

蔬菜園土壤分析與採樣技術

黃維廷 林木連 王鐘和

行政院農業委員會農業試驗所農業化學系

土壤肥力為土壤之養分含量與養分供應能力，為影響蔬菜生產重要因素之一。土壤肥力之差異受土壤性質所左右，並為各種栽培與施肥管理因子之綜合表現，例如西螺許多蔬菜田，土壤母質多為黏板岩沖積土，富含石灰質之鹽基性土壤，具有粗質地，入滲速率快，與有效性磷、鉀含量高之特性。個別蔬菜園的土壤肥力與生產表現亦受施肥（量）方法、灌溉量（頻率）及灌溉方式等肥培與水分管理之影響，而露地或設施（網室與溫室）蔬菜栽培方式也影響土壤結皮、水分入滲、排水及鹽類積聚等土壤理化性質。故須認識栽培土壤的立地環境與性質，瞭解以往與現行之操作管理，才能綜合土壤分析進行肥力診斷進行施肥改進及推薦，達到促進蔬菜園合理化施肥之目的，因而蔬菜園土壤採樣與分析，為此項工作重要之環節。

需認識之土壤性質與土壤分析項目

土壤 pH

土壤 pH 影響作物根系發育與水分養分吸收能力，為調控土壤養分的有效性（溶解與固定）之首要之土壤性質，pH 低之強酸性土壤造成不利蔬菜生長的狀況，常有鐵、鋁與錳溶出過量之毒害；有機肥或有機質礦化受阻，減少養分（氮、磷、硫及微量元素等）之釋出；磷為土壤鐵、鋁固定而降低有效性；鹽基性陽離子鉀、鈣及鎂等淋洗流失致缺乏；鋁溶解度降低，因而抑制氮之同化作用致植株呈現缺氮徵狀。然而 pH 高之鹼性石灰質土壤，土壤磷易與碳酸鈣形成難溶之磷酸鈣沉澱而降低有效性，鐵、鋅、銅與錳等微量元素亦因 pH 高溶解度降低，而使作物容易出現缺

乏徵狀。一般而言，pH5.5-7.0 為多數蔬菜作物最適合生長之範圍，各種蔬菜生長適宜之 pH 範圍如表 1 所列。

表 1、蔬菜作物適合生長之土壤 pH 範圍

種類	範圍	種類	範圍
豌豆	6.0-7.5	芹菜	5.5-7.0
蘆筍	6.5-7.5	菜豆	6.0-7.5
甜菜	5.5-6.5	胡蘿蔔	6.0-7.5
蕃茄	6.0-7.0	菠菜	5.5-7.0
馬鈴薯	5.0-6.0	甜玉米	5.5-7.5
白菜子	6.0-7.5	芥菜	5.5-6.5
黃瓜	5.5-6.0	南瓜	5.5-7.5
洋蔥	5.0-7.0	花椰菜	6.0-7.0
甘藍	5.5-7.0	青椒	5.5-7.0

土壤質地

土壤乃由粗細粒徑不同之砂粒、粉粒與黏粒等土粒以不同比例所組成，其相對含量決定粗細不同之土壤質地，即砂土、壤質砂土、砂質壤土、壤土、粉質壤土、...黏質壤土、...黏土等，土壤質地所表現之水分養分保持能力，根系伸展與耕犁難易等物理性質，均與土壤生產力及施肥需量的決定有密切關係。

土壤有機質與土壤顏色

土壤有機質含量高的土壤，其陽離子交換能量大，保水保肥力強。有機腐殖質功用如同土粒之膠結劑，膠結土粒形成團粒構造，提高水分與空氣之通透性，有利於根系發育與作物生長，有機質含量少的土壤，水土保持較差，而土壤團粒結合疏鬆，易因耕犁破壞及雨滴擊打造成土表結皮，影響水分入滲與空氣之通透，故土壤有機質之維持乃地力維護之重要工作。

土壤顏色可為初步判斷有機質含量多寡及排水狀況之指標，一般而言，黑色土壤有機質含量高（可能超過 4%），因排水不良有機質分解受阻而呈暗黑色；暗棕色土壤有機質含量高且排水良好，肥力狀況佳；常見風化作用劇烈之紅壤，有機質含量極低（甚至低於 1%），淋洗作用強烈，鹽基性陽離子鉀、鈣及鎂等淋失，為生產力甚低之強酸性土壤；灰色土壤有機質含量低，灰色主要

