

作物營養診斷 與合理化施肥



行政院
農業委員會

高雄區農業改良場 編 印

中華民國 98 年 8 月



前言.....	3
作物營養障礙之目識診斷	4
(一)營養缺乏徵狀最初發生在成熟葉片	4
(二)營養缺乏徵狀最初發生在新葉	6
(三)營養過剩時之障害	8
土壤、葉片的採樣及分析	9
(一)土壤的採樣、檢測及說明	9
(二)葉片的採樣、檢測及說明	12
作物應實施合理化施肥	14
蔬菜合理化施肥實例	16
結語	19





作物營養診斷與合理化施肥

文・圖/ 林永鴻*

前言

作物維持生長代謝所需的要素包括碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫等9種大量元素，及鐵、錳、鋅、鉬、硼、氯、銅等7種微量元素。此16種營養要素在生理上都有其獨特功能，重要性均相等且不能被其他要素所取代，因此任何一種養分的過多或缺乏，作物的代謝作用就會發生障礙。

一般在田間可先經由目識法來診斷作物可能缺乏的要素，若以目識法無法辨認時，則可經由土壤分析及葉片的營養診斷方式來瞭解導致生長問題的要素。土壤分析及葉片營養診斷是肥培管理的重要依據，然而其可信度必須基於能否取得代表性土樣與葉片，因此本文首先將說明如何簡易的由目識診斷找出營養障礙可能的原因，並進一步教導農民如何自園區取得具代表性的土壤及葉片樣品進行檢測。

*高雄區農業改良場 助理研究員 (08)7746765





作物營養障礙之目識診斷

作物發生營養障礙會在外觀上顯現特定的徵狀，初步可以肉眼觀察來推測發生障礙的營養要素種類。一般營養障礙之徵狀乃全面性，且發生的徵狀有一定規則可循，整片葉子會呈均勻的徵狀；而非營養障礙(病蟲害、農藥使用不當、污染物、乾旱等)造成的徵狀通常侷限於葉片的某個區域。當營養障礙發生時，通常葉片的外表和型態最先出現不正常的徵狀，其次是果實，然後是莖部，作物發生養分缺乏及過多的一般徵狀如下：

(一)營養缺乏徵狀最初發生在成熟葉片

當作物缺乏氮、硫、鎂、鉀、磷時，最初會在成熟葉片發生徵狀，其徵狀如下：

- 1.缺氮時，成熟葉片因葉綠素含量減少而呈淡綠色或黃綠色(圖1、2)。



圖1.左為缺氮素，右為正常的白菜葉片(林永鴻攝)。



圖2.蓮霧氮素缺乏時易使葉片黃化，左圖為氮素充足植株，右圖為氮素缺乏植株(林永鴻攝)。





2.缺磷時，葉片變小呈暗綠色，成熟延遲，葉柄可能產生花青素而呈紅或紫色(圖3)。

3.缺鉀時，初期植株生長速率緩慢，而葉片呈暗綠色，爾後於成熟葉之葉緣及葉尖出現白、黃或橘色之點或條紋，繼而發生褐變或壞死(圖4、5)。



圖3.正常(左)與缺磷(右)之青江菜(摘自農試所)。



圖4.正常(左)與不同缺鉀程度之白菜葉片(林永鴻 攝)。



圖5.蓮霧葉片缺鉀情形(林永鴻 攝)

