

第三篇 栽培介質的種類與特性

作為無土栽培介質的條件？

在無土栽培中，介質的作用是固定和支持作物；提供充足養分，但必需沒有致病生物；提供豐富的水，但又要不妨礙通氣。

水耕時的營養液配方，在介質栽培時，特別是使用有機介質時，會受介質本身元素成分含量、交換容量等因素的影響，而使配方的栽培效果發生變化，這是應當加以考慮的問題。介質栽培時，需要按下述幾個方面嚴格選擇。

要求條件	說明
具有一定大小的固形物質	介質顆粒大小會影響密度、孔隙度、空氣和水的含量。粒徑大小通常分為五級，即： <1 、 $1-5$ 、 $5-10$ 、 $10-20$ 、 $20-50$ mm。可以根據栽培作物種類、根系生長特點、當地資材狀況加以選擇
具有良好的物理性質	介質必須疏鬆、保水、保肥又透氣。南京農業大學吳志行等認為，蔬菜作物比較理想的介質，粒徑最好 $0.5-10$ mm，總孔隙度 $>55\%$ ，容重為 $0.1-0.8$ g/cm ³ ，空氣孔隙率為 $25-30\%$ ，介質的水氣體積比為 $1:4$
具有穩定的化學性狀	本身不含有害成分，不使營養液發生變化 pH 值：介質的酸鹼度會影響營養液的 pH 值及成分變化。pH $6-7$ 被認為是理想的介質 電導度：反映已經解離的鹽類溶液濃度，直接影響營養液的成分和作物根系對各種元素的吸收，適宜的電導度大約在 $1.5-3.0$ dS/m 之間，夏季可較低，冬季則稍高 緩衝能力：反映介質對肥料迅速改變 pH 值的緩衝能力，要求緩衝能力越強越好 陽離子交換容量：是指在 pH=7 時測定的可交換的陽離子含量。一般有機介質，如樹皮、鋸木屑、泥炭等可交換的物質多；無機介質中蛭石可交換物質較多，而其他惰性介質如砂、珍珠石則可交換物質就很少
經濟性	取材方便，來源廣泛，價格低廉，以當地產出的資材為主

另依 Nelson(1991)的意見，認為適宜的溫室栽培介質應含有下列特性：

- 1.所有有機介質經一段時間栽培後，有機物分解較慢，體積盡量不要顯著減少者。
- 2.有機物之 C/N 比不要太高，以免氮源被微生物所固定，而有缺氮之虞。如介質中加入木屑或稻殼，就應多加氮肥。
- 3.濕潤的盆栽介質容積比重在 $640-1,200 \text{ g/dm}^3$ ($0.64-1.20 \text{ g/cm}^3$)，以利搬運，太輕容易倒伏亦不好。
- 4.介質在排水後，其含水量依體積比在 35-50%，空氣佔 10-20 %。
- 5.應具有 6-15 me/100 cc 的陽離子交換容量，以蓄貯養分。
- 6.含土的介質，其 pH 值在 6.2-6.8，無土介質的 pH 值應低一點，在 5.4-6.0。
- 7.除氮和鉀，介質中其他生長所需元素足可供應一季作物的需求量。

簡單的說，介質最好能具備下列要件

- 1.不易腐爛(最好不要含有易分解有機物)；
- 2.適當的結構(最好是團粒狀，粒子和粒子之間容許根系穿透)；
- 3.結構穩固(不易崩塌碎裂)；
- 4.毛細作用明顯(最好有孔狀表面)；
- 5.與營養液不易起化學作用；
- 6.重量適中；
- 7.阻熱或絕熱效果佳；
- 8.色澤愉悅；
- 9.良好的保肥保水能力。

常用的養液栽培介質有那些？

無固形介質的養液栽培系統通常需要較多的設施及設備，且其栽培管理技術較講究，與固有的栽培方式有相當的差異，故而欲採行無固形栽培介質者在初期常有較多的考慮。相對於有固形介質者，如果只是栽培介質使用無土介質，栽培管理與傳統的方式類似，澆水與施肥的著眼則奠基於所用介質的性質。常用的無土栽培介質簡介如下：

常用介質的類型與特性(Rice, 1997, p276)

介質種類	型態類別	特性說明
泥炭 (Peat moss)	有機物	質均、保水、不結團、離子交換容量高、緩衝性大、pH值一般較低，使用前需調整pH值、分解緩慢、乾時有斥水性 泥炭品質好壞差異甚大，顏色較淡褐色、質地較粗而蓬鬆者，因分解尚未完全，其吸水性、保肥性與通氣性較佳，品質較好；顏色較深、質地較細而緊密者，因分解完全，其吸水性、保肥性與通氣性較差，不適於栽種植物
水苔 (Sphagnum)	有機物	質輕、柔軟有彈性、吸水強、容易腐壞，半年至一年就要更換一次
樹皮 (Bark)	有機物	保水、排水及通氣性佳。可替代部分泥炭、需堆積較久，方能使用。碳氮比高，養液需注意氮肥的施用。不同種類的樹皮pH值不同，松樹皮為酸性，硬木屑則為鹼性，使用時須注意pH值的控制
椰殼纖維 (Coconut fiber)	有機物	濕潤後的保水性強，且通氣性甚佳
木屑 (Sawdust)	有機物	種金針菇後較佳、需再充分醱酵，可取代部份泥炭苔
稻穀 (Rise hull)	有機物	需醱酵或炭化，通氣性佳，炭化後pH與EC值均高，使用時須注意
腐葉土 (Leaf mold)	有機物	片狀質地(Flaky texture)、分解時釋出養分、使用前需消毒

介質種類	型態類別	特性說明
活性碳 (Activated charcoal)	有機物，木材碳化而來，功能上似粗粒膠結物	吸附氣味、化合物，經過數個月使達飽和，可用180°C加熱30分鐘，活化之
砂 (Sand)	粗粒膠結物	不分解，有良好通氣性及排水性，可增加無土介質的重量，防止倒伏。僅粗粒砂可用，海砂無法利用。外型不規則者為佳
石礫 (Gravel)	粗粒膠結物	很重、很粗、不分解。適於仙人掌(cacti)或多肉植物(succulent)。具各種顏色
蛭石 (Vermiculite)	粗粒膠結物	乾淨、Mg ²⁺ 、K ⁺ 含量高、保水保肥力強、離子交換容量高、pH值高；結構疏鬆，易受外力破壞，而降低通氣性，適合短期作物，長期使用會造成植物生長不良
珍珠石 (Perlite)	粗粒膠結物	乾淨、保水力強、質輕、不易壓碎、無陽離子交換容量、保肥力差、含有氟可能對氟敏感作物(如朱蕉類、小蒼蘭和百合)有害
保綠人造土 發泡煉石 (Calcined clay)	粗粒膠結物 粗粒膠結物	乾淨、便宜、不分解、保水性佳 保肥力很高、通氣性佳、不易碎、粒子穩定，不易變質。顆粒大小有不同規格，適於盆底襯墊或混合介質使用，可增加介質通氣性
岩綿 (Rockwool)	粗粒膠結物	吸水性很強、最適密度約為70kg/m ³ 。不易分解，容易造成公害
PP泡綿 (Oasis)	粗粒膠結物	具孔隙、通氣性好、孔隙小，毛細作用強而有極佳的吸水性
保麗龍	粗粒膠結物	不具保水、保肥能力，但具有鬆弛介質與防止介質太潮濕的作用
火山灰(Scoria or lava rock)	粗粒膠結物	近火山的天然沉積物、質輕、色暗
蛇木屑	有機物	排水、通氣均佳，使用1-2年後會腐壞
牛糞	有機物	常與其他介質(稻草、蔗渣)一起醱酵後使用
蔗渣 (Sugar garbage)	有機物	便宜，有機質多，通氣、排水好，纖維多，分解後體積改變大
堆肥 (Compost)	有機物	玉米穗軸、高粱桿、稻草等枯枝落葉，需醱酵完全才能使用

各種介質的特色、問題所在與使用現況？

介質種類	年產量或來源	特色	使用現況
稻殼	37 萬噸(林財旺和簡宣裕，1995)，50 萬噸(王才義，1994)或 60 萬噸(王西華，1989)	<ol style="list-style-type: none"> 1.稻殼為台灣最便宜的栽培介質，通常免費，但需自行搬運(目前因推廣有成，大約需80 L/10元) 2.密度低(總體密度$\approx 0.1 \text{ g/cm}^3$)，體積龐大，運輸不便，直接種植作物易倒伏 3.排水與通氣性佳 4.不會影響介質之酸鹼性 5.可溶性鹽類或肥分不易分解，穩定性佳 6.保水能力差，僅12.3% 7.可能帶有病蟲害，炭化後使用較為理想 8.使用過程中因分解與放熱而造成氮素的缺乏(Nitrogen tie up)與植物根部的受傷，使用時應加施氮肥 	<ol style="list-style-type: none"> 1.育苗：楊秋忠(1995)以單一稻殼為蕃茄及瓜果類育苗介質，在育苗期中施用完全液體肥料(如Hoagland solution，但需注意施用濃度及施用次數，一般而言，育苗初期不施肥，待植株之第一對葉完全萌出，施以1/2濃度液肥，爾後逐漸提高)及生物肥料，效果良好，尤其添加微生物肥料效果顯著。稻殼保水力差，質地輕，應注意供水頻度、微量元素的添加和防止作物倒伏 2.堆肥材料：稻殼常為製造堆肥的材料，適當的堆積可除去病蟲害、增加保水性、降低碳氮比及增加陽離子交換容量等。
炭化稻殼	將稻殼隔絕空氣強熱，揮發性物質分解釋出，遺留主成分為碳的炭化稻殼	<ol style="list-style-type: none"> 1.無病蟲害媒介 2.不分解，無氮素固定之慮 3.炭化技術高，太過火候就成灰，而無法改善通氣性，如果沒有燒的恰到好處，就不易達到預期效果，最好的炭化稻殼應具有完整的顆粒 4.炭化用燃燒法，易引起空氣污染 5.pH值9.5，無法單獨使用。通常與黏質資材混合使用，用量應少於介質體積的25% 6.EC值4.0 dS/m(水土比2：1抽出)，且錳會釋放較多，使 	<p>炭化稻殼介質配方</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.炭化稻殼：泥炭：砂=1：3：1；適於盆栽植物(如聖誕紅)、一般草花及觀葉植物 2.炭化稻殼：樹皮堆肥：泥炭土：保綠人造土=1：1：1：1；適於葉菜及果菜 3.炭化稻殼：樹皮堆肥：壤土=1：1：1；適於林木育苗

