養液栽培技術講習會專刊　第二輯　69～77,1989

水耕蔬菜營養失調常見之症狀與診斷方法

李國權　林慧玲＊

一、前　言

養液栽培已有多年歷史，在園藝方面應用尤其成功。主要因為單位面積產量高，及可利用各種不能耕作土地從事作物之生產。近年來由於國內農業科技進步，國民生活水準提高，加之工業及農業污染日益嚴重，養液栽培技術應用於商業性生產已有逐漸普遍之趨勢，因為這項技術可以(1)無需特定土地；(2)具工廠化週年生產性；(3)迴避土壤病蟲害及連作障礙；(4)有效控制養分水分之利用，高密度栽培，年產量高，品質較好；(5)省力及輕勞動量。但水耕之缺點是初期生產成本高，病害發生時傳染快速，同時養液栽培如管理不善，常易發生作物營養失調之生理障礙，而造成重大之損失，因此正確而快速之營養診斷為水耕栽培成功的要訣之一。

二、養液栽培容易發生營養障礙之原因及症狀

養液栽培容易發生營養障礙之原因，主要有下列四項

(1)水耕液 pH 之變化：水耕液中若 pH 值過高（＞7），其鋅，錳，鐵等微量元素呈非可利用之形態而發生失調。pH 過低也可引起一些養分缺乏。適宜的 pH 值約在5.5到6.5視作物種類而定。

(2)養液之濃度：電導度（E.C）值過低，培養液內因養份含量不足而產生缺乏症狀，值過高時則易引起鹽害而阻礙生長與發育。一般作物以2.0為適宜範圍。

(3)水耕液之溫度與氣溫之影響：培養液之溫度過高，易導致水中溶氧量之不足，而養液溫度與氣溫之溫差過高則會影響根部吸收養份之能力，致使植物發生營養失調。

(4)配方之成份變動與水質劣化：有些養液緩衝能力較差易隨植物生長而產生成份上之劇烈變動，加之若根部分泌過多之有機酸，使養液 pH 值改變，致使植物對養份之吸收不均衡，養液之可利用離子濃度發生改變，而出現營養失調現象。茲列舉水耕栽培蔬菜營養失調症狀如下：

