中部粘板岩冲積土若干土系之特性與水稻生育、收量之關係[1]

連　深[2]

摘要　就本省中部粘板岩冲積土，於民國62年選8個地點，民國63年34個地點之水田，在標準施肥管理下比較水稻生育、收量之差異及有關土壤特性，結果如下：

1. 土壤調查所分排水良～尚良（田中、平和各系）、不完全（二水、二林、鹿港各系）與不良（秀水、社頭各系）各級別土系之田間滲透率（第一、二期作各於插秧後40及30天左右測定），平均各爲0.80、0.35及0.06cm/day；差異顯著，顯示土壤調查以剖面形態之觀察區分排水性之良否頗能反映田間的實際排水情形；惟同屬排水不完全之各土系田間滲透率，則尚依質地剖面之粗細而有差異，如管嶼厝系>二水（二林）系>鹿港系是。
2. 稻谷收量亦依排水良～尚良>不完全>不良之次序而差異，但以第二期作較爲顯著；其各級別土系之平均收量各爲5.51、5.02及 4.53ton/ha ，差異均達顯著標準。同屬排水不完全之各土系平均收量亦以滲透率較高之管嶼厝系爲高，滲透率較低之鹿港系爲低。
3. 就34個地點之水稻生育、收量與12種土壤特性，求各種單相關及複相關，亦顯示第二期作水稻之生育、收量與田間滲透率之關係最爲密切。

   收量低落地點之水稻，營養上除鉀素含量稍低外，並無任何其他要素之顯著不正常情形。表面排水或輪作等均對水稻生育有顯著的正效果，可見就中部粘板岩冲積土上述土系的範圍而言，排水性可認爲係影響水田生產力之主要因素。
4. 一般言之，排水性較差的土系，表土中均有較高之 pH 值、CEC 、有機質及碳酸鈣含量，蓋其地勢較低使然。又老冲積土與新冲積土比較（如二林系與二水系），亦有較高之有機物及 CEC ，蓋其風化時間較長之故。惟此程度之肥力差異或爲排水性所限，或爲集約之施肥管理所彌補，對於現實水田收量均非重要因素。

前　言

就同一氣候區域，栽培同一品種的不同地點而言，其決定水田收量之因子主要爲土壤及栽培管理，後者包括施肥、除草、田水管理及病蟲害防治等，但以施肥及水管理最爲重要。故決定水田收量之主要因子，一爲土壤性質，另一則爲以施肥爲主之栽培管理，二者並有關連；例如施肥管理上的差異可能影響部份土壤性質在水稻營養上的重要性。可見限制水田收量之土壤因子，依施肥管理之集約化程度而異。

Hauser 等 (1) 認爲水稻收量受土壤母質及土壤新舊之影響較大，並謂土壤剖面特性與稻谷收量之關係甚小。Matsuo (2) 謂影響水稻收量最大的土壤性質爲其陽離子交換能量。Chandler (3) 綜合前人研究結果指出當土壤中粘粒含量高（40～60%），粘土礦物爲2：1型，有機物含量中等但腐植度高，排水良好但並不過份，表土深度18～22公分，其水稻產量必高；反之砂質、表土淺、過份風化的，以及排水不良的水田收量則低。Kawaguchi (4) 則認爲土壤形態特性與水稻收量的直接關係，本質上不易求得，但應嘗試探討土型與土壤管理，施肥方法等的關係。Grant (5) 更認爲土壤—水關係（The

1.試驗報告農試字第七五〇號
2.臺灣省農業試驗所技正

soil-water relationships) 而非土壤性質單獨，才是控制和決定土壤栽培水稻的潛能的主要因素。可見土壤特性與水稻收量之關係甚爲複雜，並因地而異，應就地域別加以闡明，甚爲必要。

據統計[6]，本省單位面積糙米產量自民國35年期之 1,585kg/ha 至民國57年期之 3,198kg/ha，已增一倍以上。復據 Yamada [7] 分析，此成果與該期間肥料用量之增加以及單位肥料用量生產效率之提高關係最爲密切，證明二十多年來稻米之增產，肥料之增施以及其施用技術之改善實爲主要因素。惟本省水田肥料用量以及單位肥料用量之增產效率自民國57年期以後已趨穩定，單位面積稻米產量之再提高已非單純增施肥料或非進一步改善施肥方法可以奏效。故今後爲改進此一現狀，除一方面宜加强施肥技術之改善與普及外，另一方面亟需探討限制肥料效果之土壤因子，以供改善土壤管理之依據。

本省中部濁水溪流域，土壤均屬粘板岩冲積土，土壤反應呈中性至微碱性。由於土壤肥沃，氣候適宜，故爲本省重要稻米產區。該地區土壤曾經詳測 (Detailed soil survey)，依母質之老幼、質地剖面及排水狀況等特性分爲四十多個土系 (Soil Series) [8]。惟該項分類主要係依據底土剖面的形態觀察，至於所分土壤類別間稻田生產力的實際差異及有關因素等則並未兼顧。林家棨等[9]曾於民國61年第一期作收穫時期調查溪州等四鄉鎮共 324地點，分屬於26個土系的稻谷產量。由於本問題之重要性乃進一步舉辦田間試驗兩年(民國62～63年)，探討本地區水田在推薦的施肥技術管理下仍然存在之收量限制因素，並檢討土壤調查所分土壤類別與水稻收量之關係。爰將試驗結果分兩項報告。

一、若干水田土壤之收量異差及水稻營養狀態之比較 (民國62年)

