蔬菜園合理化施肥技術

王鐘和　　林毓雯

台灣省農業試驗所

一.施肥原則

台灣地處熱帶、亞熱帶之間，氣溫高，雨量多，土壤中所含存的植物營養元素經雨水淋洗流失量多，更由於採行集約式農業經管，耕作頻繁，可耕土地每年休閒的時間甚短暫，土壤肥力不斷消耗，必需適當的補充營養元素，作物才能正常的生長。

廣義的「肥料」是指能肥田之物料，一切物料無論是施於土壤或植物之葉部，能直接提供作物營養分或能改良土壤之物理、化學與生物性質，有益作物生長及營養元素之吸收，增加作物之產量，或改善產品之品質者，均稱為肥料。由於氮、磷、鉀三要素肥料影響作物生長量，收穫物對生長量之比例(即收穫指數)及收穫物的品質至大，故其施肥量、施肥方法及使用肥料種類之選擇等乃為施肥上之重要課題。

隨著我國經濟快速成長，國民生活水準大幅提升，對均衡之營養和飲食衛生安全較以往講究，蔬菜為佐餐所必須，有時甚至成為主食，據統計，國人每人之蔬菜年平均消費數量達 127 公斤(民國 83 年)，因此生產安全、高品質之蔬菜，不僅是農政單位重要的工作項目，更是一般民眾所殷切期盼。適宜平衡之施肥，可以保持蔬菜有良好之營養狀態，穫得較佳的品質。

(一)施肥基本原則

作物生產不同於工業生產，工業生產之產量係與生產原料供給量成正比例，源源不斷的供給生產之原料，自然可獲得大量的產品，而作物的產量則受到其本身先天遺傳的最大生產潛能，以及生長環境中的諸多因子(氣候、土壤環境、栽培管理等)的影響。下列幾個原則為

作物生產過程中施肥時必須瞭解遵循的原則。

1.最少養分律：作物生長所需營養要素雖有十餘種之多，但作物之生長係受最缺少之要素所限制，如不補充這種要素，即使其他要素有充分量，亦不能發揮促進作物生長之效果。故施肥時應判斷土壤中何種要素最缺，針對最缺的要素施肥才能得到效果(圖 1)。

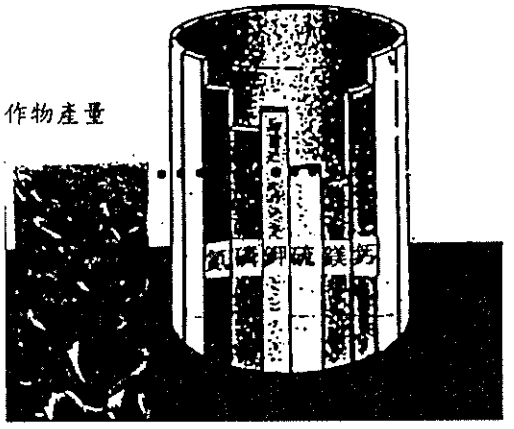


圖 1、營養要素限制作物生產的情形

2.報酬漸減律：當土壤中缺少某種要素而施肥時，作物生長量雖跟著施肥量之增加而增加，單位施肥量所能增產之作物收量卻隨著施肥量之增加漸減，故施肥量增加至某一程度後產量不再增加，甚至減產。收穫物之品質與施肥量亦有類似關係(圖 2)。

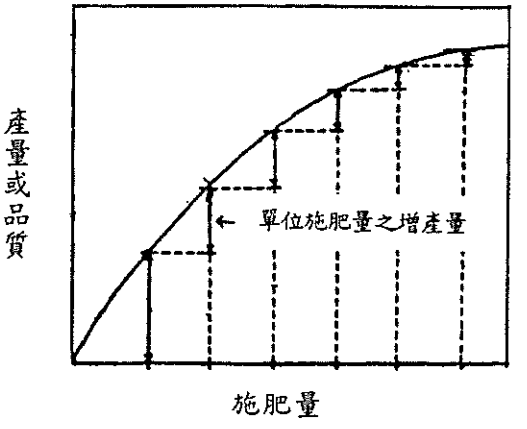


圖 2、施肥量與產量(或品質)之相關圖(報酬漸減律)

