

旱田作物栽培方式與田間灌溉效率之研究⁽¹⁾

Studies of Crop Cultivation and Its Irrigation Method and Efficiency

張 建 勳⁽²⁾

臺灣旱田作物灌溉研究，近年來頗有進展，若干有關旱作灌溉之試驗研究在進行中。但試驗工作以田間小區試驗居多，亦有溫室盆栽與滲透計試驗。小區試驗可能忽略大面積田間施灌所產生之實際問題，其中最重要問題之一為估計田間之施灌效率。而灌溉效率之研究，難以在小區試驗中獲得可靠之結果。

但灌溉效率似亦無一十分明確之定義，對一灌溉系統而言，估計灌溉效率亦可包括輸水路之損耗。至於田間之灌溉效率亦可指田間施灌水量與田間作物可以有效利用之部分之比。因此灌溉效率間接的表示灌溉後土壤水分之分佈情形。V.E.Hansen 氏在 1960 年美國農工學報 (ASAE Transaction) 對灌溉效率有更詳細之解釋。

灌溉效率可以作為衡量田間灌溉操作之標準。田間施灌要維持合理之灌溉效率，必須先對灌溉效率有清楚之觀念，而後研究影響田間灌溉效率之各項因素。當然灌溉效率高表示灌溉技術愈進步，可以用最經濟之灌溉水量達到預期之灌溉目的。

但田間施灌受環境條件之限制極大，例如日本「相模原」之旱田灌溉計劃水深為 38mm，而在臺南學甲之大面積灌溉，平均田間用水深約為 60~70mm。表面看來臺灣田間灌溉技術較差，但日本之旱田，畦長不過 30~50 公尺，且有適當坡度，此種條件在臺南平原之輪作田中無可效法。

由於臺灣農業環境之特殊，一年多作，目前灌溉系統，只為灌溉水田而設，水田間之上流下接方式不能施用於旱田。且以旱田與水田輪作，一般情形為田

區窄長而平坦，作物栽培雜亂，整地無標準，農民對旱田灌溉缺少操作經驗等因素，使施灌十分困難。凡此均為臺灣旱田灌溉難有較高灌溉效率之原因。故灌溉效率之研究，必須涉及各種旱田作物之栽培以及田間採用之灌溉方法，分別研究其地區性之差異以及各種環境條件之限制對灌溉效率之影響。

旱田作物之栽培方式：

旱田作物栽培，大致上屬於三種形式；

1. 行栽作物。
2. 畦栽作物。
3. 平地栽培作物。

以上三種栽培方式大致上可以包括菓樹以外之一般田間作物。但臺灣之旱田作物栽培，除部分無灌溉設施不種水稻，或丘陵地帶與臺糖公司之蔗田外，大部分為與水田輪作。即使在二期水稻地區，裡作與間作亦甚為普遍。輪作田無坡度，而臺南平原輪作田之平均田區長度均在 100 公尺以上，較長的田區有達 300~400 公尺者。旱田作物中，甘藷、甘蔗、棉花等為行栽。玉米則栽於平地，培土後成為窄行細溝。花生、大荳、黃麻等均為平地密植。但苗栗地區則花生、大荳等有栽於寬畦者。

臺灣之旱田作物，除甘蔗外，過去並無給予灌溉之考慮。農民對旱田之栽培，整地無一定之標準。田間缺乏補給水路，田區過長者亦無加以劃分。作物栽培亦無配合灌溉時期之計劃；不但施灌困難，更難達到較高之灌溉效率。茲以臺南學甲之東寮地區兩次灌溉之田間調查結果列如下表，可見各項田間因素對灌溉用水量之影響，差異甚大。

註(1)：本研究之完成得國家長期發展科學委員會之補助

(2)：臺灣大學農業工程系教授兼主任

表(一) 東寮甘藷第一次田間灌溉結果

Result of Sweet potato irrigation in Tung Liew (First irrigation)

