第四節　土壤肥料管理與連作問題

楊　秋　忠

一、前　　言

花卉設施栽培將特定的土地，在設施中，使土壤減少受外界環境的影響，因此，設施栽培花卉更需重視土壤及肥料管理，否則，設施內的土壤在缺乏保養時，易引起問題土壤。土壤的施肥是作物生產的基礎，不當或過度施肥將使作物生產力降低或品質變劣的現象。土壤爲作物生產之母，作物需求土壤的三大需求是營養分、水分及氧氣的供應，此外，作物還尙需要土壤提供良好的物理性、化學性及生物性的環境條件，才能使作物生長健康及增進品質。

二、充分提供作物的三大需要

任何作物都需要營養分、水分及氧氣，土壤如何能充分提供此三大需要？分項如下說明：

(一)充分供應營養分

爲了土壤能提供充分的營養，可以利用施肥、增加養分之有效性及增進根系生長之方法達到目的。施肥是爲了增加養分之來源，無論是化學、有機及微生物肥料都有效果，尤其有機肥料及微生物肥料有增加土壤養分之有效性，使作物更容易吸收到土壤存有的養分。土壤若能增進作物的根系生長，也有益於養分的吸收面。

(二)充分的供應水分

土壤爲了充分提供水分，除了依賴雨水外，灌溉有其必要性，雖然水的來源是非常重要，但土壤的保水力也是重要的特性，保水力佳的土壤可以保有及維持土壤水分，以充分供應作物。

(三)充分的供應氧氣

土壤要能充分的供應作物根的氧氣，需要使土壤粒子間有孔隙及通氣孔洞，因此土壤粒子間不能有大量的水，即表示土壤的排水性要良好，土壤要疏鬆及質地不能太細。在土壤剖面中不能有不透水層，如犁底層，才能使土壤的排水良好。

以上可以看出爲了土壤有良好的供應養分、水分及氧氣，可以從不同方式達到此三大需求的目標。

三、作物生長的三大要求

作物在生長上，除了需要養分、水分及氧氣外，尚需要有良好的土壤物理、化學及生物環境，才能有健康的作物：

(一)良好的物理條件

土壤需要有良好的物理條件，是包括土壤的質地適宜，疏鬆，通透性、排水及保水性佳的特性，尤其土壤的團粒性是重要的關鍵，此關鍵又與土壤有機含量有密切關係。

(二)良好的化學條件

土壤需要有良好的化學條件，是包括適宜的酸鹼度及導電度，要有均衡的營養分，及高含量的有機質及正離子交換能力尤其是保肥能力是相當重要的條件。土壤中不宜含有過量的鹽分及有毒物質，此將降低土壤的生產力。

(三)良好的生物條件

土壤需要有良好的生物條件，是包括土壤有機物作用及營養分釋放與影響植物根部健康有關的條件，尤其不具病蟲害之微生物及線蟲。

施用土壤改良劑或營養劑的目的，不外乎在增加作物所需求的養分、水及氧氣，及達到良好的土壤物理、化學及生物的優良環境。

四、肥料的種類及應用

(一)肥料的種類

「肥料」的定義是指凡能增加土壤肥力及作物生產或品質的物料，是謂廣義的「肥料」，一般肥料可分爲三大類：

1. 有機質肥料：自古以來人類早知使用有機質肥料，是古老的方法，古代的人用堆肥、糞便類，而現代的有機質肥料變化及種類甚多，由於有機質肥料的材料「來源」及「分解難易」程度有很大的差別，一般有機質材料的「來源」可分二大類：一是農場有機質肥料，包括廄肥、堆肥、綠肥、廢棄有機殘質等；另一是商業有機質肥料，包括的來源是由微生物、動物、植物的殘體或其廢棄物、泥炭、萃取或濃縮有機質肥料，商業產品是依據某種標準配製的，成分較固定。「分解」的快慢有甚大差，一般綠肥、糞便類、粕類、堆肥、動植物之殘體等分解較快，而含木質素及腐植質較高的有機質材則分解較慢，如泥炭、樹皮、堆肥等。
2. 化學肥料：化學肥料是以化學合成或化學改造的肥料，成分較有一定的含量，例如氮、磷、鉀、鎂、鈣、硫、硼、銅、鋅、錳等等的成分，包括單質及複合肥料。化學肥料常與天然物質有所區分，例如磷礦石粉爲天然資材，經酸處理 (如硫酸) ，即成化學的磷肥，如過磷酸鈣。化學肥料可以爲「速效」肥料，或改造爲「緩效性肥料」。溶解性質上又可分易溶性及不易溶性，易溶於水者可供施用於土壤外，常被使用在「葉面施肥」

