本省水稻田土壤之生成研究[1]

——紅棕壤水稻田土壤生成之研究——

黎 靜 韻[2]　梁 鉅 榮[3]

一、緣起及目的

稻米爲本省之首要糧食作物，生產稻米之水田占全省耕地三分之二以上。水田由來已久，歷經年代，對該類土壤之生成，無從稽考。最大多數之水由，係冲積平原兼有水利之便者，水利稱便而無缺水者每年用爲兩期作，水利不便者年僅單期作，或至三年輪作水稻一次，故一般水田應爲冲積土之用爲水稻栽培，部分由於栽植水稻悠久，感受浸水影響，或地下水位高，更經長期栽培水稻，而生成特殊之土壤剖面，有稱之爲水稻土 Paddy Soils。本省過去土壤調查，發現確實受水稻栽植生成特殊剖面之土壤尚鮮，一般仍多保存其原有冲積之層次，因仍視其原始物質而歸類。近二十年來，日本對於水稻田土壤研究頗多，分類方案亦有八案之多（1.2），學術之研究甚盛。本省北部桃園、中壢、新竹一帶，台地發達，土壤多屬紅棕壤，由於地位略高至一、二百公尺，水利未便，向多旱作栽培，自石門水庫完成後，水源充沛，灌溉區內，旱作地多改爲水田。筆者爲明瞭水稻田土壤之生成，卽於民國五十三年起，就中壢紅棕壤改作水稻栽培之旱田，逐年按一、二期作採取土壤樣本，研究其理化性狀，及其形態上之變異，以推論其化育之經過，及闡釋水稻土之生成，換言之，本研究之目的，在瞭解水稻栽培於紅棕壤上，經每年兩期淹水狀態下，對該紅棕壤理化性質之影響，及其形態之變遷，以闡釋其土壤化育之趨勢及水稻土之生成。

二、研究之內容

筆者於民國五十三年夏，在桃園縣、中壢、南勢附近石門水庫灌水幹線之南，選一茶園，原係紅棕壤，在開成梯田利用爲水稻栽培前，採集剖面樣本五層，復於民國五十四年夏，就原田於栽植水稻一年兩期作後，採集第二次土壤樣本，以後每年夏、春於水稻收穫後，均前往研討其剖面性態，並採集剖面樣本，提供理化性分析，自始迄今，忽將五載。茲將主要代表剖面性態摘錄於下：

㈠ 原紅棕壤旱作茶園之剖面性態

採集地點：桃園縣中壢、南勢附近灌水幹線之南。

地面狀況：平坦梯級田，原爲茶園。

0—13公分：紅黃色（5YR$^{6}/_{6}$乾）至紅棕色（5YR$^{4}/_{4}$潤）之粘土，構造粒狀結構鬆脆，通透性適中，有機質少（1.36%），pH4.4。

13—30公分：黃紅色（5YR$^{5}/_{6}$乾）至黃紅色（5YR$^{4}/_{6}$潤）之粘土，構造段狀，結構脆而易碎，通透性不佳，有機質（0.59%），pH4.6。

30—46公分：黃紅色（5YR$^{5}/_{6}$乾）至黃紅色（5YR$^{4}/_{6}$潤）之粘土，構造及結構與上層同，有機質更少（0.5%），pH 5.1。

46—60公分：黃紅色（5YR$^{5}/_{6}$乾）至黃紅色（5YR$^{4}/_{8}$潤）之粘土，構造段狀，結構較上層易碎，通透性不良，有機質含量極少（0.24%），pH5.2。

1.本研究之完成，得國家長期發展科學委員會之補助。

2.台灣省農業試驗所技士。　3.台灣省農業試驗所技正。

60—80公分：黃紅色（5YR$^{5}/_{8}$乾）至紅棕色（5YR$^{4}/_{4}$潤）之粘土，除有機質含量爲最少外，餘皆與上層相同，pH 5.0。

㈡ 民國五十四年第一期作收穫後之水田土壤剖面形態：

0—13公分：紅黃色（7.5YR$^{6}/_{6}$乾）至深棕色（7.5YR$^{4}/_{4}$潤）之粘土，構造團粒狀，結構鬆脆，有機質少（1.41%），通透性適中，pH 4.7。

13—30公分：紅黃色（5YR$^{6}/_{6}$乾）至黃紅色（5YR$^{4}/_{6}$潤）之粘土，構造段狀，結構脆，有機質少（0.78%），pH 4.8。

其餘三層底土與原旱田形態相同，仍依原厚度分三層採樣。

㈢ 民國五十六年七月水稻收穫後，開掘之土壤剖面性態：

0—18公分：强棕色（7.5YR$^{5}/_{8}$乾）至暗棕色（7.5YR$^{4}/_{4}$潤）之粘土，無構造，結構潤時脆性，通透性中等，有機質少（1.8%），pH 5.3。

18—33公分：强棕色（7.5YR$^{5}/_{8}$乾，7.5YR$^{5}/_{6}$潤），粘土，無構造，結構潤時微實，通透性不良，有機質仍少（1.3%），pH5.4。

33—58公分：黃紅色（5YR$^{5}/_{6}$乾）至紅棕色（5YR$^{4}/_{4}$潤）粘土，段狀構造，結構極實，難通透，有機質亦少（0.67%），pH 4.9。

58—73公分：黃紅色（5YR$^{5}/_{8}$乾）至紅棕色（5YR$^{4}/_{4}$潤）粘土，有機質僅有0.34%，pH5.2，餘與上層同。

73—90公分：顏色與質地同上層，無構造，結構潤時極實，濕時板滯狀，極難通透，有機質含量與上層同，pH 5.1。

㈣ 民國五十七年一月水稻第二期作收穫後採集之土壤剖面性態：

0—18公分：紅黃色（7.5YR$^{6}/_{6}$乾）至强棕色（7.5YR$^{5}/_{6}$潤）粘土，團粒狀構造，潤時結構鬆脆，通透性尙好，富稻根，有機質中等（1.8%），pH 5.4。

18—33公分：强棕色（7.5YR$^{5}/_{6}$乾）至黃紅色（5YR$^{4}/_{6}$潤）之粘土，無構造，結構微實，通透性不良，有機質少（1.10%），pH 5.5。

33—68公分：黃紅色（5YR$^{4}/_{8}$乾）至暗棕色（5YR$^{4}/_{4}$潤）粘土，段狀構造，結構更實，通透性不良，有機質少（0.67%），pH 4.9。

68—73公分：顏色、質地均與上層相同，濕時無構造，結構爲粘結狀，難於通透，有機質缺乏（0.57%），pH 5.2。

73—90公分：顏色、質地、構造均與上層同，結構濕時板滯狀，通透更難，有機質更爲缺乏（0.45%），pH 5.2。

三、理化性之分析

㈠ 分析項目及方法

1. 機械組成：浮秤法(8)
2. 有效矽(SiO_2)：用醋酸鈉（pH4）浸出法(9)
3. 有效磷)P_2O_5)：白雷氏磷第一法(5)
4. 有效鉀(K_2O)：孟立克氏法(6)
5. 二氧化錳(mnO_2)：用强鹽酸抽出後，經過碘酸鉀處理後比色（10,11）
6. 全鐵量（Fe_2O_3）：用强鹽酸抽出發，用Barshed法（10,12）
7. 游離鐵（Fe_2O_3）：Barshed法(12)
8. 有機質含量：Walkley Black法(11)
9. 全氮量：擴散法(17)

10. 陽離子置換性質：用醋酸鹽法(11)，抽出液pH7.0，置換性鉀與鈉用焰光光電計測定，置換性鈣與鎂用Versene法。

(二) 分析結果

1. 物理性方面

本研究就四年半分期作採集樣本，進行分析。茲將每年一、二期作之代表土壤分析結果列於表1-a與1-b，並分述於下：

自表1-a及表1-b中觀之，機械組成不論在第一期作，或第二期作後所採之土壤剖面各層成分變化均甚微，或因同一田丘間之輕微差異。至於土色方面，僅改變表土與亞表土之顏色，底土幾無變更其色澤。

