

合理化施肥之土壤水分管理

向為民、劉禎祺

行政院農業委員會農業試驗所

前 言

合理化施肥就是最經濟合理地施用肥料，不做無謂的浪費，讓所施用的肥料能高效率地被利用。然而肥料施入土壤中後可能因為淋洗、沖蝕以及揮發而損失，傳統施肥方式的狀況下，地上的植物對氮肥的利用率，常常不到 40%，淋洗至根層以下的氮肥量，將會污染地下水使水質變壞，可能高達 15%。被作物吸收的肥料，又可能因為要素之間的比率不恰當，而對作物的發育、生產量或是產物的品質有不良的影響。所以，合理化的施肥是需要針對土壤特性、作物品種及生育階段、氣候、整枝修剪、敷蓋與覆蓋與否、灌溉方式等等不同的情況，來做機動性的調控，以適當比率及適當量的肥料在適當的時間施下，是一個不容易達成的目標。

灌溉和排水是土壤水分管理的兩個主要的內容，目的是要調整土壤水分境況，讓根系容易生長，肥料容易吸收利用。基於水資源的節用，管路灌溉、微噴灌、滴灌等節水灌溉系統的建構，將液體肥料稀釋於灌溉水施用的養液灌溉技術的發展，將有利於合理化使用水與肥料，已經受到大家的重視。土壤水分與鹽分含量的監控，可以避免水分的過多或不足、欠肥或肥傷、也可避免土壤鹽化，進而傷及作物，是土壤水分管理及施肥操作所必需包含在內的工作。

台灣有充沛的降雨量，平均一年約有 2500 公厘(包括山區在內)，但是降雨不平均過度集中在雨季，每年十一月至次年四月是枯水期，長達六個月。乾旱季中常常有連續 30 天甚至 60 天沒有雨水。氣候最近十年來逐年暖化，溫度升高導致地面的蒸發散量加大，雖然降雨沒有明顯的減少趨勢，河水的流量卻減少了百分之四還要多，可利用的水源相對減少。

農業生產是需要在適當的生育階段提供作物需要的適量水分，才能

夠保障產量和品質。園藝作物相較於糧食作物，對水分管理的要求更為嚴格。因此為謀求安定生產，在台灣的氣候條件下就必需依賴灌溉。

土壤水分境況，土壤水分的供儲能力和土壤物理狀況直接相關，土壤物理狀況則是和作物生長的好壞是有絕大關係的。因此，有人把肥沃土壤的條件分為「營養分」的肥力和「物理性」的肥力兩大要件。作物的根系是重要的器官，除了固定，吸收水分和營養分；同時又是激素合成的器官；影響整個作物的生長和發育。培養健壯的根系，充分發揮根系的和各項功能，是保證作物正常生產的基礎。土壤的物理條件，例如溫度、水分、通氣等等，都可以決定根系的結構和狀態。

一般的栽培手冊，提到土壤物理性的適栽條件，幾乎都是要求砂壤土、具有團粒構造、疏鬆....等等。如此這般，就是代表好的土壤物理性質。當然，一般來說，也沒錯，就是如此。然而把台灣平地和坡地的土壤調查資料翻來看，或是自己到園裏去看一下土壤，幾乎是不合乎條件的多，合乎條件的少。

台灣農作有關的大部份事情，包括氣象條件、作物品種、整枝催花技術以及其他各項的農業操作，是不斷的在變動；可以說唯一不變的事情，就是不斷的變動。我們對土壤的管理除了要因應栽培技術的改變之外，同時又有很大的責任，是要維持土壤的品質，或是說構建一個健康的土壤，這種土壤是能夠生產優質和安全的產品，同時這種土壤的管理技術將不致使地力衰退，不但如此，更要增進土地的生產能力；要求是能夠持續地被我們子子孫孫永遠地利用，在追求好的生產之同時保全良好的生態環境。