的肥料。

3. 生物肥料：生物肥料是指利用活性的生物，增加土壤中的營養或其有效性，保護根部及促進吸收等等的功效，因常用微生物，故可稱爲「微生物肥料」。生物肥料的產品爲近代的新科技肥料，種類甚多，主要是依微生物的功能而區分，例如固氮菌的施用可增加土壤的氮素來源，固氮菌又可分共生固氮菌 (如根瘤菌) 及非共生固氮菌 (如 azosperilum)；菌根眞菌主要可增進作物吸收磷肥；溶磷菌的種類甚多，可將無效性磷溶解爲有效性磷肥。微生物肥料對環境的衝擊甚小，在土壤有限的營養環境，不至打破其生態系統，因此，有益微生物的應用無污染土壤環境之慮。

(二)肥料應用

設施花卉的栽培方式，包括紗網覆蓋式、矮隧道式或塑膠布室栽培等，在施肥技術上需注意長期不同方式的累積，紗網式有天然的雨水淋洗，則較接近一般農田管理。施肥需重視土壤及作物的需求，不宜過量或過少，加上施肥需瞭解肥料的調配，所以施肥是一種技術，也是一種藝術。以下分別依不同肥料類型說明其應用要領及注意事項：

1. 化學肥料

設施花卉栽培上施用化學肥料，需特別重視：

(1)施用化學肥料的要領，不外乎依作物需要適時、適量、適法、適當位置及適合的肥料種類，例如常見長期施用硫胺及施用未能後熟劣質的過磷酸鈣，都會造成土壤酸化。又如水稻幼期施氮太多，致使稻葉濃綠，易發生嚴重稻熱病。過份或不當之施用化學肥料，不但對作物生產及品質將受直接的影響，間接地影響人體健康問題，例如蔬菜中吸收大量施入的硝態氮，其危險也如醃肉中的硝態氮，不可不慎。談到精緻農業之作物品質，土壤扮演的角色甚爲重要，不能忽視作物品質與土壤營養分及管理的研究。

(2)注意平衡的施用化學肥料的觀念甚爲重要，作物吸收土壤的正離子營養元素 (如鉀、鈉、鎂、鈣及部份微量元素) 間有一個比例，例如施用鉀肥可增加葉中鉀的含量，但經常減少其他正離子的含量，如果土壤中有點缺鎂，再施大量鉀肥時，就會造成作物缺鎂的症狀發生，這就是「離子對抗作用」，在果樹中常見到這種現象，因此元素吸收之競爭及平衡施肥的觀念不可缺少。

(3)化學肥料的施用量是值得關切的，一般設施花卉栽培相當密集耕種，一作接續一作，常見每作均大量施肥，導致鹽類累積的問題。

2. 有機質肥料

一般有機質含量較缺乏的土壤 (小於 2%)，施用有機質肥料時，需加强較不易分解的有機質材 (如泥炭)，才能逐年增進土壤有機質含量。然而，易分解的有機質材則主要是供應分解出來的營養，而逐年能累積的有機質則較少。因此，施用有機質肥料時能調配易分解型及不易分解型的有機質甚有必要，除了供應長期營養外，又可達到保養土壤的功效，一舉數得的上策。

