

# 土壤物理性質對土壤水分常數之相關性研究

## Functional relationships between soil moisture constants and some soil physical properties

臺灣大學農工系副教授

徐 玉 標

Shu Yuh-Piau

### 一、引 言

在灌溉管理上，欲確保作物之正常生長，田間土壤水分必需經常維持在有效水分範圍 (Range of soil available moisture) 之內。因此，土壤永久凋萎點 (Permanent wilting point) 及田間容水量 (Field capacity) 便成為灌溉管理上最重要最常用之二種水分常數。土壤永久凋萎點之測定，最早是由 Briggs 及 Shantz 氏於 1912 年採用生物法 (Biological method) 以向日葵 (dwarf sunflower) 為指示作物，直接測定向日葵呈凋萎狀態而不能恢復時之土壤含水量。惟該法測定化費時間，管理操作上甚為麻煩。1948年 Richard 氏首用壓力膜裝置 (Pressure-Membrane Apparatus)，以15氣壓之壓力下排出土壤中之水分後，再定量其殘留之水分。此法測定省時，操作亦較簡單，目前已普遍地代替生物法，作為灌溉下限凋萎係數之間接測定值。至於灌溉之上限，最合理之測定，應在田間實際觀測該田區之田間容水量為準，但田間容水量之涵義與測定時間上有相當大之範圍，同時在田間測定時，受土壤剖面及地下水位高低之影響，其測定值頗有變化。所以 Briggs 及 McLane (1907) 二氏曾倡議以水分當量 (Moisture Equivalent) 代替田間容水量，因其測定值不但穩定，差異少，而且測定手續亦簡易省時，所以在實驗研究上多有採用水分當量作為灌溉之上限。

上述，係灌溉上下限二水分常數一般基本觀念及其意義。惟實際上凋萎係數與15氣壓壓力膜裝置法間之比較，或田間容水量與水分當量間之比較，其測定值僅有高度之相關，並非完全一致。關於此方面之研究，文獻很多，如 Veihmeyer F. J. and A. H. Hendrickson<sup>(1)</sup> (1931), Browning C. M.<sup>(2)</sup> (1941), Richard and weaver<sup>(3)</sup> (1943), Peele, Beale and Lesene<sup>(4,5)</sup> (1948, 1951), Lugo-Lopez<sup>(6)</sup> (1952) 以及陳振鐸氏<sup>(12)</sup> (1953), 張玉鑽氏<sup>(13)</sup> (1965)，均曾加以研究闡明。其不但如此

，許多土壤物理性質如土壤質地，有機物含量，吸濕係數，及土壤鹽分含量等，均與此二水分常數成平衡之正相關關係存在，如 Bouyoucos<sup>(7)</sup> (1929)，Howard E. Middleton<sup>(8)</sup> (1920), Bodman and mchmud<sup>(9)</sup> (1932) 等對水分當量與土壤機械組成分之相關，曾加以研究。Lugo-Lopez<sup>(10)</sup> (1953) 曾將波多黎谷各類土壤，就其凋萎點與水分當量二種常數與土壤粘粒百分率，有機質含量及吸濕係數之相關關係，分別詳加探討，上述之研究，多以當地之土壤作為研究對象，對旱作灌溉用水管理上提供精確可靠之估算方法。臺灣旱作灌溉，目前已進入推行階段，故本文亦以臺灣主要旱作栽培地區中，選定數種主要土類，探討永久凋萎點及水分當量兩常數與數種土壤物理性質之關係，以迴歸方程式 (Regression equations) 表明相關程度，來配合旱作灌溉之施行。

本研究之統計繪圖承葉政秀、湯松義、唐榮福、鄭照平諸先生熱心協助，謹此致深切謝忱！

### 二、供試土壤及測定項目

(A) 供試土壤：本試驗所用之土壤，採自臺灣主要旱作栽培地區，共五大類，157個樣本，各樣本採集後，携返室內，風乾，通過2mm篩孔備用。採樣地點如下：

表(一) 供試土類及採集地點

土 類	樣本數	採 樣 地 點
砂岩、頁岩沖積土	50	臺北、竹北、後龍、苗栗、大甲、臺中、斗六、斗南、新港、嘉義、佳里、學甲。
紅 壤	28	桃園、大園、中壢、石門、楊梅、湖口、后里、內埔、民雄。
粘板岩沖積土	33	彰化、芳苑、員林、二水、北斗、二崙、屏東、六塊厝、里港、潮州、冬山、五結。
盤 層 土	20	新營、白河、柳營、塭子內、林鳳營、官田、岡山。
結晶片岩質沖積土	26	臺東、知本、鹿野、玉里、瑞穗、光復、鳳林、壽豐、花蓮。

註：本文作者曾蒙國家長期科學發展委員會補助，謹此致謝。

(B) 測定項目：

- 土壤機械組成分析：Bouyoucos 浮秤法。
- 水分當量：Briggs and Mclane 特殊設計之離心機法。
- 田間容水量：實驗室法用 Richards, L. A. 氏多孔板裝置 (Pressure-plate apparatus) 測定，以 0.33 氣壓 (pF2.5) 保持24小時後，求土壤殘留之含水率。
- 15 氣壓壓力膜裝置法 (Fifteen atmosphere pressure membrane apparatus)：以15氣壓 (pF 4.2) 加壓，保持24小時後之土壤含水率。
- 永久凋萎點：生物法，用 No.2 鐵罐盛土，以向日葵為指示作物。
- 吸濕係數：在玻璃乾燥器 (Desiccator) 中，用10%稀硫酸溶液之蒸發壓下，保持一個月，土壤中水分之平衡值。
- 有機物含量：採用 Schollenberger 氏重鉻酸鉀氧化滴定法。

本試驗灌溉上限水分常數，有水分當量及  $\frac{1}{3}$  氣壓室內間接法之田間容水量；灌溉下限有永久凋萎係數及15氣壓水分保持值；土壤物理性質有粘粒百分率，吸濕係數及有機物含量。各種水分常數間及水分常數與土壤物理性質間之相關程度，組合甚多，不能一一加以比較，茲擇其重要者有：

A. 灌溉上限：

- 水分當量 (M. E.)  $\times$  粘粒百分率 (Clay)
- $\frac{1}{3}$  氣壓含水量 ( $\frac{1}{3}$  Atm.)  $\times$  粘粒百分率 (Clay)
- 水分當量 (M. E.)  $\times \frac{1}{3}$  氣壓含水量 ( $\frac{1}{3}$  Atm.)

B. 灌溉下限：

- 15氣壓含水量(15 Atm.)  $\times$  粘粒百分率(Clay)
- 15氣壓含水量(15 Atm.)  $\times$  吸濕係數 (H. C.)
- 15氣壓含水量(15 Atm.)  $\times$  有機物 (O. M.)
- 15氣壓含水量(15 Atm.)  $\times$  永久凋萎點 (PwP)

C. 灌溉上限與灌溉下限：

- 水分當量 (M. E.)  $\times$  15氣壓含水量(15 Atm.)

D. 吸濕係數  $\times$  粘粒含量百分數

上列九種，為便於討論計，將測定結果，分成如下各表，分別統計分析比較之。

三、試驗結果

表(二) 臺灣各主要土類粘粒含量百分率、水分當量、 $\frac{1}{3}$ 氣壓含水量測定值

土 壤 別	粘 粒 (%)	水分當量 (%)	$\frac{1}{3}$ 氣壓含水量 (%)	$\frac{1}{3}$ atm.-M.E 差 數	土 壤 別	粘 粒 (%)	水分當量 (%)	$\frac{1}{3}$ 氣壓含水量 (%)	$\frac{1}{3}$ atm.-M.E 差 數	
										土 壤 別
砂	後龍砂土	5.5	3.0	5.2	+ 2.2	斗南砂質粘壤土	20.7	16.1	23.0	+ 6.9
	嘉義壤質砂土	7.3	4.3	6.5	+ 2.2	新港坵質壤土	20.7	20.0	22.0	+ 2.0
	後龍砂土	7.5	3.2	5.6	+ 2.4	臺中壤土	22.6	19.5	23.9	+ 4.4
	嘉義砂壤土	8.3	6.7	10.2	+ 3.5	臺北壤土	22.7	20.0	19.6	- 0.4
	後龍壤質砂土	8.5	5.4	6.1	+ 0.7	斗六砂質粘壤土	22.9	16.7	20.9	+ 4.2
	後龍壤質砂土	9.4	3.6	4.6	+ 1.0	嘉義壤土	23.3	16.9	20.2	+ 3.3
	後龍壤質砂土	10.5	5.6	6.5	+ 0.9	學甲坵質壤土	23.7	22.7	27.2	+ 4.5
	後龍壤質砂土	10.6	6.6	7.9	+ 1.3	臺中壤土	25.7	20.0	23.1	+ 3.1
	斗南壤土	12.5	14.1	22.0	+ 7.9	嘉義壤土	26.3	17.7	19.1	+ 1.4
	斗南壤土	12.6	13.9	23.4	+ 9.5	大甲壤土	26.5	22.1	26.5	+ 4.4
頁	新港壤土	13.5	12.5	20.3	+ 7.8	新港壤土	26.5	17.0	20.6	+ 3.6
	新港壤土	13.6	13.0	19.6	+ 6.6	竹北粘質壤土	29.6	23.6	27.8	+ 4.2
	新港壤土	14.7	16.3	18.1	+ 1.8	大甲粘質壤土	29.7	27.6	27.4	- 0.2
	後龍砂壤土	15.5	12.0	12.2	+ 0.2	社內砂質粘壤土	30.0	21.4	26.0	+ 4.6
	學甲坵質壤土	16.5	16.5	24.5	+ 8.0	竹北粘質壤土	31.7	24.4	28.3	+ 3.9
	苗栗砂壤土	16.6	13.2	15.7	+ 2.5	社內砂質粘壤土	31.8	23.2	26.3	+ 3.1
	佳里坵質壤土	16.8	19.6	23.3	+ 3.7	永吉粘質壤土	39.0	23.5	28.5	+ 5.0
	學甲坵質壤土	17.6	16.6	25.5	+ 8.9	永吉坵質粘壤土	39.1	24.4	28.5	+ 4.1
	嘉義砂壤土	18.3	13.2	14.1	+ 0.9	嘉義坵質粘壤土	39.5	28.0	33.0	+ 5.0