表 1-a 第一期作收穫後代表土壤剖面之主要物理性質

Table 1-a. Major physical properties of representative soil profiles after harvest of first crop

採集期 Sampling date	剖面號 Profiles No.	土號 Soil No.	厚度(公分) Depth cm	機械組成 Mechanical composition % 砂粒 Sand 0–0.02 mm	坋粒 Silt 0.02–0.002 mm	粘粒 Clay <0.002 mm	質地名稱 texture name	土色 Soil color 乾 Dry 色譜 Hue	色值/色度 Value/Chroma	名稱 Name *	濕 Moist 色譜 Hue	色值/色度 Value/Chroma	名稱 Name *
	1	8	0–13	16.06	31.52	52.42	Clay	5YR	6/6	紅黃色R.Y.	5YR	4/4	紅棕色R.B.
1964		9	13–30	21.06	22.52	56.42	〃	〃	5/6	黃紅色Y.R.	〃	4/6	黃紅色Y.R.
July		10	30–46	7.06	32.52	60.42	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
Dry		11	46–60	11.06	32.52	56.42	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	4/8	〃 〃 〃
field		12	60–80	5.06	32.52	62.42	〃	〃	5/8	〃 〃 〃	〃	4/4	紅棕色R.B.
	2	13	0–13	16.06	35.52	48.42	Clay	7.5YR	6/6	紅黃色R.Y.	7.5YR	4/4	深棕色D.B.
1965		14	13–30	7.06	24.52	58.42	〃	5YR	〃	〃 Y.R.	5YR	4/6	黃紅色Y.R.
July		10	30–46	7.06	32.52	60.42	〃	〃	5/6	黃紅色R.Y.	〃	〃	〃 〃 〃
Paddy		11	46–60	11.06	32.52	56.42	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	4/8	〃 〃 〃
field		12	60–80	5.06	32.52	62.42	〃	〃	5/8	〃 〃 〃	〃	4/4	紅棕色R.B.
	4	26	0–13	11.76	37,82	50.42	〃	7.5YR	5/6	强棕色S.B.	5YR	4/4	紅棕色R.B.
1966		27	13–20	17.76	29.82	52,42	〃	〃	6/6	紅黃色R.Y.	〃	4/6	黃棕色Y.R.
July		28	20–30	5.76	33.82	60.42	〃	5YR	5/6	黃紅色Y.R.	〃	4/4	紅棕色R.B.
Paddy		29	30–68	7.76	33.82	58,42	〃	〃	5/8	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
field		30	68–90	9.96	31.82	58.42	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
		31	90–100	6.58	35.26	58.16	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
	6	51	0–18	12.48	39.34	48.18	Clay	7.5YR	5/8	强紅色S.B.	7.5YR	4/4	深棕色D.B.
1967		52	18–33	12,48	37.44	50.08	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	5/6	强棕色S.B.
July		53	33–58	10.48	33.44	56.08	〃	5YR	5/6	黃棕色Y.R.	5YR	4/4	紅棕色R.B.
Paddy		54	58–73	13.14	30.09	56.82	〃	〃	5/8	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
field		55	73–90	13.14	29.04	57.82	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃

1968	8	121	0–18	12.96	38.94	48.10	Clay	7.5YR	5/8	强棕色S.B.	7.5YR	4/4	深棕色D.B.
July		122	18–33	13.06	37.12	49.82	〃	〃	5/6	〃 〃 〃	5YR	4/6	黃紅色Y.R.
Paddy		123	33–58	13.12	36.06	50.82	〃	5YR	4/6	黃紅色Y.R.	〃	4/4	紅棕色R.B.
field		124	58–90	13.12	33.06	53.82	〃	〃	4/8	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃

*R.Y.—Reddish Yellow, Y.R.—Yellowish Red, D.B.—Dark Brown, S.B.—Strong Brown, R.B.—Reddish Brown.

表 1-b 第二期作收穫後代表土壤剖面之主要物理性質

Table 1-b Major physical properties of representative soil profiles after harvest of second crop

採集期	剖面號	土號	厚度(公分)	機械組成 Mechanical composition %				土色 Soil Color					
								乾 Dry			潤 Moist		
Sampling date	Profiles No.	Soil No.	Depth cm.	砂粒 Sand 2–0.02 mm	坋粒 Silt 0.02–0.002 mm	粘粒 Clay <0.002 mm	質地名稱 Texture name	色譜 Hue	色值/色度 Value/Chroma	名稱 Name *	色譜 Hue	色值/色度 Value/Chroma	名稱 Name *
1966	3	15	0–13	13.06	37.52	49.42	Clay	7.5YR	5/6	强棕色S.B.	7.5YR	4/4	暗棕色D.B.
Jan.		16	13–20	15.35	32.26	52.42	〃	〃	6/6	紅黃色R.Y.	5YR	4/6	黃紅色Y.R.
Paddy		17	20–30	13.76	30.82	55.42	〃	〃	5/8	强棕色S.B.	〃	〃	〃 〃 〃
field		18	30–68	9.79	29.82	60.42	〃	5YR	5/6	黃紅色Y.R.	〃	4/8	〃 〃 〃
		19	68–90	11.76	29.82	58.42	〃	〃	5/8	〃 〃 〃	〃	4/4	暗棕色D.B.
	5	37	0–18	12.58	37.34	50.08	Clay	7.5YR	6/6	紅黃色R.Y.	7.5YR	4/4	暗棕色D.B.
		38	18–33	10.58	33.34	56.08	〃	〃	6/8	〃 〃 〃	5YR	4/6	黃紅色Y.R.
1967		39	33–48	12.58	28.34	57.08	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	4/4	暗棕色D.B.
Jan.		40	48–63	10.58	30.34	59.08	〃	5YR	5/8	黃紅色Y.R.	〃	〃	〃 〃 〃
Paddy		41	63–78	12.58	28.34	59.08	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
field		42	78–100	10.58	31.34	58.08	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
	7	64	0–18	12.96	30.22	47.82	Clay	7.5YR	6/6	紅黃色R.Y.	7.5YR	5/6	强棕色S.B.
1968		65	18–33	13.96	32.36	53.68	〃	〃	5/6	强棕色S.B.	5YR	4/6	紅黃色Y.R.
Jan.		66	33–68	12.96	28.36	58.68	〃	5YR	4/8	黃紅色Y.R.	〃	4/4	暗棕色D.B.
Paddy		67	38–73	11.96	30.36	57.68	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
field		68	73–90	10.96	31.36	57.68	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃
1969	9	166	0–15	10.68	39.50	49.82	Clay	10YR	5/6	黃棕色Y.B.	10YR	4/4	暗黃棕色D.Y.B.
Jan.		167	15–30	10.68	33.50	55.82	〃	7.5YR	5/8	强棕色S.B.	5YR	4/6	黃紅色Y.R.
Paddy		168	30–48	6.80	29.38	63.82	〃	5YR	〃	黃紅色Y.R.	〃	5/6	〃 〃 〃
field		169	48–90	6.68	29.50	63.82	〃	〃	〃	〃 〃 〃	〃	〃	〃 〃 〃

* R. Y. — Reddish Yellow, Y. R. — Yellowish red, Y. B. — Yellowish Brown. D. Y. B.— Dark Yellowish Brown.
D. B. — Dark Brown, S. B,— Strong Brown, R. B. — Reddish Brown.

