

畦溝灌溉法之研討

Study and Discussion on the Furrow Irrigation Method

農復會助理工程師

吳 耀 煌

一、前言

為灌溉水之有效利用自去(53)年開始在水利局六個旱作灌溉推行站及嘉南水利會學甲與新港旱作灌溉實驗區分別實驗並研究灌溉方法。因旱作灌溉方法之實驗於本省是首次，故去年夏天開始後大部份實驗均花在滲透能試驗及畦溝水脈前進速度之實驗，以求合理之畦溝灌溉方法。至于田埂間灌溉方法之實驗僅於嘉南水利會新港旱作灌溉實驗區及水利局彰化推行站各試驗一次，實驗方法尚未就軌道。另外於臺南區農業改良場亦在進行整地灌溉方法及花生之紋溝灌溉方法之實驗及研究中。

雖然灌溉方法之實驗工作開始以來，約一年時間大部份花費在畦溝灌溉，仍感未能解決問題頗多，且必須經過各從事此項工作人員之討論，以期對於今後實驗或推行工作有所改善。

二、過去嘉南水利會學甲實驗區及水利局各推行站之實驗

1. 滲透能實驗 (Intake Rate)

：以遮水鐵板二片相隔 50cm，垂直打入畦間，鐵片外面兩邊各隔約 50cm 處築堤作成緩衝池，實驗溝之兩側畦溝亦築堤作緩衝池，以定水頭水桶控制兩鐵片間之水位，並記錄累積滲透水深，亦即所謂 Ponding method。惟畦溝中水面寬度有控制為約 20cm 者亦有(配合實際情形)四十多公分者不太一定。

2. 水脈前進率實驗 (Advance Rate)：

以巴歇爾量水槽控制流量，以各種不同流量放入畦溝，測定各種流量之前進速度。

3. 縱向深層滲漏損失：

假定滲透水深公式為 $D = CT^n$ ，水脈流達田尾之時間為 $\frac{T}{m}$ ，即縱向深層滲漏損失百分比為

$$\frac{(m+1)^n - m^n}{(m+1)^n + m^n} \times 100。$$

美國一般規定 $m > 4$ ，如 $n = 0.5$ 時損失百分比小于 5.6%。因本省之田區較小，畦長為固定，且估計根

層深度及灌溉水深均淺，過去之實際分析中並無限制 $m > 4$ ，反以固定畦長之 m 值求損失百分比。

4. 資料整理後繪製灌溉指示圖：

下圖以學甲甘藷田為例。

下圖中點線例子表示根深 40cm，補充 $\frac{1}{2}$ 有效水分時灌溉水深為 24mm，滲透時間需 90 分鐘，如畦溝長為 90m，使用四分法時應使用流量 2.5 l/s，但於水流到達畦末時所給水量已相當與 35mm，故如施灌時間延長至水流到達畦末即所給水量超出預計灌水深度多，因此使用三分法，即流量 1.3l/s。

