

果樹營養診斷

文圖／賴文龍

前言

台灣地區農民的施肥方式，皆憑著多年的施肥經驗，採用慣行法施肥及根據農業改良場所過去試驗研究結果，並依作物施肥手冊推薦施肥量施肥，依個別農民農田土壤肥力適度調整，雖然可獲得單位面積生產水準，但對肥料施用尚有過剩之慮。因此，長期作物(果樹)肥培管理，利用科學的方法測定土壤肥力及分析植物體營養狀況與農民施肥記錄，配合當地環境與氣候等因子，來作靈活推薦施肥，能確保果樹之生產水準，更可充分利用肥料，避免浪費能源。果樹低產問題原因為營養生長過剩或營養生長不足。營養生長過剩係因氮素肥料施用過多所致，常造成果樹枝葉繁盛及徒長枝條萌生，開花著果率降低，落果嚴重，影響產量及品質至鉅；營養生長不足，主要係由果樹生長所需某些營養元素，以致某些元素缺乏或由土壤中某些礦物質提供不足及離子濃度過高，或土壤溶液之滲透壓過高等因素，導致果樹營養障礙，皆會影響果樹對某些元素營養吸收，於果樹葉片會產生過多或缺乏之元素各有徵狀。因此，可利用植物體養分分析營養障礙，及田間觀察植株外觀徵狀判斷所遭遇之某些元素營養障礙，適時提供根外施或葉片噴施方式補改善。

一、必需之養分與吸收

植物生育上必需之養分有 16 種，為碳(C)、氫(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、硫(S)、鐵(Fe)、錳(Mn)、鋅(Zn)、銅(Cu)、硼(B)、鉬(Mo)及氯(Cl)等元素，均含於各種植物體內，此等元素在植物生育上為不可缺乏之養分元素。其中，植物所含的碳、氫及氧成分最多，植物吸收主要來自水與空氣，在植物體構成水及有機質。空氣中二氧化碳與水，植物經由光合作用合成，以碳水化合物及其他有機化合物如脂肪、蛋白質、胺基酸及核酸等，各種新陳代謝物皆由碳水化合物與其他成分化合而成。因此，碳、氫及氧等三種元素取得容易，而為大多數人所忽略，未去注意。而其餘 13 種元素，依植物需要量而決定，需要量多者，若不施用肥料補充，植物很難生長之元素為多量元素，如氮、磷及鉀等元素；需要量略為減少之元素如鈣、鎂及硫稱為次量元素；需要量較少之元素如鐵、錳、鋅、銅、硼、鉬及氯等微量元素，作物如過量吸收時，會引起毒害病症發生。另對某些植物營養需求之必要微量元素，其對作物之品質有利的如鈉(Na)、矽(Si)、鋁(Al)、銦(Sr)、鈦(Ti)、鈷(Co)、鎳(Ni)及釩(V)，稱為特殊元素或有益微量元素。

表一、植物生長所需之元素與其來源

大量營養元素		吸收型態	吸收途徑	微量營養元素		吸收型態	吸收途徑
碳	C	CO ₂ , HCO ₃ ²⁻	空氣, 水	鐵	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	水, 土
氫	H	H ₂ O, H ⁺	水	錳	Mn	Mn ²⁺	水, 土
氧	O	O ₂ , CO ₂	水, 空氣	鋅	Zn	Zn ²⁺	水, 土
氮	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , N ₂	水, 空氣, 土	銅	Cu	Cu ²⁺	水, 土
磷	P	HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻	水, 土	硼	B	H ₂ BO ₃ ⁻ , HBO ₃ ²⁻	水, 土

鉀	K	K^+	水,土	鉬	Mo	MoO_4^{2-}	水,土
鈣	Ca	Ca^{2+}	水,土	氯	Cl	Cl^- , Cl_2	水,土,空氣
鎂	Mg	Mg^{2+}	水,土	鎳	Ni	Ni^{2+}	水,土
硫	S	SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , SO_2	水,土,空氣	矽	Si	Si^{2+}	水,土