1.蕹　菜

缺　氮：以水耕方式誘導蕹菜缺氮症狀，處理四天後，子葉呈淡黃色，第九天下位葉黃化更趨明顯，且葉面積及株高均有減少之趨勢，植株生長不良。

缺　磷　　呈暗綠色，葉面積減小。

缺　鉀　蕹菜以缺鉀配方進行水耕栽培處理於第四天即出現新葉黃化，類似缺鐵症狀，此種缺鉀誘發缺鐵病徵，亦出現在玉米、馬鈴薯等作物。

缺　鈣：新葉葉脈黃化，心葉葉緣呈褐色斑點頂梢有頂燒之現象。

缺　鎂：處理後第十二天，成熟葉出現脈間黃化及黃色斑點。

＊國立中興大學園藝系教授及助教

缺 硼：缺硼處理第四天，蕹菜頂端均產生橫向裂痕而發生斷裂及木栓化，第九天，新生頂芽基部肥大，新葉變深綠而質地硬化，植株矮化，根部短粗，植株生育不良。

缺 鐵：缺鐵處理三天，新葉黃白化，末期出現壞疽斑且葉片變小而狹長。

2.小白菜與青梗白菜

缺 氮：葉色淡化，生長速率緩慢，葉面積及產量均顯著的較對照組低。後期病徵葉柄與葉脈處出現紫紅色色素。

缺 鉀：成熟葉葉緣處出現白色紙狀之壞疽斑。

缺 鎂：成熟葉脈間出現白色之壞疽，初期葉緣有綠環形成。

缺 鈣：生長嚴重受抑制，下位葉萎凋，新葉葉緣壞疽，根部發育不良。

缺 鐵：新葉白化，並有透明之壞疽斑點，植株發育不良。

缺 硼：新葉皺縮，質地變硬，植株矮化，葉柄出現木栓點。

3.番 茄

缺 氮：葉片變小，基部小葉發育不良，葉片淡綠，是為典型之缺氮病徵。

缺 磷：成熟葉出現褐色壞死組織，並向主脈蔓延。

缺 鉀：初期病徵葉緣發生黃化，進而產生淺褐色小斑點，漸漸擴大為片狀褐斑。並向脈間蔓延。

缺 鎂：由下位葉中肋部份向脈間黃化。此種症狀普遍存在溫室栽培之番茄。

缺 硼：葉片呈黃綠色黃化，植株易碎。末期病徵黃化處變為淡棕色。

缺 銅：葉緣褐化，組織呈淺褐色。

缺 鐵：葉片變淺綠，脈間黃化由基部向脈間蔓延，嚴重時葉片幾乎變白，並出現褐斑。

錳毒害：葉片出現褐色斑點（壞死組織）。

4.胡 瓜

缺 氮：葉片淡化，葉片變小。

缺 磷：完全展開的葉片葉緣黃化，初期為黃色，末期變為橙色及褐色褐斑呈不規則之排列。

缺 鉀：成熟葉葉緣黃化，並向脈間蔓延。

缺 鎂：中，下位葉脈間黃化，葉脈仍為綠色。

缺 硼：下位葉葉緣呈乳白色，葉片易碎。

缺 銅：脈間黃化，開始出現在葉緣，葉脈附近仍為綠色。

硼毒害：葉緣呈燙傷狀，此種症狀易發生於炙熱的天氣。

5.萵 苣

缺 氮：植株生長不良，下位葉葉色變淡，黃化，木質液硝酸鹽測定為4000 ug／ml（正常），缺乏株為 O ppm ，健全株總氮4.7%，缺乏株2.0%。

缺 鉀：老葉葉緣及脈間有嚴重的類似燙傷症狀。

缺 鈣：新葉葉緣有皺縮變形壞疽，有時生長點有壞死現象，而發生類似頂燒病之病徵。

缺 鎂：葉片出現粒狀大理石花紋黃斑。初期病徵由葉緣開始黃化，進面向脈間蔓延，嚴重時有紫色素出現，且植株嚴重矮化。

缺 錳：發生於整株植物，葉色淡化，而後脈間呈灰褐色壞疽斑。

缺　鋅：節間縮短呈叢葉狀，並出現如紙狀大面積之壞疽。葉緣及脈間呈暗褐色。

缺　硼：頂端壞死，新葉葉緣捲曲皺縮與缺鈣症類似，不同的是生長點壞死較嚴重，幾乎完全褐化而失去結球能力。幼葉變形，中肋部份硬化易碎。

6.草　莓

缺　氮：葉片變紅，主脈部分仍為綠色，嚴重時有壞疽斑出現，果實萼片處亦出現紅色色素，植株發育不良。

缺　磷：成熟葉呈暗綠色，老葉由葉緣始發生紫化現象，漸向脈間蔓延。

缺　鉀：葉緣脈間出現褐化燙傷之病徵。

缺　鈣：心葉褐化壞疽，成熟葉葉尖皺縮，變形，果頂部分種子密集，根部褐化。

缺　硼：幼葉頂端褐變，成熟葉脈間黃化，果實凹凸不平呈畸型狀，花瓣變小。

缺　鐵：新葉呈鮮黃色，嚴重時產生白化現象，葉緣及脈間出現褐色壞疽斑。

缺　錳：新葉脈間黃化，小脈仍為綠色，老葉葉緣及脈間出現嚴重之壞疽。

三、營養失調診斷之方法

營養診斷的方法很多，計有(1)目視診斷(2)簡易速測(3)養液供應法(4)植體分析(5)生化診斷(6)土壤分析等。在實際應用方面，常利用兩種或更多之不同方法，明確證實一種失調症狀。上述各種方法之中，植體分析，生化診斷及土壤分析需要昂貴之設備及相當長時間的人員訓練。目視診斷，快速簡便，但需相當的實際經驗，如能配合簡易速測法或養液供應法，將可成為養分含量診斷之有效工具。

㈠目視診斷法

植體內無機養分缺乏或過多時，新陳代謝遭受影響，生長受到抑制，葉片黃化及壞疽等症狀可在葉，莖，根，花，或果實部分顯現，可以做為診斷之依據。一般缺乏症狀比過多症狀較具特性，經學者整理後，已成為有效的診斷工具。根據養分在植物體的移動情形，可將缺乏症分為三類：

第一類作物缺乏症出現在老葉（下位葉）這是由於這類元素在植物體內非常容易移動，可自老葉轉運到幼葉的緣故。此類元素存在液胞中之量相當多，並非新陳代謝必須物質組成之一部份，鉀就是一例。

第二類作物缺乏症狀出現於上部幼嫩葉片，此由於這類要素在植物體內不易或很少移動，並為新陳代謝沒有密切關係之有機體之組成物，如果膠或木質素等物質。這類元素如鈣與硼。此外，微量元素如鐵，鋅，銅，錳等，在植物體內也屬於不易移動的要素，症狀也常出現於上部葉及幼嫩枝條。

