

宜蘭縣低產及高產水田土壤理化性質之 差異及低產水田之改良*

顏滄濤、張則周

國立臺灣大學農學院農業化學系

摘 要

於民國 69 年及 70 年先後分析宜蘭縣六個主要水稻種植區之水田土壤，並調查當地農民之栽培管理方法，同時利用所採土壤做矽酸礦滓肥效盆栽試驗，以期瞭解各地區之土壤理化性質及栽培管理之差異與水稻產量間之關係，並提改進之道，綜合結果及建議如下：

1. 本地區大部分為坵質壤土，土層薄，部分底土有石礫，CEC 低，pH 偏酸性，為增高表土 CEC 可施用有機肥料予以改進，盆栽試驗顯示矽酸礦滓對部分土壤有增產之效果。
2. 蘭陽地區雨量多，部分地區易於積水，應繼續改善灌溉與排水系統。
3. 農友在施肥、病蟲害之防治及農田之合理管理上，急需政府積極之輔導，建議迅速建立完整之農村狀況資料庫，以提供今後輔導及長期發展農村計劃之參考。

前 言

宜蘭縣稻米年產量在臺灣北部地區僅次於桃園縣，但單位面積產量却比中南部相差甚遠。省農試所曾在宜蘭調查時發現病蟲害、排水不良及土層淺薄是水稻低產的主要原因，並於 59 年 66 年在選定地區試驗證明設置排水渠及添加矽酸鈣、穀殼、稻草等有提高稻穀產量之效果（農林廳，1971），惜至今未做全面之調查及試驗，多數低產區仍未獲改善。著者等有鑒於此特擬訂計畫，擬從分析與調查同時着手，做研判水稻低產及高產原因之依據。第一年先選定宜蘭、礁溪、壯圍、三星四重要水稻種植區採集土壤進行分析，並調查當地農民之栽培管理方法，以期瞭解各地區之土壤理化性質及栽培管理之差異與水稻產量間之關係。根據第一年（69 年）初步調查及分析結果發現同一水田進水口及出水口部分土壤理化性質似乎有差異，稻穀產量亦有不

同，為進一步瞭解真相，特於翌年增加五結、冬山兩土壤採樣地區，分別分析其水田進水口及出水口表土及底土理化性質，以期瞭解土壤之性質與進出水口產量是否有關，又因宜蘭地區土壤 pH 值偏低，為探討矽酸礦滓對水稻之效果同時進行盆栽試驗。

材料與方法

（一）第一年（69年度）

1. 採土：在宜蘭縣礁溪、壯圍、三星、宜蘭四地區選擇低產田及高產田共 18 處，分別採取表土及底土共 42 樣品。

2. 土壤分析法

(1) 粒構：比重計法，(2) 沈底容積：Middleton-Byers(1934)法，(3) pH 值：土壤與水的比例為 1：1，以玻璃電極測定，(4) CEC：醋酸銨飽和法，(5) 有機物：Walkley 法，(6) 全氮：Kjeldahl 法，(7) 有效性磷酸：Bray No. 1 法，(8) 有效性

* 行政院農業發展委員會補助計畫 69 農建—5.1—產—080 (2—3) 與 70 農建—5.1—產—06 (2—5)。

鉀：Mehlich 法。

3. 實地觀察及調查：在採土田實地觀察地形、土層、有無硬盤、排水情形等，並按製訂之表格詢問各農戶之管理及耕作方法，包括耕作面積、稻穀產量、施肥量、病蟲害防治以及平日耕作所遭遇之困難等。

(二) 第二年 (70年度)