3.最大利潤之經濟產量：單位施肥量之增產量遞減，而施肥費用仍隨著施肥量比例的增加，故作物生理上可獲最高產量之施肥量亦未必是最經濟的施肥量，超過經濟產量施肥量之施肥，就是浪費的施肥，不只增加生產成本，更造成土壤及環境污染問題(圖 3)。

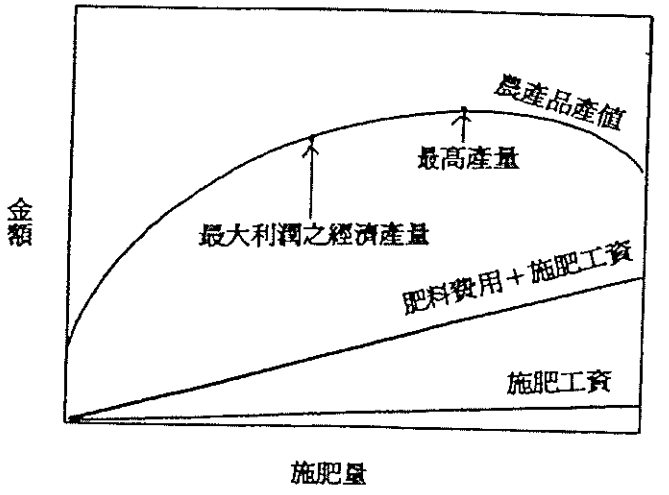


圖 3、最大利潤經濟產量與最高產量之比較圖

此外，近代農業生產要能永續經營，生產過程必須考量下列三方向：(1)生產力是否能保持於穩定的水準？(2)所投入的資源效率如何？

(3)投入對於環境的影響如何？唯有如此才能達到既兼顧環境生態平衡且具高生產效率的農業。

(二)影響肥料施用適量之因素

作物之生長發育受到先天遺傳特性及生長環境中各種因子之影響，因此，在施用肥料時,自然必須考量各項影響因子及肥料本身性質之影響。茲分述如下：

1.品種之特性：生長潛力較大之品種需肥量（尤其是氮肥需要量)多於生長潛力較低者。

2.氣候因素：(1)日照：陽光充足時光合成產物之生產潛力增加，如供給多量肥料配合之，可使此潛力充分發揮，獲得高產。(2)雨量：水分成為限制因子時作物對氮肥之需求量減少，但磷及鉀之需要量卻增多，因水分缺乏時磷及鉀之吸收受阻，故須施多量磷鉀肥始能滿足作物之需要。(3)溫度：高溫季節土壤有機質之氮素釋放較快速，根之吸收率亦高，因而作物需氮量降低。

3.土壤性質：(1)土壤理化性質：土壤質地、水分、通氣、密實度、陽離子交換能量，有機質含量及酸鹼度等性質均會影響營養元素之有效性及作物根系之活性,例如土壤排水不良時鉀之吸收最易受抑制，故鉀肥效果特別明顯，用量亦要多。(2)土壤肥力：土壤中某種要素之供給量低則供給該種要素之肥料需要量高，施用效果亦大。

4.栽培管理： (1)耕耘：在旱田過度或水分過多時之耕耘，破壞土壤構造，使變為緊密而通氣不良，在此情況下鉀之吸收受阻，鉀肥需要量提高。無論水田或旱田，其整地操作會促進土壤有機質之分解，增加氮素之供給。與此比較，在不整地栽培作物時，因土壤有機質之分解較少，而且所施氮肥之損失較大，故氮肥之需要量增加。(2)水分管理：淹水土壤易造成氮素因脫氮而損失，滲透快之農田則易因淋洗流失量大，造成肥料（尤其是氮肥）需要量增加。水分含量適中之土壤，根對營養要素的吸收容易，肥料的效果容易發揮，施肥量可以減少。(3)植物保護及雜草防治：病蟲害之發生及雜草之滋生顯著影響作物的產量，降低施用肥料的經濟效益。(4)密植度：一般密植度提高時肥料需要量亦隨之提高，即作物密植需配以重肥才