研究方法，在濁水溪流域溪州、田尾、北斗、西螺四鄉鎮，每鄉鎮依當地水稻產量之高低選取2處共8處，調查水稻生育、收量及營養狀態。

第一期作於各調查地點設置標準施肥區，面積各 100 m^2，氮肥用量根據該地區推薦量及生育期間植株反應情形調節；P_2O_5 K_2O各地均施 60kg/ha 以期充足；施肥次數及方法均依照推薦法。於水稻各主要生育階段隨機採取稻株樣本30株，調查地上部乾物重量及各種無機要素含量。成熟時收刈 10m^2 稻株四重複，調查稻谷收量及收量構成要素。

第二期作則於上述地點設置氮肥用量試驗，氮素用量平準設0，60及 120kg/ha；P_2O_5 及K_2O 則均施60kg/ha。小區面積 40m^2，二重複，隨機區集排列，並如第一期作進行稻株之取樣及調查（但每小區採10株，即每處理20株）。栽植水稻品種各地均爲臺南 5 號。株距第一期作爲25×21cm ～25×25cm，第二期作爲 25×25cm。

結果及討論

(一) 試驗地點 所屬土系及表土理化性質，如表 1。

表1. 試驗地點表土理化性質 * (民國62年)

Table 1. Experimental localities and chemical properties of surface soils (1973)

地點及所屬土系	Texture	PH	O. M %	CEC me/100g	Ex. +Sol. m. e. /100g			Active Fe%	$caCO_3$ %	Available**	
					K	Ca	Mg			Zn ppm	Cu ppm
溪州 成功村 (二林系)	SiCL	7.1	3.1	8.0	0.08	7.50	2.05	0.90	0.16	5.8	9.8
溪州 東州村 (王功系)	L	6.2	2.2	9.4	0.12	7.50	1.34	0.88	0.19	3.5	5.9

西螺	茄苳（鹿港系）	SiCL	7.5	3.4	12.0	0.12	17.5	2.16	1.28	0.97	2.7	9.1
	東興里（萬興系）	SiCL	6.3	3.0	11.7	0.34	7.15	2.05	0.95	0.03	7.0	7.7
田尾	溪頂里（萬興系）	SiCL	7.8	2.9	12.0	0.14	22.4	3.17	1.05	2.01	3.4	8.6
	睦宜村(田中央系)	SiL	7.4	2.3	9.2	0.06	8.51	1.79	1.05	0.08	3.8	7.2
北斗	中寮里（鹿港系）	SiCL	7.4	2.9	7.3	0.18	16.5	2.43	1.21	0.24	3.5	6.8
	北斗橋（濁水系）	SL	7.4	2.6	8.2	0.06	9.25	1.56	0.95	0.29	4.1	7.0

* $CaCO_3$ 及有效性 Zn 及 Cu 以外之測定值均採自同一研究之盆栽試驗報告[10]
**以 1M $(NH_4)_2CO_3$，0.01M EDTA 混合液抽出

（二）穀收量　各試驗地點之稻穀收量如表 2。

表2.　各試驗地點稻谷收量（ton/ha, 民國62年）

Table 2.　Grain yield of the experimental localities (1973)

地點	第一期作 Ist crop	第二期作 2nd crop			
		N_0	N_{60}	N_{120}	區外 **
溪州　成功村	※	3.82	4.31	4.80	—
溪州　東州村	※	5.07	5.57	5.98	—
西螺　茄苳	4.72	3.01	3.25	3.52	—
西螺　東興里	5.94	4.21	5.05	5.51	—
田尾　溪頂里	4.06	3.17	3.56	4.49	—
田尾　睦宜村	5.81	3.51	4.59	4.87	—
北斗　中寮里	5.61	4.08	4.41	4.89	—
北斗　北斗橋	6.05	3.25	3.94	4.53	5.51

*因罹稻熱病未列。**N120kg/ha 區未達最高收量，故追列區外收量。

由表 2 可見第一期作 8 個地點以溪頂里及茄苳兩地之收量較低（4.1～4.7 ton/ha）外，餘者均在 5.6～6.1 ton/ha 範圍，差異不大。第二期作相同 8 個地點仍以溪頂里及茄苳兩地收量最低，但其低落之程度，就茄苳一地而言則較第一期作爲大；其收量僅達 3.5 ton/ha，同時其餘各地之收量（指最高收量）亦有較大變異（4.8～6.0 ton/ha），可見第二期作收量之土壤間差異較第一期作爲大。

（三）水稻生育經過　收量較低之溪頂里及茄苳兩地之水稻生育，自始即較其他地點爲劣。其中茄苳一地水稻於第二期作時呈現胡麻葉枯病斑點，下葉並呈銹斑，顯示營養受阻現象。

就第二期作而言，各試驗地在三要素肥料充足施用下，其稻谷收量仍與單位面積穗數或穎花數成正相關關係（r各爲0.82**及0.79**），故第二期作之穀收量顯然與出穗前之生育量，例如幼穗形成期之乾物量關係最大（r 爲0.86**）。可見因第二期作生育期間縮短，故土壤環境如有不適則生育量極易發生不足現象，致影響收量。

（四）水稻營養狀態　由表 4 可見收量低落之茄苳水稻，除了鉀素含量在生育的任何時期都較其他地點之水稻顯著低落外，其他要素含量並無顯著差異。第二期作亦有類似現象（表 5）。

表3. 水稻地上部各種無機要素含有率（民國62年，第1期作）

Table 3. Nutrient contents of Straw at various growth stages (1973, 1st crop)