1. 採土：在宜蘭、礁溪、壯圍、五給、冬山及三星等地選低產田各一處，分別採取進水口，中間及出水口之表土及底土共36樣品。

2. 分析項目：質地，pH 值，陽離子交換能量，全氮，有效性磷酸，有效性鉀鈣銨。

3. 盆栽試驗：

(1) 土壤：上記六處水田表土，每盆 4.5 kg

(2) 肥料：每盆氮、磷酐、氧化鉀各 0.3 g (硫酸銨、過磷酸鈣、氯化鉀) 矽酸鑛滓每盆 5 g。各處理四重複。

(3) 水稻：臺南 5 號。

(4) 栽培期間：70年 3 月 19 日至 7 月 6 日。

結果及討論

(一) 第一年

礁溪、壯圍、三星及宜蘭四地區高產田及低產田稻穀產量，施肥量及水稻栽培環境如表 1。此四地區高產田及低產田土壤樣品之一般理化性質如表

表 1. 採取土樣地區稻穀產量、施肥量及栽培環境

Table 1. The yield of rice crops, rate of fertilization and cultivation environment of paddy soils.

地 區	產 量 高低	土 壤 編號	農 友	產 量		施 肥 量				硬 盤 層	排 水	灌 溉
				一 期	二 期	堆 肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
礁	高 產	1-4	林 火 生	4,830	4,095		95	15	48		不 良	
		1-5	李 連 枝	5,728	3,706	200	116	36	72			
溪	低 產	1-1	游 稻 松	3,360	2,940		98	43	48	有		
		1-2	林 條 枝	3,470	3,187	600	66	22	72	有		
		1-3	林 條 枝	3,460	3,171	600	66	22	72	有		
壯	高 產	2-3	陳 坤 銘	5,449	4,242		86	72	102		不 良	
		2-5	潘 阿 河	5,460	4,699		115	29	96			
圍	低 產	2-1	涂 振 坤	4,095	2,940		99	43	72		不 良 不 方便	
		2-2	涂 火 生	4,358	3,255		99	43	72			
		2-4	林 勝 三	4,200	2,730		103	72	120			
三	高 產	3-1	張 秋 冬	4,730	3,297		140	36	72			
		3-2	張 秋 冬	5,145	3,612		148	36	70			
		3-3	邱 阿 旺	4,809	3,675		82	29	60			
星	低 產	3-4	朱 秋 陽	4,158	2,394		140	50	48	有		
		3-5	朱 秋 陽	4,242	2,772		140	50	48	有		

(續表 1)

地 區	產 量 高低	土 壤 編號	農 友	產 量		施 肥 量				硬 盤 層	排 水	灌 溉
				一 期	二 期	堆 肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
宜	高 產	4-1	吳 添 財	5,400	4,147		115	29	60			不方便
		4-5	吳 水 土	5,061	3,717		82	29	48			不方便
蘭	低 產	4-2	陳 辰 夫	4,662	3,633	1,500	83	36	120			
		4-3	吳 金 如	4,200	3,780		66	29	60			
		4-4	吳 金 如	4,568	4,253		66	29	60			
		4-6	吳 水 土	3,759	2,688		82	29	48			不方便

註：1.產量單位係 kg/ha，過去 2、3 年平均產量或上年度產量。
 2.堆肥及三要素施用量單位係 kg/ha。表中三要素施用量是第一期大約施用量。第二期氮施用量約第一期之 90%。磷酸、鉀施用量兩期約相同。
 3.「排水」欄空白者，排水尚良好。
 4.「灌溉」欄空白者灌溉尚方便。
 5.所調查之農友大部分栽培臺南 5 號，少數栽培臺南 6 號，臺農 67 號，臺中 139 號。

2、3、4、5。

區之玉田村，土壤質地為坵質壤土或壤土，土層較厚，稻穀產量較高。一為靠山脚之林美村，土壤質地亦為坵質壤土或壤土，CEC 雖大，但因石礫多

1.礁溪(表 2)

位於宜蘭縣蘭陽平原北部，採樣地點一為平原

表 2. 礁溪所採水田土壤一般理化性質

Table 2. Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at Chiao-Shi.

