

氮磷鉀合理施用 對蔬果影響之案例分享

作者：劉東憲（助理研究員）
電話：（037）222111 # 362

作者：蔡正賢（助理研究員）
電話：（037）222111 # 358

氮、磷、鉀為作物肥料中最主要添加的養分，肥料用的適當，不僅是作物健壯，增進植物對環境或病蟲害的抵抗力，更能將產品的品質提升，獲得好的賣相。

氮磷鉀平衡的重要性

壹、氮(N)為植物所需元素的第一類群，是植物的大量元素之一，植物常見的吸收方式有銨態氮(NH_4^+)或是硝酸態氮(NO_3^-)，土壤在pH4.5以下不利氮的吸收（圖一），實務上能以成熟葉之葉色黃綠程度即可判別是否有過量或缺乏問題。適當的補充氮能增進植物的營養生長，促使葉片肥大，枝條發育，對於果樹春稍或是夏稍生長多有助益，加速植物碳水化物的合成。

一、氮缺乏徵狀

（一）生長遲滯：植株矮小成長遲緩，弱小的枝幹萎縮落葉，尖端枝枯，常見於未適當修剪的果樹，或廢棄未施肥的果園。

（二）成熟葉黃化：缺乏時氮會從成熟葉移轉給新葉，成熟葉提早黃化，徵狀為葉脈及葉脈間都變黃的全葉黃化，葉脈略呈淡紅色。

二、氮過量徵狀

（一）營養生長旺盛：幼葉葉色及多數葉片深綠色、枝葉過於繁茂，延遲開花結果時間或無法正常開花結果，根莖類作物塊根塊莖無法正常發育。

（二）生命週期錯亂：在該休眠時期冒出新枝芽，如柑橘類冬梢，高接梨提早萌芽，變成無效枝，對季節適應能力下降。

（三）環境抗性弱：對高、低溫、強風、乾

旱、淹水等逆境敏感，例如水稻容易倒伏、果樹之果實容易落、裂果，著果性差。

（四）造成土壤酸、鹽化：常降雨的地區淋溶作用旺盛，銨態氮(NH_4^+)過量容易造成土壤酸化，如果是乾旱（溫室）或沿海地區，容易累積造成鹽化使電導度過高。

（五）不耐病蟲害：葉肉或果實組織鮮嫩助長病蟲害的發展。

（六）果實：外皮肥厚粗大，如柑橘的皺皮症，內部汁少味乾澀。

（七）氮與其他元素間的交互作用(圖二)：

- 1.拮抗鉀(K)、硼(B)、銅(Cu)之吸收
- 2.促進鎂(Mg)吸收
- 3.可被鉬(Mo)促進吸收

貳、磷(P)為植物所需元素的第二類群，是植物的大量元素之一，以負離子磷酸(H_2PO_4^- , HPO_4^{2-})的方式被植物吸收，促進枝條分枝或分蘖分育。沒有被吸收的磷酸容易被礦物元素固定，殘留於土壤中，土壤在pH4.5以下及pH7以上不利磷的吸收（圖一），正常經檢測有效性磷參考值為20 - 100ppm。

