

第二節 栽培介質

王 才 義

一、前 言

作物根的固著、水分、氧氣、和重要營養元素大多取自土壤；聰明的人類在研究過土壤與作物的關係之後，便大膽地使用任何無毒素的物質來栽培作物。即使單用水亦可為栽培介質，由於營養元素容易溶於水，只要解決植株固著和氧氣的問題便成了。這便是溫室作物，頗時興的養液栽培技術。

因為，設施在花卉栽培介質，除了土壤外，還有更多的選擇。在固定的設施下栽培花卉，由於連作使得土壤劣變鹽類累積、病蟲害滋生，而產生人工調製栽培介質，或添加有機物堆肥以改善作物的根環境，而不必全靠天然土壤。尤其是溫室作物常利用容器，無論是以植床生產切花或盆鉢栽培植物，其根生長環境總與大地生長環境有很大的差異 - 介質空間很淺又很小。基本上，直接以天然土壤做為容器栽培介質，有諸多不便，譬如要解決連作病害必須消毒、土壤笨重不利盆花運輸，而好的土壤也不容易取得。但是，人工調製栽培介質，經由對介質理化特性分析，幾乎可調製獲得相同組成的栽培介質，也就是所謂的「可複製性」又可避免病害及雜草。再者，質量的輕重，可隨作物的不同而調製，這都是人工調製栽培介質的有利點。

人工調製栽培介質，方便控制根環境，是為適應容器栽培所需，其可無土亦可含土。又必須提醒的，無土栽培介質，絕不優於含土栽培介質，反之亦然。土壤是最重要的園藝資源之一，因為土壤也是藝作物栽培介質，提供作物根的生長的環境。本節先述植物根生長環境需求，次及理想介質的特性、介質成分、栽培介質選擇及栽培介質特性之標準化，以利地下部根環境控制(管理)技術之發展。

二、植物根生長環境需求

植物從栽培介質，也就是根生長的環境中，吸取水分和營養元素。為了確保生長過程中，水分無匱乏之虞，植物的根，必須深入土壤。植物從非常稀薄的土壤溶液，吸取礦物元素，因此根必須遍佈栽培介質上表各層，以獲得足夠的營養素。當根系發育正常時，便能有最大的根表面積，與環境土壤或介質粒子表面之水和營養素接觸，則生長旺盛。

譬如，一棵植物在開放的土地上，經過一個生長季能加700公里長的根，其根表面積為250平方公尺，如果再包括根毛的表面積，則有700平方公尺。發展這麼廣大的根系，事實上遠超過其生理代謝所必需，乃為防範惡劣氣候不時之需。但在設施栽培環境下，有限的根介

質，常限制根系的充分發育，施肥和供水的頻率，就要增加。

植物根尖在栽培介質中蛇行，是依著最小阻力的方向走。通常根可以很輕易，穿入0.2公厘直徑之孔隙，而一旦進入便可將之爆破，即使很狹窄的裂縫。爲了要生長和吸收水分及養分，根必須有能量的補給。也就是根部要有足夠的氧氣行呼吸作用，來產生能量補給。因此，環繞植物根的環境中，要有空氣和水分。若是缺氧而積聚二氧化碳過多時，根部便失去活力，更嚴重的是，嫌氧性細菌滋生，會產生毒素或乙烯之類物質。尤其是在大熱天，土壤若積水24小時，根將嚴重受損；至於乾旱也有類似的情形產生。當根部受損時，應立即除去阻礙根生長的因素，也就是改善根介質環境，使有充足的空氣、水分和養分，這在設施栽培有限根介質管理，與地上都環境控制同等重要。

三、理想介質的特性

沒有一種栽培介質，在一種栽培管理下，可適合所有作物生產的。換句話說，相同的栽培介質，在不同的管理方法，或栽培不同的作物時，會產生不同的結果，因此沒有「完美的」栽培介質，只有「理想的」栽培介質。爲適應不同作物的需求，改善根環境，我們可以調製各種「理想的」栽培介質。常聽到這是菊花栽培介質，那是聖誕紅栽培介質，而那又是吊盆栽培介質的廣告詞，但經不同的栽培者使用後，卻反應不同的結果。這是由於所使用不同的設施和管理方法所致。事實上，用一樣栽培介質，採用不同的管理(施肥、灌溉)方法，亦可栽培多種作物，所以宣稱是何種作物栽培介質，必須說明在何種管理方法下才有意義。因此，選擇理想介質適合栽培作物需求，否則改變管理方法因應介質特性。