能提高產量，但假如其生長過盛，相互蔭蔽時，密植再配重肥則可能反而引起減產。(5)覆蓋：以稻草、綠肥等材料覆蓋，對保持水分及改善土壤物理性等有很大效果，並在其分解中釋放各種要素。

5.肥料種類：肥料種類不同，所含肥料要素之成分與形態不同，在土壤中之動態及對作物營養生理之功能亦有所不同。例如浸水土壤中，硝酸態氮易因厭氣而脫氮，鹼性環境則易使銨態氮揮發損失。此外，並需考慮單位要素量之價格，施用較經濟者。

6.施肥方法：施肥的效應亦因施肥位置及時期而有很大的差異。各種作物所需不同要素之施肥方法（施肥位置、時期）亦有所不同。(1)施肥位置：正確之施肥位置有助於減少肥料之損失，避免肥害，及提高肥料被作物吸收之比率。(2)施肥時期：施肥時期的要點在於施用肥料時，適為作物需肥時期，既減少肥料損失，並可供作物適時利用。在積極的意義，施肥時期的運用尚有調節作物營養生長以達提高收穫指數或收穫物品質之功效。

(三)含鈣、鎂、鈔質石灰資材之施用

據統計台灣地區耕地土壤中 pH5.5 以下強酸性土壤占總面積之３５％，大部份的蔬菜作物均不耐酸，在酸性環境下生長受抑制，需以石灰資材調整土壤 pH 值達 6.0 以上才能正常生長。施用石灰粉、苦土石灰、煉鐵爐渣等石灰資材均可調高土壤 pH 值，糾正土壤酸性。為要調整土壤反應所需石灰資材當依土壤之質地或陽離子交換能量而異；黏質土壤或陽離子交換能量大的土壤為多。石灰質材料之需要量亦依其中和力之大小而異；石灰石粉中和力如當１００，則硝石灰和煉鐵爐渣（包括矽酸爐渣)之中和力各為１２０～１３５及６０～８０，可依中和力之大小分別增或減用量。又酸性土壤本身，鈣、鎂、矽等要素之供應亦是較低，作物栽培上易缺此等要素，是故上述石灰資材既為改善土壤酸性之良劑，亦為植物營養上之鈣、鎂、矽質肥料。惟石灰資材如施用過量，將導致鐵、錳、銅、鋅及硼等要素之溶解度減低，易導致其缺乏，故其施用亦應注意適量。

(四)有機質肥料之施用

有機質肥料之功能甚多；諸如：改善土壤物理性；包括增進土壤

團粒構造，保水力、通氣性、調節土壤溫度，降低總體密度及土壤流失等。對土壤化學性亦有助益；包括提高陽離子交換能量，增加營養分儲存能力，較大緩衝能力等。此外，並可使土壤微生物相多樣化，微生物活性增加，減少病原菌生長。因此普遍地被施用於蔬菜栽培上，藉以改善蔬菜園土壤之理化及生物性質，提高蔬菜產量與品質。

有機質肥料種類繁多，大致可分為難分解型與易分解型兩種：難分解型一般是以稻殼、樹皮、木屑、作物殘株等堆製腐熟而成之有機質肥料，含豐富纖維質，但氮、磷、鉀三要素含量較少，因其在土壤中的分解較慢，適宜用在改良土壤理化性質和促進土壤微生物活性，使作物根部有良好生長環境。易分解型一般以禽畜糞、動物性廢棄物、油類等腐熟而成之有機質肥料，含纖維質較少，氮、磷、鉀三要素含量高，其所含養分在土壤中分解釋放較快。施用時應注意其釋出之要素養分量，相對的減少化肥要素用量。此外，連年施用有機質肥料後，除了當作所施有機質肥料之可礦化養分量外，亦要評估土壤中累積之既有有機質之可礦化養分量(圖 4)，以二者之和作為預期可由有機質供給之要素量。