上述各元素任何一種元素缺乏或過多，都會造成營養失調，皆會嚴重影響作物生長、著果率及品質至鉅。

二、養分之功用

氮(N)：氮為作物生長合成蛋白質、胺基酸、荷爾蒙、核酸、生物鹼及葉綠素生成之主要成分。果樹對氮素營養需求量較大，適量氮素可促進果樹枝葉茂盛，葉色濃綠，枝梢生長充實粗壯，澱粉含量適中，花芽形成多，果實產量高，品質佳。植物缺氮生長受阻，主根長無側根，缺乏葉綠素而呈黃色，全株葉小而黃化，枝梢細小而短，果勢生長勢衰弱而易落花落果，致著果率差，產量低；氮肥過量會導致果樹枝梢徒長，組織柔軟而不充實，新梢細長，落葉延遲，新梢頂端葉片延遲進入休眠狀態，易罹病，抗旱、抗寒能力較差，花芽分化難形成，如柑桔浮皮果多，果皮變厚，果汁中之糖分降低，酸度含量亦少，成熟期延遲，硬度降低，貯藏壽命短，易感生理病害，品質劣化。氮肥過多還會導致鉀、鈣元素吸收不足，使柑桔果實糖度降低，不耐貯藏。

磷(P)：磷係構成植物體細胞核之核酸成分，對細胞分裂、葉綠素、碳水化合物、蛋白質合成及呼吸作用均有密切關係，磷酸可促進作物發芽及生根，植物體內澱粉之生成，使果實糖度增加，果汁液增多及提高胡蘿蔔素含量，降低酸度，利於提高果實肥大而增加收量。磷肥充足，果樹枝葉及根部生長正常，花芽形成多，果皮薄而光滑，色澤鮮豔，提高果實糖度及澱粉含量，味甜酸少。果樹樹體缺磷時，根短，葉色變暗綠色，葉數少而小，開花期果樹老葉脫落嚴重，花少著果率低，果實小而空心，成熟延遲，含酸多，糖分低，果汁少，果皮粗糙變厚而色澤淡，收穫前嚴重落果，影響果實產量至鉅，成熟延遲，易隔年結果。若土壤中鋅、鈣等元素過多，因易形成磷酸鋅、磷酸鈣等影響磷肥肥效。磷肥含量過多時，造成果樹體內之氮、鉀、鐵、鋅及銅之吸收不足，而引起缺乏症發生。過量施用磷肥會引起柑桔果樹根之生長及果實易發生皺皮，增加皺皮果數量，降低品質。在酸性土壤施用磷肥，易與土壤中之鐵或鋁結合為無效狀態之磷化合物，植物根系不能吸收利用。磷肥在作物生育初期吸收較多，可促進果實著色及糖度增加，果實收量增加，而生育後期施磷肥會增加果實酸度。因此，磷肥施用要提早於基肥施之，使果樹提早吸收，俾利果實肥大增產及品質之提升。

鉀(K)：鉀能促進碳水化合物之合成及轉化和運輸，與蛋白質合成及蒸散作用，調節機能關係密切。鉀在樹體內移動性強，缺鉀表現在老葉的葉尖與葉緣開始黃化，嚴重時葉片捲縮變形，乾枯呈燒焦狀，向內擴散。鉀肥下足時，碳水化合物合成少，在樹體內之移動變劣，根部分枝減少，使樹勢衰弱，枝梢短小叢生，抗病力弱，開花不良，果蒂和結果枝易染炭疽病，果小味酸，易裂果及腐敗，採收前落果嚴重，果皮光滑，色淡，品質不佳。鉀在果樹植物體內之含量，依時期不同，其含量亦異。果實肥大時，果實鉀含量高，而葉片之鉀含量低，因而果實移動造成，此時期根吸收之鉀在土壤中量少時，則會引起缺鉀症發生。果實開始肥大後施鉀肥，可增加果實收量及著色與糖度；生育前期施鉀肥，會增加果實酸度。果園施用過量鉀肥，會抑制鉍離子之吸收，降低鈣、鎂等元素吸收，而引起鎂、鈣之缺乏症發生，故需要特別注意。因此，土壤中鉀元素過量累積，會影響鈣、鎂、錳、鋅及鉍離子的吸收而引起營養失調。缺鉀葉片硬化，枝條伸長

