

土壤分析與植體診斷在作物合理化施肥之應用

彭德昌

花蓮區農業改良場

前言

以往在公營肥料之產銷體制下，政府為減輕農民之負擔而採取低肥價政策，但隨著肥料自由化、民營化時代的來臨，過去由政府補貼之低肥價政策已無法繼續採行，肥料價格將反映成本而調整，政府為降低農民之施肥成本，特從技術層面來推動合理化施肥措施，教育並宣導農民依農業技術單位之需肥診斷服務推荐合理之施肥量與施肥法，以減少肥料浪費並彌補因肥價調漲而增加之費用。

農作物從土壤中吸收的各種營養要素，短期作物可依土壤分析測定來推荐肥料用量，長期作物則尚須作植體（葉片）分析診斷才能推荐合理之施肥量。各種要素需用與否及使用量之多寡，須仰賴土壤分析及植體（葉片）營養診斷技術之綜合應用，各地區農業試驗改良場所及有關農業學術機構多年來已做了許多相關之試驗研究，建立各種作物不同要素含量濃度等級之資料，作為作物需肥診斷服務推荐施肥量之依據。

土壤採樣與分析

由於個別農民農田之土壤肥力不盡相同，試驗改良場所對作物所推荐之施肥量，不一定全部都能夠符合各地區不同土壤肥力之需要，適當之施肥量應根據土壤分析與植體診斷之結果來決定，而土壤分析之首要工作就是如何取得確實具有「代表性」之土壤樣本，再由此樣本進行分析所得之結果，才能作正確之施肥推荐。通常一個土壤樣本約為 500 公克，約為一公頃耕地表土（深度以 17 公分、土壤密度以 1.36 公克/公分³ 計算）230 萬公斤之 460 萬分之一，由此可知土壤採樣工作之重要，如果稍有不慎，就會產生錯誤的結論，因此土壤採樣時須注意下列幾點：

- 一、每一個採樣點均採取少而等量之土壤，由上至下所採土塊之深度、大小、厚薄均須一致。
- 二、採樣工具應以不鏽、易於清潔者為佳，如：土鑽、土管、土鏟、移植鏟等。

- 三、備妥混合土壤用之塑膠桶、裝土用之塑膠袋、樣本盒、填寫資料用之紙與筆。
- 四、採樣地點不可靠近路邊或周界邊緣、畜舍旁、田埂附近及新施肥之地區。如遇特殊或問題之土壤，應另行採樣。
- 五、採樣前必須先瞭解田區內土壤之變異情形，如果是平地屬於同類之土壤、栽培管理也都一致者，可按順時針方向進行採樣，至預定地點採取一個小樣本後，再向四週約距 15~20 步處各採取一個小樣本，混合後成為一個混合樣本。一般 20 公頃平地約採 10 個混合樣本，10 公頃者約採 7 個混合樣本，5 公頃者約採 4 個混合樣本(餘類推)，一般稻田之面積如在 0.5 公頃以內者，採樣點為 10 點即可，將所採之 10 個小樣本混合為一樣本。
- 六、採樣區域如為坡地，則應依土型、地勢、土層深度、土色、沖刷程度等因子，將條件相同者劃分為同一區塊，分別予以採樣，採樣數與平地者相同。
- 七、短期性淺根作物之採樣深度以達到有效根群發育之表土層或耕犁層為準。在休閒地採樣時，宜先將土壤表面之雜草鏟除，但不可除去太多之表土，然後將土鑽或土管插入表土層約 15~20 公分，經轉動後即可將土壤樣本取出。若以土鏟採樣時，可先將表土掘成 V 字型之空穴，然後沿著穴之邊緣，用土鏟取出約 1.5 公分厚之土片為樣本。
- 八、在種植有作物之田區採樣時，不可靠近根部採樣，因根群附近之土壤受到作物吸收養分之影響，一時所含之有效性營養分往往偏低，不能作為土樣，故應在距離兩株作物之中點處採樣。
- 九、多年生深根作物之採樣深度，應依作物有效根群分布之深度而定，一般可按土壤剖面之層次分別採取 0~20、20~40、40~60、60~80 公分等數個層次，同一層次者可混合為一個混合樣本，採樣工具則以土鑽較佳。
- 十、一般採取土樣之時期，多在前作物收穫之後至下期作種植之前進行，本省水稻田以在第二期作收穫後採取土樣最為適宜，因這時稻田多已排水，土壤呈乾燥狀態，所採取之土樣容易混合，可取得代表之土樣，如在浸水或土壤濕潤時採取土樣則較不合適。
- 十一、由田區採得之小樣本，同一土層者須置於同一塑膠桶中，並予以充分混合、揉細而組成一個混合樣本，然後從其中取出約 500 公克裝入塑膠袋中，如所採之土量太多時，可採四等分法再取出所需之土樣量，最後將塑膠袋綁妥置於樣本盒中，樣本盒上應寫明樣本號碼、姓名、住址等資料送交有關單位分