2. 化學性方面

可分主要化學性質及陽離子交換性質，每年亦分別以一、二期作後所採之代表土壤分析結果列於表2-a，2-b，3-a及表3-b。

表 2-a 第一期作收穫後代表土壤剖面之主要化學性質

Table 2-a Major chemical properties of representative soil profiles after harvest of first crop

採樣期 Sampling date	剖面號 Profiles	土號 Soil No.	厚度 Depth cm	有效養分 Available nutrition SiO_2 mg/100g	P_2O_5 ppm	K_2O ppm	二氧化錳 MnO_2 %	游離鐵 Free Fe_2O_3 %	全鐵 Total Fe_2O_3 %	游離鐵/全鐵 Free Fe_2O_3 / Total Fe_2O_3	有機質 Organic matter %	全氮量 Total Nitrogen %	炭氮比 C/N
		8	0–13	6.00	6.0	13.3	0.08	4.34	5.74	0.76	1.36	0.06	13.2
1964 July		6	13–30	8.25	8.3	6.4	0.09	4.53	5.96	0.76	0.59	0.05	11.8
Dry	1	10	30–46	24.63	6.0	17.0	0.14	5.28	6.95	0.76	0.50	0.04	7.5
field		11	46–60	30.75	5.0	14.0	0.15	5.01	7.03	0.71	0.24	0.04	3.5
		12	60–80	31.00	7.4	13.0	0.17	4.93	7.49	0.66	0.04	0.01	2.0
		13	0–13	7.25	6.0	17.0	0.12	4.12	5.28	0.78	1.41	0.08	10.0
1965 July		14	13–30	14.13	6.0	11.0	0.13	4.70	6.08	0.77	0.78	0.05	9.0
Paddy	2	10	30–46	24.63	6.0	17.0	0.14	5.28	6.95	0.76	0.05	0.04	7.5
field		11	46–60	30.75	5.0	14.0	0.15	5.01	7.03	0.71	0.24	0.04	3.5
		12	60–80	31.00	7.4	13.0	0.17	4.93	7.49	0.66	0.04	0.01	2.0
		26	0–12	10.00	20.0	44.0	0.15	4.50	5.72	0.79	1.73	0.08	12.6
		27	13–20	12.50	6.5	20.0	0.12	4.60	5.82	0.79	1.54	0.10	8.9
1966 July		28	20–30	14.44	11.0	20.0	0.13	5.11	6.85	0.74	0.96	0.09	5.9
Paddy	4	25	30–68	19.44	5.0	11.0	0.14	5.11	6.62	0.77	0.72	0.08	5.2
field		30	68–90	27.64	6.5	13.0	0.15	5.11	6.95	0.73	0.42	0.06	4.0
		31	90–100	32.64	5.2	13.0	0.16	5.08	6.45	0.68	0.49	0.05	5.9
		15	0–18	10.52	23.8	40.0	0.09	4.12	5.17	0.79	1.79	0.11	9.5
1967 July		52	18–33	12.20	9.2	11.0	0.10	4.68	6.08	0.77	1.36	0.08	10.2
Paddy	6	53	33–58	19.16	6.8	17.0	0.21	5.01	6.54	0.77	0.67	0.05	7.7
field		54	58–73	25.84	6.8	34.0	0.14	5.18	6.79	0.76	0.34	0.04	5.0
		55	78–90	34.52	9.2	24.0	0.14	5.36	7.06	0.75	0.34	0.04	5.4
		121	0–18	18.31	25.3	42.0	0.10	3.96	4.88	0.80	1.77	0.09	11.4
1968 July		122	18–33	20,70	9.8	17.0	0.13	4.14	5.40	0.77	1.30	0.07	107
Paddy	8	123	33–58	19.7	7.1	15.0	0.16	4.43	6.40	0.70	0.82	0.04	12.0
field		124	58–90	23.86	6.2	16.0	0.16	5.21	6.82	0.78	0.69	0.04	10.0

表 2- b第二期作收穫後代表土壤剖面之主要化學性質

Table 2-b Major chemical properties of representative soil profiles after harvest of second crop

採樣期 Sampling date	剖面號 Profiles	土號 Soil No.	厚度 Depth cm	有效養分 Available nvtrition 矽 SiO_2 mg/100g	磷 P_2O_5 ppm	鉀 K_2O ppm	二氧化錳 MnO_2 %	游離鐵 Free Fe_2O_3 %	全鐵 Total Fe_2O_3 %	游離鐵/全鐵 Free Fe_2O_3 / Total Fe_2O_3	有機質 Organic matter %	全氮量 Total Nitrogen %	炭氮比 C/N
		15	0–13	9.35	24.0	38.0	0.12	4.29	5.49	0.78	1.81	0.09	11.7
1966 Jan.		16	13–20	10.81	10.8	20.6	0.14	4.36	5.64	0.77	1.62	0.07	13.4
Paddy	3	17	20–30	10.84	11.8	18.0	0.13	4.72	6.57	0.72	1.23	0.07	10.2
field		18	30–68	24.60	7.4	14.0	0.12	5.29	6.92	0.76	0.34	0.06	3.3
		19	64–90	32.07	5.6	17.0	0.13	5.11	6.65	0.76	0.34	0.06	3.3
		37	0–18	12.89	23.1	45.0	0.12	4.19	5.44	0.77	1.55	0.08	10.7
		38	18–33	13.82	14.2	20.0	0.13	5.08	6.61	0.77	0.84	0.06	8.1
1967 Jan.		39	33–48	20.45	8.8	17.0	0.15	5.26	6.99	0.75	0.60	0.06	6.0
Paddy	5	40	48–63	26,82	7.6	23.0	0.13	5.18	6.69	0.77	0.38	0.05	4.4
field		41	63–78	30.22	9.6	20.0	0.14	5.11	6.72	0.76	0.38	0.05	4.4
		42	78–100	35.25	8,8	20.0	0.15	4.93	6.99	0.76	0.38	0.04	5.5
		64	0–18	16.92	25.2	46.0	0.12	4.00	5.30	0.75	1.80	0.11	9.4
1968 Jan.		65	18–33	18.45	15.0	25.0	0.15	4.60	5.84	0.79	1.10	0.05	10.6
Paddy	7	66	33–68	19.89	9.0	18.0	0.18	5.13	6.76	0.76	0.67	0.06	6.5
field		67	68–73	27,33	8.6	24.0	0.19	5.08	6.87	0.74	0.57	0.07	4.7
		68	73–100	32.31	7.4	22.0	0.18	5.08	6.50	0.78	0.45	0.07	3.8
1969 Jan.		166	0–15	20.32	25.6	46.0	0.11	4.22	5.35	0.75	1.56	0.14	6.5
Paddy	9	137	15–30	25.88	5.3	19.0	0.14	4.80	6.23	0.77	1.29	0.11	6.8
field		168	30–48	26.48	4.0	17.0	0.15	5.60	7.36	0.76	0.90	0.10	5.2
		169	48–90	36.72	13.3	16.0	0.16	5.55	7.06	0.78	0.55	0.09	3.6

表 3-a 第一期作收穫後代表土壤剖面之陽離子置換性質及pH

Table 3-a Cation exchange properties and pH of representative soil profiles after harvest of first crop