一、磷缺乏徵狀

（一）生長遲滯：枝幹纖細無法正常木質化，分枝少，末梢枝枯，常見於未適當修剪的果樹，或廢棄未施肥的果園。

（二）成熟葉轉紅：缺乏時磷酸離子會從成熟葉移轉給新葉，成熟葉深綠轉紅。

（三）植株成熟期被延滯：容易停留在營養生長時期未能正常開花結果。

二、磷過量徵狀

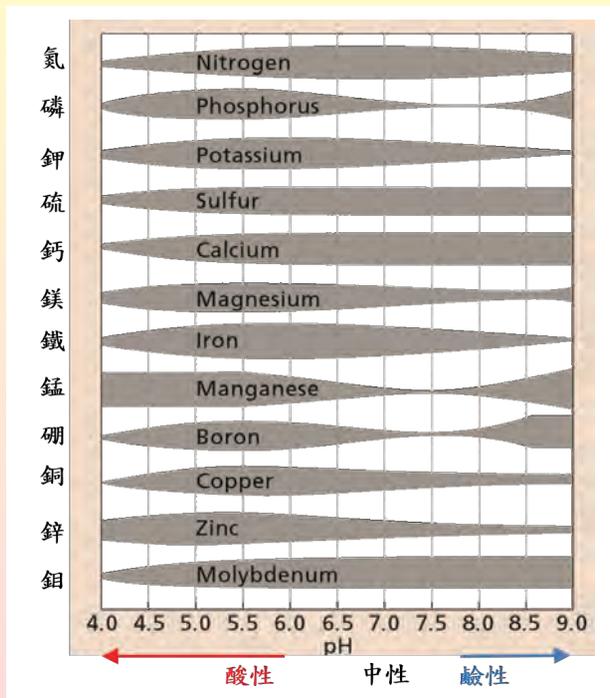
(一) 分枝旺盛：枝葉過於繁茂，稀釋其它元素的吸收量。

(二) 抑制鈣離子：會與土壤中鈣肥作用被固定成磷酸鈣、亞磷酸鈣，拮抗鈣吸收，造成捲葉情形。

(三) 磷與其他元素間的交互作用(圖二)：

- 1.拮抗鉀(K)、銅(Cu)、鋅(Zn)之吸收
- 2.與鐵(Fe)及鈣(Ca)相互拮抗
- 3.與鎂(Mg)相互促進吸收

參、鉀(K)為植物所需元素的第三類群，與氮、磷肥同為植物的大量元素之一，與莖節膨大、節間伸長、果實膨大、果實外皮的平滑程度、促進著果、醣酸比有關。鉀以陽離子(K⁺)的方式被植物吸收，容易解離溶於水之中。土壤在 pH4.5 以下及 pH7.5 以上不利鉀的吸收(圖一)，正常經檢測有效性鉀參考值為 40 - 120ppm。



圖一、植物吸收土養養分元素有效程度與 pH 關係，陰影部分是有效的程度，引用自 Lincoln Taiz *et al.* 著作之 *Plant Physiology and Development* (書中摘錄自 Lucas, R. E. 和 Davis, J. F. 於 1961 年發表成果)。

一、鉀缺乏徵狀

(一) 莖節發育：枝幹節間短小瘦弱，禾本科植物容易曲折，根莖類作物無法正常膨大。

(二) 成熟葉緣黃化：缺乏時鉀離子會從成熟葉移轉給新葉，成熟葉緣黃化或壞疽焦枯，番茄的葉脈發展不均衡，單子葉植物成熟葉葉尖焦枯。

(三) 植株成熟發育：無法正常轉化為成熟期，果實癟小果肉汁少甜度低，果實轉色不佳，顏色斑駁且果蒂附近轉色差。

二、鉀過量徵狀

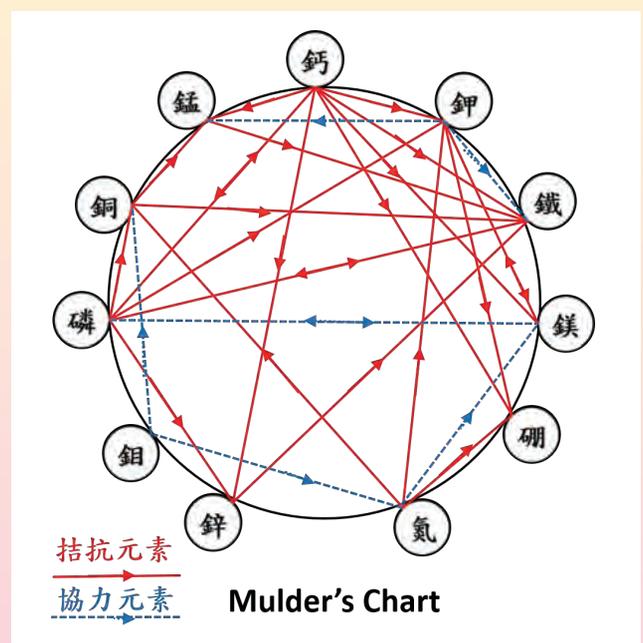
(一) 葉：陽離子過高引起肥傷，幼葉葉緣扭曲焦枯(與抑制硼吸收有關)。老葉易落，葉緣亦呈現焦枯徵狀，提早黃化。

(二) 莖節發育：莖部肥厚徒長。

(三) 果實：大於正常值，甜度高，容易因土壤給水而落、裂果。

(四) 鉀與其他元素間的交互作用(圖二)：

- 1.氮(N)、磷(P)、鈣(Ca)過多時抑制鉀之吸收
- 2.過多時拮抗硼(B)之吸收引起缺硼的徵狀
- 3.與鎂(Mg)相互拮抗
- 4.能促進鐵(Fe)、錳(Mn)的吸收



