

其中 T = 時間 (分), D = 距離 (英尺)

Q = 流量 (g.p.m)

砂壤土 $T = 0.098 D^{1.264} Q^{-0.520}$

粘壤土 $T = 0.160 D^{1.293} Q^{-0.549}$

粘土 $T = 0.600 D^{1.309} Q^{-1.167}$

3. 吸水率 (intake rate) 表示爲

$I = KT^n Q^m$ 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. 總吸水深度可表示爲下公式,

$V = KQ^n T^m$, 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 $V = 0.00364 Q^{0.820} T^{0.688}$

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爲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爲 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。此亦爲我們之特殊問題。

註: 上述所有公式均係根據實驗而來, 試驗溝之坡度爲 0.14 英尺/100 英尺, 灌漑開始時, 土壤水份含量爲 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, 爲探明旱地土壤水分消費直接原因的蒸發蒸散量變化及旱地土壤保留水的水分減少途徑問題。並同時討論到作物爲要保證正常生育上所必需的土壤水分狀態及其決定方法。爲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, 供試土壤爲平塚砂壤土及相模原火山灰土, 供試作物爲陸稻及牧草。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。因爲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爲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

計蒸發蒸散量和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爲符合。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。其結果爲明瞭所使用的土壤性質起見, 最少須要就毛管水分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

途徑問題。

PF1.3~pF1.5 這種水分在同樣的粗空隙中，於甚弱小的毛管力保持之，通常可依重力作用，於24小時內排除到根系層以外，假使沒有特別的土層排列或沒有地下水位的存在時，這種水分是不能供于作物利用的。

PF1.5~pF2.0 這種水分也是比較在同樣的粗空隙下，受甚弱小的力量保持着，在一公尺厚度土層，要排除這種水分須要化費48小時以上的時間。其水分大部份是可供于作物利用的。這種範圍水分，通常在多量灌溉後經過24小時所能保持的水分量，相當于日本的田間容水量數值。

PF2.0~pF2.7 此範圍水分，是指在比較細空隙中所能保持的水分量，並抵抗重力之下，保持在土壤中之者。若在此範圍中，作物根系有進行吸水時，因為水膜有連接的關係，水分則向吸水點發生迅速的毛管調整作用，隨之吸水根所存在的土壤中水分減少比率，也就成為相同，並由此可指摘，土壤的水分供給能力為相同的。又根系層以外的毛管移動，也在此範圍中之。惟火山灰土壤在這種範圍，可延長到pF3.0。

PF2.7~pF3.3 此範圍水分在普通的砂壤土等時，於土壤顆粒周圍成為皮膜形狀存在，在根系層全體中是不連接的，但若連接在根系吸水點水分者，均可受到移動而被吸收之。因此根毛分佈若適當時，此範圍土層水分的減少比率也會成為甚均勻，而且土壤對作物的水分供給能力也是相同的。惟火山灰土在PF3.0附近時尚能繼續前面的階段，而本狀態水分範圍是在PF3.0~PF3.3。pF3.3大約相當于初期凋萎點，但是若全根系層要超過這種水分張力以上是甚難達到的，其原因是若土壤水分達到這種程度的水分張力時，毛管水移動變成困難，而毛管調整作用又不能進行，僅靠蒸氣壓坡度的移動，進行水分均一化的原因所致。

4. 從田間容水量狀態到達發生減少蒸發蒸散量水分狀態時的各項支配原則可列為如下：

a. 根系層內水分，可依照根毛吸水和土壤毛管調整作用來決定之。吸水根甚發達的土層，可因根毛的吸水而減少水分，但屆時的減少比率，不能和根系層成為比例關係，而大部份土層都表示為相似的比率狀態。其原因即為水分向吸水點發生毛管調整作用而致者，這也是表示在毛管調整作用甚旺盛的水分範圍時，根系層內能給作物的水分供給能力是在相同情況下有連接的。在作物生長尚甚旺盛的時期下，其吸水根甚發達的土層水分，若降低到連續水膜形成或限界水分點

以下時，在其下部根系層的土壤水分供給力就成為甚旺盛狀態。為進一步了解其真象起見，將作物收穫期前的根系層深度做為對象，分為二等分土層來研究的結果，發見生育旺盛期的水分減少狀態，以上半層和下半層而言，均為不相同，且其二種土層對於作物生長所貢獻的任務亦有異。則根系層的上半層土壤水分減少到毛管移動困難的PF3.3附近水分時達到最至急，惟下半層土壤水分在最初的變化為甚緩慢，俟上半層水分超過連續水膜形成限界水分點時，就表示有至急的減少趨勢，至數日後就可達pF3.3的水分，這些現象是在平塚砂壤土所獲得的資料，另一方面用毛管移動速度較快的相模原火山灰土做實驗時，證實該土壤水分到pF3.0附近的連續水膜形成限界水分以前，在根系層各土層有均勻供給作物水分的事實，隨之可知根系層的水分減少途徑，完全受作物根系吸水作用和土壤本身毛管作用而定，並以本研究結果可證實，水分消費型最少有二種形狀存在之。

b. 本研究結果顯然可表示，作物的水分利用除在根系層以外，尚可利用連接在根系層以下的數十公分土層水分這種土層稱為補給層，並證明其補給層的水分減少可照Darcy原則，進行到連續水膜形成限界水分點為止，在限界水分點以上時，補給層的補給量是實用上絕對無問題的。

