

如何利用 張力計 管理土壤水分

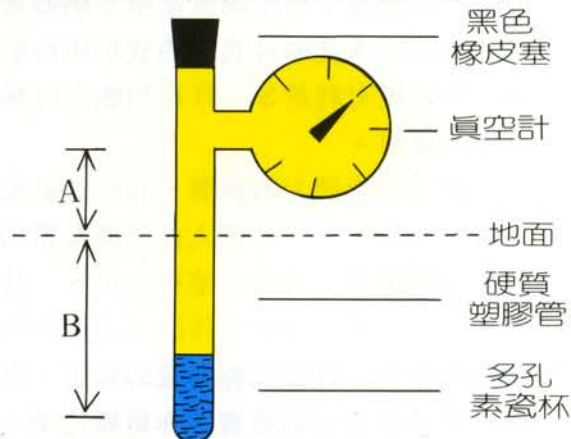
一、前言

土壤水分的來源是灌溉和下雨，然後經由土壤排水、植物根吸收、土壤表面的蒸發而減少。因此土壤水分管理的課題，包括擬訂灌溉計畫，灌溉或下雨後的土壤通氣診斷，以及土壤排水改良。其目標在建立深入地下的根系，保護其健康，並節省用水。

計畫灌溉須了解植物根系對土壤剖面水分的利用狀況。在灌溉前要知道土壤還有多少水，需要補充多少水。防止灌溉不當，造成根系受傷。土壤水分張力計是達到這項目標的有效工具，它可以用來輔助診斷土壤通氣問題、壓實問題、以及評估改良的效果。

二、構造和工作原理

土壤水分張力計由多孔素瓷杯、真空計和硬質塑膠管組成（如圖一）。張



圖一：張力計示意圖

力計內部必須裝滿除氣水，經過充滿毛細管的素瓷杯與土壤水分形成連續的系統。當土壤逐漸變乾時，就對張力計內部的水產生抽吸的負壓力，即是張力，其大小由真空計顯示。土壤愈乾，張力讀數愈大。張力計可連續監測土壤水分的變化。常用的壓力單位為巴（bar）， $1 \text{ 巴} = 100 \text{ 分巴} = 1000 \text{ 毫巴} = 1020 \text{ 公分水柱壓力}$ 。

三、使用前檢查

張力計除了藉素瓷杯的毛細管可和土壤水分溝通外，其他接頭均須密閉，漏氣為其主要的故障。一個簡單的判別方法是張力計灌滿除氣水後，放置空氣中，讓水分自素瓷杯表面蒸發，隔一天在管口透明部分會有一段約2公分無水，而讀數不能升至0.7巴以上，就顯示漏氣，不能使用。

四、埋設和維護

1. 利用直徑稍大於素瓷杯外徑的土鑽，在埋設處鑽至欲測定深度。
2. 灌泥漿至填滿。泥漿的調製，可先將埋設處的土過2mm的篩子，再一邊加水，一邊攪動至剛呈流動狀態為止。
3. 在張力計上作一埋設深度的刻劃，並將深度寫於真空表上，然後將其置入土洞中，並上下反覆移動數次，以利趕出氣泡，最後插至刻度，並在土面利用四周的土予以塞緊，即完成埋設。
4. 當張力計管口出現氣泡達1公分厚時，將橡皮塞取出，灌水至滿，再將橡皮塞塞入，並用力壓下10秒鐘，以防橡皮塞反彈出來。張力計灌水後至少須等24小時方能記取讀數。
5. 灌的水必須是煮開過的水，以趕

走水中的空氣。可將水煮開5分鐘後，趁熱裝滿於100cc的小瓶，然後用橡皮塞塞緊，以備隨時可用。

五、記錄讀數

真空計上單位為分巴 (centibar)，1巴 = 100分巴。真空計的讀數，必須減去真空計至素瓷杯這一段水柱所造成的拉力，才是真正的土壤水分張力。即

$$\text{土壤水分張力 (分巴)} = \text{張力計讀數 (分巴)} - \frac{A (\text{公分}) + B (\text{公分})}{10}$$