以下將常見的數種有機質材分別說明應用要領及方法如下：

(1)農場有機肥

A.廄肥 (糞便類) 有機肥應用要領

①注意施用量：廄肥含有較多的鹽類及氮素。如未經發酵之尿水新鮮使用，易發生肥傷或氮素過多的結果；長期使用糞便之固體部份及液體部份應注意施用不宜過量。

②宜使用在基肥：氮素較高的廄肥適合使用在基肥。在果樹使用上，不能在開花前後大量施用，以免氮素過多或因分解作用，引起落花落果或開花不佳的現象，應提早使用。

③配合其他有機肥料或植物殘質：施用廄肥後，將被分解快速，氮素的損失可達2% 到 30%，在高溫及大風時，損失更大，可使用含較酸性的有機質，穩定氨態氮，減少氨的損失。營養平衡的施肥法是不可忽略，因此有機肥之施用也應重視營養分之平衡，植物殘體是家畜禽類動物之糞尿吸收附著很好的物料，對有機肥料之應用也有相當好處及方便。

④注意施用衛生安全：動物糞便有機肥之使用應注意勿施在土壤表面上，易發臭生蟲，若經處理之糞便則可減少此一缺點，但仍需應用後覆土或翻土蓋住。尤其蔬菜田使用有機肥料需注意衛生及安全，防止寄生蟲及病菌孳長。

B.殘質及堆肥應用要領：

①作物草桿殘質 (如稻草、玉米桿等) 在播種前愈早施入或打入土壤愈好，可避免營養元素 (如氮、微量元素等) 被分解之微生物吸收固定，否則，幼苗將受殘質影響，引起缺乏營養及黃化。因此施用未腐熟之作物草桿殘質，需配合含氮較高的有機質氮肥。

②排水不良之田應減少大量施用作物殘質或未腐熟之堆肥，排水不良的土壤在嫌氣 (缺氧氣) 下，有機物易分解成有害物質，將引起作物根部之傷害。

③有病害及雜草結種子的草桿不宜直接施用，以免病原菌及雜草種子孳長，否則，得不償失。

C.綠肥之應用要領：

①選擇綠肥作物需配合季節生長，冬季綠肥，如紫雲英、油花菜、青皮豆、苜蓿等及春夏綠肥，如田菁、太陽麻等，需在適合之季節種植生長良好的綠肥品種。

②選擇綠肥作物需配合土壤及下期作物：豆科綠肥最適合缺氮肥及缺有機質的土壤應用，尤其是旱作田，豆科綠肥，對氮肥多的水稻田則需配合土壤，因爲豆科增加氮肥過多，易使水稻增加無效分蘖，因此水田種豆科綠肥需配合土壤減少氮肥施用，否則也易發生氮過多，稻熱病問題。

③排水不良的農地慎用綠肥，如需應用時可選用非豆科，如油菜、蘿蔔等，而且種植到開花後老化時更好，因太嫩分解太快，易對作物幼苗生長引起營養競爭或毒害之影響。

(2)商業有機肥料

A.泥炭有機肥：國外泥炭是已被應用很久的有機肥料，泥炭是古代生物長期沈積轉化

的產物，在土壤中分解甚爲緩慢，對長期性土壤有機質的增加是最有效的質材，泥炭的腐熟或轉化程度各產地都有或多或少的差別，因泥炭含有高量的土壤的精華—腐植酸，泥炭中另含有黃酸及腐植膠，有機質含量高，灰分不應太高。泥炭質輕呈酸性，但商業產品中已中和處理，並大都已調整泥炭中所含營養分，可視爲最高穩定及不易分解的土壤良劑。調整泥炭中的營養分是以增加易分解的有機質材爲宜，以補泥炭不易分解的需要。「泥炭苔」是植物多年浸水的產物，保水功能甚佳，但與古生物在數萬年形成的「泥炭土」不同，泥炭苔及泥炭土都是土壤的良好改良劑。

B.動物廢棄物之有機肥料：包括動物糞便(雞糞、豬糞、羊糞等)、廢棄殘體(魚粉、骨粉、羽毛、皮毛等)等，糞便類的成分依飼料的不同及添加材料的多寡，將影響品質甚大，例如雞糞中添加過多的稻殼，就影響成分含量，注意購買品質。魚類殘渣及羽毛類均含有相當高的氮素，一般羽毛類含甚高的蛋白質，可視爲氮肥，商品中也有將蛋白質分解到氨基酸，成爲氨基酸類的氮肥。骨粉含較高的鈣磷肥，是屬較緩慢分解的有機磷肥。