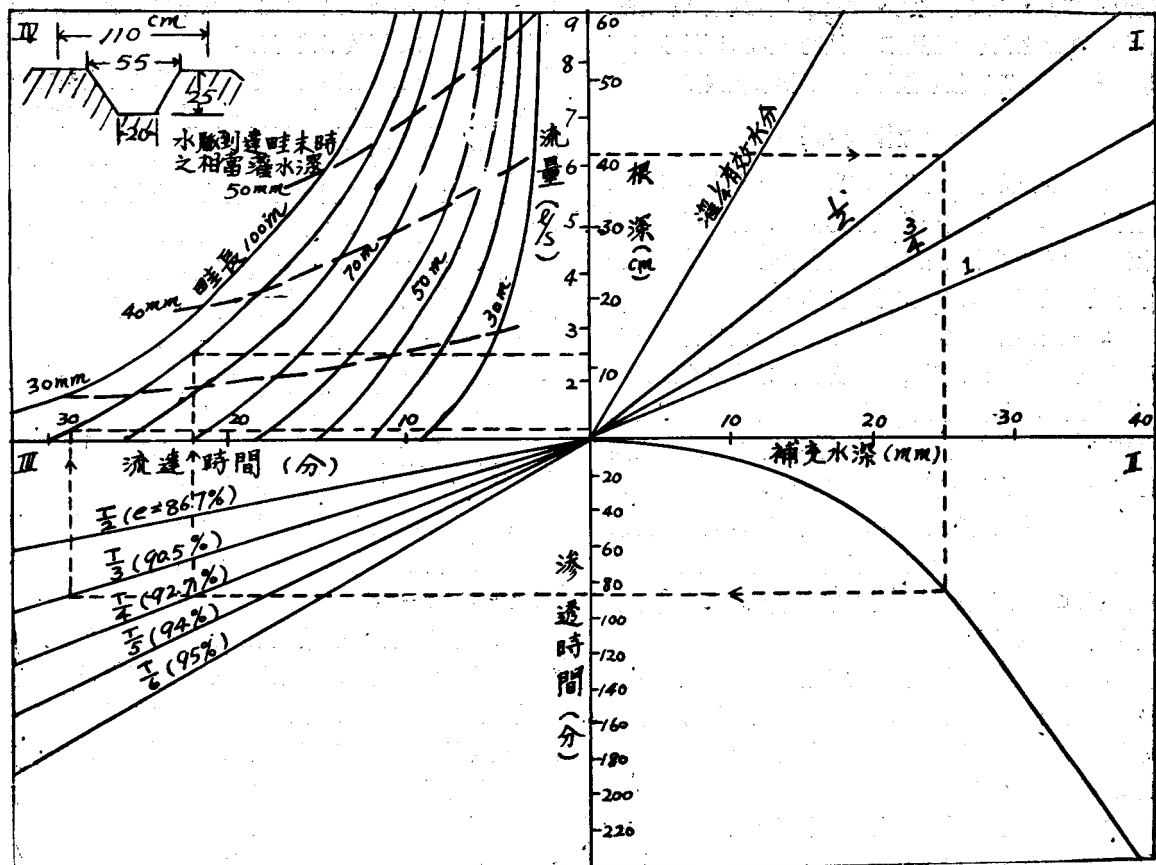
三、美國一般使用畦溝灌溉方法

1. 滲透能試驗：美國農業部第 82 農業手冊所使用方法為以畦溝之流入量與流出量之流量差為滲透率，單位為每百英呎畦溝滲透率 g.p.m. 表示。應用時可換算為水深單位，in/hr，下面為該手冊上之實例。

時 間	經過時間(分)			流入量 (g.p.m.)	流出量 (g.p.m.)	畦溝中 消 失 (g.p.m.)	每 100 呎 滲 透 率 (g.p.m.)
	測 點 0+00	測 點 1+00	平 均				
8:02	開 始			40			
8:24	22	到 達		"			
8:27	25	3	14	"	0.60	3.40	3.40
8:50	48	26	37	"	1.90	2.10	2.10
9:20	78	56	67	"	2.44	1.56	1.56
10:00	118	96	107	"	2.80	1.20	1.20
11:10	188	166	177	"	3.00	1.00	1.00
12:30	268	246	257	"	3.12	0.88	0.88
14:00	358	336	347	"	3.30	0.70	0.70
16:00	478	456	367	"	3.40	0.60	0.60

2. 所需入滲時間：由滲透能試驗求得 $I = KT^n$ 公式之 K 及 n 係數後積分即得 $D = \frac{1}{60} \frac{K}{n+1} T^{n+1}$ 或 $T(\text{分}) = \left[\frac{60 D (n+1)}{K} \right]^{\frac{1}{n+1}}$ 。

3. 最大容許流量：以不發生冲刷及溢滿畦頂為限，但畦溝可於水流到達畦末後遞減以免畦末積水，水平或近乎水平之畦溝不易發生冲刷，畦末亦不發生積水，最大流量僅受畦溝斷面之限制，水流到達畦末後



第 1 圖

- I 象限：由根系深度及所需補充有效水分百分比求灌溉水深。
- II 象限：由滲透能試驗所得水深與滲透時間關係曲線求得所需滲透時間。
- III 象限：求到達畦末時間。
- IV 象限：由水脈前進率試驗所得流量與到達時間關係曲線求得應使用之流量。IV 象限中虛線表示水脈到達畦末時所給水量之相當水深：

