

# 農田土壤水管理

農業試驗所

向為民 吳宗諺

從旱作生產的觀點來說，土壤水管理是一項重要的工作。為了保障作物的產量和品質，適當的水分和肥分的供給要互相配合才能夠達到好的效果。水管理必需考慮多方面且複雜的因素，包括氣象條件、土壤條件、作物條件以及栽培技術條件等等。本文僅針對土壤條件做基礎上的分析。

對作物而言，水是不可或缺的物質，為了維持氣孔的開度進行光合作用，必需蒸散足夠的水分以應付大氣對水氣平衡的需求。大氣是水分的需求面；需水量決定在氣候條件。晴朗、乾燥、風大的日子需水量就大，相反的需求量就小。

作物根系要能夠接觸到水源才可以吸收水分，根在土壤中分布的深度、密度和吸取水分的能力，以及土壤傳輸水分到根系的能力，是決定能否提供足量水分的主要因子。整個水分傳輸的體系簡單的描述就是：大氣的需求—植物的狀態和特性—土壤貯水庫的供水能力。以每日的水分平衡來說，維持土壤適當的水分張力，例如在 20 和 50 分巴之間，讓根很容易吸收水分，再以灌溉補充當日的蒸發散損失，就可以完全保障作物不缺水。

另一方面根系細胞必需要有足夠的氧氣來呼吸，才能維持它的生存與活力；相對於水分的補給，排除根系中過多的水分以便空氣流通也十分重要。土壤供水（灌溉）與排水為土壤水管理的主要內容。

## 農田土壤排水

過多的雨水若短時間內無法由地表排除，表層土壤和大氣之間氣體的交換則將受阻。地表排水良好的旱田，4 小時頻率的降雨量被要求在 4 小時內排除。

地表浸水容易發生在地形平坦的大區域內。因此，平地要從事區域性的排水規劃工作；一旦有水堵在田間排不出去，旱作必將受損嚴重，只有從改善排水系統來解決。

雨水滲入土壤是必然的也是必需的。土壤構造的好壞決定水分進入的速度。粗大孔隙多的表土，水分滲入土壤就快，因而可以保留較多的雨水，降低地面水

流。然而一場大雨可能很快地就將一、二十公分的表層土壤孔隙全都充滿了水，空氣被排除在土體之外。土壤內部排水，就是水分向下排除速度的快慢，決定土壤是否能夠很快地自在地呼吸換氣。土壤必需空出足量的孔隙讓空氣流通；一般來說，土壤要有它本身體積百分之十以上的孔隙，是空的不含水分的，土壤才有連續的通氣管道，可以和地面上新鮮的空氣流通換氣，讓根呼吸。若是通氣受阻，根系缺氧，根部吸收的能力就會降低。

雨後，若是天氣即刻轉為晴朗時，水分蒸散的需求突然變大，而根卻因雨水未能馬上排除，暫時性缺氧，無法吸收足量的水分，就會有缺水的情形發生。若是浸水時間過長，土壤呈現還原狀態還會損傷根系。

土壤內部排水良好與否，由土壤剖面（垂直方向）的孔隙特性決定。土壤內可以由肉眼看見的孔隙或裂隙，就是屬於能夠迅速排水的粗大（通氣）孔隙。

根需要多深的土壤？以果樹園為例，最好能有 90 公分深的土壤，能夠讓根系自由生長，不受限制。一般旱作也要有 40~50 公分深。合理的根域範圍內，各土層的通氣孔隙都必需佔有體積的百分之十以上。地下水位也是必需考慮的重要因子，一般旱作可以允許的地下水位應該在土表 60 公分以下，果樹園則至少在土表 90 公分以下。長時間浸水的土層，土壤會有大量(>50%)灰藍色的斑紋，灰斑出現的土層愈接近地表，土壤排水狀況愈差。但是水田土壤因為人為耕作引起的灰斑層，雖然出現在很淺的位置上，也不必然排水狀況很差。

### 土壤排水的改善

土壤剖面中存在土磐或犁底層等密實的土層，是排水不良的主要因子。過於密實的土層，根很難進入，土層中生物的活性就低；良好的土壤構造就不容易形成。改善的方法就是(1). 利用深耕或翻土的方式將其破壞。(2). 深耕性的作物或綠肥要被安排在耕作系統中，作物殘體也要妥善的留置在田間，以維持土壤的有機質含量。(3)改善化性，像是適當的酸鹼度、鹽基含量和肥料濃度等。一般是將這三個方法同時或交互使用。改善密實土層後，根可以自由生長在土層中，因而將有機質和生物活性帶入。如此，富有粗孔隙、疏鬆、構造良好的土壤容易形成。

地下水位過高的地區需要利用暗管排水來降低地下水位。農地因為地勢低，而讓四週的水不時地匯入，這種情況導致的水患，則可以利用截洩溝來阻擋排除

多餘的水。然而，也需考慮是否值得花費大筆金錢來做排水改善的工作。

### 土壤的水分狀態、蓄水能力與灌溉

極度乾燥的土壤中，水幾乎可以說是被鎖死的。另一種極端則是，土壤孔隙完全充滿了水，水本身的狀態則和自來水管裡面的水，沒什麼差別；此時，水可以由高處向低處流動。介於極度乾燥和飽和之間的土壤水分，是能流動但同時又被土壤吸附的，土壤愈乾水愈不容易流動，也較不容易被作物吸收利用。

