

設施栽培土壤肥培管理實例

文／圖 黃瑞彰、黃山內、林晉卿、卓家榮、吳建銘、林經偉

台灣地處亞熱帶與熱帶，四面環海，溫濕度均高，雨量充沛，全年適合作物之成長，然而由於季風之盛行，氣候變化大，造成作物產量與品質不穩定。早期國內之園藝與特作作物因屬小農經營制，資金不足，土地利用粗放，溫室設施栽培，僅限在小面積之菇類生產。近年來，國民所得增加，消費者對於農產品品質之要求提高，產期調節栽培也逐漸為農民所重視。為穩定產量及提高品質調節產期，供應標準化與規格化農產品，設施栽培漸成為農業企業化經營技術與方式。設施栽培是以人為方式建構適合作物生長的空間，使作物消極方面不受外界風雨之影響，積極方面則利用光線、溫度、濕度調節方式提供作物最適合之生長空間，進而得到提高產量，穩定良好生產品質之效果。

所謂設施栽培農業係指利用隧道或矮棚、網室及溫室等設施，提供遮陰、防止雨水沖刷及昆蟲侵入危害，農作物之生長條件（如日照、溫度、水分、空氣、土壤等）及生產管理方式改善，以較佳之生長環境，達經濟生產目的之栽培方式。依據行政院主計處 2005 普查初步報告，我國採用設施栽培之農牧戶已有 3 萬餘戶，占總農牧戶數之 4%，面積約達 19,429 公頃。目前利用設施栽培之主要作物，以洋香瓜、木瓜與盆花類作物列居前三位。常見之設施有隧道式膠布棚、溫室、網室等，其覆蓋資材可為透明之玻璃、塑膠布或塑膠網，耕作方式有養液栽培之砂耕、礫耕、水耕、袋耕、籃耕等，但由於上述方式所費栽培資材及設備昂貴，設施內栽培，目前仍以原來之土耕方式較多。

設施栽培與露天栽培土壤之差異

無論栽培何種作物，都必須有足夠的養分供作物吸收，相對的作物產量與品質才能達到。設施內地表的環境因設施而起很大的變化，與露天栽培不同的是雨水、溫度及光線。透明資材覆蓋設施內土壤由於自然雨水被阻隔，導致部分未被作物吸收的肥料以可溶性鹽類累積在土中，且無法被淋洗，另外因設施栽培農民對作物所需水分及養分供給方式改變，如淹灌改澆灌或滴灌等；又設施內氣溫較高，與露天栽培兩者相差可高達 9°C 左右，使土壤中的水溶性離子，由於隨土壤毛細管水由下向上移動。雖然灌水時，水分亦會由上向下移動，但移動程度受灌溉水量之影響。在這種狀態下，施用之化學肥料特別是可溶性高的，不會像自然露天栽培隨土壤水分向下淋洗。也就是說大部分是殘餘肥料留在耕作層，甚者，又由於土壤水分蒸發，由下向上移動的水，亦可把土壤中含可溶性鹽類帶至地表，使土壤特別是表土鹽分化，地表呈現一層濃厚的鹽斑。

土壤與肥培管理不當引起生育障礙

作物生育所需養分多達 13 種來自土壤，各種養分需量並不一致，而其中需量多，應經常施肥補充的為氮、磷、鉀。自肥料工業發達後，化學肥料取得容易，品質提昇，效果佳。惟農民施用忽略作物之吸收情形，常憑經驗盲目大量施肥，常發生肥料殘留引起養分過剩或缺乏現象，特別是目前市售最多之複合肥料，配方固定，而土壤中原有及作物吸收肥料養分量不一致，最易造成養分失衡，此一弊端，應依作物、土壤、氣候予以考量調整施肥解決。設施栽培土壤含可溶性鹽類過多之障害，即是盲目施肥造成之結果。設施減少雨水對作物地上部植株的直接衝擊，以及對根部的浸泡所造成之損傷，但也因此阻絕了雨水對土壤中鹽分的淋洗，致使鹽分不斷累積。鹽分過度累積會影響植物對水分的吸收，降低土壤微生物活性、減少有效養分的供給，土壤物理性變差，生物相的不平衡且容易發生病害。