		用前必須用水洗一下	
泥炭	<p>沼澤地的苔蘚和水生植物經地殼變遷，壓在地下多年而生成。多產於潮濕冷涼地區，尤以北歐芬蘭及北美加拿大等靠近北極圈地區所生產者品質最優良也最多</p> <p>台灣埔里有少量出產，但品質不佳，不適用為盆栽介質</p>	<p>1.生成較久者顏色較深，纖維較細，生成年代較近者色淺，較輕，通氣性較好，品質優於色深者</p> <p>2.分解程度愈高與灰分、養分含量及pH均呈正比，即分解程度愈高，灰分、養分含量及pH亦愈高</p> <p>3.分解程度愈高，質地愈細，空氣孔隙量減少，水孔隙增加，總孔隙減少，相對的密度增加</p> <p>4.分解程度低，孔隙量多，保存的水分量亦大，有效水分的供給亦多</p> <p>5.分解程度愈高，質地愈細，大孔隙減少，小孔隙增加，總孔隙減少，影響所及，分解程度高的泥炭並不適合以單一介質來供作物栽培用，因為其孔隙充滿水分，造成通氣不良，植物生長不佳</p> <p>6.泥炭的pH值均為強酸性，調整的原則為儘可能將石灰磨成極細的粉狀，並充分混合，或與偏鹼性的蛭石或真珠石混合使用</p>	<p>7.保存養分與陽離子交換容量有極大的關係，泥炭大部分是有機物，其陽離子交換容量主要來自pH依賴性電荷，當pH因施用石灰，CEC亦一併提高了</p> <p>8.肥料施用量依泥炭使用年份逐年減少，必要時需分析所含肥料成分及種植作物種類而施用適當肥料</p> <p>9.泥炭使用注意事項</p> <p>a.水苔泥炭使用前宜先澆水濕潤，以手輕握無水滲出為原則</p> <p>b.再濕性差，使用後應保持濕潤，一旦乾燥便不易吸水，將使植物枯死</p> <p>c.單獨使用時可播種，與其他資材混用時，可增加排水性、通氣性、保水力與保肥力，目前市售的小包裝水苔泥炭，大多已調整了酸鹼值，並加入了幫助吸水的展著劑</p>
蛇木屑	<p>杪欏科植物外表常被有纏結堅固的不定根，取下這些不定根分離或細碎以後，即稱為蛇木屑</p>	<p>1.排水透氣性極佳</p> <p>2.偶有蟲卵或蟲類寄生</p> <p>3.用久後會腐爛</p> <p>4.使用前需先浸泡 3-5 日，一方面浸殺成蟲、洗去蟲卵，另一方面使黃褐色有害汁液流出</p>	<p>1.粗(>25 mm)：栽培各類蘭花</p> <p>2.中(10-25 mm)：栽培蕨類與山蘇，與其他材質混合可種洋蘭</p> <p>3.細(3-10 mm)：栽培蘭花小苗與排水性好的觀葉植物</p> <p>4.粉末(<3 mm)：混合其他介質作播種介質</p>

			5.其他：常製成蛇木板、蛇木柱、蛇木盆
椰子殼	泰國或印尼進口	<p>1.pH6.0±0.2(水土比10:1測定)</p> <p>2.EC < 0.2 dS/m(水土比2:1抽出)</p> <p>3.空氣孔隙率59 %</p> <p>4.保水 36 % (體積含水百分率)</p> <p>5.粉碎的椰子殼在栽培前須先浸水 24 小時以上，以便充分吸收水分，以及洗出椰子殼本身含有的鹽分，因椰子殼本身含肥份極低，在浸水時，可加入一些尿素以利生長</p>	<p>1.以椰子殼為栽培介質管理宜注意：</p> <p>a.椰子殼浸透後的含水量相當大，可節省澆水時間，一般以3-4天澆一次水即可</p> <p>b.椰子殼如在完全乾燥時吸水能力較差。椰子殼在浸水時，可放入少量的展著劑，以促進其吸水能力</p> <p>2.椰子殼之培養介質種類</p> <p>a.粉狀(3 mm 以下)及細塊狀(3-10 mm)用於蘭花育苗，有 3 種調配方式：全量椰子殼；椰子殼：蛇木屑(3 號)=1：1；椰子殼：保綠人造土(2 號)=1：1</p> <p>b.中塊狀(10-25 mm)及粗塊狀(25 mm 以上)多用於蘭花成株栽培。使用有：全量椰子殼；椰子殼：3 分大碎石頭=2：1</p>
椰纖	椰子殼的粗纖維被剝離去製造繩索、刷子、墊子後，稱為髓質的東西被遺留下來，堆積成山，經過數年風吹、日曬、雨淋，將其乾燥、過篩、檢疫，即為椰纖	<p>1.椰纖與泥炭相似，其通氣與飽水性均佳</p> <p>2.質地較泥炭鬆散，致使多餘的水分快速流失，伴隨的是養分的洗失，介質很快變為肥力低下，若能了解其特性，利用毛細作用，由底部灌水，使水分向上移動，可以避免肥料流失，其將成為泥炭的最佳替代品</p> <p>3.椰纖的陽離子交換容量60-130 me/100g；C/N 80；pH 5.5-6.8；有機質94-98 %；使用後，將其乾燥，可為燃料</p>	<p>1.將100%椰纖經高壓擠壓呈圓形餅狀，稱為椰纖餅，直徑9 cm，高2 cm，使用時放入上寬12 cm，高9-10 cm，底寬9 cm的盆鉢中，加水約可膨脹8-9倍，可直接種植植物</p> <p>2.將椰子殼粗纖維捆紮成束，可當攀爬類植物(如黃金葛)的立柱</p>
樹皮		1.盆栽介質常用者為粒徑在一公分(3/8英寸)以下之樹皮	本省使用並不普遍，僅少量用於蘭花栽培

		<p>2.樹皮的碳氮比約為300：1，直接與土壤混合，會與植物競爭土壤中的氮而易造成植物缺氮的情形，尤以分解初期最嚴重；樹皮上若附有形成層及木材等組織，分解加快，更加深了氮不足問題</p> <p>3.有些樹皮含有各種酚類化合物，會抑制植物生長，然亦有抑制線蟲生長之效</p> <p>4.新鮮樹皮陽離子交換容量低，僅 8 me/100g，保肥力不好。經堆積分解後，陽離子交換容量達 60 me/100g 以上，並可除去其中所含之酚類化合物。堆積分解期間會產生熱，可除去有害昆蟲、線蟲、病原體及草籽；經 3 個月-1 年的堆積後再拌入銨態氮，經 4-6 週堆積可使用</p> <p>5.密度約 0.21 g/cm³</p>	<p>目前金車蘭園有進口樹皮供蘭花業者使用，單價很高</p>
鋸木屑	木材副產品	<p>1.木屑特性與樹皮相似，其碳氮比為1000：1，若拌入土中會造成嚴重缺氮(Nitrogen tie up)。木屑堆肥發酵過程中應補充氮肥，每噸木屑應加12公斤氮肥，一來加速有機物分解，二來補充植物氮素營養</p> <p>2.硬木屑顆粒較細，分解快，其缺氮情形較軟木屑嚴重</p> <p>3.木屑堆積於底層者，可能會因未受到淋溶作用(leaching)，又發酵時無足夠的氧氣，產生揮發性有機酸傷害植物，此種木屑顏色較深且具有尖銳之辣味</p> <p>4.木屑堆積常拌入氮肥，堆積分解一個月後會呈酸性，故要拌入石灰物質，而木屑在完全分解後則近於中性</p> <p>5.各種介質拌入木屑均會改善介質物理性質，木屑分解後其團粒性及陽離子交換容量均會增加，而木屑含有</p>	<p>1.經堆肥化後，始可為栽培介質，用以取代泥炭</p> <p>2.木屑經適度堆積後可為菇類栽培介質</p> <p>3.介質中 1/2-2/3 的泥炭可用木屑取代，對小苗生長並無不良影響</p> <p>4.木屑之 pH 值與是否含有有毒之單寧酸、松脂或樹脂乃視樹種而異，使用時應選擇樹種，以避免毒害之發生</p> <p>5.硬木(hardwood)屑常含有有毒之酚類物質，經堆積 44 天以上或以蒸氣加熱可除去大多數的植物有毒物質(phytotoxins)，而小苗對此類毒素之敏感性則視植物種</p>

		<p>大量之木質素，故比一般有機堆肥更持久</p> <p>6.選擇木屑使用應選堆積越久之軟木屑越好</p> <p>7.在台灣以福州杉木屑最易獲得，效果也最好，與砂混合，若澆水施肥恰當，可生產極佳之盆花</p> <p>8.木屑堆肥之酸鹼度隨添加成分之種類而異。開始堆積之 pH 均高達 8.6-9.0，經良好的發酵處理後，其 pH 漸漸降低，經 50 天之堆積、翻堆，其 pH 值約 7.2-7.6，再經數日後熟階段，其 pH 值可降低為 6.0-6.5</p>	<p>類而定，如非洲鳳仙花小苗的介質若木屑含量超過 1/3，則長不好。播種介質以不採用為宜</p>
菇類太空包	119,250 公噸	<p>1.太空包內的木屑未經處理常有缺點，如缺乏微量元素(如鐵、鋅)及含毒性物質，影響作物發芽或生長，菇類栽培木屑未經處理便使用常見葉部黃化之症狀。</p> <p>2.新鮮洋菇堆肥含高濃度的$\text{NH}_4^+\text{-N}$(20 mmol/kg)，及高 EC 值(22-27 dS/m)，在使用前需經過堆積及淋洗</p> <p>3.新鮮洋菇堆肥堆積的過程中 pH 值先增後降，最高達 8.6，此仍因堆積的前 15 天，NH_3 釋出之故，堆積六週之後，$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度可下降到 1 mmol/kg</p> <p>4.新鮮與堆積過的洋菇堆肥都具有高的 EC 值。經過三次清水淋洗後，可降到 4 dS/m</p> <p>5.菇類太空包具有高的保水力，且隨堆積時間而增加，相反的，它們具有低的充氣孔隙度，黃(1988)曾測得飽水時其空氣孔隙率為 0，可見其飽水能力之強，使用時宜混合較粗的粒子改善其物理性，才能作為栽培介質使用</p> <p>6.金針菇棄堆肥銨態氮在堆積二週時量最多，硝酸態氮</p>	<p>1.新取得之金針菇棄堆肥，不論有無殺菌處理，皆抑制小白菜發芽，堆積四週之後，不論有無殺菌處理，皆無害於發芽</p> <p>2.百慕達草單株種植於堆積 0、2、4、6 及 8 週之金針菇棄堆肥，堆積 0 與 2 週者，初期生長勢受到抑制，後期生長勢較好，堆積 4 週以上者，各處理生長較平均，惟總生長量以堆積 4 週者最好(陳士略，1995)</p> <p>3.玫瑰組培苗出瓶後，直接假植於堆積 4 週之金針菇棄堆肥及其調配介質中，成活率可達 100%。移植後以添加 50 % BVB4 之介質最好，每週施用液肥有增加生物量的效果(曾寶明，1996)。</p> <p>4.在金針菇棄堆肥的調配介質中(炭化稻殼、BVB4)栽培小白菜，以不添加其他介質之堆積四週金針菇棄堆肥得到最大的生物量，添加炭化稻殼 50 % 對根長有益，</p>

		<p>在堆積四週時最高，總氮含量在堆積四週後略有減少，磷鉀略有增加；隨堆積時間增加，交換性鈣與鎂有逐漸下降的趨勢，有效性鐵與銅亦相同，錳的含量則增加，且偏高，容易造成植株缺鐵現象</p>	<p>但對乾物重無益。金針菇棄堆肥添加炭化稻穀或BVB4均有稀釋毒質或養分的效果(曾寶明，1996)</p> <p>5.新鮮洋菇堆肥與老化洋菇堆肥作為期六週的淋洗試驗，前者體積縮減28%，後者為10%，因此使用時需注意體積收縮的問題。因體積收縮問題嚴重，故僅適於短期作物，而不適於長期作物</p>
花生殼		<ol style="list-style-type: none"> 1.質輕(0.11 g/cm³) 2.抗分解 3.具多量纖維 4.可能帶有寄生性線蟲及土壤病原菌，以蒸氣消毒後使用 	<ol style="list-style-type: none"> 1.拌入栽培杜鵑、瓜葉菊或聖誕紅之泥炭中，以增加介質之排水與通氣性 2.盆栽菊花之土壤中拌入 20 % 花生殼，植株品質與種於土/泥炭者相近，花生殼可取代水苔泥炭而降低成本 3.台灣工技學院曾製出脘化花生殼，以之拌砂與杉木屑，可使草花生長良好 4.茶園最佳覆蓋資材，可防止雜草與保水
水苔	<p>是一種生長在高海拔、森林陰濕處的青苔類植物，經採集曬乾而成</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.呈酸性 2.質輕(0.10 g/cm³) 3.使用前應先浸濕，待充分濕潤後再使用 4.再濕性差，需經常保持濕潤 5.單價太高，僅使用於高級花卉或育苗 	<ol style="list-style-type: none"> 1.大多用在高接、扦插、嫁接、盆面或蛇木板上，當成保濕材料 2.泡水20分鐘，用手扭乾，在潮濕狀態下使用 3.蘭花盆栽使用普遍
甘蔗渣	<p>民國 82/83 及 83/84 年期年產量分別為</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.具有高度的保水力，常造成介質之通氣不良 2.含糖量高 	<ol style="list-style-type: none"> 1.大部分利用於燃料，以生質能源使用 2.少部分作為造紙原料、石膏纖維板、食品

