

土壤與植體營養診斷技術

陳仁炫 教授

國立中興大學土壤環境科學系

國立中興大學土壤調查試驗中心主任

電子郵件：jhchen1@dragon.nchu.edu.tw；傳真：04-22853639

摘 要

「適作，適地，適栽和適法」為確保農業生產企業化的必要準則，同時，也是降低生產成本，減輕投資風險，避免污染環境，而達到永續經營的重要對策。藉由「土壤健康診斷」和「作物營養診斷」，可以瞭解農地的生產潛力，農地的土壤特性，適合栽種的作物種類，栽培管理的方式，以及土壤管理的對策。「合理施肥措施」之推動，有賴農業技術層面來加強推動合理化施肥措施，宣導農民依據土壤及作物需肥診斷來推薦合理施肥量及施肥方法，從減少肥料浪費著手來降低施肥成本，且可達到環境維護的雙重成效。由此可見，「土壤健康診斷」和「作物營養診斷」乃為推動「合理化施肥」的主要準繩，其重要性及必要性實不容忽視之。本文即在介紹「土壤健康診斷」和「作物營養診斷」的相關技術。

關鍵詞：合理化施肥、作物營養診斷、土壤健康診斷、生理病

緒 言

作物的正常生產，需有下列七項生長條件的配合，包括(1)充足的日照；(2)適宜的溫度(包括地上及根系環境)；(3)均衡且足夠的CO₂和

O₂濃度(包括地上部及根系環境)；(4)充足且適量的水分；(5)穩固的機械支持物；(6)足夠且均衡的養分供應；以及(7)不存在不利於作物生長的逆境因子(如病蟲害，寒害，霜害，有毒害物質....等)。作物生長所需的必要養分計有十六種(碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵、錳、銅、鋅、氯、鉬、硼)，其中除碳，氫和氧三者主要為來自大氣中的CO₂和H₂O外，其他的十三種養分則主要由土壤供應。一般而言，土壤中所存在的養分無法完全滿足作物生長所需，因此必需藉由施用化學或有機肥料來補充。養分對作物生長的功能可歸納為構成體質及新陳代謝；每一種養分均有其特有的生理功能，任何一種養分出現不足，過多或不平衡時，其所主宰的生理功能將受到抑制而影響作物的品質或產量。因此，欲維持或增進作物的產量和品質，必需瞭解土壤所能供應的養分量，肥料需補充的量，以及作物根系的吸收狀況。「作物的營養診斷」可反映土壤養分的供應狀態及作物吸收養分的狀況，而「土壤的健康診斷」則可告知根系周遭是否適合根系的生長？抑或是否存在有礙根系生長而有待改善的土壤物理，化學或生物性質？

土壤健康診斷技術

土壤健康診斷如同人體健診一樣，應有一定的先後次序，而該先後次序乃由各土壤因子對作物生產的相對影響程度的大小來排定；影響程度愈大者應列為最優先檢測之項目，而影響程度低者，必要時可免於檢測，或排在後面檢測項目中。若未能按照健康診斷的先後次序來檢測，常會因未能掌握住徵結所在而反得到事倍功半，甚至徒勞無功的後果。我們一定要確記，除了氣候條件外，"根系環境的適宜與否，為主宰作物產量和品質的最重要因素"，因此，土壤的健康診斷其實就是在檢測作物根系環境的狀況是否正常。根系環境之適宜性實際

上是受根系周遭土壤的物理、化學和生物性所左右，其中又以土壤物理因子的影響層面最廣，因此，土壤的健康診斷首要步驟即應從土壤物理性著手，若土壤物理性無礙時，再檢測土壤化學性及土壤生物性。一般土壤健康診斷的步驟及方法可簡要敘述如下：

(一) 先檢測土壤物理性質

1. 土壤通氣及排水性

土壤孔隙主要由空氣和水兩者所佔據，若水分過多時，則氧氣易發生缺乏，水分過低，則作物無法營正常生長，因此，水分和空氣兩者必需互相調和，最佳的狀況為水分和空氣各佔土壤孔隙的50%。