耕作者 Owner	地號 Plot No.	整地 Land Preparation	面積 Area	施灌水深度 Depth	畦長 Length	流量 Flow	備註 Remark
羅金桂	2900-1-2	優	0.14	31.4	90	0.0170	
"	2900-1-1	"	0.12	49.2	117	0.0158	
謝扒	2568	"	0.087	30.4	145	0.0119	{ 50m時 26.2mm 100m時 27.4mm
盧財寶	2567	"	0.16	49.5	158	0.0119	{ 50m時 29.8mm 100m時 37.9mm
羅清標	3040-1(1/2)	"	0.075	24.2	51	0.065	原畦長 102m, 由兩段灌溉效率較高
"	3040-1(1/2)	"	0.075	37.9	51	0.0127	" "
謝趕	2563	"	0.09	45.6	160	0.0114	
李連發	2535	可	0.43	96.6	120	0.0103	55m時 41.4mm
李謝	2882 8883-3	"	0.28	58.9	90	0.0098	
謝李心	{ 2884, 2885-3 23-6, 2887-3	"	0.24	77.0	100.8	0.0128	50m時 46.2mm
李振書	2838-4	"	0.11	56.4	100.8	0.0131	50m時 35mm
李旋	2901	"	0.10	49.5		0.0131	
謝臣	2883	"	0.15	51.7	102.8	0.0131	50m時 46mm
謝永祝	2890 2890-6	"	0.23	59.8	88	0.0131	
陳樹林	3041	"	0.11	79.8	100	0.0114	
謝趕	2898-1-1	劣	0.055	81.2	71	0.0129	
"	2898-1-2	"	0.063	81.2	71	0.0129	
"	2898-1-3	"	0.024	52.1	26	0.0135	
"	2898-1-4	"	0.024	52.1	26	0.0135	
"	2898-1-5	"	0.026	52.1	26	0.0135	
謝永祝	2889-3	"	0.17	102.0	90	0.0183	
李連	2626-2	"	0.11	63.9	97	0.0089	
王考	2631	"	0.17	77.6	100	0.0094	
王萬福	3045(1/2)	"	0.17	96.3	114.5	0.0119	{ 50m時 68.8mm 100m時 83mm
陳樹林	3041-3	"	0.11	108.0	105.7	0.0114	{ 50m時 38.3mm 100m時 97.5mm

表(二) 東寮甘藷第二次田間灌溉結果

Result of sweet potato irrigation in Tung Liew (second irrigation)

耕 作 者 Owner	地 號 Plot No	整 地 Land preparation	面 積 Area	施灌水深 Depth	畦 長 Length	流 量 Flow	備 註 Remark
			ha	mm	m	m ³ /sec	
李 火 玉 水	{ 2639-3 2640-3 2642-6	優	0.06	28.0	73	0.0215	
李 治	2879	"	0.33	36.0		0.0093	
陳 新 在	2896	"	0.13	23.0	60	0.0084	
"	{ 2897 8896 2895-3	優	0.34	47.0	180	0.0173	兩端灌分60m及160m隔行灌
謝 扒	2568	"	0.19	42.0	140	0.0232	溝 底 新 植 棉 花
羅 財 寶	2567	"	0.16	56.0	150	0.0272	
謝 永 裕	2898	"	0.25	41.0	120	0.0336	兩 端 隔 行
謝 趕	2898-1	"	0.22	25.0	120	0.0336	隔行灌、溝底新植豆類、兩端灌
羅 大 金 林 桂	2899-1 (2900-1) ^{1/2}	"	0.32	42.0		0.0316	
謝 趕	2899	"	0.18	36.0	120	0.030	兩端灌
羅 清 標	3040-1	"	0.15	23.0	109	0.0286	兩端灌
陳 良 聚	{ 3050 3046 3049	"	0.55	39.0	225	0.0285	"
羅 清 標	3033	"	0.24	38.0	96	0.157	
李 連 盤	2626-2	"	0.11	40.0	97	0.00158	
王 考	2637	"	0.17	45.0	96	0.0242	
李 川 弓	2585	"	0.43	48.0	140	0.0280 0.0323	分兩頭80及60
謝 趕	2566-1 2566	"	0.18	54.0	169	0.0280	
李 春 泰	2582-4	可	0.02	58.0	三角形 田 區	0.0142	
李 砧	2332	"	0.16	82.0	90	0.0333	
朱 寶 虎 石	2903	"	0.33	63.4		0.0298	
謝 趕	2893-1	"	0.18	47.0	60	0.0104	兩端灌
李 文 蟬	2583	劣	0.28	73.0	69	0.0291	

上表之行栽溝灌，均採用 20/sec. 之流量，田埂間灌溉之田埂寬度為 4~7 公尺，大蒜則用分段漫灌。但除溝灌甘藷有較多之資料可供分析外，田埂間灌溉尚無足夠之資料。根據上表可約略歸納如下數點：

1. 田埂間灌溉法較溝灌用水多，亦即灌溉效率較低。但分段漫灌則用水約與溝灌相近。

2. 作物與灌溉方法相同，整地較差之田區，用水

較多且差異甚大。

3. 流長較大者用水較多。

以上為田間實際施灌之情形，故研究田間之灌溉效率，可基於上述數點為研究之主要對象。

灌溉效率之基本研究：

地面灌溉之研究，主要為滲入與流進之兩項水流現象。國外此類有關研究文獻甚多。但滲入與流進均

受複什而不固定之土壤與地面情形等因素之影響，因而導出種種實驗公式。難以有廣泛之適用性。外國之灌溉地區，作物之栽培，配合灌溉之需要，且由於機耕作業，田面狀態較能維持一定的標準，公式推算往往與田間實測相當接近。但臺灣之水稻輪作田，坡度甚小，而稻田之下層土堅實，滲入率可以較短時間內達到一定之數值。田面坡度小，可用較大之隴溝流量而不至發生冲刷，故臺灣輪作田之灌溉，其田面條件與美國一般灌溉田區之情形，大不相同。

