

# 柑 橘 營 養 問 題

## Problems of Citrus Nutrition

林 樸\*

Pu Ling

**摘 要：**說明土壤酸鹼度 (pH) 與柑橘營養之關係及其重要性，申述柑橘生理病——營養失調產生各種元素貧缺症觀念，臺灣最常見之缺鎂症等之發生原因，其與產量、品質之關係及其糾正法等，此等病徵之辨識鑑別，不論在實際生產者或技術乃至研究人員，皆為切實有用之新科技。

**關鍵字：**pH、營養均衡、貧缺症。

**Key words：**pH, nutritional balance, deficiency

臺灣柑橘栽培之問題，除嚴重而易見之黃龍病外，一直存着的問題是為營養問題，加以近年來由於擴大栽培、產量增加以致生產過剩、市場滯銷、栽培意願喪失、影響所及為單位產量降低、品質劣變、問題更趨嚴重化、無形中更傷及樹齡或植株之健康狀況，引起果樹夭折，此一夭折誠為提高生產成本之一大因素，遭遇如此惡性循環，對生產事業而言極端不利，亟待探討改進，所謂營養不良症，為一新興科技，如能善加利用，柑橘之健康狀況將可為之改善，茲將其梗概申論如后：

和柑橘營養有關的要素共十七種之多，除炭、氫、氧三元素可取自空氣中之二氧化碳，光合作用過程中二氧化碳與水合成有機質之食物，其他要素就是氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、硼、鐵、鋅、錳、銅、鉬、氯、鈉，除硫、氯、鈉外，在不同之田間，皆曾發生過貧缺之情形，其實整株柑樹乾物重之95%或鮮重之98%，皆為炭氫氧所佔，其他左右柑樹營養或健康之要素僅佔5%而已<sup>(7)</sup>。柑橘之營養不良症，起因於營養失去平衡，包括各種養份供應之短缺與過量，在此情況下，即能引起病徵之發生，通常稱之謂生理病，當養份供應失調之際，不同元素所引起之病徵各不相同，可資鑑別，此種辨識之技術可用來觀測植株營養之狀況或用以識別病蟲為害徵狀乃至施藥不當或殺草劑等化學藥品為害情形，對從事實際生產者或技術及研究人員，皆具應用之價值，不可或缺。此方面學識之發達，僅為近半世紀以來之事。其肇始可稱在美國東南部之弗羅里達州，蓋因該州土地係由史前原為海底所浮起而來，為特別瘠薄之砂地，實際狀況乃是到處皆為極為純粹之砂，故名教授 H. S. Wolfe 氏稱之謂「砂質砂質砂」(Sandy sandy sand)實在並不言過其實而再恰當沒有了。因為地處亞熱帶氣候範圍內，恰適柑橘之生長條件，遂成一大量柑橘之栽培地區，在此情形下，猶如一極大規模之砂耕柑橘肥料試驗場所，

\*國立臺灣大學園藝學系教授。Professor, Dept. Horticulture, National Taiwan University

假以相當時日，柑橘營養失調生理病徵之呈現，層出無窮，尤以第二次世界大戰期間，肥料普遍缺乏之當時為甚<sup>(4)</sup> 最初係以枯梢病徵 (Die back) 作為施用銅素之指引。其實當時并不完全明瞭銅素在柑橘植株中之作用為何，其後經不斷研究，此方面之學識逐漸發展，並屢經實驗加以證實，於是在鋅、錳、鐵、硼、鎂、氮等元素之病徵，亦陸續有所記述，並利用作一般診斷貧缺症等之用途，在實際生產應用上，頗獲成功。如今此項技術在美國、巴西等先進國家，已達普遍應用之地步，回顧國內生產技術落後甚多，自應積極學習，力圖改進。