設施花卉栽培介質，傾向採用低總體密度之多孔物質，也有合成或加工物質取代天然土壤的趨勢。有機成分通常爲泥炭苔、鋸屑、樹皮或穀殼等農業廢棄物等，無機成分通常爲砂、蛭石、真珠石等，這兩種成分混合而成。選擇時從其生物的、化學的、物理的以及經濟的各方面來考慮。

(一)生物的特性：我們得從二個角度來看(1)有害的有機體(病原菌、害蟲及雜草種子)存在與否；(2)是有益的微生物存在與否。絕對無病原菌的物質是不可能辦到的，即使經高溫加工過的蛭石或真珠石，也可能被空氣中的灰塵所污染。調配均衡的栽培介質，應檢驗有無被病原菌污染注意調製場所以及工具的衛生。也有學者建議加入有益的微生物，以平衡病原菌危害。

(二)化學的特性：讓人想到的，不外乎營養素、陽離子交換能力(C. E. C.)、緩衝能力、pH值、電導度(E. C.)或可溶性鹽以及毒素等。栽培介質中的營養素含量及陽離子交換能力高否，已不很重要，因爲可用施肥技術解決。現代設施栽培管理技術，以可溶性恆常施肥，幾乎就與水耕方式雷同。設施花卉栽培介質並不追求保肥力高者，人們使用岩棉也可栽培高品質的玫瑰花，便是例證。高緩衝能力爲的是減少栽培介質中鹽度和pH值大起大落，否則在栽培期間爲應作物需求，得經常淋洗和調整pH值以利養分吸收。pH值

的調整常用白雲石粉，依栽培作物而定，通常調5.5~6.0之間；又採用泥炭苔為主的無土介質可較低些，含土介質則採較高值。栽培介質的電導度高時，顯示可溶性鹽類太多，易使作物產生鹽害。當然介質中完全無植物毒素是最好的，有些介質成分中的有毒物質經堆積或淋洗後可能在幾個月中消失。

(三)物理的特性：肥料可以解決栽培介質中營養素的問題，調製栽培介質場所及工具注意衛生，使不污染病原菌之後，最重要的便是介質成分物理特性了。重要的物理特性有充氣孔隙度、極有效性水分、總體密度、粒子穩定度以及可沾濕度等。展著劑的添加，可解決泥炭苔、樹皮等有機成分乾燥後不易再回潮的問題。成分粒子不要分解得太快，否則產生通氣不良、體積縮小的現象。依植株的高矮，選擇穩定的總體密度，如果植株高大的盆花，栽植於總體密度低的介質，則容易倒伏，反之太高密度則增加運費負擔。粒子大小分布，影響充氣孔隙度及極有效性水分(E. A. W.)容後討論。

(四)經濟的特性：栽培介質成分材料必須容易取得，貨源不絕，而且價格合理。泥炭苔由於不斷開採使用，將於耗盡的一天，而價格亦逐年提高，便有尋找替代用品的需要。樹皮栽培介質的研究，便是高明顯的一例，儘量使用可再生的物質，設施花卉栽培也是永續性農業中之一環。

今將上述四項栽培介質的特性，以盆鉢栽培為例說明如表一：

表一 盆鉢栽培介質的重要特性

特 性	說 明
生物的	無病原菌及雜草種子，但含有益的微生物。
化學的 營養素 陽離子交換能力 緩衝能力 pH 電導度(E. C.) 毒 素	均衡的礦物營養元素提供。 0.05-0.1 m.e./ml.。 越高越好。 依栽培花卉而定，通常在5.5-6.0 之間。 2-11 ds/m。 無植物毒物質最理想，否則行堆積解毒。
物理的 充氣孔隙度 有效性水分 總體密度 粒子穩定度 可沾濕度	10~50%(體積百分比)。 越多越好，至少20% (體積百分比)。 0.3 - 0.6 g/ml。 成分粒子不可分解得太快。 尤其有機無土介質需加展著劑以利吸水。
經濟的	容易取得，越便宜越好。永續性的供給。