4.缺鎂時，其徵狀為成熟葉之葉緣部分開始黃化，而後延展至葉脈間，然葉脈仍為綠色而呈美麗之網狀(圖6、7)。

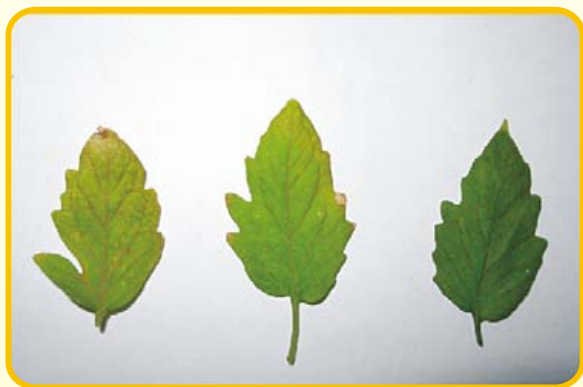


圖6.缺鎂之番茄葉片，成熟葉片黃化，但葉脈仍維持綠色，左為不正常葉片，右為正常葉片(林永鴻 攝)。



圖7.印度棗缺鎂(林永鴻 攝)。





5.缺硫時，初期成熟葉片中肋與側脈保持綠色而葉脈間呈淺綠至黃白化徵狀。

(二)營養缺乏徵狀最初發生在新葉

當作物缺乏鈣、鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼時，最初會在新葉發生徵狀，其徵狀如下：

- 1.缺鈣時，開始時葉尖黃白化，繼而變褐色而葉緣部分枯死，極端缺鈣時葉易捲曲，生長點枯死(圖8)。
- 2.缺鐵時，初期葉片中肋與側脈保存綠色，而葉脈間呈淺綠至黃白化(圖9、10)。



圖8.甘藍缺鈣，新葉葉尖及部份向下之葉緣燒焦，並向內杯捲，下位葉維持正常(摘自農試所)。



圖9.缺鐵之番茄葉片，新葉黃白化(左)(林永鴻 攝)。



圖10.缺鐵之蓮霧葉片，新葉黃白化(林永鴻 攝)。

- 3.缺錳時，葉脈間黃化，僅與中肋及與主要葉脈鄰接部分仍保持綠色而呈寬窄不一之深綠色條帶(圖11、12)。



圖11.缺錳之甘藍葉片，呈現網狀黃化，由中、下位葉片先發生(摘自農試所)。



圖12.蓮霧缺錳症狀(林永鴻 攝)。





4.缺銅時，葉色深綠，新葉向內捲曲，老葉向下捲曲，在葉基處下方之綠色枝條常因碳水化合物的聚積而產生黃色斑點，此黃色斑點將逐漸擴大而使莖幹或枝條遭受環割(圖13)。



圖13.青江菜缺銅，新葉向內捲曲，老葉向下捲曲(摘自農試所)。

5.蔬菜缺鋅時，葉片變小，果樹缺鋅時，葉片小而畸型，節間縮短而呈小葉簇生狀，嚴重缺鋅時葉肉間黃化，而葉脈仍保持綠色(圖14、15)。



圖14.青江菜缺鋅，葉片變小、變厚，葉色呈現明亮灰綠色(摘自農試所)。



圖15.蓮霧缺鋅造成節間縮短而呈小葉簇生狀(林永鴻 攝)。

6.缺鉬時，新葉葉尖及其附近葉肉皺縮、燒焦(圖16)。



圖16.油菜缺鉬，新葉葉尖及其附近葉肉皺縮、燒焦(摘自農試所)。





7.缺硼時，生長點停止生長，新葉黃白化或褐化而壞死，葉片畸形、葉柄呈木栓化或出現流膠，落花和落果嚴重(圖17、18)。



圖17.青江菜缺硼，影響生長點發育(林永鴻攝)。



圖18.蓮霧缺硼影響生長點發育(林永鴻攝)。

(三)營養過剩時之障害

營養過剩徵狀並不像營養缺乏來得典型，所以比較不好辨認，一般較可能碰到的徵狀如下：

1.氮過多時，作物呈現暗綠色，植株軟弱而徒長(圖19)，若尿素噴施過多易使葉片因氮濃度過高而燒傷(圖20)。



圖19.氮正常(左)，氮過多(右) (摘自農試所)。



圖20.蓮霧尿素噴施過量造成肥傷(摘自作物營養障礙圖鑑)。

2.受錳毒害時，植株生長受阻，有時葉部會出現黃化、不均勻的綠色分佈以及誘發鐵缺乏。





- 3.受硼毒害時，葉尖黃化而後在葉尖或葉緣形成壞疽，且嚴重落葉。
- 4.受氯毒害時，葉尖及葉緣呈燒焦狀，葉片有時呈古銅色、黃化，嚴重時會落葉。

土壤、葉片的採樣及分析

以目識診斷法往往可能因每個人的判斷方式不同而導致誤判，因此經由土壤及植體的分析來判斷究竟發生何種營養障礙是最科學的方式。營養診斷包含了採樣、分析及診斷，並將診斷結果作為施肥推薦之依據。以下即介紹正確的土壤及葉片採樣方式、分析及診斷：