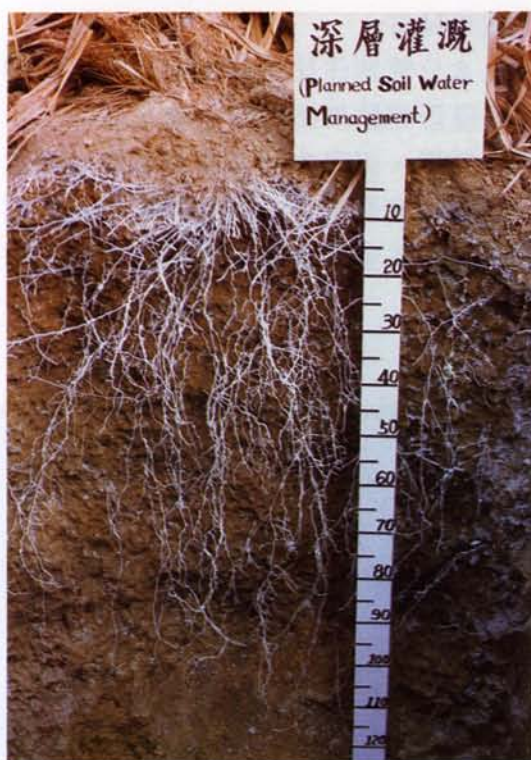
式中A為張力計的真空表離地高度 (公分) B為張力計埋設深度 (見圖一)。



六、張力計的應用——土壤水分管理

通常利用張力計監視土壤水分的變化，須同時埋設數個不同的深度。以甘蔗為例，在一分地埋設二至四組30公分、60公分、90公分、120公分、150公分五個深度的張力計。在種植後，就充

分灌溉，使不同深度的土壤水分張力均降至最低點測值，然後開始利用張力計監視土壤水分的變化，並藉此訓練甘蔗根系向下發展。原則上，只要根吸收的水分足以供應葉片蒸散的需求就不必灌水。當30公分的張力計升至0.8巴附近時，讀數不再增加，張力計內部的水會全部流失。這時，甘蔗應該沒有任何缺水跡象，否則土壤可能有壓實問題，根系無法發展至深層土壤。等到甘蔗葉片在每天的最大蒸散量時，呈現暫時凋萎尚無妨。這時60公分、90公分的張力計讀數已逐漸升高，表示根已開始利用深層土壤的水分。一直到葉片呈現凋萎的時間提早到早上10時出現，就需考慮灌溉，這時120公分，甚至150公分的張力計讀數亦應上升。灌溉時以較高位置的張力計作為停灌的指標。例如，60公分的張力下降時立即停止，同時，30公分



圖二：計畫灌溉對甘蔗根系分佈的影響 (陳榮民、楊策群、1985) 擬定蔗田灌溉制度的新觀念，中華民國農學團體 (七十四年度聯合年會特刊)

農推會／王福立

的張力可以在72小時內上昇至0.1巴以上，使同深度的土壤氧氣濃度高於10%，防止根系缺氧受傷，否則應該減少灌水量，而以更高位置（此時為30公分）的張力計作為停灌的指標。同樣的原理可以應用於其他雜糧或園藝作物。另外水田亦可使用張力計來決定曬田的程度，水稻種植後，當分蘗數達到15支時，開始排水曬田，第一次曬田必須使12公分處的張力達到0.5巴以上時才再灌水。

圖二顯示兩種不同的灌溉制度造成甘蔗根系的差異，左邊是按照農場一般的灌溉頻度和灌溉量的結果，右圖則是按照前述方法所決定的灌溉時間和灌溉量，其健全的根系發展，使甘蔗和糖產量增加14%。

水分管理往往是作物栽培成敗的關鍵，僅憑經驗無法判斷土壤下層的水分利用情形，而張力計是指示各層土壤水分狀況的簡便工具，用來判斷何時需要灌溉，灌多少才合適。藉以建立健全的根系。

中興大學土壤試驗中心代製土壤水分張力計。意者請洽王明果教授。

地址：台中市中興大學土壤調查試驗中心

電話：04-2874540

04-2873181 轉 339,340

養液栽培：不使用土壤而溶解肥料及生長成分等於水中以調製培養液栽培作物之栽培法，有水耕、砂耕及礫耕等法。本栽培法之目的在於改善由設施栽培而來之地力降低，連作障害或迴避病蟲害，或欲求栽培之省工，自動化及提高產量。本栽培法最早實用化者乃礫耕。水耕較之礫耕在殘根處理與消毒上雖較簡單且養分調節也容易，但必須供應氧氣及管理培養液使其循環周到。本栽培法特別適合回收快及收益率高之葉菜類及果菜類之栽培。

清潔蔬菜：清潔蔬菜在日本又稱為清淨蔬菜（清淨野菜）。這個名稱含有下列四個意義：(1)不施用人糞尿，(2)使用塑膠溫室栽培，(3)以水耕栽培，(4)不施用農藥。

二次大戰後，日本人稱不施用人糞尿栽培之蔬菜為清潔蔬菜，清潔蔬菜這個名稱其含義隨時代之變遷而不同，近年來清潔蔬菜意指不含農藥之蔬菜。消費者雖對無農藥之蔬菜較感興趣，但嚴格說來，不施用農藥之蔬菜栽培甚少，只能說清潔蔬菜含農藥較少而已。

複合肥料：含有氮、磷、鉀肥料三要素中二成份以上之化學肥料，形態一般為粒狀。由於化學工業之發達及農家省工之需要下製成此種複合肥料。