkg^{-1} ，土系間受氮肥用量影響其土壤交換性鎂含量並無明顯變化。由賴⁽¹²⁾等研究指出施用不同量之氮肥後，對土壤肥力反應會降低養分有效性，使土壤酸鹼度呈下降趨勢；在本試驗調查也有類似結果，評估其土壤肥力影響，以土壤鉀養分消長變化最大，土壤磷養分次之；同時土壤中鎂鉀比養分間平衡性也受到影響。

表 12、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤酸鹼度之調查(2012)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	5.6		5.5		4.8		--	
CK*	5.59 a	5.96 a	5.47 a	5.81 a	4.93 a	5.72 a	5.33	5.83
A	5.34 b	5.84 ab	5.22 b	5.67ab	4.79 ab	5.67 a	5.12	5.73
B	5.29 b	5.71 b	5.13 b	5.64 b	4.80 ab	5.75 a	5.07	5.70
C	5.35 b	5.80 ab	5.12 b	5.64 b	4.73 ab	5.80 a	5.07	5.75
D	5.35 b	5.81 ab	5.08 b	5.55 b	4.67 b	5.75a	5.03	5.70

*同表 4 說明。 **表 2012 年一、二期作。

表 13、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤酸鹼度之調查(2013)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	5.6		5.5		5.3		--	
CK*	5.57 a	6.03 a	5.32a	5.70 a	4.89a	5.07ab	5.26	5.6
A	5.44ab	5.72 b	5.16b	5.56 a	4.89a	5.04 b	5.16	5.44
B	5.36 b	5.71 b	5.18b	5.54ab	4.91a	5.10ab	5.15	5.45
C	5.34 b	5.58 b	5.12b	5.57 a	4.98a	5.15 a	5.15	5.43
D	5.30 b	5.75 b	5.06b	5.37 b	4.98a	5.13ab	5.11	5.42

*同表 4 說明。 **表 2013 年一、二期作。

表 14、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤電導度之調查(2012) 單位: (dS/m)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	0.118		0.133		0.414		--	
CK*	0.129 b	0.128a	0.128 b	0.135 a	0.200 c	0.099 c	0.152	0.121
A	0.146ab	0.138a	0.110 b	0.137 a	0.216bc	0.120ab	0.157	0.132
B	0.154ab	0.151a	0.131 b	0.149 a	0.262ab	0.117 b	0.182	0.139
C	0.162ab	0.156a	0.140ab	0.200 a	0.292 a	0.118 b	0.198	0.158
D	0.180 a	0.150a	0.178 a	0.135 a	0.281 a	0.138 a	0.213	0.141

*、**同表 12 說明。

表 15、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤電導度之調查(2013) 單位: (dS/m)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	0.118		0.133		0.083		--	
CK*	0.196 b	0.150a	0.163a	0.156a	0.114a	0.106a	0.158	0.137
A	0.209 b	0.170a	0.160a	0.148a	0.088b	0.089b	0.152	0.136
B	0.221ab	0.171a	0.179a	0.139a	0.077b	0.083b	0.159	0.131
C	0.243 a	0.183a	0.184a	0.154a	0.073b	0.085b	0.167	0.141
D	0.239 a	0.169a	0.199a	0.157a	0.082b	0.083b	0.173	0.136

*、**同表 13 說明。

表 16、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤有機質之調查(2012) 單位: (g/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	23.8		20.2		26.6		--	
CK*	33.5 a	32.9 a	24.3 a	27.7 a	38.4 a	37.1 a	32.1	32.6
A	35.1 a	32.9 a	24.5 a	26.5 a	39.1 a	36.2 a	32.9	31.9
B	34.4 a	32.5 a	25.0 a	27.4 a	38.1 a	35.9 a	32.5	31.9
C	35.3 a	33.2 a	26.2 a	29.5 a	38.2 a	36.7 a	33.2	33.1
D	35.2 a	33.4 a	25.9 a	29.9 a	39.8 a	35.5 a	33.6	32.9

*、**同表 12 說明。

表 17、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤有機質之調查(2013) 單位: (g/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	23.8		20.2		14.8		--	
CK*	33.4 b	32.7 c	25.8a	24.6 b	19.4a	17.1a	26.2	24.8
A	33.8ab	32.9 b	26.4a	24.0 c	18.0a	16.7a	26.1	24.5
B	33.9ab	33.9 a	28.2a	27.0ab	17.9a	16.8a	26.7	25.9
C	34.8 a	33.3abc	24.3a	27.7 a	18.4a	16.7a	25.8	25.9
D	34.1ab	33.8 ab	26.4a	25.6abc	19.4a	17.5a	26.6	25.6