直接影響根系生長的物理因子

直接影響根系生長與吸收的土壤物理性質因子，包括有水分、氧氣、溫度和械阻力四項。

作物根系生長的時候，要有充分的水分供應。在不影響根系氧氣供應的狀況下，水分愈充足愈好。

以果樹為例，幼樹期間根系必得要充分地生長，足夠的根量來吸收足量的水分、養分，提供給枝葉生長。根吸收水分和養分最主要的部分

是細根和根毛。在嚴重乾旱情況下，根系停止生長，根毛加速死亡。

土壤中有三相，分別是氣體、液體和固體。土壤是多孔體，固體粒子排列為固相，粒子之間形成孔隙。孔隙就是儲存水分的位置，兼作氣體流通交換的空間。水分多氣室就少。一般來說，氣室要佔有土體積的百分之十以上，氣室與氣室彼此間才能互相連通交換氣體；也就是說才能夠像呼吸一般，將氧氣送到土壤的各個地方。根若是要生長、要進行吸收，就要呼吸。沒有氧氣的地方根沒有作用；甚至根浸水太久還會爛根死亡。因此灌溉補充水分的時候要注意不可浸水太久，也不可過濕。有所謂灌溉要「見乾見濕」，這樣有利根系發達生長。

並不是果樹生長的所有時期都需要水分充足。根發育生長活動旺盛的時候，會合成激勃素等生長激素，有利枝葉生長和果實肥大。但是在果樹需要異化的情形下，適當限水可以停止枝稍生長，有利花芽分化，也可以讓果實的香味和甜度增強。因為適度的限水，限制根的生長，有利於異化，其代謝產物可以增添果實的風味。

細根群的分布和存在的多寡，對水分和養分的吸收十分的重要，果實產量和品質的好壞，也就決定在細根群分布的情形。果園的調查結果也顯示，細根群分布的深度和果實的產量有相當大關聯，細根群在土面下分布愈深產量愈高。所以，日本將果園土壤有效深度，進行適栽分級時，將 100 公分以上的深度列為第一等，50 公分以上 100 公分以下是第二等級的土壤有效深度。

土壤水分太多時氧氣供應不足，相對的土壤水分變乾的時候，土壤變硬，機械阻力大，阻力大到根沒法子穿入時，根會變短變粗，停住而不能再伸長。根接觸不到的地方，不利養分和水分的吸收。土壤愈緊實，土壤密度愈大，愈容易變的過乾或過濕，而不利根系發展。甚至土壤剖面之中，有所謂的硬磐存在，根本沒有機會讓果樹的根穿過。管理上就要考慮是否需要改良，也就是把他破壞，以增進土壤物理性肥力。

土壤溫度對果樹根的活動有密切關係，一般果樹的根系在 0°C 以上開始活動，生長最適當的溫度是 15~25°C，土溫超過 30°C 則可能受抑制。台灣位處熱帶、亞熱帶。土壤溫度在敷（覆）蓋良好的情況下，土溫應該不會太低或是太高。然而，可能因為灌溉，導致土溫有較大的起

伏變化，根或許會因此而受到抑制。一般如果能控制灌溉水和土壤之間的溫差不超過 5°C ，就不致有問題發生，冬季水溫是最好稍高，夏季稍低為宜；灌溉時間上午 10 時以前或下午 4 時以後為適宜。

間接影響根系生長的物理因子

這些因子包括構造、密度、團粒、孔隙度等等。土壤總體密度高、構造發達、團粒結構良好、孔隙度高一般就是有好的構造。這些因子大部分在田間是可以由目測或是由感官來判斷他的好壞。可以用來作指標，告訴是否我們的果園有良好的土壤物理性，或是有改善的空間，需要特別的管理和改良。

針對土壤植體和水域，文章後面附有『土壤環境的自我診斷』請大家參考。

土壤的排水和灌溉

從生產的觀點來說，土壤水分管理是一項重要的工作。為了保障產量和品質，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。水分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。

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。

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—果樹的狀態和特性—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）與排水為土壤水分管理的主要內容。