受阻，節間短，樹勢矮化，果皮粗厚，果肉硬，酸度高。鉀肥施用需注意施肥方法外，依果樹結果數量，調整施用量，使果實肥大時期，能夠吸收充足之鉀量，提升果實產量、糖度及降低酸度。

鈣(Ca)：鈣植物合成蛋白質時生成有機酸，鈣具有中和過多之酸的作用及保持樹體內適當酸度之作用。鈣對細胞壁的構成， Pn 的活動和果膠的組成關係密切，對葉綠素之生成和碳水化合物之移動是不可缺的。鈣在植物體內是不易移動的元素，鈣元素在葉片中不會轉移再分配，提供其他器官，多沈滯蓄積於老葉中，在新葉或果實等部分含量最少。鈣為頂端分生組織所必需，因缺鈣時，新葉彎曲，生長受抑制，節間變短，新梢幼葉退綠白化，呈杯狀內卷，變褐色枯死。鈣可中和土壤酸性，加速有機質分解，減少土壤中有毒物質。作物含適量鈣時，根部之發育正常，含量不足時，根尖端受阻停止伸長而短粗，果樹易水傷而腐爛，可能發生根腐病，新梢短，先端變黑枯死，生長不良，果小而畸形。果實缺鈣時，成熟後，細胞膜分解加快失去作用，使呼吸作用與一些酵素活性增強，促使果實衰老，以致硬度不夠而不利於儲藏，果實易罹斑點病、潰瘍病、水心病等生理病害。鈣含量高時可降低果實中乙烯含量，降低後熟作用及呼吸作用有利果實儲存。土壤中鈣含量太高時增加土壤 pH，使其他元素。利用率降低，而會引起鉀、鎂、硼、鋅、鐵及錳等元素有效性降低。

鎂(Mg)：鎂是葉綠素及核糖體主要結構之一，鎂會影響果實的發育與胡蘿蔔素及葉黃素的合成。鎂可促進作物對磷的吸收，故缺鎂時磷的吸收變差。缺鎂時會影響側芽萌發生長而形成短果枝，一般由老葉開始出現黃化症狀，葉脈保持綠色，葉脈間葉肉開始黃化，葉片先端和葉基部保持較久的綠色 V 型之倒三角形狀，澱粉及澱粉生成量少，而影響碳水化合物合成，花芽分化形成變劣，果實變小，味淡，著色差，不耐儲藏。鎂缺乏的主要原因土壤酸化、有機質含量低及鉀肥施用過多。鎂含量過高會抑制鈣、鉀及其他等元素的吸收，此外，土壤中鎂充足，但由於缺磷而導致對鎂的吸收降低，所以施磷肥增加樹體對磷的吸收，還可增加鎂吸收。

硫(S)：硫主要被植物吸收以 SO_4^{2-} 形態。硫在植物體中不易由老葉中再移出，一般對新葉影響較大，酸雨會使新梢產生危害。硫移動性差，缺乏時在新葉先發生症狀，葉片黃化，生長受阻，葉薄而細長，有如缺氮症狀。硫含量過高時，會降低土壤 pH 值，葉緣會黃化，果實早熟。

銅(Cu)：銅為樹體內的葉綠素形成需要元素之一，作物以自由態銅離子及鉍合態吸收。銅在植體中的移動性慢，主要是從根部向地上部移動相對量低，地上部呈缺銅症狀，會使葉綠素形成受阻，幼葉捲曲、葉尖枯葉或白化。缺銅引起新梢生長壞死，葉片黃化產生褐色的斑點，出現流膠和枯梢之症狀。缺銅時新梢之樹皮產生水泡，枝葉曲折畸形，生長呈「S」型，枝梢先端枯死，果實斑點增多，果皮易裂開。銅過量施用或長期噴布有機銅劑，過量累積土壤中而造成毒害，抑制作物生長時，根系粗短，先端褐色枯死，葉片上呈現青銅色病斑或葉緣灼傷焦枯症狀，影響根系生長，以致枝梢大量落葉，小枝枯死，果樹花芽分化受阻，果實減產，介殼蟲危害嚴重。柑桔銅過量時，會發生缺鐵及錳不足症狀。