地點 \ 時間 \ 要素	分蘗盛期			幼穗形成期					
	N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Znppm	Cu ppm
溪州 成功村	4.73	0.62	3.41	1.44	0.36	2.16	0.36	51.5	12.8
溪州 東州村	4.22	0.58	3.25	1.44	0.34	2.38	—	50.0	12.8
西螺 茄苳	4.82	0.32	1.94	2.21	0.34	1.19	0.66	43.0	6.3
西螺 東興里	3.89	0.34	1.94	2.10	0.30	2.50	0.43	36.5	9.8
田尾 溪頂里	2.88	0.37	2.97	1.56	0.24	1.82	0.27	27.5	8.8
田尾 睦宜村	3.56	0.51	2.12	1.95	0.34	1.44	0.37	67.5	7.5
北斗 中寮里	4.01	0.44	2.91	1.65	0.28	2.47	0.38	33.0	6.5
北斗 北斗橋	4.12	0.38	2.38	1.74	0.25	1.69	0.35	37.0	7.0

表4. 水稻地上部各種無機要素含有率（民國62年第2期作N 60 kg/ha區）

Table 4. Nutrient contents of Straw at various growth stages (1973, 2nd crop, with N 60 kg/ha)

地點 \ 時期 \ 要素	分蘗盛期			幼穗形成期								
	N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca) (%)	Mg (%)	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm
溪州 成功村	3.07	0.46	3.25	2.11	0.33	1.97	0.32	0.22	925	397	60.5	18.0
溪州 東州村	3.41	0.42	2.74	1.40	0.28	2.00	0.32	0.21	585	339	57.5	14.3
西螺 茄苳	3.37	0.36	2.35	1.98	0.28	1.82	0.42	0.24	890	280	28.5	16.0
西螺 東興里	3.59	0.42	3.45	1.65	0.26	2.46	0.40	0.23	690	280	27.5	20.3
田尾 溪頂里	3.20	0.38	2.94	1.49	0.26	2.10	0.30	0.23	655	264	29.5	21.0
田尾 睦宜村	3.33	0.39	2.56	1.69	0.27	1.92	0.31	0.20	515	403	44.5	10.8
北斗 中寮里	2.98	0.34	3.22	1.37	0.23	2.14	0.24	0.19	495	486	35.0	18.5
北斗 北斗橋	2.85	0.35	2.81	1.42	0.27	2.13	0.34	0.22	550	441	35.3	16.3

因上列各試驗地均施用一般推薦量之鉀肥，故各該植物體上所示鉀素含量之降低，顯然與養分吸收之受阻有關。一般排水不良根部呼吸受阻之水稻，在要素含量上亦有類以現象。故從上述植物分析，土壤剖面（底層粘重）以及水稻所呈現的症狀，可以推測茄苳一地之水稻生育受阻乃排水不良，根部呼吸受阻所致。至於溪頂里一地生育、收量之低落，除了第一期作分蘗期之氮素較低外，其他尚難看出任何植物營養上之特徵。

從土壤分析結果，知8處試驗地點中，生育、收量顯著低落之兩處試驗地（即茄苳及溪頂里），除了表土碳酸鈣或置換性鈣含量和 pH 均較其餘地點爲高外，並無其他任何顯著特徵。以同上8處試驗地點之表上盆栽試驗[10]，結果亦顯示此兩地土壤之水稻生育、收量最差，並示穀收量與土壤溶液中 PH 及 HCO_3 含量之關係最爲密切，呈顯著的負相關。可見中部粘板岩質冲積土部份水田之水稻生育、收量較差之原因，可能和土壤之排水性不良以及其石灰性（Calcareous）之特質有關。

此種土壤於湛水後土壤溶液中常積有高濃度之 HCO_3，是爲阻爲阻礙水稻鉀素吸收 以及水稻生育之一個重要因素。

Lian et al[11] 曾對屏東地區之粘板岩質冲積土指出同樣土壤特質與水稻生育阻礙之關係，惟同時指出除了 HCO_3^- 外極可能尚有其他因素，有待進一步研究。

二、若干土系之土壤特性與水稻生育、收量之關係（民國63年）

研究方法，與民國62年同樣以中部粘板岩冲積土爲對象，但增加試驗地點數，共爲34地點，並將試驗地之土壤種類局限於9個土系，在類似耕作情形（採用統一品種及栽培方式，並施以適量肥料）下，比較不同土壤類別間稻穀收量與土壤特性關係，藉以明瞭該地區限制稻作產量之營養因素。同時檢討土壤調查以母質之老幼分土類（即土系羣），和以質地剖面爲經，以排水情形爲緯，二者之不同組合分土系之實際意義。

（一）地點及面積：彰化縣田尾、田中、永靖、社頭、溪湖、埔鹽、秀水各鄉鎮及雲林縣西螺鎮，共34地點。每點試驗地各設2小區，小區面積 100m² （第二期作減半）。

A. 標準區：根據該地區推薦量及生長期間植株反應情形調節氮肥用量及施肥次數。田間水分管理依一般慣行法。

B. 增氮區：每次氮肥用量根據標準區增施15%外 ，其他與 A 相同。P_2O_5 及 K_2O 各區均施 60Kg/ha 以期充足。

（二）品種及株行距：臺南5號，7寸半×7寸半。

（三）調查項目：

（1）穀收量及收量構成要素：各區收刈200株調查，並以 A、B 兩區中之最高值爲該地點之代表產量。

（2）幼穗形成期植株乾物重量（第二期作）。

（3）田間滲透率即日減水深度（不包括蒸散）：以內徑10公分，高20公分的中空圓筒在田間四株水稻的中間部位旋轉，使筒底入表土約8～10公分深，加水使筒內表土積水約3公分深後，筒頂加蓋以防水分蒸散。數日後取蓋測定筒內減水深度，以求日平均減水深度。