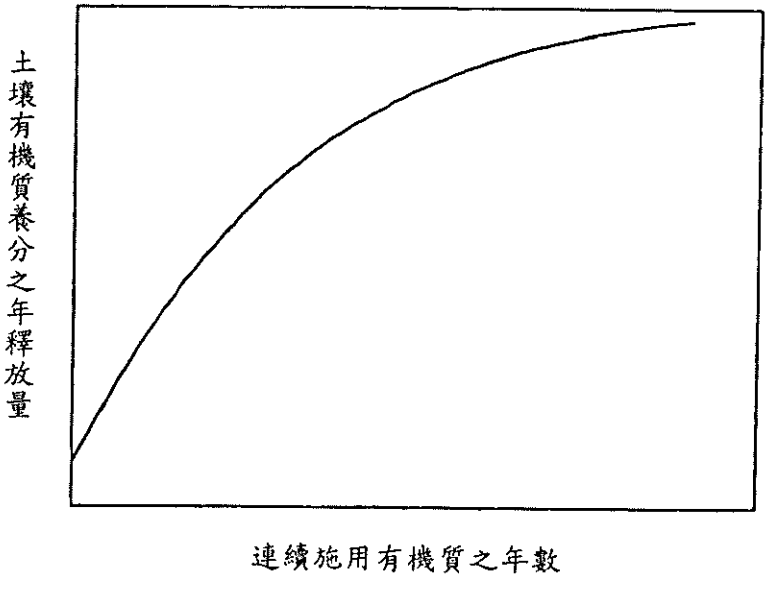


圖 4、連續施用有機肥料時土壤養分礦化釋放之情形

二.施肥策略

台灣之氣候條件，一年四季皆適於蔬菜生長，目前栽培之蔬菜種類甚多，大部份蔬菜生產採行成本較低的露地栽培方式，但夏季常有颱風豪雨等不良氣候，使蔬菜之產量及品質不穩定。利用設施栽培蔬菜，可穩定生產，提高品質，並具調節產期平衡供需的功能，因此在全省各蔬菜產區都有農友採行。近來亦有少部份農民於設施內進行水耕蔬菜之栽培，以養液來供給及控制蔬菜生長所需之養分，或者於袋裝之培養土直接種植甜椒，小黃瓜、蕃茄等瓜果類蔬菜，並以滴灌供給蔬菜生長所需之水分及營養元素。此外，因應夏季蔬菜供應不足之需要，夏季於高冷地栽培蔬菜亦佔有一定比例。

不同蔬菜種類的要素需求量不同，且不同生長階段的蔬菜對營養元素的需求亦異。此外，設施內、露地及高冷地蔬菜生育之環境亦不相同，如何有效合理的施用肥料，使蔬菜生長快速，生育強健，增強抗病能力，提高蔬菜單位面積的產量及品質，達到既不浪費肥料資源且兼顧環境生態保護。則為蔬菜栽培者及相關農政及研究人員努力的目標。

(一)露地蔬菜之施肥管理

露地栽培蔬菜，受自然環境因素(光照、溫度、雨量、風等)的影響頗大，雖然生產之蔬菜品質及產量較不穩定，但因生產成本低，故本省大部份蔬菜栽培仍採此種方式。一般而言，蔬菜生長期間較短(尤其是葉菜類)，在短期間要吸收大量營養元素(圖 5)，生產大量物質，適當充足的供給肥料是必要的手段。