積土	苗栗砂壤土	18.6	16.2	19.9	+ 3.7	嘉義勢質粘土	40.6	27.7	31.9	+ 4.2
	臺北壤土	18.7	18.9	19.8	+ 0.9	學甲坵質粘土	41.7	27.6	30.2	+ 2.6
	臺北砂壤土	18.7	16.3	16.4	+ 0.1	臺北粘土	48.7	29.4	35.4	+ 6.0
	學甲坵質壤土	18.7	20.9	24.0	+ 3.1	臺北坵質粘土	50.4	33.2	36.0	+ 2.8
	佳里壤土	18.9	20.3	23.2	+ 2.9	臺北粘土	50.4	28.7	30.0	+ 1.3
	新港壤土	19.7	18.7	21.1	+ 3.0	臺北壤質粘土	52.7	31.0	34.4	+ 3.4
紅壤	桃園砂質粘壤土	20.4	17.1	17.1	0	內埔粘質壤土	29.6	18.6	22.8	+ 4.2
	龍潭粘質壤土	22.6	24.0	25.8	+ 1.8	石門壤土	30.2	27.1	28.5	+ 1.4
	民雄坵質壤土	24.8	21.4	28.1	+ 6.7	中壢粘質壤土	32.9	20.3	26.8	+ 6.5
	后里壤土	24.9	15.9	21.6	+ 4.7	楊梅粘質壤土	32.9	21.8	25.7	+ 3.9
	桃園砂質粘壤土	25.3	24.1	24.3	+ 0.2	石門坵質粘壤土	33.3	26.0	31.2	+ 5.2
	內埔粘質壤土	27.9	18.9	22.2	+ 3.3	石門壤土	34.3	28.4	29.6	+ 1.2
	石門壤土	28.6	25.8	24.6	- 1.2	湖口坵質粘壤土	34.5	25.5	30.5	+ 5.0
	桃園粘質壤土	28.7	22.6	26.6	+ 4.0	楊梅粘質壤土	34.8	18.5	22.4	+ 3.9
	中壢粘質壤土	34.8	22.9	29.5	+ 6.6	龍潭坵質粘壤土	40.4	24.6	27.9	+ 3.3
	桃園粘質壤土	35.0	24.8	27.5	+ 2.7	中壢坵質粘壤土	41.3	27.3	31.2	+ 3.9
	大園粘質壤土	35.6	24.3	31.1	+ 6.4	湖口坵質粘壤土	41.5	25.3	30.3	+ 5.0
	桃園坵質粘壤土	36.3	26.8	30.0	+ 3.2	后里粘土	42.6	28.2	33.2	+ 5.0
	石門坵質粘壤土	36.3	26.8	30.0	+ 3.2	桃園坵質粘土	44.8	26.5	32.8	+ 6.3
民雄坵質粘壤土	39.6	25.1	29.5	+ 4.4	中壢坵質粘土	45.6	27.8	32.9	+ 5.1	
粘板岩冲積土	芳苑砂土	4.0	4.3	5.0	+ 0.7	六塊厝粘壤土	30.9	2.71	29.5	+ 2.4
	芳苑砂土	6.0	4.9	5.9	+ 1.0	冬山坵質粘壤土	31.8	37.3	44.3	+ 7.0
	芳苑壤質砂土	7.2	5.9	7.2	+ 1.3	五結坵粘粘壤土	32.6	29.5	32.2	+ 2.7
	芳苑壤質砂土	8.5	7.2	7.8	+ 0.6	彰化粘質壤土	32.7	25.7	28.7	+ 3.0
	芳苑壤質砂土	9.0	9.1	9.7	+ 0.6	里港坵質粘壤土	32.8	31.4	35.6	+ 4.2
	芳苑壤質砂土	10.6	8.6	10.3	+ 1.7	"	36.5	35.3	42.0	+ 6.7
	五結砂壤土	11.9	13.6	15.2	+ 1.6	潮州坵質粘壤土	38.4	33.6	40.0	+ 6.4
	芳苑壤土	15.5	17.6	19.7	+ 2.1	北斗粘質壤土	38.6	26.9	31.9	+ 5.0
	芳苑壤土	20.0	22.2	24.9	+ 2.7	北斗坵質粘壤土	38.8	28.0	33.2	+ 5.2
	二崙坵質壤土	20.6	30.6	36.8	+ 6.2	屏東坵質壤土	42.5	40.6	47.6	+ 7.0
	屏東壤土	20.7	21.4	26.3	+ 4.9	員林坵質粘土	42.7	39.5	42.0	+ 2.5
	屏東壤土	23.6	23.6	28.9	+ 5.3	潮州坵質粘土	42.8	30.9	33.3	+ 2.4
	六塊厝壤土	24.7	24.3	25.7	+ 1.4	屏東坵質粘土	47.5	38.6	42.2	+ 3.6
	屏東壤土	27.0	25.0	28.1	+ 3.1	二崙坵質粘壤土	51.6	35.9	39.7	+ 3.8
	員林坵質粘壤土	28.7	40.3	43.4	+ 3.4	二水粘土	53.6	37.2	44.5	+ 7.3
彰化粘質壤土	28.9	28.3	32.1	+ 3.8	二林粘土	57.9	32.4	38.0	+ 5.6	
冬山坵質粘壤土	30.3	38.8	51.4	+ 12.6						
盤層冲	塭子內坵質壤土	12.5	16.7	22.2	+ 5.5	岡山坵質粘壤土	33.9	23.7	26.4	+ 2.7
	塭子內壤土	12.9	17.3	22.2	+ 4.9	白河粘質壤土	37.4	22.0	28.0	+ 6.0
	岡山坵質壤土	16.9	22.6	28.9	+ 6.3	柳營粘質壤土	37.8	22.1	27.6	+ 5.5
	岡山坵質壤土	18.9	21.6	27.5	+ 5.9	官田坵質粘壤土	38.7	22.4	23.5	+ 1.1
	岡山坵質壤土	20.4	22.3	30.5	+ 8.2	柳營粘質壤土	39.7	20.7	25.3	+ 4.6
	岡山坵質壤土	23.2	20.9	26.4	+ 5.5	官田坵質粘土	43.9	23.8	25.6	+ 2.8
	岡山坵質粘壤土	27.4	23.1	25.6	+ 2.5	林鳳營粘土	52.8	29.3	32.4	+ 3.1

積土	岡山坩質粘壤土	28.9	23.6	25.9	+ 2.3	新營坩質粘土	54.4	26.9	31.5	+ 4.6
	白河粘質壤土	29.9	18.8	24.2	+ 5.4	新營坩質粘土	54.6	28.3	34.4	+ 6.1
	岡山坩質粘壤土	31.8	23.5	26.4	+ 2.9	林鳳營粘土	53.3	30.5	33.6	+ 3.1
結晶片岩質冲積土	瑞穗砂土	3.2	4.5	3.7	- 0.8	知本坩質壤土	13.2	20.9	32.0	+ 11.1
	瑞穗砂土	4.0	4.6	5.2	+ 0.6	瑞穗壤土	13.6	18.9	24.2	+ 5.3
	瑞穗砂土	4.1	4.9	5.5	+ 0.6	瑞穗壤土	14.4	19.5	27.3	+ 7.8
	瑞穗砂壤土	7.1	12.4	12.3	- 0.1	瑞穗坩質壤土	15.4	24.9	28.7	+ 3.8
	瑞穗坩質壤土	9.8	16.1	17.3	+ 1.2	鹿野砂壤土	16.3	16.7	18.3	+ 1.6
	鳳林砂壤土	10.5	13.7	20.2	+ 6.5	鳳林坩質壤土	17.2	22.8	33.1	+ 10.3
	臺東砂壤土	10.8	16.4	17.7	+ 1.3	瑞穗坩質壤土	18.1	28.5	33.1	+ 4.6
	壽豐砂壤土	11.1	14.1	21.1	+ 7.0	光復坩質壤土	23.5	31.5	44.6	+ 13.1
	瑞穗坩質壤土	11.1	22.0	24.7	+ 2.7	光復壤土	26.1	23.8	39.2	+ 10.4
	知本砂壤土	11.5	12.1	18.3	+ 6.2	花蓮坩質粘壤土	27.6	32.4	36.9	+ 4.5
	臺東砂壤土	12.6	13.4	13.9	+ 0.5	花蓮坩質粘壤土	31.5	35.1	41.0	+ 5.9
	鹿野砂壤土	12.7	16.4	19.8	+ 3.4	玉里坩質粘壤土	33.9	35.2	37.2	+ 2.0
	壽豐壤土	13.1	20.1	31.2	+ 11.1	玉里坩質粘壤土	38.7	36.7	43.2	+ 6.5

表(三) 各土類粘粒含量、有機物、吸濕係數、凋萎係數及15氣壓含水量測定值

土類別	粘粒 (%)	有機物 (%)	吸濕係數 (%)	凋萎係數 (%)	15氣壓含水量 (%)	PwP/15Atm.	
砂岩頁岩	後龍壤質砂土	9.4	0.38	0.48	2.45	1.6	1.53
	後龍壤質砂土	10.6	0.76	0.75	—	2.9	—
	斗南壤土	12.5	—	1.35	4.25	4.0	1.06
	斗南壤土	12.6	—	1.23	—	3.6	—
	新港壤土	13.5	1.15	1.27	3.98	3.6	1.11
	新港壤土	13.6	0.68	1.26	3.19	3.6	0.89
	新學甲壤土	16.5	0.69	1.44	3.09	4.3	0.72
	苗栗砂壤土	16.6	0.95	1.10	3.51	3.6	0.97
	佳里坩質壤土	16.8	0.59	1.47	5.25	5.3	0.99
	學甲坩質壤土	17.6	0.70	1.65	3.91	4.3	0.91
	苗栗砂壤土	18.6	1.50	1.38	4.60	4.2	1.09
	佳里壤土	18.9	0.93	1.52	5.07	5.7	0.89
	新港壤土	19.7	0.85	2.24	6.54	6.9	0.95
	斗六砂質粘壤土	20.7	1.34	1.88	5.83	5.7	1.02
岩	斗六中砂質粘壤土	22.1	1.72	1.81	5.69	5.8	0.98
	斗六砂質粘壤土	22.9	0.95	1.93	6.54	6.2	1.05
	斗六中砂壤土	25.7	0.96	1.79	—	6.0	—
	新港甲壤土	26.5	1.34	2.10	—	4.8	—
	大甲壤土	26.5	1.04	2.59	4.12	6.5	0.63
	竹北粘質壤土	29.6	1.79	1.95	7.59	6.6	1.15
冲積	大甲粘質壤土	29.7	1.27	1.71	5.21	6.7	0.78
	社內砂質粘壤土	30.0	1.52	2.85	7.97	8.3	0.96
	竹北粘質壤土	31.7	0.88	2.59	9.33	8.1	1.07
	社內砂質粘壤土	31.8	0.65	2.68	7.91	8.4	0.94

