

特殊條件下之蔬菜肥培管理

張庚鵬 李艷琪

行政院農業委員會農業試驗所農業化學系

蔬菜作物，尤其多數的葉菜及果菜類，其生育均極快速，因此，當然須有足量的水分及養分供給，才能獲得良好的產量與品質。一般說來，生產蔬菜作物所需的養分量遠較其他各類作物（如果樹、花卉、糧作、特作等）為高，肥培管理也頗有差異。即以葉菜及果菜類而言，其肥培管理就有顯著差異；葉菜類由於可食部位為葉部，氮鉀比值可較高，果菜類可食部位為果實，在生殖生長期內氮鉀比應適度調低，如此方可望產出高產及高品質之果菜。本篇文章分成二大部分來探討蔬菜之肥培管理，第一部分從基礎之植物生長必須元素種類開始，介紹利用外觀營養障礙徵進行營養診斷之要領，及本省易發生要素障礙之土壤。第二部分則從實際栽培時的基質、生育特性、氣候條件、肥料選擇及肥力監控等各相關因子來探討蔬菜之合理化肥培管理。

一、植物生長必需元素之種類、利用外觀營養障礙徵狀進行營養診斷之要領及本省易發生要素障礙之土壤

(一)必需元素之種類及生理機能

植物生長所必需的元素，到目前為止，被確認的共有 16 種。另有數種(例如矽、鈉等)則在特定條件下，能促進植物生長，稱為有益元素。這 16 種必需元素為碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯。其中碳、氫、氧可由空氣和水中取得，另外 13 種元素，在正常情況下，由根自土壤溶液中取得。此 13 種元素若根據植物正常生長所需要之吸收量來區分，可分為下列兩類：

- 1.大量元素：包括氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫等六種元素。其中氮、磷、鉀等 3 種元素，因需要量最大，最容易缺乏，所以最早被應用為肥

料，稱肥料三要素。鈣素在一般土壤中含量豐富，只有在強酸性的土壤或退化田中，才有必要施用石灰補充鈣量。鎂素在強酸性土壤(例如紅壤)及砂質土中容易缺乏，須施用鎂質肥料補充。硫素在本省由於三要素等肥料之普遍施用，尙未聽聞缺乏之實例。

2. 微量元素：包括鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯等七種元素。此七種要量甚微，所以缺乏與過量中毒之間差距很小，在施用微量元素植物雖需求量甚微，但在植物生理上卻不可或缺。由於需素肥料時須注意不可超施。鐵素在土壤中含量豐富，引起缺鐵的原因，多是吸收過多錳或鋅導致鐵的不平衡，及因土壤 pH 值太高使鐵素不能有效化所造成。錳素缺乏多發生在中性及鹼性且富鈣質之土壤；另外，在水份充足的強酸性土壤，則容易發生錳過量之毒害。一般土壤不會缺銅，除非特殊有機質土或砂土，才有發生缺銅的可能。鋅素缺乏常發生於鹼性或石灰質土壤，還有，當氮、磷、鉀肥(尤其磷肥)施用過多時容易誘使鋅素缺乏。硼素在粗質地的酸性土或 pH 值高且富石灰質的土壤中容易缺乏，另在多雨地區，或長期灌溉含硼量低的水，都會使植物缺硼。鉬素缺乏的情形很少見，當土壤 pH 值低於 5.5 及栽種對鉬需求量較多的作物(如花椰菜、菠菜等)時較容易發生。氯素在自然界中普遍存在，尙未有缺氯的報告。

上述之植物必要元素，不論是大量或微量元素，對植物的正常生長都具有相同重要的地位，並且任何一種營養元素的特殊功能不能被其他元素所代替。

(二)各種要素障礙之徵狀

植物對特定元素之缺乏或過剩，會在外觀，尤其是葉片上出現特別之症狀。由此種症狀可以判斷植物何種養分障礙而採取對策補救。由於此種方法不需儀器，簡單易行，在田間工作不失為一簡易判別植物要素障礙之方法，故為現場工作人員及農民所歡迎。植物要素障礙症狀之判別方法簡單介紹如下：