(一)土壤的採樣、檢測及說明

因為我們必須自偌大的果園採取小部分的土壤樣品進行分析，以此樣品的分析結果來代表園區的土壤性質，因此土壤檢測最重要的第一步即如何取得確實具有代表性之土壤樣本，由此樣本之分析結果方能進行正確的施肥推薦。一般每一土壤樣本約只取500~1000公克送驗，因此取樣時務必特別小心謹慎，以免因採樣誤差導致錯誤之結論。

1.土壤採樣工具：

採樣工具一般有圓鍬、鋤頭、土管、土鑽等，採樣工具必須具備易於清潔、同時適用於乾而砂及濕而粘的土壤、不生鏽、耐用等條件。除了採樣工具外，尚須準備混合土壤用之塑膠盆或水桶、裝土用之塑膠袋、紙盒、筆及資料表等。

2.土壤樣本的採集：

土壤分析的目的在於瞭解土壤特性，供肥培管理參考，土壤測





定需先取得「代表性土壤樣品」，否則便沒意義。土壤的採取方式以蔬菜而言僅需採0~20公分深度的土壤，而對果樹而言，乃採取樹冠外圍下方0-20，20-40公分這兩個深度之土壤(圖21)，採樣點數視園區大小而定(表1)，當採取一混合樣本時，同層次者可以混合，不同層次者則不得混合。採樣區域若屬坡地，應依地形、地勢、土層深度、土色、沖刷程度等因子繪成邊界圖，然後在各邊界範圍內註明採樣地點與號碼，分別予以採樣。採樣地點需注意勿靠近路邊或周界邊緣、畜舍邊、田埂邊以及新施肥地區，如遇特殊或問題土壤，則應分別採樣。

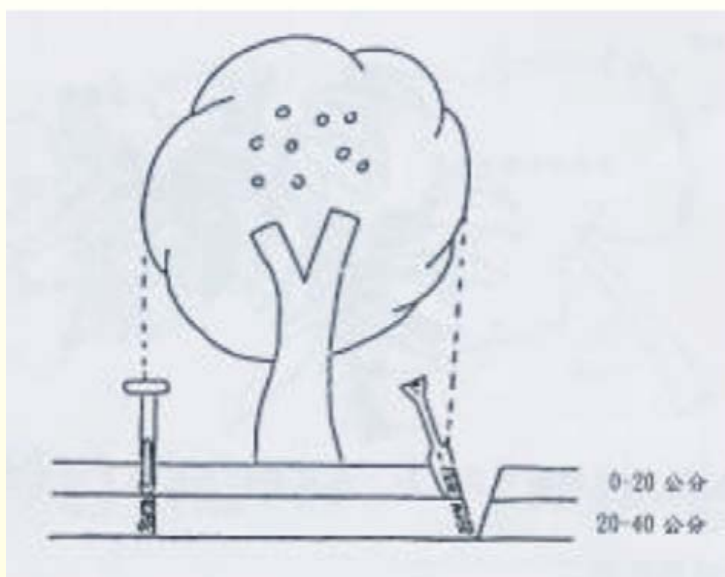


圖21.果園土壤採樣方式(表土 為0~20公分，底土為20~40公分)。

表1、園區面積與其適當的採樣點數(林景和, 2003)

面積(分地)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
樣點數	5	8	11	13	15	16	17	18	19	20