關於臺灣柑橘營養狀況，據作者歷年來田間觀察結果，一般發生營養不良貧缺症之情形，似不如美國弗州者之普遍與易見，其主要原因厥為土壤性質不盡相同之關係，委實說來，捨美國弗州之外，尋找第二個面積如此廣大之砂地栽培柑橘地方，殆無可能，所以一般地區之柑橘園，元素貧缺症嚴重性，比較上皆不及如此普遍而較輕微。不過作者曾得美國密歇根大學 Kenworthy 教授之協助，作臺灣北部之柑橘園及柑橘苗圃，以葉片分析法，調查其營養狀況<sup>(1,10)</sup> 發現鉀、磷、鎂、鋅、錳、硼等貧缺情形，時有發生，至於全省各地柑橘園之營養狀況而言，最常見之貧缺症，是為缺鎂症，然則實際從事栽培者對此情況或現象，大多並不知悉，換言之，大部生產者並不具備應有之營養觀念，二十餘年來作者曾經陸續對此一科技多方介紹及報導<sup>(2,3)</sup>，成效仍然不彰。是故今後在此方面之推廣教育上，誠有多加注意之必要。茲以臺灣最為常見之缺鎂、缺鋅與缺錳等三種元素作進一步之說明，以作參考。

**1. 柑橘之缺鎂症：**鎂元素對綠色植物之重要性，早在1860年即已知悉。1906年 Willstätter 氏證明其為葉綠素之組成要素<sup>(6)</sup>。缺鎂症美國又稱之為「古銅病」(Bronzing)，早在1912年，巴西之 Aversa Sacca 最先即知在田間施用鎂素以糾正含鐵土壤之某種柑橘葉片之黃化病，至1924年美國加州之 Reed 及 Haas 氏最先記載有關柑橘葉部缺鎂症之病徵，1934年加州之 Chapman 及 Kelly 氏以砂耕試驗證明因缺鎂引起之病徵與田間發生者完全一致，同年弗州之 Bahrt 氏報告稱，施用石灰、錳、鎂及鉀對防治柑橘「古銅病」有效。及至1936年，Bryan 及 De Busk 氏則謂，弗州之「古銅病」乃鎂素貧缺症。同年 Tait 氏更進而證明各種含鎂肥料之價值。其後鎂素遂成為土壤瘠薄之弗州普遍施肥制度中之一部而緊列於三要素氮、磷、鉀之後，可見其重要性之一斑。為加強理解其重要性與便利記憶起見，作者稱之謂氮、磷、鉀三要素時代更進一步之四要素時代。

鎂素之功用：鎂素是構成葉綠素之要角，並有影響果實內外色素生成之作用；鎂素與種子及分生組織存有密切之關係；鎂素有助於油類之生成，故在柑橘之種子中含量尤多。鎂素與鉀素同屬移動性者，故可從葉片中轉移至果實中。

缺鎂症之病徵 (彩 2、葡萄柚之缺鎂症) (彩 3、雪柑之缺鎂症)

1. 葉部——缺鎂之柑橘植株，起初尚不能見到葉部之病徵，須待葉片成長，在秋冬果實成熟時，乃可發生病徵，缺鎂症之第一病徵為葉片靠近基部主脈之兩側處發生黃綠色病斑，視不同程度之嚴重性，病斑可以延展至葉尖，嚴重情形時，僅留葉尖之小部份及葉基主脈兩旁小部份保持綠色，各呈指向葉片中央之楔形，葉基之楔形較大而葉尖之楔形較小 (見彩 2、3)，如將手指作表示勝利之「V」字手勢，倒扣在葉片之上 (即葉尖指向掌心)，即可將黃化部份遮蓋而僅露出健康之綠色部份，利用此法作為缺鎂症

之鑑別，甚為簡便。如果缺鎂情形更為嚴重時，葉片可能全部黃化，有如缺氮症之後期病徵。葉片黃化情形較嚴重者（亦即黃化佔葉片之大部時），如逢不良環境如乾旱、低溫，遭受病蟲害、藥害等時，每易先行脫落，據 Fudge 氏稱，缺鎂症病徵之呈現，係由於鎂素自葉中轉移至果實中所致，因為鎂素與鐵、鋅、錳、銅等元素不同而屬易於移動者，鐵、鋅等之貧缺症，其病徵之發生，係與新生之葉同時，缺鎂症之病徵，則呈現於先前外表正常之老葉上。藉此發生時期之差異，在診斷上可作為與其他貧缺症區分之根據，不過缺鎂症發生時，亦可能同時缺乏其他元素而混合呈現其他病徵。