*、**同表 13 說明。

表 18、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤有效磷之調查(2012) 單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	33		27		12		--	
CK*	32.0 a	30.4 a	29.3 a	41.3 a	17.8 a	15.5 a	26.4	29.1
A	35.3 a	34.8 a	29.7 a	41.6 a	13.7ab	14.0 a	26.2	30.1
B	34.3 a	38.0 a	28.8 a	40.2 ab	14.1ab	14.2 a	25.7	30.8
C	33.7 a	37.2 a	25.9 a	40.0 ab	13.8ab	14.3 a	24.5	30.5
D	29.7 a	33.3 a	25.1 a	35.4 b	13.2 b	14.7 a	22.7	27.8

*、**同表 12 說明。

表 19、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤有效磷之調查(2013) 單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	33		27		14		--	
CK*	40.0b	41.9 a	28.3a	35.5 b	12.0a	10.6a	26.8	29.3
A	46.3a	42.5 a	37.7a	38.1ab	14.9a	13.9a	33.0	31.5
B	45.7a	42.5 a	36.3a	38.4 a	13.1a	13.1a	31.7	31.3
C	45.7a	40.7ab	32.7a	35.9ab	12.3a	11.0a	30.2	29.2
D	39.7b	37.9 b	25.3a	31.8 c	13.1a	10.9a	26.0	26.9

*、**同表 13 說明。

表 20、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤交換性鉀之調查(2012)單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	63		65		61		--	
CK*	45.0 a	58.8 a	56.6 a	64.1 a	71.4 a	46.0 a	57.7	56.3
A	38.3 a	46.4 a	40.2ab	46.9 b	44.0 a	39.5 ab	40.8	44.3
B	41.0 a	34.3 a	37.3 b	49.2 b	39.1 a	29.1 b	39.1	37.5
C	39.0 a	37.0 a	27.9 b	43.8 b	36.5 a	29.0 b	34.5	36.6
D	42.7 a	40.3 a	25.3 b	41.5 b	45.3 a	40.3 ab	37.8	40.7

*、**同表 12 說明。

表 21、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤交換性鉀之調查(2013)單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	63		65		37		--	
CK*	78.0a	76.8a	81.3 a	63.3 a	24.2 a	42.0a	61.2	60.7
A	75.0a	60.3b	63.0 b	52.3ab	23.7ab	27.5b	53.9	46.7
B	68.0b	61.2b	62.3bc	51.6ab	19.0 b	22.4b	49.8	45.1
C	59.0c	58.0b	55.0bc	48.4 b	21.9ab	25.2b	45.3	43.9
D	58.0c	61.9b	53.0 c	48.7 b	24.0ab	27.5b	45.0	46.0

*、**同表 13 說明。

表 22、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤交換性鈣之調查(2012)單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	722		770		932		--	
CK*	1,148 a	1,135 a	776 a	820 a	1,088 a	973 a	1,004	976
A	1,154 a	1,045 a	715 a	782 a	1,043 a	994 a	971	940
B	1,234 a	959 a	730 a	835 a	1,082 a	951 a	1,015	915
C	1,241 a	1,031 a	722 a	822 a	1,076 a	959 a	1,013	937
D	1,213 a	1,027 a	778 a	739 a	1,030 a	998 a	1,007	921

*、**同表 12 說明。

表 23、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤交換性鈣之調查(2013)單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	722		770		563		--	
CK*	1,542a	1,272 a	805a	801a	521 b	519 a	956	864
A	1,390a	1,186 b	760a	757a	465 c	465 c	872	803
B	1,371a	1,171 b	807a	718a	471 c	486bc	883	792
C	1,383a	1,221ab	785a	736a	493bc	520 a	887	826
D	1,385a	1,206ab	778a	699a	532 a	508ab	898	804

*、**同表 13 說明。

表 24、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤交換性鎂之調查(2012)單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	131		165		169		--	
CK*	177 a	183 a	151 a	165 a	219 a	175 a	182	174
A	180 a	174 a	135 b	159 a	217 a	192 a	177	175
B	200 a	158 a	143 ab	174 a	219 a	181 a	187	171
C	201 a	170 a	135 ab	171 a	217 a	183 a	184	175
D	193 a	163 a	149 ab	157 a	217 a	193 a	186	171

*、**同表 12 說明。

表 25、土系間氮肥用量對水稻採收前土壤交換性鎂之調查(2013)單位: (mg/kg)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系		Fp 土系		Su 土系		平均	
	1st**	2nd**	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
試驗前	131		165		143		--	
CK*	214a	196a	153a	145a	103 a	108ab	157	150
A	212a	187a	144a	139a	93 b	103 b	150	143
B	211a	191a	154a	134a	95 b	107ab	153	144
C	216a	188a	147a	140a	99ab	118 a	154	149
D	210a	191a	151a	135a	102 a	112ab	154	146

