



果樹土壤管理 與施肥原則

作者：黃維廷（農試所農化組助理研究員）
電話：(04) 23302301#7405

作者：陳柱中（農試所農化組助理研究員）
電話：(04) 23302301#7434

果園之肥培管理成效牽涉到土壤肥力狀態或土壤養分有效性之問題，所以土壤性質決定之土壤管理，此即為土壤管理應用之極重要觀念。土壤管理具有多面向的，包括化學之營養含量與酸鹼值（pH值），物理之水分與質地，生態環境的微生物相之有機質等，因此土壤分析 (soil testing) 與土壤資訊(soil information)之土壤管理組資料庫 (database) 具有極重要參考決策價值。

一、土壤營養元素管理

土壤養分可供給植物生長必需元素之巨量元素：碳(C)、氫(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、硫(S)（植體內濃度通常以百分比計），及微量元素：鐵(Fe)、錳(Mn)、銅(Cu)、鋅(Zn)、硼(B)、鉬(Mo)、氯(Cl)等（植體內濃度通常以mg/kg計）。另「有益元素」雖非植物生長所必需，但對特定作物生長有利。例如鈉(Na)為耐鹽作物調節細胞滲透；矽(Si)可增加水稻細胞壁功能並具抗病能力，鈷(Co)促成豆科作物的固氮作用；鎳(Ni)為尿素水解酵素所需。

因為作物收穫從土壤移走巨量元素之氮、磷、鉀，土壤一般僅需施肥補充供應氮、磷、鉀(N,P,K)，稱為肥料三要素。至於次量與微量元素，僅需針對特殊土壤母質與特定作物需求，另額外供給與部分補充。土壤分析結果經常顯見土壤磷含量過高，乃因果園磷肥已充足且易被土壤膠體固定住，而葉片植體分析結果顯示磷含量僅及氮與鉀之1/15至1/20，果樹樹

勢生育表現之葉片厚薄，面積大小，葉色深淺與枝條節間大小，主要受氮與鉀養分吸收比率之影響與調節，所以生育時期施肥宜有適度氮與鉀肥比率之調控，磷肥只要適量足夠即可，無需強調氮磷比率或磷鉀比率。

二、土壤水管理

土壤水管理影響提升肥料與水分利用效率，決定肥料用量與施肥頻率。正常說來，只要溶氧量充足，水分愈多，作物生育愈旺盛（水分佔植體組成80%以上）。在營養上，水分是營養要素（肥料）溶解及運移的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為作物吸收利用。果園灌溉方式計有淹灌、噴灌和滴灌三種，其中淹灌因無需設備廣泛被採用，但水分利用效率最差，減少淹灌次數可節約灌溉用水。除了灌溉方式影響水管理外，果園的雜草相也影響果園土壤水管理，果園草生栽培之土壤水分含量均較裸地者高，亦即土壤保水力較佳，可延長灌溉時間，減少灌溉次數，達到省水及減少人工之目的。於豪大雨後果園最忌積水，避免土壤水分飽和時間過長影響根呼吸，果園實施草生栽培，草生土壤較裸地土壤易排除水分。

果園水管理大致可分無灌溉、有灌溉半乾溼與有灌溉表土恆溼三種水管理，前兩者為一般農友採行。無灌溉管理係看天下雨給水，生育時期土層5-8公分深的土壤水分含量經常僅約大雨後飽和濕度之30-50%（大約10-17%之土壤水/濕土比）或以下；定性地描述



圖一、裝設簡易噴灌管路設備進行溼式水管理，以噴灌替代淹灌提升肥料與水分利用效率，避免浪費施肥與地下水污染。

以將大雨後土壤水分程度當作10分濕，日晒與吸排水土乾至剩4-5分濕程度以下。因土壤長期相當乾，為確保收量，肥料用量甚高，且需掘穴溝覆土，但施肥頻率少，追肥常利用雨後實施(施肥量可調整約為基礎推薦量1.5-3倍)。