C.植物及微生物殘體或廢棄物之有機肥料：包括已分解(或半分解)及未分解之區別，常見分解腐熟的堆肥，堆肥的品質是依使用的材料、營養含量的多寡、及腐熟度的差別而有不同，一般腐熟度是以「碳氮比」爲標準，「碳氮比」愈低者爲愈腐熟。乾燥的微生物體則以酵母粉最爲常見，所含氮素也較多量，可視爲重要的微生物質材之一，也可供堆肥發酵的促進材料。未腐熟的有機肥料常見的有豆餅、各種種子渣、纖維木質屑等，豆類餅渣是含較高的氮肥，硬質殼渣是不易分解的有機質，可視爲良好的土壤長期改良劑。

D.萃取或濃縮有機肥料：

商品中有從動植體及微生物體中萃取的有機物，呈液體或濃縮粉狀，內含各種有機物及營養元素(包括微量元素)，甚至含有酵素、植物荷爾蒙、抗生素等萃取物，常見有海草類、魚類等萃取物，可視爲綜合性營養劑。

以上各種商品有機肥料，有的是純有機肥料，有的常爲了特殊效應上，添加岩石礦物粉或補足的有機肥料，以便充分滿足分解過程或爲作物需要所調配的有效之有機肥料。

E.腐植酸：固狀泥炭中含高量腐植酸，但近年來腐植酸肥料成爲另一支出色的有機肥料。腐植酸的性質呈酸性是溶於鹼，且不溶於酸的酚酸類聚合物。因在酸性下會沈澱，商業產品都以鹼液萃取，呈鹼性液體或經乾燥呈粉狀，鹼性粉狀則可溶於水，腐植酸不易被分解及構造穩定，可供長效性有機肥料的應用，是優良的土壤改良劑。一般不加化學肥料的產品，不能視爲供應大量營養的來源，施用時需配合化學肥料。添加化學肥料的腐植酸則可當供應營養的產品。液劑腐植酸供土壤改良的功效甚多，其中是能以深灌方式，能有效又簡易的增加較深層土壤的有機質，是有機質深施的一大優點。

3. 微生物肥料

施用微生物肥料最基本觀念是要與作物的根或種子有充分的接觸，才能發揮微生物接種劑的功效，另外是有機質分解菌則需與有機質有接觸，才能有效。微生物肥料施入土壤中能混合微生物的食物(如有機及無機營養物質) 或附著劑(如泥炭)，則效果將更快發揮出來。

設施花卉栽培作物在育苗時接種有益菌，使幼苗將有益菌帶至本田中，甚爲簡便。

依接種劑的型態，主要可分爲液劑及粉劑二種，因爲作物種子大小不同，一般大種子可採用種子外包覆的方法，小種子(或小苗) 則採用混合土壤直接施用法。

(1) 種子外包覆法

①使用對象： 較大型的作物種子

②使用方法

A. 液劑的使用方法

將種子放入容器 (種子量多時可舖在平面場地上)， 將白色粘著劑撒入混勻，再加搖勻的瓶裝接種菌液 (如用噴霧可將粘著劑加入菌液中)，拌種，使種子拌勻濕潤後 (如水分過多，把多餘的水倒出；如水分太少，可加清潔水)，最後將黑色粉末倒入，混合均勻後即可播種 (如不小心太濕了，可用乾土拌入；絕不能將種子浸泡在液體中)。