為水分過多及通氣排水不良造成，水稻田之灰斑係因排水不完全所形成；黃色土壤通常有機質含量低，但排水狀況良好，土壤養分供應能力差，生產作物須加強施肥管理。

陽離子交換能量 (CEC)

土壤粒子可視為膠體，土壤膠體所含有與可吸附保持之陽離子總量為陽離子交換能量，這些陽離子 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 NH_4^+ 及 K^+ 均為植物所需要的養分，當施肥時，土壤膠體依陽離子交換作用置換吸取肥料中之養分離子，使保存與吸附於土粒膠體，減少肥傷或肥料流失，也依陽離子交換作用釋出養分離子於土壤溶液中，供植物根部吸收。土壤所含有黏土礦物之種類，及上述土壤質地、土壤有機質與土壤顏色均為決定陽離子交換能量大小之因子，陽離子交換能量左右土壤養分供應能力，與施肥量及石灰需要量之多寡。

土壤有效養分 (土壤化學分析)

土壤化學分析之主要項目為土壤有效氮(銨態與硝酸態氮)、土壤有效磷、交換性鉀、鈣及鎂等，分析數值須經作物施用相對肥料之效應予以校準 (calibration)，才具實用意義，通常需靠田間施肥試驗與調查，求出作物增產率、施肥量與土壤分析數值之相關，以便將分析數值區分為極低、低、中、高、極高等級，分級為極低或低者，於施肥診斷推荐增施肥料後，可提高增產百分率，而分級為極高或高者，則需斟酌減施肥料以避免過量施肥及節省生產成本。

蔬菜作物為短期作物，複作指數高，一年之中施肥次數頻繁，常因氮肥超施致生長受阻，甚或造成硝酸態氮的環境污染。鑒於蔬菜園的氮肥過量問題，本所農化系植物營養研究室正致力研究發展土壤有效氮之速測技術，測定前作蔬菜殘留土壤之無機態氮量，與有機態氮於下作期間可礦化之氮量，以掌握蔬菜園土壤一作期間可供應之氮量，藉以調節次作之施肥量，避免肥料浪費濫施，促進蔬菜園合理化施肥。

土壤導電度 (EC)

由於施肥頻繁與過量，經常導致蔬菜園鹽分積聚之問題，尤以設施栽培最易發生，不僅阻害根系吸收水分，且可能影響地下水之水質，實有檢測導電度之需要，以提供灌溉洗鹽與肥料減施之參考。以往土壤電導度係測定與滲透壓直接相關之土壤飽和抽出液之導電度，來表示土壤鹽害程度最被廣泛採行，惟為便於測定，現今大多採行土水比 1:5 之方法，測得之導電度值乘上 6.4，即約相當於土壤飽和抽出液之測值。導電度測值與作物生長反應如表 2 所示，而表 3 顯示各種蔬菜作物對鹽害之忍受能力。

表 2、導電度測值之分級

USDA 土壤分級	等 級	EC (mS cm ⁻¹)	對作物之反應
0	無鹽害	0---2	無鹽害效應
		2---4	除了對鹽類敏感作物外，沒有影響
1	輕微鹽害	4---8	許多作物生長受限
2	具鹽害	8---15	只適合耐鹽作物生長
3	嚴重鹽害	> 15	只有極耐鹽作物能生長

表 3、不同蔬菜作物對鹽害之忍受能力

敏 感 EC < 4 mmhos/cm	中 等 EC = 4---6	次 強 EC = 6---8	最 強 EC = 8---12
一般豆類 胡蘿 芹 胡 豌豆 菜	萵 苣 甜 玉 南 瓜 洋 蔥 青 椒 洋 香 瓜	蕃 茄 花 椰 菜 甘 藍 菠 菜	甜 菜 蘆 筍

容易發生蔬菜營養障礙之原因與土壤環境

缺氮：農友習慣多施肥料，蔬菜含氮素過量之情形很普遍，除非蔬菜園係粗質地土壤遭大量雨水與灌溉水淋洗，或施用 CN 比高未腐熟之堆肥，一般罕見缺氮現象。

缺磷：酸性土壤之鐵鋁離子易固定磷形象溶解度極低之磷酸鐵與磷酸鋁，而含鈣高之鹼性土壤則形成磷酸鈣沉澱，土壤之固定作用為缺磷之主因，然溫度低或排水不良，或過多鉀、鋅均會抑制蔬菜對磷之吸收。