採樣期 Sampling date	剖面號 Profiles No.	土號 Soil No.	厚度 Depth cm	陽離子置換性 Cation exchange properties m. e./100 g. K	Na	Ca	Mg	Ex.H	C.E.C.	飽和度 Base saturation %	pH
1964 July Dry field	1	8	0–13	0.20	0.07	0.21	o.06	8.73	9.27	5.82	4.4
		9	13–30	0.14	0.08	0.26	0.11	9.22	9.81	6.01	4.6
		10	30–46	0.09	0.12	0.79	0.37	10.74	12,11	11.31	5.1
		11	46–60	0.10	0.13	0.23	0.12	9.91	10.49	5.52	5.2
		12	60–80	0.11	0.11	0.40	0.35	9.41	10.38	9.34	5.0
1965 July Paddy field	2	13	0–13	0.11	0.11	0.78	0.31	8.84	10.15	12.90	4.7
		14	23–30	0.09	0.12	0.77	0.33	10.16	11.47	11.42	4.8
		10	30–46	0.09	0.12	0.79	0.37	10.74	12.11	11.31	5.1
		11	46–60	0.10	0.13	0.23	0.12	9.91	10.49	5.52	5.2
		12	60–80	0.11	0.11	0.40	0.35	9.41	10.38	9.34	5.0
1966 July Paddy field	4	26	0–13	0.23	0.14	1.60	0.60	7.98	10.56	24.36	5.2
		27	13–20	0.11	0.09	0.68	0.29	9.37	10.54	11.10	5.0
		28	20–30	0.12	0.13	0.96	0.50	9.29	11.00	15.54	5.1
		29	30–68	0.10	0.13	0.76	0.50	9.91	11.40	13.07	5.1
		30	68–90	0.10	0.17	0.42	0.42	8.74	9.85	11.26	5.3
		31	90–100	0.10	0.19	0.35	0.44	9.29	10.37	10.41	5.3
1967 July Paddy field	6	51	0–18	0.16	0.14	1.24	0.45	7.90	9.86	20.12	5.3
		52	18–33	0.09	0.11	0.91	0.48	8.62	10.21	15.57	5.4
		53	33–58	0.10	0.14	0.92	0.40	9.74	11.30	13.80	4.9
		54	58–73	0.13	0.18	1.26	0.62	8.79	10.98	19.94	5.2
		55	73–90	0.13	0.20	1.15	0.49	8.29	10.26	19.20	5.1
1968 July Paddy field	8	121	0–18	0.15	0.22	1.89	0.75	7.29	10.30	29.22	5.5
		122	18–33	0.26	0.15	1.79	0.68	8.47	11.35	25.37	5.6
		132	33–58	0.14	0.16	1.56	0.59	10.00	12.45	19.67	5.2
		124	58–90	0.11	0.20	1.14	0.66	11.72	13.83	15.25	5.1

表 3-b 第二期作收穫後代表土壤剖面之陽離子置換性質及pH

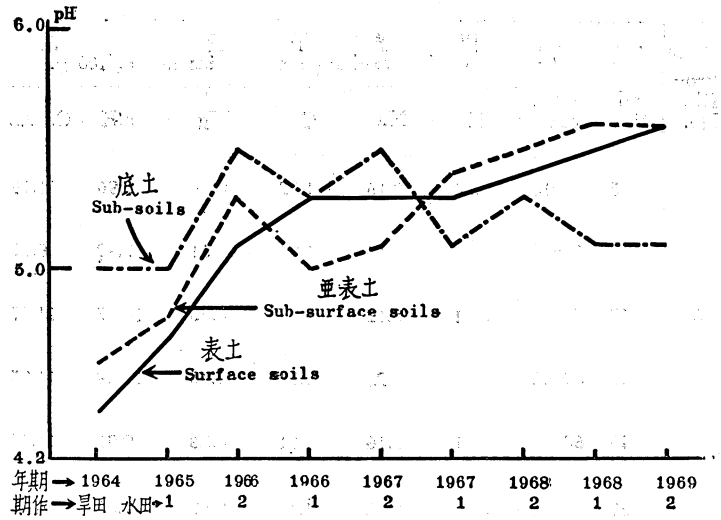
Table 3-b Cation exchange properties and pH of representative soil profiles after harvest of second crop

採樣期 Sampling date	剖面號 Profiles No.	土號 soil No.	厚度 Depth cm	陽離子置換性 Cation exchange properties m. e./100 g.						飽和度 Base saturation %	pH
				K	Na	Ca	Mg	Ex.H	C.E.C.		
		15	0–13	0.20	0.16	1.32	0.54	8.96	11.18	11.00	5.1
1966 Jan.		16	13–20	0.17	0.15	1.24	0.51	7.90	9.97	20.76	5.3
Paddy	3	17	20–30	0.11	0.12	0.74	0.33	10.67	11.97	10.86	4.9
field		18	30–68	0.10	0.22	0.71	0.43	10.49	11.95	12.22	5.3
		19	68–90	0.11	0.16	0.81	0.58	9.96	11.62	14.28	5.5
		37	0–18	0.19	0.15	1.18	0.52	7.49	9.53	21.41	5.3
		38	18–33	0.09	0.09	0.63	0.32	9.67	10.80	10.45	5.1
1967 Jan.		39	33–48	0.10	0.14	0.85	0.45	9.79	11.33	13.59	5.0
Paddy	5	40	48–63	0.12	0.12	0.92	0.61	9.36	11.13	15.93	5.1
field		41	63–78	0.11	0.13	0.46	0.63	9.44	10.77	12.34	5.4
		42	78–100	0.10	0.12	0.53	0.53	9.11	10.39	12.32	5.5
		64	0–18	0.30	0.22	1.49	0.63	7.34	9.98	26.45	5.4
1968 Jan.		65	18–33	0.12	0.26	2.62	0.98	8.13	12.11	32.86	5.5
Paddy	7	66	33–68	0.11	0.21	1.48	0.97	9.50	12.27	22.57	4.9
field		67	68–73	0.12	0.22	1.58	1.02	18.78	11.72	25.08	5.2
		68	73–90	0.12	0.20	1.67	1.02	9.06	12.07	24.93	5.3
		166	0–15	0.20	0.25	1.89	0.86	8.97	11.87	25.95	5.6
1969 Jan.		167	15–30	0.17	0.18	1.88	0.89	7.14	10.26	30.40	5.6
Paddy	9	167	30–48	0.14	0.25	1.05	0.59	9.69	11.72	17.32	4.9
field		169	48–90	0.13	0.48	1.13	0.73	9.69	12.16	20.31	5.1

爲便於以上各項化學成分之說明，逐項養分按其年期之變遷，繪成各圖，以曲線顯示其間之變化，並分別說明各圖於後。

圖1，紅棕壤旱田改作水田四年半內pH值之比較

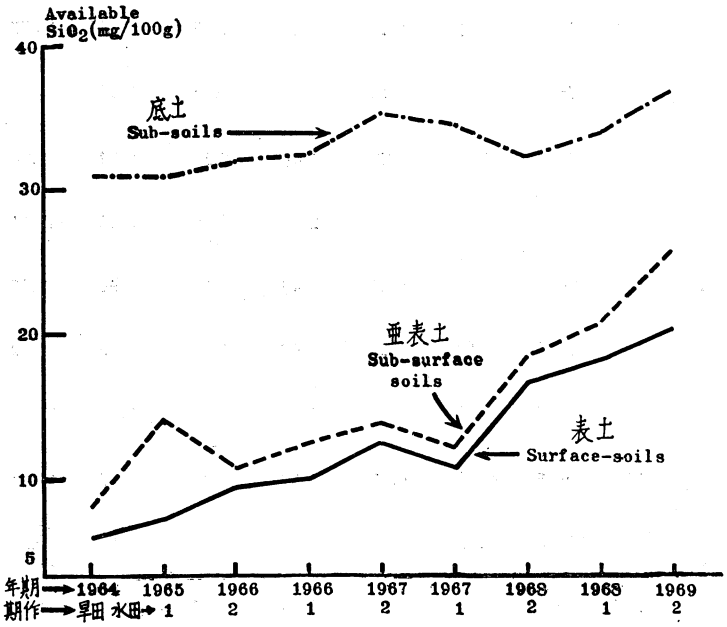
Fig. 1. The comparison of pH of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years。



由上圖知土壤潛水後，導致 pH 逐漸上昇，尤以表土爲顯，初一、二年內表土上昇較快，其後較緩，四年半內表土 pH 值自4.4升至5.6，亞表土p H 值亦向上昇，底土之 pH 值在第一期作後上昇，第二期作後下降，變動輕微，亦卽紅棕壤潛水在四年半內，底層 pH 值之影響較輕。