產量別	土壤編號	質地	pH 值	C %	N %	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	C/N	CEC (me/100g)	沈底容積 (cm ³)
高 產	1-4-a	SiL	4.98	2.02	0.23	79	327	8.78	11.1	68
	1-4-b	SiL	5.90	1.86	0.20	47	279	9.30	9.1	77
	1-5-a	L	5.20	1.24	0.14	54	339	8.86	6.7	55
	1-5-b	L	6.15	0.75	0.09	25	306	8.33	4.6	15
低 產	1-1-a	GSiL	4.90	2.35	0.23	—	371	10.22	10.7	60
	1-1-b	GL	5.25	0.93	0.13	—	309	7.15	9.3	55
	1-2-a	GSiL	5.10	2.24	0.23	—	558	9.74	11.9	60
	1-2-b	GSiL	5.20	1.40	0.16	—	308	8.75	9.2	54
	1-3-a	GSiL	4.95	2.34	0.24	—	373	9.75	10.6	60
	1-3-b	GSiL	5.10	1.64	0.18	—	340	9.11	9.9	57

註：(1) 土壤編號 a 表示表土，b 表示底土。
 (2) 沈底容積係含乾土 50g 之風乾土在水 100ml 中分散，放置 24 小時後之沈底容積。
 (3) 低產田土壤中石礫含量如下：(1-1-a):13%，(1-1-b):38%，(1-2-a):10%，(1-2-b) : 56%，(1-3-a):13%，(1-3-b):21%。

，土層薄且有硬盤層為低產之主要原因。此地區高產田及低產田之稻穀產量差異比較其他三地區為大。再從 C/N 比觀之，低產田普遍偏高，氮百分比與高產田大約相同，但碳百分比比較高。高產田及低產田土壤之其他理化性質似乎看不出有明顯的差異。

2. 壯圍 (表 3)

位於蘭陽平原中央偏東，為四地區中稻穀產量

較高的一區，兩期稻穀產量差距較小。本地區高產田及低產田之理化性質，除了低產田磷酸含量較低以外，其他大致相同。本地區低產之主要原因似乎為灌溉不方便及易積水。66年省農試所曾在宜蘭縣多處進行排水處理試驗，效果頗佳。蘭陽地區雨量多，政府已設法改善排水，望此措施能全面施行。由於低產田土壤中磷酸含量較低，增加磷肥施用量或許有效果。

表 3. 壯圍所採水田土壤一般理化性質

Table 3. Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at Chuang-Wei.

產量別	土壤編號	質地	pH	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	C/N	CEC (me/100g)	沈底容積 (cm ³)
高產	2-3-a	SiL	5.12	1.86	0.20	255	371	9.30	8.2	60
	2-3-b	SiL	5.75	1.58	0.17	193	372	9.29	7.4	56
	2-5-a	SiL	5.62	1.80	0.26	98	402	6.93	10.3	60
	2-5-b	SiL	5.75	1.54	0.17	90	370	9.06	9.6	57
低產	2-1-a	SiL	5.25	1.36	0.16	37	400	8.50	7.9	59
	2-1-b	SiL	6.05	1.25	0.16	69	404	7.81	7.8	63
	2-2-a	SiL	5.38	1.94	0.22	62	375	8.82	8.7	68
	2-2-b	SiL	6.19	1.72	0.19	81	313	9.05	7.8	61
	2-4-a	SiL	5.41	1.79	0.20	50	309	8.95	8.1	61
	2-4-b	SiL	6.61	1.31	0.16	12	338	8.19	6.4	56

註：參照表二。

3. 三星 (表 4)

本地區位於蘭陽平原西南部，高產田多位於山脚下，土層厚，灌溉水係利用發電廠排出的水，水量豐富。低產田多位於蘭陽溪以南，早年該溪河床或兩岸均為砂石，經開墾後砂石埋入底下，上面再客以不到 20cm 表土。因此水分養分極易流失，故河床附近農友氮肥施用量一般都比其他地區為高。尤其是淺薄的土層下多有硬盤，耕犁倍增辛苦，第

二期收穫常不够成本，其他值得注意的是低產田朱秋陽農友所有者 (編號 3-5) pH 值較其他地區為高 (7.8 左右)。施用酸性肥料或許可以提高稻穀產量。

據張秋冬及朱秋陽兩位農友說，同一水田進出水口稻穀產量不同，每期進水口附近常比出水口多出一成左右，進出水口附近土壤理化性質有否差異，須做進一步之分析及檢討。

表 4. 三星所採水田土壤一般理化性質
Table 4. Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at San-Shing.