所採得之土壤小樣本(各小樣本之採樣深度、厚薄、重量均須一致)，全部放入塑膠盆或塑膠桶中，予以充分混合、揉細、組成一混合樣本，自其中取出約500~1,000公克，裝於乾淨的塑膠樣本袋中，將塑膠袋綁妥後再置於樣本盒中。樣本盒上應寫明樣本號碼、農戶姓名、住址、及填寫土壤資料表，然後將已裝土壤的樣本盒包裝妥當後，寄送有關機構化驗。化驗機關於收到土壤樣本後，會將不同的土壤樣本分別倒置於小塑膠盤內，置於通風良好，予以風乾，然後在風乾後，會將小石片篩檢棄置，將土樣磨碎並通過2mm之篩子，再將此過篩的土樣裝入樣本紙盒，放置土壤樣本架上，按採樣地區及採樣年別順序排列，以便隨時取樣化驗。

3.土壤的檢測及說明：

土壤分析最常測定的項目有土壤酸鹼度(pH值)、電導度(EC值)、有機質含量、質地、有效性磷、交換性鉀、交換性鈣、交換性鎂以及各種微量元素。土壤酸鹼度可以預測多種元素被利用的可能性，例如土壤酸性太強時，磷的可利用率會降低；土壤鹼性太強時，許多微量元素將無法供應植物利用。一般蔬菜園土壤酸鹼度落在6.0~7.5間較好，果園則以5.5到6.5之間為最佳。電導度大小則表示土壤溶液中可溶性鹽類的多寡，電導度越高，越不利於植物吸收水分及養分，並可能導致鹽害，一般電導度(1:1)需在4 mmhos/cm以下，方不致有鹽害之虞。有機質含量及土壤質地可反應出土壤中養分的供應能力及保肥力，土壤有機質含量最好維持在2%以上。此外，土壤有效性磷在100 ppm以上，交換性鉀在200 ppm以上，交換性鈣在1000 ppm以上，交換性鎂200 ppm以上較為合宜。

雖然土壤分析可做為施肥的參考依據，但完全由土壤分析結果，來判斷營養狀況仍有其缺點，一般而言，土壤肥力適宜，植株生育應良好，但有時土壤養分要素含量高，植株卻未必能有好的表





現，此時需追蹤土壤性質、根系吸收、拮抗作用、水分管理、病蟲害及氣候等因素是否影響植體養分吸收，因此除了土壤分析外，若能同時配合葉片分析診斷，則更能瞭解樹體真正的營養狀況。

(二)葉片的採樣、檢測及說明

葉片營養診斷是作物對養分吸收多寡的重要根據，然而供營養診斷之葉片需有相當的代表性，因此需注意植株之選擇、採樣時期及採樣部位。通常蔬菜可在種植後1~2個月採取成熟葉10~12個葉片進行分析，玉米則可在始穗期採取頂端算起第5葉8~10片進行分析，水稻則在抽穗成叢狀時採取新近完全成熟葉25片進行分析，果樹一般則採取開花期之成熟葉片(葉片小者如印度棗、荔枝等採25~30葉，葉片較大者如蓮霧、鳳梨、木瓜等則採8~15葉)進行分析，園內按U型走法逢機採取健康植株之葉片(圖22)，各方位的葉片最好均能採到。