土	永	吉	粘	質	壤	土	39.0	1.18	3.40	12.96	11.8	1.10	
	永	吉	坵	質	粘	壤	土	39.1	1.78	2.99	9.37	10.9	0.86
	嘉	義	坵	質	粘	壤	土	39.5	1.85	3.29	9.19	9.4	0.98
	嘉	義	坵	質	粘	土	40.6	1.46	3.86	9.80	11.5	0.85	
	臺	北	坵	質	粘	土	50.4	2.45	3.01	11.99	12.8	0.94	
	臺	北		粘		土	50.4	1.13	3.79	16.39	16.9	0.97	
紅	龍	潭	粘	質	壤	土	22.6	0.80	3.29	—	6.9	—	
	民	雄	坵	質	壤	土	24.8	0.90	3.08	—	7.1	—	
	后	里		壤		土	24.9	1.24	3.07	—	7.8	—	
	內	埔	粘	質	壤	土	27.9	0.83	2.80	—	8.0	—	
	大	園	粘	質	壤	土	28.7	0.98	2.65	9.14	8.4	1.09	
	內	埔	粘	質	壤	土	29.6	1.63	2.77	4.17	8.6	0.48	
	中	壠	粘	質	壤	土	32.9	1.67	3.41	8.81	9.1	0.97	
	楊	梅	粘	質	壤	土	32.9	1.50	4.49	—	12.8	—	
	湖	口	坵	質	粘	壤	土	34.5	2.21	3.69	8.89	10.1	0.88
	楊	梅	粘	質	壤	土	34.8	1.30	3.57	7.11	9.6	0.74	
	中	壠	粘	質	壤	土	34.8	2.16	4.81	10.41	10.5	0.99	
	桃	園	粘	質	壤	土	35.0	1.29	4.74	7.57	12.4	0.61	
	大	園	粘	質	壤	土	35.6	2.24	3.67	6.50	8.2	0.79	
	民	雄	坵	質	粘	壤	土	39.6	0.87	4.06	7.60	11.5	0.66
	龍	潭	坵	質	粘	土	40.4	1.70	7.17	16.48	15.4	1.07	
	中	壠	坵	質	粘	土	41.3	1.67	5.14	14.93	14.2	1.05	
	湖	口	坵	質	粘	土	41.5	2.28	3.79	—	10.4	—	
	后	里		粘		土	42.6	0.77	3.93	13.58	12.1	1.12	
	桃	園	坵	質	粘	土	44.8	3.08	4.39	11.21	12.5	0.90	
	中	壠	坵	質	粘	土	45.6	2.27	4.51	12.48	11.7	1.17	
粘 板 岩 冲	芳	苑	壤	質	砂	土	10.6	0.38	1.18	3.21	4.1	0.78	
	五	結	砂	壤		土	11.9	1.42	1.15	—	3.8	—	
	二	崙	坵	質	壤	土	20.6	3.23	2.53	9.90	7.0	1.41	
	屏	東		壤		土	20.7	1.09	1.34	3.91	4.8	0.81	
	屏	東		壤		土	23.6	1.05	1.59	4.37	4.2	1.0	
	六	塊	厝	壤		土	24.7	1.14	1.51	4.22	4.6	0	
	屏	東		壤		土	27.0	2.44	2.04	7.08	6.2		
	員	林	坵	質	粘	壤	土	28.7	4.06	3.00	—	8.8	—
	彰	化	粘	質	壤	土	28.9	2.20	3.81	7.49	8.6	0.87	
	冬	山	坵	質	粘	壤	土	30.3	3.83	2.61	—	11.3	—
	六	塊	厝	粘	壤	土	30.9	2.09	1.99	6.60	6.0		
	冬	山	坵	質	粘	壤	土	31.8	3.44	2.87	11.87	7.4	1.0
	五	結	坵	質	粘	壤	土	32.6	1.06	1.63	7.45	8.2	0.91
	彰	化	粘	質	壤	土	32.7	1.31	2.97	8.19	8.2	1.00	
	里	港	坵	質	粘	壤	土	32.8	1.36	1.97	7.95	14.8	0.54
	里	港	坵	質	粘	壤	土	36.5	1.86	1.84	9.06	12.2	0.74
	潮	州	坵	質	粘	壤	土	38.4	3.24	3.20	10.88	10.2	1.07
	北	斗	粘	質	壤	土	38.6	1.46	1.96	4.63	7.2	0.64	
	北	斗	坵	質	粘	壤	土	38.8	2.34	1.91	6.11	7.4	0.83

積 土	屏	東	坵	質	粘	土	42.5	2.83	1.42	7.52	11.5	0.65	
	員	林	坵	質	粘	土	42.7	2.89	1.88	6.85	7.1	0.97	
	潮	州	坵	質	壤	土	42.8	1.30	3.06	9.83	12.7	0.77	
	屏	東	坵	質	粘	土	47.5	2.52	1.51	6.74	8.8	0.77	
	二	崙	坵	質	粘	壤	土	51.6	2.12	2.04	9.11	13.4	0.68
	二		水		粘	土	53.6	2.93	2.11	7.33	8.9	0.82	
					粘	土	57.9	1.86	1.86	8.11	8.5	0.95	
盤 層 沖 積 土	塭	仔	內	坵	質	壤	土	12.5	0.70	1.66	5.18	4.7	1.10
	塭		仔	內	壤	土	12.9	0.75	1.42	3.94	4.8	0.82	
	岡	山	坵	質	壤	土	20.4	1.63	2.41	4.65	5.5	0.85	
	岡	山	坵	質	壤	土	23.2	0.79	1.87	4.83	5.4	0.90	
	白	河	粘	質	壤	土	29.9	1.33	2.82	8.89	8.6	1.03	
	白	河	粘	質	壤	土	37.4	1.73	3.84	8.53	9.9	0.86	
	柳	營	粘	質	壤	土	37.8	1.64	4.22	11.53	10.7	1.08	
	官	田	坵	質	粘	壤	土	38.7	0.55	3.51	11.14	11.2	1.00
	柳	營	粘	質	壤	土	39.7	1.06	4.13	11.26	11.3	1.00	
	官	田	坵	質	粘	土	43.9	1.58	3.65	11.60	12.3	0.94	
	林	鳳	營		粘	土	52.8	1.76	5.71	16.90	21.4	0.79	
	新	營	坵	質	粘	土	54.4	1.68	5.17	15.67	18.4	0.85	
	新	營	坵	質	粘	土	54.6	2.25	5.33	14.66	21.1	0.70	
	林	鳳	營		粘	土	58.3	1.25	6.28	17.07	23.2	0.74	
結 晶 片 岩 質 積	鳳	林	砂	壤	土	10.5	0.62	0.42	1.31	1.8	0.73		
	臺	東	砂	壤	土	10.8	1.13	0.89	3.80	3.1	1.22		
	壽	豐	砂	壤	土	11.1	0.66	0.42	1.58	1.7	0.93		
	知	本	砂	壤	土	11.5	0.78	0.50	1.97	2.2	0.90		
	臺	東	砂	壤	土	12.6	0.49	0.56	2.24	2.1	1.07		
	鹿	野	砂	壤	土	12.7	1.28	1.01	3.69	3.7	1.00		
	壽	豐		壤	土	13.1	1.41	0.82	2.78	3.2	0.87		
	知	本	坵	質	壤	土	13.2	0.61	0.73	1.91	2.5	0.77	
	瑞		穗	壤	土	13.6	1.49	0.95	3.22	3.1	1.04		
	瑞		穗	壤	土	14.4	1.46	0.91	—	3.4	—		
	鹿	野	砂	壤	土	16.3	1.32	1.05	—	4.2	—		
	鳳	林	坵	質	壤	土	17.2	0.99	0.48	2.28	3.1	0.74	
	光	復	坵	質	壤	土	23.5	2.34	1.28	13.43	5.3	2.53	
	光		復	壤	土	26.1	1.36	0.71	—	3.4	—		
	花	蓮	坵	質	粘	壤	土	27.6	1.58	1.48	5.13	5.1	1.00
	花	蓮	坵	質	粘	壤	土	31.5	2.22	1.98	4.29	5.5	0.78
	玉	里	坵	質	粘	壤	土	33.9	2.34	1.96	—	7.3	—
玉	里	坵	質	粘	壤	土	38.7	3.37	1.56	—	7.8	—	