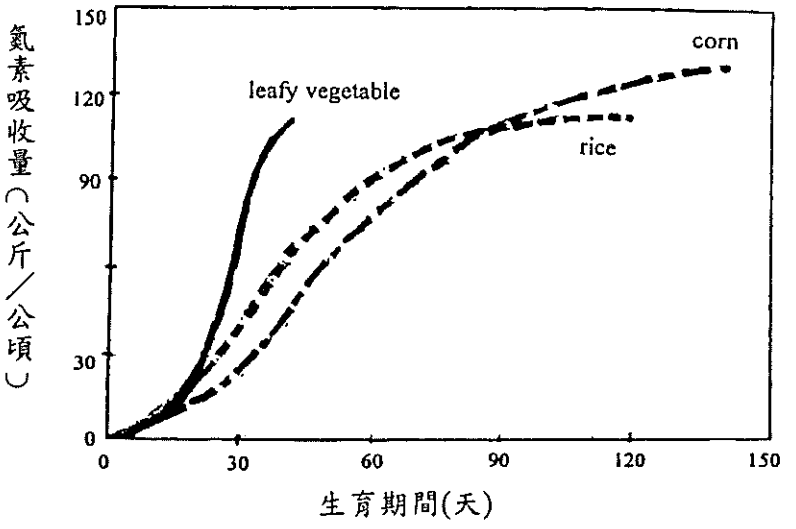


圖 5.葉菜.水稻及玉米生育過程累積氮素吸收量之比較

1.不同種類蔬菜之施肥

瞭解不同種類蔬菜之生育及養分吸收特性，參酌栽培地之氣候及土壤條件，配合栽培管理措施，適時、適量的供給肥料，可獲較佳的產量及品質。蔬菜各生育期間養分吸收情形因種類不同而異，其情形如圖 6。

葉菜類蔬菜之地上部（葉部）或全株均可為販售之產品，生育期短，極短時間內即吸收了大量營養元素，除了初期生長較緩，養分吸收較少，隨後即快速的生長及吸收養分至收穫為止，故肥料之供給要充足（尤其是氮素，以促進葉部生長），來滿足其初期之生長及隨後之快速吸收生長期(圖 6)。

根菜類蔬菜由於生長中後期根部肥大時，原地上部植株所含之營養要素可再轉移至收穫部位，因此應注意生育初、中期三要素肥料的施用及生育中、後期有充分之磷、鉀吸收促進根部肥大，且應避免生育後期過度吸收氮素，葉菜類蔬菜之結球菜類亦是類似情形。

果菜類（含豆類）蔬菜由於開花後有一段時間係營養生長及生殖生長同時進行，因此生長中、後期的養分供給亦相當重要，此外亦應注意與開花結果有密切相關之磷、鉀肥之施用。

豆類蔬菜如接種根瘤菌時，因有固氮之功能，故氮素肥料量可減少，以發揮固氮的功能。

蔬菜肥料施用一般依種植時土壤肥力的高低，施以基肥(氮、鉀比率一般為 25%~50%，磷肥則為 100%，施用量因蔬菜種類而異)，其後依種類不同再追施 1 至 3 次之氮、鉀肥(可參考台灣省政府農林廳編印之作物施肥手冊中各類蔬菜之施肥方法)。

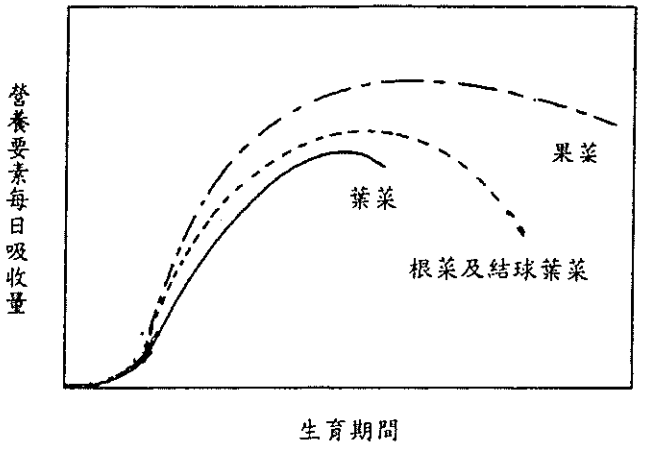


圖 6、不同種類蔬菜之生育及養分吸收經過

2.水分管理之影響

蔬菜屬好水性作物，水份含量達 90%以上（尤其是葉菜類，農友常稱之為「水菜」)，生育期間需要充足的水分，土壤水分的多寡不但影響蔬菜根部活性，且營養元素係溶於水中被蔬菜吸收，因此土壤水分的動態當然與肥料效果之發揮有密切關係。一般農民大致採行兩種水分管理方式：

