



有機土壤肥培管理策略

文圖/黃山內 財團法人臺灣香蕉研究所所長

有機農業當紅，據農糧署統計，國內有農業通過驗證的經營面積超過 3,700 公頃。農業專家指出，有機農業在土壤管理策略上，因作物及地區性而異，最好找土壤專家就地區的氣候條件、土壤肥力狀況等做出一完整策略，以確保事業生產有利益可得、消費者食用農產品有保障。本文中，筆者就個人累積多年的心得談有機土壤管理策略，希望能貢獻一點心意，讓從事生產之農友不致無所從。

大約 2100 多年前，羅馬(Rome)軍隊終於在漫長慘烈的第三次交戰中贏得勝利，戰勝頑強的對手迦太基(Carthage)，現今北非海岸靠近突尼西亞(Tunis)的城市，為防止迦太基人再興起挑釁羅馬威權，勝利者不但兇殘殺戮，掠搜財物及破壞外，更令軍隊在城的四周土地撒入混拌大量鹽巴，食鹽變為可怕的戰爭武器，讓土地轉化成為不能再度種植生產糧食的無用廢地，土壤生產的重要性顯現無遺。

儘管目前農作物生產科技發達，土壤肥培管理仍然扮演相當重要的農業生產角色，據美國農業專家統計分析，農作物增產構成要項中，以土壤改良及肥料施用占 56% 最高，雜草防除占 15~20%，雜交種子占 8%，灌溉 5%，植物保護與其它占 11~16%，由此更可見土壤肥培管理之重要性。土壤是所有陸地生物生活基礎，植物生育最優良介質，植物根部錨定土壤可獲物理性的機械支持，土壤粒子有陽離子交換能力(CEC)可吸收釋放植物養分離子。健康土壤有 50% 以上孔隙率，其通氣保水之功能，冷熱氣溫經土壤緩衝而獲調節，是微生物的棲息所，也是有機物獲醱酵分解完成元素循環或儲存所在地，重金屬被固定獲解為無活性，這些特性使土壤栽培較水耕、礫砂耕或氣耕容易且廉價。

在地球生態上，土壤於 3.5 億年前形成，是空氣、礦物、水與生命之交會點，本身由空氣、岩石、有機物及水組成，各組成分占的比例影響土壤的行為與生產力。從大層面地球環境生態來看，或是小尺度一個土體來看，土壤都與大氣、岩石、水、生物自然資源密切關係，是整體地球生態的重心，是人類生產、生活依賴的唯一基石。

有機農業的倡導緣自現代農業之耕作方式違反自然法則，污染破壞自然資源一水、大氣、生物及土壤，到達地球表面的陽光品質也受到影響。因此，有機農業的定義為一種完全或儘量不使用化學肥料及合成性農藥之農業生產耕作方式。大量肥料與農藥施用造成污染而都全部或大部分施到土壤，因此有機農業的耕作法主要是保護土壤，土壤獲得保護，水與大氣都會清潔，生物都健康。有機土壤肥培是有機



農業的基礎，惟有保育土壤成為健康的土壤，土壤才能發揮生產、生態的功能，有機耕作才能獲得良好成果，生產出有機健康約有機食品。

有機土壤肥培管理策略包括：一、土壤資訊調查與應用；二、輪間作與綠肥；三、有機物與有機肥料；四、微生物肥料之開發與利用。茲分述如下。

一、土壤資訊的調查與運用

土壤是主宰地球上陸地生態的基本資源，農作物生產的基地。雖然每 1 公分的土壤形成時間長達 200 年以上，和短暫人類生命相較，土壤是種珍貴、不可再生之自然資源，但如能細心及科學的管理利用，它可成為再生資源。可惜人類到處都在破壞土壤，踐踏、機械、污染、交通、爆破、鹽化，使土壤喪失功能，人為的逆行比自然界的成土快速。土壤保持防止沖蝕非常重要，山坡地開發沒有做好土壤保持，表土易流失，底土底盤石裸露，瞬間成為植物不能生長不毛之地，復原相當的困難。