1. 要素缺乏

各種元素在植物體內之功能及移動性難易各有不同，故其缺乏徵狀在植物體呈現之部位各也有差異。若依各種要素在植物體內之移動

性難易來區分，可分為下列三類：

- (1) 在植物體內移動性中等之要素，缺乏症狀發生於全株葉片者；如氮、磷、硫、鉬等。
 - 氮—生長緩慢，發育不良，全株葉片黃化，老葉有較嚴重之傾向。
 - 磷—葉片變小，葉色暗綠，成熟遲延，很多作物莖葉並呈現紫紅色。
 - 硫—生長減緩，成熟遲延，全株葉片黃化，幼葉有較嚴重之傾向。
 - 鉬—缺乏徵狀與缺氮相似，有些植物葉片有捲曲、葉緣燒焦、斑狀萎黃等徵狀。
- (2) 容易在植物體內移動性之要素，缺乏症狀發生於下方成熟葉者；如鉀、鎂等。
 - 鉀—生長緩慢，莖幹瘦小，抗惡劣環境能力差，成熟葉葉尖及葉緣焦黃乾枯。
 - 鎂—老葉葉脈間部分引起黃化(有些植物葉緣亦黃化)，與葉脈周圍之綠色成明顯對比。
- (3) 不易在植物體內移動性之要素，缺乏症狀顯著於新葉者；又依其頂端組織枯死與否分為列兩類：
 - A. 新葉變形，莖的頂端組織易枯死；如鈣、硼等。鈣—初期葉色呈不正常之暗綠，繼而新葉彎曲，葉尖白化、褐變枯死。果菜類之蕃茄尻腐、白菜及芹菜之心腐皆因缺鈣引起。
 - 硼—新葉變厚、變脆、變黃、捲曲、凋萎和壞死，生長點之生長停止、死亡，果實或根莖部位有凸狀隆起或壞死斑點、中心部分黑變或褐變等。
 - B. 通常莖的頂端組織不枯死，如鐵、錳、銅、鋅等。鐵—老葉維持正常而新葉則變黃至白色。
 - 錳—與缺鐵徵狀類似，但葉脈周邊殘留之綠色較缺鐵者明顯。某些蔬菜如蕃茄、甘藍、等缺錳時由則老葉先發生黃化徵狀。
 - 銅—生長受阻，幼葉黃白化、葉片捲曲等。
 - 鋅—莖長度變短，新葉變小、變窄、叢生，葉色灰綠，葉脈間

發生斑黃化等。

2. 要素過量產生毒害

導致要素過量的原因有二種；一種是人為因素，例如施肥過量等。第二種是自然因素，例如特殊的地形、土壤、氣候條件等。下面簡單介紹幾種要素過量產生毒害的徵狀：

氮過量—輕微時枝葉生長過度繁茂，葉色濃綠；嚴重時葉片變小、變厚、變濃綠，生育非常緩慢。

錳過量—蔬菜類作物錳過量常導致全株葉片之葉尖及葉緣黃化、燒焦、捲曲等。

硼過量—蔬菜類作物硼過量與錳過量之徵狀甚為相似。

鐵過量—鐵過剩之徵狀，最初小棕色斑點出現於下方葉片的尖端及葉肉，漸擴及上部葉片，嚴重時整株葉片呈暗棕色。

(三) 由外觀診斷要素障礙之步驟

由外觀診斷要素障礙時，應先注意避免與病蟲害、葯害及其他因子(如缺水)混淆；特別是某些毒素病的症狀，與要素障礙之徵狀甚為相似，容易導致錯誤的結論。而後，應儘量依循下列之步驟，詳細的調查及謹慎的分析研判，以免作出錯誤的判斷：

1. 現地調查

調查時期應儘量配合徵狀的發生時期。例如蔬菜作物缺鐵之黃化，常因高溫時期栽種於鹼性土壤，當高溫條件消失時缺乏徵狀即緩解或消失。故若不能把握正確的調查期，易導致混淆的研判。

2. 聽聞徵狀發生的經過：

- (1) 如係最近才發生，而過去沒有，很可能與病蟲害有關。如發生已久，並且在同一地區普遍發生則可能與要素障礙有關。
- (2) 若發生多年，但在乾旱之年特別顯著，則有缺硼之可能。如其發生在潮濕之年顯著，則可能與錳過多之毒害有關。
- (3) 調查農家的施肥管理情形，如發生多年，但只限於部份農田，則可能與農家之肥培管理有關。例如石灰施用過多可能導致硼、鋅缺乏，磷肥施用過多可能導致鋅缺乏，鉀施用過多可能導致鎂缺乏等。