缺鉀：粗質地砂質土壤或有機質含量低之土壤，及熱帶酸性土壤，例如紅壤風化程度高，固持鉀能力差，鉀易淋洗流失。排水不良土壤呈缺氧之還原狀態會阻礙根系吸收鉀。過量氮、鈣及鎂亦會抑制鉀之吸收，故使用石灰不宜過量。鉀固定力強之黏質土壤，鉀肥宜注意多施。

缺鈣：強酸性土壤鈣含量低，淋洗作用強，栽種蕃茄、青椒、甘藍菜、及結球白菜等蔬菜容易缺鈣，銨態氮肥與鉀肥施用過多，雨少土壤水分不足也易發生缺鈣。當高溫蒸散作用強時，鈣與水分僅移動至蒸散作用劇烈之成熟老葉，而無法充分運送至先端幼葉，致幼葉容易發生鈣之缺乏。

缺鎂：作物種植於交換性鎂含量低之強酸性砂質土壤容易發生缺鎂，土壤含鉀量高與鉀肥重施均會抑制鎂之吸收。施用含氧化鎂之苦土石灰可避免與減少作物之缺鎂現象。

微量元素除鋁以外鐵、錳、銅及鋅，其溶解度均隨土壤 pH 升高而降低，營養缺乏徵狀通常出現於鹼性石灰質土壤。過於乾燥或鹽類積聚之土壤，鐵之吸收受阻，蔬菜新芽易出現缺鐵徵狀；排水不良，有機質含量豐富之石灰質土壤，作物易發生錳缺乏症，酸性砂質土壤經長期淋洗也容易缺錳及鋅；鋅易與有機物形成穩定化合物，因此有機質含量豐富之土壤常出現蔬菜缺鋅之情形，長期施用過量磷肥亦為導致缺鋅之原因；雨量豐沛之河床地，石礫地，砂質土或紅壤等，因長期淋洗致硼含量低，而 pH 高之石灰質土壤，硼易被固定，有效性低而引起作物缺硼，乾旱阻礙硼於土壤中之移動與作物之吸收，更易缺硼，然而亦須注意施硼過多與灌溉水含硼量太高容易引起硼毒性之問題。

蔬菜園土壤採樣技術

蔬菜園土壤分析之首要與最關鍵之第一步驟，為正確之土壤採樣，所採樣品如不具代表性而不能表現田間實際的肥力狀況，則分析數據與施肥推荐將導致錯誤之結論，徒然浪費人力物力與時間，採樣方法之正確與否係整個營養診斷成敗之最大關鍵。土壤分析工作由專業分析研究單位執行，由於人員有限，採樣時期不易配合，農友必須自行採樣，再送交研究機構分析，以提昇診斷服務效率。以下介紹土壤採樣之原則與要領，供農友遵循採行。

1.採樣時期

採樣時期依分析不同的目的而異，對農友而言，通常以收穫後為理想之採樣時期，可檢討前作施肥之土壤肥力狀況，供次作施肥改進參考；如目的除了檢討前作施肥殘效外，尚欲瞭解整地後種植前，灌排水與基肥等操作之肥力，則宜選擇播種種植前為採樣時期。就分析機構之研究目的而論，如為追蹤探討生育期間肥料於土壤中之動態與其對土壤肥力之影響，則可於特定生育期間適度增加取樣頻率。

2.採樣點之選擇

果園土壤採樣常因外觀不均之變異，例如平地坡地的不同坡度地形，排水狀況，土層深淺或管理方式，而分割不同採樣小區分別取樣。至於蔬菜園大多為均勻之平地，排水、土層深淺與管理施肥大致均一，但由於每塊蔬菜田區之面積有大有小，採樣區依蔬菜田面積大小不同而變動，小者僅 $50 \sim 60\text{m}^2$ 左右，採樣區較單純不需如果園般細分，如面積 100m^2 以上，大者甚至達 $5\text{m} \times 100\text{m}$ 左右，則土壤樣本應可再等分前後或前、中、後二至三個採樣區，或依種植種類再分割若干採樣區。然仍須依蔬菜園作畦與否之管理形態而區別採樣方式，如圖 1 所示，無作畦園之每個採樣區單位的採樣點選擇較單純，於田區內避開田埂，逢機循鉅齒狀路線於株間取 6-10 點土樣混合成一個分析樣品。作畦排水蔬菜園則如圖 2 所示，於每個採樣區單位之畦面播植帶上（虛線位