研究水流與滲入之關係公式，最簡單之形式為：

$$I = Kt^n \quad \text{式} \dots\dots\dots (1)$$

$$I = C + Kt^n \quad \dots\dots\dots (2)$$

由(1)，(2)兩式之積分，可表示 t 時間內滲入土中之水量

$$D = \int_0^t I dt = \int_0^t Kt^n dt = \frac{Kt^{n+1}}{n+1} \quad \dots\dots\dots (3) \text{式}$$

$$D = Ct + \frac{Kt^{n+1}}{n+1} \quad \dots\dots\dots (4)$$

而平均滲入之水深

$$D_a = \frac{1}{t} \int_0^t D dt = \frac{Kt^{n+1}}{(n+1)(n+2)} \quad \dots\dots\dots (5) \text{式}$$

$$D_a = \frac{Ct}{2} + \frac{Kt^{n+1}}{(n+1)(n+2)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

設水流到達尾端之時間為 t_1 ，而水浸潤首端與尾端之時間各為 t_2 與 t_3 ，則(5)式可寫為

$$D_a = \frac{1}{t_3 - t_2} \int_{t_2}^{t_3} \frac{Kt^{n+1}}{n+1} dt$$

$$= \frac{K(t_3^{n+2} - t_2^{n+2})}{(n+1)(n+2)(t_3 - t_2)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{或 } D_a = \frac{C(t_3 - t_2)}{2}$$

$$+ \frac{K(t_3^{n+2} - t_2^{n+2})}{(n+1)(n+2)(t_3 - t_2)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

假設水之浸潤時間足夠使末端滲入達到所需之深度 D_r 而超過此深度則為滲漏損失，則以 P 代表損失之百分數。

$$P = \frac{100(D_a - D_r)}{D_a} = 100 \left[1 - \frac{D_r}{D_a} \right] \quad \dots\dots\dots (9)$$

若末端滲入需要深度之時間為 t_2 ，則(9)式可寫為

$$P = 100 \left[1 - \frac{t_2^{n+1}(t_3 - t_2)(n+2)}{t_3^{n+2} - t_2^{n+2}} \right] \quad \dots\dots\dots (10)$$

若 $t_2 = Rt$ ，而 $t_3 = (R+1)t_1$ 則(10)式可寫為

$$P = 100 \left[1 - \frac{R^{n+1}(n+2)}{(R+1)^{n+2} - R^{n+2}} \right] \quad \dots\dots\dots (11)$$

或簡化(11)式寫為

$$P = \frac{100(n+1)}{2R+1} \quad \dots\dots\dots (12)$$

若 R 大於 2，則在一般之 n 值下，(12)式與(11)式相差應在 5% 以內。

以上形式之公式為基於土壤滲入形態之公式，為 Criddle, Davis, Pair Shockley, Phillip 等氏之倡導。

Christiansen, Bishop, Fok 等氏，以流長之關係介入滲入公式，從(5)式得：

$$D_a = \frac{Kt^{n+1}}{(n+1)(n+2)} = \frac{qt - D_s L}{L}$$

$$= \frac{qt}{L} - D_s \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{與 } L = \frac{qt}{D_a + D_s} = \frac{qt}{\frac{Kt^{n+1}}{(n+1)(n+2)} + D_s} \quad \dots\dots\dots (14)$$

