養液栽培技術講習會專刊　第四輯　44～50, 1992

養液栽培之生理障礙

林深林　林慧玲　李國權*

摘　要

在本省簡易設施中進行養液栽培最常發生生理障礙之原因爲：1）養液管理不當，2）氣溫過高，3）供氣量不足，栽培作物一旦有生理障礙後，則容易引發病蟲害。生理障礙的預防須從設施結構及管理上著手。

前　言

養液栽培因爲不使用土壤而把作物直接栽種於營養液或非土之人工介質中，因此也缺乏了土壤緩衝作用之保護。許多一般田間栽培並不常見的生理障礙，例如，根部缺氧、元素不平衡等症狀，在養液栽培時就很容易發生。以下就一些在台灣亞熱帶氣候下，於設施內進行養液栽培容易發生之生理障礙就其發生原因、症狀及克服方法作一簡介。

一、生理障礙發生之原因

㈠養液管理不當

a. pH 值失調——般作物適合生長之 pH 值在5.0—6.5，作物對元素的不均衡吸收，是造成 pH值變化的主要原因。而用水品質、氮肥型態、作物種類、高溫都會影響養液 pH 值。水中含 Ca、Mg 較多，則 pH 容易偏高，作物吸收 NH_4－N 會使 pH 下降，高溫容易使作物多吸收 N、P、K 而使 pH 上昇。大部分栽培業者都有養液 pH 自動檢測及調整裝置，但須注意的是養液中對 pH 的緩衝能力會隨著酸鹼的加入而減少。

b. 溶氧量不足－養液中溶氧量主要隨著所使用栽培方法而不同。一般而言，使用人工介質或流動式栽培（例如 NFT）法較少發生缺氧現象。但爲了節省用電成本，目前本省大部份用的是浮根式或動態浮根式，這兩種方式主要靠暴露於空氣中的根來呼吸，但是其先決條件必須是植物根組織中能充分的把氧氣從暴氣根部位傳到浸水部位的吸收根。因此會有某些植物生長不良的情形發生。而有些農友嘗試於水耕床中打氣也發現有很好的效果。而溶氧不足的現象於高溫時會更嚴重，因爲高溫時水中氣體溶解度小。

c. 養液過濃或過淡—這裏所指的是總鹽類濃度，在使用介質之養液栽培中（例如岩綿栽培），常會因水分蒸發而造成上部的局部鹽害，在有自動補水的水耕槽中，會因作物的吸收而使養液變淡，容易造成 pH 易變動及營養缺乏等症狀。一般用測量養液之 EC（電導度）來控制是否需要添加肥料，但是 EC 值所代表爲全部的總離子，因此於 EC 偏低時，可能會有某種元素（特別是微量元素）事實上已經太多。所以對下一點亦須注意。

d. 元素成分不平衡—營養液中之元素成份可能因爲作物的偏好吸收而不平衡，或因爲 pH 失

* 國立中興大學園藝系講師及教授

調造成某種元素的沈澱。而微量要素 Zn、Mn、Cu、Fe 常會因其他元素過量或缺乏而引起相對缺乏或過量。例如養液中磷酸根過多，易造成 Cu、Fe 的缺乏。而養液中鐵的供給更因爲二價鐵離子容易氧化成不易被植物吸收的三價鐵，所以鐵的補充是養液管理中必須注意者。

e. 養液中有毒物質的累積—使用過久的養液雖然一再補充肥料，並調整 pH 值，但是前期作物根部分泌之一些有機酸類卻是會累積殘存。過濾的裝置往往並不實用且昂貴，倒不如把養液全部換新來得便宜方便。但是大量廢棄液的排放，將來也是環保上的一個課題。

㈡設施內溫度不適宜

a. 氣溫—使用簡易設施往往因通風不良而於夏季易造成設施內氣溫過高，高溫固然對作物不好，而在冬季之簡易設施如果沒有適當的保溫設備造成之低溫也不適於好高溫之作物生長。

b. 水溫—水溫往往低於氣溫，但是植物根部對高溫的忍受程度往往不如地上部，而靜止的養液栽培床中養液的溫度比較容易隨著氣溫之變化而變。

㈢不適當的日照

強日照會引起高溫，養液暴露於強光之下，容易使鐵發生沈澱。但是在本省簡易設施下，常見遮蔭網的設置，而設施上的玻璃或塑膠布又因灰塵而降低透光度，所以生鮮超市的許多水耕蔬菜都比較細長，綠色比較淡。

二、生理障礙之症狀

1. 營養缺乏症狀—很多營養缺乏症狀可以憑目視診斷。而比較可靠的還是要靠植體分析並分析養液組成，但是這些分析都須耗時較久，對短期的水耕蔬菜栽培而言，是緩不濟急。有一些速測法則可以相當迅速的決定是否缺乏。缺乏症之判斷，請參考附表一。
2. 毒害症狀—毒害的症狀表現較複雜，在重金屬毒害，時常是引起其他元素缺乏。如缺鐵黃化現象，常是 Cu 或 Zn 或 Mn 毒害所造成。
3. 缺氧症狀—造成側根增加，根毛增加，根冠部形成木栓層皮孔，嚴重有根的壞死。
4. 高溫症狀—高溫使根生長緩慢，養液中溶氧量降低，pH 值容易昇高。
5. 日照過強—日燒症狀，養液溫度昇高。