	152 及 106 萬公噸，有逐年下降的趨勢	<ol style="list-style-type: none"> 3.分解快速，用於容器栽培，體積縮小迅速，通常僅限於短期栽培使用 4.新鮮甘蔗渣乾燥後，直接使用，產生微生物之大量繁殖與營養競爭的問題，引起作物黃化或枯死 5.完全腐熟甘蔗渣，使用量佔介質之20 %以下，並增加氮肥用量，效果不錯 6.主成分為纖維素、木質素及半纖維素，C/N達150，未經任何處理之蔗渣，約需一年半以上堆積，方能腐熟 	<p>包裝容器、免洗餐具等。其製造技術已無問題，但成本與銷路乃待評估，且其能銷耗的量有限</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.以農業用途直接施於田間 4.為製造堆肥的原料，用於調整水分、碳氮比
玉米穗軸	6-7 萬(王才義，1994)，13.9 萬(楊盛行，1995)，20 萬(王西華，1989)公噸	<ol style="list-style-type: none"> 1.通氣性良好 2.極容易分解 3.炭化玉米穗軸呈強鹼性，pH值9.8 	<ol style="list-style-type: none"> 1.打碎後直接作為容器栽培混合介質，但需注意用量不超過25 %，以10 %為宜，用量太多，易有體積縮小與氮饑餓的問題 2.台南區農業改良場將打碎後的玉米穗軸炭化，作為容器栽培介質，種植蝴蝶蘭、百合，以及香菇和草花育苗，效果良好
污泥	脫水下水道污泥，性如泥炭，可為有機栽培介質	具有緩效性肥料之功效	<ol style="list-style-type: none"> 1.在介質中拌入1/3用量，對草花及盆菊非常理想，但切記不要種植葉菜類，以免重金屬累積太多於葉菜，有害人體健康
垃圾堆肥	家庭廢棄物	<ol style="list-style-type: none"> 1.pH 7.1-8.5 2.有機碳 7.5 % 3.碳氮比 14 	<ol style="list-style-type: none"> 1.經三週之堆積處理便可使用，其用量為介質體積之25-30 %，用於菊花栽培，可增加花朵數，並提早開花
砂	到處存在，河砂、海砂均可利用，但以河砂較宜海砂必	<ol style="list-style-type: none"> 1.砂不會引起化學或生物變化 2.不具緩衝能力(陽離子交換容量極低，可視為0) 3.含極微量養分 	<ol style="list-style-type: none"> 1.單獨使用，可用來扦插或播種育苗，田尾菊花扦插多以砂為介質，栽培現況良好 2.與其他材質混用，通常用量佔介質體積的

	需經過洗鹽處理，方可應用	<ol style="list-style-type: none"> 4.保水力極低 5.價錢低廉 6.非常重(總體密度1.6 g/cm³) 7.可增加介質中較粗之質地，增進介質之排水與通氣性 	<p>25%，以減少搬運費，並增加介質之排水及防止倒伏</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.最好選則質地粗、有棱角、大顆粒之河砂 4.粒徑0.05-2.00 mm均屬之，但以0.25-0.50 mm最適合盆栽介質，太小會填滿小空隙使介質之結構更加緊密，不利於通氣 5.使用前應以清水沖洗，去除雜質與鹽害，尤其是海砂
蛭石	<p>蛭石是由類雲母(Mica like)之鎂鋁矽酸鹽礦物，經760-1000℃的高溫加熱膨脹為無數互相平行的薄片，薄片之間可保存水分與養分，並且表面有無數負電荷</p> <p>依產地有美國和非洲蛭石，美國產蛭石為微鹼性，非洲產 pH 值可高達 9</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.拌入酸性介質(如泥炭)中可使介質的pH值與鉀、鎂、鈣之含量增高，磷含量降低 2.蛭石之保水力與保肥力極佳，通氣性好 3.清潔、保濕，無病原菌之虞 4.質輕(0.11-0.16 g/cm³) 5.陽離子交換容量甚高，可達100-150 cmol/kg (11-35.2 cmol/L) 6.再濕性強，不會變質，故為極佳的無土介質。 7.結構疏鬆，易受外力破壞而碎，嚴重降低透氣性，故不宜與土壤共同使用，適用於短期(3-4個月內)之盆栽 8.原礦石密度0.88-1.04 g/cm³，迅速加熱到大約300 °C時，膨脹厚度為原礦石的20(18-25)倍 	<ol style="list-style-type: none"> 1.單獨使用為極佳之播種、扦插介質 2.商業上常與水苔泥炭共同使用於花壇植物之栽培 3.農業外用途(大不列顛百科全書，17-455) <ul style="list-style-type: none"> (1)製造輕骨料混泥土或輕型灰泥 (2)絕熱、隔音、防火材料 (3)包裝介質 (4)造紙、油漆或塑料中用作填充劑或增量劑
珍珠石	<p>珍珠石又稱白矽石、白矽素，為鋁矽酸鹽礦物，含水2-5%，原石出產於</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.珍珠石本身並不會吸水，但水分可以附著於顆粒表面，可攜帶本身重量3-4倍的水分 2.pH值約為7.0-7.5，近中性 	<ol style="list-style-type: none"> 1.質輕，大量急速的灌水，容易漂浮於盆面，甚至流失，可以用底部供水式或在盆面鋪水苔改善之

	<p>日本與希臘。將此矽質火山岩經粉碎，加熱(982°C)，使粒子內的水分變成蒸氣而膨脹成白色小球</p>	<ol style="list-style-type: none"> 3.不引起化學變化，不具緩衝力 4.陽離子交換容量僅(0.15 cmol/L) 5.品質一致，無病蟲害 6.不腐化或分解 7.與土壤混合使用不易擦破變碎 8.總體密度僅0.095(0.08-0.18) g/cm³，而砂為1.60-1.92 g/cm³，可取代笨重的砂而增加介質的通氣性。 9.潮濕時極易與其它成分混合均勻 10.白色、美觀、質輕、搬運方便、無味、無毒、不易碎，便於清洗或更換等優點 	<ol style="list-style-type: none"> 2.用於觀葉植物栽培，則其內所含的鈉、鋁及一些可溶性氟可能傷害葉片，使用前應充分以水淋洗 3.用於播種或與其他介質混合，增加通氣，降低重量
<p>鍛燒粘土</p>	<p>粒徑均一的蒙特石(Montmorillonite)或Attapuligite粘土礦物和水後經740-760°C 高溫鍛燒而成</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.石礫狀質地，似紅磚，堅硬不易碎，表面圓整美觀 2.具有多數孔隙 3.其陽離子交換容量6-21 cmol/kg(3.4-11.8 cmol/L)及保水、保肥力均高 4.不含病蟲害或草籽 5.總體密度0.48-0.64 g/cm³，pH4.5-9.0 6.性質穩定不分解，能抗緊壓，石質本身多孔，石與石之間含氣量高，具有幫助根部生長的理想條件，於不透氣的塑膠盆，是相當好的栽培介質 7.具有保水保肥能力和良好排水透氣特性，化學性質穩定，無毒、無味、衛生 	<ol style="list-style-type: none"> 1.適用於栽培期較常的盆栽、吊盆、水耕與底部無洞的鉢 2.與其它介質混合時，多半以介質體積10-20%之比例拌入混合，主要功能在增加介質通氣性 3.用於建築工程輕型保溫材料
<p>岩棉</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 最早係丹麥 Grodania產品 	<ol style="list-style-type: none"> 1.具很大的孔隙率：板狀岩棉於乾燥時，其容積的95%以上為孔隙，纖維(固相容積率)僅佔3-4% 	<ol style="list-style-type: none"> 1.一般疏水性之岩棉多用作隔熱材料，園藝上做成粒狀岩棉使用。供為栽培之板狀或

	<p>2. 一般以玄武岩 (Basalt) 為原料，加熱至 1500°C，溶解成黏膠液狀，在桶中經由高速旋轉，將之拉成纖維狀，再壓縮成塊或造粒</p> <p>3. 岩棉纖維的長度和粗細、桶之旋轉速度、溫度等影響岩棉的性質，進而影響岩棉孔隙大小及水分的利用</p> <p>4. 岩棉製造過程中加入碳酸鈣和添加劑等，使成品的物理特性能適合栽培需要</p> <p>5. 添加劑通常包括使纖維結合的酚樹脂及親水性或疏水性的添加劑</p>	<p>2. 保水力很強、很多：灌滿水之板狀岩棉自然排水後，水與空氣之體積比大約為 65：30。這個比率的大小與岩棉密度、纖維排列方向、厚度有關。較厚而密度低之岩棉，空氣含有率較高，反之，較薄而密度高之岩棉，含水量較高</p> <p>3. 根很容易從岩棉中吸收水分：根吸收水分之難易受介質毛細管阻抗 (Capillary resistance) 所左右，這些阻抗之程度以 pF 值表示。pF 值愈高，作物對水分之吸收愈為困難。對岩棉而言，作物可以在其最大容水量的 90 % 以內，15 % 以上，毫無阻力的吸收，而其 pF 值僅僅改變 2 倍而已</p> <p>4. 水分管理容易：由於岩棉具有高的飽水能力，且在 15 % 保水量以上，作物即不致於發生水分的逆境，因此水分管理容易</p> <p>5. 通氣性極佳：即使過量供水 (養液)，板狀岩棉亦可在停止供水 1-2 分鐘後排除過量的水，使板狀岩棉中的空氣可保持其孔隙的 30-40 %。如此有利於根系空氣的更新，而更利於作物的栽培</p> <p>6. 安定不分解，可重複使用：岩棉不含營養物質，作為栽培介質，除了 pH 值有少許變化之外，培養液幾乎不受影響</p> <p>7. 重量輕，為均勻的植物栽培介質：岩棉總體密度約為 0.05-0.09 g/cm³，但當它飽水時，密度可提升至 0.64 g/cm³ 以上，其重量又足以支撐植物</p> <p>8. 使用期長：岩棉每個纖維間以酚樹脂行多點的連接，</p>	<p>其它塊狀岩棉皆為吸水性</p> <p>2. 岩棉纖維的方向與岩棉的利用關係極大。一般栽培用的板狀岩棉的纖維通常為水平方向。如此使培養液可適合毛管力而移動，同時供液之後可防止表面急速乾燥</p> <p>3. 營養繁殖用之塊狀以縱向排列居多，如此可確保扦插苗處於潤濕狀態</p> <p>4. 以岩棉栽培玫瑰花，連續 7 年並未見岩棉之構造變化而減少其收量</p> <p>5. 在蕃茄、玫瑰、小黃瓜、非洲菊、菊花、蘭花等已有相當多資料可供應用。其他尚未完全明瞭其養分需求的作物，只能經由栽培進行中定期岩棉內營養要素及植體分析，做適當修補，應不是難事</p>
--	--	---	--