3. 土壤及地形調查：土壤如屬鹼性則可能與鋅、鐵、錳等元素缺乏有關，若屬酸性則可能與鎂、鈣、鉬等的缺乏，鐵、錳的過剩有關。另外，土壤剖面形態及排水情形亦應注意；鹼性水田土壤排水不良易缺鉀、缺鋅，酸性水田土壤排水不良易導致鐵之過剩毒害。
4. 徵狀觀察與判斷：應就發生要素障礙植物之葉片、果實等作詳細的觀察及記錄，並與各要素障礙之徵狀圖鑑比對，再作出可能性的判斷。值得注意的是，由外觀症狀診斷要素障礙必須十分謹慎，不可驟下結論。一者不同植物、不同品種間的要素障礙徵狀常有差異，容易發生混淆；再者田間發生的要素障礙常見不是單一元素之障礙，而是多種元素障礙之複合徵狀；因此，很難就外觀即作出肯定性的判斷。
5. 植物體及土壤分析

當外觀症狀診斷沒有十分把握時，即應配合進行植物體及土壤之分析。所得分析資料再與上述現地調查之記錄參考比對，作出進一步之確認。若懷疑仍然存在，或者想更進一步在田間進行實地改良，即應進行下列之步驟。

6. 盆栽及田間試驗

盆栽試驗乃使用問題土壤以盆栽栽培，使植物要素障礙症狀重現，並依據第 5 項所得之資料，加上若干處理，以觀察其改良效果。盆栽試驗簡易、方便，其結果可作為田間實地改良之重要參考。但若田間之要素障礙已相當嚴重，需作緊急之補救，亦可參照盆栽之試驗方法，直接進行田間試驗。

(四)本省易發生要素障礙之土壤

植物之發生要素障礙與否，主要由土壤之要素供應狀況決定。而土壤之要素供應情形，主要由三項因素決定；第一是成土因子：例如石灰質土易缺乏鋅、錳、鐵、硼等，紅壤易缺乏鎂、硼、鉬等。第二是土壤酸鹼度值(pH 值)：土壤 pH 值對植物生長之影響很大，而其對營養要素的影響方面主要在要素的有效性。例如根據土壤調查，彰化的粘板岩沖積土含有效錳甚高，而南投的紅壤地區含有效錳甚低；但後者在潮溼之年某些植物易發生錳毒害，前者卻偶有缺錳之情形發

生。此乃由於 pH 值高低對土壤錳之有效性影響極大之故。第三是施肥情形：例如差不多所有土壤，對供應植物氮、磷、鉀等要素的需求均感不足，但由於三要素肥料的普遍施用，一般在田間甚少看見這三種要素的缺乏。下面介紹幾種本省較易發生要素障礙之土壤，以供參考：
鎂缺乏—植物之鎂素缺乏在本省可說甚為常見，但並非所有鎂素缺乏土壤施用鎂質肥料均能得到有效改良。通常強酸性土壤（例如紅壤）及坡地土壤缺鎂之情形最為嚴重，但若欲施用之鎂質肥料有顯著之產量回應，一般而言，土壤之交換性鎂須在 50PPM 以下。

鈣缺乏—通常發生在強酸性、鈣含量低的土壤，尤其在高溫的夏季。

硼缺乏—本省東部縱谷的片岩石灰岩混合沖積土、紅壤、彰化及宜蘭的粘板岩沖積土等的土壤有效硼含量較低，當氣候特殊或栽種需硼素較多的植物時，易有缺硼徵狀發生。

鋅缺乏—易缺鋅的土壤，在東部有海濱火山灰質土壤，花蓮之片岩石灰岩混合沖積土已因施用鋅肥得到改善；西部鋅含量較低的土壤為嘉南、雲林、彰化的砂頁岩及粘板岩沖積土。

鐵缺乏—易發生於石灰質土壤、沿海之鹽分地及 pH 值較高的粘板岩沖積土。

氮過量—土壤之氮過量主要由於施用過量的氮肥所致。梗軟弱，易致倒伏。

錳過量—強酸性、尤其 pH 值低於 4.0 以下之土壤，由於錳的溶解度很高，在潮溼之年易發生錳吸收過量之毒害。

二、蔬菜之合理化肥培管理

何謂合理化肥培管理？簡單地說，就是讓所施用之肥料達成最高效率的生產量的肥培管理方式稱之。但是，要達成這種目標可不容易。首先，得先明瞭栽植土壤（或介質）之理化性質，然後，按所栽種蔬菜作物之特性（長、短期採收，品種差異等），參酌不同生育時期（苗期、營養生長期、生殖生長期等）、氣候（光照強弱、溫濕度高低等）、

栽培方法（設施或露地栽培、灌溉方法等）等因子之影響，以適當比率、適當量之肥料，適時以最佳的施用方法施用。接著，以一套簡單而實用的方法來進行肥力監控也是必須的，當栽培環境（如大量雨水沖淋等）或作物生育條件（如大量採收果實等）發生變化時，可以隨時掌握肥力變化情形，給予適當的肥料補充。