或從(6)式得；

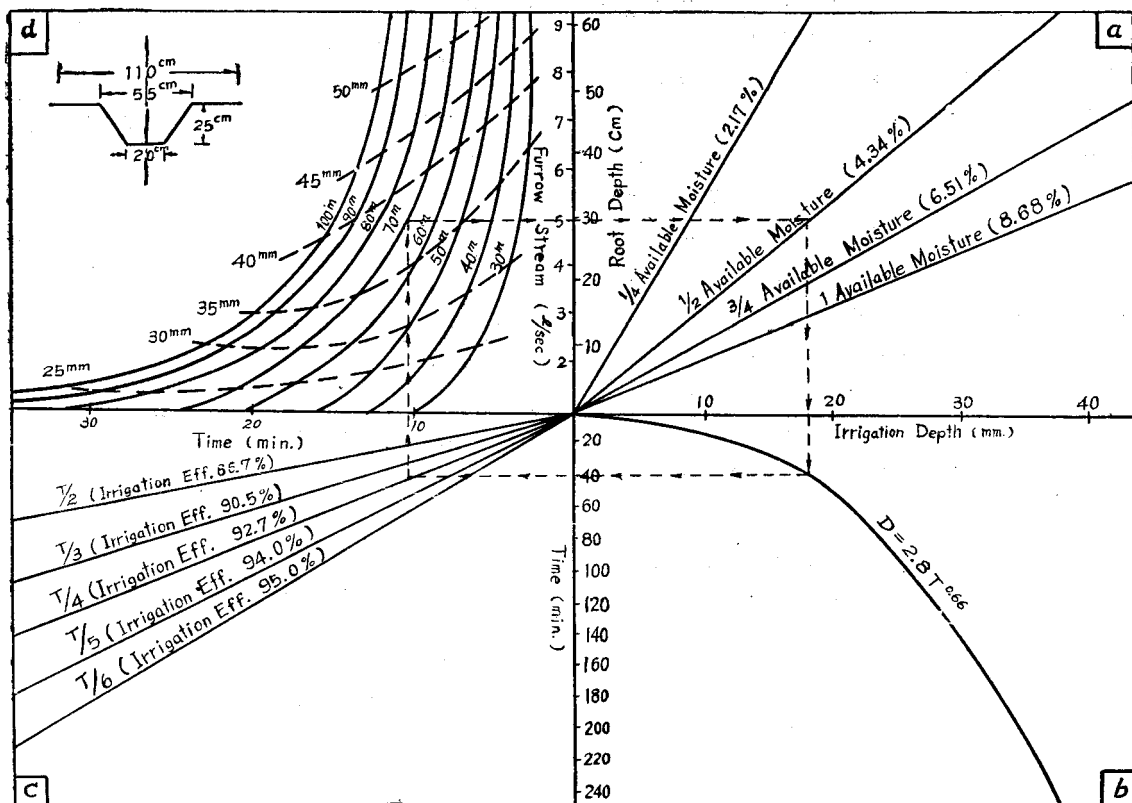
$$\frac{Kt^{n+1}}{(n+1)(n+2)} = \frac{qt}{L} - D_s - \frac{Ct}{2} \quad \dots\dots\dots (15)$$

由實驗流長與時間關係，(13)與(15)式可在對數紙上繪出之曲線以求得田間之 K 與 n 值。

類似如上之公式演算及田間實驗，多見於國外之文獻。但臺灣之輪作田間情形特殊，輪作田無坡度，整地情形不同，作物栽培方式不一致，間作普遍，作物栽培時間較短，土層淺而下有牛跡層等情形，影響灌溉水之流進與滲入。故臺灣旱田灌溉必須根據田間條件予以研究，方能較為符合實際需要。

過去兩年間，嘉南之學甲與新港試驗站均曾進行田間之灌溉觀測，劃定田區以研究灌溉水流進與滲入情形，並將試驗結果分析，繪製圖表。例如嘉南學甲示範田甘藷灌溉結果所繪出之圖(1)，可以表示田間灌溉行栽作物之流量與流長等關係。

如圖上所繪者為根據作物估計根深依虛線指向交於 $1/2$ 有效水分之線再向下交於橫坐標求出所需灌溉水深。從該點向下交於土壤滲入曲線後從交點引至縱坐標指示其所需要之時間。水量灌入隴溝倘能於一定時間內灌達隴末，此一定之時間可以間接表示其灌溉效率。但欲求田間灌溉能合乎上項要求，勢必須隴長與流量有適當之配合。故循圖上虛線之指示方向上交於隴長曲線再引直縱坐標以求出需要之流量。



圖(1): 學甲示範田甘藷灌溉方法試驗。

Studies of irrigation method of sweet potato.

圖上之滲入曲線及隨長流量曲線為在田間測定者。其應用範圍須視觀測之田間有如何之代表性。隨溝間水之流進受土壤與隨溝狀態之影響，整地情形不同影響更大。因此上圖之應用範圍可以指出為學甲地區之壤土，整地良好之輪作田，為行栽作物甘藷灌溉之用。類似之圖表可以為不同之土壤，不同之作物及不同之灌溉方法而製作。但仍有一難以判斷之因素存在，即整地之標準極難確定。外國有不少灌溉規範，亦不外為理論與實際之成果。但外國之機耕作業，田面狀態較為劃一，農民對灌溉操作之經驗亦多。灌溉方法之試驗，曾於學甲之示範田試作七次，均繪出如上圖之曲線，類似上項之試驗，水利局旱作推行站亦分別舉行。地點為苗栗之後龍、高雄之岡山與大寮、彰化縣之員林。此外新竹改良場亦曾在崎頂進行此項試驗。比較試驗結果，可見上述流量溝長與灌溉效率等關係，各因土壤性質之不同而異。其後東寮地區之灌溉更可說明整地情形之影響更為重要。為此灌溉方法之研究更不能不配合適當之栽培與整地而訂定一種簡易規範，以指導農民，而此項規範似必有其地區與時間性。

另一實例為嘉南新港試驗站所作之平地密植花生，施行田埂間灌溉法，其試驗結果如下表；

Q/W	灌溉效率 (%)	灌溉水深 (mm)	適當流長 (m)	單位流量 (l/s/m × 10m)
2.0	80	40	23.5	0.851
2.0	80	60	60	0.333
2.0	80	80	112	0.179
3.5	80	40	92	0.380
3.5	80	60	138	0.254
3.5	80	80	177	0.198
5.0	80	40	121	0.413
5.0	80	50	177	0.282
5.0	80	80	204	0.245