		<p>可防止其斷裂，而且岩棉不變形，並不因含水率的多少而發生膨脹或收縮，甚至完全乾燥時岩棉的大小仍與完全含水時保持不變</p> <p>9.微鹼性，不具CEC，無緩衝能力，營養控制上較良好：由於岩棉並未持有養分，僅為根系之支持介質，因此，在營養液的調配上，只要收集作物需求的相關資料，便可毫無偏差的配製符合作物需要的營養液配方</p>	
保綠人造土	<p>以人造纖維聚丙烯睛(壓克力纖維)和奧龍經由機器針棍施以剪毛處理及絞拌而製成的一種糾結如絮顆粒狀物</p> <p>這是純由國人研究成功的無土栽培介質，已獲得經濟部中央標準局的發明專利權，並於1981年在紐約世界發明展中獲得銅牌獎</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.質量輕(0.06 g/cm³)、乾淨衛生、易操作使用 2.物理特性比土壤優異，質地柔軟，使植物根部通氣良好，可促進根部快速、良好的發育生長 3.可長期使用，不分解，酸鹼度穩定。天然土壤使用一段時間後，物理性質被破壞，保水、排水及保肥能力盡失，但保綠人造土不會 4.有良好的纖維毛細作用，容水量特佳(559.9%)，可減少日常澆水次數 5.質均、無菌、不含有毒物質 	<ol style="list-style-type: none"> 1.室內外容器栽培用的培養介質，適用於花木、觀葉植物、花壇、蔬菜及水果等 2.盆景；蘭花栽培；速成草毯；菇類太空包人工培養；植物工廠或立體栽培的介質；扦插或種苗繁殖，發根率高，栽培時不傷根部 3.苗木根部之包裝，以利運輸及海關檢疫 4.人工地盤超輕量綠化工法所使用的栽植介質，例如屋頂、陽臺花園、會議場臨時景觀等，或其它專業上的園藝用途，如室內綠化、速成景觀、植物工廠等
保利龍		<ol style="list-style-type: none"> 1.具無數密閉但充滿空氣的小室，像砂一樣它不吸水分 2.極輕，總體密度僅為0.024 g/cm³ 3.不具有陽離子交換容量，但可以取代砂而增加介質的通氣性及減輕重量 	<ol style="list-style-type: none"> 1.利龍有球狀及薄片狀兩種型態。球狀粒徑在3-10 mm之間，薄片狀在3-13 mm，適用於盆栽 2.球狀的保利龍適用於植床介質(bench media)及附生植物，如蘭花的栽培

		<p>4.為中性，不影響介質之酸鹼性</p> <p>5.飽水時可能會與介質分離而浮出介質表面，因此，以保利龍不腐爛、質地輕、隨風及表面水而漂到海邊，影響美麗景觀</p>	
水	天然水較佳，自來水需靜置一天，除氯後使用為宜	<p>1.提供植物充分的水及養分，可是卻缺乏空氣交換及支撐功能</p> <p>2.作物生長在水中通常需要打氣及尋找支撐介質</p>	水耕栽培(Water Culture或Hydroponic)
煤渣		<p>1.具有多量孔隙及粒狀結構，能使介質產生較大的空隙</p> <p>2.陽離子交換容量及保水、保肥力均低</p> <p>3.含大量硫酸鹽，使用前應堆積一年</p> <p>4.價錢低廉，但因需要沖洗脫鹽及過篩而增加成本，無法與真珠石或蛭石競爭</p> <p>5.總體密度0.65 g/cm^3</p>	1.於介質中拌入50 %煤渣可使排水及通氣性大為提高，利用於蘭花栽培較多
礦渣、浮石	浮石為火山熔岩經快速冷卻所形成	<p>1.具有多數孔隙，重約30 lb/ft^3 (0.48 g/cm^3)</p> <p>2.浮石重量輕，可取代真珠石使用。主要產地為冰島</p>	

泥炭的特性與分類為何？

泥炭的分級係依據分解程度(腐植化作用)而分。

種類	特性
泥炭苔(peat moss)：H 1-3	<ol style="list-style-type: none">1.呈淺黃褐色-褐色2.多來自水苔(sphagnum)或立灰蘚(hypnummoss)3.此類泥炭輕度分解，組成物猶可辨識4.pH值在3.0-4.0，使用時必須混合8-20 kg/m³磨細的苦土石灰，可將pH調整至大部份作物適合生長的範圍5.此類泥炭，含氮0.6-1.4 %，但不被視為肥料來源，且其本身分解很慢，所以不會發生因氮素被微生物固定而使植物缺氮之情形；含磷0.02-0.1 %，鉀0.02-0.08 %，鈣0.12-1.78 %6.陽離子交換能力及保水力強，可保存其體積60 %或乾重10-20倍的水分7.乾燥時非常不易吸濕，故介質中需拌入展著劑(wetting agent)8.在含土介質中加入25-75 %的水苔泥炭，可增加粘重土壤排水與通氣性，亦可增加輕鬆介質之保水保肥力。介質中拌入泥炭者，植株葉片中鎂及鐵含量會增高
蘆葦莎草泥炭(Reed-sedge peat)：H 4-6	<ol style="list-style-type: none">1.呈紅褐色-褐色2.由蘆葦、莎草等沼澤植物(Swamp plant)所形成3.分解程度較高4.pH4.0-7.55.質細分解快，不宜用於盆栽6.成分含量N 1.5-2.5%、P 0.04-0.07%、K 0.02-0.07%、Ca 0.14-0.36%
腐植泥炭(peat humus)：H 7-10	<ol style="list-style-type: none">1.呈紅褐色-黑色2.由前兩種泥炭進一步分解所構成3.分解程度最大4.pH5.0-7.55.保水力最低6.含氮2.0-3.5 %，不宜種植對鹽分敏感植物或作播種用，當被微生物分解時，會釋出銨態氮而對小苗、非洲堇、金魚草、杜鵑等植物有害

大致而言，泥炭苔生成時間最短，蘆葦莎草泥炭次之，腐植泥炭最久，泥炭苔尚可看出植物纖維，而腐植泥炭分解程度最高，已完全無法分辨。

依分解程度高低，將泥炭分成十大類，如下表。

園藝用泥炭依分解程度之分類(the von Post scale)

分解程度	擠壓出來的水的特性	由指縫間擠出的量	植物殘體的特性	描述	分解程度	
H1	澄清無色澤	無	未改變，纖維狀，有彈性	尚未分解	↓	
H2	幾近澄清，黃棕色	無	幾乎未改變	幾乎未分解		
H3	稍混濁，棕色	無	大部分殘餘物易於辨識	極輕度分解		
H4	混濁，棕色	無	大部分殘餘物猶可辨識	輕度分解		
H5	極混濁，懸濁液中含有些微泥炭	很少	整體殘餘物難於辨識	中度分解		
H6	泥濘，懸濁液中含有很多泥炭	三分之一	整體殘餘物無法辨識	充分分解		
H7	極泥濘	一半	極少數殘餘物尚可辨識	高度分解		
H8	少有自由水	三分之二	只有抗分解的根、纖維和樹皮可以辨識	極高度分解		
H9	無自由水	幾乎全部	殘餘物無法辨識	幾已完全分解		漸
H10	無自由水	全部	完全為無定形物	完全分解		增

不同泥炭的理化性質如何？

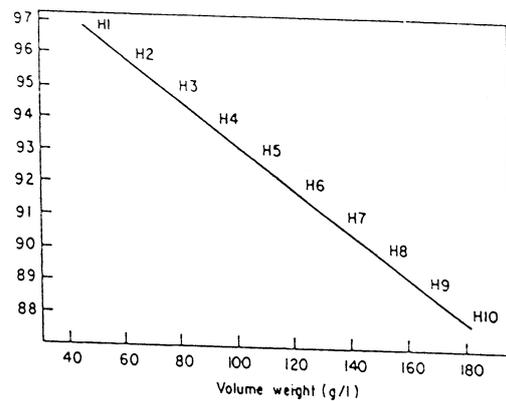
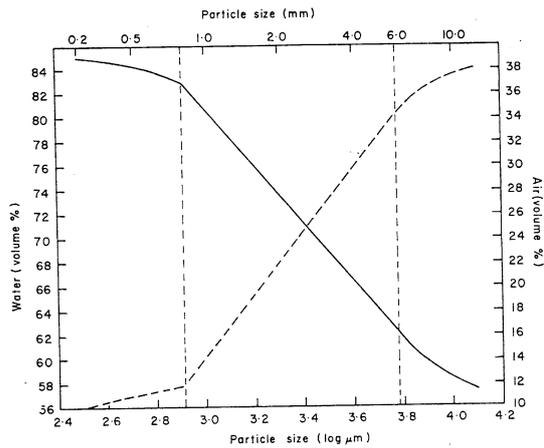
1. 深淺兩種水苔泥炭的物理性狀

種類	總體密度		孔隙度	空氣孔隙	含水量
	kg/m ³	g/cm ³			

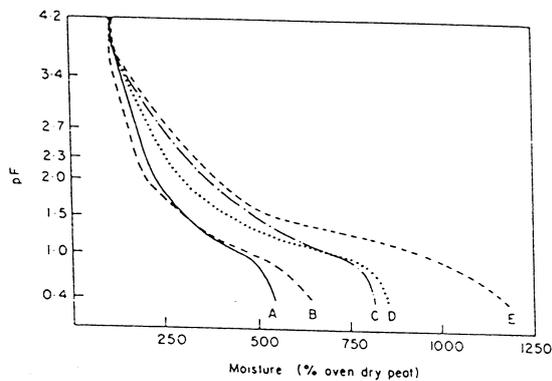
淺色水苔泥炭	40-58	0.04-0.058	95-97	15-40	55-82
深色水苔泥炭	80-130	0.08-0.13	92-96	12-25	67-83

2.不同型態泥炭的灰分、養分含量及pH

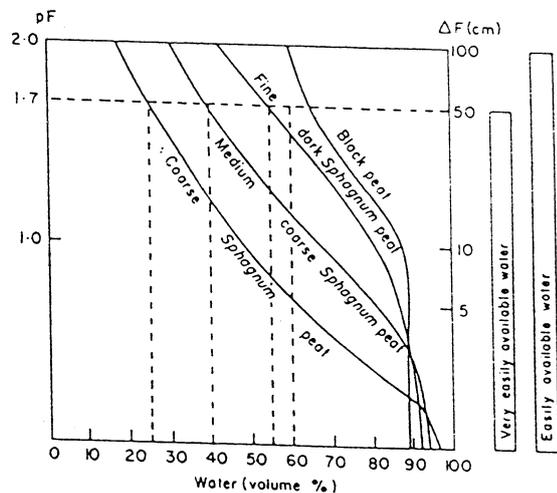
泥炭型態	灰分 氮 磷 鉀 鈣 pH						分解程度
	—————%(dry basis)—————						
Sphagnum	1-2	0.8-1.2	0.01-0.04	trace-0.03	0.07-0.21	3.8-4.2	↓ 漸增
Sphagnum ^N Eriophorum (cotton-grass)	1-3	1.0-1.6	0.01-0.05	0.01-0.03	0.14-0.25	3.9-4.6	
Trichophorum(deer-grass)	1-4	1.5-2.0	0.01-0.05	0.01-0.05	0.14-0.21	4.0-4.5	
Sedge-grass	2-8	1.5-2.5	0.04-0.07	0.02-0.07	0.14-0.36	4.2-4.6	



3.泥炭粒徑對空氣與水孔隙的影響



4.泥炭分解程度、孔隙體積與總體密度間的關係



5.五種不同分解程度泥炭的水分張力曲線 6.不同泥炭的水分保存特性

7.四種不同類型泥炭大小孔隙的分佈(%)

泥炭類型	小孔隙 ^a	大孔隙 ^b	總孔隙	分解程度
Coarse sphagnum moss peat	18	78	96	↓ 漸增
Medium-coarse sphagnum moss peat	29	66	95	
Fine, dark sphagnum moss peat	43	50	93	
Black peat	50	39	89	

說明：a.小孔隙係指孔徑小於0.1 mm

b.大孔隙係指孔徑大於0.1 mm

c.隨分解程度的增加，大孔隙減少，小孔隙增加，總孔隙降低，故購買泥炭以分解程度較低者為宜，只是其間的價差達5倍以上

8.利用石灰^a與硫黃調整泥炭酸度之指南

泥炭原來的pH	欲調整的pH					
	pH 4.5-5.2 ^b		pH 5.3-6.2 ^c		pH 6.3-7.0 ^d	
	Kg/m ³	T/ha	Kg/m ³	T/ha	Kg/m ³	T/ha
3.4-3.9	4	8	7	14	9	18
4.0-4.4	2	4	5	10	7	14
4.5-5.2	-	-	2.5	5	5	10
5.3-6.2	1(S)	2(S)	-	-	2.5	5
6.3-7.0	2(S)	4(S)	1(S)	2(S)	-	-

a.對溫室之含土介質，請施用半量的苦土石灰。

b.杜鵑花(azaleas)、梔子花(gardenias)、山茶花(camellias)、石南(rhododendrons) 和很多觀賞植物的適宜pH。

c.大部分苗株(bedding plants)和大田作物(field crops)的適宜pH。

d.適合大部分植物，但必需添加磷肥與微量元素。

9.不同型態泥炭的陽離子交換容量

泥炭型態	陽離子交換容量	
	me/100g oven-dry peat	me/L
Sphagnum fuscum	140	80
Sphagnum papillosum	110	60
Sphagnum cuspidatum	90	45
Undecomposed sphagnum moss peat	130	80
Sphagnum-sedge peat	110	60
Sedge peat	80	40
Highly decomposed black peat	160	240