圖2. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內之有效矽（SiO_2）含量比較

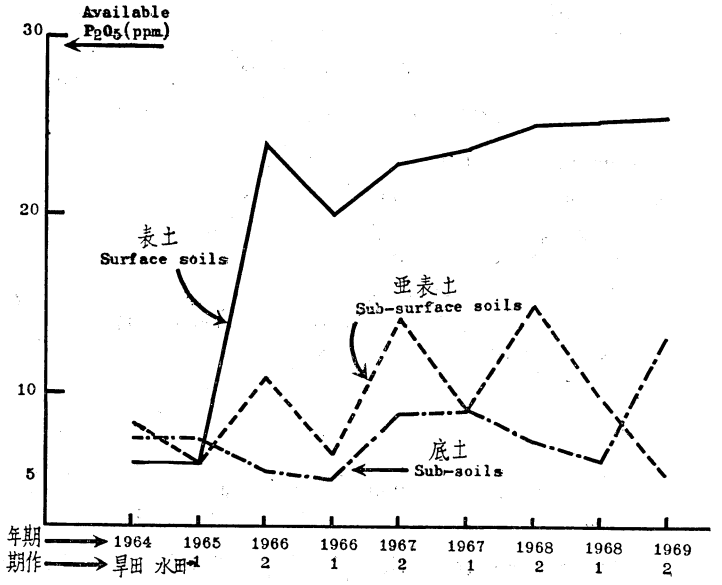
Fig. 2. The comparison of available silica content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years.



自上圖知紅棕壤有效矽含量，一般言之，表土含量較低，亞表土次之，底土含量較高，較表土多達四倍，四年半內矽之含量除第一年半外，其餘三年表土與亞表土之含矽量至爲接近，且趨向相同，逐年增加，而與底土漸趨接近，四年半內各層含矽量之差異，以亞表土變動最大(17.8mg/100g)，表土次之 (14.3mg/100g)，底土變動輕微 (6mg/100g)

圖3. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內有效磷（P_2O_5）含量之比較

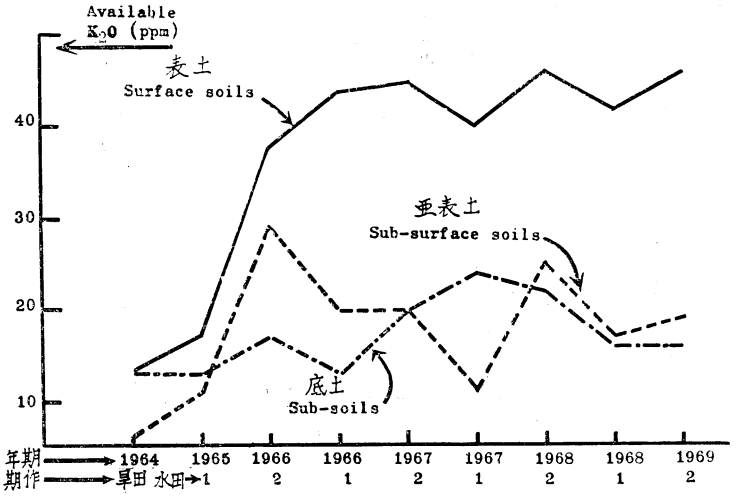
Fig. 3. The comparison of available P_2O_5 content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years。



有效磷（如上圖）含量，改作水田後表土含量增加，至1966年二期作後稍爲減少，至1967年一期作後迄今繼續緩慢上昇，較原旱田增達四倍餘，故由旱田改作水田，潛水種植水稻四年餘，有加强表土磷酸之有效性。亞表土之升降較爲頻繁，卽一期作後上升，二期後下降，但幅度不大。底土之升降則較微，四年半仍有增加。以上情形或與肥料應用有關。

圖4. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內之有效鉀（K_2O）含量之比較

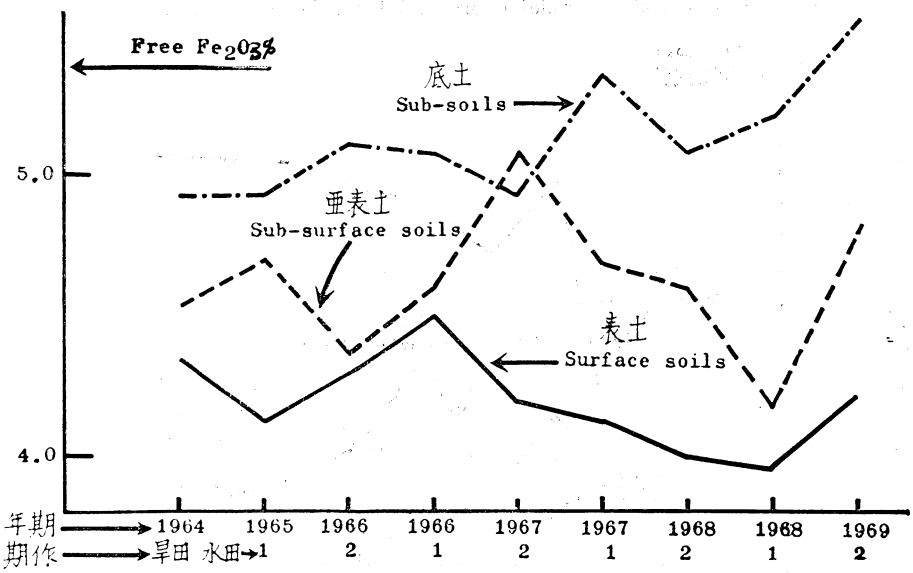
Fig. 4. The comparison of available K_2O content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years.



自上圖知有效鉀含量之趨勢，大致與有效磷相同，卽表土之有效鉀含量較高，亞表土次之，底土更次之，四年半內之變化，表土亦於一年後上昇頗高，至二年半後（1967）二期作下降，一期作後上昇，如是繼續升降，迄今較原旱田高約三倍餘，亞表土及底土有效鉀含量，升降不定，但仍較旱田爲高。

圖5. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內之游離鐵含量之比較

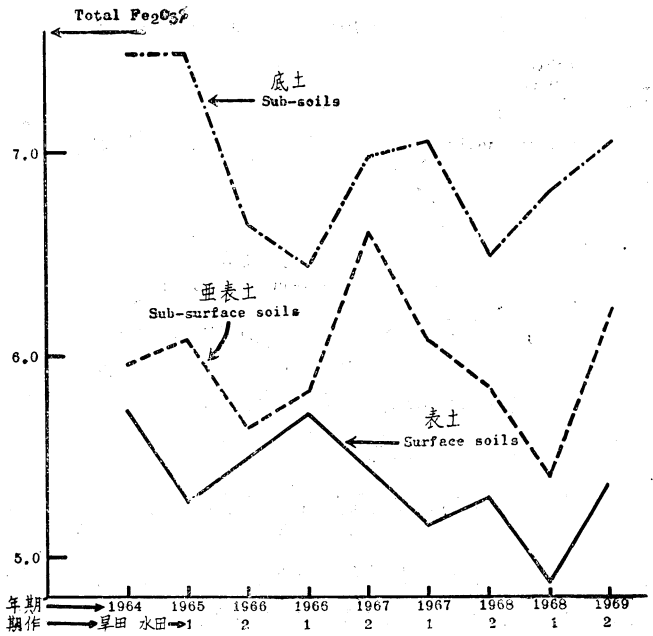
Fig. 5. The comparison of free iron content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years.



游離鐵之含量（如上圖），土壤中之游離鐵係屬還原鐵，其含量高低，反映還原性物料之多寡。本研究四年半內，各期作後之還原性物質之移動在上圖中示之，表土及亞表土游離鐵之含量在四年半內轉變趨向尙稱一致，底土則於第二年後一期作減低，二期作後復升，此後兩年情形相同，四年半後表土游離鐵含量較原旱田略爲減低，亞表土及底土均提高其含量，顯示還原性物質有趨向積聚於亞表土或底土之可能。

圖6. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內全鐵量之比較

Fig. 6. The comparison of total iron content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years.