B. 粉劑的使用方法

將種子放入容器或平面場地上，加入粘著粉劑，再加入清水 (如用噴濕，可將粘著劑加入清水中)，之後即可加入接種劑拌種，使種子上外覆上一層粉劑即可。

(2) 土壤 (或栽培基質) 直接施用法：

①使用對象：較小的作物種子，或苗區及小苗。

②使用方法

A.液劑使用方法

將種子播入土 (或基質) 前後，均可以用稀釋接種劑澆入穴中，或將液劑與土 (或基質) 混合後，播入種子或栽植小苗即可。

B.粉劑使用方法

將土壤 (或基質) 挖個洞， 再以粉劑加入穴中，即可播種種子或小苗於粉劑之上。

③使用量： 液劑以沾濕種子或土壤， 粉劑則以包得住種子的量爲原則。每公頃使用量， 依各種接種劑說明書爲主。

(三)生物肥料施用之應注意事項

1. 接種劑與種子拌種時，或種子加水時，應把多餘的水倒出，絕不能浸泡種子，否則，怕浸水的種子發芽率及發芽勢受影響而降低。
2. 使用固氮接種劑，不可與氮肥混合施用，但磷鉀肥仍需於整地時作基肥施用，如需施用氮肥，可當爲追肥，少量施用。施用溶磷菌或菌根菌，不可加入多量過磷酸鈣。

3. 避免與農藥混合使用，但播種覆土後可施農藥。
4. 混合種子與接種劑需立即播種，土壤不可太乾或太濕，避免雨天播種或播種後立即灌水。
5. 接種劑貯藏於陰涼處，菌種是活的生物，有一定之保存期限，當活的菌種降低時，效果將減少。
6. 強酸性土，可先用石灰質材中和土壤，再施用生物肥料效果將提高。

五、花卉連作問題的發生

設施花卉栽培無論多年生或一年生，都有可能不當的土壤管理，導致發生連作障礙，尤其是設施花卉栽培常因耕地有限及產品價格好的情狀而連作，使得同一種或同一類作物連續在同一塊田栽種的方式，連作常發生作物的生長不良或缺株的問題，甚至施用肥料也不能完全改善，常見如幼苗的枯萎及爛根，生長點或新生枝葉不正常，或不能伸展，有的引起病害而枯死等等的問題。

一年多作的農業地區，尤其是亞熱帶—熱帶區，在同一塊田中一年生產二次以上或更多次數的土地，連作問題是常常可見；耕地面積小的地區，也是常見連作的需要性；設施農業在網室或特定篷式中生產高經濟作物時，爲了增加一年中之單位面積生產，連作密集生產，更是容易產生問題土壤，嚴重者則不能再生產某種特定作物之困難。

花卉連作問題最易被觀察到的就是病蟲害問題，其他土壤問題存在也不易用肉眼觀察出來，因此需要深入研究才能被發覺問題的原因。

六、土壤連作障礙的原因

每一種作物有它特別的需求及代謝，需求土壤中的營養比例、種類，及水分與氧氣都依作物不同而有差異；在代謝上，各種作物都有或多少的差異，合成不同的代謝產物，於是在作物的分泌物及殘質中的分解物都有其特色。由於上述的需求及代謝的特徵，連作可能引發上一作物影響下一次的作物生長，它的原因可能包括如下：

(一) 長期連作後病蟲害增加：由於病原菌及蟲體對作物都有或多或少的偏好性及專一任定性，例如危害某一作物的病蟲可能不一定會危害其他的作物。如果連作時病蟲的族群逐漸增加或一作即增加很多，於是次作將受該增加的病蟲危害了。病蟲的個體可能存在土壤中或作物的殘質中，都可能是連作的障礙。設施花卉栽培的土壤病蟲害在初期較少，但長期連作下，病蟲害的危害可能會因不當的管理而加重，在設施中缺乏日晒雨淋，葯劑分解流失慢，故農葯在土壤中殘留較長，量較多，因此需重視安全用葯。

(二) 長期連作的不當栽培管理及施肥：由於對作物的偏向管理，例如過度的灌水排水，使土壤營養分的淋洗及土壤流失，或是過分的施用化學肥料，尤其是短期花卉栽培常見過度施肥後的鹽分累積，在土壤表面上形成白色粉末之鹽類，都會是連作障礙的原因。

(三)作物吸收大量的營養，導致營養之不足供應。

(四)作物吸收大量的正離子營養，導致土壤酸性增加。

(五)大量的前作殘質，由於碳氮比高，在分解時，微生物大量繁殖，而氮素被微生物吸收，常引起氮之缺乏現象。

(六)作物的根分泌有毒的物質，或殘質分解時釋出或微生物釋放出的有毒物質，在土壤環境中若達到某一臨界濃度後，即將引起毒害作用。

(七)長期連作後土壤有機腐植質的降低：問題可能是土壤的粒子細屑被逐漸打碎，致使有機腐植質的暴露而被分解，也可能是大量的殘質加入土中，致使微生物過量繁殖，導致部份酵素分解了有機腐質的現象。旱作的連作易使土壤有機腐植質含量加速減少，值得重視，因爲穩定的有機腐植質是土壤優良特性的基礎。