（4）表土理化性質：測定各試驗地點風乾土壤之質地 、pH、有機質、CEC、各種置換性鹽基、有效性磷、鉀、游離鐵、錳及碳鈣等含量。

結果及討論

（1）試驗地之土系類別：34個試驗地點中之32個土壤剖面樣本經鑑定結果，其土系類別情形如表5。

表5. 試驗地點土系類別（民國63年）

Table 5. Experimental localities and classification of soil series (1974)

質地剖面 Texture Profile 20—90 cm 90—150 cm	粘板岩質新冲積土 Slate recent alluvial soil			粘板岩質老冲積土 Slate older alluvial soil		
	排水情形 Natural drainage					
	良～尚良 Well to moderately well	不完全 Imperfect	不良 Poor	良～尚良 well to moderately well	不完全 Imperfect	不良 Poor
SiCL SiL-L SL-LfS	田中 (Te) 1	二水 (Es) 6	外三塊 (Wk) 3	平和 (Ph) 2	鹿港 (Lu) 7 二林 (Eh) 5 管嶼厝 (Kh) 2	秀水 (Si) 2 社頭 (Sh) 4

※土系代號右上角數字爲調查地點數。

由上表可見本研究範圍以質地剖面 SiL 和 SiCL 的若干土系爲主，但已包括二林、二水、鹿港等中部粘板岩冲積土的幾個重要土系。由於試驗地點數所限，及其本身水稻栽培條件不甚安定，本研究範圍並不包括質地剖面粗之各土系。

（2）土壤類別間田間滲透率（日減水深）之比較：各試驗地點第一、二期作各於插秧後約40及30天左右測定田間滲透率，依土系別求其平均值，如表6。

表6. 土系別田間滲透率* (cm/day)

Table 6. Comparison of field permeability among soil series

土系代號 Soil series	調查地點數 No. of localities	Ist crop	2nd crop
Si	2	0.007±0.005	0.04± 0.00
Sh	2	0.04± 0.02	0.08± 0.04
Wk	3	0.11± 0.02	0.46± 0.27
Lu	7	0.19± 0.03	0.36± 0.12
Eh	5	0.42± 0.15	0.40± 0.13
Es	6	0.43± 0.13	0.36± 0.13
Ph Te	2 1	0.62± 0.20	0.96± 0.07
Kh	2	0.93± 0.05	1.41± 0.36

* mean values with standard error of mean

由表6.可見屬於排水不良的秀水（Si）系和社頭（Sh）系田間滲透率特低，而屬於排水良好的平和（Ph）系和田中（Te）系則顯著的高。管嶼厝（Kh）系雖屬於排水不完全，但因其質地剖面爲SL-Lfs，故其田間滲透率最高。屬於排水不良的外三塊（WK）系及屬於排水不完全但質地剖面較細（SiCL）的鹿港（Lu）系田間滲透率亦均低，雖然其在第二期作測定的地點別變異較大，平均值亦隨之昇高。屬於排水不完全的二林（Eh）系和二水（Es）系則無論第一、二期作其田間滲透率都在排水良與不良之間。以下特將若干土壤類別間之田間滲透比較，如表7。

表7. 不同排水性級別土系田間滲透率比較

Table 7. Comparison of field permeability[1] between soils of different drainage classes

Soils of different drainage classes	Ist crop		2nd crop	
	n	cm/day	n	cm/day
排水良～尚良 (Te, Ph, Kh) well	4	0.74± 0.13	5	1.14± 0.16
排水不完全 (Es, Eh, Lu) Imperfect	18	0.32± 0.07	17	0.38± 0.07
排水不良 (Si, Sh) Poor	6	0.058± 0.013	5	0.064± 0.03

V-test (12)		
Well vs. Imperfect	2.88*	4.40**
Well vs. Poor	5.22**	6.65**
Imperfect vs. Poor	3.97**	4.31**

1. Mean values with standard error of mean
*. ** Significant at P=0.05 and P=0.01. respectively.
* mean values with standard error of mean. Kh 雖原屬排水不完全，但因滲透率大，亦列入排水良者比較。

由上表可見土壤調查以形態觀察所分排水性之良否，與田間實測滲透率結果頗爲符合，即田間滲透率依排水良>不完全>不良的順序而有顯著差異。惟形態觀察同歸爲排水不完全的各土系間，田間滲透率則尚依質地剖面之粗細而有相當差異，如管嶼厝系>二水（二林）系>鹿港系是。可見土系關係表上以形態觀察所分排水性級與質地剖面之組合分類土系，後一個因素實有補助前一個因素以細分排水性之意義。

（3）各種土壤類別間稻穀收量之比較：各試驗地點所得稻穀收量依土系別，表示如表8。

表8. 土 系 別 稻 穀 收 量* (ton/ha)

Table 8. Comparison of grain yield among soil series

土 系 Soil series	調查點數 Number of localities	1st crop	2nd crop
Si	2	5.36±0.05	4.43±0.51
Sh	4~3	4.84±0.29	4.61±0.07
Wk	3	6.18±0.31	5.31±0.10
Lu	7~6	6.01±0.22	4.48±0.32
Eh	5	6.15±0.29	4.82±0.50
Es	6	6.42±0.24	5.72±0.14
Ph, Te	2, 1	5.95±0.37	5.51±0.11
Kh	1	5.37	5.77