以上對田間灌溉效率之研究，資料仍小，均未能導出一項大面積田間施灌可以使用之規範，其最大之困難，在於田面狀態難有一定之標準。試驗結果，不能用為大面積施灌配水之根據。但由於嘉南地區之推行旱田作物灌溉，田間施灌之實際觀測資料較多，迄今已有二次大面積田間施灌之詳細紀錄。因此本研究

之目的擬另採一途徑，根據大面積田間施灌之大量紀錄，加以分析，以尋求一項較為符合田間實際情形之估算灌溉效率之方法。

在嘉南學甲之東寮地區曾舉行兩次大面積之旱作灌溉。其觀測調查結果真列如表(一)及表(二)。其中第一次灌溉作物種類較多，第二次灌溉則秋作已收，春作未種，故主要為裡作甘藷之溝灌。第一次全區平均灌水深度為69公厘，第二次59公厘。可能因第二次灌溉主要為溝灌及農民較有灌溉經驗故用水量較低。嘉南輪作田作物栽培灌溉方式主要有行栽作物之溝灌及平地密栽作物之田埂間灌溉。但田埂間灌溉資料較少，田埂寬度與適當流量均未能在試驗田予以判定，故未能作結論。但溝灌則實驗資料較多，已可認定嘉南壤土地區之溝灌流量以 2 l/sec 最為適當。故東寮灌溉採用 2 l/sec 之流量。本年度曾預定作大面積施灌，但因天雨取消。故除在若干地區進行試驗性之灌溉，迄未能作大面積之施灌觀測。由於實際施灌資料之獲得有待於水利會施灌計劃之配合，故本報告僅能就嘉南壤土地輪作田行栽作物溝灌作初步之結論。

臺灣之田間實際情形與外國不同。輪作田無坡度

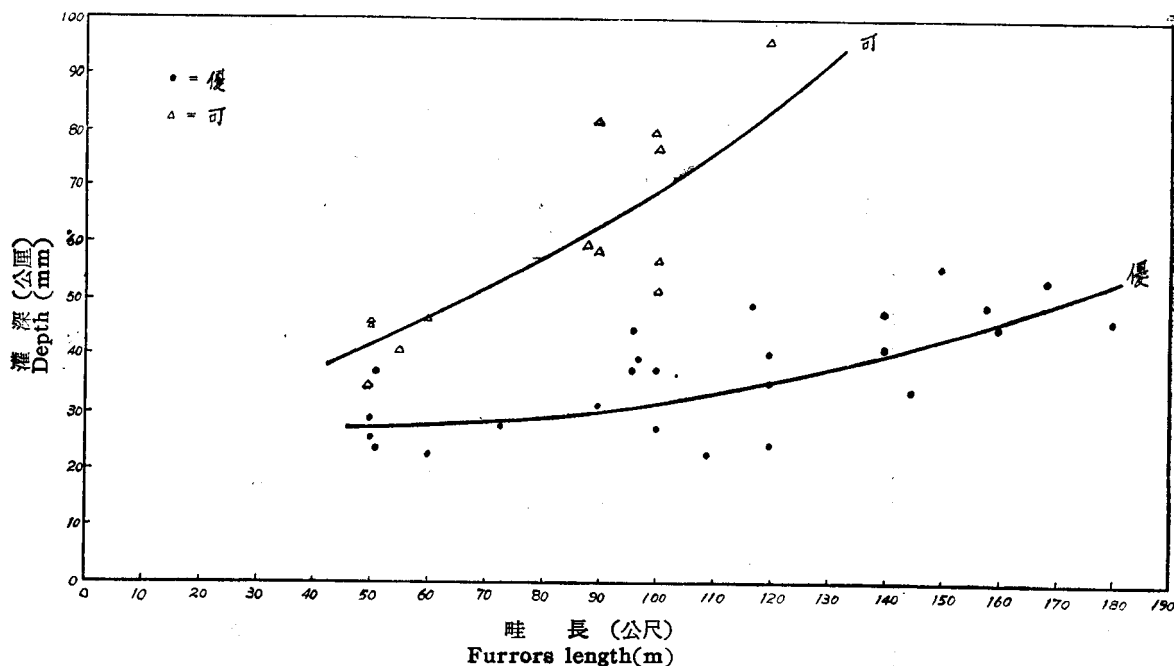
，整田狀態差異甚大，田區小而狹長，用已有之灌溉公式作為施灌之依據，不能適用。即使以試驗田之結果如圖(一)之方法亦難代表一地區之平均情形，且對整地因素未能包括，難符實際需要。故目前所切要者為尋求一流量與適當流長之關係以為大面積施灌配水之根據，惟有從大面積施灌之觀測結果，導出簡易之規範以為條件相似之地區施行灌溉之依據。經東寮兩次灌溉之觀測結果，可歸納於下列數點：