可以藉由重力將水排空的連續性大孔隙，稱為通氣孔隙；它的直徑大於 60 微米( $60 \mu\text{m}=0.06\text{mm}$ )，剛好肉眼可以看見。通氣孔隙以外其餘小孔隙中的水，受到較大的吸附力，向下傳導的速度極慢，被認為是可以貯存在土體的水分。

被吸附的土壤水分，常常用張力(負壓力)來表示它的狀態，例如 50 公分、100 公分、1000 公分水頭的土壤水分張力。也可以用-bar(負巴)來表示，-1bar 等於 1020 公分水頭。另或是用水頭的對數值(pF)來表示，pF 2 表示 100 公分水頭，pF3 則是 1000 公分水頭。下表是土壤水分狀態的幾個參考數值，pF 值愈高土壤愈乾。

土壤水分狀態	水分基勢(bars)	水頭(cm)	pF
土壤水飽和(或近於水飽和)	-0.001	1.02	0
自由排水後水分(田間容水量)	-0.05	51	1.7
接近正常生育水分含量上限	-1	1020	3.0
接近永久凋萎水分下限	-15	15300	4.2

土壤的蓄水能力，是根域範圍內能夠保留的水分量。足量的降雨或灌溉後，經過充分時間排水(砂土、壤土類 24 小時，粘壤土、粘土類 48 小時)土壤的水分大約是-0.05bar 到-0.1bar 範圍。空氣中自然乾燥的土壤大約是-22bar。兩者之間水分含量的差就是土壤能夠貯藏的水量。然而作物最易有效利用的水，張力範圍只在-1bar 以內。因此，一般作物的土壤水分管理，是保持水分在-0.1bar 至-1bar 的張力範圍內。針對園藝作物，為了保障作物維持最足量的水分消耗，蔬果類的開始灌溉基準點大多訂定在-0.3bar 或-0.5bar，果樹則為-0.5bar 或-0.6bar。事實上隨作物種類和土壤性狀不同差異也不大；另外為促使花芽分化

或其他異化的生長，水分逆境（乾旱）也是控制的手段之一。

淺層土壤、砂土或根域中存在大量石礫的土壤，透水性大而保水性小，可以利用客土、添加有機資材等方式改良土壤的保水性，然而改善保水能力和改善排水一樣，花費大需要專業的評估。應該就近尋求研究改良機構中的專家做規劃再來執行。

要避免過量灌溉，此舉除了浪費水源之外也有可能導致土壤內部的通氣不良以及肥料的淋洗流失。是否要進行灌溉以及灌溉量是否適當，可以利用土壤水分張力計來監測。土壤水分張力計的測定範圍在 0 至 -0.85bar，張力計上壓力錶的讀數一般使用分巴(cb 或 Kpa；centibar or kilopascal)，一個分巴的負壓代表 -0.01bar。土壤張力計埋設需注意放置的位置和深度。對淺根性的作物，將張力計的感應頭(素瓷杯)放置在根域的近下端，作為灌溉指標；根域範圍以下再設置另一支張力計，用來監測過量灌溉是否發生。深根性的作物則需考慮在根域的範圍內埋設兩支張力計，一支在根域的近上端(30cm)，一支在近下端的位置(60cm)，選擇上端張力計的讀數，作為灌溉指標；下方的張力計則用來監測水分狀況，以免浪費灌溉水源及避免肥料的流失。

注重灌溉效率的同時還必需避免鹽分的累積。灌溉如果全數在根域範圍內，而無淋洗，將會有鹽分的累積，導致鹽害。在本省因為雨季有充足的雨水淋洗，農地鹽分累積的現象甚少發生；除了沿海，因為地下水位高，鹽分吊起而有鹽分地。但是有些設施栽培，由於施肥量高且無雨水淋洗，因而發生鹽害。適當的監測土壤鹽分濃度，有其必要。有鹽害的土壤，土壤水分張力宜控制在 -0.3bar 以下。

### 少量頻繁灌溉

維持土壤水分張力在適當的範圍內，以保有良好的通氣、水分以及疏鬆的土壤物理性狀，有利植物生長。利用高頻度的灌溉(一日一次或數日一次)，補充損失的水分，稱為少量頻繁灌溉。由於能夠無微不至地應付作物生理上對水分的需求，因此可以期望有更高的增產效果。而且由於小期距的進行灌溉，保水力小的土壤也可以免除水分供應不足的困擾。然而就少量頻繁灌溉系統而言，水必須均勻給予，因此要利用管路以及噴灑設施(微噴頭)。設備與維持的費用較高。此種灌溉方法因為可以有效地配合肥料的施用，增強肥效並減低肥料的流失；而且由

於灌溉效率高，深層滲漏的水分降低，有節水的效果。可以預見此一灌溉方式將為旱作灌溉必走的方向之一。

## **結語**

土壤水管理對高經濟高品質的園藝作物而言十分重要而且有一定的困難程度，農友應該把握的原則，除了多方面瞭解自己栽培作物的習性與園內土壤的特性之外，還應該和專家們多聯繫來設計灌溉的方法，才能夠有良好的生產效果。同時，又將能夠省水與省肥，節省資源且降低農業污染，保護我們農地的健康，讓子子孫孫能夠持續地在我們現在的立足地，發展農業，保有糧食的自主能力；如此才有生存與幸福的空間。