* mean values with standard error of mean

由上表可見無論一、二期作，排水不良的秀水系（Si）及社頭系（Sh），稻穀收量均較其他土系爲低，此種傾向尤以第二期作較爲明顯。

如將屬於排水不良的秀水系（Si）和社頭系（Sh），屬於排水不完全的鹿港系（Lu、）二林系（Eh）、二水系（Es），屬於排水良的平和系（Ph）和田中系（Te）各歸爲一類，互相比較，則可見第二期作的稻穀收量依排水良>不完全>不良的順序而差異；排水良與不良及排水良與不完全之間，差異達顯著標點（表9）。

表9. 不同排水性級別及同一排水性級別不同質地剖面或母質老幼各土系間稻穀收量之比較

Table 9. Comparison of grain yield between soils of different drainage classes and of different soil series which belong to a same drainage class but with different texture profiles and ages of parent material

Soils of different drainage classes	1st crop		2nd crop	
	n	Yield (ton/ha) [2]	n	Yield (ton/ha) [2]
排水良～尚良 (Te, Ph, Kh[1]) Well	4	5.81±0.30	4	5.58±0.11
排水不完全 (Es, Eh, Lu) Imperfect	18	6.18±0.14	17	5.02±0.22
排水不良 (Si, Sh) Poor	6	5.01±0.21	5	4.53±0.17
V—test (12)				
Well vs. Imperfect		1.13		2.24*
Well vs. Poor		1.91		5.21**

[1]Kh 雖原屬排水不完全，但因滲透率大亦列入排水良者

Soil series	1st crop		2nd crop	
	n	Yield (ton/ha) [2]	n	Yield (ton/ha) [2]
二水系 Es	6	6.42±0.24	6	5.72±0.14
二水系 Eh	5	6.15±0.29	5	4.82±0.50
鹿港系 Lu	7	6.01±0.22	6	4.48±0.32
V-test				
Es vs. Eh		0.70		1.74
Es vs. Lu		0.96		3.52**
Eh vs. Lu		0.38		0.57

[2] mean values with standard error of mean
*,** Significant at P=0.05 and P=0.01, respectively.

至於同屬排水不完全的二林、二水、鹿港各土系間之收量差異，亦以第二期作較爲明顯，並以滲透率較低之鹿港系爲最低，達顯著標點。

二水系和二林系同爲中部粘板岩冲積土之主要土系，二者之質地剖面及排水性級別均相同，僅在冲積之年代上有老幼之別。試驗結果就收量而言，二水系似略高於二林系，但未達顯著水準。林家棻等 (9) 曾於民國61年第一期作收穫時調查屬於二水系及二林系之地點各18及82點，亦得到類似結果。至於外三塊系 (Wk) 和社頭系 (Sh) 之質地剖面及排水性雖屬同類，然而實測田間滲透率則以前者較後者略高，穀收量亦有類似傾向。

（4）各種土壤類別間表土理化性質之比較；除了田間滲透率外，表土之有機質及 $CaCO_3$ 含量，CEC 及 PH 值亦有土類間之顯著差異，但差異的順序相反，即排水不良>不完全>良（表10）。

此等土壤理化性質之特徵顯然和田間排水性之良否有關，蓋排水不良者，地勢較低或位於舊河床附近，故 $CaCO_3$ 堆積(如圖1田間滲透率與$CaCO_3$含量具有負相關關係，以直線相關計r=-0.58**)，PH當高；又由於其有機質含量較高， CEC 當會增高。

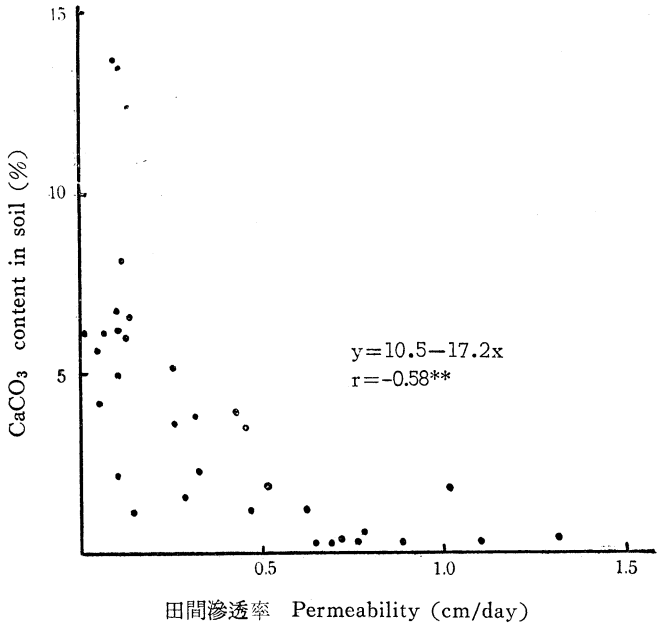


圖1. 表土碳酸鈣含量與田間滲透率關係

Fig. 1. Relationship between field permeability and $CaCO_3$ content in surface soil

表10. 土壤類別間表土理化性質之比較

Table 10. Comparison of chemical properties[1] of surface soils between soils of different drainage classes and of some different soil series

Soils of different drainage classes	n	O. M. %	$CaCO_3$%	CEC me/100g	PH
排水良~尚良 Well (Te, Ph, Kh)	4	2.36±0.25	0.073±0.042	9.13±0.39	5.68±0.53
排水不完全 Imperfect (Es, Eh, Lu)	17	2.27±0.10	3.09± 0.60	9.95±0.38	7.20±0.19
排水不良 Poor (Si, Sh)	5	3.54±0.31	7.10± 1.58	14.15±0.99	7.46±0.03