5. 欲保證作物正常生育的水分範圍，並不是為原來所使用的田間容水量至凋萎係數間之水分，而是在田間容水量至連續水膜形成限界水分點間之水分，這種水分可以和原來的有效水分量區別，另稱為生長有效水分量，惟在田間欲使保證作物能達正常生育的水分量起見，必須除有這種水分恆數以外，另要考慮作物根系的發展情形和從補給層能移動的水分量來決定，而此項的決定原則，必需要在實地實測方能為準確。惟在均勻土層中，其根系發展情形甚好時，其總量可照下列公式求得之。

$$T.G.A.M. = (W_f - \frac{W_e + W_o}{2}) \times D$$

T.G.A.M.：總生長有效水分量

W_f ：PF2.0 之水分量

W_o ：PF3.3 之水分量

W_e ：連續水膜形成限界水分點之水分量

D：根系層之深度

又要達到準確的24小時水分量所需要的一次灌水量，須要在此T.G.A.M.再加補給量而得之。為要決定此水分量時，證實現在日本正使用的十公分分割土層深和40~50公分根系土層深方法，認為不太適當，

而指摘分割土層深度應為20~30公分外，總深度不但僅為考慮根系層深，而80~120公分做為對象目標，來決定水分消費型，而且由此求水分量較為理想。惟僅照表土層20~30公分的灌溉，雖然也可獲得作物正常生育，但其灌溉技術上，尚有若干問題待要研究。

以上的研究結果相信可提供為日本旱地土壤水分控制技術上做參考以外，在旱地灌溉用水量決定方式上，另指摘有下列幾點和原來方式所不同者：

(1)田間含水量(≡水分當量)至永久凋萎點稱為有效水分量一事，在日本是不能成立的，則水分當量和田間含水量是完全為不相同的數值。又灌溉開始點目標，應放在不能保證作物正常生育的限界水分量為佳，此種水分必需要採取毛管水連續性的基準來做新的決定方式方為合理，在此場合時，可利用著者採用的毛管上昇及吸水板的方法。

(2)欲決定灌溉計劃上所必要的灌水量，必需要根據實際田間的總生長有效水分量，並同時須考慮吸水根的發展及補給層的存在情形。

(3)蒸發蒸散量的決定，最好使用蒸發計蒸發量方法為最簡單且正確。今後有根據各種灌溉作物來決定係數的必要，其決定上應採取著者的生育時期、氣象條件、土濕狀態等三種因素互相考慮之。

又從旱地土壤生產力基礎來考慮旱地土壤水分問題時，可指摘下列幾點：

(1)以水分恒數上所決定的田間含水量，在實際土

層構造中有怎樣存在，必須要調查清楚的，因為供給生產力基礎的旱地土壤水分出發點，並不是在田間含水量，而為灌水後24小時水分量，則此24小時水分量，在不阻礙土壤通氣性程度之下，而有很多者，就可證明其旱地能供作物的水分供給能力為大的意思，因此生產力的調查也應強調此一點。

(2)旱地能供作物的水分供給能力，可受連續水膜形成限界水分點所左右之，則其水分點的水分量愈少為愈佳，而有必要建立此種水分點的測定方式。

(3)吸水根發展的難易性，可受土壤構造，農耕作業等所影響，關於此點的調查也應和不同水分變化情形下，同時行之。

以上各項的推論，雖然有超過本研究範圍，但在目前對於此方面的研究，若要趕到歐美先進國家水準者，必須有就更多方面的土壤，進行此方面的研究及探討的必要。

著者的研究，限于作物及土壤情形之下，所獲得者，在日本各地旱地環境下，於複雜的土壤—作物—水分—氣象關聯中，可能不可直接適用，但是其途徑的決定因子上是相同的，所以本研究結果相信在許多場合中，可以就不同角度來應用的，著者亦由此抱着最大希望來進行此研究者，今後並期待對於此方面有更多的研究暨有更多的成就，來供旱地合理灌溉之用。

蔗田用水管理法對於石膏吸濕體耐久性之影響

張 玉 鑽

(張玉鑽 1963 甘蔗畑の水管理法が埋設した石膏ブロックの耐久性に及ぼす影響について。熱帯農業 7 (1) : 38-44)

本文分為兩部份做試驗，第一部份為1959年9月至1961年2月，在三組不同用水管理的蔗田灌溉試驗下，探討埋置在田間石膏吸濕體(註：電抗式土壤水分測定方法用的一種東西)，因為灌溉處理的不同對於消耗率的關係。第二部份為利用1955年至1961年間，在田間所使用過的石膏吸濕體中，選出消耗率各為0、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、64%的石膏吸濕體及未使用過的石膏吸濕體在同一土壤水分中，隨着乾濕經過環境之下，探明各石膏吸濕體的率定暨準確度情形，均在臺灣糖業試驗所舉行，其摘要列如下：

1. 旱地土壤水分的上下移動曲線甚頻繁時，其石膏吸濕體的消耗率也隨之嚴重。

2. 每一次灌溉水量的多少可影響石膏吸濕體消耗率的高低，則多水量的消耗率均較適宜水量為大。

3. 旱地的土壤水分經常都保持很高或很低的情形下，即水分變動甚少時，其石膏吸濕體的消耗率也隨之很少。

4. 石膏吸濕體埋置期間中的土壤水分上下移動次數的多少，顯然可較埋置期間的長短有影響消耗率高低的趨勢。

5. 各種程度所消耗的石膏吸濕體電阻值，在石膏吸濕體測定可能範圍內時，和尚未使用過的新石膏吸濕體為相似，使用上均可繼續利用之。