第三類症狀在新葉與老葉均可發生，一般以老葉較為嚴重，此類情況發生在缺乏與新陳代謝有密切關係之元素，如氮，磷，硫等；當為儲存狀態時可被運送到地上部，當被轉變為細胞組成時，則不能轉運。

根據上述要素之運輸特性，再加以黃化或壞疽等表徵，可以做成檢索表（表一），以診斷標準化之症狀，但因同樣要素缺乏，在不同種類之植物，症狀可能不同，因此檢索表之用途有限，不如圖片有效。

另外水耕作物之根部分佈在養液之中，因此易於觀察。Ulrich氏（1980）等，利用水耕栽培

表一 礦物元素缺乏症狀檢索表

㈠容易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於下方成熟葉。
1.下方漸次枯死，莖細小，有時帶紫紅色素
(1)缺氮：氮是屬於移動速度較快的元素，缺乏時葉色變黃，葉片小而硬，黃化現象遍及全株，但下位葉有較嚴重之趨勢。
(2)缺硫：植株發生缺硫時與氮缺乏相似，亦發生黃化現象。
(3)缺磷：磷在植體內之移動性屬中等，故缺磷徵狀亦不集中於新葉或老葉，缺乏時葉片變小，葉色暗綠，分蘖受阻，有時莖，葉呈紅色。
2.下方葉變黃或呈黃斑，但葉脈保持綠色
(1)缺鎂：缺鎂時徵狀先出現於老葉，葉緣及葉脈間部份黃化，與葉脈周圍之綠色成明顯之對比。
3.下方葉變黃或生成棕色斑點
(1)缺鉀：鉀元素在植體內容易移動，發生缺乏時，可由老葉轉運至新葉，致使老葉葉緣及尖端變黃而焦枯，並逐漸向內擴展，但新葉可保持正常。
㈡不易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於新葉或局限於莖頂組織。
1.新葉變形，莖頂枯死
(1)缺鈣：鈣元素在植體內移動性小，缺鈣時老葉正常，但新葉及新根無法生長，新葉扭曲，葉尖白化，繼之變褐而枯死。
(2)缺硼：硼在植體內較難移動，缺乏時生長點停止生長，新葉變黃，質脆而枯死，葉柄木栓化或出現流膠。根部或莖部中心變黑，蕊葉多皺，果實畸形或出現木栓點及硬化現象。
2.莖頂組織或頂部生長點並不枯死
(1)缺鐵：老葉保持正常綠色，新葉黃白化。
(2)缺錳：新葉黃白化，但葉脈周邊殘留之綠色較缺鐵明顯。
(3)缺鋅：新葉變細小，頂葉叢生，脈間黃化。

誘導草莓之氮，磷，鉀，鈣，硫等元素缺乏症狀並比較根部形態、顏色、長短、亦可做為診斷之依據。

㈡簡易速測法

關於簡易快速測試，目前已由西德 Merck 公司發展出幾種廣泛應用試紙，利用樹液與試紙之呈色反應，可快速估計植體內各元素之濃度。另一種組織切片快速診斷，將組織切片經化學藥劑染色後，利用低倍光學顯微鏡，觀察各種元素形成結晶之多寡，以估計植物體內要素之含量。

㈢養液供應診斷法

經過上述各種方法之鑑定，如發現作物之症狀，係由元素之缺乏所引起，則可以葉面施肥或水耕液添加含有該項元素之物質，使之復原，此一方法可以進一步證明診斷之正確性。表二及表三為各種蔬菜養分缺乏之敏感度，類似病徵及補救方法，供作參考。

三、結　　語

本省蔬菜養液栽培有愈來愈普遍的趨勢。因為蔬菜生產迅速，容易出現失調症狀，症狀出現時需要迅速提供應對措施。目視法診斷快速簡便，但需相當之實際經驗；如果配合速測及養液供應診斷法，則可達到快速正確之效果及時加以補救。