析。通常之田區每 3~5 年進行土樣分析一次即可，因為在普通之情況下，土壤中磷、鉀、鈣等元素之變化不致太快，而土壤之酸鹼度、有機質含量及質地更是不易改變的，故無需經常採樣送驗，但在質地較粗之土壤，兩次土壤分析之間隔期間則宜縮短。

十二、化驗機構在收到土壤樣本後，會核對樣本數，並分別將土樣倒出置於塑膠盤內，放在通風良好、但沒有直接日照之處所予以風乾。約經數天風乾之後，會撿除小石片、磨碎土壤樣本並通過細篩之篩別、裝袋供為分析之用。

十三、一般土壤分析之項目有：土壤質地、酸鹼度 (pH)、有機質 (OM)、電導度 (EC)、陽離子交換能量 (CEC)、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼、矽、鉬等；若有重金屬污染之虞者，則再加砷、鎘、鉻、汞、鎳、鉛等元素含量之分析。

十四、適合大多數作物栽培之土壤質地以砂質壤土~粘質壤土為佳，酸鹼度以微酸性 (pH6.0~6.5) 為宜，有機質含量在 2.0% 以上，電導度 (水：土=5：1) 為 0.26~0.60 dS/m，有效性營養元素之含量磷為 11~20 mg/kg，鉀：30~50 mg/kg，鈣：570~1140 mg/kg，鎂：50~100 mg/kg，鐵：50~300 mg/kg，錳：20~140 mg/kg，銅：0.5~0.8 mg/kg，鋅：5~10 mg/kg，硼：1~2 mg/kg。

植體採樣及營養診斷

近年來利用植體採樣分析供為多年生、深根性作物之營養診斷與施肥推荐已愈來愈受到重視，因葉片為植物之同化器官，是控制植物營養之主要機構，葉片中各要素之濃度變化當可反應植物之營養狀況是正常、缺乏或過量，並與作物之產量有所關連。近年來由試驗研究機構進行之採樣分析技術已陸續建立了可靠的葉片採樣技術、適宜濃度範圍，可供診斷作物營養狀況與施肥推荐之依據。葉片之養分濃度分析值，除受栽培環境、土壤肥力之影響外，葉片採樣技術是否適當、有無代表性，更是葉片分析與營養診斷之先決條件。不當之取樣方法會使葉片分析之結果毫無意義，甚至導致錯誤之結論而不得不慎，因此，進行葉片採樣分析時必須注意之事項如下：

一、葉齡之不同會顯著的影響葉片中之要素濃度，以柑桔類春梢葉片之要素濃度變化為例，氮、磷、鉀之濃度隨著葉齡之增加而降低，鈣、硼、鐵、錳之濃度隨著葉齡之增加而提高，鋅、銅之變化則較小。一般作物大體上都有此類