七、連作發生土壤問題的防治

一般作物的連作或多或少有土壤問題，嚴重的無法以施肥管理可以彌補，較輕的就可以施肥管理彌補部份的缺失，因此爲了防範連作問題發生，在防治觀念上應以「預防重於治療，以下分項說明防治的要領：

(一)採用輪作栽培：防範連作的發生障礙，最有效的方法就是不要連作，採用作物輪流栽培系統，是預防的重要工作。輪作中以旱田及水田輪流，或是豆科與非豆科輪作，或是大株型與小株型輪作，爲最佳選擇的輪作系統，作物多變性及多樣性是保養土壤的要領。

(二)施用石灰性質材：在酸性土壤中施用石灰質材，可提高土壤酸鹼度外，另可降低病害之病原菌活動，有如殺菌之效果，又可以增加有毒物質的分解，有改善酸化及土壤微生物相的環境，一舉數得。施用中和劑要注意需要配合有機質的施用，將有更好的效果。

(三)施用有機質肥料或種植優良的綠肥：有機質除了能分解供應營養分外，有機質能提供微生物活動的碳源或能源，有助毒物質之分解及吸附作用。種植綠肥可以有輪作的優點，並且也具有機肥的優點，甚至有的可以控制部份之病蟲害，也是一舉數得。

(四)補充不足之營養元素或不均衡之營養元素：連作可能引起營養之缺乏或不均衡，需要補充添加，以施用於土壤或葉面施肥供應之。

(五)施入有益微生物：連作的毒害物質可用解毒菌之應用，消除或降低有毒物質之濃度。

(六)應用浸水、翻晒等方法：毒物質及病蟲害之危害，有一定之濃度及族群，降低濃度及族群都有助解決連作問題，其中浸水及翻晒是相當有效的方法，改變土壤不利的環境。

(七)清除田間作物的殘體：有些殘體是毒物質及病蟲害的來源，因此清除田作殘體，可減少毒物質或病蟲的危害。

(八)種植吸肥量大的作物：在連作田中，隔一段時間 (如三、四年) 種植吸肥量大的作物 (如玉米)，可減少鹽類的累積。

八、結　　論

花卉的栽培需重視土壤、氣候、品種、病蟲害防治及栽培管理等五大因子，各種因子間是相互影響，其中土壤因子是栽培花卉的基礎及根底。土壤的種類及特性差異甚大，首先要認識自己耕作的土壤，才能有效的耕作管理及施肥控制，配合花卉的需求及適應能力，在適地適栽的理念下，以便減少繁鎖的管理。

土壤的條件影響營養的供應及排水的狀況，直接將影響到花卉品質，尤其土壤微生物的良否影響花卉栽種的作敗，因此，認識土壤的物理性、化學性及生物性有其必要。

肥料雖然是可增產及改善花卉品質，但適度的施肥有其必要，若過量施肥可能導致鹽類累積問題。無論是化學肥料、有機肥料及生物性肥料的施用，都需要配合作物、土壤及氣候季節的需求而定。爲減少花卉連作障礙，需重視輪作，施用改良劑及有機質肥料，加强健全土壤微生物相，翻晒或浸水，減少土壤病蟲害發生，將有益於設施花卉栽培的土壤。

九、參 考 文 獻

1. 楊秋忠. 1993. 土壤與肥料 (第五版)。 農世股份有限公司。 p.244-248.
2. 楊秋忠. 1993. 土壤連作問題與對策。 亞熱帶地區蔬菜設施栽培技術 (郭孚燿主編)。台中區農業改良場編印。p.71-74.
3. 楊秋忠、張祖亮. 1993. 施肥與灌溉技術。同上特刊。p.75-83.