造成通氣不良的原因，主要來自於土壤發生壓實或排水不良，故首先必需檢查土壤是否有壓實和排水不良的跡象。我們可利用下列方法予以檢測：

- (1) 利用土鑽挖洞，由不同深度土壤的密實程度和灰斑存在與否來研判。
- (2) 利用穿刺阻力計來探試，由穿刺阻力計之讀數，可瞭解在不同深度土壤的密實情形，穿刺阻力計讀數愈大，表示探針所接觸的土層愈密實。
- (3) 利用土鑽挖洞或用土鏟挖剖面來觀察，由40-150公分深度內土壤顏色來判斷；若在離地面60公分以內之剖面出現鏽斑(灰斑)即是排水不良的徵狀，且鏽斑出現的位置愈靠近地表，表示排水狀況愈差。

2. 土壤質地

土壤質地代表土壤中黏粒、粉粒和砂粒的相對含量。土壤之黏粒愈多表示土壤愈黏重，此類土壤遇雨呈泥濘狀，乾時則呈現龜裂現象而不易耕作；砂粒愈多表示土壤保肥力和保水力將愈差，因此土壤不宜黏粒過多(如黏質土壤)或砂粒過多(如砂質土壤)，最佳的狀況為壤質

類土壤。土壤質地在田間可用指摸法來研判，在實驗室則可用機械分析來測定。

(二) 其次檢測土壤化學性質

1. 土壤酸鹼度(pH)值

土壤pH值攸關養分在土壤中的有效性，作物根系環境的適宜性，微生物的活性，故為土壤化學性質中首要檢測的項目。土壤pH的檢測方法可利用(1)酸鹼度試紙及(2)酸鹼度計(pH meter)來測定，其中又以後者較為準確。坊間亦有簡易手提式pH計出售，唯使用前必需先利用pH 4及pH 7的標準液進行校正工作，否則所得測值將不準確，且會造成誤導。一般而言，pH低於5.5者屬強酸性土壤，除耐酸作物(如茶，鳳梨，杜鵑....等)外，其他作物均將生長不良，同時pH高於8.0者，亦不利於一般作物的生長。

2. 土壤電導度(EC)

EC值的大小代表土壤溶液中可溶性鹽類的多寡。EC值愈高，表示土壤溶液中可溶性鹽類愈多，因此愈不利於植物的生長及水分和養分的吸收。一般而言，若土壤飽和抽出液之 $EC > 4dS/m$ ，則可能造成鹽害問題。土壤EC值可利用電導度計來測定，市面上亦有攜帶型電導度計出售，在唯需注意的是測定時，應使用蒸餾水或礦泉水，避免使用溝水或灌溉水。

3. 土壤有機質含量

土壤有機質含量的多寡會影響土壤中養分的供應能力和土壤的保肥力。土壤有機質的多寡可由(1)土壤顏色來推估：一般而言，黑色和暗棕色土壤有機質含量較高，而灰色，紅色和黃色的土壤均為有機質低的土壤；及(2)以實驗室分析測得。若土壤有機質含量低於2%時，則需藉由植物性或動物性有機質的添加來增高土壤有機質含量。

4. 土壤重金屬含量

由於工業廢水、污泥、垃圾等問題之衍生，使得土壤遭受重金屬及有毒物質污染的可能性愈來愈大。土壤中重金屬經作物吸收後，除了會抑制一般作物的生育外，亦可經由食物鏈而影響人類及牲畜的健康，因此土壤重金屬含量的分析在土壤健診中逐漸受重視且不可忽略之。一般較受關注的重金屬包括砷(As)、鎘(Cd)、鉻(Cr)、銅(Cu)、汞(Hg)、鎳(Ni)、鉛(Pb)和鋅(Zn)。土壤重金屬含量的測定並非絕對需要的，完全要看農地周遭是否有污染源以及是否有污染物會流入農地等因子來決定。若土壤中重金屬含量超過本省暫定分級標準之中等測值者，則需注意重金屬的危害威脅，必要時應進行土壤改良，且污染嚴重之土壤應禁止農用。

5. 土壤中養分含量

最常被測定的項目包括氮、磷、鉀、鈣、鎂的含量，而微量元素測定亦有逐漸需要的趨勢。藉由土壤中各種養分含量的測值，可知土壤供應各種養分的能力以及那些養分可能會出現營養障礙(包括過多、缺乏或不平衡)，而需增施或減施肥料。