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。排澇良好的果園，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，受損必將嚴重，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。這種孔隙中的水受土粒吸附的力量小，地心引力就可以把它移動向下。

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)改善化學性質，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。

土壤水分管理除了排水之外還有灌溉。當作物根部吸收的水量不足蒸散作用所需時，作物的生長和乾物質的累積就受到影響。植物體乾重約 90% 為來自光合作用產生的。影響光合作物最主要的因子是水分。當輕微缺水時，氣孔無法全開，氣孔通導度降低，光合成作用快速降低，此時蒸發量較葉面氣孔全開時低。中度缺水時光反應酵素受到抑制光合作用再次降低。輕度缺水或中度缺水，均可以經由供水而恢復正常。嚴重缺水時，光合成速率的降低是一種不可逆的反應，主要是細胞內膜系統遭受破壞。

缺水量與作物產量之關係相當複雜。大體而言，可以依作物分為四類：

1. 經濟產量佔有機物的大部份，例如牧草、蔬菜及莖梗纖維作物，當用水量達需要的全蒸發散量時，產量最高。
2. 經濟產量為一化學性組成物，僅佔植物有機物之一小部分，例如奎寧和橡膠，用水量略低於全蒸發散量時，雖然生長受到抑制，但有助於異化作用，產量最高。因此橡膠樹收穫前適度之缺水，雖然使生長減低百分之二十，但乳汁產量反而增加百分之四十五。
3. 經濟產量以碳水化合物為主之儲存器官，例如根莖作物，成熟期適量的土壤水分不足，可以增加糖的含量。
4. 經濟作物為生殖器官，例如花果或種子。用水量和產量的關係最複雜，一般而言開花期不宜缺水，但不同生育時期用水量對產量有不同之影響。

同樣缺水，在作物不同生育時期發生缺水現象將導致不同程度的產量減損。以結球甘藍為例，初期生長緩慢時，水分缺乏對產量的減損較低，此時作物因缺水而沒有達到可能的最大蒸發散量，受影響的產量僅

是輕微的損失。然而在後期生長快速時，若同樣的缺水狀況發生，產量損失會是初期缺水的 2 至 3 倍。玉米葉片生長時期若是缺水其對產量的影響僅是花期和米粒灌漿時期缺水的 1/5。果樹對缺水的反應更為複雜。適當缺水可以抑制枝梢生長、減少梢次降低整枝修剪的次數及成本，但也可能因為枝梢生長之不足影響開花及果實生長的潛能。斷水乾旱常用來控制開花，改變營養生長至生殖生長。然而花期、著果期、幼果期及果實肥大期必然是需要足量的水分，否則降低產量及果實大小，不符合經濟效益。成熟期土壤水分可以稍微降低用以提高果實甜度。

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(田間含水量)	-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，保持水分在-0.1bar 至-1bar 的張力範圍內水分最容易吸收利用。果樹類的開始灌溉基準點大多訂定-0.5bar 或-0.6bar。另外為促使花芽分化或其他異化的生長，水分逆境(乾旱)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。

水分利用效率

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。土壤張力計埋設需注意放置的位置和深度。一般是在根域的範圍內埋設兩支張力計，一支在根域的近上端，一支在近下端的位置，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。

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，可以精準控制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。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。

養液栽培管理技術

為了精準控制肥料的施用以及達到節用灌溉水目的，養液栽培，也就是液肥灌溉的技術，逐漸受到重視；此一技術是以管路微噴灌、滴灌的方式將液肥供應給栽培的作物。管路灌溉為求得最大的效率必需注重：

1. 供水均勻度
2. 管路及管路配件的能量損失，以確保供水有足夠的壓力來驅動噴頭或是滴頭。
3. 滴頭的流量測定以便計算噴灑時間。
4. 液肥注入器的選用以及養液的配置。