由上述可知，影響肥培管理的因子眾多，並且各因子間通常都環環相扣。只要其中有一個環扣鬆掉了，就有可能讓整個作物生產遭受到嚴重的負面影響。因此，在栽種作物之前，先擬定一套完整的施肥計畫是必須的。唯有針對現場實際的需求，將肥料的種類、施用量、施用法進行適當的調整，才能真正達成合理化之肥培管理。以下將對影響肥培管理的重要因子作進一步的介紹：

(一)栽培基質

無論栽培基質為土壤或其他介質（如泥炭土、岩綿、水等），其物理（如質地、團粒結構、孔隙度等）及化學（如酸鹼度、有機質、要素含量等）性質均與肥培管理息息相關。在擬定肥培管理流程時，基質之理化性質常被列為最優先考量之因子。下面簡單列舉幾個較典型的基質理化性質影響肥培管理事例，以供參考：

1. 在粗質地土壤（如砂質土、石礫地等）栽種作物，由於土壤之保水保肥力均弱，施肥方式宜採用少量多施；若一次施用多量的肥料，不僅易造成肥傷，且肥料也易大量流失。
2. 粉質粒含量高、團粒結構不佳之土壤容易在大雨襲打或高水位淹灌後，土壤表層結成一層硬皮。當結皮現象發生時，施於土表的肥料就不易為作物所吸收，根系也易因通氣不良而生育不佳。因此，在作物栽種前，即宜預作處理；或在土表覆蓋一層有機質（如稻草、蔗粕等）以防大雨直接沖擊；或加入大量有機質與土壤混拌，以改善土粒之團聚性；或採窄畦、低水位淹灌之方式；皆有助於防止土壤結皮現象之發生。
3. 部份地區土壤中要素含量不均衡，易引起栽種作物之要素缺乏或過剩毒害。例如在強酸性紅壤易發生缺鎂及錳毒害；在石灰黏板岩沖積土（如濁水河流域）因土壤 pH 值高，易發生鐵、錳、鋅、硼等元

素之缺乏。栽種作物前，即應預作防備。

4. 採用無土養液栽培作物時，其介質不同，則供液方式及養液之要素組成亦應不同。例如以椰子殼、蛇木屑等栽種作物，由於介質質地粗，給液宜以噴灌方式；若以泥炭土、岩綿等為介質，則可以選用滴灌或噴灌。若以泥炭土栽植作物，由於介質錳鐵比過高，初期應多供給鐵而少給錳，以防缺鐵現象發生。若以岩綿為介質，由於介質 pH 值高，栽植初期應多供給鐵、錳以防缺乏。

(二) 生育特性

蔬菜作物的種類繁多，其生育特性也不盡相同，肥培管理自應針對不同之生育特性作必要之調整。以下將針對幾種重要的生育特性及其肥培管理之重點作簡單之介紹：

1. 生育時期：簡單分為苗期、營養生長期、生殖生長期（蔬果作物等）。苗期栽培僅須少量肥料，肥料過量易致生育不良或肥傷。營養生長期當以較高比率之氮肥為主，以生產足量的枝條及葉面積。生殖生長期則應適度將氮肥降低，提高鉀肥，因此時若氮素過多，枝葉繁茂將對果實不利。
2. 採收期區別：蔬菜作物若依採收期長短，可區分為短期及長期作物。短期作物如葉菜類等，其採收期常集中在一小段時間內；長期作物如果菜類等，其採收期可維持數月以上。短期作物之肥培管理著重於基肥之使用，追肥只用於輔助不足。長期作物因須長期維持植株之生育旺盛，而基肥僅能維持一段時間，因此追肥之使用技術相當重要。由於經年採收，其氣候因子變化較大，肥培管理也須要相應調整，此點在第（三）項中將再作說明。
3. 品種：不同品種常須搭配不同之肥培管理。以番茄為例，大粒種之農友 301 系列、亞蔬系列（四、五號）及小粒種聖女，在高溫條件下栽培，其因缺鈣造成尻腐病之嚴重程度依序為：農友 301、亞蔬、聖女。因此，在鈣素之管理上亦須有所區別。

(三) 氣候因子

氣候因子對作物的影響是相當鉅大的，蔬菜作物自然也不例外。除了生理方面的影響，在營養上，氣候因子也扮演著相當重要的角色。

氣候對作物的影響一般主要的因子為光照、溫度，露地栽培者尚有雨量等。光照及溫度影響作物對營養要素的吸收及利用率，水分（如雨水，灌溉水等）使加入的肥料溶解，如此才能為作物的根系吸收及利用。