圖二、引用自 Mulder's Chart，為礦物元素之間的交互作用。

氮磷鉀三要素過量施用對作物的影響

植物的生理性病害普遍來說大多跟肥料的不正確施用有關，可以發現許多農民求好心切的想法：「施用越多的肥料，獲得更高的產量，更大的收益。」、「去年用這麼多肥料，產量很好，今年也應該可以。」事實上卻往往得到多樣化的結果，例如：上個年度產量很好，今年或連續兩年都不開花結果，俗稱的大小年，或者作物莫名衰弱死亡，用了許多農藥，不見效果，亦或是果樹會不正常的半側黃化，僅部分枝條能開花結果等。此外，作物常有因果關係，根據給的肥料程度，來產生相對應的果實，以上造成問題的原因，根據與農民輔導的經驗，發現有許多農民對肥料的功能了解有限，大部分與農民熟悉的三要素肥料有關係。

一、三要素肥料最方便取得

大部分資材行賣得單質肥料或複合肥料，所以有些農民幾十年以來只曉得用三要素的肥料。

二、氮、磷、鉀肥料不知先後的使用量

近年有許多試驗改良單位，都有相關作物的試驗報告，如果在追肥仍使用不正確比例的肥料量，就會造成作物成熟階段的傷害，不是使得果實生長延遲，著果率差，就是轉色不佳，這部分可參閱作物施肥手冊，或是請教推廣作物品種的種子公司。

三、對土壤特性不瞭解

苗栗地區大部分的土壤受淋溶作用旺盛，有偏酸化的現象，一般在果樹的休眠時期，會先用苦土石灰作土壤改良，讓酸鹼度(pH)平衡，才會確保施用肥料的有效性，關於石灰施用的細節，可參閱第77期苗栗區農業專訊。

四、三要素對次量或微量元素影響

如圖二中可見到完整元素之間相互作用的關係，在三要素之中有些促進元素的吸收，如氮(N)、磷(P)促進鎂(Mg)吸收，有些會抑制如磷(P)拮抗鈣(Ca)；氮(N)、鉀(K)拮抗硼(B)吸收。微量元素比起三要素稍微過量便會造成毒害，所以添加上需更為注意，一般多數的微量元素資材並不容易取得。以下是對微量元素概略性的介紹：

(一) 微量元素有些化合物難溶於水：如鈣離子(Ca^{2+})容易沉澱，鐵錳容易形成複合物聚積一起。

(二) 被促進吸收者容易被消耗殆盡：如鎂(Mg)是葉綠素主要的成分元素，氮(N)、磷(P)施用過多，會讓新葉及枝條大量消耗鎂(Mg)的庫存量。

(三) 被拮抗時作物難以利用：鉀(K)肥是結果期轉換需要增加施用的，如果三要素同時超量的使用，在營養生長大量消耗鎂(Mg)，在結果期被拮抗吸收，就會出現缺鎂徵狀。

(四) 需要根圈微生物分解而來：許多的植物根系與微生物共生，微生物產生酵素會一點一滴的釋放出這些微量的元素，或是緩解元素離子對細胞的毒性，將其固定，每一年能釋出的量有限，如果一次性大量抽用，即三要素施肥超量時，來年就會產生缺乏的現象。

(五) 與果實發育密切：如鈣(Ca)能穩定細胞壁的結構性，增強強度避免瓦解的發生，使果肉能夠清爽細緻，並且減少果表的皺縮；另外鋅(Zn)也能促進果實的增大，減少皺縮的發生。