有灌溉半乾溼則於旱季、施肥前後與重要生育時期有相當程度之淹灌噴灌補充水分，生育時期土層5-8公分深的土壤水分含量經常約大雨後飽和濕度之50-60分(大約17-22%之土壤水/濕土比)；定性地描述以將大雨後土壤水分程度當作10分溼，日晒與吸排水土約5-7分濕程度。因肥效已較乾式提高，肥料用量可酌減及省工撒施實施追肥(施肥量大致為基礎推薦量或基礎推薦量1-1.2倍)。

有灌溉表土恆溼水管理係落實肥水精緻利用調控之管理，果園生產成績可達85分以上遠超過前兩者60-75分之表現。裝設簡易噴灌管路設備乃果園經濟生產(提高水分與肥料利用效率)必要之投資與硬體。優點利基為可藉水分溶解與運移肥料至根部之利，於

表一、三種水管理方式與相對應之施肥量

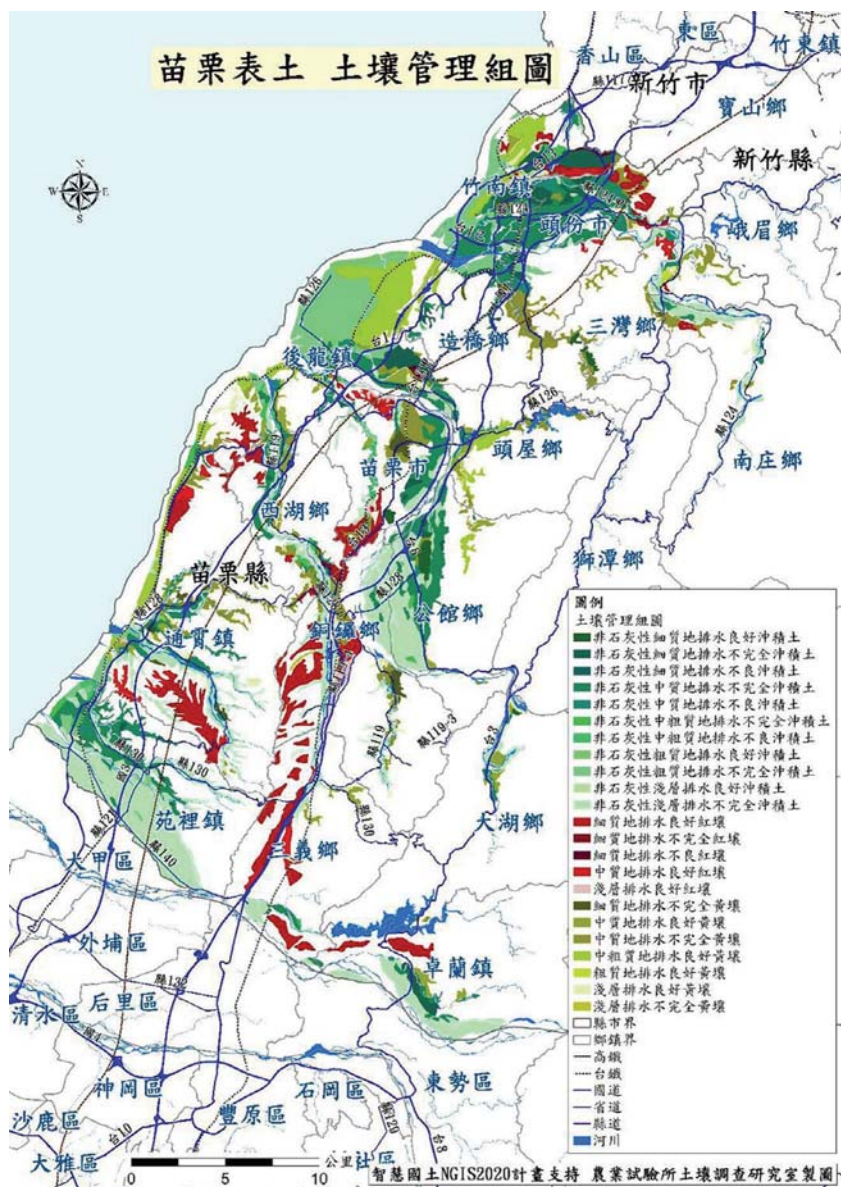
	無灌溉	有灌溉半乾溼	有灌溉表土恆溼
土層水分直觀描述	大雨後飽和濕度之30-50%	大雨後飽和濕度之50-60%	大雨後飽和濕度之80-90%以上
水分含量(濕基) ¹	10-17%	17-22%	22-30%
施肥量調整 ²	1.5-3倍	1-1.2倍	1/2-3/4倍