產量別	土壤編號	質地	pH	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	C/N	CEC (me/100g)	沈底容積 (cm ³)
高	3-1-a	SiL	5.40	2.06	0.22	49	315	9.36	8.7	68
	3-1-b	SiL	5.82	1.87	0.19	32	310	9.84	8.0	67
低	3-2-a	SiL	7.03	1.54	0.17	29	372	9.06	8.7	58
	3-2-b	SiL	6.45	1.30	0.19	25	334	6.84	7.8	56
產	3-3-a	SiL	5.05	2.07	0.23	273	401	9.00	8.1	68
	3-3-b	SiL	5.09	1.73	0.23	171	371	7.86	7.1	61
低	3-4-a	SiCL	5.58	2.20	0.21	62	372	10.60	8.7	67
	3-4-b	GL	6.68	0.81	0.12	22	338	6.75	6.8	54
產	3-5-a	SiL	7.75	1.01	0.14	25	432	7.21	5.5	56
	3-5-b	SiL	7.78	1.22	0.15	9	400	8.13	6.2	68

註：參照表二。 編號(3-4-b)土壤中石礫含量為32%。

表 5. 宜蘭所採水田土壤一般理化性質
Table 5. Some physical-chemical properties of the paddy soils sampled at I-Lan.

產量別	土壤編號	質地	pH	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	C/N	CEC (me/100g)	沈底容積 (cm ³)
高	4-1-a	SiCL	4.91	2.37	0.27	84	346	8.78	13.9	81
	4-1-b	SiL	5.00	2.10	0.23	142	349	9.13	13.4	73
	4-5-a	SiL	4.83	1.69	0.21	54	437	8.05	7.7	64
低	4-5-b	SiL	6.40	0.95	0.11	105	308	8.64	5.3	54
	4-2-a	SiL	4.92	1.22	0.15	244	369	8.13	5.5	54
	4-2-b	L	5.42	0.63	0.08	84	275	7.88	4.4	51
	4-3-a	SiL	4.60	1.62	0.19	161	373	8.53	7.4	59
	4-3-b	SiL	4.80	0.92	0.09	10	309	10.22	4.8	53
	4-4-a	SiL	4.60	1.60	0.16	205	313	10.22	7.1	58
	4-4-b	SiL	4.98	1.17	0.16	28	339	7.31	5.8	54
	4-6-a	SiL	4.80	1.66	0.20	81	310	8.30	6.2	61
	4-6-b	SiL	5.98	1.09	0.13	18	338	8.38	3.9	54

註：參照表二。

4. 宜蘭 (表 5)

此地區位於蘭陽平原中央，由土壤分析結果知此地區土壤主要為粉質壤土一般理化性質與其他三地區略同，但 CEC 較低，尤其是低產田土壤 CEC 為 4~7 me/100g。只有吳添財農友田地土壤（編號 4-1）之 CEC 比其他土壤為高。此乃有機物含量高，土壤黏粒較多 (SiCL) 之故。加以吳農友氮肥用量充足，稻穀產量為本地區之冠。因此施用有機肥料、客土或深耕等方法以增高 CEC

可能對稻穀有增產之效果。

(二) 第二年

土壤理化性質分析結果如表 6A、6B，所分析之土壤多為壤土，除了壯圍之水田出水口處土壤比較進水口處稍黏質以外，其他水田進出水口土壤質地幾乎相同。一般而言，進水口土壤 pH 值比較出水口土壤稍高。進出水口土壤間有效性要素含量，全氮量等不易看出明顯差異。

由表 6A、6B 之分析結果表示同一水田進水

表 6A 土壤理化性質分析結果 (表土)

Table 6A. The physical-chemical properties of the surface soils.