(六) 與成熟期轉換有關：許多隔年不再開花結果的果樹，這些農友常年只使用三要素肥料，土壤經分析後，有些微量元素含量與正常值相較偏低或不足。

實際診斷案例分析

一、造成植株衰弱，成熟葉葉脈間黃化與容易落葉問題

(一) 文旦現場診斷相關照片(圖三)與土壤檢測結果(表一)，並參閱農民的用肥紀錄，有以下看法：

1. 土壤偏酸許多礦物養分無法有效利用。

2. 氮、磷、鉀均偏多或過量，造成鎂、鈣的飽和度偏低，土壤不缺植物卻難以利用，加上沒有施用苦土石灰，養分不平均。

3. 從現場診斷觀察到成熟葉黃化缺鎂與幼葉捲曲缺鈣的表徵幾乎整園發生。

4. 可以推測一開始過量使用氮、磷肥，使得鎂肥缺乏，加上結果期使用多量鉀肥果實較一般肥大(農民口述)外，拮抗鎂的吸收，導致缺鎂的問題。

(二) 紅棗現場診斷相關照片(圖四)與土壤檢測結果(表一)，有以下看法：

1. 土壤偏酸許多礦物養分無法有效利用。

2. EC值過高表示偏鹹，會拮抗許多陽離子的養分吸收。

表一、土壤檢測結果

| 作物別 | pH | 電導度 ds/m | 有機質 % | 有效性 磷 ppm | 交換性 鉀 ppm | 交換性鈣 ppm | 交換性 鎂 ppm |
|------|---------|-------------|----------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| 正常範圍 | 5.5-7.0 | <0.26 | 2.0-3.0 | 20-100 | 40-120 | 600-1,200 | 50-100 |
| 文旦 | 4.5 | 0.056 | 2.1 | 178 | 116 | 270 | 39 |
| 紅棗 | 4.8 | 0.550 | 6.5 | 33 | 614 | 1,857 | 201 |
| 甜柿 | 4.3 | 0.568 | 12.0 | 551 | 851 | 2,258 | 231 |

| 作物別 | 鎂/鉀 | 鈣/鎂 | 鈣飽和度 % | 鎂飽和度 % | 鉀飽和度 % |
|------|------|------|--------|--------|--------|
| 正常範圍 | 2-10 | 3-10 | 65-85 | 10-15 | 2-6 |
| 文旦 | 1.08 | 4.22 | 20 | 5 | 4.3 |
| 紅棗 | 1.05 | 5.64 | 58 | 10 | 9.8 |
| 甜柿 | 0.87 | 5.96 | 35 | 6 | 6.7 |

備註：數字紅色表示超過正常值，藍色為低於正常值



圖三、文旦田間實際徵狀，幼葉葉色深綠略上捲曲，成熟葉黃化僅有葉脈維持綠色。

3.鉀肥超量5倍多，鎂、鈣肥均有超量施用的現象，另外表土有許多有機質添加，超過時會持續釋放氮肥。

4.從現場診斷觀察到成熟葉黃化缺鎂，葉尖焦枯表徵幾乎整園發生，但是並非全株發生，而是部分枝條，也有落葉越趨嚴重的趨勢，另根蘗苗發展旺盛。

5.鎂的缺乏表現不在於土壤中的缺少，而在於拮抗所抑制，沒有全株發生病徵據觀察推斷與撒施表土肥料不均有關，從雜草生長也能判斷出肥料不均。

6.當時已經開花期，周邊卻仍冒出許多根蘗苗，表示氮肥的供應過量，使得成熟期與營養生長期之間沒有完全轉換。

(三) 甜柿現場診斷相關照片（圖五）與土壤檢測結果（表一），有以下看法：

1.土壤偏酸許多礦物養分無法有效利用。

2.EC值過高表示偏鹽，會拮抗許多陽離子的養分吸收。

3.鉀肥超量8倍多，鎂、鈣肥均有超量施用的現象，另外表土有許多有機質添加，超過的話會持續釋放氮肥。

4.從現場診斷觀察到成熟葉黃化缺鎂，有落葉越趨嚴重的趨勢，不少植株衰弱死亡，由莖部剖面可見早期的嫁接癒合性不佳及可能造成維管束病害感染加劇等問題發生。

5.過量施肥拮抗造成鎂、鈣的飽和度偏低，土壤不缺植物卻難以利用。



圖四、紅棗田間實際的徵狀，幾乎每株均有部分枝條落葉，落葉提早黃化侷限葉脈外圍維持綠色，另有葉緣焦枯現象。



圖五、柿子的徵狀，不規則枝條落葉，落葉提早，樹勢稀疏，成熟葉黃化侷限葉脈而外圍維持綠色，幼葉捲曲，部分葉深綠色。衰弱死亡柿子樹莖部剖面顯示，嫁接處於早期生長時癒合不全。