置)之株間，逢機選採 6-10 點土樣混合組成一個分析樣品，另需於畦面中央逢機採 6 點左右土樣混合組成另一個分析樣品，與前項樣品比較參考(或可得肥料橫向移動與肥料施用後分佈情形之訊息)。

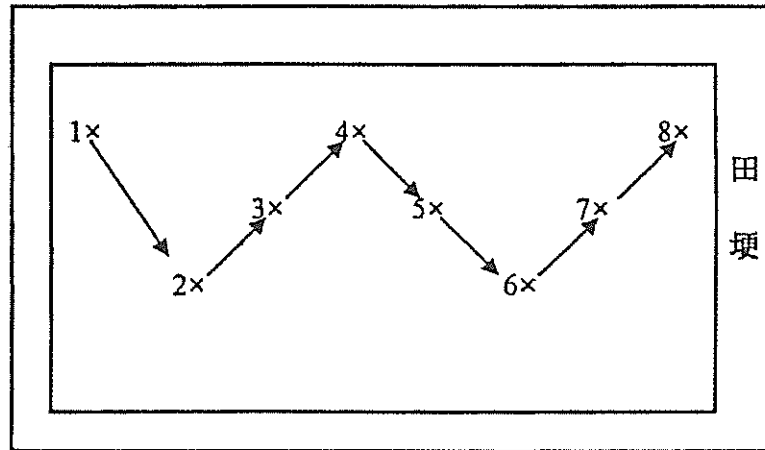


圖 1、無作畦蔬菜園採樣區之採樣點選擇之圖例

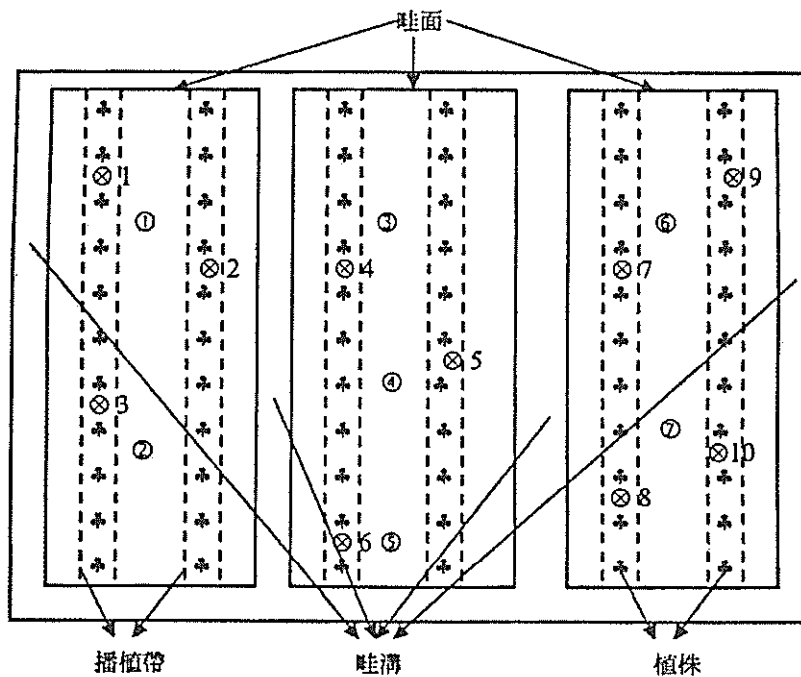


圖 2、作畦排水蔬菜園之採樣區採樣點選擇之圖例

3. 土壤採樣工具與採樣深度

土壤採樣工具之選擇以能自每一採樣點採得少而等量樣品，防銹耐用，清潔容易與使用方便為原則，目前經常使用之工具如圖 3 與圖 4 所示為土鏟、土鎬、土鑽與土管，土鑽可分為採土深度僅及 100 公分左右之小土鑽，及土壤調查專用口徑較寬採土深度可達 150 公分以上之大土鑽，土鑽之取土方式為垂直旋轉插入土中向下挖掘（圖 3 右），每次大約挖掘 15-20 公分拔出取土，再繼續挖掘重複操作，以採取剖面之各層土壤。而土管取土則垂直向下壓至採樣深度（圖 3 左），再拔出取土；至於土鏟與土鎬之使用則依採樣深度先挖成 V 字型（圖 4），再取斜面上約 1.3 至 1.5 公分厚土壤薄片，挖取出之土壤置於塑膠桶內或塑膠盆內或塑膠布上面，充分混合。