錳(Mn)：錳是葉綠素合成之起著催化作用，錳是多種 Pn 的活化劑或抑制劑，錳與氮的代謝和碳水化合物的同化及維生素 C 的形成有關。缺錳時，葉綠素形成受阻，降低光合作用。植物體對錳的吸收及運輸受 Ca、Mg、Fe、Zn 及 NH_4^+ 抑制，受 NO_3^- 離子促進。鈣質土壤、有機質土壤及沼澤土壤較容易缺錳。嚴重缺錳，葉片黃化擴散至葉脈逐漸變黃褐色，葉緣向內捲曲皺縮，於秋冬易出現大量落葉，葉片壽命縮短，樹勢衰弱，著花及結果不良，影響產量及品質。在新葉、老葉均會發生缺錳症狀，葉脈保持綠色，葉肉呈淡綠色，葉片上呈網狀葉脈。酸性土壤施用過量石灰資

材後土壤變成中性，土壤中錳 MnO_2 形成為不溶性，作物不能吸收利用，以致產生缺錳症狀。錳過量症狀發生在老葉上，葉上產生褐色斑點，嚴重毒害時，枝梢或樹幹上葉片提前脫落。鐵與錳關係密切，保持適宜之比例，鐵過多時，錳缺乏；錳過多時，則鐵缺乏。錳過量會抑制 Ca、Mg、Cu、Zn 等元素的吸收，而引起缺乏症狀發生。酸性土壤錳最易過度聚集，作物吸收過量毒害，葉形變小，葉緣黃化並出現褐斑壞疽，嚴重擴及葉脈及葉柄，造成異常落葉。強酸性土壤通氣性差，排水不良，土壤有機質缺乏，常造成錳過量吸收產生毒害。蘋果粗皮病係因吸收過剩錳，枝幹表皮發生小塊粗斑，最後成輪狀龜裂或凹陷，表皮粗糙不平，葉小而葉脈間黃化，新梢生長不良，尖端枯死。

鋅(Zn)：鋅在葉綠素合成有關，磷過多引起缺鋅葉片黃化之斑點，嚴重則會成褐色而枯死，缺鋅之樹體生長受阻矮化，新梢之節間縮短，次年新梢出現小葉叢生，新葉中肋變黃枯乾，葉肉保持綠色，果樹萌芽不易伸展生長，樹皮粗糙易脆，根系生長變細，對水分、養分的吸收受到影響。果實變小畸形，果實之果皮粗厚，著色不良，果汁少，糖酸比低，品質劣，產量銳減。鋅肥過量施用發生毒害症狀於葉柄及葉緣常有紅棕色壞死之灼傷，落葉枯死症狀發生。因此，土壤鋅有效性低時，因施用過量磷肥會誘導鋅的缺乏。施鉀、鎂、硝酸銨及硫酸銨等肥料，可促進作物對鋅的吸收；施硝酸鈉及硝酸鈣等肥料，會抑制作物對鋅的吸收。

鐵(Fe)：鐵協助葉綠素合成及葉綠體蛋白質形成與安定，缺鐵會影響葉綠素的形成，植物體內的鐵無法從老葉轉到新葉，根群與胺基酸及有機酸形成與安定錯合物，促進與穩定根系吸收。因此，必須由土壤中提供吸收，植物吸收以三價鐵或二價鐵，以離子形態或錯合態吸收，由根部於土中直接截取吸收。根內、根外之鈣、磷酸根濃度高呈沈澱而抑制鐵的移動影響吸收。缺鐵症發生之原因，酸性土壤多由施用過量石灰，土壤 pH 值變成鹼性時發生。缺鐵時，幼葉葉肉先黃化，葉脈明顯網紋線脈，葉片全面黃化，嚴重時全葉白化，並有褐斑點，莖短而細弱，果樹樹勢呈衰弱枯萎狀，果皮黃化，果實生長不良，品質劣。鐵吸收過量時會引起缺錳症之發生。酸性土壤不易缺鐵，但施磷、鉀肥過量或土壤中含銅、鋅、錳及鎳等元素含量過高時，均會導致鐵吸收受抑制，產生缺鐵黃化症狀。