二、造成植株衰弱，單支或多枝幹衰弱黃化，結果量驟減

桶柑現場診斷相關照片（圖六）與土壤檢測結果（表二），並參閱農民的用肥紀錄，有以下看法：

（一）土壤偏酸許多礦物養分無法有效利用。

（二）氮、磷、鉀均偏多或過量，造成鎂、鈣的飽和度偏低，土壤不缺植物卻難以利用。

（三）從現場診斷觀察到不規則分布全枝條

黃化的表徵幾乎整園發生，部分枝條葉色深綠，某些植株衰弱明顯。

（四）農民說去年產量很好，今年此地沒有天然災害卻幾乎全園不開花結果，就是俗稱大小年效應，持續性的超量施肥耗盡微量元素養分，導致植株僅停留營養生長，枝葉繁茂，卻不開花結果，且增重修剪枝條的工作。

表二、土壤檢測結果

| 作物別 | pH | 電導度 ds/m | 有機質 % | 有效性 磷 ppm | 交換性 鉀 ppm | 交換性 鈣 ppm | 交換性 鎂 ppm |
|------|---------|-------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 正常範圍 | 5.5-7.0 | <0.26 | 2.0-3.0 | 20-100 | 40-120 | 600-1,200 | 50-100 |
| 桶柑 | 4.19 | 0.15 | 5.2 | 373 | 175 | 796 | 83 |

| 作物別 | 鎂/鉀 | 鈣/鎂 | 鈣飽和度 % | 鎂飽和度 % | 鉀飽和度 % |
|------|------|------|--------|--------|--------|
| 正常範圍 | 2-10 | 3-10 | 65-85 | 10-15 | 2-6 |
| 桶柑 | 1.52 | 5.85 | 20 | 3 | 2.2 |

| 作物別 | 鐵 ppm | 錳 ppm | 銅 ppm | 鋅 ppm |
|------|--------|--------|-------|--------|
| 正常範圍 | 50-600 | 20-140 | 1-20 | 1.5-50 |
| 桶柑 | 188 | 53 | 0.896 | 23 |

備註：數字紅色表示超過正常值，藍色為低於正常值



圖六、全園均有半側枝條不規則黃化現象，產果量及低，枝葉繁茂，有些幼葉狹小深綠色，代表發育初期缺鋅及氮肥過量（左中），有些葉脈深綠，脈間黃化缺鎂症狀（右中），有些葉捲曲缺鈣症狀（左中），有些新葉葉脈黃化脈面仍綠（缺銅），都顯示這田區微量元素區缺乏嚴重。

三、缺鉀造成金針成熟葉葉尖焦枯，番茄葉緣焦枯果實轉色不佳

（一）金針現場診斷相關照片（圖七）與土壤檢測結果（表三），並參閱農民的用肥紀錄，有以下看法：

1. 鉀含量偏低造成成熟葉尖焦枯，養分從成熟葉轉移至新葉，使用鉀肥補充約一個後回復。

2. 其它微量元素除鐵之外亦有偏低情形。

（二）番茄診斷相關照片（圖八），並參閱農民的用肥紀錄，有以下結論：

1. 在高溫28-30℃及結果期應提氮鉀比，避免缺鉀情形發生。

2. 缺鉀造成果實轉色不佳，同一串果無法同時轉色，尤其是果蒂處，甜度風味差。

3. 缺鉀造成中位葉、下位葉葉緣焦枯。

四、肥料過量造成柑橘果皮發育不全，對低温敏感，果相變差

柑橘（佛利蒙）現場診斷相關照片（圖九），有以下看法：

（一）由照片可見根系部分仍殘留許多膾餘肥料，葉片深綠且嚴重的捲曲，乃是氮肥過剩及磷酸肥料過剩造成的，加上未見雜草，有可能常施用殺草劑。

（二）發生於低溫漸歇性降雨的柑橘，果串或果與枝條擠壓處出現皺縮，橫剖內部可發現果皮油胞組織、即絨層（果皮內白色部分）排列於發育時就不均勻，類似氮肥過量皺皮症，推測此與過量施肥造成小果初期充實過快，易造成鉀(K)、鈣(Ca)、硼(B)、鋅(Zn)、錳(Mn)等礦物元素相互拮抗，果皮未健全發育，加上溫差變化與物理性擠壓共同造成。