上述所述為一般土壤健康診斷的步驟及項目，而其他性質是否需要測定，則視檢測之目的及參酌上述檢測的結果再來決定，其必要性可請教專家或學者。

作物營養診斷技術

作物生長所需的養分係由土壤釋放及外加的肥料來供應。簡言之，作物營養診斷，即在診斷土壤的肥力狀況或土壤供應養分的能力，以及作物對養分的吸收程度或植體之營養狀況，藉此可瞭解在該栽種條件下之養分供應是否能滿足作物生長所需，若不足，則可推薦應補施養分肥料種類以及其用量。

作物營養診斷的方法可分為目識診斷法，生物性診斷法和化學性診斷法三大類：

(一) 目識診斷法

作物所需的十六種營養要素在生理上都有其獨特功能，且重要性均相等而不能互相取代，任何一種養分的過多或缺乏，作物的代謝功能就會發生障礙，因而在外觀上出現特定的徵狀，因此可藉由肉眼的觀察來推測作物發生營養障礙的要素種類。作物外表出現異常徵狀，未必完全都是營養障礙所造成，其他非營養障礙(如蟲害、病害、溫度、水分或逆境等)亦會造成作物外表的異常徵狀，因此利用目識方法來研判造成作物的外表異常徵狀的原因，則應小心謹慎且有賴經驗和診斷技巧來完成。

1. 作物外觀異常的原因及分辨簡則

營養障礙的發生會導致作物外表型態及色澤產生異狀，但必需確記，營養障礙並不是作物外表異常的唯一原因，病蟲害、殺蟲劑或殺菌劑的不當使用、污染物、乾旱、壓實、排水不良、連作障礙、氣候環境異常等都可能造成作物外表的異常現象，甚至所產生的徵狀甚為相似(表1)，所以必需要小心的辨別，到底是由營養障礙？或是由非營養障礙所造成的？以免發生頭痛醫腳，腳痛醫頭的錯誤結果。土壤物理性的不良(如壓實、排水不良等)可由土壤剖面的檢查來鑑定，氣候異常現象可由氣象資料及觀察來推敲，而病理病(病害和蟲害)與營養障礙則為最常被混淆的兩大因子，必需小心的辨別之。

分辨營養障礙和非營養障礙的一般簡則為(陳，1994a)：

(1) 營養障礙所造成徵狀屬全面性，而非營養障礙者為局部性

營養障礙徵狀為全面性，且發生的部位有一定的規則可尋，而非營養障礙造成的徵狀乃局部性，且任何部位都有可能發生；譬如在植體移動性快的養分如氮、磷、鉀、鎂等要素的缺乏都是先發生在成熟

葉部位，而移動性慢的養分則先出現在新葉部位，且營養障礙發生時整棵樹的成熟葉或新葉均普遍顯現相同的徵狀，而非營養障礙之徵狀可能只侷限於部分枝條或某些葉片營養障礙，而其他枝條之葉片則完全正常。

(2) 營養障礙發生的部位有一定的規則可尋

營養障礙所造成葉片之黃化或壞疽區域有規則可尋，且整片葉子均出現均勻的分佈，而非營養障礙之徵狀，通常侷限於葉片的某個區域，且分佈極不均勻；譬如鎂缺乏先出現在成熟葉，且整片葉子之葉脈保持綠色而葉脈間黃化，甚至出現壞疽；非營養障礙(尤其是病蟲害、藥物噴灑)所造成之黃化或壞疽區域，通常是不規則的分佈於葉片的某些區域或成不規則的點狀，同時，在壞疽或斑點區域的葉片背部常可發現病斑、蟲體或蟲卵。