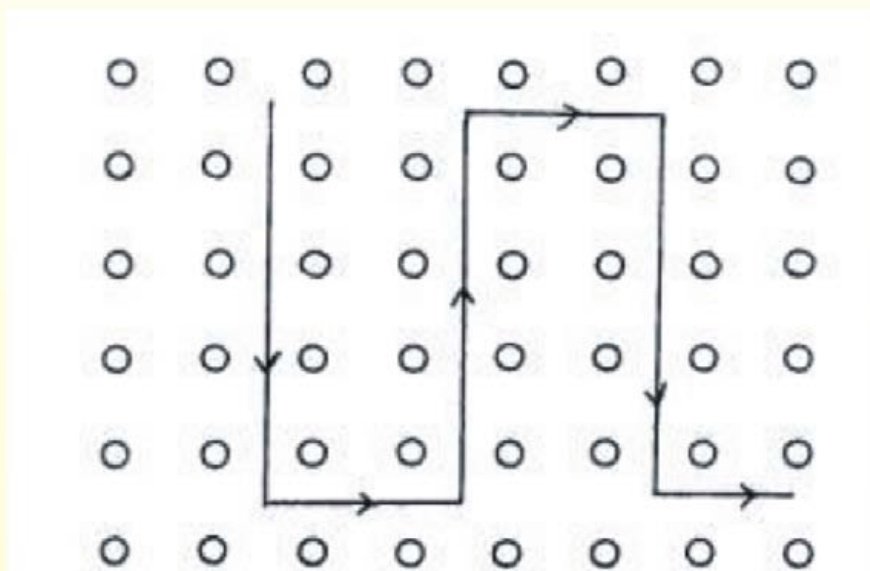


圖22.果園循著果園U字型採取枝條末梢未展開葉後第4，5或7，8葉成熟葉片25~30葉混合樣品送驗(以印度棗園為例)。





將葉片的養分分析值與診斷適宜值(表2)比對後，即可說明植物營養狀況，並供肥培管理參考。以印度棗為例，如葉片鎂含量低於0.3%，葉片便有缺鎂症狀，此時每分地可酌施40-60kg之苦土要素(含MgO約20%)來改善。

表2、印度棗葉片營養診斷標準(林景和，2003)

要素種類	適宜範圍	
	葉n-4,5	葉n-7,8
氮(%)	2.24~3.30	1.94~3.02
磷(%)	0.21~0.27	0.19~0.25
鉀(%)	1.47~1.97	1.37~2.09
鈣(%)	1.08~2.18	1.11~2.41
鎂(%)	0.27~0.35	0.27~0.37
硼(ppm)	23~41	22~40
錳(ppm)	51~163	49~153
鐵(ppm)	192~380	190~362
銅(ppm)	11~35	13~45
鋅(ppm)	29~329	60~266

葉片養分狀況是施肥、土壤性質、氣候及水分等影響之綜合表現，然而，無論土壤性質、氣候及水分等因素的影響如何，生長良好之果樹，其葉片應有適當之養分濃度，葉片養分不足，生育即差。因此可經葉片營養診斷後，再去瞭解土壤、氣候及水分等因素，並找出限制因子。若只是土壤問題，則只要調整施肥或改善土壤即可好肥培管理。





作物應實施合理化施肥

依據農業年報統計，民國96年高屏地區土地面積為569,512公頃，其中耕地面積約佔24%。當年台灣化學肥料總用量為1,159,310公噸，以全國耕地面積829,527公頃換算，平均每公頃耕地施用之化學肥料量高達1,398公斤。雖然近二十年來國內化學肥料之穩定供應為維持農業持續成長的因素之一，然而長期使用化學肥料所造成的地力衰退以及土壤與水質等環境污染問題卻逐漸浮出檯面。

過去民間曾流傳著一段話：那就是，「種田無師父，用肥來堵就有」，這雖然是一句俏皮的俗語，卻意味著農民期望利用大量的施肥來達成豐產(圖23)，民國七十年代至今，肥料資源充裕，民營肥料在市場上參與競爭，農民購買肥料可自由選擇，又因農村勞力短缺，工資昂貴，為節省施肥工資，表面撒施及少次多量之粗放施肥方式，致使肥料使用量偏高且有浪費情形，同時也對環境造成負面的影響。



圖23.甘藍生育期施用大量的化學肥料情形(林永鴻 攝)。

我國在加入世界貿易組織後，肥料交易採自由化及民營化，過去由政府補貼之低肥價政策勢難維持，肥料價格將反映成本而調整，政府為緩衝肥價調漲對農民之衝擊，制訂「肥料政策調整方案」，在六年調適期間，由農委會漸進式調整肥料銷售價格，每年漲幅不超過6%，肥料出廠價與零售價間之價差由農委會予以補





助，惟補貼金額逐年減少，六年之後即不再補貼，肥料價格將由市場機能反映。由於近年來國際肥料與製肥原物料價格持續上漲，肥料生產成本大增，政府為穩定肥料供需與價格，調整國內肥料價格，由政府補貼漲幅之七成，且經農委會積極協調，台肥公司同意吸收肥料漲幅之15%，因此經由政府及台肥公司補貼及吸收漲幅之85%後，15%由農民負擔。