一般說來，高溫高光照的條件下，氮素的吸收及利用特別的快，因此作物常呈現新生枝葉繁茂的景象；此時，可能導致巨量元素如鈣的缺乏（鈣素在高溫、通氣不良的條件下，吸收率降低）及鉀的潛在性缺乏（鉀量不充足時，在艷陽下易致全株葉片軟垂），或微量元素如鐵的缺乏。而在低溫低光照時，作物的生育速度緩慢，此時，應提供較高濃度的氮肥及磷肥（磷素在低溫時，被吸收率大幅降低），以促進作物的生長。

水分是作物生長所不可或缺的元素。正常說來，只要溶氧量充足，水分愈多，作物生育愈旺盛。在營養上，水分是營養要素（肥料）溶解的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為作物吸收利用。在設施栽培中，水分常可藉由所設置的管路供應；但在粗放的露地栽培中，水分常由灌溉溝渠或雨水提供。值得注意的是，雨水提供的水分量由於難以掌控，常易發生肥料大量流失的現象，是故，如何預防及補救亦為肥培管理的重要項目之一。

(四)肥料之選擇

肥料的種類可說五花八門。以種類區分，有化學肥料、有機肥料、微生物肥料；以性質區分，有單質肥料、複合肥料、綜合性肥料；以釋放速率區分，有速效性肥料、緩效性肥料。在眾多肥料種類裏，應該挑選何種肥料施用？何種肥料最能達成高產、高品質的目的？在抉擇肥料的種類之前，下列三個原則是必須先明瞭的：

1. 已知作物生長所必需的營養要素有巨量元素：氮、磷、鉀、鈣、鎂、矽，微量元素鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼，及碳、氫、氧（可由空氣及水中取得）。肥料之使用（不論選用任何種類、性質之肥料），其主要目的均在適時、適量地補充作物所不足的營養要素。
2. 除了少數含有毒害物質（如有害重金屬、酚酸等）之肥料外，肥料無所謂優劣，只有各具不同性質之差異而已。例如，化學肥料要素

成份含量高、速效，不當使用易致肥傷。有機肥料含有廣泛之營養要素，緩效，在部份問題土壤中多施且可改良理化性，但肥效低且難以精確掌控要素比率。

3. 肥料之選擇，務須考量所栽種作物之生育特性、栽種基質之理化性及氣候因子之影響。在作物生育特性方面，例如栽培短期內採收的葉菜，選用有機肥或化學肥均能達成效益；若栽培長期採收的茄子，則速效性追肥的選用即顯得重要。在栽種基質之理化性方面，如栽種基質為極粗（如砂土、石礫地等）或極細（如重黏土）質地之土壤，多施用有機質肥料以改善理化性質實為良策。在氣候因子之影響方面，例如在高溫高陽的季節栽種作物，氮素易致過剩，若選用一般有機質肥料，宜添加鉀肥含量高的化學肥或有機肥。

考量上述三項原則後，再依肥料之價格，及個人現有的設備與操作習慣，即可選出適合於個人使用之肥料。

(五) 肥力監控

為了讓所栽培作物能達成高產、高品質之目的，恆定地維持基質中適當的要素比率及要素量（即最佳肥力）是必須的。然則，肥力如何監控呢？一般說來，最精確的肥力監控方式為，定期（且為短期，須能顧及生育過程中的變因）採取基質及植體樣本，進行要素分析，如此即可精確地測知基質及植體中之要素比率及含量。可惜的是，要素分析常須昂貴的儀器及需耗去相當多的時間、人力，因此此法常礙滯難行。依據筆者多年的田間經驗，應用簡單的 EC（電導度）測定法似為一較可行之肥力監控法。由於基質的 EC 測定容易（僅須取一份基質，加入五份純水攪拌後即可由電導度計測定），而經由電導度值即可粗略得知基質中之要素總量。但此等肥力監控法須特別注意二項原則；第一：得先建立 EC 值與肥力之關係式，如基質 EC 值為某數值時，氮、磷、鉀等要素之濃度為若何，升高或降低時，各要素之濃度又變化若何，如此，吾人即可直接由基質之 EC 值來判斷要素之總量，並定出適當肥力之 EC 值範圍。第二：由於基質之 EC 值僅表示基質中要素之總量，並無法表示各要素之比率；因此，當所使用的肥料多樣化（不同肥料之要素比率不同）時，或栽培環境有變動（如大雨使基質中之

氮肥大量釋出)時，即使其 EC 值相同，由於要素比率不同，應有不同的肥力意義界定。