V—test [12]				
Well vs Imperfect	0.34	5.00**	1.52	2.72
Well vs Poor	2.95*	4.46*	4.74**	3.37*
Incomplete vs Poor	3.85*	2.37	3.93	1.37

Soil series	n	O. M. %	$CaCO_3$%	CEC	PH
二水系 (Es)	6	2.07±0.15	3.60±1.37	9.04±0.80	6.85±0.41
二林系 (Eh)	5	2.39±0.10	2.42±0.85	10.55±0.34	7.24±0.39
鹿港系 (Lu)	6	2.36±0.23	3.14±0.89	10.36±0.52	7.52±0.04
V—test [12]					
Es vs Eh		1.79	0.73	1.75	0.69
Es vs Lu		1.07	0.28	1.39	1.61
Eh vs Lu		0.12	0.58	0.31	0.72

[1] mean values with standard error of mean

*, ** Significant at P=0.05 and P=0.01, respectively.

由上表可見排水性差的土系，若論土壤肥力實優於排水良好者，惟因水稻生育既受排水性所限，此種程度之肥力差異並無補於現實水稻產量。又二水系和二林系雖然排水性相似，但因後者母質堆積時間較久，風化時間較長，故無論有機物及CEC均較二水系略高。林家棨等[9]曾比較更多的地點亦得到同樣結論。復見二土系在肥力上雖有如上差異，但在水田生產力上却無顯著差異表現。可見在現實施肥管理相當集約的情況下，此母質老幼程度之差別對於水田生產力影響並不重要。

（5）水稻生育、收量與各種土壤性質之相關：由以上各土系田間滲透率，表土理化性質和水稻收量之比較，約略可見排水性在本地區對水田生產力影響之重要性。Kawaguchi et al[13]亦曾研究泰國北部29地點之土壤性質與水稻收量之關係，指出土壤之排水性與水稻收量之關係最爲密切。據云土壤水適度之滲濾可以除去土壤中還元層所產生的有毒物質而有助於稻根之健全發育，但過度之滲濾則對養分的保持不利，並使肥力減退。據報告[13]日本高產量水田的透滲率（日減水深）都在 10～20mm/day程度。如本報告第3節所示，就本研究範圍內之土壤而言，其排水良、不完全、不良各級別水田之平地滲透率各爲0.94、0.35及 0.06cm/day ，可見中部粘板岩沖積土 水田之滲透率與日本高產量水田的標準比較一般都很低，值得注意。

本節擬進一步以全部33個試驗地點不分土系，統盤分析各種土壤性質與稻谷收量之單相關或複相關關係，俾能更客觀比較各種土壤性質對其生產力的影響情形。因第二期作各地點之稻谷收量就構成要素而言，與單位面積之谷粒數之關係最爲密切（r=0.78**），故水稻之營養生長量，如幼穗形成期之水稻乾物量亦可代替收量以衡量水田生產力，如斯可以避免收量所受一些不必要的干擾因素。

表11. 各種土壤性質與水稻生育、收量之單相關（民國63年 n＝33）

Table 11. Simple correlation coefficients between soil characteristics and plant weight or rice yields (n=33, 1974)

Variables	PH	O. M	CEC	Per-meability	$CaCO_3$	Exchangeable			available		Free	Redu.
						K	Ca	Mg	K	P	Fe	Mn
Plant wt. at Panicle initiation stage, 2nd crop	-0.24	-0.08	-0.20	0.59**	-0.07	-0.006	-0.24	—0.10	0.35	-0.03	-0.25	-0.16
Rice yield, 2nd crop	-0.44**	-0.19	-0.45**	0.49**	-0.27	0.07	-0.35	—0.47**	0.13	0.27	-0.35	-0.03
Rice yield, 1st crop	-0.10	-0.48**	-0.59**	0.21	-0.37	-0.22	-0.26	—0.45**	0.15	-0.004	-0.38	-0.16

*. ** Significant at P=0.05 and P=0.01, respectively.

由表11. 可見第二期作幼穗形成期之乾物量與12種土壤性質之中，僅滲透率一種具有顯著的正相關。這種現象是易於了解的，蓋本試驗中各試驗地點均依標準施肥方法施有充足的ＮＰＫ肥料，故水稻生長量與土壤的有機質、有效性磷、鉀等含量以及ＣＥＣ等的相關很低。又粘板岩冲積土所含置換性鈣、鎂都很豐富，其游離鐵或易還元性錳含量之土壤間差異又不多，故水稻生長量與此等土壤性質的相關性亦不大；反之，水稻生長量與ＰＨ、ＣＥＣ及有機質、碳酸鈣或置換性鈣、鎂含量等均具負相關趨勢，蓋水稻生長量既受水田排水性所限，而排水性差的水田却往往有較多碳酸鈣和有機質堆積，pH及ＣＥＣ均爲之提高之故。

表12. 各種土壤性質對幼穗形成期乾物量之標準迴歸係數及相關係數（民國64年第２期作，n＝33）

Table 12. Stepwise regression equations (expressed in terms of β coefficients) for determining plant weight at panicle initiation stage (n=33, 1974, 2nd crop)

Variable	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6
PH	0.30	0.29	0.20	0.18	—	—
O. M. (%)	0.32	0.33	0.20	—	—	—
CEC (me/100g)	— 0.23	— 0.27	— 0.20	—	—	—
$CaCO_3$ %	0.55	0.53	0.46	0.43	0.44	0.31
Exch. K (me/100g)	— 0.05	—	—	—	—	—
Exch. Ca (me/100g)	0.19	—	—	—	—	—
Exch. Mg (me/100g)	— 0.11	—	—	—	—	—
available P (ppm)	0.31	0.23	—	—	—	—
available K (ppm)	—0.13	— 0.19	—	—	—	—
Free Fe %	— 0.41	— 0.40	— 0.34	— 0.39	— 0.27	—
Reducible Mn (ppm)	—0.009	—	—	—	—	—
Permeability (cm/day)	0.81	0.77	0.79	0.79	0.74	0.75
correlation coefficient	0.75	0.75**	0.71**	0.70**	0.69**	0.64**

The constant terms are omitted.

