

旱作灌溉資料

簡介溝灌法

陳麟詩

甲、原理

田間的灌溉方法大致可分為六種，其中最通常應用於灌溉旱田作物者却是溝灌法。因為溝灌法本身具有相當的灌溉效率（15-65%），不需價昂的設備，可適合太多的地形，且多數旱作物均係行列栽培，用溝灌非常易於配合。理論上說，溝灌法的優劣點可分下列數點：

1. 優點：

- a. 高灌溉效率
- b. 灌溉時作物不受水淹
- c. 設置容易
- d. 溝灌水量可以變化
- e. 適用之地面坡度有較大範圍
- f. 如土壤含有較大鹽份，也可適用

2. 劣點：

- a. 需用具有相當灌溉技能者管理，管理費用大。
- b. 對於田間農機操作不便。
- c. 如採用溝長過長，則灌溉效率可能降低。
- d. 如灌溉水含有泥份，則維持費用高昂。

設計一項溝灌系統，必須先行決定下列幾項要點，即

1. 土壤吸水率 (Intake rate)
2. 灌溉所需總時間 (Total time of irrigation)
3. 溝灌流量 (Size of furrow stream)
4. 溝長 (Length of run)
5. 溝之間距 (Spacing of irrigation furrows)

茲逐項說明如次：

1. 吸水率 (Intake rate) —— 此係指採用溝灌法灌溉下，該田面土壤之吸水率。此項吸水率與普通之土壤吸水率不同，因普通之情形下，灌溉水直接由田土表面下滲，全部土壤表面均可吸水。溝灌法中吸水之表面僅限於溝底及其兩側而已。故決定吸水率方法祇靠試驗，其法為在田間做一試驗溝，在溝之首端放下一定流量，在溝中流動，然後測定在一定溝長之

內滲入土壤之水量。此項水量除以溝長及溝距即為吸水率（其單位需化為 m.m./hr.）

2. 灌溉所需總時間 (Total time of irrigation) —— 先須決定每次灌溉所需之水深。此須考慮灌溉開始時土壤內已有之水份，與須補充多少水份，並考慮灌溉效率方定灌溉水深。灌溉所需總時間乃將灌溉水深除以吸水率並乘以 1.25 而得。

3. 溝灌流量 (size of stream) —— 每溝所宜通過之灌溉流量乃為該流量不致發生冲刷溝身為度。美國之經驗公式為：

$$\text{每溝流量 (每分加侖, gallon per minute)} = \frac{10}{\text{溝坡}\%}, \text{或算出成為下表:}$$

溝 坡 %	不發生冲刷情形下 最大可容許之流量	
	Gallon/min.	Liter/sec *
0.10	100	6,308
0.25	40	2,523
0.50	20	1,262
0.75	13	0,820
1.00	10	0,631
1.50	7	0,442
2.00	5	0,315
3.00	3	0,689
5.00	2	0,126

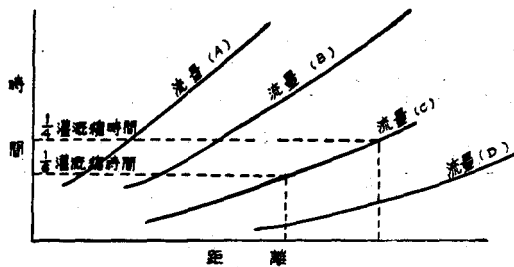
* 註：1 gallon per minute = $\frac{1}{15.852}$ liter per second

如溝身有生草保護，則上述各值尚可增加25%。上述之公式祇可認作參考，真正之正確方法仍是要在田間作實地觀測以決定何種流量方為不冲刷溝身之最大流量。

4. 溝長 (Length of run) —— 如溝長太長，則灌溉效率大為降低，1956年美國農業部水土保持局 Wayne D. Griddle 發表研究結論，即灌溉水頭由溝之首端流至溝之末端所需時間，應為灌溉總時間 (Total time of irrigation) 之四分之一。

決定溝長之方法厥為現地試驗。先在現地建造試

驗溝。自該溝之首端起，每 100 英尺（或 30 公尺亦可）訂一樁點。然後自溝首放入各種不同之流量，觀測並記錄各該流量之水頭流經各樁點之時間，如此可將結果繪成如下之曲線圖。