四、介質成分

組成設施花卉栽培介質成分，可分為無機和有機成分二類。無機成分包括田土、砂、蛭石、真珠石、煤渣、礦渣、浮石、發泡煉石和岩棉等，而有機成分包括泥炭、樹皮、鋸木屑、稻殼、花生殼、蔗渣、垃圾堆肥、污泥、椰子殼、菇類堆肥和蛇木屑等。今摘要介紹如下：

(一)無機成分

1. 田土：可以是粘土、壤土、砂質壤土或砂土，含有機質通常在 2 % 以下，因此可視為無機成分，做為混合介質成份，最常用的是壤土，英國最早開發的培養土配方，便是壤土：泥炭土：粗砂 = 7:3:1。而供做調配栽培介質的壤土地，經三年種植苜蓿和其他混合牧草，使得土壤結構良好，富含牧草作物根系及植體分解產生的腐植質，耕犁後堆積再還往溫室使用。在本世紀中葉以前，由於土壤消毒技術還沒發展出來時，常利用夏季更換溫室土壤。
2. 砂：粗砂 (0.5-2.0 mm) 可增進介質的排水性和通氣性，但細砂 (0.05-0.25 mm) 反而會填滿空隙，使栽培介質的結構，更加緊密。砂不易引起化學或生物反應，其粒子的穩定性強，含極微少的營養素、陽離子的交換能力也低，因此緩衝能力弱。不過，其價錢便宜，容易取得，總體密度高 (1.5-1.6 g/ml)，為使高大盆花不易被風吹倒時，可以考慮採用。
3. 蛭石：是由類雲母之矽酸鹽礦物經 760°C – 1000°C 的高溫，加熱膨脹後，而為無類相互平行的薄片。該薄片之間可貯存水分與養分，其表面有無類負電荷，所以陽離子交換能力很高，在 1.9 – 2.7 m.e./100ml。其總體密度則相當的低，約 0.11 – 0.12 g/ml，pH 值在 7 – 9 之間。含鎂量高，鉀也不少。蛭石之保水和保肥力佳，通氣性又好，是極佳的無土介質成分。但結構疏鬆，易受外力破壞，而降低其通氣良好的特性，所以不宜和土壤混合。適用於短期作物，並為良好的播種介質，康乃爾無土配方，便以一半蛭石和一半泥炭苔，混合而成。
4. 真珠石：又叫石硅石或白蛙素，原石為一種矽酸鋁火山岩，先經粉碎後，再經 982°C 的高溫加熱，使粒子內的水分變成蒸汽而膨脹為白色小顆粒，並且有無數充滿空氣的孔穴，因此可採浮於水面。其陽離子交換能力，比蛭石低很多，僅 0.15 m.e./100ml，pH 值接近中性為 7.5。其總體密度與蛭石相近，約為 0.1 g/ml。康乃爾無土配方，有時以真珠石取代蛭石的用量。真珠石的結構，較紮實可與土壤混合，不過在落水後常浮出地面。又因含有氟化物，栽培朱蕉類觀葉植物、小蒼蘭和百合盆花介質，最好不要混合真珠石，以免引起葉尖焦枯的情形。
5. 發泡煉石：這是由粘土團粒經高溫煅燒而成，因粘土母岩不同稍有差異。在美國有由密西西比河谷粘土製成品或由佛羅里達及喬治亞州製品。其粒子形狀不規則，通常以 8 – 45 網目過篩分級。煅燒過的粘土粒，有多數孔隙，一磅的發泡煉石，可以有五公頃的表面積，其表面具有負電荷，因此陽離子交換能力很高。pH 值依產品而異，有呈酸性(

4.5)，也有鹼性(9.0)的。總體密度間於0.48 - 0.04 g/ml，粒子穩定性強，抗壓擠可與土壤混合，增加通氣性，適用於較長期的作物。切花作物栽培介質，可混以10 - 15%，至於盆花則可加25 - 33%，其餘則為土壤或泥岩苔。