(3) 營養缺乏可因補充缺乏之要素而獲得改善

部分營養缺乏徵狀在作物生長初期會出現，但生長持續時或施加該養分後，徵狀會逐漸減弱或消失，而非營養障礙之徵狀，則會隨時間的增加而日趨嚴重。

(4) 病理病通常有發病中心，而營養障礙則無發病中心。

(5) 病理病主要發生在肥沃田，營養障礙主要發生在貧瘠土壤

病理病與土壤類型，土壤特性大多無特殊的關聯，但與土壤肥力狀況有關；通常有以肥沃田較易發生的傾向。營養障礙與土壤類型、土壤特性有明顯的關係，土壤類型不同所發生的營養障礙可能完全不同，而貧瘠土壤尤易發生。

(6) 病理病易發生於多濕的環境

病理病一般易發生於陰霾多濕的氣候環境，而植株濃密陰濕處更易發生。營養障礙與地上部濕度關係較小，但如果土壤長期處於排水不良或乾燥缺水時，亦會誘發某些營養障礙。

在此必需強調，在研判病理病與營養障礙過程中，即使檢測典型的病斑或病原時，仍應注意其與營養失調的關係，因病理病與營養障

礙之間存在密切的因果關係；例如水稻胡麻葉斑病是以缺鉀為誘因且缺鉀棉花植株常導致蚜蟲聚集為害。

【表一】造成作物外觀異常徵狀類似的可能原因(Davidescu and Davidescu, 1982)

徵狀	非營養障礙	營養障礙
葉片黃化	水分過多、土壤鹽分太高、溫度太高、光線太強、病毒、農藥毒害	鈣過多、氮、鉀、鎂、鐵、鋅、銅或錳缺乏
果實變形	病毒、蟲咬、果實腐爛病	硼缺乏
果實上有斑點	痂	硼缺乏、可溶鈣缺乏
部分葉片壞疽	溫度過高或冷熱變化太大、可溶性鹽類過多	鎂或鋅缺乏
落葉	水分過多、土壤鹽分太高、凍傷、土壤通氣不良、空氣污染、土壤蟲害、線蟲危害、根腐病、農藥藥害	鎂或氮缺乏
葉片叢生	土壤物理性不佳	鋅或硼缺乏
生長不良	木不佳、深耕所造成根系破壞、病蟲侵襲、介殼蟲、可溶性鹽類過多	各種養分缺乏或過多均可能造成
葉尖或葉緣壞疽	凍害、土壤鹽分過高、高溫傷害、去頂傷害、紅蜘蛛危害、葉部細菌病害	鉀缺乏、氟害、硼過多、氯過多
紫紅色	低溫、乾旱、壓實、蟲嚙、飛蠅	磷缺乏
葉片白化	缺錳殺草劑(Paraquate)	鐵缺乏
腐心病	殺草劑(Benzonitrile 2-4-5 T)	硼缺乏
醱類聚積	冷夜或熱天交替、根部蟲害	磷缺乏、氮缺乏
葉脈間黃化	二氧化硫空氣污染、紅蜘蛛危害、農藥藥害	鎂缺乏(先發生於成熟葉)、鐵或錳缺乏(先發生於新葉)

2. 常見之作物營養診斷特徵

當營養障礙發生時，通常葉部的外表和形態，先出現不正常的徵狀，其次是果實，然後是莖部。

如果營養障礙不嚴重或只是輕微時，徵狀將甚不明顯，非肉眼可察覺的，而需靠顯微鏡方可看出內部細胞組織已發生改變，但如果營養障礙嚴重時，肉眼是很容易看出作物的外表異狀。

一般而言，作物發生營養障礙時會出現下列一種或一種以上的現象：(Davidescu and Davidescu, 1982; Bennett, 1993)

- (1) 果實皮膚變薄，發生木栓化或產生畸型果。
- (2) 葉片，節與節之間的距離或果實的大小和形狀異常。
- (3) 葉片出現斑點或壞疽(壞死)現象。
- (4) 生長受阻，根發育不良且成畸型化。
- (5) 出現流膠，尤其是枝條和樹幹部位。
- (6) 成熟延後或成熟期不正常。
- (7) 品質變劣且不耐貯藏。
- (8) 在幼苗期就夭折。
- (9) 裂果、落花、落葉或落果。