葉片呈現缺鎂徵狀時，其葉片分析之乾物量通常皆在 0.1% 以下。在 0.2% 以下時，乃代表缺鎂症之開端<sup>(6)</sup>。由於鎂素之缺乏，果實之含糖含酸量會因而降低，亦即降低品質<sup>(12)</sup>，相反地，當植株含鎂量較高時，其果實之糖、酸含量及果汁含量則可提高，亦即增進品質。

2. 枝條——雖不呈現特殊之病徵，不過能因缺鎂嚴重時誘致落葉而枝條衰弱乃至枯死，為間接性病徵。

3. 果實——缺鎂病徵之發生與結果量之多少有關。凡結果多之枝條，可能發生嚴重之情形而葉片全落，其附近果少之枝條則可能全無病徵，不過缺鎂嚴重時，該樹之葉片可能全部脫落，除影響產量外，亦能影響果實之品質，使其降低，逢大年時，其果型減小而不耐貯運，其糖份、酸份及維他命 C 等之含量，同時亦皆減退，例如甜橙遇缺鎂症時，其果皮及果肉色澤皆變淺淡，係因鎂素對色素形成之影響較其他元素者為大。

其他之徵狀——凡多籽之柑橘品種，比較容易發生缺鎂症，例如雪柑、柳橙、鳳梨、巴森等甜橙品種較商業上稱為無籽之漢林或晚崙夏容易發生缺鎂症。葡萄柚之品種中多籽之鄧肯較無籽之瑪煦容易發生缺鎂症。在植株對低溫之抵抗性方面，在同一低溫情形下，缺鎂植株常失去全部葉片而給鎂植株則僅失去數張葉片而已。

此外，缺鎂症與隔年結果也有密切之關係，柑橘之隔年結果現象，雖然不是完全由於缺鎂症所致者，但缺鎂症確實常引起隔年結果。尤其以含種子之品種為最，此等植株如逢「大年」時，即發生大量之黃化葉片、落葉、以及枝條之枯死，於是失去多數之來年結果枝，故此等衰弱植株，次年僅能結少量之果實而作營養生長（只長枝葉）以恢復樹勢，下一年又為「大年」。此一現象可能發生於個別植株或同一植株之不同枝條，並有輕重之差別。故同一植株同時可見健全及黃化之葉片，形成懸殊之對比，是其特徵。

缺鎂症之起因：（一）土中原來缺少鎂素或鎂素之流失，尤其以 pH 偏低時為最，鎂素極易流失，較諸鉀、磷為甚，實際上土中流失之鎂素較植株吸收者為多。（二）土壤中之 pH 過高時能使鎂素成為不可給態<sup>(8)</sup>。（三）由於土壤中鉀素或鈣素之韻抗作用（Antagonism）。故在鉀素及鈣素增加時，鎂素亦宜予以增加。

缺鎂症之糾正法：（一）普通情形下以施用白雲石（Dolomite）最佳：如能保持土中之 pH 為 6.0 時，乃可充分供應鎂素。至於白雲石之用量，應視各種土壤及其原有 pH 之高低而定，大約每公頃之施用量為 2.5—6.0 公噸。（二）如發生嚴重之缺鎂症時，可用鎂化合物如硫酸鎂，每株需量 0.6—1.2 公斤。視植株之大小而異。（三）利用葉面施肥法，每公升之水中加入硝酸鎂 9—12 公克，在春季新葉展開至 1/2 大小時噴施之，半年內可得顯著之效果，可使葉片轉為綠色。