液肥灌溉首要條件是水質，水源必以砂濾裝置等去除顆粒雜質，同時要求可溶性鹽類的含量，也就是電導度值 EC，最好在 $600\mu\text{s}/\text{cm}$ 以下，鈉、氯的濃度以不超過 60ppm 較適宜，過高的 EC 和鈉、氯的含量，容易形成鹽鹼化土壤。

水的鹼度需要調整，也就是控制水中重碳酸的含量，重碳酸濃度超過 50ppm 時，養液之 pH 過高，會使部分元素的有效性變低，需要酸化。重碳酸濃度過低時，水的緩衝能力弱，養液容易過酸而傷害根系同時也會降低某些元素的有效性，可以利用肥料配方的調整來避免。

水質分析的項目同時要包括氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅等元素含量分析，以供判定是否有重金屬或是肥分含量過高的現象，採取淨化以及肥料配方調整的手段，做校正處理。

在設施內缺乏淋洗的環境，要慎重選用肥料配方，使用硝酸鉀或磷酸氫鉀來替代氯化鉀，以硝酸鈣來替代氯化鈣，避免鈉鹽、氯鹽的使用，以免鹽分累積產生鹽害。養液的濃度也需要注意以免肥傷，夏天養液灌

溉的電導度值以 $1000\mu\text{s}/\text{cm}$ 左右為宜，冬天可以稍高，作物種類不同也要斟酌調整。

土壤水分、肥分之監控

土壤水分的監控，多用土壤水分量測器具來進行，主要用的種類有張力計、石膏塊、電容式水分計等，無論使用那一種，均需要瞭解操作說明和埋設的深度。一般來說埋設深度選在細根最發達的地方，以此做為灌溉的指導；在根域下方再埋一個水分測定器，以瞭解淋洗是否發生；水分監控也可以利用土管取土以感官經驗來判斷濕度是否合適。土壤酸鹼度、電導度也需要監測，根域內的 pH 值(水/土比；1/1)以 5.0 至 6.0 為恰當，不宜低於 4.5 或高於 7.5。EC 值(水/土比；5/1)依作物種類不同控制在 200 至 $700\mu\text{s}/\text{cm}$ 之間。果樹類停稍時期，水分限制，肥分也需限制，EC 值(水/土比；5/1)在 $150\mu\text{s}/\text{cm}$ 以下為宜。

洗 鹽

當土壤之 EC 過高或元素比率明顯不平衡時，可以考慮洗鹽措施。洗鹽時機盡量挑選在作物採收之後；將全園浸水，以迴轉犁犁田後，再將園內地表水由渠道排出田間之外，將鹽分帶走。若是作物尚在田中，則以低濃度養液超量供給(在通氣狀況允許範圍內)將鹽分下壓不使吊起，用此法洗鹽需以土壤內部排水良好的田區為限。

結 語

管路灌溉及養液栽培系統的建立，不可急躁，需慎選專家指導，同時努力學習，以增強自身的管理能力和操作經驗，才能有效達到精準管理水分和肥分的目標，合理化的使用肥料與水資源。

天助自助者。願上天保佑大家。

附錄：土壤環境的自我診斷

各位農友們，大家都希望自己園子的土壤是好的、健康的，能夠生產優質和安全的產品，而有好的收益。同時我們也希望地方上的水土資源能夠永遠的發揮它的功能，持續提供生產給子子孫孫。我們一定要不斷地、深入地關心我們的土地，保持它的品質同時也要改進它的缺點。

現在我們就土壤、樹體和水域列舉了一些問題，每一個問題寫了三個答案，農友們請仔細考量自己園子裡的狀況，從三個答案裡面挑選一個最符合自己園子狀況的圈選起來。若是你選的是第一個答案，表示在這個項目問題上，自己的園子是不健康的；選第二個答案表示土壤是受到損害而較不健康的；選第三個答案則恭喜你，代表土壤是健康的土壤！