*、**同表 13 說明。

土系間氮肥用量對水稻產量之影響

2012 年土系間氮肥用量對水稻產量及粗收入之調查結果，由表 26、27 中得知，一期作產量以氮肥 90 公斤公頃處理平均公頃產量 6,295 公斤為最高，粗收入為 19,408 元；二期作產量以氮肥 150 公斤公頃處理平均公頃產量 5,716 公斤為最高，粗收入為 34,903 元。土系間一、二期作產量表現，都以番仔坡土系最好，栗仔園土系次之。對氮肥利用率採用農藝效率表示其結果如表 28 所示，一、二期作氮肥利用率表現，都以氮肥 90 公斤公頃處理可得 9.3 及 11.1 kg/kg-N 最高。土系間一期作以五分埔土系 12.8 kg/kg-N 為最好，二期作以栗仔園土系 14.8 kg/kg-N 為較好。

2013 年土系間氮肥用量對水稻產量及粗收入之調查結果，由表 29、30 中得知，一期作產量以氮肥 210 公斤公頃處理平均公頃產量 7,989 公斤為最高，粗收入為

57,904 元；二期作產量以氮肥 210 公斤公頃處理平均公頃產量 5,592 公斤為最高，粗收入為 22,128 元。土系間產量表現，一期作以番仔坡土系最好，二期作栗仔園土系為佳。對氮肥利用率採用農藝效率表示其結果如表 31 所示，一、二期作氮肥利用率表現，都以氮肥 90 公斤公頃處理可得 18.4 及 9.1 kg/kg-N。土系間一期作以番仔坡土系 26.5 kg/kg-N 為最好，二期作以五分埔土系 11.4 kg/kg-N 為較好。據謝、黃研究指出⁽¹⁾ 水稻對氮肥之需要性，受土壤間差異之影響很大。綜合兩年土系間氮肥用量對水稻產量之影響試驗，大部分土系都可看到在一定範圍內，氮肥施用量越高則產量提升越多，但施肥無法無限制的增產⁽¹⁰⁾，少部分土系產量未見下降但都已出現增產縮小的跡象。

表 26、2012 年一期作土系間氮肥用量對產量及粗收入^{***}之表現

氮肥用量(kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異 ^{**} (元/公頃)
CK*	3,999 a	6,343 bc	6,045 ab	5,462 a	0
A	5,152 a	7,212 ab	6,522 a	6,295 a	19,408
B	4,871 a	7,121 ab	5,747 b	5,913 a	7,976
C	4,794 a	6,252 c	5,320 bc	5,455 a	-5,432
D	5,411 a	6,839 b	4,860 c	5,703 a	-484

*同表 4 說明。 **粗收入差異=施氮區粗收入-無氮區粗收入-氮肥成本。

***粗收入稻穀以每公斤 26 元計算。氮肥成本每公斤以 25 元計算。

表 27、2012 年二期作土系間氮肥用量對產量及粗收入^{***}之表現

氮肥用量(kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異 ^{**} (元/公頃)
CK*	3,870 a	5,200 b	3,619 c	4,230 a	0
A	4,252 a	6,480 a	4,952 b	5,228 a	23,706
B	4,846 a	6,645 a	5,658 ab	5,716 a	34,903
C	4,888 a	6,695 a	5,560 ab	5,714 a	33,351
D	4,732 a	6,679 a	5,726 a	5,712 a	31,799

*同表 4 說明。 **粗收入差異=施氮區粗收入-無氮區粗收入-氮肥成本。

***粗收入稻穀以每公斤 26 元計算。氮肥成本每公斤以 25 元計算。

表 28、土系間氮肥用量對氮肥利用率之表現(2012)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (kg/kg-N)		Fp 土系 (kg/kg-N)		Sn 土系 (kg/kg-N)		AVG (kg/kg-N)	
	1st ^{**}	2nd ^{**}	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK*	0	0	0	0	0	0	0	0
A	12.8 a	4.2 a	9.7 a	14.2 a	5.3 a	14.8 a	9.3 a	11.1 a
B	5.8 a	6.5 a	5.2 ab	9.6 ab	-2.0ab	13.6ab	3.0 ab	9.9 a
C	3.8 a	4.8 a	-0.4 c	7.1 b	-3.4ab	9.2bc	-0.03b	7.1 a
D	5.2 a	3.2 a	1.8 bc	5.5 b	-4.4 b	7.8 c	0.89b	5.5 a

*、**同表 12 說明。

表 29、2013 年一期作土系間氮肥用量對產量及粗收入^{***}之表現

氮肥用量(kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異 ^{**} (元/公頃)
CK [*]	4,206 a	6,120 a	6,355 a	5,560 a	0
A	5,880 a	8,502 b	7,254 a	7,212 ab	40,702
B	6,795 b	8,563 b	7,935 a	7,764 b	53,554
C	7,176 b	8,782 b	8,009 a	7,989 b	57,904
D	7,328 b	8,195 b	8,007 a	7,843 b	52,608