¹ 濕基水分含量：土壤水分重量/濕土重量

² 以基礎施肥量為1，換算之比例

不同生育時期以適當要素比率，及時滿足果樹生育需求。並可藉操作供給水量與頻率，調節控制肥料與水分於有效營養根域土層30公分內即完成吸收利用，做到節制至無多餘肥與水浪費，與可能會下滲污染地下水之精緻程度。表土恆溼水管理必須嚴格維持整個生育時地表土5-8公分深的土層水分約為於大雨後飽和濕度之80-90分以上(大約22-30%之土壤水/濕土比)；定性地描述以將大雨後土壤水分程度當作10分濕，日晒與吸排水土仍有8-9分濕程度以上。所以施肥頻率高且肥料可撒施省工，於不同生育時期以適當要素比率，及時滿足果樹生育需求(施肥量可調整約為基礎推薦量之1/2-3/4倍)。

根據農試所農化組張庚鵬研究人員田間經驗，無灌溉、有灌溉半乾溼與有灌溉表土恆溼三種水管理肥料用量比依序為5-6：3：1，有灌溉表土恆溼最省肥料，氮與鉀肥比率N：K依序為1：1、1：2及1：6，有灌溉表土恆溼最能發揮氮與鉀肥比率之生育表現。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

1. 粗質地砂質壤土或石礫地果園酌增施肥量約20-30%，調整為基礎推薦量1.2-1.3倍。
2. 中細質地壤土施肥量大致為基礎推薦量。
3. 細質地黏土與黏質壤土果園施肥量酌減約20-30%，調整為基礎推薦量0.7-0.8倍。

(二) 質地更影響灌水方管理式

以表土恆溼水分管理為例，若要達到經常維持表土5-10公分左右土壤8-9分濕潤，不同質地之土壤灌溉深度與灌溉頻率建議如下：

1. 質地黏重之壤土、黏壤土、黏土或留草：水分移動慢，保肥性與保水性較佳，灌濕至8-12公分止，移動(慢)至20公分時養分約已吃完，給水頻率1次/4-5天或1次/週。
2. 輕質地砂質土、砂壤土或無草（移動快保肥與水較差）：水分移動快，保肥性與保水性較差。灌濕至5-8公分止，移動(快)至20公分時養分約已吃完，給水頻率1次/2-3天或2次/週。

三、土壤質地管理

不同尺寸之土壤礦物粒子在土壤中佔有的比率，被稱為不同的質地，大尺寸之砂粒含量多的土壤被形容為砂(粗)質地，這種土壤容易耕犁，又被稱作輕質地。小直徑之粘粒含量多的土壤為粘(細)質地，因其不容易耕犁，被稱為重質地。在果園的管理中，土壤質地影響肥料用量與水分管理。

(一) 土壤質地與肥料用量管理

粗質地保水保肥力比較中細質地土壤差，肥料用量與施肥頻率所採取策略宜少量多次以減少流失，其需注意事項如下：

四、大量要素氮-磷-鉀之養分管理

(一) 三要素推薦量與實際施肥商品肥料量之換算公式(臺東農改場張繼中副研究員)

三要素之施用量，可參考推薦用量計算個別要素之需求量，再依照肥料類型(單質或複合肥料)，計算各肥料的施用量，主要利用以下公式計算：

$$\text{施肥用量 (公斤)} = \text{要素量 (公斤)} \times \left(\frac{100}{\text{肥料的要素含量 (\%)}} \right)$$