一、鹽分累積之原因

一般而言，設施栽培時農民均以露天栽培同量肥料施用，由於缺少雨水的淋洗，即使有灌溉措施，也常因灌溉量不足以把可溶性鹽類即化學肥料淋洗到較深的土層。此外，設施中的溫度常高於設施外之溫度，因此蒸散發量較大，在蒸散發量大於灌溉水之入滲量時，可溶性鹽類不但不往下淋洗，反而會隨著水分的蒸發由底土經由土壤的毛細管作用往上移動至表土，造成可溶性鹽類在表土累積。另外，在高溫高濕的環境下，作物生長快速，生長期縮短，一年之中同一塊田種植的期作數明顯增加，肥料之投入量相對提高，鹽分累積問題更加嚴重。

除了上述原因外，有些農民會把設施內作物因鹽分累積而生長不良之現象歸因於肥料不足，而加入更多的肥料，因此使鹽分之累積更為嚴重。事實上鹽分累積時可能使作物出現某元素之缺乏症狀，但並不是因為土壤缺乏此元素，而是因為營養元素之間的不平衡造成的，例如常見鉍肥太多，即使土壤中有足夠的鉀離子及鈣離子，仍可能出現缺鉀肥或缺鈣肥的現象，此現象稱為拮抗現象，此時再施入鉀肥或鈣肥只會使土壤鹽分累積的程度更形惡化。

另外，長期多量施用 pH 較高之有機質肥料或石灰資材，將顯著提升土壤酸鹼度，當施用銨態氮素肥料多時，易形成氨氣揮散損失，高濃度之氨氣也會對植株直接造成傷害。又目前市售之有機質肥料之品質並不穩定，農友多量或長期施用時，也可能因施用不當而導致土壤表面累聚多量鹽分，作物發芽失敗之情形，值得加以注意。

二、改良方法

鹽分過度累積會影響植物對水分的吸收，降低土壤微生物活性、減少有效養分供給，土壤物理性變差，生物相的不平衡、容易產生病害等。解決可溶性鹽類過度累積一般採用：

1. 浸水洗鹽：以大量灌溉水移走可溶性鹽類。

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. 種植耐鹽分作物或綠肥作物：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，增加有機質且可釋養分供後作作物使用。

土壤診斷施肥推薦技術

一、土壤肥力檢測及作物營養診斷

調查資料顯示台灣農民栽培作物常有施肥量過多之情形，造成肥料利用率降低，且對環境也有不良的影響。尤其是葉菜類蔬菜，生育期甚短，一年之中栽培的期作數多，過量施肥形成負面的影響更大。為改善此種情形，定期採取土壤進行土壤檢測，瞭解養分狀況。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有效養分含量，可掌握每作蔬菜種植前土壤中殘餘之植物營養要素量，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。

二、設施栽培土壤肥培改良實例

1. 肥培管理問題

台灣曾經是世界上複作指數最高的地方，然而農民對土壤並不瞭解，土壤與肥培管理常憑經驗，多年多作的結果，存在許多作物土壤與肥培管理上之多項缺點。以往農友均未依據土壤肥力特性及作物各生長期所需養分，過量及不當的施用肥料，且偏好速效性之化學肥料及少施有機質肥料，多年累積結果，土壤鹽基（EC值）過高與有機質普遍不足，鑑於此，本場去（95）年7月於嘉義縣布袋鎮劉火班長實施「設施栽培土壤肥培管理技術」示範，謹將實施情形概述如下，供設施栽培土壤肥培管理參考。

（1）表底土交換

據劉班長告知其田區於灌水後約2~3星期水分方能排除，經田間實地剖面調查判定表土下20~40公分有一層緻實之犁底層俗稱硬盤，土壤中過剩水分無法向下滲透排除，作物根無法伸展穿透此硬盤，也不能吸收利用盤下之水分及養分。建議其先進行表底土交換，實施交換後非但可打破此犁底硬盤並可降低土壤導電度，惟通常土壤之底土有機質含量及肥力均較表土為低，土壤孔度(Soil porosity)隨土壤深度而漸減，故底土之土壤孔度相對較低，此時應增加土壤有機質以提高土壤孔度。