   日照不足—徒長，植株軟弱。

三、如何克服生理障礙問題

養液栽培生理障礙的發生大部分可歸於管理不當，但是管理不當事實上大部份和設施結構、栽培方式的選擇有關。例如溫度的問題和簡易溫、網室的設計有絕大關係。使用風扇強制通風是絕對可以調節夏季的高溫，但是能源成本較高。而小網室比大網室易因周圍環境變化而變化其中的溫度。水溫的調節可以把貯液桶埋到地下獲得改善，並且須要增加養液循環的頻率。對動態浮根式空氣混入器的改良及增加循環次數或時間都可以增加溶氧量。

養液管理方面，最重要的當然是要於開始時就選擇適合的養液配方栽培適當的作物。例如以氮肥型態而言，萵苣、芹菜喜好 NH_4—N ，而菠菜喜好 NO_3—N ，所以養液配方就須適當選擇，投其所好。

附表一

植物營養要素缺乏及毒害之目視症狀（譯自Jones, J. B. Jr. 1983）

元 素	缺乏症狀	毒害症狀
氮(N)	整株黃化或自老葉開始黃化，嚴重時，老葉褐化，但新葉則仍呈淡綠至黃色。植株細弱，生長緩慢以至停止。已成熟果實的顏色會變深。	葉色深綠，葉片徒長且厚。莖幹軟弱易彎曲。結實率降低，果實較蒼白。（氨毒害）：植株黃化，而葉莖上有壞死斑。植株矮短，葉子下捲成覆杯狀，維管束組織可能壞死，高溫時造成萎凋。
磷(P)	葉色深綠或藍綠色，老葉（尤其葉脈）甚至變紫。嚴重時植株矮化、生長停止。	過量的磷造成微量元素（尤其是鋅）的缺乏。除此以外，植株除了生長稍緩外，其餘大致正常。
鈣(Ca)	幼組織停止生長最後死亡。葉緣轉黃、變褐。果實會產生〝底腐症〞，由果實的果底部產生黑色壞死。根的生長嚴重減少，並容易受病原感染。	通常鈣不會造成毒害，但是過多的鈣造成鉀和鎂的缺乏，植物可能顯示鉀或鎂的缺乏症。通常鎂缺乏會先顯示出來。
鉀(K)	開始時植株呈深綠或藍綠色，類似磷的缺乏，但是後來葉片上或沿葉緣會產生壞死斑並有穿孔現象。嚴重時植株矮化。	鉀過多會表現鈣或鎂的缺乏症，大部分呈現的是鎂的缺乏。過多的鉀造成元素不均衡。
鎂(Mg)	老化組織上出現邊緣黃化，嚴重時葉片部份組織轉褐以至於死。鎂缺乏使植物更容易受眞菌病害感染。	過多的鎂可造成鉀和/或鈣的缺乏。除植株生長較緩外無其他外表症狀。
硫(S)	缺硫和缺氮症狀相似，依缺乏程度，植株呈淡綠到淡黃色。比較起來，缺硫的黃化現象植株上下較平均，而缺氮則下位葉較明顯。	很少發生。
硼(B)	頂芽粗短並死去。葉片變形，莖表粗糙裂開，並有木栓化裂緣或突起。開花少，結實差。根停止生長，並且容易感染病害。	毒害使植株矮化，嚴重時植株很快死亡。
氯(Cl)	很少見，只有特殊環境下才會有缺氯情形。症狀爲葉片成銅色，轉黃並致壞死。	很少發生。症狀爲植株矮化，高溫時發生萎凋。過量的氯會干擾硝酸鹽(NO_3^-)的吸收。

附表一（續）

元　素	缺乏症狀	毒害症狀
銅(Cu)	葉色黃化或轉深綠，葉緣上捲。幼葉死亡，不結果。植株嚴重矮化。	植株生長嚴重受損，毒害始於根部生長受阻，最後導致全株死亡。
鐵(Fe)	新梢均勻地黃化，剛開始時葉脈還有綠色，以後也會變黃。嚴重時植株生長緩慢而矮化。	正常狀況下，鐵毒害不會發生。
錳(Mn)	幼葉黃化，但是葉脈保持綠色。葉片上呈現點狀或條狀壞疽，莖及葉柄上出現黑斑。嚴重時植株矮化，新葉畸型。	剛開始症狀類似缺乏症，但是壞疽很快出現，植株矮化，並可能有缺鐵或缺鋅症狀。根的生長緩慢或全不生長。
鉬(Mo)	葉脈間出現小斑點。葉緣捲曲。	正常狀況下，未見有鉬的毒害。
鋅(Zn)*	新葉短小，由於細胞伸長受阻造成叢生狀(Rosette)的枝條。葉片會扭曲、壞疽，有時並且黃化。嚴重時，植株矮化變型。	其毒害症狀大半是因過多的鋅所引起的鐵或錳的缺乏。植株黃化並且矮小。