亦不必遞減。

4. 流達畦末時間：應於入滲時間之四分之一時間內到達畦末。所使用流量不一定使用最大容許流量以求早速到達，可使用較小流量但須於四分之一時間可到達。

5. 最大流量 (Maximum allowable length of run)：最大容許流量可於四分之一滲透時間內可到達畦長為最大流長，亦即最大畦長。

6. 灌溉時間：於 Oklahoma Engineering Handbook, "Irrigation" 中對於水平畦溝 (畦首至畦末高差小於灌溉水深之半之畦溝) 規定為施灌時間相等於計劃流量為供給所需水量所需要時間，但有坡度之畦溝之施灌時間必須足夠於畦首為入滲灌溉水深所需時間。

四、討論事項

1. 滲透能試驗：過去所使用方法屬於 Ponding method，但實驗時水面寬度甚難規定，實際上灌溉時畦首與畦末之水面寬度相差頗大。美國一般採用之 inflow-out flow method，似與實際較為靠近，但該法之缺點為以某一長度與某一流量之實驗滲透率應用於其他長度與流量之畦溝時亦未免有差誤。

經討論結果認為將來之滲透能實驗應用兩種方法即 Ponding method 與 inflow-out flow method 均予實驗，並將兩種試驗結果作比較或求其相關之關係，係將來有實驗結果後再討論。

2. 灌溉水深與施灌時間：過去實驗對於土層濕潤深度大部份假定為 40cm，如有效水分消耗 50% 時灌溉即每次應補充水分約在 20 至 50mm，於輪作田，因

灌溉水深小、滲透時間短、坡度小而流速慢，結果往往如第1圖之例子，採用四分法時，如必須於水流到達畦末後斷水即所給水量已超出所要水量很多。

五、討論結果

1. 對於補充水深之入滲時間估計，應考慮灌溉水之分佈效率（如橫向分佈效率等），即應以所需補充水深除以分佈效率後之水深估計所需滲透時間，至於分佈效率並不只限於橫向分佈效率。

2. 一般輪作田之田坵坡度小而長度為既定，如第1圖例子可由應到達時間（四分法）求得適合該長度之流量大小，但如使用四分法時往往在100m以內長度就發生因流量大而水流到達畦末時已超出計劃水深之趨勢。為解決此種現象有下列兩法：

a. 不嚴格規定四分法，即以較小流量灌溉，使水流到達畦末時之所施灌水量不超出計劃灌水量，然後按照到達時間（三分法或二分法等）計算縱向分佈效率增加灌水量。

b. 使用較大流量使水流儘速達到畦末，但不一定於水流到達畦末後斷水，即於施灌水量足夠計劃水量時斷水。為採用此種方法應實驗各種流量於流到各種長度斷水後之流速。

經討論結果認為於砂土畦溝中斷水後水脈就不能再前進，故第二種方法不能使用。因此上述兩方法之

選擇因土質而不同，實驗時應兩種方法併予考慮，求灌溉水分佈均勻而效率較高者。

3. 有斜坡之畦溝應優先考慮施灌時間可滿足畦首吸水時間，然後決定施灌流量，再按照畦溝中各點之到達時間及消失時間計算縱向分佈效率，但不一定到達以後斷水。如於較短之畦溝或坡度較大之畦溝，水流可以很快到達畦末時，於到達後可以Cut back方法遞減流量，但配水確有困難，惟如美國用虹吸管灌溉時即可實行，故Cut back方法雖目前未能使用，但將來可就灌溉系統之如何考慮採用。

4. 畦溝縱向分佈效率經討論後認為：

(1) 水平畦溝可以認為畦首至畦末之灌水同時消失，即縱向分佈效率以 $1 - \frac{(m+1)^n - m^n}{(m+1)^n + m^n}$ 計算。

(2) 有斜坡畦溝斷水後溝內之水尚會向下流，即縱向分佈效率應實際觀測繪製 advance curve 及 recession curve 後求得。

5. 作物生長初期作物根系深度較淺，如土層之濕潤深度考慮較淺時因灌溉水深過小而灌溉困難，又如作物種植於畦頂時畦溝中灌溉少量水亦難以供應畦頂之作物。經討論後認為種植於畦頂之雜糧作物之生長初期仍以作物成熟期之應濕潤土層深度考慮灌溉水深，但如甘蔗於生長初期種植於畦溝底者應考慮當時之根系發展及灌溉設備等因素決定。