3. 目視營養障礙的原則

當發現作物出現外觀徵狀時，第一步需先研判是否為非營養障礙因子所造成，若所有非營養障礙因子的可能性均排除後，則可往營養障礙方向著手以進行研判。由於各種營養要素所擔任的生理功能和在植體內移動性的不同，因此所產生的徵狀和首先出現徵狀的部位都有其一定的規則可尋。目識診斷法係憑我們的肉眼，從作物生長過程的異常及作物外表的徵狀，來推測造成作物營養障礙的原因何在。雖然目識法的正確與否需要有豐富的經驗及敏銳的觀察力，但我們可由眾多人的經驗所得的簡則，配合已有的營養障礙圖鑑來大膽的找出可能的兇手，再以植體和土壤分析結果來小心的求證。

一般目識診斷法的研判簡則可歸納如下：

- (1) 觀察徵狀首先出現的部位何在？

首先出現徵狀的部位與養分在植體內的移動性有關。移動性快的養分(如氮、磷、鉀、硫、鎂)，在植體出現缺乏時，會從成熟葉移向新生組織(新葉)，因此首先在成熟葉會出現異常徵狀。反過來說，移動性慢的養分(如鐵、硼、鈣、鋅、錳、鉬、銅)之缺乏，其徵狀則首先出現在新葉，因此可由首先出現的部位，劃分出可能的問題養分有那些？

(2) 外表異常特徵

每種營養要素在植體內均有其獨特的生理功能，而其他要素是無法彌補及取代的，因此，該養分的缺乏或過多都將引起所擔任的生理功能發生異常現象而反映在作物外觀上，故可由外觀的異常特徵來研判造成營養障礙的要素種類。

4. 作物發生養分缺乏的一般徵狀(陳，1994b)

(1) 徵狀最初出現在成熟葉片

1). 黃化

<1>均勻出現

缺氮：成熟葉片因葉綠素含量減少，而呈淡綠色或黃綠色，葉片小而硬，缺乏嚴重時葉片黃化，繼而乾枯掉落。

缺硫：徵狀似缺鐵。

<2>葉脈間黃化，葉脈仍為綠色。

缺鎂：自成熟葉或有果實枝條附近之葉片開始出現。其徵狀為成熟葉之葉緣部份開始黃化，而後延展至葉脈間，然葉脈仍為綠色而呈美麗之網狀，嚴重時，發生褐變及壞死，終而落葉。

2). 壞疽

缺鉀：初期植株生長速率減慢，而葉片呈暗綠色，爾後於成熟葉之葉緣及葉尖出現白、黃或橘色之點或條紋，繼而發生褐變或壞死。徵狀會逐漸蔓延至新葉，最後整株植物枯死。

3). 紫紅化

缺磷：葉片變小，呈暗綠色，成熟延遲，葉柄可能產生花青素而呈紅或紫色。同時，黃柄、葉片及果實上會發生壞疽斑點。徵狀發生從葉尖往葉基發展，最後葉變褐色而死亡。

(2) 徵狀最初出現在新葉

1). 黃化

<1>均勻出現

缺鐵：初期葉片中肋與側脈保存綠色而葉脈間成淺綠至黃白色。缺鐵轉劇時整個葉片黃白化，此有別於錳之缺乏。

<2>葉脈間黃化，葉脈仍為綠色

缺鋅：中度至嚴重缺乏時，葉片小而畸型，節間縮小而呈小葉簇生狀，且葉脈間黃化，而葉脈則保持綠色。

缺錳：葉脈間黃化，僅與中肋及主要葉脈鄰接部分仍保持綠色而呈寬窄不一之深綠色條帶。陽光透過葉背時，徵狀更為清晰可見，嫩葉之葉脈呈綠色細網狀而葉內為淡綠色。

2). 壞疽

缺鈣：障害開始時葉尖黃白化，繼而變褐而葉緣部份枯死，極端缺鈣時葉易捲曲，生長點枯死。

缺銅：葉色深綠而捲曲，然在葉基處下方之綠色枝條常因碳水化合物之聚積而產生黃色斑點，此黃色斑點將逐漸擴大而使莖幹或枝條遭受環割，繼而流出水溶性的棕色樹膠，致葉片脫落而遺留黃色枝條，最後枝條未完全發育前即枯死。在原來嫩枝或嫩芽枯死處將再長出許多新芽，而後生成窄小的徒長葉。缺銅時，聚積在果實外表皮的流膠將使得果實出現紅棕色的斑點或形成裂果，缺乏嚴重時，果實在尚未成形前即已掉落。