表四 臺灣主要土類之土壤有效水分範圍及有效水分比率

砂 岩 頁 岩 冲 積 土									
土 壤 別	水分當量 (%)	15氣壓含水量 (%)	有效水分範圍 (%)	M.E./15Atm	土 壤 別	水分當量 (%)	15氣壓含水量 (%)	有效水分範圍 (%)	M.E./15Atm
後龍壤質砂土	3.6	1.6	2.0	2.25	斗六砂質粘壤土	16.7	6.2	10.5	2.70
後龍壤質砂土	6.6	2.9	3.7	2.28	臺中壤土	20.0	6.0	14.0	3.33
斗南壤土	14.1	4.0	10.1	3.52	新港壤土	17.0	4.8	12.2	3.55
斗南壤土	13.9	3.6	10.3	3.86	大甲壤土	22.1	6.5	15.6	3.40
新港壤土	12.5	3.6	8.9	3.41	竹北粘質壤土	23.6	6.6	17.0	3.56
新港壤土	13.0	3.6	9.4	3.60	大甲粘質壤土	27.6	6.7	20.9	4.13
學甲壤土	16.5	4.3	12.2	3.84	社內砂質粘壤土	21.4	8.3	13.1	2.58
苗栗砂壤土	13.2	3.6	9.6	3.66	竹北粘質壤土	24.4	8.7	15.7	2.80
佳里坵質壤土	19.6	5.3	14.3	3.70	社內砂質粘壤土	23.2	8.4	14.8	2.75
學甲坵質壤土	16.6	4.3	12.3	3.85	永吉粘質壤土	23.5	11.8	11.7	2.00
苗栗砂壤土	16.2	4.2	12.0	3.85	永吉坵質粘壤土	24.4	10.9	13.5	2.25
佳里壤土	20.3	5.7	14.6	3.65	嘉義坵質粘壤土	28.0	9.4	18.6	3.00
新港壤土	18.1	6.9	11.2	2.61	嘉義坵質粘土	27.7	11.5	16.2	2.40
斗南砂質粘壤土	16.1	5.7	10.4	2.82	臺北坵質粘土	33.2	12.8	20.4	2.60
臺中壤土	19.5	5.8	13.7	3.36	臺北粘土	28.7	16.9	10.8	1.70
紅 壤									
龍潭粘質壤土	24.0	6.9	17.1	3.48	中壢粘質壤土	22.9	10.5	12.4	2.18
民雄坵質壤土	21.4	7.1	14.3	3.01	桃園粘質壤土	24.8	12.4	12.4	2.00
后里壤土	15.9	7.8	8.1	2.04	大園粘質壤土	24.3	8.2	16.1	3.00
內埔粘質壤土	18.9	8.0	10.9	2.36	民雄坵質粘壤土	25.1	11.5	13.6	2.20
大園粘質壤土	22.6	8.4	14.2	2.70	龍潭坵質粘土	24.6	15.4	9.2	1.60
內埔粘質壤土	18.6	8.6	10.2	2.16	中壢坵質粘土	27.3	14.2	13.1	1.92
中壢粘質壤土	20.3	9.1	11.2	2.23	湖口坵質粘土	25.3	10.4	14.9	2.43
楊梅粘質壤土	21.8	12.8	9.0	1.70	后里粘土	28.2	12.1	16.1	2.33
湖口坵質粘壤土	25.5	10.1	15.4	2.52	桃園坵質粘土	26.5	12.5	14.0	2.11
楊梅粘質壤土	18.5	9.6	8.9	1.93	中壢坵質粘土	27.8	11.7	16.1	2.37
粘 板 岩 冲 積 土									
芳苑壤質砂土	8.6	4.1	4.5	2.10	彰化粘質壤土	25.7	8.2	17.5	3.15
五結砂壤土	13.6	3.8	9.8	3.59	里港坵質粘壤土	31.4	14.8	16.6	2.11
二崙坵質壤土	30.6	7.0	23.6	4.37	里港坵質粘壤土	35.3	12.2	23.1	2.90
屏東壤土	21.4	4.8	16.6	4.45	潮州坵質粘壤土	33.6	10.2	23.4	3.30
屏東壤土	23.6	4.2	19.4	5.60	北斗粘質壤土	26.9	7.2	17.7	3.74
六塊厝壤土	24.3	4.8	19.5	5.08	北斗坵質粘壤土	28.0	7.4	20.6	3.80
屏東壤土	25.0	6.2	18.8	4.03	屏東坵質粘土	40.6	11.5	29.1	3.53
員林坵質粘壤土	40.3	8.8	31.5	4.58	員林坵質粘土	39.5	7.1	32.4	5.60
彰化粘質壤土	28.3	8.6	19.7	3.30	潮州坵質壤土	30.9	12.7	18.2	2.45
冬山坵質粘壤土	38.8	11.3	27.5	3.44	潮州坵質粘土	38.6	8.8	19.8	4.40
六塊厝粘壤土	27.1	6.0	21.1	3.51	二崙坵質粘壤土	35.9	13.4	22.5	2.68
冬山坵質粘壤土	37.3	7.4	29.9	5.02	二水粘土	37.2	8.9	28.3	4.20
五結坵質粘壤土	29.5	8.2	21.3	3.60	二水粘土	32.4	8.5	23.9	3.80

盤 層 冲 積 土

塭仔內坩質壤土	16.7	4.7	12.0	3.55	官田坩質粘壤土	22.4	11.2	11.2	2.00
塭仔內壤土	17.3	4.8	12.5	3.60	柳營粘質壤土	20.7	11.3	9.4	1.83
岡山坩質壤土	22.3	5.5	16.8	4.05	官田坩質粘土	23.8	12.3	11.5	1.94
里港坩質壤土	20.9	5.4	15.5	3.86	林鳳營粘土	29.3	21.4	7.9	1.37
白河粘質壤土	18.8	8.6	10.2	2.19	新營坩質粘土	26.9	18.4	8.5	1.46
白河粘質壤土	22.0	9.9	12.1	2.22	新營坩質粘土	28.3	21.1	7.2	1.34
柳營粘質壤土	22.1	10.7	11.4	2.06	林鳳營粘土	30.5	23.2	7.3	1.32

結 晶 片 岩 質 冲 積 土

鳳林砂壤土	13.7	1.8	11.9	7.60	瑞穗壤土	19.5	3.4	16.1	5.72
臺東砂壤土	16.4	3.1	13.3	5.30	鹿野砂壤土	16.7	4.2	12.5	4.00
壽豐砂壤土	14.1	1.7	12.4	8.30	鳳林坩質壤土	22.8	3.1	19.7	7.35
知本砂壤土	12.1	2.2	9.9	5.50	光復坩質壤土	31.5	5.3	26.2	5.95
臺東砂壤土	13.4	2.1	11.3	6.40	光復壤土	28.8	3.4	25.4	8.50
鹿野砂壤土	16.4	3.7	12.7	4.44	花蓮坩質粘壤土	32.4	5.1	27.3	6.35
壽豐壤土	20.1	3.2	16.9	6.30	花蓮坩質粘壤土	35.1	5.5	29.6	6.40
知本坩質壤土	20.9	2.5	18.4	8.36	玉里坩質粘壤土	35.2	7.3	27.9	4.82
瑞穗壤土	18.9	3.1	15.8	6.10	玉里坩質粘壤土	36.7	7.8	28.9	4.70

四、討 論

A. 土壤有效水分之上限：

土壤有效水分之上限為田間容水量。所謂田間容水量是指土壤中重力水已經排出，微管水之移動已達到極緩慢狀態之土壤含水量，其 pF 值約在 2.5~2.7 之間，相當於水分張力  $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$  氣壓。因田間容水量在自然狀態下，田間實測，如地點過多或面積星散時，一一實測有其困難，所以在灌溉研究上多採用水分當量或  $\frac{1}{3}$  氣壓多孔板裝置法之測定值以代替之。此外亦有利用土壤質地粘粒含量來間接估計土壤有效水分之上限。茲將臺灣旱作栽培地區數種主要土類之水分當量， $\frac{1}{3}$  氣壓含水量與粘粒含量間之相關係數及迴歸方程式分別統計，列如表(四)，以探討各測定值間互相估算之可靠性。

用最小二乘法求得之迴歸方程式  $y = a_0 + a_1 x$  中，其表示在圖表上之意義： $a_0$  係  $x = 0$  時  $y$  軸截距， $a_1$  為  $\tan \theta$  即直線之斜率。所以  $a_1$  值之大小亦即  $y$  值與  $x$  值間相關性之大小，而  $a_0$  值僅表示兩者間直接關係以外之其他影響因子。茲按表(四)所列之迴歸方程式分別討論說明如下：

(1) 粘粒含量 (Clay) 與水分當量 (M. E.) 之迴歸關係：

粘粒含量與水分當量間之相關係數，如不分別土類，就所有土壤之平均而言，其相關程度為 0.783，迴歸係數顯著性測定亦達 1% 顯著水準。以土類而言，砂岩頁岩冲積土及結晶片岩冲積土為最高，達 0.9 以上。紅壤稍差為 0.624，然亦達 1% 顯著水準。粘板岩冲積土及盤層土分別為 0.822 及 0.834。在迴歸方程式中  $a_1$  值以盤層土最低 0.211，結晶片岩冲積土最高達 0.956； $a_0$  值相反，以盤層土最高為 15.85，砂岩頁岩冲積土，結晶片岩冲積土最低為 4.18 及 5.00，此種現象即說明盤層土粘粒含量對水分當量直接之關係較少，因其  $a_0$  值較高，表示粘粒含量以外之土壤性質，如粉粒、砂粒或有機物含量亦是左右其水分當量之因子。在實際情形確屬如此，蓋盤層土之粉粒含量多在 40% 以上，其影響水分當量自屬很大。至於其他土類，其關係形式與原理完全相同，從表(四)所列方程式中，可以瞭然，不再一一枚舉。本試驗 (Clay) × (M. E.) 在各土類總共 157 個樣本中所得之迴歸方程式：