(二)有機成份

1. 泥炭：依形成植物和分解程度，大致可分為三大類 - 泥炭苔、蘆葦泥炭和泥炭腐植質。在花卉設施栽培介質，以泥炭苔為主，其他二類鮮少用做混合介質。泥炭苔的形成，多來自水苔或立灰蘚苔。泥炭水苔之pH在3.0 - 4.0，而泥炭立灰蘚苔之pH值稍高在5.2 - 5.5。在台灣從芬蘭、加拿大和澳洲等地進口的泥炭苔，大多是屬泥炭水苔，不過大多數商品，早已調整pH值，並且添加肥料，及展著劑，方便一般花農使用。陽離子交換能力及保水力很強，預拌有展著劑者，不致於發生乾燥後再潤溼困難的問題。
2. 樹皮：做為容器栽培介質的研究報告很多，有取代泥炭苔的趨勢，只要和不同比例的砂混合，便可栽培各種花卉。總體密度和pH值，隨砂的含量增加而上升，但滲漏率和陽離子交換能力則隨砂含量增加而下降。通常樹皮必須先堆積後，才可用於混合介質。松樹皮會吸附銨態氮，每公斤樹皮介質可吸附1.5 mg的氮素，而混合介質pH值上升時，吸附銨離子也增加。樹皮的分解速度，與其碳氮比有關，若樹皮含氮量不足供微生物利用，則會與作物競爭栽培介質中的氮，而造成作物生長缺氮的情形。樹皮經堆積分解後，陽離子交換能力可達60 m.e./100g 以上，並去除其中的酚類化合物。堆積分解期間產生熱，又可除去有害昆蟲、線蟲、病原菌及草種，經3個月至1年的堆積後，再拌入銨態氮4~6週堆積才可安全使用。
3. 稻殼：根據台灣農業年報統計推算，台灣每年稻殼廢棄物有50萬公噸。對於這種取材容易，價格便宜的資材，實應加以利用在花卉設施栽培上。稻殼經實驗室分析，含氮(0.4%)、可溶性磷/總磷(95 ppm/0.03%)，可溶性鉀/總鉀(442 ppm/0.06%)，其所含營養素並不高。但以含稻殼不超過50%的無土介質，栽培非洲堇，若在每公升介質中添加6克魔肥(7:40:6)者，植株生長與對照組(康乃爾無土配方)有相似的結果。稻殼即使不經炭化也不易分解，對增加栽培介質通氣性上很有效。例如火鶴花以泡棉栽培保水力大強，可藉稻殼改善通氣性。炭化稻殼做為栽培介質還有商確的餘地，因為炭化後提高pH值，又要增加炭化能源之損耗。中興大學園藝系炭化稻殼設備，已經很久未用了，由於不易掌握炭化程度，兼又造成空氣污染。稻殼如果不經炭化處理，其保水力弱，但可增加通氣性，可利用於蘭花栽培，應用時要完整，不可再磨碎，因為磨碎後會快速分解。稻殼的碳氮比為63，如果沒有磨碎或堆積處理是不易分解的。
4. 花生殼：總孔隙度為84.9%，充氣孔隙度72.9%，極有效水3.7%，水分緩衝能力0.3%，總體密度0.11 g/ml，為質輕多孔介質成份，混合花生殼的混合介質栽種杜鵑花，可獲最大的乾物重，但須增加灌水次數，藉以增加有效水和水分緩衝能力。台灣也有相當量的花生殼可供利用，但混合土壤時分解快速是其缺點。
5. 玉米穗軸：玉米為台灣大宗雜糧作物，從年產估算，每年廢棄玉米穗軸在6 - 7萬公噸。玉米穗軸通氣性良好，打碎後做為容器栽培混合介質，極容易分解也是其缺點。台南區

農業改良場曾將打碎後的玉米穗軸炭化，做為容器栽培介質，種植蝴蝶蘭和百合，以及香菇和草花育苗，由於炭化後玉米穗軸呈強鹼性，pH值9.8。如果直接用做栽培介質，則不利於種子發芽及作物根系生長，必須用酸洗處理24小時。玉米穗軸的含氮量為0.21%、磷0.08%、鉀0.40%、鈣0.79%、鎂0.23%。

五、介質粒子與孔隙度

研究容器植物栽培的科學家，特別重視栽培介質的物理特性，由於物理特性影響化學及其他特性，而且物理特性間也有交互作用。專家研究混合介質配方時，心中常存一個非常重要的標的：要尋找充氣孔隙度和極有效水分的平衡點。這個關鍵在於成分介質粒子大小分佈。有些學者認為實驗室分析培養土的粒子大小分佈，所得數據，遠不如其他物理特性，如總體密度、水導度或水分釋放率來得有意義。也有人認為，毫無公式可解釋粒子大小分佈與充氣孔隙度和有效性水分之間的關係，因此該人們忽略了成分粒子大小分佈的測定與分析。