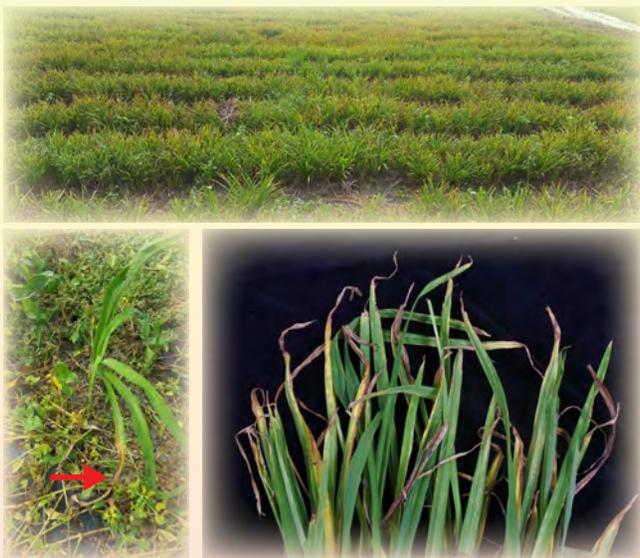
表三、土壤檢測結果

| 作物別 | pH | 電導度 ds/m | 有機質 % | 有效性 磷 ppm | 交換性 鉀 ppm | 交換性 鈣 ppm | 交換性 鎂 ppm |
|------|---------|-------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 正常範圍 | 5.5-7.0 | <0.26 | 2.0-3.0 | 20-100 | 40-120 | 600-1,200 | 50-100 |
| 金針 | 5.54 | 0.05 | 1.84 | 29 | 24 | 855 | 167 |

| 作物別 | 鎂/鉀 | 鈣/鎂 | 鈣飽和度 % | 鎂飽和度 % | 鉀飽和度 % |
|------|------|------|--------|--------|--------|
| 正常範圍 | 2-10 | 3-10 | 65-85 | 10-15 | 2-6 |
| 金針 | 22.3 | 3.12 | 54 | 17 | 0.8 |

| 作物別 | 鐵 ppm | 錳 ppm | 銅 ppm | 鋅 ppm |
|------|--------|--------|-------|--------|
| 正常範圍 | 50-600 | 20-140 | 1-20 | 1.5-50 |
| 金針 | 673 | 13 | 2.61 | 3.46 |

備註：數字紅色表示超過正常值，藍色為低於正常值



圖七、全園均有成熟葉葉尖焦枯的缺鉀徵狀（紅色箭頭），幼葉則是正常。



圖八、番茄鉀氮比不足，在高溫情形下缺鉀造成果實轉色差，成熟葉（中下位葉）緣焦枯。

五、肥料管理需要的準備工作

(一) 短期作物事先規劃，並依作物施肥手冊推薦用量施用，長期作物合理化施肥外，應視作物種類尤其果樹，每隔幾年輪流休養並進行整枝修剪工作。

(二) 常常巡視園區，如發現葉、莖部生長非正常狀態應即刻請教專業人員。

(三) 於農作物採收後，定期將土壤採樣，檢視土壤狀況及肥力情形。

(四) 充實肥料使用知識，並學習補充微量、次量礦物元素方式。

(五) 果園應養草共生，活絡根圈微生物能量，善用溶磷菌取代外加磷肥方式，以利元素養分之間的循環。



圖九、柑橘（佛利蒙）田間過量施肥造成殘留，葉色深綠捲曲徵狀，以及果實剖面即絨層（果皮白色組織處）排列情形，果皮被擠壓受傷情形，與正常柳丁果皮發育情形對照。

結語

經下鄉輔導案件觀察，雖現今農業知識普及，許多網路資料容易攫取，國內相較於十年前有許多圖片可查詢病蟲害資料，可以讓返鄉務農的農民，得到新知，然而就實際發現，有些農民慣用過量的肥料卻不知對作物傷害程度，相較數十年前，作物生理資料大多只提供單一元素缺乏的徵狀圖片，鮮少能對元素間交互作用的過量或缺乏症狀作判別，同時這些症狀容易與病毒或細菌性病害混淆，更甚者恐加劇病原性病害發生，現今有賴於土壤檢驗技術能夠對農民施用的肥料做檢視，得以應付現今實務上肥料超量使用造成的問題。

診斷案件中不乏許多種植數十年的農友，因為將生理性病害起因誤認為病原性病害，耗費大量肥料及農藥成本只能治標減緩病原入侵，卻仍無法解決植株衰弱或產品品質不佳問題，共同遇到問題為：未改良土壤酸鹼值，未對作物不同時期所需肥料比例做了解，未適當補充微量元素等因素，使得果實品質下降，嚴重者果樹提早衰弱死亡，失去生產力。

本篇文章參照許多國內外文獻，推測相關的看法，不吝相同領域前輩能夠予以指正，希望能改善農民的用肥方式，減少成本，獲取最大的效益。