$$M. E. = 0.514 (\text{Clay}) + 8.09$$

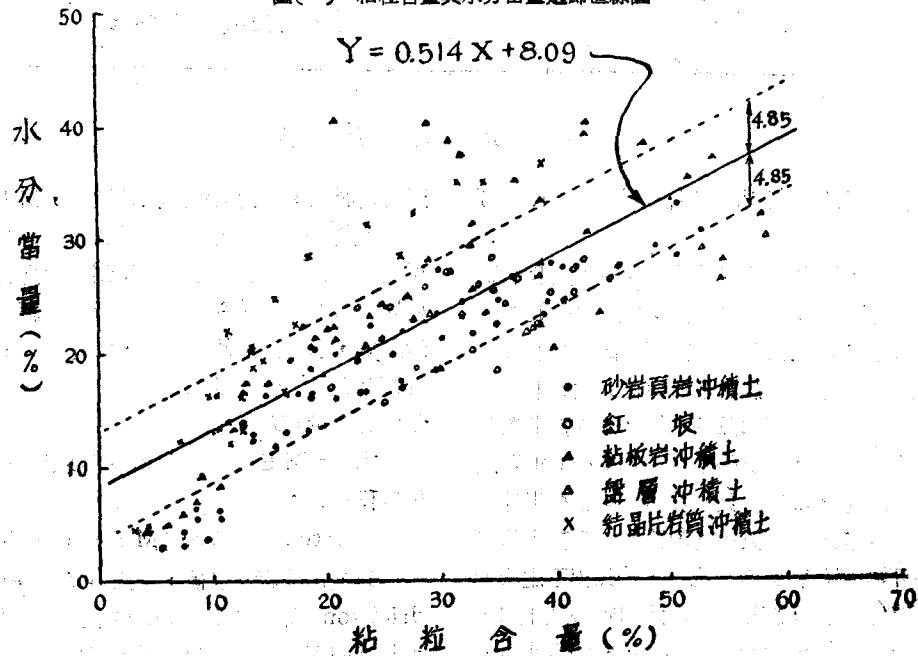
例如，某一土壤粘粒含量為 30.5%，則其水分當量為 23.77%。



表(四) 各土類粘粒含量、水分當量及 $\frac{1}{3}$ 氣壓含水量間迴歸直線方程式及顯著性測定

相關處理	樣本數	土類別	迴歸直線方程式	相關係數	F 值	理論 F 值		Sy·x	有效樣本數 (%)
						5 %	1 %		
Clay × M.E.	50	砂岩頁岩沖積土	M.E. = 0.582 (Clay) + 4.18	0.916	252.08 **	4.04	7.20	3.22	65
	28	紅壤	M.E. = 0.328 (Clay) + 12.79	0.624	16.74 **	4.22	7.72	2.65	64
	33	粘板岩沖積土	M.E. = 0.653 (Clay) + 7.45	0.822	64.41 **	4.17	7.56	6.50	82
	20	盤層土	M.E. = 0.211 (Clay) + 15.85	0.834	39.43 **	4.41	8.28	2.18	75
	26	結晶片岩沖積土	M.E. = 0.956 (Clay) + 5.00	0.935	168.41 **	4.26	7.82	3.21	62
	157	全部土壤	M.E. = 0.514 (Clay) + 8.09	0.783	247.78 **	3.91	6.81	4.85	56
Clay × $\frac{1}{3}$ Atm.	50	砂岩頁岩沖積土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 0.578 (Clay) + 7.84	0.783	73.56 **	4.04	7.20	5.53	72
	28	紅壤	$\frac{1}{3}$ Atm. = 0.467 (Clay) + 11.93	0.795	44.13 **	4.22	7.72	2.53	71
	33	粘板岩沖積土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 0.747 (Clay) + 8.62	0.806	58.11 **	4.17	7.56	7.84	85
	20	盤層土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 0.165 (Clay) + 21.80	0.660	14.95 **	4.41	8.28	2.80	70
	26	結晶片岩沖積土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 1.185 (Clay) + 6.25	0.978	557.70 **	4.26	7.82	2.23	46
	157	全部土壤	$\frac{1}{3}$ Atm. = 0.544 (Clay) + 11.33	0.736	172.50 **	3.91	6.81	6.80	69
M.E. × $\frac{1}{3}$ Atm.	50	砂岩頁岩沖積土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 1.040 (M.E.) + 2.84	0.880	162.07 **	4.04	7.20	3.98	86
	28	紅壤	$\frac{1}{3}$ Atm. = 0.985 (M.E.) + 4.18	0.880	88.84 **	4.22	7.72	1.90	61
	33	粘板岩沖積土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 1.140 (M.E.) + 0.03	0.937	674.81 **	4.17	7.56	3.80	97
	20	盤層土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 0.850 (M.E.) + 7.82	0.866	53.22 **	4.41	8.28	1.96	80
	26	結晶片岩沖積土	$\frac{1}{3}$ Atm. = 1.200 (M.E.) + 0.92	0.953	252.85 **	4.26	7.82	3.22	73
	157	全部土壤	$\frac{1}{3}$ Atm. = 1.100 (M.E.) + 1.75	0.951	1,235.00 **	3.91	6.81	3.46	87

圖(1) 粘粒含量與水分當量迴歸直線圖



(2) 粘粒含量 (Clay) 與  $\frac{1}{3}$  氣壓含水量 ( $\frac{1}{3}$  Atm.) 間之迴歸關係：

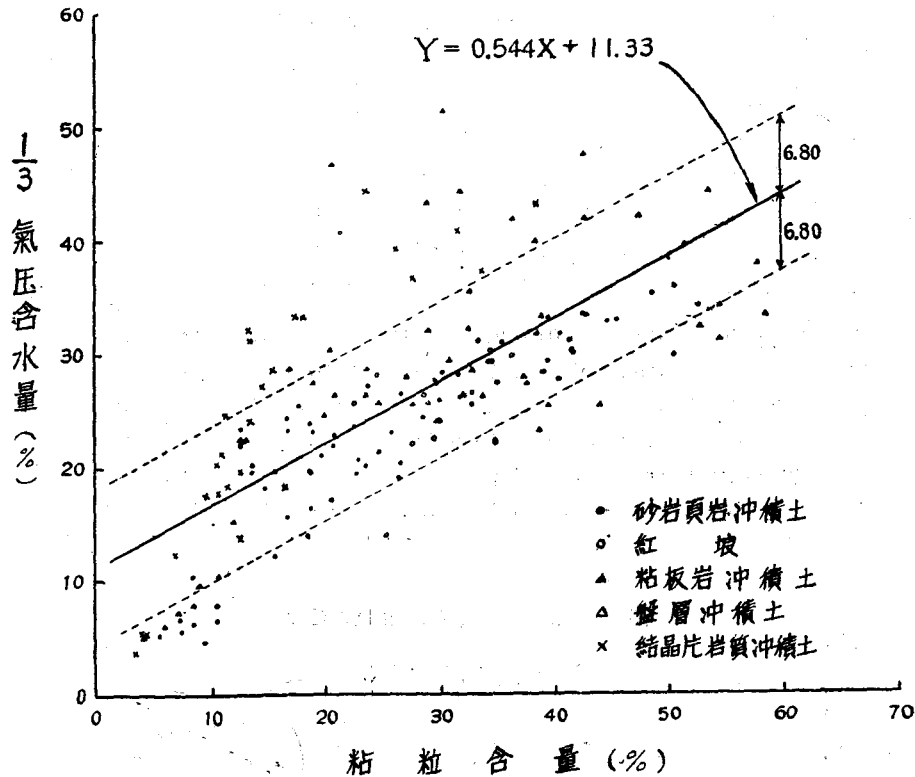
粘粒含量與  $\frac{1}{3}$  氣壓含水量間之相關關係幾與  $\text{Clay} \times \text{M.E.}$  完全雷同。各土類間迴歸係數顯著性測定均達 1% 顯著水準，相關係數在 0.660 ~ 0.978 之間。在 157 個樣本之測定值間，相關係數亦達 0.736。迴歸方程式中， $a_1$  值亦以盤層土最低僅 0.165，

而  $a_0$  值最高為 21.80，其受高坩粒含量之影響，為其主要原因。結晶片岩沖積土其  $\frac{1}{3}$  氣壓含水量受粘土之影響最大，其次分別為粘板岩沖積土，砂岩頁岩沖積土及紅壤。

五大土類總計之迴歸方程式為：

$$\frac{1}{3} \text{ Atm.} = 0.544 (\text{Clay}) + 11.33$$

圖(2) 粘粒含量與  $\frac{1}{3}$  氣壓含水量迴歸直線圖



(3) 水分當量 (M.E.) 與  $\frac{1}{3}$  氣壓含水量 ( $\frac{1}{3}$  Atm.) 間之迴歸關係：

水分當量之 pF 值為 2.7 相當於  $\frac{1}{3}$  氣壓，其含水量自較  $\frac{1}{3}$  氣壓下所保持之水量為低，本試驗限於時間及經費，不能在 157 處田間一一實測其田間含水量，故僅能將實驗室內之田間含水量測定值與之比較。

從表(四)可見所有土類 M.E. 與  $\frac{1}{3}$  Atm. 迴歸係數顯著性測定達 1% 水準，相關係數在 0.866 ~ 0.987 之間，迴歸方程式中，如砂岩頁岩沖積土，粘板岩沖積土及結晶片岩沖積土  $a_1$  值皆達 1 以上，即表示此三類土壤中，不論屬何種質地之土壤， $\frac{1}{3}$  氣壓下之含水量均大於田間含水量，紅壤之  $a_1$  為 0.985 幾近於 1，且  $a_0$  值大，故  $\frac{1}{3}$  氣壓含水量亦大於田間含水量。

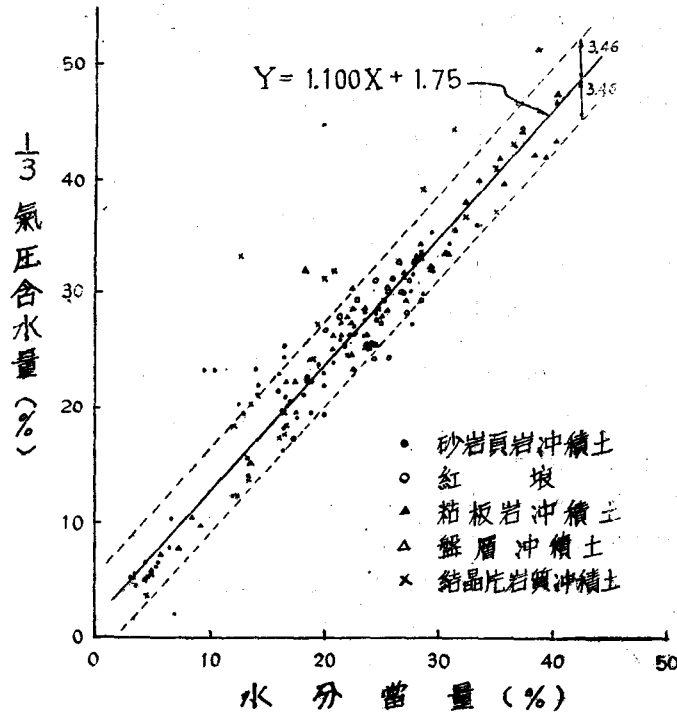
至於盤層土，若從迴歸方程式推算，M.E. 在 50% 以上時，其水分含量始有大於  $\frac{1}{3}$  Atm. 之機會，然 M.E. 縱使在極粘重之土壤亦無法達到如此高之含量，所以盤層土 M.E. 與  $\frac{1}{3}$  Atm. 含水量間之關係，可以說質地愈粗，水分當量值愈低時，相差愈大，水分當量值愈高其與  $\frac{1}{3}$  含水量愈為接近。此種原因，推想其與坩粒之含量有關。

本試驗 M.E.  $\times \frac{1}{3}$  Atm.，若以 157 樣本總計之迴歸方程式為：

$$\frac{1}{3} \text{ Atm.} = 1.100 (\text{M.E.}) + 1.75$$

關於田間含水量值，根據 Veihmeyer 及 Hendrickson 氏 (1931) 曾指出中質地壤土，土壤水分當量在 14% 左右，水分當量與田間含水量極為接近，

圖(3) 水分當量與 1/3 氣壓含水量迴歸直線圖



質地較粗時，水分當量偏低，愈粗而偏低愈甚，故氏等認為水分當量僅適於中細質地之土壤。Browning 氏 (1941) 則謂水分當量為 21 % 時，田間含水量與水分當量之比率為 1，但水分當量大於 21 % 時，其比率少於 1。又 Peele, Beale 及 Lesesne (1948) 利用美國 South Carolina 州 21 種土壤測定之結果其迴歸關係式為  $P_{f.c.} = 0.865 P_{m.e.} + 2.62$ ，亦表示水分當量在 21 % 左右  $P_{f.c.}/P_{m.e.} = 1$ ，大於 21 % 時，水分當量偏高，小時則偏低。臺灣土壤之田間含水量與水分當量關係情形，有待於今後田間實測資料充實後，進一步探討研究。