(1)高畦溝灌式：

土壤入滲速率為中、慢的蔬菜園採行，具可迅速排水的溝渠。可避免因灌溉及下雨造成土壤水分過多，根部容易窒息，影響蔬菜生育，如本省彰化縣永靖、二林等蔬菜產區採行此種方式。此種方式較節省灌水量，惟土壤中易殘留多量蔬菜吸收剩餘之鹽類離子，此等離子因毛細現象由下向上移動，常造成畦面表層土壤累積大量鹽類離子，尤其是畦中間部位較畦兩邊乾燥,因此兩邊之水分帶著鹽類離子向中間移

動使這種情形更為嚴重，致使蔬菜發芽失敗，或者生育嚴重受阻。

(2)低(或無)畦全層淹灌式：

在土壤入滲速率高的蔬菜園，灌溉的水量可經由土壤向下迅速排出，本省雲林縣西螺及高雄縣梓官等蔬菜產區採行此種方式，此種方式較浪費灌水量，但因淋洗作用明顯，土壤中之鹽類離子較不易累積在土壤表層中，雖對蔬菜生育有益，但也造成必需多施肥料補充土壤營養要素，以及肥料流失量大，肥料利用率降低，且大量的肥料鹽類（尤其是硝酸態氮）因而移入較深土層中，有污染地下水之慮。(圖 7)

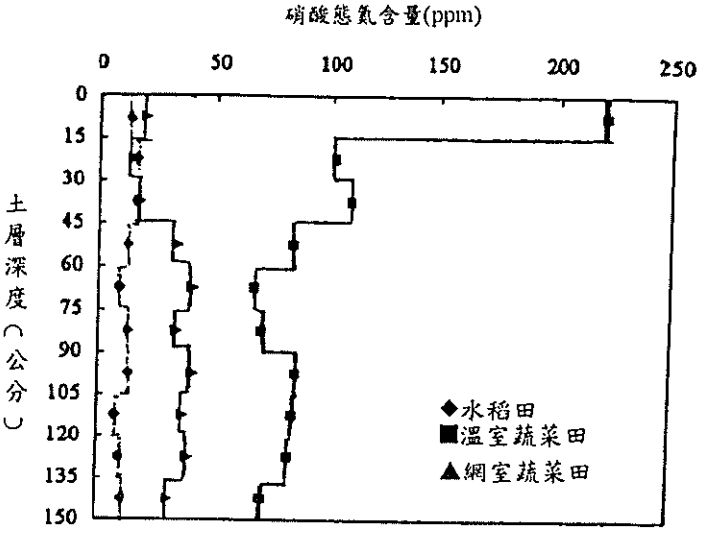


圖 7、水田及蔬菜田土壤中硝酸態氮含量之比較

(二)設施蔬菜之施肥管理

以栽培設施控制蔬菜生長環境，可避免遭受夏季豪雨侵襲，與提高冬季設施內溫度，達到調節蔬菜生產期並穩定蔬菜產量與品質的目標。本省高溫多雨，施用之肥料尤其是氮肥，容易被雨水淋溶而流失，只有少部份被植株吸收，設施內則無此問題。因此設施內栽培蔬菜若施用與一般露地栽培同樣之肥料，常會造成土壤中鹽分累積，不利蔬菜生長。

1.鹽分過度累積對蔬菜之影響

(1)抑制蔬菜對水分的吸收。土壤鹽分濃度太高時，會使土壤水勢降低，蔬菜根部吸水的能力降低，甚至脫水死亡。

(2)高量的鹽類離子影響蔬菜生育。土壤中累積過量之銨、磷酸根、硫酸根及硝酸根等離子對蔬菜根部直接造成傷害。

(3)造成土壤中養分不平衡。土壤中累積之鹽分係蔬菜吸收剩餘者，元素比例常呈不平衡狀態造成拮抗作用，產生元素缺乏症狀，例如銨吸收太多易生鉀或鈣缺乏症狀等。

(4)對土壤微生物有不利之影響。過量鹽分累積抑制土壤微生物活性，間接抑制微生物具有之有機物質分解，礦質化作用，硝化作用等功能，也抑制土壤中尿素水解酵素，磷酸酯酵素，以及固氮酵素之活性，影響蔬菜對氮及磷之吸收。