以下以番荔枝為例，計算不同情境下之施用量計算。

例如1：5年生番荔枝成年樹之氮素、磷酐及氧化鉀推薦量分別為每株750公克、500公克及700公克，假設一分地有80株番荔枝：則氮素總共為750公克×80株=60公斤，磷酐總共為500公克×80株=40公斤，氧化鉀總共為700公克×80株=56公斤；分別施用氮素含量為21%之硫酸銨、磷酐含量為18%之過磷酸鈣、氧化鉀含量為60%之氯化鉀，利用上述公式計算如下：

$$\text{硫酸銨施肥用量} = 60 \times (100/21) = 286 \text{公斤}$$

$$\text{過磷酸鈣施肥用量} = 40 \times (100/18) = 222 \text{公斤}$$

$$\text{氯化鉀施肥用量} = 56 \times (100/60) = 93 \text{公斤}$$

同理例如2：單質肥料用量的計算

合理化施肥三要素推薦量240---200--960公斤/公頃到底是幾包肥料呢？

$$\text{尿素} \quad 240 \times (100/46) = 522 \text{公斤} \div 13 \text{包}$$

$$\text{改用硫酸銨} \quad 240 \times (100/21) = 1143 \text{公斤} \div 28 \text{包}$$

$$\text{過磷酸鈣} \quad 200 \times (100/18) = 1111 \text{公斤} \div 28 \text{包}$$

$$\text{氯化鉀} \quad 960 \times (100/60) = 1600 \text{公斤} \div 40 \text{包}$$

$$\text{改用硫酸鉀} \quad 960 \times (100/50) = 1920 \text{公斤} \div 48 \text{包}$$

同理例如3：複合搭配單質肥料用量的計算

合理化施肥，氮素N--磷酐 P_2O_5 --氧化鉀 K_2O ，240--200--960公斤 / 公頃到底是幾包肥料呢？

使用5號複合肥，氮--磷酐--氧化鉀，16--8--12

$$\text{台肥5號} 240 \times (100/16) = 1500 \text{公斤} \div 37.5 \text{包}$$

$$\text{其中含有} 1500 \times 8/100 = 120 \text{公斤磷酐} P_2O_5$$

$$\text{其中含有} 1500 \times 12/100 = 180 \text{公斤氧化鉀} K_2O$$

不足之磷酐 P_2O_5 以單質過磷酸鈣補充

$$200 - 120 = 80, 80 \times (100/18) = 444 \text{公斤} \div 11 \text{包}$$

$$\text{每分地：過磷酸鈣} 11 \div 10 \div 1.1 \text{包}$$

不足之氧化鉀 K_2O 以單質氯化鉀補充

$$960 - 180 = 780, 780 \times (100/60) = 1300 \text{公斤} \div 33 \text{包}$$

$$\text{每分地：氯化鉀} 33 \div 10 \div 3.3 \text{包}$$

(二) 配合生育時期與氣候調整

氣候因子日照和溫度影響作物對營養要素的吸收及利用率。在高溫高日照下，作物對氮吸收及利用特別快，常出現新生枝葉繁茂而導致鈣的缺乏(鈣在高溫、通氣不良的條件下，吸收率降低)、鉀的潛在性缺乏(鉀量不充足時，在艷陽下易致全株葉片軟垂)。在低溫低日照時，作物生育速度較緩慢，此時，應施用較高濃度的氮及磷肥(低溫時，磷被作物之吸收率大減)，以促進作物的生長。天氣炎熱

鉀肥比例要放大來平衡氮的吸收效率。冬末初春枝葉生長期遇天氣涼冷，氮磷肥比例要稍為加強，彌補氣溫低較差的吸收效率。春夏遇大雨，隨時補充大雨水流失之肥分。除此之外，配合生育時期與氣候調整之肥培注意事項如下(或參考表二)：