B. 土壤有效水分下限：

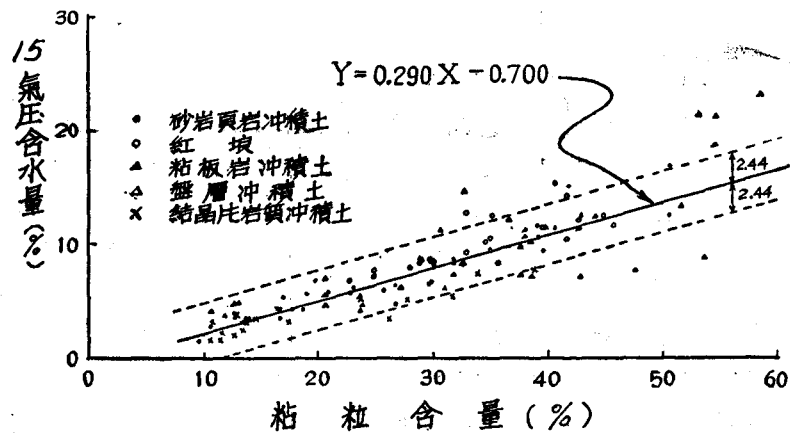
土壤有效水分下限為永久凋萎點。但目前一般均以 15 氣壓下土壤保水量代替之。惟 15 氣壓土壤保水量之測定，亦需要設備及熟練之操作手續。因此，許多土壤學者想以更簡易之土壤其他物理性質之測定法所得之數值來估算土壤有效水分下限，如粘粒含量、吸濕係數或有機含量等。茲將臺灣主要土類之粘粒含量、吸濕係數、有機物含量、永久凋萎點與 15 氣壓含水量間之迴歸直線方程式及顯著性測定結果列如表(六)。

表(六) 各土類 15 氣壓含水量與粘粒含量、吸濕係數、永久凋萎點及有機物含量間迴歸直線方程式及顯著性測定

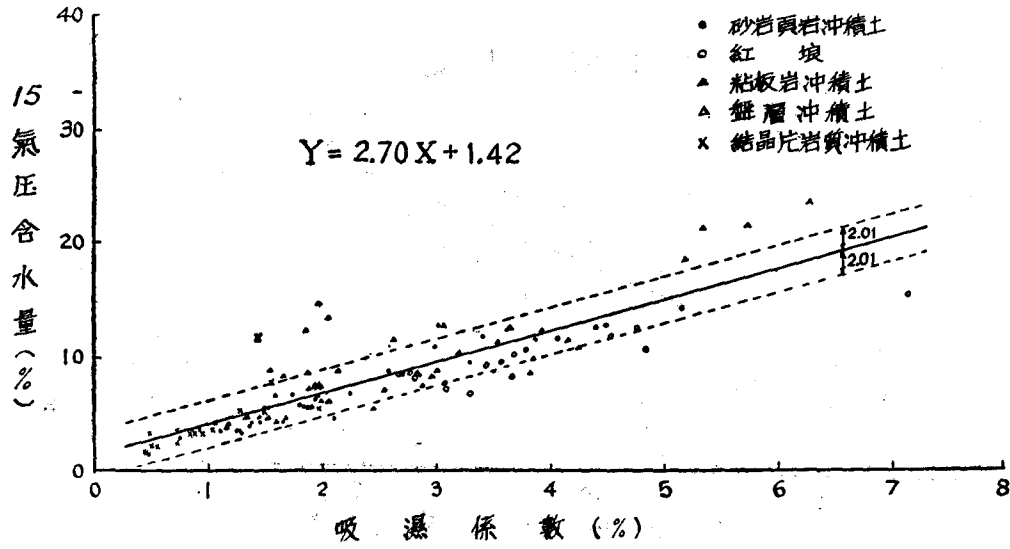
相關處理	樣本數	土 類 別	迴 歸 直 線 方 程 式	相 關 係 數	F 值	理 論 界 值		Sy.x	有 效 樣 本 數 (%)
						5 %	1 %		
Clay × 15Atm.	30	砂岩頁岩沖積土	15Atm. = 0.287 (Clay) - 0.520	0.953	277.80 **	4.20	7.64	0.91	70
	20	紅壤	15Atm. = 0.274 (Clay) + 0.885	0.778	27.79 **	4.41	8.28	1.60	65
	26	粘板岩沖積土	15Atm. = 0.149 (Clay) + 3.286	0.538	12.90 **	4.26	7.82	2.34	70
	14	盤層土	15Atm. = 0.400 (Clay) - 2.750	0.949	104.76 **	4.75	9.33	2.07	57
	18	結晶片岩沖積土	15Atm. = 0.180 (Clay) + 0.404	0.917	83.40 **	4.49	8.53	0.73	67
	108	全 部 土 壤	15Atm. = 0.290 (Clay) - 0.700	0.860	272.69 **	3.94	6.90	2.44	82

相關處理	樣本數	土類別	迴歸直線方程式	相關係數	F 值	理論 F 值		Sy.x	有效樣本數 (%)
						5 %	1 %		
H.C. × 15Atm	30	砂岩頁岩沖積土	15Atm.=3.70 (H.C.) - 0.78	0.951	118.50 **	4.20	7.64	1.16	73
	20	紅壤	15Atm.=2.00 (H.C.) + 2.47	0.875	59.35 **	4.41	8.28	1.09	55
	26	粘板岩沖積土	15Atm.=1.58 (H.C.) + 4.97	0.366	0.03	4.26	7.82	2.71	73
	14	盤層土	15Atm.=4.05 (H.C.) - 2.94	0.967	171.03 **	4.75	9.33	1.37	65
	18	結晶片岩沖積土	15Atm.=3.27 (H.C.) + 0.59	0.908	74.76 **	4.49	8.53	0.72	83
	108	全部土壤	15Atm.=2.70 (H.C.) + 1.42	0.863	332.50 **	3.94	6.94	2.01	77
PwP × 15Atm	26	砂岩頁岩沖積土	PwP=0.942(15Atm.) + 0.12	0.969	373.78 **	4.26	7.82	0.67	53
	14	紅壤	PwP=1.280(15Atm.) - 4.19	0.813	23.46 **	4.75	9.33	3.76	70
	23	粘板岩沖積土	PwP=0.467(15Atm.) + 3.42	0.614	12.73 **	4.32	8.02	3.01	80
	14	盤層土	PwP=0.683(15Atm.) + 2.199	0.963	151.38 **	4.75	9.33	1.45	72
	13	結晶片岩沖積土	PwP=1.752(15Atm.) - 2.049	0.736	12.34 **	4.84	9.65	4.30	67
	90	全部土壤	PwP=0.772(15Atm.) + 1.163	0.889	58.86 **	3.95	6.92	1.78	77
O.M. × 15Atm.	30	砂岩頁岩沖積土	15Atm.=3.350 (O.M.) + 3.06	0.534	11.08 **	4.20	7.64	2.84	77
	20	紅壤	15Atm.=1.189 (O.M.) + 8.50	0.319	2.02	4.41	8.28	2.23	60
	26	粘板岩沖積土	15Atm.=1.360 (O.M.) + 5.40	0.443	5.85 *	4.26	7.82	3.29	80
	14	盤層土	15Atm.=7.270 (O.M.) + 2.33	0.562	5.54 *	4.75	9.33	5.17	72
	18	結晶片岩沖積土	15Atm.=2.210 (O.M.) + 0.68	0.945	131.56 **	4.49	8.53	2.41	100
	108	全部土壤	15Atm.=1.987 (O.M.) + 4.98	0.471	1.47	3.94	6.90	3.96	70