*同表 4 說明。 **粗收入差異=施氮區粗收入-無氮區粗收入-氮肥成本。

***粗收入稻穀以每公斤 26 元計算。氮肥成本每公斤以 25 元計算。

表 30、2013 年二期作土系間氮肥用量對產量及粗收入^{***}之表現

氮肥用量(kg/ha)	Wn 土系 (公斤/公頃)	Fp 土系 (公斤/公頃)	Su 土系 (公斤/公頃)	AVG (公斤/公頃)	差異 ^{**} (元/公頃)
CK [*]	3,955 b	4,291 a	5,371 b	4,539 a	0
A	4,981 ab	4,795 a	6,297 a	5,358 a	19,044
B	5,156 a	4,985 a	6,242 a	5,461 a	20,222
C	5,349 a	5,128 a	6,300 a	5,592 a	22,128
D	5,121 a	5,125 a	5,911 a	5,386 a	15,272

*同表 4 說明。 **粗收入差異=施氮區粗收入-無氮區粗收入-氮肥成本。

***粗收入稻穀以每公斤 26 元計算。氮肥成本每公斤以 25 元計算。

表 31、土系間氮肥用量對氮肥利用率之表現(2013)

氮肥用量 (kg/ha)	Wn 土系 (kg/kg-N)		Fp 土系 (kg/kg-N)		Su 土系 (kg/kg-N)		AVG (kg/kg-N)	
	1st ^{**}	2nd ^{**}	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
CK [*]	0	0	0	0	0	0	0	0
A	18.6 a	11.4 a	26.5 a	5.6 a	10.0 a	10.3 a	18.4 a	9.1 a
B	17.3 ab	8.0 ab	16.3 b	4.6 a	10.5 a	5.8 b	14.7 ab	6.1 ab
C	14.1 ab	6.6 ab	12.7 b	4.0 a	7.9 a	4.4 b	11.6 ab	5.0 b
D	11.5 b	4.3 b	7.7 c	3.1 a	6.1 a	2.0 c	8.4 b	3.1 b

*、**同表 13 說明。

四、參考文獻

1. 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。
2. 陳春泉。1977。新竹、苗栗縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第 34 號。中國農村復興聯合委員會補助。
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. 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。
5. 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。
6. 葉樹蕃。1986。試驗設計學。國立台灣大學農學院。臺北。
7. 陳世雄等。1995。改善稻米品質之土壤與肥培管理技術改進與示範推廣。土壤肥料試驗報告。p.29-38。台灣省政府農林廳編印。
8. 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。
9. 鍾仁賜、何聖賓、許正一。2003。臺灣新研擬土壤管理組之施肥與作物產量之關係。土壤管理組規劃及應用研討會論文集。p.79-99。
10. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉。2004。水稻健康管理體系下之營養與水田管理。p.41-56。水稻健康管理研討會專輯（農業試驗所特刊第 111 號）。行政院農業委員會農業試驗所編印。臺中。
11. 作物施肥手冊。2005。水稻。p.16-20。中華肥料協會。臺中。
12. 賴文龍、郭雅紋、陳玫瑰。2012。氮肥用量對水稻產量之影響。臺中區農業改良場研究彙報 114:35-43。
13. 吳添益、蔡正賢、朱盛祺、鐘珮哲、張素貞。2013。苗栗區水稻合理化施肥技術之研究及應用。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。p.319-326。
14. **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.
15. **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.

The influence of soil series and nitrogen rates on rice yield and soil chemical properties.

Tian-Yih Wu,^{1*} Jeng-Hsien Tsai¹,

Abstract

We conduct 2 years rice growth test at 3 different soil series at Miaoli, Fangtzupo(Fp), Wufenpu(Wn), and Litzuyuan(Su) , each of them had 3 rice cultivars and 5 nitrogen rate (0, 90, 150, 210, 270 kg/ha), with the rate of 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ and 90 kg K₂O ha⁻¹. The result showed that soil series Fp had the highest yield at the first and second season, followed with soil series Su. The N rate of 90 kg ha⁻¹ had the highest agronomic efficiency (9.3-18.4 kg/kg-N at the first season and 9.1-11.1 kg/kg-N at the second season). The N rate of 90 and 150 kg ha⁻¹ had the highest yield and gross income at year 2012. The N rate of 210 kg ha⁻¹ had the highest yield and gross income at year 2013. The soil pH value decreased with nitrogen application at all three soil series. The soil EC value increased with nitrogen application at all three soil series. Soil exchangeable K value fluctuated during growth period most typically then soil available P. Soil exchangeable Ca and Mg had no significant changes.

Keyword: Soil series, Rice, Yield, Nitrogen rate, Soil chemical properties.

¹Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R.O.C.

*E-mail: tianyih@mdais.gov.tw