雖然基於照顧農民的心理補貼肥料價差，不過這種措施似非積極之作法，因為許多農民往往因為存在預期漲價之心理而增加購買數量以及大量囤積肥料，使得市場肥料的供需更加失調。甚且，長期施用化學肥料不但使成本提高及環境遭受破壞，往往對作物品質與產量的提昇亦無所助益(圖24)。因此根本之道，應從推動來合理化施肥著手，教育並宣導農民依農業技術單位之需肥診斷服務來推薦合理之施肥量、施肥法來進行施肥，方能減少浪費以及抑制肥價調漲所增加之成本。



圖24.鳳梨化學肥料施用過量，導致生理病害發生(林永鴻 攝)。





蔬菜合理化施肥實例

土壤性質很難用肉眼來觀察，然而，可藉由儀器的檢測來瞭解，而且最大的好處是能利用土壤各項理化性質來進行施肥推薦，達合理化施肥的目的。以下乃於某一甘藍園以土壤檢測方式來推薦施肥之實例：

某位農友種植甘藍3分地，因每分地至少需採包含蔬菜園前、中、後之4處的土壤(不可採到肥料)，而每多一分地則多採2處，因此建議該農友至少採取整個蔬菜園之8處的表土(0-20公分)，放置於乾淨塑膠桶中充分混合，再自當中採取1公斤的土壤放置於乾淨塑膠袋內，送到改良場進行檢測。該農友的土壤經檢測，數據如表3，該土壤以質地(壤土)及酸鹼度(pH7.0)而言是適合種植蔬菜的，但有機質含量(1.57%)則偏低(正常應在2.0%以上)。因此針對該農地推薦施用腐熟堆肥600公斤/分地；而該農地推薦之化學肥料硫酸銨施用量乃依照作物施肥手冊(中華肥料協會2004年編印)中之一般推薦施用量120公斤/年/分地施用，土壤中磷的含量及鉀的含量均是充足的，因此過磷酸鈣及氯化鉀亦依照作物施肥手冊中的一般推薦施用量，分別為55公斤/年/分地及25公斤/年/分地。

表3. 甘藍園土壤速測值

檢測項目	質地	酸鹼度 (1:1)	有機質 (%)	磷	鉀	鈣	鎂 (mg kg ⁻¹)	鐵	錳	銅	鋅	電導度 (1:5) (mmhos/cm)
表土	壤土	7.0	1.57	77	173	2284	299	504	59	0.4	0.9	0.45
參考值	壤土至 砂質壤土	5.5至7.0	2至4	11至50	30至100	570-1140	50-100	50-300	20-140	12-20	11-25	0.26-0.60





針對該農地整期作甘藍園單質肥料的施肥推薦量及各時期的施肥分配率列於表4及表5，而複合肥料的施肥推薦量及各時期的施肥分配率則列於表6及表7。以三要素單質肥料混合施用時，先將有機質肥料及化學肥料於種植前施用後，耕犁入土壤中，而第一次追肥於定植後7-10天穴施於株旁，以後每隔14天於行間開淺溝條施；以複合肥料施用時，有機質肥料及化學肥料於種植前當作基肥施用後，耕犁入土壤中，而第一次追肥於定植後10-14天穴施於株旁，以後則每隔14天於行間開淺溝條施。另外，因為該農地土壤中的鈣及鎂均充足，因此並不推薦施用含鈣、鎂的資材如苦土石灰、蚵殼粉、鈣鎂肥等，以免因鈣、鎂過量對其他元素的吸收產生拮抗；雖然土壤中鐵及錳充足，銅及鋅不足，然而並不表示作物對這些微量元素吸收及累積的量不夠，因此微量元素的補充與否應視適當時期葉片微量元素分析的數值來決定；最後，土壤電導度值適宜，無鹽分過高情形，不過仍應注意，勿長期施用含高鹽基之肥料如廚餘堆肥、雞糞、豬糞等。