（2）浸水洗鹽

實施浸水洗鹽改善措施前需檢測灌溉水的品質，尤以西南部沿海地區若使用地下水當灌溉水源，更需注意此問題，若灌溉水可溶性鹽含量（導電度值EC）過高時，則需鑿更深之地下水（超過120公尺以上）或引用低導電度值之灌溉水。浸水洗鹽之工作應注意，一般若無實施表底土交換時應將土壤耕耘翻動後再行浸水排鹽，也就是說配合

土壤攪動洗鹽效果更佳。保持浸水（超出土面）一星期後排水，採取土壤瞭解土壤導電度是否降至正常範圍下，若無達到目標則持續實施浸水動。

浸水洗鹽為降低土壤導電度有效且最為簡便方法。依據本場試驗顯示配合攪動洗鹽效果更佳，惟土壤經攪動後需較久時間土壤水分方能排除，建議耕耘整地時一定要在適宜土壤水分含量實施，不宜於土壤水分含量過高時進行，而導致土壤團粒結構較為粗大，影響植株生長。

表一、設施栽培土壤鹽化改善情形（嘉義縣布袋鎮，2006.08）

處理	EC (dS/m) (1:5)	pH (1:1)	有機質 (%)	Bray1- 磷 (mg/kg)	鉀 (mg/kg)	交換性 鈣 (mg/kg)	鎂 (mg/kg)
改善前	3.41	7.48	1.66	345	335	5926	2354
深耕	1.59	6.84	1.66	350	699	4340	916
深耕及 浸水	0.33	7.59	1.20	138	247	2925	480
土壤肥 力檢測	< 0.6	5.5~ 6.8	> 3.0	10~ 50	30~ 100	570~ 1145	48~ 97
參考值							

2. 有機質肥料施用要領與對策

我國作物之生產高度的仰賴化學肥料及農藥的施用，而忽視有機肥料的補充，如此長期且大量的施用化學肥料，已加速部分土壤酸化及地力衰退的事實，近年來由於環保意識的抬頭，以及人類對高品質健康食品的需求，致使有機肥料的使用再度受到重視。有機肥料的施用對作物之生長具多重之效應，其中包括直接效應及間接效果。然而有機肥料亦如化學肥料需合理施用，簡言之，適當的施肥乃為適地、適時、適作的肥料管理方式，即必需完全配合土壤肥力狀況及作物的需求。適當的施肥應包括：(1) 添加真正需要的養分；(2) 施用正確的肥料和用量；(3) 施用在正確的位置；以及(4) 在正確的時間內添加。欲達前述目標，必需瞭解土壤中養分的有效性的高低，配合作物對養分需求的特性，以及有機肥的礦化速率、以往的產量紀錄和生產者的管理能力去評定肥料的管理方式(包括用量、施肥方式及施肥時期)，方能達到高產的目的，且不會因肥料施用不恰當而造成環境品質的下降。若以增加土壤有機質為目的，通常選擇低養分但含植物纖維多者為佳，如蔗渣，牛糞、菇類太空包及稻殼或稻草堆肥等，每公頃建議 10~20 公噸，施用後與土壤充分混合。

農委會農糧署為確保施用至農田有機質肥料品質，於 94.02.25 訂定「[優良國產堆肥品質驗證及品牌推薦作業規範](#)」，藉由品質驗證，遴選優良國產堆肥品牌，俾上網公告作為有機質肥料推廣計畫獎勵之推薦品牌名單，提供農友選用優質堆肥產品，截至 96.07.27 為止通過品質驗證合格品牌推薦計有 57 品牌，包括禽畜糞堆肥 28 與雜項堆肥 29 品牌等。

3. 生物性肥料增加作物利用自然資源的能力

談到作物的養分補充，化學肥料一直都是最佳選擇，因為它具有使用方便、價格合理且效果迅速的優點。但是在享受化肥所帶來便利的同時，應注意到過度使用所帶來的不良影響，眾所皆知就是加速土壤酸化及其他劣化問題。農友超量施用農用化學物質造成土壤劣化與污染，影響土壤微生物多樣性，使生物制衡能力降低，病蟲害增加。土壤微生物是自然界中推動各種元素循環之最基層的生物。近年來，隨著生物技術的崛起，土壤微生物所扮演的角色日趨重要，目前國內已研發應用推廣之微生物肥料有根瘤菌、溶磷菌及叢枝菌根菌等，根據試驗調查，於豆類接種根瘤菌，及瓜類作物育苗接種菌根菌之微生物肥料，可提高土壤營養分之供應及有效性，替代部份化學肥料，非但可節省肥料投入之成本，且可充分運用微生物資源，減緩農業生產對自然生態平衡及環境之衝擊、進而提高單位面積產量，增加農民收益。