土壤有許多特性，物理性方面如保水、排水、通氣、質地、團粒、重金屬、有害毒物、鹽類、酸鹼度，生物方面如細菌、真菌、酵素、病原菌等，都影響土壤的生產生態功能，影響作物生育的 50 餘個因素中，有關土壤的因子高達 30 餘個之多。土壤資訊之調查、建立與應用為有機土壤肥培管裡的第一要務。行政院農業委員會農業試驗所於 1967 年完成臺灣農田土壤肥力測定，爾後對於耕地土壤也有進一步的詳測與檢校，加上以前國立中興中學的土壤調查與分類，臺灣地區已有很好的土壤資訊可供參考應用。目前農業試驗所及桃園、臺中、臺南、高雄、臺東、花蓮、苗栗區農業改良場都設有土壤肥力分析室，接受土壤及植物（葉片）樣本，分析酸鹼度（pH）、質地（texture）、有機質（organic matter content）及植物養分含量（P、K、Ca、Mg、elements），有些場所也可分析微量元素（microelements），農地耕作多年，不同作物栽培與資材的投入，其肥力狀況變化經由土壤採樣送檢，精確數據提供土壤肥培計畫之擬訂參考。其它性質如農田坡度、土壤厚度、硬盤(或夾雜層)、結皮、入滲、內外部排水情形也是重要的土壤資訊，可由田間實際觀察測定，作為管理依據。

臺灣地區位於熱帶亞熱帶氣候圈，雨水豐氣溫高，土壤之物理、化學與生物性反應相當快速，有機物、礦物分解、崩解、淋失嚴重，天然土壤肥力低，早為農業工作者公認事實，現代農業之化學肥料與農藥大量施用，特別是農民僅憑經驗盲目施肥更加速作用促使土壤劣變。最明顯的土壤品質劣化包括硬盤、結皮、排水不良、酸鹼度低、有機質含量少、植物養分過剩毒害、缺乏或不平衡等，導致作物生長不正常，病蟲害隨著嚴重，產量及品質為基準之生產力指標明顯下降。

應用土壤資訊於有機農業栽培之土壤肥培管理目標為提升農場土壤供應作物所需養分的能力，可以充足均衡供應植物生長需要的 13 種要素，而沒有供應過剩造成

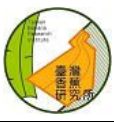


妨礙其它元素吸收或毒害發生，對於養分供應限制的土壤因子應予改善。作物對於養分的需求經多年自然遺傳演化及人類的篩選，各種類及品系間均有不同，且土壤供應養分能力可隨氣候的變化、植物生長狀況而改變。除按預定計畫實施外，葉片養分分析與田間觀察判斷生長實況，靈活調節施肥為上乘準則。完善的土壤肥培管理計畫擬定與實施充滿高度挑戰耕作者的智慧與經驗。完善的土壤資訊調查與應用，有機農業栽培經營成功一半以上。

二、輪間作與綠肥

輪間作係把一塊農地的栽培生長時間與空間做妥善安排，充分的利用水、氣溫、土壤及陽光資源。臺灣地區資然資源豐富，研發推廣出各種輪間作制度，名聞世界，許多國家都派員來我國取經，值得驕傲。輪間作有許多植物養分、土壤改良及病蟲雜草管理上的優點，常見的方式有：水田與旱田、豆科與非豆科、深根性與淺根性、需肥重與輕等。

- (一) 水田與旱田輪作：可增加土壤中氮、磷、矽等養分元素的有效性，控制頑劣的病蟲害及雜草。落花生冠腐病在前作水田水稻種植後明顯降低罹病率。香蕉黃葉病係由鐮刀菌引起，與水田輪作獲良好效果。
- (二) 豆科與非豆科輪間作：豆科作物根部常有根瘤菌共生，其生物固氮能力，間作時可直接供給其它作物氮肥，輪作植體掩埋提供後作之大量氮與磷肥。滿江紅輪間作水稻，發揮氮素供應效果。
- (三) 深根與淺根作物：一般表土含有較多的植物養分，但連續多年淺根作物的栽培，使土壤能供利用的容積無法擴大。深根作物的栽培根域擴充，可利用的容積大，開拓較大的水分與養分吸收範圍，養分上下層循環，其較抗病蟲及乾旱等逆境的能力。
- (四) 需肥重與輕之作物：蔬菜作物之生長期短，根系小，為促使快速生長，菜農往往施用大量肥料，多年多作以後，農田土壤常有過剩累積可溶鹽類。解決此一弊病的土壤管理方法除增加淋洗外，建議種植需肥量較大作物，藉其吸收養分量之特性消除鹽害。蔬菜園利用種植甜玉米為清除作物是為一例。綠肥作物係指將作物種植於田間空地，生長一段時間後，將其植株掩埋放土壤中，俟其分解釋出養分，供給鄰近或下期作物吸收利用。臺灣的綠肥作物有14種，常見的有大豆、蕎麥、魯冰、苕子、波斯菊、田菁、太陽麻、三葉草、油菜等，可選擇固氮力強，短期間生長快速者加入適當的輪間作系統。綠肥栽培除增加土壤養分及其有效性外，更有覆蓋土壤，循環元素，增加土層厚度及防止沖蝕的功效。生態上，綠肥作物可解決連作障礙，吸引有益昆蟲，美化景觀，符合養分就地取材之有機農業在地發展充分利用自然資源的