土	壤	質地	pH	CEC	N %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
宜 蘭	進	L	5.2	6.7	0.18	164	156	0.297	0.082
	中	L	4.8	6.9	0.18	124	301	0.249	0.064
	出	L	4.6	6.3	0.15	86	252	0.399	0.058
礁 溪	進	CL	4.4	11.2	0.20	—	457	0.344	0.107
	中	CL	4.7	10.3	0.21	—	289	0.261	0.076
	出	CL	4.6	10.0	0.18	—	281	0.263	0.074
壯 圍	進	SiCL	5.4	10.7	0.21	56	240	0.473	0.082
	中	SiCL	6.0	9.8	0.19	68	240	0.499	0.091
	出	SiC	5.0	10.5	0.23	92	217	0.608	0.046
五 結	進	SiL	6.6	6.6	0.13	56	252	0.424	0.091
	中	SiL	6.9	7.4	0.16	48	277	0.448	0.093
	出	SiL	6.1	7.7	0.16	56	301	0.439	0.091
冬 山	進	L	6.2	4.6	0.11	92	169	0.549	0.113
	中	SiL	5.0	7.2	0.20	68	241	1.097	0.113
	出	L	4.3	8.3	0.24	56	361	0.599	0.095
三 星	進	L	5.1	6.5	0.14	128	361	0.343	0.113
	中	L	5.2	6.3	0.11	256	349	0.293	0.111
	出	L	4.7	6.9	0.13	180	313	0.293	0.113

註：進，中，出各表示進水口，中間，出水口。CEC：(me/100g Soil)，P₂O₅ 及 K₂O：(kg/ha)，Ca 及 Mg：(me/100g Soil)。

表 6B 土壤理化性質分析結果 (底土)

Table 6B. The physical-chemical properties of the subsoils.

土 壤	質 地	pH	CEC	N %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	
宜 蘭	進	SL	6.1	4.3	0.09	52	144	0.293	0.099
	中	L	5.8	5.7	0.12	58	169	0.474	0.132
	出	SL	5.1	5.4	0.09	52	120	0.393	0.082
礁 溪	進	SL	4.9	9.1	0.11	160	229	0.283	0.091
	中	L	4.8	9.2	0.10	163	193	0.274	0.082
	出	L	4.9	8.6	0.09	168	193	0.265	0.074
壯 圍	進	SiCL	6.2	9.8	0.17	32	120	0.549	0.116
	中	—	5.9	9.7	0.19	32	145	0.547	0.106
	出	SiC	6.0	10.5	0.19	42	145	0.798	0.033
五 結	進	SiL	7.5	6.9	0.10	32	181	0.898	0.106
	中	SiL	7.7	4.1	0.08	32	157	1.197	0.103
	出	SiL	7.3	4.3	0.14	32	169	0.648	0.113
冬 山	進	L	5.3	3.6	0.12	42	132	0.203	0.123
	中	L	4.9	6.0	0.24	50	265	0.293	0.067
	出	CL	5.1	6.8	0.20	36	277	0.292	0.058
三 星	進	L	4.4	4.8	0.09	28	181	0.293	0.116
	中	L	3.9	5.8	0.12	52	145	0.274	0.111
	出	L	4.1	5.9	0.12	44	144	0.243	0.109

註：請參照表 6(A)。

口及出水口附近土壤之理化性質似無顯著差異，進出水口附近單位面積稻穀產量如有差異，其原因應不在土壤性質的不同。

盆栽試驗(表 7)顯示，矽酸鹽在礁溪、三星、五結、水田似有效果，在其他三處看不出效果，但在宜蘭地區矽酸鹽之肥效尚需繼續試驗。

表 7. 矽酸鑛滓肥效試驗結果

Table 7. The response of rice plants to silicate slags.