表二　巨量元素缺乏之敏感蔬菜種類、類似病徵及補救方法

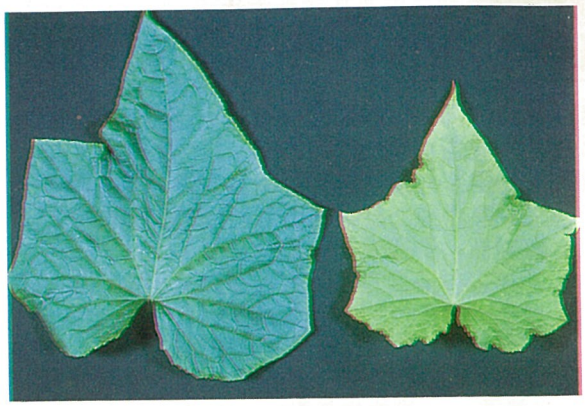
	缺　氮	缺　磷	缺　鉀	缺　鈣	缺　鎂
敏感種類	除含根瘤菌之豆科植物外所有種類均易發生	胡蘿蔔、萵苣、菠菜、水芹、蠶豆、青花菜、菜豆、洋葱、甜玉米、蕪菁	菠菜、蠶豆、青花菜、花椰菜、菜豆、菲菜、萵苣、洋葱、蘿蔔	芹菜、萵苣、抱子甘藍、甘藍、甜玉米	花椰菜、萵苣、青花菜、甘藍、胡蘿蔔、捲心芥菜
類似病徵	寒害（如甘藍葉呈紫紅色），根部受害（如線蟲）乾旱及浸水	低溫、乾旱	缺鎂、氯過多（常見於以自來水為水源者）	凍害、殺草劑（benzonitrile 殺死生長點，thio-carbamate 造成杯狀葉）	缺　鉀
補救方法	葉面噴施肥尿素（＜2％）或添加硝酸鈣或硝酸鉀於水耕液中。	葉面施肥吸收緩慢且易造成毒害，添加適量之磷酸—鉀於水耕液。	以硫酸鉀2％進行葉面施肥，添加硫酸鉀或氯化鉀於水耕液。	葉面施肥以小於1％之硝酸鈣或0.4％氯化鈣噴施，或直接添加於水耕液中。	噴施2％硫酸鎂或添加於水耕液中。

註：蔬菜名稱下劃線者為最敏感種類

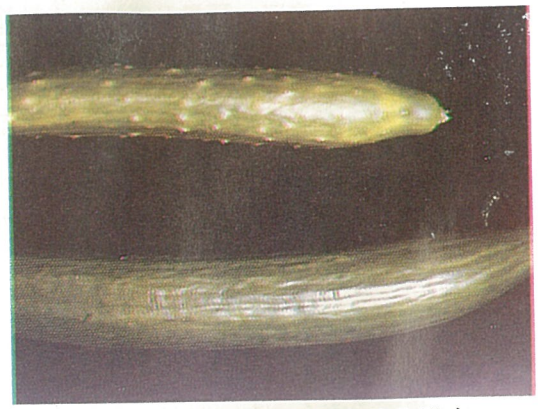
表三　微量元素缺乏之敏感蔬菜種類、類似病徵及補救方法

	缺　鐵	缺　錳	缺　鋅	缺　銅	缺　硼	缺　鉬
敏感種類	甜玉米、水芹、蔓苔屬、菜豆、豌豆、紅甜菜	菜豆、洋葱、豌豆	菜豆屬、芹菜、洋葱、甜玉米、甘藍、豌豆、菠菜	胡蘿蔔、萵苣、洋葱、蠶豆、蔓苔屬、芹菜、豌豆、蘿蔔、菠菜	花椰菜、芹菜、紅甜菜、菠菜、瓜類、抱子甘藍、蘿蔔、胡蘿蔔	花椰菜、菠菜、抱子甘藍、萵苣、洋葱、紅甜菜、蕪菁
類似病徵	缺錳殺草劑 Paraquat 易造成新葉白化	缺鐵或缺鎂（發生於短莖作物老葉之病徵）	—	—	根部受傷害殺草劑（benzonitrile 2-4-5 T）	缺氮（不能利用硝酸態氮
補救方法	葉面噴施 0.05% Fe-EDTA 或添加於水耕液中	以硫酸錳 0.1～0.2％進行葉面施肥或添加於水耕液中。	葉面噴施硫酸鋅（0.1～0.5％）或添加於水耕液中	葉面噴施硫酸銅（0.1～0.2％）或添加於水耕液中	葉面噴施硼砂（0.1～0.25％）或添加於水耕液中	葉面噴施鉬酸銨（0.03％）、或鉬酸鈉（0.07～0.1％）或添加於水耕液中