*銅、錳、鋅，常被列爲重金屬，過多時很容易造成毒害，尤其在沒有介質緩衝的水耕栽培。水耕液調製時對這些元素的平衡尤須特別注意。

參考文獻

王銀波　1989　培養液的化學性及其管理　養液栽培技術講習會專刊第二輯 pp. 60-68　農試所鳳山熱帶園藝試驗分所。

沈再發　1989　養液之配製與管理　設施園藝技術　pp. 182-190 豐年社　台北。

沈再發　1990　植物生長與養液要素之關係　養液栽培技術講習會專刊第三輯pp.9-13.　農試所鳳山熱帶園藝試驗分所。

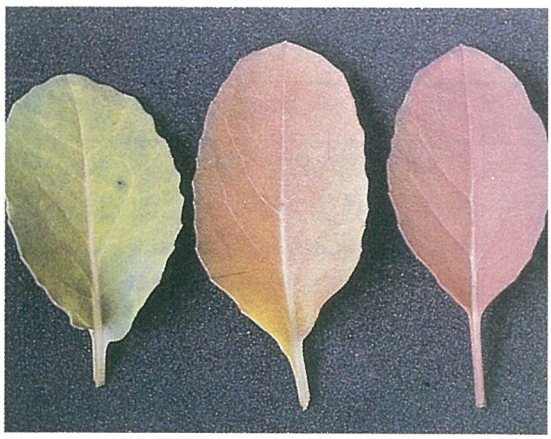
連國洲　1988　高溫對青梗白菜生理之影響　碩士論文　中興大學。

橘昌司　1989　無土栽培之重要環境因素及其根部功能　無土栽培新技術pp.297-308　地景出版台北。

Mason, J. 1990. Comercial Hydroponics. Kangaroo Press, Kenthurst NSW, Australia.

Jones, B. J. Jr. 1983. A Guide for the Hydroponic & Soilless Culture Grower. Timber Press, Portland, Oregon, USA.

Resh, M. H. 1983. Hydroponic Food Production. Woodbridge Press, Santa Barbara, California, USA.



圖一 甘藍缺氮，因爲葉綠素蛋白合成受阻，所以葉片呈紫紅色。



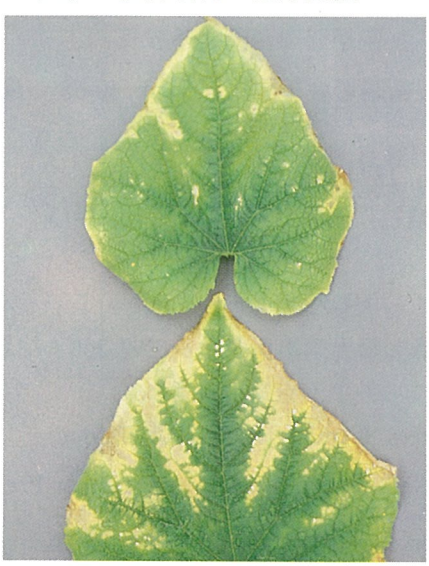
圖二 葉萵苣缺氮，下位葉黃白化（圖左），圖右爲正常植株。



圖三 圖右爲木瓜缺磷植株，和正常株（左）比較，植株矮化，莖部纖細。



圖四 水耕液中磷過多，導致鈣、鐵等之沈澱，引起根部褐化，葉片黃化等缺鈣和微量元素缺乏症狀。



圖五 胡瓜缺鉀，由葉緣開始黃化並向內展開最後導致焦枯，下位葉（下）症狀比上位葉（上）嚴重。



圖六 葉萵苣缺鈣，新葉扭曲變形，並有皺縮現象。



圖七　胡瓜缺鎂，葉脈之間黃化，但葉脈仍保持綠色，嚴重時有壞死斑點。



圖八　胡瓜缺鐵，新葉呈均勻黃化。



圖九　蕹菜缺鐵，新葉呈均勻黃化。鐵很容易因爲其他微量元素的過量而導致缺乏，如銅、鋅、錳的毒害都會引起缺鐵。在水耕液中有過多的磷，也會導致缺鐵。



圖十　莧菜缺硼，新葉皺縮，葉脈木栓化。



圖十一　葉萵苣缺硼，頂芽壞死，莖部有縱裂缺口，並出現木栓化。



圖十二　胡瓜硼毒害，葉片向內翻捲，並出現淡棕色焦枯。



圖十三 洋香瓜水耕液因 pH 值過高所引起之缺錳症狀。



圖十四 高溫嚴重阻礙水耕白菜和青梗白菜的生長。圖中上排栽培於無強制通風之膠棚網室中，平均中午氣溫爲 38°C。