1. 肥料量依據氣候、果樹各生育期、生育特性、肥力監控而給予不同比率氮鉀肥。

表二、不同生育時期配合氣候調整氮與鉀之比例

	要素比例N : K	每分地施用量
採收後		過磷酸鈣1包，氯化鉀1包
萌芽始花	一般氣候：1:1.5~1:1.7	43號1包，搭配氯化鉀
	冷涼或高山：1:1.2	一般氣候：8~10公斤
	暖熱或2平地：1:2.0	冷涼或高山：5公斤 暖熱或平地：15公斤
小果期	1:1.2~1:1.5	43號1包，氯化鉀5~8公斤
中大果期	1:4~1:8	43號20公斤，氯化鉀20~40公斤
果熟期至採收前	1:10~1:14（或以上，以兼顧品質與蓄積）	43號10~15公斤，氯化鉀40公斤

2. 使用之肥料種類與搭配均單純與容易（複合5號或43號，氯化鉀，過磷酸鈣）。
3. 配合水分管理之撒施方法，不僅有機動之優勢，且施工操作容易與省工。小果期需要很高的氮鉀比來促進粒頭膨大，中果期後至轉色採收漸漸要提高鉀肥，降低氮鉀比來拼品質風味。
4. 天氣炎熱，土壤內如果殘存氮素不少（例如有機肥氮素還未分解釋放），中果期後遇雨水恐怕大量吸收，致使徒長梢旺盛，旺葉不旺果，枝條徒長等不利果實品質情形。
5. 採收後利用尚未落葉剩餘葉片光合作用，大量供給磷P與鉀K肥於土壤，蓄積枝條養分，期翌年花芽飽滿。
6. 萌芽始花後以簡易噴灌管路行有效根域水分管理，以利肥分的吸收。
7. 萌芽開花期需較高比率氮肥，生產足量之枝條與葉面積。

五、土壤酸鹼值（pH值），次量與微量元素營養管理

可參考利用農業試驗所土壤酸鹼值pH土壤管理組圖圖資(<http://soilsurvey.tari.gov.tw/SOA/index.aspx>)，所依果園位置之土壤pH值與土壤改良策略及次量與微量元素營養管理目的推薦建議。