10.泥炭地的肥料推薦量

養分	第一年	第二年	第三年
	kg/ha		
Nitrogen	50-300	50-200	50-150
Phosphorus	130-175	65-110	45-90
Potassium	330-500	250-330	165-250
Boron	3-5	1-3	0-2
Copper	10-20	5-10	0-5
Zinc	10-20	5-10	0-5
Molybdenum	1/2-1	0-1/2	0-1/4
Manganese ^a	10-20	5-10	5-10

^a 若pH低於5.8通常不需施用錳。然而pH高於6.5，則需加倍用量或條施錳肥。

11. 泥炭栽培蔬菜的磷肥推薦量^a

介質之有效性磷 ^b kg/ha ^c			磷肥推薦量(kg/ha)	
			以磷表示	以磷酐表示
		1	132	300
	1	4	110	250
	4	8	88	200
1	8	12	77	175
5	12	16	66	150
10	16	20	55	125
15	20	25	44	100
20	25	30	33	75
25	30	35	22	50
>30	>35	>40	11	25
蘆筍(宿根)(asparagus)	蘆筍(新植)	綠色花椰菜(Broccoli)		
蠶豆、菜豆(bans)	甘藍(Cabbage)	花椰菜(Cauliflower)		
山葵(Horseradish)	胡蘿蔔(Carrots)	芹菜瓜(Celery)		
豌豆(peas)	黃瓜(Cucumbers)	洋蔥(Onions)		
甜玉米(Sweet Corn)	菊萵苣(Endive)			
蕪菁(Turnips)	萵苣(Lettuce)			
蘿蔔(Radish)	馬鈴薯(Potatoes)			
	菠菜(Spinach)			
	甜菜(Table Beets)			

a 先找出欲種植蔬菜，再向上找出介質養分測值，然後向右找出推薦量。

b 有效性磷係以0.018 N 醋酸與介質之體積比4：1抽出後測定。欲轉換測值單位為ppm，只需將kg/ha測值除以8即可。

c 採樣至20公分深。

12. 泥炭栽培蔬菜的鉀肥推薦量^a

介質之有效性鉀 ^b kg/ha ^c		鉀肥推薦量(kg/ha)	
		以鉀表示	以氧化鉀表示
	< 125	332	400
	125-199	290	350
	< 125	200-274	249
< 100	125-199	275-349	208
100-174	200-274	350-424	166
175-249	275-349	425-500	125
250-324	350-424	500-574	83
325-399	425-499	575-649	42
> 400	> 500	> 65+	0
蠶豆、菜豆(Beans)	蘆筍(Asparagus)	綠色花椰菜(Broccoli)	
豌豆(Peas)	甘藍(Cabbage)	花椰菜(Cauliflower)	
甜玉米(Sweet Corn)	胡蘿蔔(Carrots)	洋蔥(Onions)	
蕪菁(Turnips)	胡瓜(Cucumbers)	馬鈴薯(Potatoes)	
山葵(Horseradish)	萵苣(Lettuce)	菠菜(Spinach)	
	防風草(Parsnips)	甜菜(Table Beets)	
	蘿蔔(Radishes)	芹菜(Celery), 推薦量×1.2	

- a 先找出欲種植蔬菜，再向上找出介質養分測值，然後向右找出推薦量。
- b 有效性鉀係以1.0 N醋酸銨與介質之體積比8：1抽出後測定。欲轉換測值單位為ppm，只需將kg/ha測值除以16即可。
- c 採樣至20公分深。

岩棉的來源、種類與規格分類為何？

1. 岩棉的來源及特性

商品名稱	製造國	總體密度 (g/L)	孔隙率%	最大保水量/ 總孔隙	製造原料
Grodan	丹麥	70(標準型)	97	0.92	玄武岩
		47(低密度型)		0.84	玄武岩
Capogro	英國	100		-	
Basalan		90(標準型)		0.65	
		73(低密度型)		0.55	
Cultura	荷蘭	80(標準型)		0.97	
		60(低密度型)			
Cutilene	法國	80		0.95	爐渣

2. 岩棉的規格依密度、大小形狀和纖維方向而分類

(1) 依密度分

- a. 較適長期使用之標準型
- b. 使用一次就丟棄之低密度型

(2) 依大小形狀分

- a. 板狀岩棉：長度有90及100公分，寬度為15-45公分，高度可分為5、7.5、10公分，可任意組合選擇使用。
- b. 塊狀岩棉：供扦插繁殖用，有4×4公分、5×5公分等等各種規格岩棉塊。
- c. 粒狀岩棉：有多樣化的粒子大小，可與土壤混合使用。

(3) 依纖維方向分

- a. 水平型：栽培用的板狀岩棉多屬之，水平纖維可使水分行水平移動，供液後可防止養液流失及表面急速乾燥。
- b. 縱向型：營養繁殖用塊狀岩棉多屬之，如此可確保扦插苗處於潤濕狀態。

岩棉栽培的水分管理優勢在哪裡？

1.保水力很強、很多

灌滿水之板狀岩棉自然排水後，水與空氣之體積比大約為65：30。這個比率的大小與板狀岩棉本身密度、纖維排列方向、厚度有關。較厚而密度低之板狀岩棉，空氣之含有率也較高，反之，較薄而密度高之板狀岩棉，含水量較高。

2.根很容易從岩棉中吸收水分

大部分介質，對根之吸收水分，其難易受介質毛細管阻抗(Capillary resistance)所左右，這些阻抗之程度以pF值表示。pF值愈高，則作物對水分之吸收愈為困難。對岩棉而言，作物可以在其最大容水量的90%以內，15%以上，毫無阻力的吸收，而其pF值僅僅改變2倍而已。

3.水分管理容易

由於岩棉具有高的飽水能力，且在15%保水量以上，作物即不致於發生水分的逆境，因此水分管理容易。

Grodan岩棉於不同水分張力範圍的保水量

水分張力(pF)	0-1.0	1.0-1.3	1.3-1.5	1.5-2.0	2.0-2.3
體積含水量(%)	6.5	7.9	23.8	47.6	0.9

介質裝填於6.5吋盆之固液氣百分比、最大容水量及15 bar含水量(Nelson, 1991, p.178)

介質種類	固相	液相		氣相		有效水
		飽水後	15bar	飽水後	15bar	
體積百分率						
土壤(砂壤土)	53.3	39.8	6.4	6.9	40.3	33.4
砂粒(混泥土級)	59.3	35.4	4.4	5.3	36.3	31.0
水苔泥炭	15.4	76.5	25.8	8.1	58.8	50.7
蛭石	17.3	53.2	29.1	19.5	43.6	24.1
松樹皮	20.7	58.9	30.3	20.4	49.0	28.6
真珠石	36.9	38.3	20.2	24.8	42.9	18.1
保利龍球	64.6	10.5	1.0	24.9	34.4	9.5
岩棉(粒狀)	8.9	65.0	4.4	26.1	86.7	60.6
1土：1泥炭：1砂	45.4	48.7	8.5	5.9	46.1	40.2
1泥炭：1蛭	13.1	70.3	24.1	16.6	62.8	46.2
3松樹皮：1砂：1泥炭	29.5	53.4	21.5	17.0	49.0	31.9
1岩棉：1泥炭	8.3	70.9	11.3	20.8	80.4	59.6

岩棉栽培成功的基本設施包括哪些？

1.良好水質

由於岩棉本身不提供也不釋放任何營養物質，因此水質的好壞與培養液配方的配合就很重要。判定水質的好壞可以量測電導度值而判別之，必要時更可逐項分析各元素含量，但是一般農民做不到，除了技術因素外，經費亦必需考量。

2.養液分析站

因應不同作物選擇適宜的配方，並進行定期的養液分析監測，即時做適當的修補。

3.手提式監視裝置

農民應自備手提式pH計與電導度計，以便隨時了解養液的變化，並進一步利用良好的水質與酸鹼液調整配方。

4.提供資訊或指導岩棉栽培的報導

結合農民與學術單位，隨時交換意見、心得，達到經驗分享的目的。

影響岩棉保存水分的因子有哪些？

1.厚度

現在市售的岩棉，其毛細管力值在20-40mm之間。也就是板狀岩棉充分供液後，從底部起20-40mm呈完全浸水狀態，或置岩棉於水面上，其毛管邊緣(Capillary fringe)與自由水面的距離為20-40mm。因此，當供液停止之頃刻，由於毛細管力之關係岩棉從底面起2-3公分之孔隙全部呈浸水狀態，而隨著位置愈高逐漸乾燥，若岩棉愈厚存水相對就較少了。

2.密度

板狀岩棉依其構造不同所產生之「毛細管力」(Capillary effect)也不盡相同，密度高者毛管力較高總孔隙會愈少，能保存的水分總量變少，但毛細管力增加。

3.纖維方向

橫向岩棉適合表面灌溉。縱向岩棉可由底部灌溉。

理想栽培介質需具備哪些條件？

一、有機物的穩定性

- 1.介質內含有木屑、甘蔗渣、稻草等易於分解者，介質體積容易減少，使物理性狀變劣，最好採用分解較慢者，如水苔泥炭。
- 2.有機栽培介質的優點為具良好保肥及保水能力，分解可釋放養分；缺點為分解後體積逐漸減少，可能含有病原菌，使用前需消毒殺菌。

二、碳氮比

- 1.有機物中主要成分是碳，其碳氮比最好在30左右，若超出30，應多加氮肥，以避免生物固定化作用(Immobilization)的發生。
- 2.木屑碳氮比約1000:1，每一噸木屑，應加入12公斤的氮，以供微生物分解木屑時所需之氮源。樹皮碳氮比約為300:1，每噸樹皮應加入3.5公斤的氮肥。

三、總體密度

- 1.介質太輕，花盆易倒；太重，不利機械操作及搬運，一般認為適宜的總體密度在浸水後為0.64-1.20 g/cm³之間最為理想。
- 2.蘭花介質中放入碎石可增加通氣性，防倒伏及提供一些礦物元素，可說是物美價廉。栽植吊盆，質輕是重要條件，採用蛭石、水苔泥炭及真珠砂甚理想。

四、保水力和通氣性

- 1.選擇介質在澆水後依水體積比在35-50%，而空氣佔10-20%最適宜。
- 2.黏壤、砂壤和細砂雖保水力好，但通氣性太差。水苔泥炭、珍珠石、蛭石和木屑則保水通氣均佳。細砂通氣不佳，若拌入樹皮、水苔泥炭或木屑，通氣保水性大為增加。稻殼保水力差。

五、陽離子交換容量

- 1.介質中的有機物、蛭石、土壤中的黏粒具有負電荷量，可以吸附帶正電荷的肥料成分，如銨、鉀、鈣、鎂、鐵，如此可以避免因降雨或灌水而淋失。
- 2.水苔泥炭、蛭石、黏土及堆肥，陽離子交換容量都高，分別約為200、100、50及300 cmol/kg或20、11、47及30 cmol/L。砂、真珠石、未堆肥化的稻殼、保利龍球及發泡煉石，陽離子交換容量都低，可視為0。新鮮樹皮及木屑之

陽離子交換容量只有8 cmol/kg(約1.6 cmol/L)，當堆積後，其陽離子交換容量可增至60 cmol/kg(約12 cmol/L)或以上。

六、酸鹼度(pH值)