似之趨勢。

- 二、要素之含量會因在植株部位（根、莖、葉）之不同而異，在同一片葉上，葉身與葉柄之要素含量亦不同，因此葉片採樣時，須註明是否包含葉柄（水稻為葉鞘），或者僅為葉身而已。
- 三、葉齡雖相同，但採自不同高度、方位（東、西、南、北）、遮蔭程度之柑桔葉片，其氮、鉀、鎂之濃度稍有不同，因此果樹之葉片採樣通常是採取東、西、南、北各方位、高度大致相同之葉片組合成一個樣本。
- 四、葉齡雖相同，但採自結果枝與非結果枝上之葉片，其要素含量亦有顯著之不同。以甜橙為例，結果枝之葉片氮、磷、鉀、鋅、銅、鐵、硼之含量顯著的比非結果枝者為低，鈣、鎂之含量則相反。
- 五、柑桔類常會生長出新梢，新梢生長則需消耗養分，因此同為春梢之枝條，未長新梢與長有新梢者，其葉片要素含量亦不同。
- 六、在同一栽培條件下，不同之作物品種（品系）其葉片之要素含量也不同。同一種果樹，不同之根砧，因其養分吸收能力不同而影響接穗之葉片要素含量，不同品種（品系）之接穗其要素適宜濃度範圍亦不同，因此須就相同品種（品系）、相同根砧、相同接穗之組合來做比較才有意義。
- 七、在不同之生育時期，因植物根系對養分之吸收能力不同，雖為同一葉齡之葉片，其養分之濃度亦有不同。因此，葉片之採樣適期一般以在生育過程中，濃度變化較小之時期為佳。在果樹方面並有年度之變化，故其標準濃度之建立常為綜合多年之分析結果而得。
- 八、在一天之中，植物葉片之濃度亦有變化，因此，當天採樣之時間最好能一致。
- 九、一般而言，剛成熟之葉片，其要素之濃度較為穩定，受病蟲為害之機會亦較少，為適宜採樣之時期。
- 十、在面積較大之田區，須就土壤特性之變異與田區內作物生長情況之不同，劃分成若干區，分別予以採樣分析。
- 十一、在沒有適當的採樣方法之前，若欲診斷作物之異常狀況（要素缺乏或毒害），可分別採取異常園區之異常葉片，以及正常園區相同部位、相同葉齡之葉片進行分析比較兩者要素濃度之差異，找出有用之結論。
- 十二、一般果園之採樣面積為2~4公頃，以栽培總株數之20%為宜，每一個樣本約50~100枚葉片即已足夠各要素分析之用。

十三、一般多在未下雨時，選擇樹勢平均、生長正常之植株，在園區內循“U”字型之路徑進行葉片採樣，葉片採下後可裝於塑膠袋或紙袋內再置入冷藏箱中（無冷藏箱者，宜保持陰涼、避免日晒），並於當天送交有關單位洗清、乾燥、磨粉供分析之用。若無法在當天洗清、乾燥者須置於冰箱中冷藏，因葉片採下後至乾燥前，其呼吸作用仍繼續進行，若遲未處理，將導致葉片乾物量顯著損失而使分析值偏高，此外，不新鮮之葉片有些元素在清洗時容易流失而影響分析結果。

十四、一般而言，大量要素氮、磷、鉀、鈣、鎂之分析值比較不受清洗方法之影響，微量元素之分析值則深受影響。若葉片樣本僅須分析大量要素時，可先以自來水洗去塵土，再以純水沖洗，若須分析微量元素時，葉片須先以肥皂水洗清，再以自來水沖淨，最後再以純水沖洗。洗淨後之葉片再以乾淨紗布擦乾，裝在塑膠袋或紙袋內，置於 60~70°C 之送風烘乾箱中乾燥 48 小時後再以磨粉機磨細供分析之用。