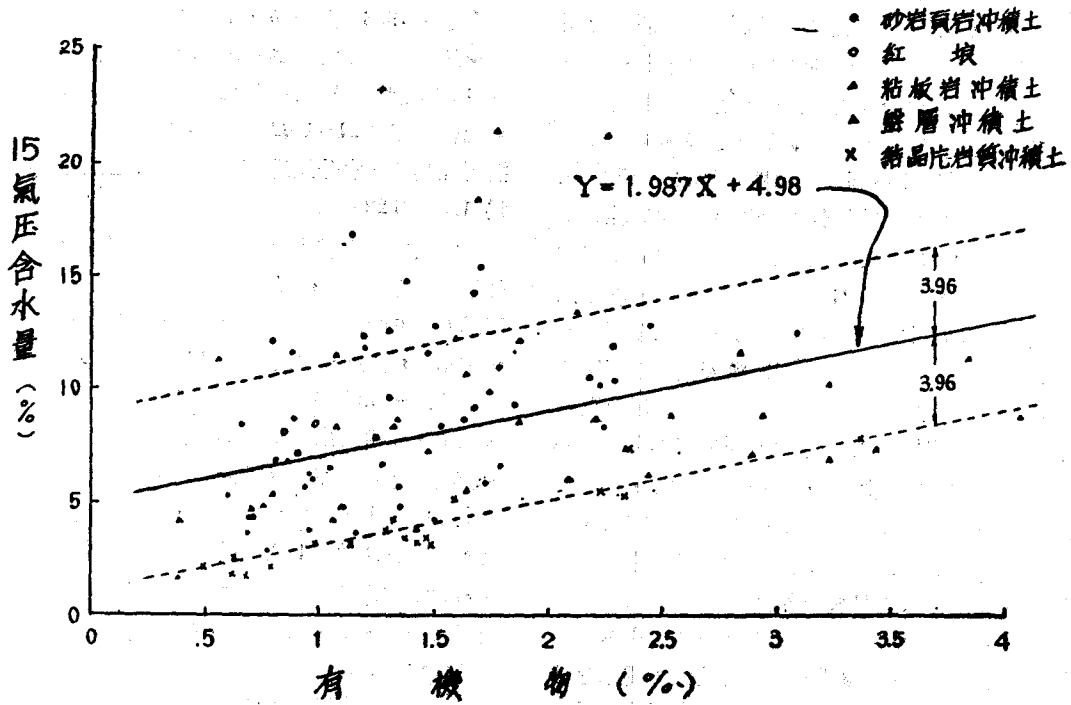
圖(4) 粘粒含量與15氣壓含水量迴歸直線圖



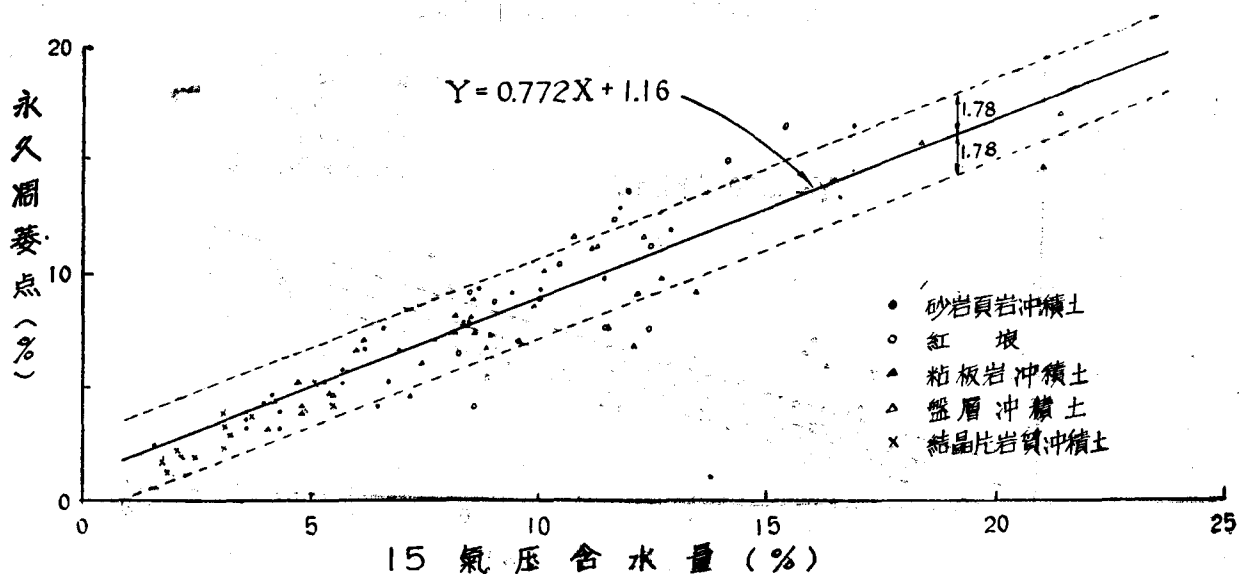
圖(5) 吸濕係數與15氣壓含水量迴歸直線圖



圖(6) 有機物與15氣壓含水量迴歸直線圖



圖(7) 15氣壓含水量與永久凋萎點迴歸直線圖



從表(六)及圖(四)(五)(六)(七)所示，如不劃分土類，在 108 個樣本中，Clay×15Atm.；H.C.×15Atm.；PwP×15Atm.，其相關係數分別為0.860, 0.863, 0.889，迴歸係數顯著性測定亦達 1%顯著水準。以各土類而言，僅粘板岩沖積土相關係數 0.366 較低，迴歸顯著性測定不顯著外，其他土類亦皆達 1%顯著水準；即說明利用土壤之粘粒含量及吸濕係數來估計土壤有效水分下限有相當高之可靠性。PwP×15Atm. 之情形亦是如此，相關係數 0.889，迴歸方程式為  $PwP = 0.772 (15Atm.) + 1.163$ ，其與 Peel 氏在美國南 Carolina 州用 21 種土壤所測得之迴歸方程式  $PwP = 0.97 P_{15} + 0.99$  稍低，惟相差不大。至於有機物 (O.M.) × 15Atm. 顯著性測定不顯著，相關係數亦僅達 0.471，在各土類中僅砂岩及頁岩沖積土有達 1%顯著水準，惟相關係數亦不高， $r = 0.543$ 。蓋本省位居亞熱帶，氣候高溫多雨，土壤有機物含量極低，高者僅達 2.0%，低者不及 0.5%，尤以心土含量更低，其量不足以左右水分常數之故也。

### C. 15 氣壓含水量與水分當量

水分當量與凋萎點關係之研究，已往之文獻很多，兩者之測定值皆受土壤質地之影響最大，質地愈精重，水分當量及凋萎點亦愈高，至於兩者間之關係，早在 1912 年 Brigs 及 Shantz 證明，凋萎係數 =

水分當量 /  $1.84 \pm 0.013$ 。1931 年 Viehmeyer 及 Hendrickson 用加州 60 種土壤研究分析之結果，水分當量與凋萎係數比率 (M.E./P<sub>w</sub>P) 為 1.4~3.8 之範圍。1953 年 M.A.Lugo-Lopez 研究波多黎各土壤其有效水分比 (Availability Ratio) 在 1.44~4.96 之間。Macgillvray 及 Doneen (1942) 研究結果在 1.21~3.82 之間。本省土壤據陳振鐸教授研究其有效水分比為 1.50~3.69。張玉鑽氏之研究為 1.11~3.23。

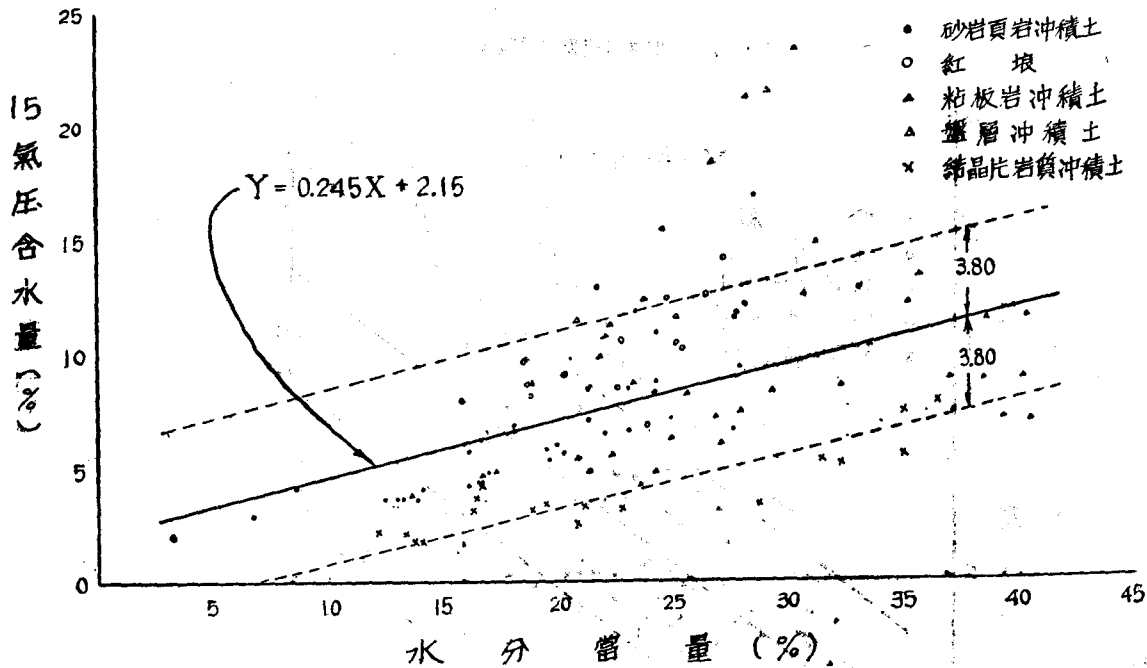
本試驗將本省土壤劃分各種不同土類，試驗計算結果列於表(四)中，從表(四)所列，砂岩頁岩沖積土 M.E./15Atm. 比率在 1.70~4.13 之間，紅壤 1.60~3.48，粘板岩沖積土在 2.10~5.60，盤層沖積土 1.32~4.05；至於東部結晶片岩沖積土，從記錄顯示，非常突出，其比率都在 4.0 以上，在 4.00~8.50 之間，其原因是臺灣東部結晶片岩沖積土多屬壤土或砂壤土，機械組成中，砂粒及粉粒佔 80% 以上，其凋萎係數 (15Atm.) 特低，M.E./15Atm. 之比率亦特高之故。根據參考文獻及本試驗之結果，大抵可以指出，土壤質地粘重時，有效水分比偏低，質地較粗時有效水分比有偏高之趨向。

關於各土類間 M.E.×15Atm. 之迴歸直線關係式列如表(七)：

表(七) 各土類15氣壓含水量與水分當量間迴歸直線方程式及顯著性測定

相 關 處 理	樣 本 數	土 類 別	迴 歸 直 線 方 程 式	相 關 係 數	F 值	理 論 F 值		Sy.x	有 效 樣 本 數 (%)
						5 %	1 %		
M.E. × 15Atm.	30	砂岩頁岩沖積土	15Atm=0.442 (M.E.) - 1.88	0.851	20.3 **	4.20	7.64	1.77	80
	20	紅 壤	15Atm=0.378 (M.E.) + 1.58	0.539	7.36 *	4.41	8.28	2.00	70
	26	粘板岩沖積土	15Atm=0.070 (M.E.) + 6.21	0.620	0.93	4.26	7.82	3.13	77
	14	盤 層 土	15Atm=1.420 (M.E.) - 20.60	0.944	98.60 **	4.75	9.33	0.62	36
	18	結晶片岩沖積土	15Atm=0.185 (M.E.) - 0.37	0.885	162.2 **	4.49	8.53	0.92	67
	108	全 部 土 壤	15Atm=0.245 (M.E.) + 2.15	0.441	25.15 **	3.94	6.90	3.80	80

圖(8) 水分當量與15氣壓含水量迴歸直線圖



從表(七)統計分析結果，若不分別土類，M.E. × 15Atm.之間迴歸直線關係方程式為  $15Atm. = 0.245 (M.E.) + 2.15$ ，相關係數雖僅為 0.441，然經顯著性測定迴歸係數已達 1% 顯著水準。至於各土類之間，在粘板岩沖積土中 M.E. × 15Atm. 間之迴歸係數不顯著，紅壤達 5% 顯著水準。至於其他三土類如砂岩頁岩沖積土，盤層土及結晶片岩沖積土亦都達 1% 顯著水準。本次試驗限於時間，各土類測定樣本無法多

測，或許樣本數不足以代表全土類，所以進一步之探討，有待於今後按各土類多行採集樣本，分別研究。

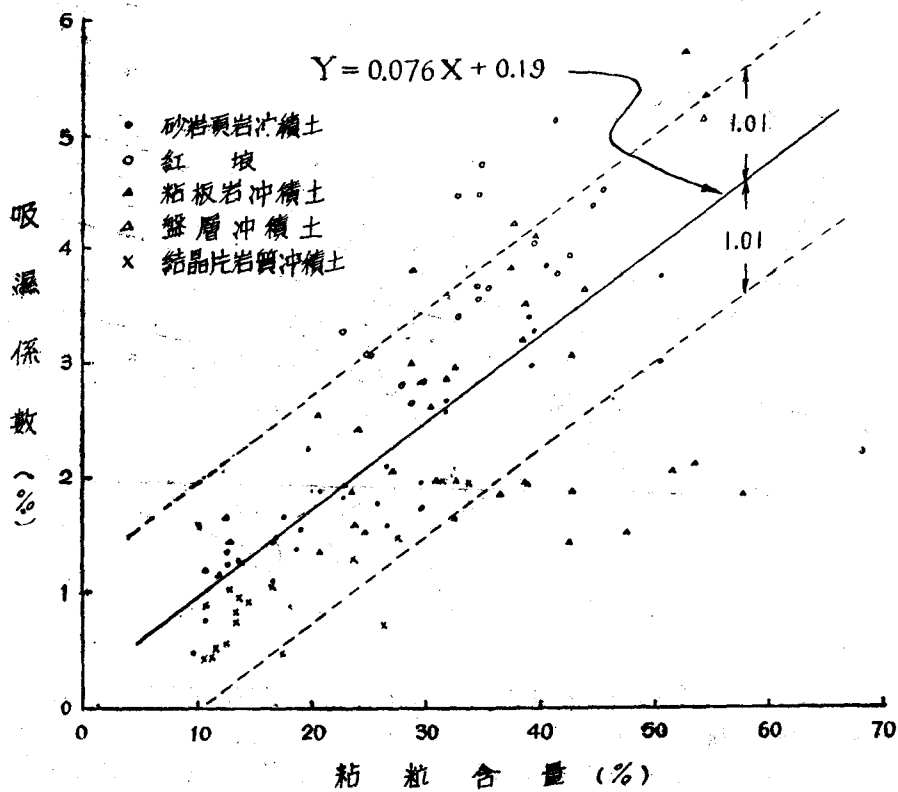
#### D. 吸濕係數與粘粒含量之關係：

吸濕係數之測定係將土壤樣本放置在玻璃乾燥器中，用 10% 稀硫酸溶液之蒸發壓下使土壤中水分達到平衡時之水分含量。本試驗放置時間為五星期，測定記錄列於表(五)中，茲將 Clay × H. C. (吸濕係數) 迴歸直線方程式及顯著性測定結果列如下表：