缺硼：生長點停止生長，新葉黃白化或褐化而壞死，葉片畸形、葉柄或莖木栓化或出現流膠，落花和落果嚴重，塊根或塊莖木栓化或腐心，果實畸形，果皮增厚，果肉局部木栓化或壞死。

(3) 瞭解作物對各種營養要素障礙的敏感性

一般而言，愈敏感的作物愈容易出現該要素的缺乏或毒害徵狀，此可參考表二所提供的資料。

【表二】易發生養分障礙之作物種類(對養分缺乏高敏感作物)(陳等人，1993)

元素	作物種類
氮	大豆、大麥、蠶豆、裸麥、白筍、紫花苜蓿、豆類
磷	燕麥、蕎麥、芥菜、裸麥、羽扇豆、胡蘿蔔、萵苣、菠菜、水芹、蠶豆、菜豆、甜玉米、洋蔥、燕菁
鉀	草莓、小麥、小米、裸麥、燕麥、大麻、蕎麥、羽扇豆、豌豆、韭菜、菠菜、青花菜、花椰菜、萵苣、洋蔥、蘿蔔
鈣	芹菜、萵苣、抱子甘藍、甘藍、甜玉米
鋅	豆類、玉米、甜玉米、洋蔥、高粱、亞麻、葡萄、桃、大胡桃、大豆、桐、芹菜、甘藍、菠菜
銅	紫花苜蓿、萵苣、燕麥、洋蔥、菠菜、蘇丹草、甜菜、小麥、柑橘、胡蘿蔔、蠶豆、芹菜、蘿蔔
鐵	藍莓、柑橘、野豆、亞麻、牧草高粱、食用高粱、葡萄、觀葉植物、桃、花生、大豆、蘇丹草、胡桃、甜玉米、水芹、蕁苔屬、菜豆、豌豆、紅甜菜
硼	紫花苜蓿、花椰菜、芹菜、花生、甜菜、燕菁、蘆筍、蘋果、菠菜、抱子甘藍、萵苣、洋蔥
鉬	抱子甘藍、花椰菜、萵苣、洋蔥、菠菜、茶菜、花生、紅甜菜、燕菁
錳	菜豆、柑橘、萵苣、燕麥、洋蔥、豌豆、桃、馬鈴薯、紅蘿蔔、大豆、菠菜、蘇丹草、小麥

(4) 參閱已建立且已確認的作物營養障礙圖鑑

可參考「本省常見果樹營養障礙圖鑑」(國立中興大學土壤學系, 1991)以及農試所之「蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑」(張和張, 1997)。若外表徵狀與圖鑑中所顯示的完全相同, 則更可確定發生營養障礙的要素種類。唯在此必需特別強調, 作物的種類甚至品系的不同, 對相同營養要素的缺乏所顯現的徵狀未必相同, 因此, 應與相同品種和品系的營養障礙徵狀來比對較佳。

(二) 生物診斷法

此種診斷法係藉由栽種之作物或微生物的生長情形, 來評估作物養分的供應狀況, 以作為農作物肥培管理的參考依據。常見的方法包括(1) 田間試驗; (2) 盆栽試驗; 及(3) 微生物試驗: 利用某些微生物對養分需求與高等植物類似的特性, 接種該微生物入供試土壤後, 由微生物所產生的菌絲或色素的多寡, 來評估該土壤的肥力狀況; 如使用 *Azotobacter* 評估土壤中磷, 鈣和鉀的肥力狀況(Boued et al., 1984)。一般而言, 生物性診斷法係以生物的生長狀況為評估之依據, 故較化學性診斷法能反映養分的實際狀況, 然需花費較多的人力, 空間和經費, 且試驗期間較長, 又易會受氣候與環境條件之影響。若需測定大量的樣品, 生物性診斷法則較不適用。