十五、現將花蓮、宜蘭地區共 8 種長期作物之葉片營養診斷技術說明如下，供有關農友合理化施肥之參考。

1. 柑桔類：於每年 8 月中旬至 9 月中旬採取當年生春梢非結果枝距末端第三或第四片之葉片，每一果園約採 30~50 枚進行各種營養元素含量之分析，適宜之要素濃度範圍，氮：文旦為 2.20~2.50%，柳橙為 2.90~3.10%，椪柑及桶柑為 3.00~3.20%，磷：0.12~0.18%，鉀：1.40~1.70%，鈣：2.50~4.50%，鎂：0.26~0.50%，鐵：60~120ppm，錳：25~200ppm，銅：5~16ppm，鋅：25~100ppm，硼：25~150ppm。
2. 高接梨：於每年 5 月中旬至下旬採取短果枝距末端第三或第四片之新成熟葉，每一果園約採 50~100 枚進行分析，適宜之要素濃度範圍，氮：2.00~2.60%，磷：0.12~0.20%，鉀：1.20~2.00%，鈣：1.25~2.00%，鎂：0.27~0.50%，鐵：35~200ppm，錳：30~200ppm，銅：10~20ppm，鋅：20~90ppm，硼：21~150ppm。
3. 番石榴：於每年 7~8 月採取當年生成熟枝葉齡 5~6 個月之第二對葉，每一果園約採 40~60 枚進行分析。適宜之要素濃度範圍，氮：0.70~1.06%，磷：0.10~0.14%，鉀：0.58~1.12%，鈣：1.73~2.11%，鎂：小於 0.74%，鐵：191~309ppm，錳：38~208ppm，銅：14~90ppm，鋅：

15~67ppm，硼：18~66ppm。

4. 枇杷：於每年 10 月盛花期採取花穗下第三或第四片之完全展開葉，每一果園約採 25 枚進行分析，適宜之要素濃度範圍，氮：1.58~1.64%，磷：1.20~1.60%，鉀：1.65~1.80%，鈣：2.50~4.50%，鎂：0.28~0.34%，鐵：50~100ppm，錳：50~200ppm，銅：8~10ppm，鋅：20~100ppm，硼：20~60ppm。
5. 鳳梨：於每年 2 月始花期採取花穗下第一片完全展開葉，每一果園約採 20 片進行分析，適宜之要素濃度範圍，氮：1.50~1.70%，磷：小於 0.10%，鉀：2.20~3.00%，鈣：0.80~1.20%，鎂：小於 0.30%，鐵：100~200ppm，錳：50~200ppm，銅：小於 10ppm，鋅：大於 20ppm。
6. 茶：於每年 11 月至翌年 1 月冬茶期間採取末梢之一心三葉，每一茶園約採 30 枚進行分析，適宜之要素濃度範圍，氮：4.00~6.00%，磷：0.25~0.40%，鉀：1.50~2.10%，鈣：0.25~0.55%，鎂：0.15~0.30%，鐵：90~150ppm，錳：300~800ppm，銅：8~15ppm，鋅：20~40ppm，鋁：400~900ppm。
7. 鳳梨釋迦：於每年 12 月中~下旬採取非結果枝距末端第三或第四片葉，每一果園約採 50~100 枚進行分析，適宜之要素濃度範圍，氮：2.70~3.10%，磷：0.12~0.15%，鉀：1.30~1.60%，鈣：1.50~1.80%，鎂：0.25~0.45%，鐵：60~100ppm，錳：60~140ppm，銅：8~16ppm，鋅：15~30ppm，硼：25~80ppm。
8. 楊桃：於每年 7~8 月採取樹冠中層當年生未結果枝距末端第五葉，每一果園約採 50~100 枚進行分析，適宜之要素濃度範圍，氮：1.65~2.60%，磷：0.10~0.18%，鉀：1.20~1.90%，鈣：1.50~2.00%，鎂：0.60~1.00%，鐵：60~180ppm，錳：20~500ppm(暫定)，銅：5~15ppm，鋅：70~150ppm，硼：50~90ppm。