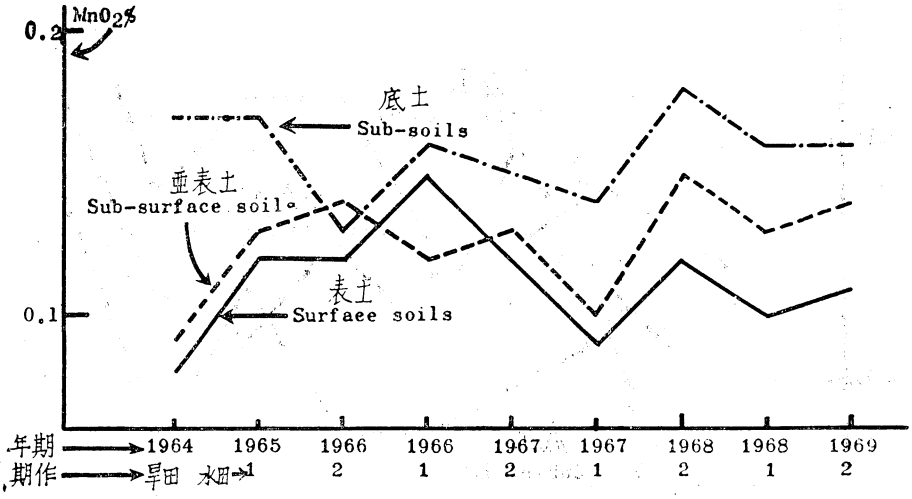


自上圖知紅棕壤之全鐵量含量，全鐵量包括還原鐵及氧化鐵之總量，故在各年期之升降可反映鐵之積聚或淋洗，在四年半後之轉變言之，鐵有積聚於亞表土之現象呈顯，爲量至微(0.3%)。在各年期

間之關係，表土與底土均較原旱田低，僅亞表土則除第一年二期，二年一期，第三年二期與四年一期較原旱田低外，其餘各期均較高，故亦有積聚，其中以二年二期爲較多，但查其實際含量，僅 0.6%，此僅能視爲有積聚之趨向而已。

圖7. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內之全錳（MnO_2）量比較

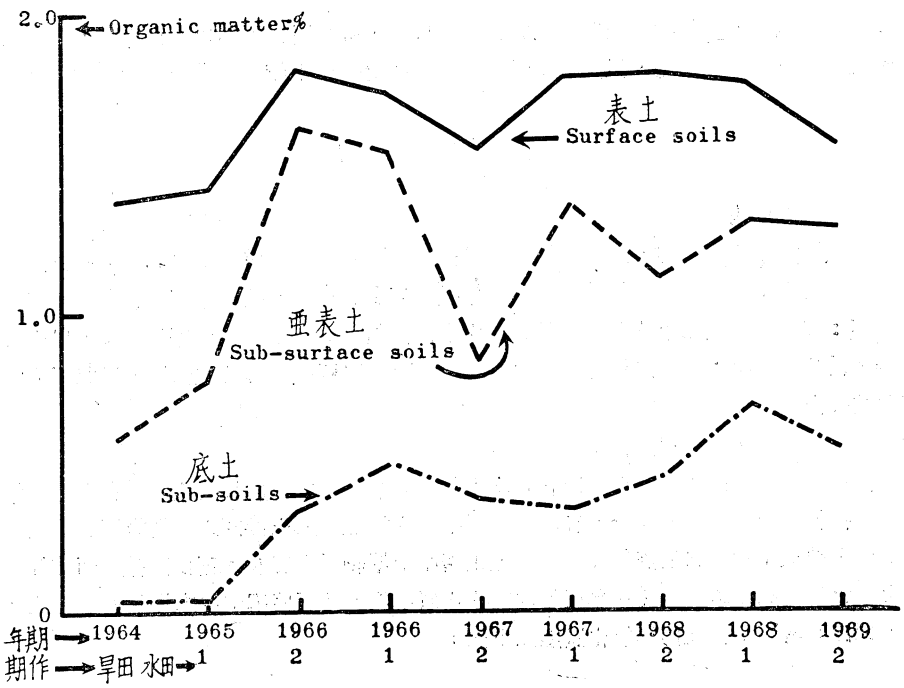
Fig. 7. The comparison of MnO_2 content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years.



錳之含量（如上圖），數年內表土與亞表土之升降趨向尙一致，四年半後之變遷，亞表土較大，表土次之，底土變遷最少，顯示亞表土略有錳之澱積。

圖8. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內有機質含量比較

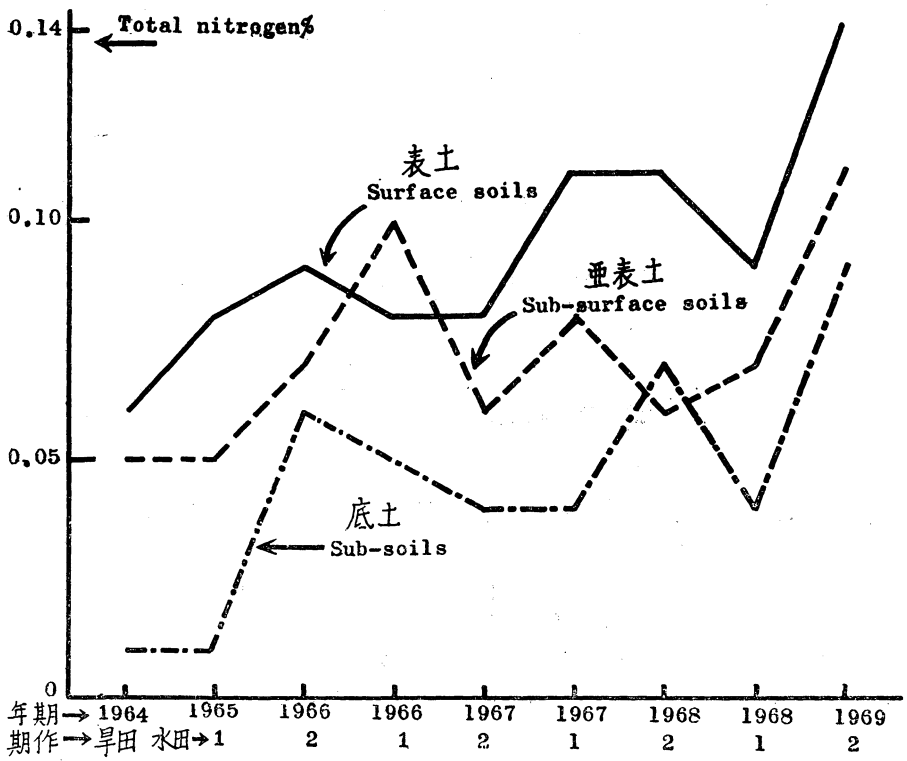
Fig. 8. The comparison of organic matter content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years.



有機質含量（如上圖），各年期土壤之有機質含量不高，均在 2 %以下，可稱缺乏。就各層言之，表土含量較高，亞表土次之，底土最低，四年半內之變化以亞表土較劇，表土次之，底土較輕。

圖9. 紅棕壤旱田改作水稻田四年半內之全氮量比較

Fig. 9. The comparison of total nitrogen content of the paddy field which alter from the dry field of reddish brown latosol for 4.5 years.