- 1.含土(含20%或更多)介質之pH在6.2-6.8為宜，無土介質則應在5.5-5.8之間。
- 2.水苔泥炭和松樹皮pH約5.5，砂和珍珠石是中性，蛭石和硬木屑常呈鹼性，炭化稻殼高達9.5，在種植前，應調整pH值，太酸者以白雲石粉調配，太鹼者可與酸性介質混合後使用。

七、導電度(EC值)

- 1.導電度(介質水比1：2抽出)一般均在1 dS/m以下，只有炭化稻殼、稻殼、碎稻殼及香菇鋸木屑堆肥較高，其中又以炭化稻殼最高，達4.0 dS/m，應洗去多餘鹽類後使用為宜。
- 2.導電度高的介質，混用時，其混合比率不宜高，如導電度在2.4-5.7 dS/m之間的下水道污泥，其混合比率應在25%以下為宜。

不同來源、組成的介質的性質差異何在？

通常為使介質具有優良性質，盆栽介質往往是由兩種或三種介質混合而成，因此，對於介質材料的選擇非常重要，尤其是對於其理化性質，當須充分了解，以便做為盆栽介質混合比例之依據。介質的各項物理性質相異性很大，如太重不利於搬運與操作，太輕則盆栽植物重心一高，塑膠花盆容易傾倒。

不同介質物理性質之比較

介質	總體密度		孔隙度	容水量	保水力	固相	液相	氣相
	g/cm ³	真比重						
土壤	0.89	2.01	56	48.6	43.2	43.7	42.7	13.6
砂	1.48	2.48	40	22.2	32.8	59.3	32.6	8.1
香菇鋸屑堆肥	0.35	0.45	22	260.0	91.0	56.9	43.1	0
泥炭苔	0.15	0.73	79	596.9	89.5	16.1	70.1	13.8
保綠人造土	0.06	0.22	73	559.9	35.6	25.1	30.9	44.0
碎稻殼	0.15	0.60	75	393.5	59.0	20.9	49.4	29.7
炭化稻殼	0.11	0.73	85	573.4	63.1	13.9	58.0	28.1
鋸木屑	0.11	0.66	83	634.6	69.8	14.0	58.8	27.2
稻殼	0.10	0.56	82	139.4	13.9	15.1	11.8	73.1
蛭石	0.13	0.48	73	302.4	39.3	26.7	38.8	34.5
蛇木屑	0.14	0.31	55	226.0	31.6	32.9	23.1	44.0

混合培養土的物理性(Bik, 1972)

組成	容積重 g/cm ³	全孔隙 %(v/v)	不同張力下氣相百分率(pF)				
			1.0	1.5	1.7	2.0	
砂：泥炭	1：7	0.369	80.2	13.2	31.5	33.5	37.8
	2：6	0.554	73.4	10.5	31.6	33.6	37.4
	3：5	0.719	68.8	11.7	31.8	33.7	37.2
	4：4	0.896	64.4	16.6	36.5	38.0	40.6
蛭石：泥炭	1：7	0.160	90.7	17.2	34.9	37.1	41.7
	2：6	0.178	90.4	15.3	31.8	34.2	39.2
	3：5	0.181	91.0	15.1	33.9	36.3	40.8
	4：4	0.205	90.4	14.0	34.9	37.3	41.4
保利龍：泥炭	1：7	0.138	91.3	18.3	37.2	39.8	44.9
	2：6	0.144	90.8	23.3	40.2	42.3	46.5
	3：5	0.124	91.8	30.8	47.8	49.7	53.9
	4：4	0.109	92.6	43.9	59.6	61.4	64.1
珍珠石：泥炭	1：7	0.147	90.3	19.6	35.3	37.7	52.8
	2：6	0.156	88.8	17.4	34.7	37.1	42.4
	3：5	0.155	87.9	19.5	36.7	38.9	44.4
	4：4	0.152	87.0	22.6	39.0	41.6	47.0

一些盆栽介質物理性質比較

盆栽介質	總體密度 真比重		孔隙度	含水量	固相	液相	氣相	pH	EC dS/m
	g/cm ³								
一般盆栽甲	0.40	0.89	55	136	36.5	50.1	13.4	7.4	0.5
一般盆栽乙	0.13	0.37	65	178	32.6	21.4	46.0	5.8	0.4
一般盆栽丙	0.68	1.65	59	52	40.8	34.7	24.5	7.3	0.1
一般盆栽丁	0.14	0.42	67	336	28.1	39.7	32.2	6.4	0.4
一般盆栽戊	0.37	1.14	68	111	31.1	39.2	29.7	7.3	1.3
仙客來乙	0.88	1.92	54	31	44.8	26.5	28.7	7.5	0.9
蕨類乙	0.17	0.35	51	463	32.1	51.9	16.0	4.9	2.9
鳳梨科	0.11	0.46	76	180	22.0	18.3	59.7	5.9	1.4
火鶴花	0.07	0.29	76	173	22.2	11.2	66.6	6.8	0.3
多肉植物	0.42	0.98	57	119	40.4	47.0	12.6	7.0	2.8
草花類	1.17	2.45	52	37	45.6	41.7	12.7	8.3	0.4
大岩桐	0.11	0.44	75	156	23.4	16.0	60.6	5.9	0.8

本省常用介質種類、使用頻率、混合率(%)及混用數

盆栽介質	蛇木屑	泥炭苔	稻殼	堆肥	砂	蛭石	保綠人造土	土壤	鋸木屑	炭化稻殼	碎石子	舊植材	香菇鋸屑堆肥	混用介質數
一般盆栽甲	32				8			8	12	40				5
一般盆栽乙	30	10	10					50						4
一般盆栽丙					50					50				2
一般盆栽丁	50									50				2
一般盆栽戊			15				30	40		15				4
一般盆栽己	30	35		10				15		10				5
仙客來甲	30	30		10				20		10				5
仙客來乙	20			20	20			40						4
仙客來丙		20		20	20			40						4
蕨類甲	30	30		20						20				4
蕨類乙	30	40	15							15				4
鳳梨科	15	5	20						30		30			5
火鶴花	50						12.5		12.5	25				4
多肉植物	40				20					20			20	4
草花類甲		20			60	20								3
草花類乙			15					85						2
聖誕紅	12.5			25	12.5			25				25		5
大岩桐甲	30		5	30	5			30						5
大岩桐乙	29	14	43								14			4
大岩桐丙	36.4	18.2	36.4								9			4
使用頻率2	75	50	40	35	40	5	10	50	15	50	15	5	5	
使用頻率3	19	12.7	10	8.9	10	2.0	2.5	12.7	3.8	12.7	3.8	1.3	1.3	
混合率	15-50	5-40	5-43	10-30	5-50	20	12.5-30	5-85	12-30	10-50	14-30	25	20	

1.舊植材即未售完之盆花，凋謝後，將盆栽介質倒出，重新曝曬堆積後再配新介質使用。

2.同一介質在不同混合介質中的使用頻率。

3.佔所有介質使用頻率。

市售栽培介質的組成分為何？

一般而言，預混的介質通常由 2-3 種資材組成(Rice, 1997, p275)。主要包括有機物、粗粒膠結物和土壤組成。

一、有機物(organic, 專指由植物而來的物質)

如泥炭(Peat Moss)、腐葉(Leaf Mold)、腐植泥炭(Humus Peat or Muck)、樹皮(Bark)、稻殼、椰纖、養菇廢木屑和水化膠粒(Hydrated Gel Granules)等。

- 1.具有大的水分吸收和保存能力
- 2.具有海棉狀構造，能抵抗裝填
- 3.養分保存能力(陽離子交換容量)較大，為養分的貯藏庫。

二、粗粒膠結物(coarse aggregate)

如砂(Sand)、珍珠石(Perlite)、蛭石(Vermiculite)、炭(Charcoal)、礦渣或火山灰(Scoria or Lava Rock)等。

- 1.具有不規則邊角，產生大孔隙，使水及空氣能在孔隙間游走。
- 2.通常具很堅實的結構，水分保存能力和陽離子交換容量則低。

三、土壤

如壤土(Loamy soil)、黏土(Clay soil)、砂土(Sandy soil)、坩土(Silty soil)。

- 1.養分和水分保存和供應所在
- 2.土壤顆粒通常較有機物和粗粒膠結物為小，土粒與土粒間或土粒與其他物質間形成微孔隙，其限制了空氣與水的流動
- 3.微孔隙藉由毛細作用(capillary action)而保存大量水分。

栽培介質的肥力如何分級？

1. 含土栽培介質的電導度分級

抽出方法	電導度值(dS/m)	作物反應
飽和抽出液	<2	可忽略
(美國鹽土研究所訂定，適用於土壤抽出液)	2-4	少數作物可能有影響
	4-8	甚多作物不能生長
	8-16	僅耐鹽作物可生長
	>16	極少數作物可生長
土水重量比1:5抽出液 (三好洋，1973，適用於土壤抽出液)	<0.85	可忽略
	0.85-1.5	對作物有影響
	>1.5	大多數作物有影響
土水重量比1:2抽出液	<0.15	肥分過低，嚴重缺乏
	0.15-0.50	低，植物生長緩慢，缺乏徵狀出現
	0.50-1.80	適當範圍
	1.80-2.25	略高於需求
	2.25-3.40	植株生長停頓
	>3.40	嚴重矮化，生育失敗

2. 有機栽培介質的電導度分級(密西根州立大學土壤分析室)

抽出方法(介質水體積比)			說明
飽和	1:2	1:5	
——電導度值(dS/m)——			
<0.75	<0.25	<0.12	非常低，顯示低養分狀態
0.75-2.00	0.25-0.75	0.12-0.35	適合於育苗及對鹽類敏感作物
2.00-3.50	0.75-1.25	0.35-0.65	適合大部分作物，較高值對鹽類敏感作物降低生長
3.50-5.00	1.25-1.75	0.65-0.90	稍高於植物需求，較高範圍植物失去膨壓，適於對養分需求高的植物
5.00-6.00	1.75-2.25	0.90-1.10	降低植物生長和膨壓，植物萎凋和葉緣枯焦
>6.00	>2.25	>1.10	嚴重鹽害徵狀

3.有機栽培介質飽和抽出液的養分適宜範圍

養分	密西根州立大學	俄亥俄州立大學	Fafared分析中心 (苗株標準)
EC dS/m	-	2.0-3.5	
硝酸態氮 mg/L	100-199	100-175	40-200
磷 mg/L	6.0-9.0	8.0-14.0	5-30
鉀 mg/L	150-250	175-225	40-200
鈣 mg/L	80-200	250-325	40-200
鎂 mg/L	30-70	80-125	28-80
銨態氮 mg/L			0-20
鐵 mg/L			0.3-3.0
錳 mg/L			0.10-3.00
鋅 mg/L			0.10-0.30
銅 mg/L			0.01-0.30
硼 mg/L			0.05-0.50
鋁 mg/L			0.01-0.10

介質理化性質的測定項目與方法為何？

1.風乾介質含水量的測定

- (1)將各種介質分別泡在水中充分吸水後取出，置於陰涼處任其風乾至穩定重量(約 7-12 天)。
- (2)稱取固定重量(到小數點以下 2 位，0.01g)的介質，置於 65-70°C 的送風風箱中乾燥 48 小時，取出、冷卻、稱重。
- (3)風乾介質含水量(%)=[(風乾介質重-烘乾介質重)/烘乾介質重]×100

2.總體密度的測定

- (1)將各種介質分別泡在水中充分吸水後取出，置於陰涼處任其風乾至穩定重量(約 7-12 天)，必要時得翻動介質。
- (2)將風乾介質裝填在畫有體積刻度的容器內，輕敲桌面至介質體積不再改變，記錄介質體積，置於天平上稱重，所得介質重量換算成烘乾介質重量，除以介質體積，即得總體密度。