1. 農民可以經勸導作適當程度之整地，配水可依合理之整地情形而估計。田間灌溉可達50%~70%之灌溉效率。

2. 目前之灌溉，農民須灌溉水流達壠末方行斷水，壠長超過 150公尺須分段施灌。

3. 如以灌溉土深 60cm, $1/2$ 有効水分施灌，在嘉南壤土地區，每次灌溉需要約為30~35公厘，故平均溝灌效率約在50%~70%左右。

基於以上兩次灌溉田間實際情形為基礎，將兩次大面積施灌之觀測結果整理，可將整地優與可者，灌深與流長之關係繪出如圖(二)。整地劣者為農民本身應有之改善。如此構想，似為目前未有更妥善估計方法之前，最為合理可行而合乎實際需要之方法。



圖(2)：東寮地區，不同整地情形壤土溝灌水深與流長之關係

Relation of Depth of irrigation and furrow length in loam soil of various land preparation

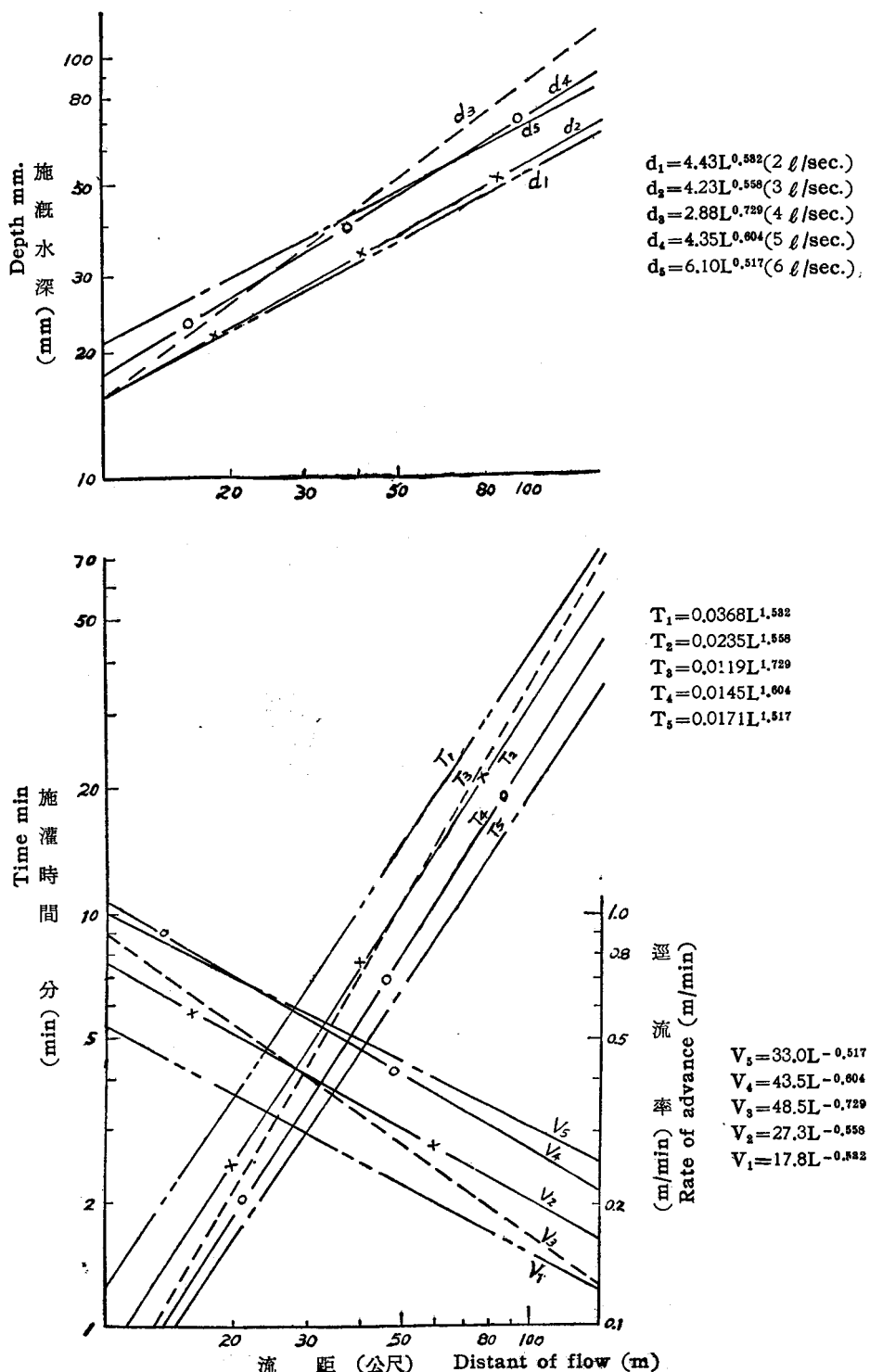
根據上圖，可見整地介乎優與可之間，須憑判斷。整地劣者大致為犁後未經碎土耙平，易於識別。灌溉管理人員可以事先巡視，將田區情形記錄，然後照田區長度，面積大小分別估算田間需水量，外加 $1/3$ 之