如上圖之全氮量，各年期之全氮量均在0.15%以下，就各層言，亦以表土略高，亞表土次之，底土含量最低，四年半內之變化，以亞表土最大，表土次之，底土較小，惟三者均有增加。

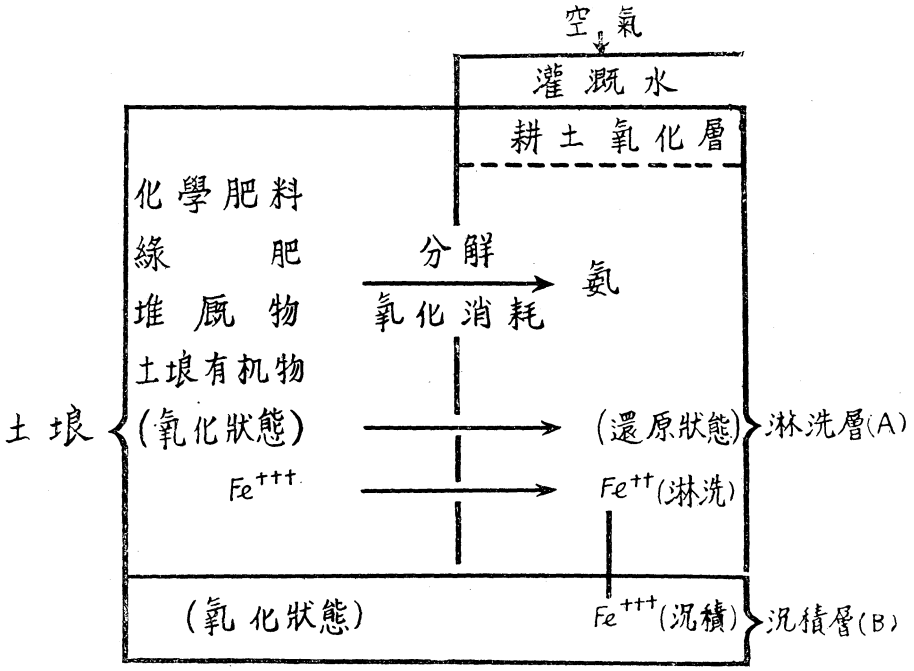
四、討　　論

㈠ 水稻土生成之理論

水稻向栽培於中國之南部，歷史最早，水稻土Paddy Soil之名稱，早載於中央地質調查所土壤學報(4)。近二十年來，日本對其稻田土壤之分類研究學者頗多，提出分類系統有八案(3)，亦可合併爲二類：卽一、以實用之施肥改良爲目的之小山案爲代表，根據土壤剖面形態，以土壤本身的區分特徵爲分類依據；一、以純碎土壤生成方式，及其影響程度爲分類依據，以鴨下或山崎之分類案爲其代表。

山崎氏之稻田土壤生成理論(1)：

1. 稻田土壤之淋洗作用——氏以爲在日本水稻每年有3—4個月之長期間內（在中國每年二期作時間更長）田面積水3—6公分，在瀦水狀態中，由於空氣與土壤間之接觸爲灌溉水遮斷，空氣中之氧所給與土壤之影響將無法產生，如土層中有機物料之存在，則由其分解而消耗原在土層中存在之氧，此時耕土層（耕犂層）卽陷入還原狀態，其下層因缺少有機物料，如地下水位低時，或田面有瀦水往往仍呈氧化狀態如下圖：



土壤若達成爲還原狀態時，還原性物質卽產生於土壤中，如在氧化狀態時，土層中之Fe^{++}化合物在土層達成還原狀態時卽變成Fe^{++}化合物，前者爲難溶性物質，不易移動，後者可溶，常隨滲透水移動至氧化狀態下層時，被氧化復成Fe^{+++}之化合物而積聚，因此地下水位低之稻田，其耕土層之Fe^{++}一般在灌水時，自該層淋失而在下層積聚，此種作用在長期間進行時，則土層將分化成爲兩層：一爲淋洗層（A層），一爲沉積層（B展），但某些稻田在灌水期中，其犂底層往往亦呈還原狀態，因而此犂底層亦可成爲淋洗層。

2. 稻田土壤剖面層分發育之經過——土壤母質物之堆積層稱爲C層，一般之冲積土其堆積後土壤母質物如未受土壤化作用時，其全土層亦可視作C層，冲積土如位於地下水之較高處者，其下層受地下水之影響進行灰粘化作用，土色呈藍綠灰色，稱爲G層，如地下水位極高時，則土層之全層亦可成爲G層，在地下水位較低處之冲積土，爲稻田利用時，因鐵之淋洗作用，土層分化爲淋洗層（A層）及積聚層（B層），山崎氏稱此作用爲稻田土壤化作用，而A層更可細分爲Ai層（受較弱之淋失作用所形成者），A_1層（受較强之淋失作用所形成者），A_2層（犂底層如有可分解性有機物多時，在排水期中呈現弱還原狀態時顯現之層）三層，G層亦分爲Gi層及Gr層，如下圖：

堆積當時之土層	堆積後受地下水影響之土層	作爲稻田利用後受淋失作用後之土壤	
C	C	A	稻田土壤作用
		B	
	G	G	灰粘化作用

3. 稻田土壤化作用之速度——土壤化作用，一般均認爲屬於一極緩慢作用，該作用雖與條件關係而有差異，但其作用力極强且速，以在日本富山縣東礪波郡上平村之旱田與改爲稻田後之土壤剖面進行觀察結果爲例，該土壤爲第三紀砂土，由旱田狀態開始至改爲稻田後1—7年止，依每年進行觀察其土壤剖面之變化，稻田經四年後，可認出有明顯的淋失層及沉積層之分化。
4. 鐵斑之形成——稻田層中之 Fe^{++} 化合物，經氧化後成 Fe^{+++} 化合物，沉積時普遍積聚於土層全面者甚少，而常形成爲鐵結核（iron concretion），鐵盤（iron pan）或是有鐵銹色之斑紋，鐵盤常出現於受有地下水及滲透水影響下之砂質土，然判別稻田土層時爲最有力之憑藉乃爲鐵斑，又還原層一般呈藍綠灰色，無鐵斑，受有强淋洗作用之淋洗層呈灰色，亦無鐵斑。綜合以上所見，用鐵斑之有無，形狀及土色之觀察，可以判別稻田土層之區分。
5. 稻田土壤之土層排列模式及各層之特徵——山崎氏將稻田土壤排列之模式以及各土層之特徵併記於下表：（表中O表示氧化狀態，WR表示弱還原狀態，SR表示强還原狀態）。

土層名	氧化還原狀態		特徵
	排水期	潛水期	
Ai 或 A_1	O	SR	接受淋失作用之結果，幾無鐵斑，或所受淋失作用較輕微時，則有管狀，膜狀之鐵斑出現。
A_2	O	WR 或 SR	土色呈灰白色，有微少之鐵斑，或缺欠之。
B	O	O	土色呈黃至棕色，有多量之管狀或絲狀，點狀等鐵斑。
Gi	WR	WR	土色呈藍綠灰色，見有暈管狀鐵斑。
Gr	SR	SR	土色呈藍綠灰色，但無鐵斑。

㈡ 本研究結果之說明

1. 根據土壤剖面形態言之，四年半期間內，潛水紅棕壤並栽植水稻田，僅改變表土及亞表土之顏色，色譜自5YR轉爲7.5YR，此因含鐵物質之水合作用影響較灌溉水之淋洗作用尤爲可能，至於各剖面之機械組成，則影響甚微，幾無改變，此與原旱田剖面質地粘重，而底土密實，滲透性緩慢，短期影響尚淺有關。
2. 就化學性質言之，不論全鐵、游離鐵、錳及有效矽含量均以底土含量最高，亞表土次之，表土較低，顯示諸項元素原紅棕壤卽具有相當量，經旱作潛水與稻作栽植均有影響。至於有機質與全氮量則相反之以表土較豐，亞表土次之，底土含量最低，顯示紅棕壤原具有該含量至微，旱作潛水與稻作栽培亦已受影響。
3. 從圖5.6及7中之游離鐵、全鐵及錳之含量，顯示潛水四年半後，有積聚鐵及錳於亞表土之趨向。
4. 土壤潛水栽稻後對表層之磷、鉀有效性有增加之效益，亞表土之矽含量亦然。
5. 自pH值圖1.觀之，紅棕壤潛水栽培稻田後，影響pH值最爲顯著，卽pH值逐年上昇，尤以表土爲高，四年半內 pH 值自4.4上昇至5.6，亞表土趨向相同，但較緩慢，底土昇降幅度不大，故四年半之潛水栽稻，並未影響紅棕壤底層 pH 值，此與該土壤質地粘重，透水困難有關。
6. 在圖8及表2-a，2-b中，知有機質含量一般均缺乏，中以表土含量較高，愈向下層而愈低，四年半內之變化，以亞表土較劇，顯示該層之氧化還原作用頻繁之有以致之。