3.固體密度(真比重)的測定

- (1)稱取風乾介質，記錄其重量。
- (2)用容積 1000mL 的刻度量筒盛水至 300mL 處，再將已預先稱好之風乾介質，放入量筒內，用玻棒將介質內之空氣趕出後，記錄量筒內水量上升之刻度(介質比重大於 1 時)。
- (3)有些介質由於質輕，浮在水面，所以須先用紗布包好，綁上細繩，上用石頭壓住使其往下沉。因此必須先量紗布、細繩及石頭所佔之體積(介質比重小於 1 時)。
- (4)將稱取風乾介質的重量換算成烘乾介質的重量除以該介質固體所佔的體積(即水量上升的毫升數)，即為真比重。
- (5)介質置入水體時，可能有很多氣泡產生，附著於介質上，必須輕敲量筒壁，趕走氣泡，以避免產生大量誤差。

4.孔隙度的測定

$$\text{孔隙度}(\%) = 100(1 - \text{總體密度}/\text{真比重})$$

5.容水量(重量含水百分率)的測定

- (1)將濾紙沾濕置入底部有數個小孔之盆子內稱重。
- (2)把風乾之介質裝在盆子內稱重，再換算成烘乾介質之重量。
- (3)將盛有介質的盆子充分加水，使其達飽和狀態之後，任其由盆底自然流出，直到完全不再滴水為止，稱重。
- (4)容水量即為介質吸水後之重量減去介質烘乾之重量，再除以烘乾介質之重量即得。

$$\text{容水量(\%)} = [(\text{吸水後之重量} - \text{烘乾介質之重量}) / \text{烘乾介質之重量}] \times 100$$

6.保水力(體積含水百分率)的測定

$$\text{保水力} = \text{容水量} \times \text{總體密度}$$

7.固相、液相、氣相的測定

- (1)總體積：介質的烘乾重除以總體密度，即得。
- (2)固相：介質的烘乾重除以真比重即得該介質之固體體積，再除以總體積乘上 100，即得固相百分率。
- (3)液相：介質充分吸水後的重量減去烘乾重等於水分重量，也是水的體積，除以總體積乘上 100，即液相百分率。
- (4)氣相百分率 = 100 - 固相百分率 - 液相百分率。

8.pH 值

將介質以適當比例與水混合，充分攪拌，靜置一小時後，直接以 pH 計讀取 pH 值。

9.EC 值

將介質以適當比例與水混合，充分攪拌，靜置四小時後，其間需間斷攪拌數次，取濾液，以電導度計讀取 EC 值。

有些介質的含水量將超過介質重的 5 倍以上，因此介質與水的比，應視測定物種而做適度調整。通常測定土壤的 pH 值，土水比為 1:1，電導度值的土水比為 1:5。

本省學術化已發表栽培介質與適用對象有哪些？

配 方	適用作物	研發單位
(1)水苔泥炭：真珠砂(粗)=1:1	蘭花	台大園藝
(2)水苔泥炭：蛭石：真珠砂(細)=2:2:1	草花播種介質及吊蘭	系李岷
(3)水苔泥炭：蛭石：真珠砂：蛇木屑=1:1:1:1	蕨類及蘭花	
(4)砂：杉木屑=1:1	一般草花	
(1)水苔泥炭：炭化稻殼：砂=3:1:1(傅仰人)	聖誕紅、長壽花、一般草花及觀葉植物	桃改場
(2)水苔泥炭：金針菇木屑：炭化稻殼：砂=1.5:1.5:1:1(傅仰人)	聖誕紅栽培	
(3)金針菇木屑：炭化稻殼=3:1(傅仰人)	一般草花	
(4)桃改一號(羅秋雄)	蔬菜用	
a.豌豆苗殘體：稻殼=1:1，混合堆積3-4個月		
b.堆肥：金針菇木屑=1:1，加EM菌，混合堆積1-2個月，即成		
(5)桃改二號(羅秋雄)	花卉用	
金針菇木屑：粉碎稻殼：牛糞或米糠=2:2:1		
(1)炭化稻殼：樹皮堆肥：泥炭：保綠人造土=1:1:1:1	蔬菜	台中高農 吳垣雄
(2)炭化稻殼：樹皮堆肥：壤土=1:1:1	林木栽培	
(1)穀殼堆肥 [#] 培養土 ^{**} ：泥炭=1:1	玫瑰花	花改場 黃山內、 蔡月夏
[#] 穀殼堆肥：穀殼60，大豆粉30，米糠10及壤土10(以體積計算)，充分混合，每日翻堆一次，保持水分60%，連續二星期，之後每4天翻堆一次，視堆肥腐熟程度，爾後每個月翻堆一次，約4-6個月，即成。		
^{**} 穀殼堆肥培養土：穀殼堆肥、米糠、健康土壤20:30:50充分混合，每2天翻堆一次，保持適宜水分，二星期後每4天翻堆一次，約2個月即可製成穀殼堆肥培養土。		
(2)穀殼堆肥培養土：泥炭：真珠砂=1:1:1	百合	

配 方	適用作物	研發單位
(1)蔗渣：豆粕：牛糞：粉粹稻殼=6:1:1:2 充分混合，調整水分為50-60%，經堆肥化作用3-4個月，即可直接上盆使用。(土肥股，蔡宜峰)	火鶴	中改場
(2)香菇太空包：乾淨泥土：泥炭=2:4:4 充分混合，經堆肥化作用4週，即可直接使用。(埔里分場，林天枝)	草皮栽培	
(1)木炭和發泡煉石 栽培床上先以木炭鋪上，植株固定後，以發泡煉石少量放於根系周圍	秋石斛蘭、氣生蘭	鳳山熱帶園試分所 林純瑛
(2)蛇木屑(2號)：保綠人造土=5:1 栽培床上先以木炭鋪於盆底1/3處，餘2/3以上述配方鋪上	秋石斛蘭、氣生蘭	
(1)花生殼：新鮮蝦殼=100公斤:140公斤 花生殼磨細後與蝦殼混合，調整水分為55%，堆積並通氣3 l/min，醱酵期間盡量維持水分含量，水分不足時需要補充，翻堆次數不宜太多，以避免養分浪費，約6星期即可製成堆肥。	芹菜、木瓜、絲瓜、西瓜、洋香瓜	高改場 蔡永暉
(1)砂：炭化玉米穗軸：腐熟有機堆肥=1:1:1	金魚草、美女櫻	南改場
(2)珍珠石：玉米穗軸：腐熟有機堆肥=1:1:1	金魚草、美女櫻	孫文章
(3)泥炭：玉米穗軸：腐熟有機堆肥=1:1:1	金魚草、美女櫻	
(1)純稻殼	果菜與瓜類育苗	興大土環 楊秋忠
(1)蛇木屑(3號)	蕨類	東改場 蘇德銓、 蘇炳鐸
(2)保綠人造土：樹皮堆肥：蛇木屑=2:1:2	蝴蝶蘭、四季蘭	
(1)蔗渣：豬糞渣有機肥=3:1	蝴蝶蘭	糖研所 吳國典

國外栽培介質使用現況及配方有哪些？

配 方	適用作物	研發單位
(1)泥炭：蛭石=1:1	盆栽	康乃爾大學
(2)泥炭：真珠砂=1:1	盆栽	
(3)泥炭：蛭石：真珠石=2:1:1，加粉狀苦土石灰15mL/8L及10-10-10複合肥料5 mL/8L	觀葉植物	
(4)泥炭：美國松鋸屑：真珠石=1:1:1	附生植物	
(1)刨木屑：煤渣=1:2	需通氣良好的植物	夏威夷
(1)水苔泥炭：真珠砂=1:1	觀葉植物	德州農工
(1)水苔泥炭：樹皮：刨木屑=2:1:1	盆花	佛羅里達
(2)水苔泥炭：樹皮=1:1		
(3)水苔泥炭：砂=1:1	適用於大容器	
(1)細砂：泥炭=1:1	左述2配方每35 L加苦土石灰200g，熟石灰65g，及1-2 mL的玻璃質微量元素	加州大學
(2)磨細樹皮：泥炭：砂=3:1:1		
(3)黏質土壤：有機肥：粗質膠結物=1:1:1		
(4)壤土：有機肥：粗質膠結物=1:1:1		
(5)砂質土壤：有機肥=1:1		
(1)紅玉土：腐葉土：蛭石=5:3:2	草花	日本
(2)紅玉土：腐葉土=7:3	花木、庭園木	
(3)砂與土等量混合：泥炭土(腐葉土)=9:1	觀葉植物	
(4)紅玉土：腐葉土：蛭石=4:3:3	吊鉢	
(1)泥炭：細砂=1:1	播種	英國
(2)泥炭：細砂=3:1	盆栽	
(3)水苔：砂=3:1	蕨類和非洲堇	
(4)粗砂或石礫：表土：水苔泥炭=1:1:1 或已混勻之市售介質：粗砂=1:1	仙人掌和多肉植物	
水苔泥炭：蛭石：砂=3:1:1 或純水苔泥炭	嗜酸作物	
純蛭石(中等顆粒)或真珠石：水苔泥炭=1:1	發根介質	
蛭石(細)：磨碎水苔泥炭=1:1 或 砂：已混勻市售介質：磨碎水苔泥炭=1:1:1	育苗介質	
純樹皮塊(粒徑 1-2cm)或純蛇木屑	附生蘭花	

良好栽培介質的特性需求為何？

栽培介質應具備下列條件(Rice, 1997, p275)：

- 1.組成物具有粗大的孔隙使根周圍不緊密，空氣不會被排除而導致缺氧死亡。
- 2.構造疏鬆排水佳使水分通過迅速，但仍保有足量水。
- 3.無致病微生物、雜草種子和破壞植物生長的昆蟲。
- 4.重量夠輕，搬運較易，以降低運輸成本，但也要有足夠的重量，不使倒伏。

特性項目	說明
生物的	無病原菌及雜草種子 含有益微生物
化學的	
營養元素	含有適度與均衡的植物營養元素
陽離子交換容量	60-150 me/L(6-15 cmol/L)
緩衝能力	越高越好
pH值	依栽培作物而定，通常在5.5-6.5之間。以無機為架構的栽培介質6.2-6.8，有機為架構的栽培介質5.4-6.0
電導度值	2.00-3.50 dS/m(有機栽培介質，飽和抽出液)
毒素	無植物毒物質最理想，否則需行堆積解毒或蒸汽消毒，不鼓勵使用化學藥氣消毒
物理性	
空氣孔隙度	10-50%(體積百分比)
有效水分	越多越好，至少20%以上(體積百分比)
總體密度	0.3-0.6g/cm ³ (灌水後0.64-1.20 g/cm ³)
粒子穩定度	成分粒子不可分解太快
可沾濕度	有機栽培介質需加展著劑以利吸水
呈顆粒狀	由細顆粒聚集凝結，含有水分、養分與空氣
經濟的	
取得性	容易取得
成本	越便宜越好，永續性供給
均勻性	容易混合均勻，且再現性佳，成分穩定
上盆是否容易	

盆鉢栽培與土壤栽培的差異何在？

- 1.盆栽在灌水後，因毛細作用之故，會於盆底形成地下水位。
- 2.依水力勢(hydraulic potential)平衡的原理，當水不再向外流出時，代表盆內介質中各點的水力勢相等，其值均為零。
- 3.水勢能為重力勢與基勢之和。
- 4.隨盆子高度的增加，其重力勢增加，基勢愈負，水分張力愈大(水分張力與基勢等值，但符號相反，水分張力為正，基勢為負)，介質愈乾。
- 5.在盆底的位置，重力勢與基勢均為零，水呈飽和狀態，濕腳於是發生。
- 6.以盆鉢種植時，無論使用何種介質，濕腳的現象都存在，但有輕重差別，介質愈細，盆鉢愈小，濕腳的問題愈嚴重。
- 7.濕腳對植株傷害的嚴重程度，隨使用介質的種類及澆水方法而有差異。
- 8.盆底的地下水位會隨介質孔隙間的毛細現象上升，若介質愈細，毛細上升高度愈高，濕腳的情形愈嚴重。
- 9.毛細管上升高度與毛細管的半徑成反比。其間的關係可以 $rh=0.15$ 表示。
 r 為孔隙半徑，亦可視為粒徑，單位為cm； h 為毛細上升高度，單位亦為cm
- 10.就栽培介質而言，質地愈細者濕腳的問題愈嚴重。因此，使用多孔性的無土介質來取代土壤，即是利用多孔性介質，毛細現象較輕微，能使介質中有充足的空氣供根系呼吸而達到減輕濕腳為害的目地。
- 11.露地栽培因土壤之孔隙連貫，水分不易有暫棲的情形，若有因種植水稻而形成犁底層者，亦可以深耕打破之。故露地栽培若有排水不良情形，主要由於質地太細或質地剖面不均勻而導致。