** Significant at P=0.01

表12. 幼穗形成期水稻乾物量與各種土壤因子之複相關關係（標準迴歸係數及複相關係數）更能顯示各個土壤因子對水稻生長量影響之相對重要性。表中水稻生長量與12個土壤因子中之8個，複相關係數達0.75**，但依次消去其中之6個亦不顯著降低複相關係數，最後與田間透滲率及碳硫鈣含量之複相關仍達0.64**，並以田間滲透率之標準迴歸係數（β係數）爲最大，可見其對水稻生長影響之重要性。$CaCO_3$含量對水稻生長之影響在單相關所表現者爲負，但在複相關所表現的却是正，是唯一不能解釋者。

稻谷收量與各種土壤性質之單相關分析結果亦大體如上，可以指出田間滲透率影響之重要性（表11）。至於第一期作則上述關係（無論單相關或複相關）並不顯著，可見排水性問題以第二期作較爲重要。

（6）土壤管理因素對排水不良田水稻收量之影響：圖2.除顯示稻谷收量和田間滲透率有顯著正相關($r=0.49^{**}$)外，更示排水不良田之收量變異較排水良好者爲大；即田間滲透率高者（>0.5cm/day）谷收量在5～6 ton/ha之間，但田間滲透率低者（<0.5 cm/day）則谷收量爲3～6ton/ha，變異較大。此可能與排水不良田在本質上土壤肥力甚高，如果土壤管理合適（如水管理適當或因輪作、休閑等關係）收量便能提高等事實有關。

爲明瞭同一排水不良地區內之水稻生育收量受田水管理因素影響而變異的情形，第二期作在部份試驗地各設湛水區（自插秧至出穗期繼續保持湛水狀態）及對照區（田水管理依照慣行法，即最高分蘖期經過曬田）兩處理比較收量，另對鄰近之輪作田亦調查稻谷收量以與一般連作（兩期作）水田比較。

(i) 湛水區與對照區之比較

本試驗中對照區與湛水區之主要差異在於前者在最高分蘖期曾經過表面排水後曬田而後者則無。從本試驗中雖無法求得排水程度與稻谷收量間的定量關係，但仍可看出田水管理對此類土壤稻谷收量影響之一斑。

表13. 排水不良稻谷收量因表面排水之變異（民63年第2期作）

Table 13. Variation of rice yield* in ill-drained paddies due to surface drainage (2nd crop, 1974)

試驗點數 Number of localities	湛水區 (ton/ha) Submerged continuously	曬田區 (ton/ha) Surface drained
4	4.13±0.34	4.71±0.21

*mean values with standard error of mean

(ii) 輪作之影響

本試驗常在同一排水不良區域內，發現不同田區間之水稻生育、收量仍有顯著差異，經查詢結果凡生育較優的水田，其前作常輪作過蔬菜。就若干地點之連作田（數年內不曾輪作蔬菜）與鄰近之輪作田比較稻谷收量，結果如下：

表14. 排水不良田稻谷收量因輪作之變異（民國63年第二期作）

Table 14. Variation of rice yield* in ill-drained paddies due to rotation (1974 , 2nd crop)

觀察點數 Number of observation	對照區 (ton/ha) The plots where two rice crops have been continued for years	輪作區 (ton/ha) The plots where vegetable have been cultivated rescently
6	4.49±0.26	5.6 5±0.09

*mean values with standard error of mean

由以上結果，可見同一土系內各田區之產量，除了土系本質影響外，尚因土壤管理因素之不同而異。

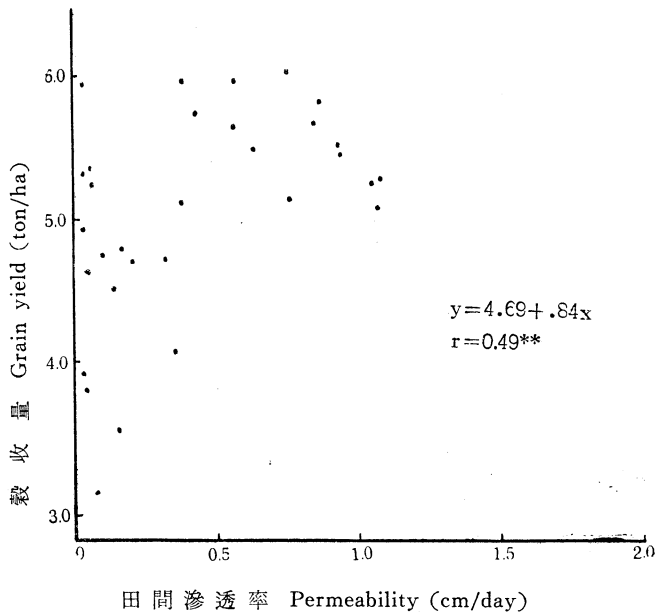


圖2. 稻谷收量與田間滲透率之關係（民國63年第2期作）

Fig. 2. Relationship between grain yield and field permeability (1974, 2nd crop)