2. 柑橘之缺鋅症：又稱斑葉病、小葉病等（Zinc deficiency, Frenching、Mottling、

Rosette、Little-leaf) , 由於植物對鋅之反應, 諸學者早在十九世紀已在猜測其可能為生長要素。至本世紀三十年代始證明其為柑橘生長不可或缺之要素<sup>(6)</sup>, 此症在世界各處皆極普遍。除氮素之外, 鋅素貧缺症在各種元素中, 殆為最常發生者, 鋅、銅、錳或鉬等要素, 需要量極為微小。故在1920年前, 技術上殆無法試驗, 普通柑橘葉中僅含30—40ppm, 約為鐵素含量之 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ , 最先係1930年 Chandler, Hoagland 及 Hibbard 氏等利用鋅素以糾正落葉果樹之小葉病, 1933年加州之 Johnston 氏用硫酸鋅治療柑橘之斑葉病。1934年起 Parker 氏曾連續作多年之柑橘斑葉病防治試驗, 同年弗州之 Mowry 及 Camp 氏亦利用鋅素以糾正桐樹及温州蜜柑之缺鋅症。是為該州普遍採用鋅素以防治柑橘缺鋅症之肇始。至1937年 Chapman 氏等曾以營養液栽培, 顯出缺鋅症之病徵特性, 並加糾正。在臺灣, 作者利用葉片分析法, 調查臺灣北部柑橘營養狀況時, 亦經證實鋅素之貧缺甚為普遍<sup>(11)</sup>。鋅素之功用: 鋅素為柑橘生長所必需者, 早經證明。一似鉀素、鋅雖非構成葉綠素之份子, 但對葉綠素之合成至為重要, 鋅能促進產生色氨酸 (Tryptophane) 酵素之活動, 色氨酸則為生長素 (Auxin) 之前導者 (Precursor) 。故鋅之貧缺結果造成生長素之貧缺, 以致幼枝、葉片及果實無法作正常之生長。

### 缺鋅症之病徵

1. 葉片: 主脈及側脈間之葉肉發生黃化, 葉脈附近則呈不規則綠色部份, 新葉常變小而狹尖, 因而得名 (斑葉病 Mottle leaf 或小葉病 Little leaf) , 由於節間之縮短, 故枝葉每成叢簇 (Rosette) , 葉片與枝條之角度變小, 故呈直立向上情形。此等枝條纖弱而易枯死 (dieback) , 輕症時, 幼葉開始變為淡綠、葉脈部份其色較深, 及至成長, 葉脈附近之色更深而葉脈間葉肉之色變成更淺, 遂成明顯之區分。此黃綠分明情形, 較諸缺錳者特別顯著。可用以區別。輕症者如經補給鋅素, 可以恢復綠色, 但葉型不能增大, 不過其後所生之新葉, 其葉色及葉型則可恢復正常。

2. 植株: 輕症時, 僅少數枝稍呈現病徵, 嚴重時則植株生長緩慢, 全株皆有直立性狹小葉片之枝條。形成矮小密叢, 久之則枝條枯死。樹身因之變小, 繼則樹懷發生徒長枝, 徒長枝之葉片常為正常者, 或稍具病徵, 故同株中可見各種不同程度病徵之葉片, 一經鋅素補給, 新葉生長正常, 產量有顯著之增加。(彩4、5甜橙缺鋅症田間情形)

3. 果實: 視被害嚴重性而有差異。果型可能變小, 皮厚或僅為光滑淺色, 果肉乾硬, 食之淡而無味, 有時果皮之絨層 (Albedo) 亦能發生淤膠 (Gummatum) , 檸檬如發生嚴重之鋅素貧缺時, 果皮變薄而多汁, 但果型變小, 果形亦變尖而細長而失去商品價值, 果少而着生於枝端, 是其特徵<sup>(4,5,6)</sup> , 因為鋅素影響果實產量甚鉅, 故一般施肥時以不容呈現斑葉病病徵為原則<sup>(6)</sup> 。

缺鋅症之起因: (一) 土壤之 pH 過高, 如6.0以上, 能使鋅素成為不溶性化合物。

(二) 土壤 pH 過低, 如4.5—5.25, 亦能使鋅素成為酸性不溶解化合物。(三) 土中所含鋅素為果實生產而耗盡, 尤以砂質土壤原來之含量低者為甚。(四) 深耕、缺乏有機質及根砧不適, 以及其他樹勢減退如濾過性病毒為害等因素。(五) 與其他元素間之相互關係, 有頡抗作用及協力作用 (Synergistic influence) , 例如銅能限制鋅之吸收而氮素則能促進鋅之吸收是。(六) 因其他貧缺症引起根部受傷, 亦能減少鋅之吸收。在此情形下, 即使土中含有充分之鋅素, 亦能發生鋅素貧缺症。