表4.甘藍單質肥料之施用推薦量(公斤/每分地)

肥料	有機肥	硫酸銨	過磷酸鈣	氯化鉀
施用量	400	120	55	25
換算包數*	16包	約3包	約1.5包	約0.6包

*有機質肥料每包以粉狀肥25公斤計算，台肥1號複合肥料每包以40公斤計算。





表5.單質肥料各時期施肥分配率(%)

施肥期	有機質肥料	硫酸銨	過磷酸鈣	氯化鉀
基肥	100	30	100	50
第一次追肥*	-	10	-	-
第二次追肥	-	15	-	50
第三次追肥	-	25	-	-
第四次追肥	-	20	-	-

*第一次追肥於定植後7-10天穴施於株旁，以後每隔14天於行間開淺溝條施。

表6.甘藍施用複合肥料之推薦量(公斤/每分地)

施肥期	有機質肥料	台肥1號複合肥料
施用量	400	120
換算包數*	16	3

*有機質肥料每包以粉狀肥25公斤計算，台肥1號複合肥料每包以40公斤計算。

表7.複合肥料各時期施肥分配率(%)

施肥期	有機質肥料	台肥1號複合肥料
基肥	100	40
第一次追肥*	-	20
第二次追肥	-	20
第三次追肥	-	20

*第一次追肥於定植後10-14天穴施於株旁，以後每隔14天於行間開淺溝條施。





表8為針對土壤檢測推薦甘藍之合理施肥量及農民慣行區化學肥料施用量之比較表，經推薦施肥，化學肥料硫酸銨、過磷酸鈣及氯化鉀施用量分別為120,55及25公斤/期/分地，而農民慣行區則分別為210,61及37公斤/期/分地，顯示農民化學肥料有過量施用情形，換算合理化施肥節省之成本，約可節省化學肥料成本644元/期/分地，以一公頃而言便可節省了約6,440元/期的化學肥料施用成本。

表8.甘藍合理化施肥區及農民慣行區化學肥料施用量比較

試 區	肥料用量 [*] (公斤/期/分地)			肥料成本 (元/期/分地)
	硫酸銨	過磷酸鈣	氯化鉀	
合理化施肥區	120	55	25	1174
農民慣行區	210	61	37	1818
減施公斤數	90	6	12	-
減施包數	2.3包	0.2包	0.3包	644

*以硫酸銨市價215元/包，過磷酸鈣185元/包，氯化鉀440元/包，每包40公斤計算。

結語

作物所需的要素有16種，植物體內任何一種要素缺乏時均會產生症狀，因此均衡的養分供應相當重要。土壤速測之結果可做為作物施肥推薦之參考，然而田間正確的土壤採樣為獲得準確土壤分析數據之第一步，經由土壤速測的結果配合所種植的作物，選擇適當的肥料種類、肥料量及施用方法，方能使作物獲得充分及均衡的養分，並節省施肥成本，也才能得到產量高及品質優的農產品。另外，除了土壤速測外，若能同時配合葉片分析及診斷，更確切地瞭解樹體的營養狀況，而達到合理化施肥的目標。





刊 名：高雄區農技報導

出版年月：98年8月

期 數：97期

篇 名：作物營養診斷與合理化施肥

作 者：林永鴻

發行人：黃賢良

總編輯：楊文振

執行編輯：鄭文吉

出版機關：行政院農業委員會高雄區農業改良場

地 址：屏東縣長治鄉德和村德和路2-6號

網 址：<http://www.kdais.gov.tw>

電 話：08-7389158

版權聲明：本著作採「創用CC」之授權模式，僅限於非營利、禁止改作且標示著作人姓名之條件下，得利用本著作

印刷廠：卡登工業股份有限公司

地 址：高雄市三民區博愛一路124號

電 話：07-8128888

傳 真：07-8231234

發行情：3000本

定 價：40元

展售書局：

國家書店松江門市 02-25180207

五南文化廣場 04-22260330

GPN:2008200192

ISSN:1812-3023



GPN:2008200192

定價：40元