很可能有許多的項目問題，我們所選的答案都是不健康的，表示自己的園子的土壤需要加以改善，我們一定要請教專家，學習好的管理方法來改善我們果園的土壤環境。

現在就請你仔細閱讀問題，圈選最符合你家園子狀況的答案。

一、土壤

(1) 蚯蚓

1. 沒有任何蚯蚓或其他土壤動物的活動跡象。
2. 有少數蚯蚓洞穴、糞便或蚯蚓；一圓鍬表土中有 1 至 5 條。
3. 有大量的蚯蚓洞穴、糞便或蚯蚓。

(2) 土壤侵蝕

1. 沖蝕嚴重，大量表土流失，深溝狀的水路在地表生成。
2. 中等沖蝕，薄層土壤流失，或許可以看見小紋溝的沖蝕現象。
3. 少量或觀察不出沖蝕或風蝕，表土特性及厚度長時間以來都不受影響。

(3) 硬度(開挖困難度)

1. 極硬，用人力無法工作。
2. 硬，用鶴嘴鋤勉強可工作。
3. 用雙手之力量，就可揮動圓鍬順利進行開挖土壤的工作。

(4) 土壤構造

- 1.大且厚的土塊或像水泥牆一樣的一整大塊，是土壤主要的構造體；或是像灰塵一樣細散的沒有任何團粒構造。
 - 2.土壤構造的大小大約是5到10公分。
 - 3.土壤團粒構造發達，大小不超過2或3公分，甚至團粒內部有多少少的孔隙。
- (5) 土壤顏色(濕土)
- 1.土壤顏色是淡黃褐色、亮黃色、淡灰色等淺亮顏色。
 - 2.土壤顏色是黃棕色、紅棕色、灰褐色等。
 - 3.土壤顏色是黑色、黑灰色、棕黑色等較深的顏色。
- (6) 密實土性
- 1.在淺層土中(60公分以內)存在連續性的厚的(大於10公分)硬盤。
 - 2.土壤曾被壓實，有較薄的硬盤或牛踏層(以前水田耕種形成的)。
 - 3.全層土壤鬆散，無壓實、無硬盤。
- (7) 水滲入性
- 1.水分很難被土壤吸收，雨水都停留在土表或成為逕流損失。
 - 2.土壤吸水水分緩慢，大雨後會積水而且大部分雨水成為逕流損失。
 - 3.水分迅速進入土體中，大雨後也不見積水不消的現象。
- (8) 排水
- 1.極差，下雨或灌水時果樹經常受浸水與過飽和水分的影響。
 - 2.中等或差，連續雨天時，土壤排水速度或有不足。
 - 3.水分排除迅速，果樹不受過多水分之阻害。
- (9) 水分保持力
- 1.土壤乾燥速度快，容易旱害。
 - 2.僅在旱季有旱害傾向。
 - 3.土壤保濕力強，水分管理容易。
- (10) 表土結皮
- 1.土表堅硬、密實，乾燥時龜裂，結厚皮影響水肥滲入及細根生長。
 - 2.土表平滑，土面缺少大孔洞，較薄的細緻結皮發生。
 - 3.土表沒有結皮，富有孔洞，疏鬆而且容易用手翻動。
- (11) 土壤質地

1. 土質特別砂性、黏性或土壤中含有大量石礫。
2. 土性偏砂或偏黏、但管理上沒發生什麼問題。
3. 壤質土(半土砂土壤)

(12)土壤通氣

1. 土壤緊實、孔隙極少到幾乎沒有。
2. 土壤僅有少量孔隙(小於百分之五的體積比率)。
3. 肉眼可見大孔隙呈連續網路分布，多孔洞，是可交換氣體的土壤。

(13)表土深度 (表土顏色一般有別於心土)

1. 心土接近土表，幾乎沒有表土。
2. 表土淺。
3. 表土深(大於 30 公分)。

(14)有效土壤深度

1. 根伸展範圍極淺(30 公分以內)。
2. 根伸展範圍可達 60 公分。
3. 根可以伸展至 100 公分的深度。

(15)表土覆蓋

1. 表土裸露、清耕管理、僅有少量粗大的有機殘體散落土表。
2. 表土撒布少許細碎有機物殘體做為敷蓋。
3. 草生栽培或栽培其他作物來覆蓋土面，或撒布有機物殘體敷蓋全部裸露的地面。