缺鋅症之糾正法: Stewart 及 Leonard 氏利用  $Zn^{65}$  研究鋅之吸收情形, 證明鋅

素不易進入一年生之老葉，但春萌葉片，上下兩面皆能吸收鋅素，新枝樹皮之吸收情形亦佳，且能分散至枝上各葉。此即可說明，在春萌前噴施鋅素，可使生長良好之原因，可能即為枝條吸收大量鋅素所致，故鋅素噴施時期以新成長 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ 大小時效果最佳而實用。

(一)葉面施肥（即噴施法）：施鋅最有效之方法可稱是葉面施肥法，用量為每公升之水中加入硫酸鋅 3.6 公克，先行溶解後加入熟石灰 2—3 公克，徐徐混入。噴施期除春季外，夏秋新萌亦可。低鋅果園（葉片分析在 20ppm 以下者）以及早噴施為佳，以免減產<sup>(11)</sup>。

(二)土施：酸性土（pH在 5.25以下時），亦可用土施法，可用硫酸鋅及氯化鈣各一公斤，混和後分成小堆置於樹下有效，不過不同土壤中用法各異，易引起不良效果，傷害樹身。

(三)某些有機殺菌劑亦可兼治缺鋅症，例如大生（Zineb）含氧化鋅15%。

3. 柑橘之缺錳症（Manganese deficiency）美國弗州稱鋅錳貧缺症為「泥炭土黃化病」（Marl chlorosis），老葉之嚴重病徵，有時亦稱為「古銅病」（Bronzing）。最初為1927年弗州之 Schriener 及 Dawson 氏在改進泥炭土蔬菜栽培時引起注意。1931年，Skinner 及 Bahrt 氏等最先在柑橘上施用錳素，得到反應。直至1938年 Camp 及 Peech 氏始記載田間缺錳之徵狀而與其他貧缺症區分。1940年 Parker 氏及 Southwick 與 Chapman 氏亦報告美國加州之錳素貧缺症狀況。此後非洲、澳洲、以色列、義大利、日本以及西班牙，亦皆有報告。錳素貧缺症之所以遲遲始被發現，乃由於其病徵極不明顯，且與缺鋅症者相似，並被缺鋅症病徵所遮蓋。嚴重之缺鐵症病徵亦常遮蓋缺錳症之病徵。目前許多柑橘地區，皆有錳素貧缺症之發生，臺灣亦不例外。

錳素之功用：錳素與葉綠素之存在有關，能影響鐵素在植株中之轉移與利用，並能促進數種酵素之活動。

缺錳症之病徵：（彩 6、葡萄柚之缺錳症）

1. 葉片：新生之葉片呈現綠色葉脈襯於淡綠色之葉肉中，惟其紋式不如缺鋅症或缺鐵症者深淺分界之明顯，比較含糊而介乎兩者之間。輕度病症時，其病徵僅在幼葉呈現，葉片一旦成長，病徵即告消失而葉片恢復深綠色。嚴重病症者，則其病斑維持至老葉，仍不褪失，且整個葉片呈暗綠色或黃綠色、葉肉部份則其色更淡。缺錳症之葉片，其大小及形狀無多變化，與缺鋅症者常會變小有所不同。缺鎂症之病徵，只在老葉呈現而缺錳症者與缺鋅症者則係開始發生於新葉，故在發生時期上有所不同，可資鑑別。

2. 枝條：一般缺錳症枝條，無何特殊病徵，不過在嚴重時，每因細小枝條之枯死而致生長衰退，此一現象，寬皮柑及天波兒柑（Temple orange）中，較其他柑橘更為明顯。枯枝之病徵，不如缺鋅症者之嚴重。如同時亦有缺鋅症時，枝條枯死之情形較諸單有錳素貧缺時，尤為明顯。

3. 果實：缺錳之病徵不顯，據 Skinner 及 Bahrt 氏之報告，錳能增加果皮及果汁之色澤、糖度及堅實度（Firmness），不過缺錳症對於果皮色澤之影響，不如缺鎂症者之大，缺錳症在葉色可以復元之程度時，尚不致影響果實之產量，嚴重時，尤以引起落葉時，由於葉面積之減少，則能減低產量，相反地，逐年葉面施錳之果園，其產量可以增加<sup>(6)</sup>。（彩 7、鉢栽柑橘苗之缺錳症）