硼(B)：硼為構成細胞膜與果膠的形成有關，並能促進花粉發育及果蒂著果防止落果，增進水分吸收及蒸散作用，促進對磷、鉀、鈣、鎂等元素之吸收。缺硼會影響細胞膜的形成，引起新梢葉生長不良，落花落果，生長停止，新梢葉上出現水浸狀黃色斑點，葉脈黃而粗至爆烈，葉畸形，葉柄生褐色之橫龜裂，斷柄、葉片倒掛在樹梢上，最後葉枯脫落，果肉乾癟，淡而無味。缺硼會影響對水分吸收及使鈣在樹體內移動與吸收受阻，導致新細胞缺鈣，新芽停止生長。因此，診斷果樹缺硼時，可由根、葉、頂芽枯死等之生長點組織的脆弱度判斷。缺硼生長點萎縮枯死，木栓化而脆弱等特徵。梨、蘋果縮果病為缺硼症，缺硼時果實表皮下，果心附近之細胞，引起果面凹凸不平，呈木栓化或海綿質，果實有孔洞、褐斑及枯斑。桃缺硼，枝梢尖端枯萎，腋芽萌出多數副梢，葉畸形，厚而脆，果實生膠質。柑桔缺硼，葉變厚黃化，引起早期落葉，葉柄龜裂，果實粒小，果汁少為石頭柑。葡萄缺硼，葉畸形，呈黃色、褐色而枯死，葉柄變脆弱，新芽枯死，組織變脆，果房果粒大小不均一成蝦果，果粒易脫落，降低品質及產量。木瓜果面凹凸不平，流出白色乳漿，果肉木栓化。酸性土壤中，施石灰過量，使土壤易成中性或鹼性，土壤中硼與鈣結合，不溶解於水，作物根更難以吸收，易發生缺硼。土壤乾燥，硼不易溶解，易發生缺硼症，硼易被雨水沖蝕流失而缺乏。改善方式如行深耕，施有機肥料，土壤保持適當水分，不可過乾，避免連年施用石灰質資材及過量施用鉀肥。硼毒害時，葉尖黃化，漸次全葉葉緣黃化，分泌黏液，逐漸褐色而枯萎，嚴重則落葉至枝條枯死。硼過量時會影響氮、磷、鈣的吸收，葡萄易發生裂果，果實提早著色，不易貯藏。

鉬(Mo)：植物以主動吸收形成吸收鉬酸根離子(MoO_4^{2-})，鉬能促進固氮作用及硝酸還原反應與胺基酸及蛋白質合成。栽培於強酸性土壤之作物易缺鉬，缺鉬時因 $\text{NO}_3\text{-N}$ 無法還原形成蛋白質，作物體內之澱粉及低分子量氮化合物累積，使作物形成紅色或紫色脫色症狀，幼葉黃化，葉緣壞疽及變形，如甘藍杯狀葉、花椰菜鞭狀葉等。缺鉬有的葉片向上捲縮，柑桔葉片黃色斑點並從葉緣乾枯，葉流出汁液。鉬過量產生毒害症狀從老葉開始黃化成金黃色，由下位葉向莖頂發生凋萎落葉。硫酸根、磷酸根與鉬酸根有拮抗作用， Cu^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 及 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度高時會抑制作物對鉬的吸收。鉬易被鐵及鋁氧化物吸附而變成作物無法吸收利用之型態，以致作物生長易發生缺鉬症狀。

氯(Cl)：氯為必要微量元素，作物可從土壤吸收氯離子(Cl^-)及空氣中吸收氯氣，或施用高濃度含氯離子肥料，足夠提供作物需求不致缺乏。缺氯時，作物生長緩慢，莖頂端先萎凋，由斑點狀逐漸擴散，幼葉先黃化或呈青銅色及壞疽。氯過量時落葉果樹從葉緣向內黃化、壞疽、捲縮、枝梢枯死等症狀發生。



新興梨果實缺硼



新興梨果實缺硼



椪柑硼毒害



葡萄氮素過高



葡萄缺硼



葡萄氮素過高



土壤鐵過量累積



橫山梨缺鐵白化症



橫山梨缺鐵白化症



柑桔缺鋅



葡萄缺銅



葡萄缺鎂



葡萄缺鎂



柑桔磷過量



葡萄缺鉀



甜柿缺鉀



梨果實缺鈣



柑桔缺氮



柑桔氮素過高，徒長枝條萌生



梨缺錳