補給水路損失，即可估計給水門之配水量與時間。圖(2)之整地優者，估算水量頗為接近使用圖(1)實驗田之估計，故可證明其適用性。

灌溉方法之研究，過去一年曾在砂土與粘土地區

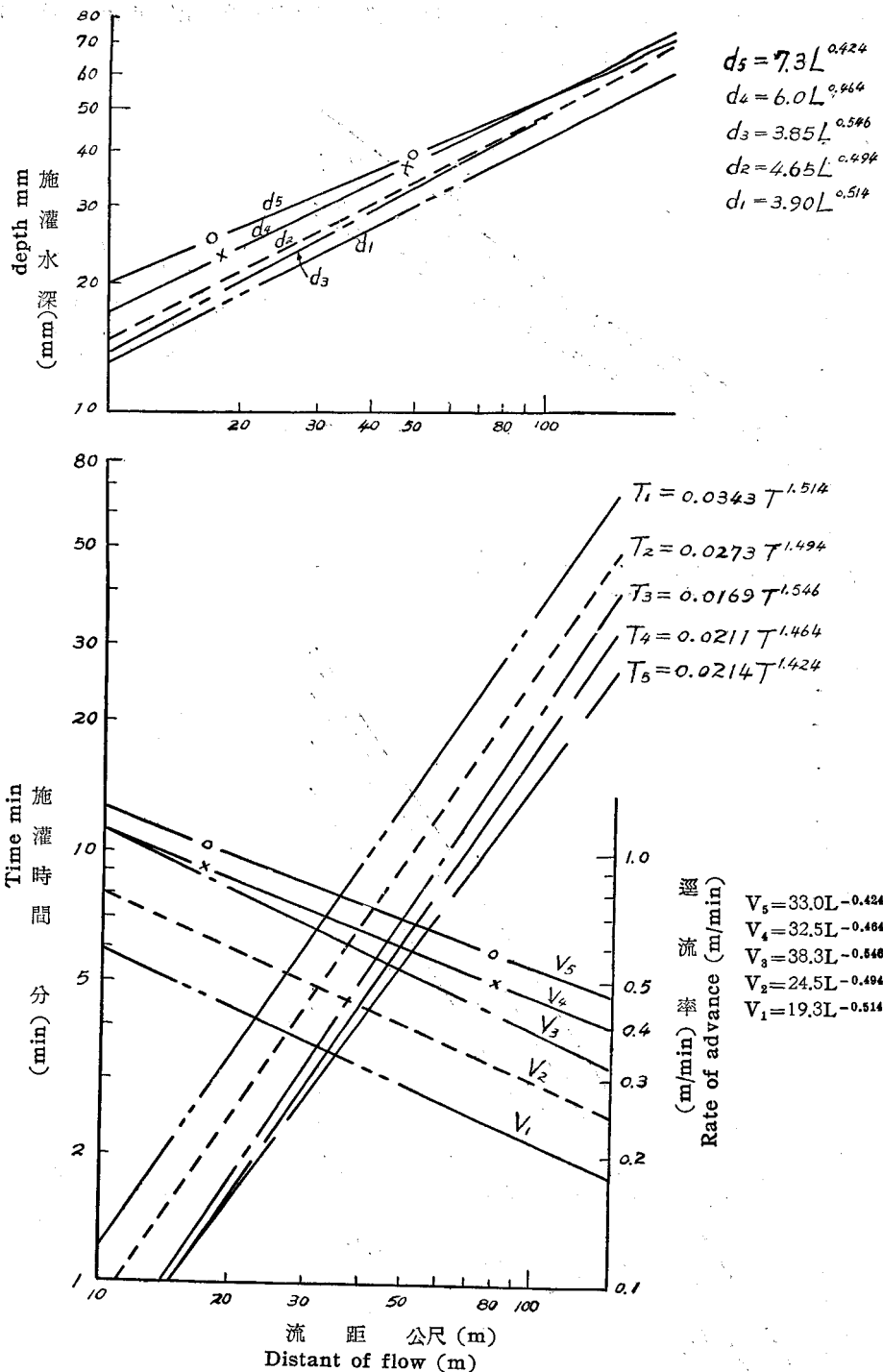
進行。但迄無大面積施灌之觀測機會。在太西地區砂壤土進行之甘藷灌溉試驗，尋出砂壤土溝灌之施灌水