然後根據已決定之溝灌流量在上圖中擇定一根

曲線（如流量 (c)），次用已決定之灌溉總時間之 $\frac{1}{4}$ 及 $\frac{1}{6}$ 在圖中垂直座標上定得二點，分別水平引至該曲線，再垂直引下至水平座標上而獲得二距離。真正正確之溝長 (Length of run) 數值，即在此二距離之間。

5. 溝距 (furrow spacing)——灌溉後 24 小時至 30 小時，將相鄰兩溝中間點之地面挖開並檢查其表層及底層土壤。如由兩溝透入之水份已達到其間，並彼此密接，則該兩溝之溝距可認為適合。如其間之土壤仍為乾燥，則係溝距過大，應行調整。

6. 綜合以上各節所述，可得一溝長與土壤、坡度，及施灌水深等之關係如下列之附表 I 所示。此表之數字能根據美國經驗，可供參考。

附表 I 溝灌法溝長與土壤溝波及施灌水深之關係

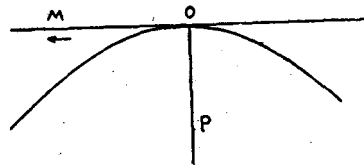
溝 坡 %	每溝流量 g.p.m.	溝 長 (英 尺)											
		粗 質 土 (Coarse)				中 質 土 (Medium)				細 質 土 (Fine)			
		灌水 2 吋	4 吋	6 吋	8 吋	灌水 2 吋	4 吋	6 吋	8 吋	灌水 2 吋	4 吋	6 吋	8 吋
0.25	40	500	720	875	1,000	800	1,150	1,560	1,650	1,050	1,500	1,750	2,140
0.50	20	345	480	600	680	560	800	975	1,120	730	1,020	1,250	1,460
0.75	13	270	380	480	550	450	630	775	900	580	820	1,000	1,150
1.00	10	235	330	400	470	380	540	650	760	500	750	850	990
1.50	7	190	265	330	375	310	430	530	620	400	570	700	800
2.00	5	160	225	275	320	260	370	450	530	345	480	600	675
3.00	3	125	180	220	250	210	295	360	420	270	385	470	550
5.00	2	95	135	165	190	160	225	270	320	210	290	350	410

乙、實 驗

James. E. Wimberly* 將彼在 Louisiana 州所做之溝灌法田間實驗述文在 1962 之美國農工學會年會上發表，該文並將實驗結果用電子計算機統計成數學公式，極有趣味。

該實驗係在 Louisiana 州甘蔗農場內進行，選擇之實驗地三區，第一區為砂壤土 (sandy loam)，第二區為粘壤土 (clay loam)，第三區為粘土 (clay)，每區 24 溝，溝距 6 英尺，溝長 500 英尺，溝坡 0.14 英尺/100 英尺，每溝之首端處均用 gated pipe 量流入流量，而每溝末端均設有 parshall flume 量流出流量。茲將其實驗結果介紹如次：

1. 溝之斷面形狀——當該溝受水濕潤之後，斷面形狀立即變更，但當灌溉水流通期間，則斷面並不再



變動，而呈穩定形狀，此穩定斷面為一拋物形斷面，其統計公式為

$$d_o = 0.11 W^{1.55}$$

其潤週 (wetted perimeter) S 為

$$S = 0.45 Q^{0.892}, \quad Q \text{ 為流量 gpm.}$$

S 為潤週英尺。

2. 放水入溝，其水頭前進之速率可表示為 $T = KD^m Q^m$ 之公式，

註 * James E. Wimberly, Assistant professor, Agricultural Engineering Department, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.

其中 T=時間(分), D=距離(英尺)

Q=流量(g.p.m)

砂壤土 $T=0.098 D^{1.204} Q^{-0.520}$

粘壤土 $T=0.160 D^{1.293} Q^{-0.549}$

粘土 $T=0.600 D^{1.809} Q^{-1.167}$

3. 吸水率(intake rate)表示為

$I=KT^n Q^m$ 之公式,

T=時間(分) Q=流量(g.p.m)

I=吸水率(英吋/hr.)