採樣深度以達到有效根群發育的表土層或耕犁層為準，果園為長期深根性作物，需採至較深土層至少 60 公分以上，採樣工具以土鑽較方便。至於蔬果則為短期淺根性作物，只需採取 0-15 公分表層土即可，至多再加採 15-30 公分底土監測參考，適用的採樣工具宜為土鏟、土鎬或土管。

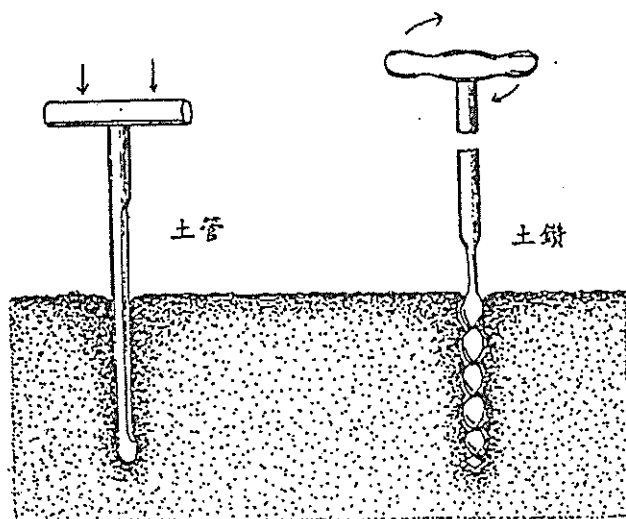


圖 3、土鑽與土管之取土方式

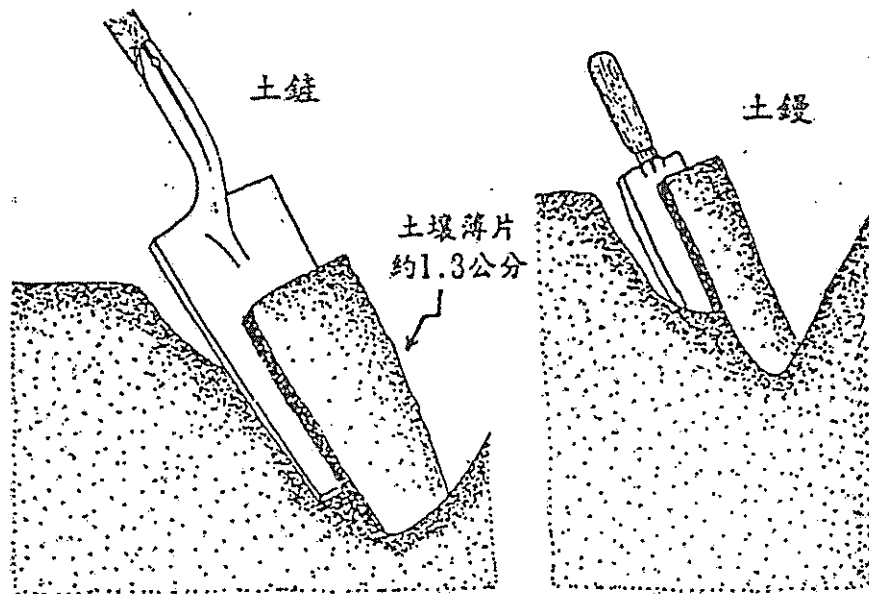


圖 4、土鏟與土鏟之取土方式

4. 土壤樣品調製與送件

由不同深度之土層採取的土壤，應先放置於不同的塑膠桶內或塑膠盆內或塑膠布上面，各自分別予以揉細並充分混合組成一分析樣品，如土量太多，可用四等分法，抓取所需之量再組合，以增進樣品混合的均勻程度。需溼土進行分析之項目如硝酸態氮、亞硝酸態氮及氨等，則必需儘快以塑膠袋裝盛密封及儘速送件分析，以保持與田間狀態相同之水分含量，避免微生物或物理化學之轉變而影響測值。

裝盛樣品的塑膠袋必需註明農友姓名，連絡地址或電話，採樣地點位置，及採樣深度，才送寄分析服務專業單位，進行後續編號、風乾、磨篩裝盒、測定分析及診斷推荐等作業。分析服務專業單位有行政院農委會農業試驗所之「土壤及植體分析診斷中心」、行政院農委會各地區農業改良場及國立中興大學「土壤調查試驗中心」等，歡迎農友聯繫，上述機構將竭誠提供服務。