台灣地區高經濟果樹如木瓜、鳳梨與蓮霧及蔬果作物如胡瓜、苦瓜、西瓜、洋香瓜、番茄與甜椒等，均為磷肥高需求量之作物，一般農民栽植慣用大量的化學肥料，磷肥大部分因被土壤固定結合或流失，不但栽培成本提高，亦可能造成地下水污染，若能利用菌根菌及溶磷菌等生物性肥料，可促進幼苗與植株之生長，提高移植成活率，減少肥料用量，增進作物之產量品質，達到合理化施肥之目標。

土壤微生物多樣性是生態保育的基礎，亦是減少農業災害的根本，合乎自然法則，農業才能永續。生物多樣性是永續的、無價的、無形的效益，尤其在台灣的島形地區，又是高溫、多雨、多風之多變環境。為了台灣農業永續發展，唯有重視農業土壤微生物多樣性，才能維持健康的土壤環境，亦才有健康的人類。

表二、微生物肥料對苦瓜生育之影響

處理	產量 (公斤/0.1 公頃)
接砧未接菌	8,484
接砧未接菌+溶磷菌	8,676
接砧接菌根菌	8,748
接砧接菌根菌+溶磷菌	9,438

註：苦瓜為白華品種，自 95.10.18 開始採收，96.03.30 調查數據

4. 實施效益

農友配合台南區農業改良場執行設施栽培土壤肥培管理改進技術示範，近年來頗具成效，包括（1）土壤導電度恢復正常，植株生育良好，未改善土壤植株生育不佳，缺株多且補植後仍死亡。每分地甜椒收益增加 5 萬元；（2）設施栽培施肥以低肥分有機質肥料為主，減少化學肥料施用約 50%；（3）接種菌根菌與溶磷菌可提早開花，花朵數較多，產量較高；（4）增加產量，每分地苦瓜增加 2 萬元收益。本場於 95 年 11 月 21 日於嘉義縣布袋鎮劉火班長田間召開「設施栽培土壤肥培管理技術」觀摩會，參加農友超過 250 人，田間示範效果明顯廣獲農友讚許。

結論

隨著社會經濟之發達，國民生活水準提升及消費之需要，農產品品質高級化、精緻化之需求下，作物之肥培管理更不能不重視，施肥不當易導致植物養分不均衡，鹽分累積過剩毒害及病蟲害嚴重發生，農產品品質低下等現象。因此，合理施肥為提升農產品品質重要之一環，而瞭解土壤肥力及養分供應能力，是達到合理施肥必要步驟。安全衛生之農產品來自健康之作物，合理施肥提供適量均衡之植物需要養分，這是安全農業之最基礎，台南區農業改良場提供相關分析服務與諮詢，請農友多加利用，以達經濟合理之施肥目標，保持農地永續利用。



▲土壤過量累積鹽類出現鹽斑



▲土壤中累積磷藻苔滋生



▲土壤鹽化植株生育不良，葉緣出現枯焦癥狀



▲土壤鹽化造成缺株嚴重



▲鉀肥過多出現缺鎂癥狀



▲氮肥過多果實缺鈣(甜椒)



▲氮肥過多造成小黃瓜流產果



▲改良場提供土壤速測服務，農友可多加利用



▲深耕翻土，打破犁底硬盤



▲表土下 20~40 公分有犁底硬盤造成排水不良



▲浸水洗鹽-1. 取水樣檢測水質(導電度)



▲浸水洗鹽-2. 攪動土壤



▲浸水洗鹽-3. 攪動土壤後表面排水



▲浸水洗鹽-4. 排水後再引水入田浸鹽



▲浸水洗鹽-5. 浸水後採取土樣檢測