砂壤土 $I=0.109 T^{-0.251} Q^{0.842}$

粘壤土 $I=0.149 T^{-0.317} Q^{0.820}$

粘土 $I=0.006 T^{-0.195} Q^{1.588}$

4. 總吸水深度可表示為下公式,

$V=KQ^n T^m$, V=總吸水深度(英吋)

Q=流量(g.p.m)

T=時間(分)

砂壤土 $V=0.00242 Q^{0.842} T^{0.749}$

粘壤土 $V=0.00364 Q^{0.820} T^{0.683}$

粘土 $V=0.000124 Q^{1.588} T^{0.805}$

此項實驗,應有其學術上之重要性,因乃係趨向奠定理論基礎之第一步也。但目前是否可有實用價值,尚須研究。

丙、討 論

在目前提倡旱作灌溉聲中,研究溝灌法自有其重要性。但實際上此種工作或正剛剛開始。本文介紹國外的溝灌法經驗或正可供工作中諸先生參考。前已迭次指明現地實驗之重要性,根本說來,如無自己之實驗結果對證,他人的經驗很難加以吸收消化。

嘉南平原之三年輪作地為推行旱作灌溉之最重要地區。該地因種水稻關係田地均成水平,用溝灌法灌溉旱作,則必用底坡等於零之溝。當然灌溉水仍可在底坡為0之溝內流動但其有關水頭前進速率,吸水率等便與有坡度之溝不盡相同了。此亦為我們之特殊問題。

註:上述所有公式均係根據實驗而來,試驗溝之坡度為0.14英尺/100英尺,灌漑開始時,土壤水份含量為50%有效水量50% available soil moisture。

蒸發蒸散在旱地土壤水分減少途徑之研究

張 玉 鑽 摘 譯

(椎名乾治 1963 蒸發散による畑地水分の減少機構に関する研究。農業土木試驗場報告 1: 83-156)

本研究的主要目的,為探明旱地土壤水分消費直接原因的蒸發蒸散量變化及早地土壤保留水的水分減少途徑問題。並同時討論到作物為要保證正常生育上所必需有的土壤水分狀態及其決定方法。為要探明蒸發蒸散量及水分變化的基本途徑起見,實驗上大部份使用 Floating Lysimeter,供試土壤為平塚砂壤土及相模原火山灰土,供試作物為陸稻及牧草。茲將其研究結果及有關實用技術問題的摘要如下:

1. 蒸發蒸散量和蒸發計蒸發量有高度的相關關係,則在蒸發計蒸發量乘某一係數時,就可求得之。因為蒸發蒸散量隨着作物生育階段暨生育量而有異,因此就陸稻的一年生作物而言,在全生育期間中,均採用單一係數是甚不合理的。故其一代應分做三段生育期,在各期中應根據隨着土壤濕度所影響的生育量做為係數來乘蒸發計蒸發量時,就可得甚符合于實測數值的蒸發蒸散量。此項係數由於五年期的實測值,經統計分析的結果所獲得者。

2. 欲求蒸發蒸散量和土壤水分狀態關係時,必須要扣除氣象條件的影響才能準確,因此利用上述蒸發

計蒸發量及蒸發蒸散量關係來推算正常生育的陸稻蒸發蒸散量,並和某一種水分狀態下的蒸發蒸散量比較時,就可明瞭隨着土壤濕度減少時,是否可影響蒸發蒸散量減少之事。其結果獲得從日間容水量至某一種水分狀態時是不會減少蒸發蒸散量的,但是若超過此種限界水分量而繼續乾燥時,就證明會減少蒸發蒸散量。至於根系水分分佈在此限界水分量時,以水分張力表示結果,證實不受土壤及作物別的影響,均同樣表示有一定的減少趨勢。則根系層約一半土層在 pF3.3, 另一半土層達到連續水膜形成限界水分點時發生之,並且再超過此水分狀態時,作物就會受到生育障害,隨之就影響到收量。

以上著者所獲得的實驗結果,雖然和 Veihmeyer 論說或反對其論說的 Davis 等論說有異,但和日本過去在此方面研究者所獲得的結果較為符合。由此可供于保證作物能達正常生育時,所需要的有效水分量計算方法基本原則之用。

3. 支配旱地土壤水分減少途徑的土壤水分移動型態分析工作,主要在室內實驗中舉行之。其結果為明瞭所使用的土壤性質起見,最少須要就毛管水分類如下列各種等級,才能徹底解決旱地土壤保留水的消費