深與流進之關係在對數帶上繪出如圖(3)及圖(4)。



圖(3)：太西第一次灌溉前進曲線與施灌水深度曲線與逕流率曲線

Irrigation experiment of stream advance and depth of irrigation in sandy soil of Ti-see (First irrigation)



圖(4): 太西第二次灌溉前進曲線施灌水深度曲線及逕流率曲線
Irrigation experiment of stream advance and depth of irrigatron in sandy soil of Tai-see (seond irrigation)

太西之試驗為學甲試驗站之資料，前進曲線均以各處理前進時間測定值三重複之數，用最小二乘法求出其數學式。圖上所示與實測值差數極小。除第一次

灌溉 42/see 較特殊之外。大流量之前進時間均較小流量為少，而同一流量，第二次灌溉較第一次省水，因第二次灌時地面較平而密實，土壤水分亦較第一次

爲高。綜合二次試簿結果可歸納如下數點：

1. 第一次灌溉抵達同流距之逕流率恆較第二次爲小。
2. 第一次逕流率減少之倍數，較第二次爲大。
3. 大流量雖有較大之滲入率，但大流量之逕流率仍較小流量大，且大流量抵達末端時之逕流率高，可見大流量或可考慮提早斷水點將可節省水量。

太西之砂壤土灌溉研究，只在一片選定田區，故

摘

本研究之目的爲尋求旱田作物之栽培方式與適當之施灌方法。由於臺灣田間灌溉之環境條件特殊，已有之灌溉公式不合臺灣之實際需要。必須就當地情形加以研究。

根據過去試驗田之研究結果，仍未能與大面積施灌之由間實際狀態相符。由試驗田所得壤土溝灌之結果如圖(1)仍未能施用於大面積之灌溉主要原因厥爲未能包括最重要之田間整地因素。本研究之構想爲根據大面積施灌之田間觀測結果，在整地優與可之間，分析流長與灌深之關係，繪出如圖(2)。根據圖(2)曲線可以估算灌溉配水量似爲目前最切合實用之方法。但圖

無從作如圖(2)之分析。粘土地溝灌之研究，由於田土乾裂，壟間橫向滲漏過大，未有結果。本報告之研究結果，可認爲合乎實際田間應用者，僅限於壤土輪作田之溝灌。但提供之方法，似爲目前最能合乎實用者。至於砂土與粘土之溝灌有待繼續研究。田埂間灌溉及坡地灌溉亦均有待繼續研究。

田間試驗觀測工作及資料整理，均爲學甲試驗站同人葉政秀、黃卷重、曾金億、姜璧銘等諸先生之辛勞，謹表謝意。

要

(2)之應用範圍以無坡度之輪作田行栽作物，在壤土地區爲限。在他種地形及土壤條件之下應另行根據實際觀測資料繪出上項曲線。由於整地情形無適當之衡量尺度，已有公式均非用於無坡度之輪作田，難以適用。

平地密栽作物須施行田埂間灌溉，但迄今尚無足夠之田間施灌觀測資料，有待於繼續研究。

砂土溝灌之試驗資料繪出如圖(3)與圖(4)，亦因未有大面積之田間觀測資料，未能作如圖(2)之分析，亦有待於繼續研究。

Summary

The purpose of this study is to develop an applicable method for the irrigation of upland crops in Taiwan. Crop cultivation in Taiwan is different from that of other countries. Crops are grown in rotation with rice in field of little or no slope. The field is very small but often with considerable length. Crops are grown either in row or in close spacing on level ground. Furrow irrigation or border irrigation seem to be the typical method for crop irrigation. But the condition of land preparation is found to be the most influencing factor affecting irrigation application in the field. Irrigation formulas seem not suitable for practical use in field application.

Experiment studies in a field of sweet potato is plotted in a chart as in Fig. (1). But it is not sufficient for the estimation of irrigation requirement for a larger area since it has not included the most important factor of land preparation.

An approach to this problem is to observe closely the result of actual irrigation carried out in a large area, (Table 1, & Table 2) and grouping the field according to its land preparation described as good and fair, and plot the relation of depth used in different furrow length. Using the most suitable furrow stream 20/sec. as determined by experiment and assuming the field is irrigated to a depth of 60cm. at 1/2 available moisture. It was found that average irrigation efficiency may be from 50% to 70% if the irrigation stream is cut off when it reach the lower end of the furrow. The result is plotted in Fig. (2). The curve of Fig. (2) may be used to estimate the requirement of irrigation water for field of level furrow of similar soil.

The method is applicable and simple to use. Such as in Fig. (2), it may be used for medium texture soil. For sandy soil and clay soil, similar curves should be plotted according to actual data in field application over large area. Such data is not yet available.

Experiment of furrow irrigation on level ground of sandy soil is plotted in Fig.(3) and Fig.(4). However, the experiment is not included the factor of land preparation. It is not sufficient for estimating irrigation water requirement for a large area.

Border irrigation for crops of close spacing grown on level ground is also in need of further investigation. Actual application data in large area is not yet available.