7. 圖 9 與表2-a，2-b中，知全氮量亦缺乏，其趨向與有機質含量相同。
8. 就表3-a及3-b觀之，紅棕壤之pH 值雖自4.4升至5.6，但仍多屬强酸性（pH4—5.5）土壤，屬中酸性（pH5.5—6）者較少，陽離子置換性含量不高，鹽基飽和度%亦低，四年半內之變化甚爲輕微。

五、結　　論

㈠ 本研究紅棕壤旱田剖面之土壤質地粘重，底土密實，滲透性緩慢，表土有機質少，四年半栽稻，每年兩期潛水，對剖面影響不大，多仍保存原土壤剖面之底層形態，僅改變表土與亞表土之顏色，色譜自5YR轉爲7.5YR，係土壤本身含鐵物質之水合作用之結果，並非灌溉水之淋洗作用所影響而成。

㈡ 根據化學性質分析結果，鐵與錳有積聚於亞表土之趨向，惟並未呈顯於土壤形態之跡象，足知沉積仍輕或尚在初期，土壤之淋洗層或沉積層均未形成，故未能稱之爲有稻田土壤化作用之呈現。

㈢ 土壤潛水栽稻四年半，對紅棕壤之最大影響，爲表土酸度之減退，pH值按年期逐漸上昇，自4.4—5.6，亞表土之趨向相同，惟較緩慢，底土影響至微。

㈣ 土壤潛水栽稻四年半，有增加表土中磷與鉀有效性與表土及亞表土中矽之有效性之事實呈顯，對土壤有機質，全氮量與陽離子交換能量，則影響至微。

㈤ 就土壤剖面性態及化學性分析結果，說明紅棕壤旱田改爲水田，在短期間內（4.5年）尚難有明顯之化育或成土作用可言，該類水稻田土壤之生成仍有待長期之影響與繼續之研究。

六、摘　　要

㈠ 本研究之土壤，選自桃園縣、中壢鎮、南勢附近，包括原爲紅棕壤之旱作茶園，與改作水稻田後，逐年按期作於收穫後採集之土壤樣本，歷經四年半，研究其剖面形態，分析各層代表土壤之理化性質計有機械組成、pH 值、全鐵及游離鐵、二氧化錳、有效矽、磷及鉀、有機質、全氮量及陽離子交換性質等十一項。

㈡ 研究目的，在明瞭其土壤化育趨勢，以至水稻生成，研究結果詳列如表 1-a，1-b，2-a，2-b，3-a及3-b，圖1—9。

㈢ 原紅棕壤旱田剖面之土壤，質地粘重，底土密實，滲透性緩慢，表土有機質少，四年半栽稻潴水多仍保存原剖面之土壤底層之性態，僅改變表土與亞表土之顏色，自 5YR 轉爲 7.5YR，非灌溉水之淋洗作用影響，而係土壤本身含鐵物質之水合作用之結果。

㈣ 根據化學分析結果，鐵、錳有移積於亞表土之趨向（見圖5,6及7），惟土壤形態並無跡象，足見沉積尚輕，故土壤之淋洗層或沉積層均未形成，尚未能稱爲有稻田土壤化作用之呈現。

㈤ 土壤潴水栽稻四年半，對於紅棕壤之最大影響，爲表土酸度之減退，pH 值按年期逐漸上昇，自4.4—5.6，亞表土上昇較緩慢，底土影響至微。

㈥ 土壤潛水栽稻四年半，有增加表土磷、鉀有效性，與表土及亞表土矽之有效性之事實呈顯，對土壤有機質、全氮量與陽離子交換能量之影響甚輕微。

㈦ 就剖面形態，理化性分析結果，說明紅棕壤旱田改作水稻田，短期間內（4.5年），尚難有明顯之化育或成土作用可言，該類水稻土之生成，仍有待長期之影響與繼續之研究。

參 考 文 獻

1. 山 崎 欣 多　1960　水田土壤の生成論的分類に關する研究
富山縣農業試驗場報告特第 1 號

2. 楊　培　森　1965　日本水稻田土壤分類體系
土壤肥料通訊146期 711—714頁
3. 王　新　傳　1965　試論日本水稻田土壤分類體系應用於本省土壤之適應性
土壤肥料通訊170期735—738頁
4. 熊　毅　1937　水稻田土壤分類試擬
中央地質調查所土壤學報
5. 曾憲鼎、王接皇　1959　台灣稻田土壤有效性磷素測定方法之研究
農業研究第八卷第3—4合期
6. 土壤肥力研究室　1967　台灣省農田肥力測定
農試所報告第28號
7. 李　蘭　帝　1964　擴散法在氮定量上之應用
土壤肥料通訊156期659—660頁
8. Bouyoucos. G. J. 1936 Direction for making mechanical analysis of soil hydrometer method. Soil Sci., 42. 225-229
9. Bulletin of the National Institute of Agricultnral Sciences, Tokyo, Japan 1958
10. C. S. Piper 1950 Soil and Plant Analysis
11. Jackson, M. L. 1958 Soil chemical analysis
12. Barshad I. 1962 Soil mineralogy. Mineography, Uni. of Calif. Press.

GENESIS STUDIES ON THE PADDY SOILS OF TAIWAN

1. Studies on the genesis of paddy soils developed from reddish brown latosols

by

C. Y. Lai and K. W. Leung

Summary

1. Nine soil profiles were collected from the reddish brown latosols of Nam-she, Chungli, Taoyuan, including the original tea plantation dry field, and its altered paddy field which were sampled after the first crop and the second crop each year from 1964-1968 respectively. Soil morphology of those profiles and their physico-chemical properties were studied. Items of this experiment consist of mechanical analysis, pH value, total iron, free iron, manganese dioxide, available silica, available potash and phosphoric oxide, organic matter, total nitrogen and cation exchange capacity etc.
2. The purpose of this study is to want to know the trend of the development of reddish brown latosols which have altered to paddy field for 4.5 years and the genesis of the paddy soils. The results are showing on the Table 1-a, 1-b, 2-a, 2-b, 3-a, 3-b, and

the Fig. 1-9 etc.

3. Soil characteristics of the original dry field of latosols are as follow, The soil texture is heavy, the consistancy of the sub-soil is campact and firm, the permeability is low, the organic matter content is low. It is still reserved the original properties of the subsoil after the rice cultivation and the flooding influence for 4.5 years. It was altered the color of surface and sub- surface soils only from 5YR to 7.5YR in color hue. It was not influence by elluviation from irrigated water but it was the results of hydration of iron compound of the soil body.
4. Base from the chemical analysis, there is a trend of some iron and manganese which illuviated on the subsoils but there is not any trace on the soil morphology so the illuviation of those soils are still very weak, no-elluvial and illuvial horizon are formed. In other word, there is not any appearance of paddy soil forming process.
5. The most great effect which influence to the reddish brown latosols by flooding rice plantation for 4.5 years was the decrease of soil acidity of the surface soil, the pH value increase from 4.4 to 5.6. The increase of sub-soil is less than that of the surface soil.
6. The availability of the phosphorous and the potash of the surface soils has increased after flooding rice plantation for 4.5 years, and so do the available silica of surface and subsurface soils, but there is a little effect on the soil organic matter, total nitrogen and cation exchange capacity.
7. Base on the results o soil morphology, physico-chemical properties, it is hard to formed apparent soil development of latosols after dry land which was altered to paddy field for a short time (4.5 years) . So the genesis of the paddy soils which developed from latosols is still needed to weathered for a long time and we have to continue its study in the future.