土 壤	矽 酸	稻 草 (指 數)	稻 穀 (指 數)	有 效 矽 酸
宜 蘭	+	33.0(102)	21.2(107)	11.0
	-	32.2(100)	19.9(100)	
礁 溪	+	30.0(117)	23.5(129)	9.2
	-	25.7(100)	18.2(100)	
壯 圍	+	33.4(119)	18.2(102)	8.7
	-	28.0(100)	17.9(100)	
五 結	+	15.0(102)	13.3(120)	8.9
	-	14.7(100)	11.1(100)	
冬 山	+	16.9(81)	14.1(92)	9.6
	-	20.9(100)	15.4(100)	
三 星	+	19.4(108)	15.2(126)	10.2
	-	17.8(100)	12.1(100)	

註：稻草、稻穀收量每盆克數（四重複平均），有效矽酸：醋酸鹽緩衝液（1N, pH 4.0）中可溶性矽酸（mg/100g soil）。

結 論

根據調查及分析結果知水稻低產原因非只一端，如土壤理化性質、灌溉、排水、施肥、病蟲害防除等。有些為共同原因，有些則有地區性須分別解決。茲歸納如下：

所採取之土壤大部分為坵質壤土。CEC 低。礁溪地區土壤雖較高，但低產田有多量石礫。為增高表土 CEC，須施用有機肥料、客土、深耕。土壤 pH 值偏低，為酸性或強酸性，矽酸鑛滓在礁溪、三星、五結水田似有效果此項試驗應繼續進行。土壤中鉀含量較高，但磷酸含量不高，似乎可以增加其施用量。

宜蘭地區冬期雨量多，夏期常有颱風來襲，排水不良地區例如壯圍，冬山水田易於積水，政府現已在改善排水措施，建議今後應繼續擴大辦理。

由兩年來的試驗及調查之經驗發現我們過去對各地土壤之狀況作物栽培管理之方法歷年之產量，農家農會皆缺少系統之資料，實為可惜，因之建議迅速建立完整之農村狀況之資料庫，提供今後長期發展農村計畫之參考。

自調查及與農民接觸顯示農友對農地的改進非常迫切，例如如何施肥，如何防除病蟲害，如何分辨市面上所售之農藥，如何利用水稻收穫後農閒期之田地，以及如何改善水利系統，在在極需政府在農業上做有系統之指導。

引用文獻

1. 農林廳。1971。稻作改良年報（民國59年）。
2. 農林廳。1978。稻作改良年報（民國66年）。
3. Middleton, H. E. and H. G. Byers. 1934. Soil Sci. 27: 15—22.

The Difference in Physical and Chemical Properties of High and Low Yield Paddy Soils in I-Lan Province and Their Improvement *

Tsan-Tao Yen and Tse-Chou Chang

*Department of Agricultural Chemistry
National Taiwan University
Taipei, Taiwan 107
Republic of China*

Summary

In order to understand the relationship between physical-chemical properties of the soils and the yield of rice crop, paddy soils sampled from six main rice planting districts of I-Lan province were analyzed and the methods of cultivation and management were investigated in 1980 and 1981 successively. In the meantime the pot experiment for the response of rice crop to silicate slags was also conducted with the same soils. The results and suggestion are shown as follows :

1. In these areas, the soils mostly belong to silty loam with thin plow layer, low CEC, low pH. The application of organic matter may probably increase the CEC. The rice crops positively respond to silicate slags in some low yield soils.
2. Because of high precipitation in Lan-Yang districts, parts of paddy fields easily accumulate water, the improvement of irrigation and drainage system should be continued.
3. The farmers urgently need to be assisted and guided in the ways of fertilization, prevention of diseases and insects, suitable managements of fields etc. It is also important to establish the system of rural information as the reference of guidance and long term rural development in future.

* Supported by grants 1980-5.1-030 (2-3) and 1981-5.1-06 (2-5) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, Republic of China,