表(八) 各土類吸濕係數與粘粒含量間迴歸直線方程式及顯著性測定

相關處理	樣本數	土類別	迴歸直線方程式	相關係數	F 值	理論 F 值		Sy.x	有效樣本數 (%)
						5 %	1 %		
Clay × H.C.	30	砂岩頁岩沖積土	H.C = 0.068 (Clay) + 0.302	0.885	95.42 **	4.20	7.64	0.40	77
	20	紅 壤	H.C = 0.094 (Clay) + 0.696	0.608	10.68 **	4.41	8.28	0.79	85
	26	粘板岩沖積土	H.C = 0.009 (Clay) + 1.820	0.143	0.56	4.26	7.82	0.68	62
	14	盤 層 土	H.C = 0.090 (Clay) + 0.411	0.895	48.48 **	4.75	9.33	1.62	93
	18	結晶片岩沖積土	H.C = 0.044 (Clay) + 0.154	0.816	31.46 **	4.49	8.53	0.29	83
	108	全 部 土 壤	H.C = 0.076 (Clay) + 0.190	0.695	96.53 **	3.94	6.90	1.01	78

圖(9) 粘粒含量與吸濕係數迴歸直線圖



根據表(八)之統計分析，吸濕係數與粘粒含量之迴歸方程式 H.C. = 0.076 (clay) + 0.190，迴歸係

數達 1% 顯著標準，惟本試驗測定之吸濕係數頗低，惟限於時間，無法重複再行測定，今後當繼續研究。



## 五、摘 要

灌溉管理上，最重要而常用之土壤水分常數為田間容水量及永久凋萎點。前者為灌溉上限，後者為其下限，灌溉用水量皆以此為根據而施灌，惟此二常數在田間實測不便，或是測定費時，所以一般採用水分當量及 15 氣壓含水量分別代替田間容水量及永久凋

萎點之測定，根據前人之研究，灌溉上下限亦可以用其他土壤物理性質來間接估算，如粘粒含量、有機物含量及吸濕係數等。所以本試驗之初步研究目的，是以臺灣數種主要土類為對象，探討此二水分常數與土壤物理性質之間，彼此相關程度，並以迴歸方程式闡明，希望能由各種土壤物理性質來推算此二水分常數之可能性。茲將試驗結果撮要表列如下：

表(九) 各土類各種水分常數與其他土壤物理性質間相關係數及迴歸方程式

相 關 處 理	樣 本 數	迴 歸 直 線 方 程 式	相 關 係 數	F 值	理 論 F 值		備 註
					5 %	1 %	
Clay × M.E.	157	M.E. = 0.514(Clays) + 8.09	0.783	247.78**	3.91	6.81	各土類間之迴歸方程式經顯著性測定均達 1% 顯著水準
Clay × 1/3 Atm.	157	1/3 Atm. = 0.544(Clays) + 11.33	0.736	172.50**	3.91	6.81	同 上
M.E. × 1/3 Atm.	157	1/3 Atm. = 1.10(M.E.) + 1.75	0.951	1,235.00**	3.91	6.81	同 上
Clay × 15 Atm.	108	15 Atm. = 0.29(Clays) - 0.70	0.860	272.69**	3.94	6.90	同 上
P <sub>w</sub> P × 15 Atm	90	P <sub>w</sub> P = 0.772 (Clays) + 1.163	0.889	58.86**	3.95	6.92	同 上
H.C. × 15 Atm.	108	15 Atm. = 2.70(H.C.) + 1.42	0.863	332.50**	3.94	6.90	粘板岩沖積土之迴歸方程式經顯著性測定不顯著，其他四類土壤均達顯著水準。
O.M. × 15 Atm.	108	15 Atm. = 1.987(O.M.) + 4.98	0.471	1.46	3.94	6.90	全部土壤迴歸方程式顯著性測定不顯著。各土類中砂頁岩沖積土及結晶片岩沖積土達 1% 顯著；粘板岩沖積土，盤層沖積土為 5% 顯著；紅壤不顯著。
M.E. × 15 Atm.	108	15 Atm. = 0.245(M.E.) + 2.15	0.441	25.15**	3.94	6.90	除粘板岩沖積土不顯著外，紅壤為 5% 顯著，其他土類均達 1% 顯著水準。
Clay × H.C.	108	H.C. = 0.076(Clays) + 0.190	0.695	96.53**	3.94	6.90	粘板岩沖積土不顯著外，其他土類均達 1% 顯著水準。

## SUMMARY

The field capacity and the permanent wilting percentage are the most important soil constants for irrigation management. The former is the upper limit of the available moisture and the latter represents as the lowest limit to which moisture is reduced by growing crops.

For determining these two soil constants, the greatest handicap is that it is not only necessary technique and more time consumed but also inconvenient and not very precise. In view of these facts, many investigators have proposed that the moisture equivalent and 15-atmosphere moisture percentage can be used instead of the field capacity and the permanent wilting percentage respectively. In some cases, the soil constants can also be estimated easily by soil properties such as clay content and organic matter since soil constants are intimately related to soil physical properties.

This paper is a preliminary report which is an attempt to correlate the soil constants of some soils in Taiwan with certain soil characteristics such as clay content,

organic matter, moisture equivalent, permanent wilting percentage, 1/3 atmosphere moisture percentage, 15-atmosphere moisture percentage and hygroscopic coefficient. It is hoped that it will contribute to a clearer understanding of the functional relationships between soil constants and some soil physical properties on which the technique of irrigation should be based to gain efficient and economical use of irrigation waters.

Regression equations and correlation coefficients between soil constants and soil characteristics of the soils in Taiwan were obtained. The results are summarized as the table.

Relationships between soil constants and some soil physical properties of Taiwan soils

Treatments	Samples number	Functional Relationships	Correlation coefficient	F value
Clay × M.E.	157	M. E. = 0.514 (Clay) + 8.09	0.783	247.78 **
Clay × 1/3 Atm.	157	1/3 Atm. = 0.544 (Clay) + 11.93	0.736	172.50 **
M.E. × 1/3 Atm.	157	1/3 Atm. = 1.10 (M.E.) + 1.75	0.951	1,235.00 **
Clay × 15 Atm.	108	15 Atm. = 0.29 (Clay) - 0.70	0.860	272.69 **
PwP × 15 Atm.	90	PwP = 0.772 (Clay) + 1.163	0.889	58.86 **
H.C. × 15 Atm.	108	15 Atm. = 2.70 (H. C.) + 1.42	0.863	332.50 **
O.M. × 15 Atm.	108	15 Atm. = 1.987 (O. M.) + 4.98	0.471	1.46
M.E. × 15 Atm.	108	15 Atm. = 0.245 (M.E.) + 2.15	0.441	25.15 **
Clay × H.C.	108	H. C. = 0.076 (Clay) + 0.190	0.695	96.53 **

\* This report is a preliminary one. There was no replication for this trial due to the limited of time. For further study, it is possible that more accurate predictions will be made, if a large number of samples are included in the statistical analysis.

#### 參 考 文 獻

- (1) Veihmeyer, F.J. and A.H. Hendrickson 1932. The moisture equivalent as a measure of field capacity of soil. *Soil sci.* 32:pp. 181-193.
- (2) Browning, G.M. 1941. Relation of field capacity to moisture equivalent in Soil of West Virginia. *Soil sci.* 52:pp. 445-450.
- (3) Richards, L.A. and Weaver, L.R., 1948. Fifteen atmosphere percentage as related to the permanent wilting percentage. *Soil sci.* 56:pp. 331-40.
- (4) Peele, T.C., O.W. Beale, and F.F. Lesesne. 1948. Irrigation requirements of south Carolina soils. *Agri. Eng.* 29:pp. 197-209.
- (5) Peel, T.C. and Beale, O.W. 1950. Relation of moisture equivalent to field capacity and moisture retained at 15-atmospheres pressure to the wilting percentage. *Agron. Jour.* 42 (12) pp. 604-607.
- (6) Lugo-L'opez, M.A., 1952. Comparative value of various methods of approximating the permanent wilting percentage. *Jour of Agric. Univ. P.R.* 36 (2).
- (7) George John Bouyoucos 1929. A new, simple, and rapid method for determining the moisture equivalent of soils, and the rôle of soil colloid on this moisture equivalent. *Soil sci.* 27:pp. 233-242.
- (8) Howard E. Middleton 1920. The moisture equivalent in relation to the mechanical analysis

of soils. Soil sci. pp. 159—167.

- (9) J.B. Bodman and A.J. mahmud. 1932. The use of the moisture equivalent in the texture classification of soils. Soil sci. 33:pp. 363— 374.
- (10) M.A. Lugo-L'opez 1953. Moisture relationships of Puerto Rico soil. University of Puerto Rico Agricultural Experiment station Technical Paper 9.
- (11) Murray R. Spiegel 1964. Theory and problems of statistics, part 2. 13—14 : pp. 217—269
- (12) 陳振鐸：慣用土壤水分常數與水分性能曲線之研究 國立台灣大學農學院研究報告二卷五期 pp. 65-88
- (13) 張玉鑽：台灣蔗田灌溉土壤凋萎係數之研究 台灣水利 第十三卷第四期 pp. 20-28
- (14) 葉樹蕃著：1964 試驗設計學 台大農學院生物統計研究室
- (15) 俞其海：1965現代統計學 中興大學農藝系生物統計研究室

台灣總代理：  
永裕農機供銷公司  
台北市貴陽街一段二十五號  
TEL: 28667  
26219

# Sunnyhose

灌溉的新猷

“サニ-ホ-ス”

- (1) 經久耐用
- (2) 可摺可藏
- (3) 柔軟輕便
- (4) 折疊簡單

# Rainnyhose

15 cm

15 cm