其實，栽培介質中，"粗"粒子提供"開放"的空間而充滿空氣；而"細"的粒子填塞孔隙，增加保水力，減少充氣孔隙度，這層道理我們很容易明白。但是"粒子之大小"必須有具體的數字範圍。最近松樹皮栽培介質研究者，以蒙達利松樹皮介質測試，結果顯示小於0.5 mm粒子顯著地影響充氣孔隙度和有效性水分含量；大於0.5 mm粒子使得介質有較大的充氣孔隙度，因此有效性水分含量很少。原粗松樹皮介質的有效性水分含量僅3%，在加入各種小於0.5 mm砂比率時，有增加有效性水分的效果，以0.1—0.25 mm砂粒效果最佳。原粗松樹皮的孔隙度是48%，在加入小於0.5 mm砂後，充氣孔隙度減少，尤以小於0.25 mm的粒子影響較0.25—0.5 mm間的砂粒子影響最著。

是否其他物質也和砂粒一樣，對粗松樹皮介質的充氣孔隙及有效性水分也有相似的效果？答案是肯定的。從試驗得知，就泥炭土、樹皮、砂、鋸木屑、真珠石和蛭石而言，0.1—0.25 mm的粒子減少充氣的隙度，以及增加有效效性水分含量，顯然比0.25—0.5 mm粒子效果來得大些。就中以泥炭土的保持有效性水分能力最高，而真珠石減少充氣孔隙度效果小，概由於真珠石粒子中又有孔隙之故。

六、栽培介質特性的標準化

如果能將栽培介質特性標準化，將方便栽培者對根環境的管理，而且也可讓設施栽培管理達到自動化。歐洲對栽培介質特性建立標準，原先是供植床作物栽培參考的，因此在分析測試總體密度、總孔度、充氣度時都不鎖壓。在pF1~1.7間的土壤水分含量，叫做極有效水分；在pF 1.7~2之間的為水緩衝能力。後來改採極有效水分和水緩衝能力合併計算為可利用水。有些文獻以10—100 cm水頭張力表示介質中，含容易被利用水量，也有些以1—10kPa張力表示，這只是單位不同，其基本概念是一致的。調製栽培介質者，特別重視極有效水份，

是因為如果栽培介質中的極有效水分含量高時，則灌溉次數便不必那麼頻繁。在作物栽培期間，根環境的管理最主要的是水分和養分，又通常肥料可溶於灌溉水，因此栽培介質特性標準化以後，對水分及養分便能合理控制，也是設施花卉栽培邁向自動化所必經之途。

專家在研製一種栽培介質時，常作通盤的考慮，如前所羅列的生物的、化學的、物理的以及經濟的特性。並且就上述特性做一標準化，以利成為商品方便流通，以及產品品質分析測定。沒有一種栽培介質配方能適應不同的栽培管理方式，或者各種不同性質的作物。因此必須調整介質配方，來適應作物及栽培管理方法，或者改變化驗及栽培管理方法來因應介質。今後栽培管理的方式，將會是朝自動化栽培管理的方式，因此栽培介質的特性有待標準化。而對於栽培介質之管理，不外乎施肥及灌溉，所以調製栽培介質以平衡充氣孔隙度及有效性水分含量等物理特性最重要。如果沒有介質粒子分析資料，徒有栽培介質配方並不能告訴你什麼。例如—樹皮／鋸木屑／砂 2：1：1 配方混合介質，裝在淺盆裡，其充氣孔隙度可以 0%，也可以是 30%，關鍵在於成分粒子大小分佈而已。

七、參考文獻

1. 王才義. 1989. 理想栽培介質之調製。第二屆設施園藝研討會專集 p. 65-75.
2. 王才義. 1990. 栽培介質理化性質之測定。興大園藝15:21-28.
3. 劉燕君、王才義. 1992. 稻殼介質對非洲堇生長之影響。興大園藝17:41-53.
4. 王才義. 1993. 農產廢棄物做為容器栽培介質的有機成分之探討。園藝作物生產與發展研討會專刊 p.69-82.
5. 李 咩. 1989. 固體介質之養液栽培。養液栽培技術講習會專刊 第二輯 p.78-87.
6. Nelson, P.V. 1985. Greenhouse Operation and Management 3rd edition. Reston Publishing Company, Inc., Reston, VI, U.S.A. p. 169-244.