(16)個人的觸感

1. 土壤有類似污泥的觸感，或是有滑膩、黏重的觸感。
2. 土壤有粉土狀或粗石礫的觸感，拿一小塊土用手指去壓不易碎裂。
3. 土壤蓬鬆，用手指去拿它也易碎裂。

(17)個人的嗅感

1. 土壤有酸味、腐臭味或化學藥品的味道。
2. 土壤沒有奇怪的味道，僅有砂石土場的土味。
3. 土壤有香甜、清新的土味。

(18)生物活性

1. 土壤生物活性低，不容易發現微生物存在的跡象，有機殘體或堆

肥在土中幾乎不分解。

2. 中度生物活性，可以發現一些菌絲或其他微生物活動的跡象，有機物在土中分解緩慢。
3. 土中到處可見菌絲或其他微生物活動的跡象，有機殘體或有機肥料在土壤中迅速分解。

(19) 土壤肥力

1. 貧瘠，生產潛力低。
2. 肥力不平衡，需調整。
3. 沃土、肥力平衡，生產潛力高。

(20) 土壤分析

1. 從未做過土壤分析，土壤可能有過酸過鹼、微量元素缺乏或是養分不平衡的危機存在。
2. 多年才進行一次土壤分析，不能有效掌握土壤肥力狀況。
3. 每兩至三年進行一次土壤與植體分析，同時也虛心接受改良場專家的施肥指導，土壤肥力有上升趨勢但未超過最高等級。

二、植體

(1) 外觀

1. 枝稍生長稀疏、葉色不均勻、葉尖枯黃、外觀極不正常。
2. 枝葉過密、日照通風不良，枝條粗大異常、節間過長，葉片大而薄。
3. 枝葉配置妥當。枝條大小適中且橫斷面質地細緻、節間較短，葉肉厚實，葉片及葉柄的顏色是恰當的綠，不致太過濃綠或顏色太淡，枝條及葉片具有良好光澤。

(2) 生長速率

1. 生長緩慢、枝稍不易成熟。
2. 生長勢過強，枝稍徒長、成熟緩慢、常有不良現象發生，如流花、果穗小、著色不良等。
3. 生長勢恰當，一但進入果實著色期新梢即停止生長，植株栽培管理容易。

(3) 根系

1. 根群不健康、褐化壞疽及壞死現象發生、生長緩慢、缺少幼根及

新根。

2. 根域淺且大部分根呈水平生長、根部露出土面、新幼根少且伸長受限。
3. 根域深廣、新根比率高、根毛多，且根的活動與芽體的活動配合良好。

(4) 養分缺乏

1. 枝梢及葉片顯露出多種養分缺乏的症狀。
2. 季節變動時期容易發生流花、裂果、脫粒、著色不良等生理障害。
3. 全生長期均維持良好的生長勢與生理狀態、無養分缺乏症狀。

(5) 植物荷爾蒙

1. 植株極易徒長，連年需要噴施生長抑制劑，花穗也經常需要利用激素來拉長。
2. 植株枝梢偶有徒長現象，某些年份需要噴施生長抑制劑。
3. 果園施肥適當、灌排水和修剪良好，幾乎不需使用生長調節劑。

三、水域

(1) 地下水化學物質

1. 硝酸氮等化學物質在地下水中被檢出且在額定標準以上。
2. 硝酸氮等化學物質在地下水中被檢出但在額定標準以下。
3. 無肥料、農藥成份被檢測出來。

(2) 地表水 (排水溝或溪流、池塘等)

1. 水體非常骯髒、混濁或黏稠。
2. 水體呈棕色帶有雜質和土粉粒。
3. 水體清潔、清澈。