(三) 化學診斷法

化學診斷法係利用化學分析方法來測知土壤或植體的養分含量。「土壤檢測 (Soil testing)」和「植體分析 (plant analysis)」為最常用之化學診斷法; 其中「土壤檢測」係以化學方法測定任一農地的代表性土壤樣品中, 各種養分的有效性及供應潛力, 而「植體分析」則是在作物的特定生育時期, 採取代表性植株的特定部位器官(如葉片, 葉柄, 莖幹或果實), 再以化學分析方法測定期養分含量, 並參酌已建立之該作物的養分分級標準, 即可診斷出作物的營養狀況。「土壤檢測」雖可告知土壤中特定養分的含量, 但如逢植物根系生長

不良時，作物的養分吸收將受阻，因此作物實無法獲得足夠的養分，故單以「土壤檢測」的結果來作為肥料的推薦依據並不完全正確。正確的作物營養診斷應該同時參酌「土壤檢測」和「植體分析」的結果，再進行研判。無論是「土壤檢測」和「植體分析」，採集的樣本是否具有代表性？決定了分析數值及肥料推薦量的準確性和正確性。其他如採樣工具，採樣地點，採樣時間，採樣數目的選擇，以及樣本的貯存及運送要領均為確保分析數值是否能反映土壤實際肥力狀況的關鍵。有關此方面的技術及要領，可向本中心查詢或向各區農改場專業人士請教。

【表三】作物營養缺乏之判斷簡則

養分	移動性	徵狀首先出現部位	特 徵
氮	快	老葉	全株黃化
磷	中	老葉	紫紅色
鉀	快	老葉	葉尖葉緣先枯死
鈣	慢	老葉	生長點出現壞疽
鎂	快	老葉	葉脈綠而葉脈間老化
硼	慢	新葉、生長點	腐心，果實畸型、硬化
鐵	慢	新葉	白化
錳	慢	新葉	葉脈綠而葉脈間黃化葉片捲曲
鋅	慢	新葉	小葉叢生
銅	慢	新葉	流膠、裂果
硫	中	老葉	黃化
鉬	慢	新葉	似氮缺乏

結 論

降低農業生產的成本，增進作物的產量和品質，以及維護土壤生態環境均為推動「施肥合理化」之追求目標，而「土壤健康診斷」和「作物營養診斷」為達成此目標的兩大利器。「施肥合理化」政策的推動及其成效，誠有賴甚多精通「土壤健康診斷」及「作物營養診斷」技術之人士的參與和投入，而此類人才的訓練與培育更是當務之急。

引用文獻

1. 陳仁炫、郭惠千、林正鏘。1993。作物養分需求及植體分析之分級標準彙集。國立中興大學土壤研究所。
2. 陳仁炫。1994a。作物營養障礙的徵狀及診斷方法。台灣東部問題土壤改良研討會論文集。第73-88頁。中華土壤肥料學會，花蓮區農業改良場。
3. 陳仁炫。1994b。作物營養障礙的目識診斷技術。興農雜誌。308：53-61。
4. 國立中興大學土壤學系。1991。台灣地區常見之作物營養障礙圖鑑。國立中興大學土壤學系，中華土壤肥料學會，台灣省農林廳編印。
5. 張庚鵬、張愛華。1997。蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑。台灣省農業試所特刊第65號。台灣省農業試所印行。
6. Bennett, W. F. 1993. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms: In: Bennett. W. F(eds.) "Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants" pp.1-7. APS Press. The Amer Phytopathological Society. Minesota. U.S.A.

7. Boued, C., E. J. Hewitt FRS, and P. Needham. 1984. Methods of diagnosing nutrient disorders in plant. pp.111-136. In: Boued et al.,(ed.) “Diagnosis of mineral Disorders in plants, Volume 1. Principles”Chemical Publishing, New York.
8. Davidescu, D., and V. Davidescu. 1982. Evaluation of fertility by plant and soil analysis. Abacus Press. England.



圖一、土壤診斷為瞭解土壤是否健康的重要技術



圖二、壓實土壤的作物根系淺而不健全



圖三、玉米缺磷徵狀



圖四、金煌芒果缺鈣徵狀



五、葡萄缺鎂徵狀(提供人：張淑賢)



圖六、文旦缺鐵徵狀



圖七、木瓜缺硼徵狀(提供人：張淑賢)