(5)生物相不平衡。設施內高溫高濕，且常是高耕作次數之連作，降低土壤原有的生物多樣性，使土壤生態系不平衡，抗病能力降低，易使蔬菜產生病害。

(6)土壤物理性變差。過量鹽分累積在土壤表面，佔據土壤孔隙，不利水分進入土壤內部，此外，由於灌溉次數多，土壤乾濕交替頻繁，常使土面產生結皮，通氣性變差，土壤內部空氣無法順利與外部空氣交換，大量二氧化碳積在土壤中，不利蔬菜生長。

2.解決鹽分過度累積之方法

(1)浸水：以大量水洗移走鹽類離子。

(2)客土或深耕:可稀釋降低表層土壤鹽類離子之濃度。

(3)換土:移走含高鹽類離子之表層土，加入由外處移來之乾淨土壤。

(4)種植耐鹽作物或綠肥作物:如玉米、田菁等吸收土壤中累積之鹽類離子，並可將植株耕犁掩埋，增加有機質且可釋放養分供下作蔬菜使用。有鑑於此，掌握每作蔬菜種植前土壤中殘餘之營養要素量，加上該作期間內土壤可能礦化供應之養分量，作為調節該作施肥量之診斷及施肥推薦工作，甚為重要。設施內溫度較高，有機質分解快，且複作指數高，土壤耕作較頻繁，易損害土壤之結構，應注意有機質之補充，尤其是分解速度較慢之纖維性有機質肥料，不但可克服連作障礙，且可改善土壤理化及生物性質，提昇蔬菜產量及品

質。

其他於設施內以養液供給蔬菜營養分之水耕及袋裝培養土滴溉栽培，需依蔬菜種類及生育階段，供給適當含量及比例之營養元素，才能確保較佳的產量與品質。

(三)高冷地蔬菜之施肥管理

於高冷地種植蔬菜，具舒解夏季蔬菜供應不足之功能，農民亦可穫得較高經濟利益，但因高冷地蔬菜產區部份位於水庫集水區之山坡地，土壤質地常為石礫含量高者，保水力及保肥力均低，因此農民常施用大量肥料，雨季有多量雨水沖擊時，常造成大量土壤及肥料流失，影響水庫儲水，污染水源，故常為國人所垢病。但在高利潤之誘惑下，農民仍繼續種植 。為使高冷地蔬菜衝擊環境之程度降低至最小。施肥管理時應採行：

(1)提高土壤緩衝能力，施用有機質肥料，提昇土壤之保水及保肥力。

(2)施用石灰改良土壤酸性，增進土壤團粒構造。

(3)種植耐寒之豆科綠肥，吸收土壤殘留肥料，避免流失，且增進有機質含量。

(4)教導農民合理施用肥料，針對蔬菜生育階段吸收養分之特性，適時適量之施用肥料。

(四)土壤診斷與施肥推薦

園藝作物常施肥過多，導致土壤中鹽分累積，作物生長受阻。此等情形尤以蔬菜園，特別是設施栽培為最。由於蔬菜作物每作施肥量多，每作殘留的肥料量或有機質很多，此等殘留無機態養分量及有機質於下作期間可礦化之養分量等測定對於次作施肥量之調節甚為重要。藉土壤診斷以調節施肥乃益加必要。惟土壤診斷過去最缺者乃土壤有效態養分供應能力之測定，係因影響土壤有效養分礦化有關因素複雜，養分礦化量之預估較難故。

土壤速測是土壤肥力的快速診斷方法，係利用化學分析方法測定土壤樣品的若干物理化學性質與有效養分含量，藉以診斷該土壤的肥力狀況，進而推薦適當的施肥量。因此就土壤一定期間可礦化的養分量為對象，探討速測方法，以便掌握蔬菜園於一作期間可供應之養分

量，藉以調節其肥料施肥量。此外由於土壤水分管理模式影響土壤養分動態甚大，應列入施肥推薦時之重要參考因素，配合土壤速測之結果，教導農民合理的施用肥料，必然獲致高產量及高品質的蔬菜，且節省肥料支出，增加農民收益，對生態環境之維護亦有莫大的助益。