誌謝：本研究蒙國科會（63學年度）及農復會資助，謹致謝忱。又承臺中區農業改良場王錦堂、許振顏及本所李顯琨諸先生協助田間試驗，李子純女士提供部份土壤理化性質資料，李蘭帝先生指導電算分析，林家棻先生多方面鼓勵，及農復會王新傳先生鑑定土壤樣本，謹此一併誌謝。

參 考 文 獻

(1) Hauser, G. F. and R. Sadikin 1956 The productivity of the soils of east central Java based on the yields of sawahi rice. Cited from Chandler, R. F. Jr. 1963, An analysis of factors affecting rice yield. International rice commission News letter, 41 : (4)

(2) Matsuo, H. 1963 High yield of rice and potash. Potash Review, Subject 9, cereal crops, 8th suite, International Potash Institute , Berne, Switzerland.

(3) Chandler, R. F. Jr. 1963 An analysis of factors affecting rice yield. International Rice Commission Newsletter, 41 : (4) .

(4) Kawaguchi, K. 1964 A comment cited from Grant, C. J. 1964 Soil characteristics associated with the wet cultivation of rice, The Mineral Nutrition of the Rice Plant, Proceedings of a Symposium at the International Rice Research Institute.

(5) Grant, C. J. 1964 Soil characteristics associated with the wet cultivation of rice, The Mineral Nutrition of the Rice Plant, Proceedings of a Symposium at the International Rice Research Institute.

(6) 臺灣省統計要覽第34期，臺灣省政府主計處編印。

(7) Yamada, N. 1975 Productive efficiency of chemical fertilizers in Taiwan, A mimeograph distributed at the Seminar on Maintaining Rice Production in the Face of a Shortage of Chemical Fertilizers, Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC, Taipei.

(8) 王新傳 1969 彰化縣土壤調查報告 中興大學農學院土壤學系。

(9) 林家棻、陳春泉等 1974 臺灣中部土壤特性與稻谷收量關係調查報告 農業研究第23卷第3期。

(10) 李子純等 1974 中部粘板岩冲積土性質與水稻生長及產量之關係研究 農業研究第23卷第4期。

(11) Lian, S. and A. Tanaka, 1972 Calcareous soils in Pingtung ares (Taiwan) in relation to the growth of lowland rice, Soil Science and Plant Nutrition, Vol. 18. No. 1.

(12) 汪厥明 1956 平均差異顯著性測驗法之過去及現在 汪厥明教授論文選集 p. 315 汪厥明教授七秩華誕祝壽會編。

(13) Kawaguchi K. and K. Kyuma 1969 Lowland Rice Soils in Thailand, p. 138, The Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University.

A STUDY ON SOIL CHARACTERISTICS-YIELD RELATIONSHIPS AMONG SOME SOIL SERIES OF THE SLATE ALLUVIAL SOILS IN CENTRAL TAIWAN [1]

by

S. Lian [2]

Summary

A total of eight and thirty four localities respectively, in 1973 and 1974 were set up on some wide-spread soil series of slate alluvial origin in central Taiwan with different drainage conditions, ages of deposition, and ranging from moderately coarse to fine in texture profiles. The growth and yield of the rice plants in these localities were

compared under the standardized cultural practice and with ample application of N P K fertilizers, and the soil characteristics associated with yield difference were studied.

1. The mean natural permeabilities measured before the practice of field drying of the soil series of different drainage classes as classified by soil survey, i. e., well to moderately well, imperfect and poor were 0.80, 0.35 and 0.06 cm/day, respectively showing significant differences among each other. Thus the drainage classes determined by the morphological characteristics of profiles quite reflect their respective drainage status. However considerable variations of permeability were also observed among the soil series of same drainage class but with different texture profiles, e. g., the coarse textured Kuanhsutseu series has a significantly higher permeability compared with the fine textured Lukang series although both of them belong to the imperfect class.
2. The grain yields also differ among the soil series of different drainage classes according to the following order, i. e., well to moderately well>imperfect>poor, particularly in the second crop and the means were 5. 51, 5.00 and 4.53 ton/ha, respectively. Considerable differences in yield, however, were also observed among the soil series of the imperfect class but with different texture profiles, e. g., the yield of Kuanhsutseu series was significantly higher than that of Lukang series which was in accordance with the greater permeability of the former compared with that of the latter.
3. The studies of simple as well as multiple regressions between yields and various soil characteristics also revealed significant positive correlation between permeability and rice yield in the second crop. There were no particular disorder of any nutrient elements observed in the low yielding rice plant except that potassium content was sometimes lower slightly. Significant improvement in rice growth was observed by the practice of surface drainage or rotation in such cases. Thus the drainage status of soil can be considered most important governing rice yield in this area as far as the scope of soils studied.
4. In general, the soils with poor drainage have higher values of pH, CEC and contents of organic matter and $CaCO_3$ which might be due to the physiographies of the localities. Moreover, the older alluvial soils also have higher organic matter content and CEC than the rescent alluvials soil (e. g., Erhlin series compared with Erhshui series) due to the time of weathering longer. However rice yields were not affected by these extents of fertility difference due to the difference easily covered by the intensive fertilization practice prevailed or by the drainage factor dominating.

---

1. Serial No. (Q)750
2. Senior Soil Scientist, Taiwan Agricultural Research Institute.