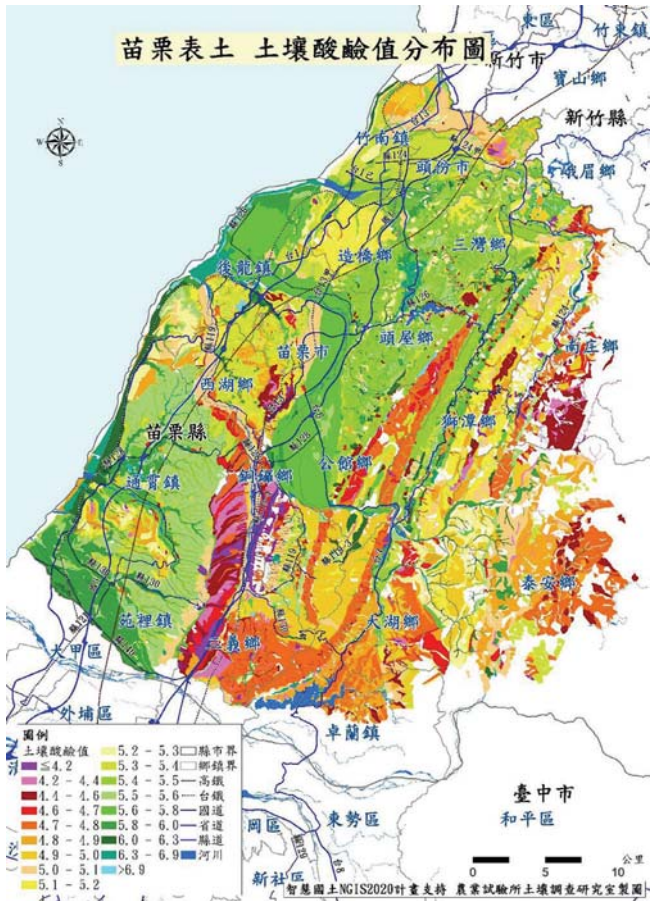
（一）土壤酸鹼值（pH值）管理

以柑桔為例，柑桔適宜生長在土壤pH 值

範圍5.5-6.5，pH非果樹生產之關鍵限制因子，除非極端低4.0以下有Al、H⁺毒害，或處女地開墾種植前，才施用石灰改良土壤。

果園酸性土壤pH4.5-5.0甚至4.0以下，土壤交換性鈣與鎂含量甚不足，分別為300-800 mg/kg及40-50 mg/kg。一般pH4.5-5.0可能鎂(Mg)、硼(B)、鈣(Ca)缺乏，可以施肥策略預防矯正，而不一定需要施石灰改良土壤。另外實施草生栽培覆蓋與敷蓋，經驗上極有助於維護土壤pH之穩定而避免與減輕土壤酸化。果園施用石灰之困難與注意事項：

1. 成園果樹已經定植，會傷害營養根系，施用石灰必須與土壤全層翻拌混合均勻，執行上有實際之困難。除非種植前挖掘定植穴，才方便實施石灰與土壤全層翻拌混合。
2. 種植穴內石灰與土壤全層翻拌混合後需灌溉等候半個月至一個月。使石灰的強鹼性鹽基經土壤與水分緩衝馴化，才能定植以免傷害根系。
3. 複合肥或銨態氮肥容易與石灰資材產生氨氣而傷根，不可同時而需間隔0.5-1個月時間施用。每公頃至多施用石灰3公頃左右。
4. 因為15公分土壤土層提高1.0單位pH 5.0-6.0需施用苦土石灰 5 噸 /公頃以上，資材與翻拌施工成本，實為勞民傷財。



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

(二) 鎂肥之補充與預防

鎂缺乏通常強酸性土壤(例如紅壤)及坡地土壤最為嚴重，土壤施用：硫酸鎂25公斤/分地(簡單方便)，或葉面施肥：每100公斤水溶解硫酸鎂(平時補充)或200-400公克(嚴重缺乏)，每分地噴施量100-150公斤，連續3-5次。

蜜棗、葡萄與柑桔等對鎂敏感(影響品質)需求量大，一般果樹如嫁接梨仍需補充預防性施肥改善缺鎂，可施用硫酸鎂($MgSO_4$)優於苦土石灰。 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 含有18% MgO ，苦土石灰則有18-20% MgO 含量稍高，但苦土石灰溶解度低，硫酸鎂為水溶性，易溶出鎂，所需水量少。若配合噴水管路提供適當水分，3-4噸/公頃 $MgSO_4$ 效果相當9噸/公頃苦土石灰。