原則。

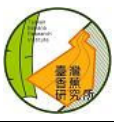
三、有機物與有機肥料

凡屬光合作用合成的產物都稱之為有機物，可大類分為植物性與動物性，其氨基酸蛋白質（N）、醣類纖維素木質素（C）、及脂肪油料類（lipid）含量相差很大，調整其碳氮比、切碎均質化，調整水與空氣含量、堆積、醱酵，則可成為有機質肥料。有機質肥料施用具有改善增進土壤物理、化學及生物性的效果。常施用有機質肥料，土壤鬆軟，孔隙率增加，保水保肥力增強，通氣好，土壤團粒結構佳，水之入滲性好，微生物相多樣化，顯著減少土壤衍生病害。

- （一）植物殘體：包括藁桿、殘樁、種子外殼等，一般含氮磷鉀量微，以水稻為例，其含氮 0.4~1.1%，磷 0.02~0.17%，鉀 1.1~3.7%，矽 3.5~6.6%，是堆肥之良好資材，直接施用有奪氮之虞，排水不良地產生毒害有機酸，應注意土壤狀況及耕作時期，不宜冒然施用。
- （二）動物排泄物：包括牛、豬、雞等之排泄物，其量每日約為其體重之 7% 圈養集中地如處理不當，易造成水與空氣污染。一般成分，碳氮比 13~29，含氮 1.5~13%，磷 0.02~1.98%，鉀 0.94~24.1%，而鹽類含量 1~7mS/cm，直接施用應注意稀釋，免受鹽害，是堆製有機質肥料良好資材。海鳥糞石是種天然肥料，含氮 11~16%，磷酐（ P_2O_5 ）8~12%，氧化鉀（ K_2O ）2~3%，如屬進口不建議使用。
- （三）食品工業有機副產物：包括蔗渣、濾泥、酒粗、油粗類、稻殼、糖蜜、羽毛、雜肉、骨等，含有植物養分外，尚有其它物質。味素廠副產物含氮 3~5%，磷 0.3~0.5%，鉀 17% 等，其物理及化學性應予充分了解，以便作為進一步利用參考，對土壤物化性沒有毒害才可利用。

四、微生物肥料之開發與利用

微生物肥料狹義的指對於土壤養分可由菌絲直接吸收，經由其作用溶解或鉗合，使有效性增進，以及植物共生固定空氣游離氮素者。目前使用最多的根瘤菌在毛豆栽培上種子接種，顯著的減少氮肥的使用量，免除過去因需大量施氮而造成污染大氣及水質之虞。菌根菌接種，使瓜類節省肥料外，具有提早開花結實、成熟及預防根部病害之效果。對於根腐之土壤衍生病害率明顯降低。接種番茄對抗病抗旱及抗鹽有很好的成績。溶磷菌的澆施除提高土壤磷約有效性外，也使根圈活性變強，促進作物生長。



土壤微生物肥料之使用強調接種前寄主作物成為共生伙伴發揮作用。土壤中尚有許多微生物，目前發掘不到 1%，微生物教授專家已在坊間有許多菌劑研發販售，相信都有增進作物生育效果，實地測評，效果常不一致。最主要這些商品都在控制中表現良好，而到田間受到其它微生物之抗生、競爭、片利或游離之關係，生長環境不符理想而打折抑。有機土壤肥培管理在微生物之部分則採直接種於種苗外，以營造健康微生物族群社會生態為重心。

五、結語與展望

土壤肥培管理為有機農業之基礎，在現行農業大量使用化學肥料及農藥多年造成傷害下，其目標為重建、保全與增進土壤的生產及生態功能，期待能讓我們這一代及下一代都依賴它，永續地在這塊土地、這個地球上繁衍下去。欲達到這個目標，應先有有機的理念，瞭解農場的地理環境，保持土壤免受雨水、風侵蝕流失，應用先進科學調查土壤之物理、化學及生物特性，建置土壤重要資訊，針對其被破壞或天生不良的特性，予以改良，在不同氣候、地形及季節下選擇適合種植的作物，研擬改良土壤及供應植物適當養分兩方面的土壤肥培管理計畫，採用當地及鄰近資材，利用農地之空間與時間建立包括有綠肥作物的輪作制度，開發及應用有益土壤微生物，充分利用其共生固氮及提升土壤中植物養分有效性之特性，使施用肥料發揮效率。

健康的土壤才能生產健康的食物，而健康的土壤得自正確的土壤肥培管理。針對土壤性質予以肥培管理，不但硬作物可獲得充足均衡的養分，且沒有毒性及毒害物之阻礙健康作物之生長。摒除病害威脅，健康生產力高，生態緩衝強的有機土壤是有機農業的基礎。