註：蔬菜名稱下劃線者為最敏感種類



圖一 胡瓜缺氮；左；對照
右：缺氮株葉面積減小，葉色淡化



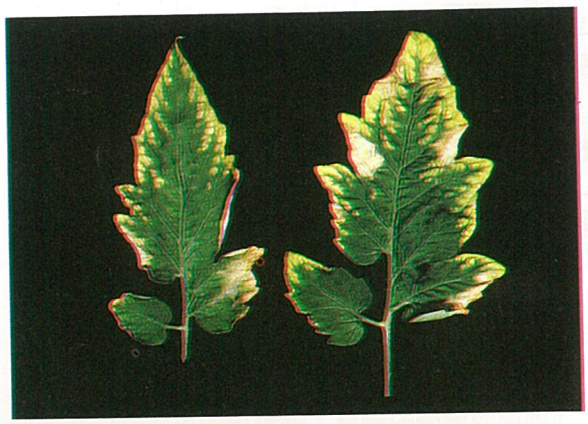
圖二 上：胡瓜缺氮果實黃化變小
下：健康果實



圖三 萵苣缺氮：右：缺氮植株葉片黃化
左：對照植株



圖四 胡瓜缺鉀，葉緣黃化
，並向脈間蔓延。



圖五 番茄缺鉀，葉片邊緣黃化，進而產生
淡棕色壞疽斑紋。



圖六 胡瓜缺鈣，新葉向內翻捲呈杯狀，
並出現嚴重之黃化現象。



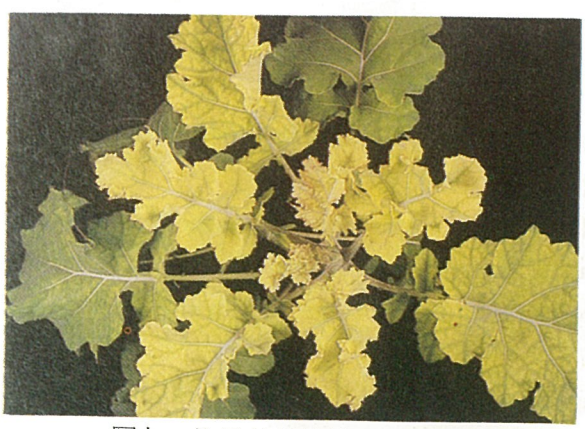
圖七　番茄缺鎂，中、下位葉葉片脈間黃化。



圖十　草莓缺鐵，葉片黃白化，葉緣壞疽。



圖八　番茄缺鐵，新葉黃化。



圖九　抱子甘藍缺鐵新葉黃白化。



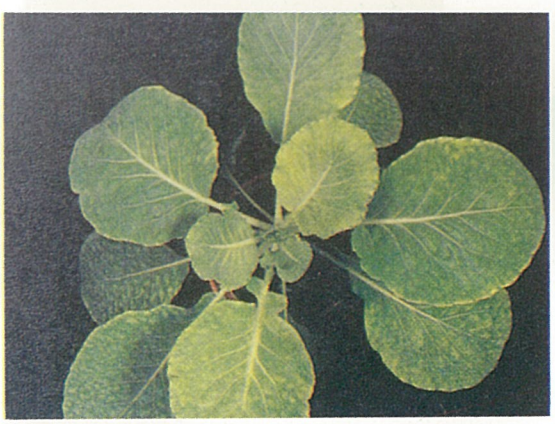
圖十一　蕹菜缺硼（處理九天），頂稍斷裂，新生頂芽基部肥大，根生長不良。



圖十二 白菜處理缺硼第四週，新葉皺縮變形，葉柄木栓化。



圖十三 甘藍缺硼，新葉邊緣壞疽。



圖十四 甘藍缺錳，新葉黃化，並出現黃色斑點。



圖十五 番茄硼毒害，花萼尖端焦枯，並向上翻捲。

參考文獻

1.林慧玲 劉順禮 林深林 李國權 1986 木瓜營養缺乏症狀調查研究興大園藝 No.11：29—38。

2.林慧玲 林深林 葉大振 李國權 1987 印度棗營養失調症狀調查興大園藝 No.12：39—48。

3.連深 1981 作物營養障礙徵狀 作物需肥診斷技術。台灣省農業試驗所特刊13號66—65頁。

4.山崎傳 1966 微量要素と多量要素 博友社 日本，東京。

5.Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The Water-culture methodfor growing Plants Without soil. California Agricultural Experiment Station.Circular 347.

6.Resh, H. M. 1983. Hydroponic food production. Woodbridge Publishing Co., Santa Barbar, Calif.

7.Scaife Alan and Mary Turner 1984. Diagnosis of mineral disorders inPlants. Volume 2. Vegetable. Chemical Publishing, New York.

8. Ulrich Albert, M.A.E Mostafa, William W. Allen 1980 Strawberry deficiency symptomsa visual and plant analysis guide to fertilization. Agricultural Experiment Station University of Californian Division of Agriculture and Natural Resources. Bulletin 1917.

9. Wallace, T. 1964. The diagnosis of mineral deficiency in plants by visual symptoms. Her Majesty's Stationery Office, Landon.