缺錳症之起因：（一）在酸性土壤時，常因流失而缺錳，此種情形，通常同時亦有缺鋅、銅、鎂等之可能。（二）在鹼性土壤時（pH 在7.0或以上），如泥炭土或施用過多之石灰時，能使錳成爲不溶性化合物，以致不能爲植株利用。（三）由於大量結果，致將土中含有之錳素耗盡。

缺錳症之糾正法：糾正錳素貧缺症之材料，一般以硫酸錳較爲有效，土施之方法，其用量爲每株 225—1,800公克，視植株之大小、病症之嚴重性以及土壤之種類而異。在此之外，另加覆蓋或栽植覆蓋植物，不過有時土施效果甚小。例如美國加州，每英畝曾施用硫酸錳達一千磅之多而未得完全之效果。但十英畝之柑橘樹，實際上所需之錳，尙未足一英磅。在鹼性土壤時或泥炭土，宜採用葉面噴施法，噴施效果一般較快，惟其效果不能持久，且噴施後，由於殘留物之關係，介殼蟲等之爲害，必然增加，故最好在葉面施肥後，宜再噴藥防治介殼蟲等，至於施用硫酸錳之濃度、普通與波爾多液中之銅相似即可，可與波爾多液合用或石灰硫磺合劑合用。如以果實之數量計算，每生產一箱之果實（90磅），每年約需氧化錳 13.6公克，在澳洲方面，葉面施肥液之配合爲每百公升之水中加入硫酸錳500公克，熟石灰250公克。美國弗州者之用量爲每百公升之水中加入硫酸錳300公克，熟石灰10公克。

#### 參考文獻

1. 林 樸1964，臺灣北部柑橘營養狀況之初步研究，科學農業12(5, 6)：107—114。
2. 林 樸1966，柑橘之缺鎂營養不良症，臺灣農村 1 (12)：29，2(1)：13—14。
3. 林 樸1968，柑橘之營養問題，臺灣大學農學院農業中心作物生理講習會專刊 179—185。
4. Bryan, O. C. 1950. Malnutrition Symptoms of Citrus with Methods of Treatment. Fla. Sta. Dept. Agri. Bull. 93 (New series).
5. Camp, A. F., H. D. Chapman and E. R. Parker. 1949. Symptoms of Citrus Malnutrition. Chapt. IX 307—365. Hunger Signs of Crops. The American Soc. Agron. and the National Fert. Assoc. Wash. D. C.
6. Chapman, H. D. 1968. The Mineral Nutrition of Citrus in Walter Reuther ed. Citrus Industry Vol. II. Chapt. 5. pp. 127—289.
7. Embleton, T. W. et al. 1973 Citrus Fertilization in Walter Reuther ed. Citrus Industry Vol. III. Chapt. 5. pp. 122—182.
8. Embleton, T. W. et al. 1973. Leaf Analysis as a Diagnostic Tool and Guide to Fertilization in Walter Reuther ed. Citrus Industry Vol. III. Chapt. 6. pp. 183—210.
9. Koo, R. J. C., and T. W. Young. 1969. Correcting Magnesium Deficiency of Lime Grown on Calcareous Soils with Magnesium Nitrate. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 82：274—278.
10. Ling, Pu 1966. A Study on the Nutritional Status of Citrus Nurseries in

- Taiwan. Memo. of Coll. of Agri. National Taiwan Univ. 8(2) : 216—235.
11. Platt, R. G. 1968. Micronutrient Deficiencies of Citrus. Cal. Agri. Expt. Sta. Leaflet 115 (Rev.) VL.
  12. Stearn, C. R. Jr., and J. W. Site. 1943. Fruit Quality Studies. Fla. Agri. Expt. Sta. Ann. Rept. 1943 : 207—13.
  13. Young, T. W. and R. C. J. Koo. 1972. Effect of Magnesium Nitrate Spray on Magnesium Deficient Lime Trees on Calcareous Soils. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 85 : 334—337.

## Summary

Importance of soil pH and its relation to citrus nutrition has been stressed. Concept of nutritional balance of the required elements and causes of their deficiencies and excess has been pointed out. The most frequently encountered magnesium deficiency, its cause, influence to fruit yield and quality as well as method for its correction and prevention are especially emphasized. The new technique for identifying nutritional deficiency symptoms is necessary for growers, technicians and researchers alike engaged in the production of citrus fruits.