(三) 缺硼改善方法

一般果樹通常有之微量元素問題為硼，硼缺乏易有畸形果之發展，通常可發生於pH值太高或太低之粘板岩沖積土或紅壤，粗質地砂

土與石礫地，及氣候乾旱特殊或栽種需硼較多的植物時，易有缺硼發生。

土壤施用硼酸或硼砂3-5公斤/分地/年，不易操作。或葉面施肥水硼2000倍或硼酸或硼砂1000倍，每分地噴施量100-150公斤。連續約3-5次。

(四) 缺鋅與缺鐵

易發生於pH值較高的石灰質土壤及西部鋅含量較低的土壤為嘉南、雲林、彰化的砂頁岩及粘板岩沖積土。改善方法參考前述營養診斷章節。

(五) 鈣肥補充

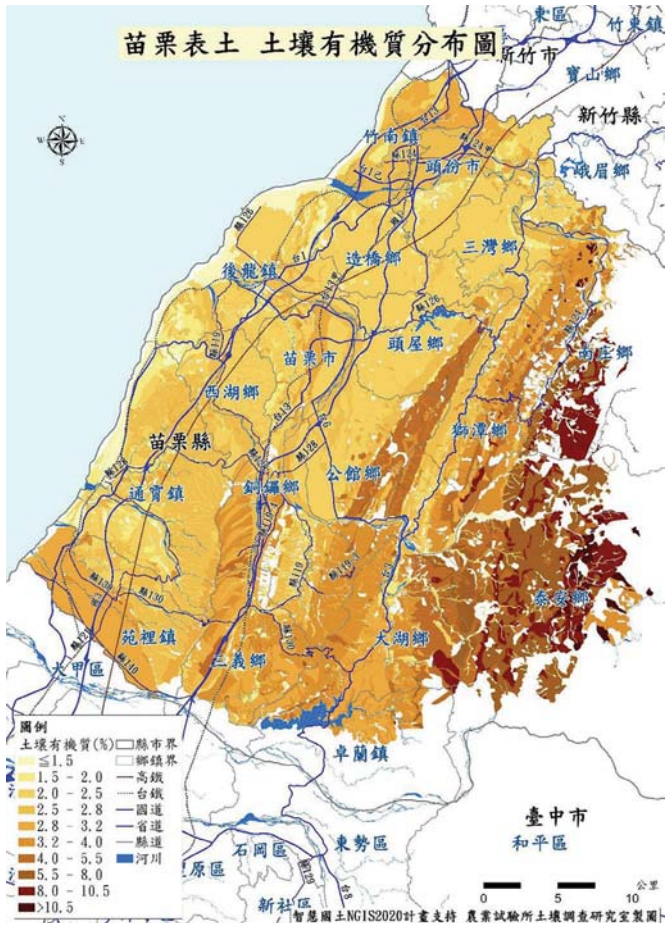
鈣肥補充預防果實爛尾，可增強嫁接梨冷藏貯存性。補充時機--開花前，結小果，果實肥大初期。石灰與苦土因水溶效率差，鈣肥有效性差。氯化鈣 $CaCl_2$ 水溶解性高，有效性高，速效性，但易因雨水洗流失。每分地1-2包〈25-50公斤〉 $CaCl_2$ 澆灌土壤1-3次，但成本相當高25元/公斤。

以上僅是通論，各別不同果樹營養障礙及其與土壤酸鹼值pH，次量與微量元素營養管理之注意事項，將於後續各果樹土壤與葉片分析營養診斷之章節中詳細說明。

六、土壤有機質管理

土壤有機質管理目的為改善土壤物理性質，增進肥料與水分於土壤之縱向的通透性，減少橫向流失。土壤有機質含量1.5-3.0%足可，1.0%以下石礫地或極砂土，保水保肥很差，建議可以施用氮素不高於2%，非豆粕類但纖維質及碳較高或C/N較高之有機資材，或以有機複合肥料取代部分化學複合肥料，改善土壤理化性質。但是1.0%以下石礫地或極砂土藉由草生栽培覆蓋與水分與肥料藉管路少量多餐的營養管理增加產量重於有機質添加之管理，因為每公頃15公分表土，約2百萬公斤表土增加1.0%土壤有機質含量，需要添加20噸以上有機材質，所費不貲。

維持適當之土壤有機質含量除大量施用有機材質外，另外實施草生栽培覆蓋與敷蓋，



農業試驗所農業化學組土壤調查研究室製圖

利用殘枝落葉或稻草或刈割之雜草等敷蓋樹冠下周圍，可減少水分的蒸發與適度維持土壤有機質含量。同時可收避免與打破土壤結皮之功效，結皮之現象為土表因裸耕或清耕不留草，復因大雨滴襲打及淹灌，細小土坩粒 (silt) 漂浮淹塞土壤孔隙，形成表土結皮或硬皮阻礙肥料與水分於土壤之縱向的通透性。對於一般果園施行草生栽培，建議事項如下：

1. 土壤有機質1.0%以下，及1.0%以上至2%，基肥施用非粕類但含纖維質及碳較高，即碳氮比C/N較高之有機資材。
2. 追肥施用有機複合肥。
3. 土壤有機質3%以上可減少有機肥施用，建議無需每年施用有機肥料，可隔1至2年才施用，可節省為數可觀之有機肥成本。

針對土壤有機質管理，尚可參考利用農業試驗所土壤有機質管理組圖圖資(<http://soilsurvey.tari.gov.tw/SOA/index.aspx>)，所顯示果園田區位置土壤有機質管理改良策略的推薦。



圖二、過度除草土壤裸露形成土壤結皮現象。



圖三、實施草生栽培以覆蓋保護土壤。