粒子大小與毛管上升高度的關係(Poze, 1955)

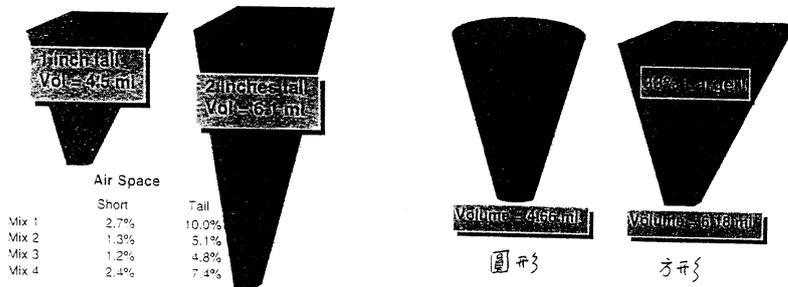
粒徑(mm)	毛管上升高度(cm)	粒徑(mm)	毛管上升高度(cm)
5.0-2.0	2.5	0.2-0.1	42.8
2.0-1.0	6.5	0.1-0.05	105.5
1.0-0.5	13.1	0.05-0.002	200.0
0.5-0.2	24.6		

不同形狀、大小、高度和材質的盆鉢，分別具有哪些特性？

盆子的形狀、大小及深度影響介質的保水與排水性能。

1. 盆鉢形狀

盆鉢形狀有圓有方，有胖有瘦，有高有矮，對水分的保持便有差異。對裝填相同介質而言，高瘦保水力差，但排水較好；矮胖保水力佳，但排水差。在273格穴盤中，2吋高者之空氣孔隙為1吋高者的2-3倍，甚至更多。圓形盆鉢容量較方形盆鉢為小。在288格穴盤中，方者之體積較圓者大33%。



容器高度與形狀對空氣孔隙的影響

2. 盆鉢大小

當盆子體積變小(高度降低)時，其保水力增加，空氣孔隙減少。下表顯示盆鉢由8吋減為6吋，體積含水百分率可以增加5-6%，8吋減為4吋，體積含水百分率可以增加14-18%。所以作物種植於小盆或淺容器內，需使用排水較好的介質。反之，種植於大盆要注意補充水分。由此可知，盆鉢愈小，水分的管理愈重要。

五種容器與三種混合介質對保水力與空氣孔隙的影響(Nelson, 1991, p.179)

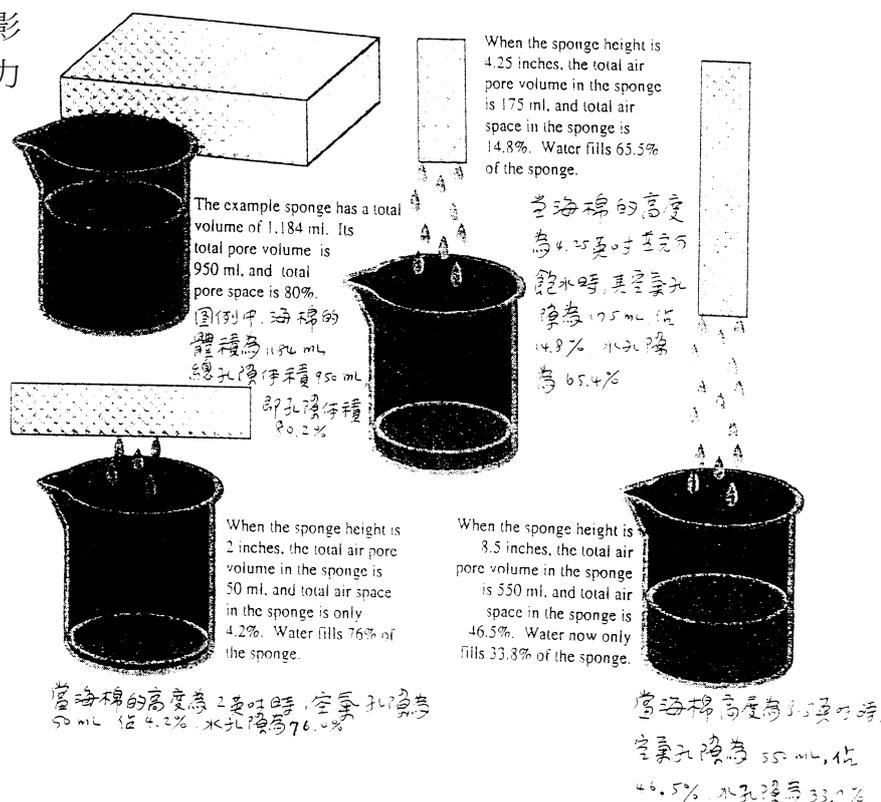
介質種類和體積比*	孔隙(%)	標準盆(Standards pots)			淺盆(flats)	
		8吋	6吋	4吋	48cells	512plugs
1土壤+1砂+1泥炭	水	45.0	47.2	51.2	52.9	54.3
	空氣	9.5	7.4	3.4	1.7	0.3
1泥炭+1蛭石	水	64.4	67.9	75.2	79.5	84.8
	空氣	22.5	19.0	11.7	7.4	2.1
1松樹皮+1砂+1泥炭	水	48.7	51.5	57.6	61.4	66.9
	空氣	21.8	18.9	12.9	9.1	3.6

*介質混合種類包括粘重土壤、水苔泥炭、砂及已堆積過小於3/8英吋的松樹皮。

3.盆鉢高度

當水平提起一快充分浸潤的長方體海棉時，僅有少量水排出，若傾斜海棉，排水增加，達垂直狀態時，排水最快最多，這一情況適用於盆栽。高瘦的盆鉢有如垂直的海綿，排水佳，矮胖的盆鉢有如水平的海綿，不但排水慢，通氣也差。

等體積海棉，高度影響空氣孔隙與保水力



4.不同材質盆鉢的特性

盆鉢種類	通氣狀況	介質選擇	排水	價格	植物種類與注意事項
陶盆	欠佳	疏鬆	略差	昂	平時栽培使用少，販賣前裝修上市，提高價值，蘭花及觀葉植物使用較多
瓦盆	佳	-	佳	中	蘭花，花盆易碎，不利於運輸，水分易流失，需增加灌溉次數
硬質塑膠盆	差	疏鬆通氣者	差	廉	一般草花
軟質塑膠盆	極差	疏鬆通氣者	最差	最廉	扦插育苗
蛇木盆	極佳	木炭或通氣性佳之大塊介質，亦有直接攀附於盆上栽培者	極佳	昂	蘭花，通氣性佳，保水不易，僅適合耐旱植物或高經濟的花卉

裝填方式對介質孔隙的影響有哪些？

介質的空氣孔隙和容水量決定於三項因子：

1. 孔隙大小、多寡和有效水
2. 容器的大小和形狀
3. 介質的管理和裝填

前二者已探討過，介質的裝填與水分、孔隙量息息相關。

裝填介質於容器，會降低空氣孔隙和增加無效水的量。容器愈小，對通氣就愈挑剔，裝填就需愈輕放。但若裝填不確實，導致毛管不連續或巨大孔隙的存在，亦常導致栽培失敗。

裝填方式對介質(泥炭：蛭石=1：1)孔隙和有效水分含量的影響(Fonteno, 1988)

裝填方式	測定項目	6"標準盆	4"標準盆	48穴盤育苗盆
		%		
輕裝填	有效水	43	51	58
	無效水	21	21	21
	空氣孔隙	23	15	9
中裝填	有效水	44	52	56
	無效水	26	26	26
	空氣孔隙	15	9	4
重裝填	有效水	45	49	52
	無效水	30	30	30
	空氣孔隙	9	4	2

栽培介質的肥料調配步驟如何？

持續的提供12種(N、P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、Cu、Zn、B及Mo)必需元素是個困難的工作。所幸種植前，我們便可以添加肥料至栽培介質中。有四大類肥料需要添加，其先後次序如下：

一、苦土石灰(補充鈣與鎂及調整酸度)

- 1.對多數作物而言，含土介質所需的pH為6.2-6.8，無土介質為5.5-5.8。主要栽培介質均偏酸性，且鈣和鎂量不足，因此，需要施用苦土石灰補充之。
- 2.養分的有效性主要決定於介質的pH值。故調整pH值便顯得十分重要。
- 3.無土(有機)栽培介質需要較低的pH值，有兩個原因
 - (1)有機栽培介質，鐵、鋁及錳的含量低，調低pH值，增加溶解度。
 - (2)鈣與鎂的含量已因調整pH時添加了，無缺乏之虞。

二、過磷酸鈣(提供磷和硫)

酸性介質中，鐵、鋁、錳的有效性(溶解度)提高，與磷結合的結果導致磷的有效性下降。故緊接著要添加過磷酸鈣提供磷。

三、微量元素(提供Fe、Mn、Cu、Zn、B、Mo)

- 1.微量元素是必需元素，需求量少。很多人造介質，易有微量元素不足的情形。
- 2.在泥炭中添加微量元素配方3-4oz/cu.yd(110-150 g/m³)，可解決微量元素問題。
- 3.除鋁外的微量元素，均有隨pH值增高而降低有效性的情況，所以提供微量元素或調降pH值是解決微量元素不足的對策。

四、氮與鉀(追施氮、鉀)

氮與鉀肥溶解度大，易因澆水而流失，以基肥添加量少，多以追肥補充。

微量元素配方

化合物	用量*		化合物	用量	
	oz/cu.yd	g/m ³		oz/cu.yd	g/m ³
鉗合鐵	1.0	37	硫酸鋅	0.2	7.4
硫酸錳	1.0	37	硼砂	0.1	3.7
硫酸銅	0.3	11	鋁酸鈉	0.03	1.1

* 1 oz/cu.yd = 37.08 g/m³

栽培介質配方中養分的調整步驟與添加量例

養分來源	含土介質	無土介質
	kg/m ³ (lb/cu.yd)	
1.提供鈣與鎂(調整pH值)		
苦土石灰	3-6(5-10)	6-9(10-15)
2.提供磷與硫		
過磷酸鈣(0-20-0) ¹	1.8(3.0)	2.7(4.5)
3.提供微量元素：鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬		
Micromax ²	0.6-0.9(1-1.5)	0.6-0.9(1-1.5)
4.提供氮與鉀		
硝酸鈣	0.6(1)	0.6(1)
硝酸鉀	0.6(1)	0.6(1)

1.過磷酸鈣可以重過磷酸鈣(0-45-0)與石膏各0.9 kg取代。

2.Micromax為商品名稱，其成分為含S 15、B 0.10、Cu 0.5、Fe 12.0、Mn 2.5、Mo 0.05及Zn 1.0 %。

配製一立方公尺以樹皮、泥炭為骨架無土介質配方(Johns, 1983. p.67)

成分	康乃爾*	加州D*	加州E*	加拿大*	紐澤西	喬治亞	盆栽介質	育苗介質
泥炭	11 bu**	16.5 bu	22 bu	12 bu	9 bu		0.5 m ³	0.5 m ³
松樹皮						9 bu		
蛭石	11 bu			10 bu	9 bu	9 bu		
珍珠石					4 bu			
砂		5.5 bu					0.5 m ³	0.5 m ³
石灰	5 lbs	9 lbs	7.5 lbs		8 lbs	10 lbs		3.0 kg
過磷酸鈣	2 lbs	2 lbs	1 lb	1 lb			1.5 kg	0.75 kg
複合肥料 5-10-5	6 lbs							
複合肥料 10-10-10				2 lbs		10 lbs		
硝酸鉀			0.3 lb	0.5 lb			0.75 kg	0.45 kg
硝酸鈣					1 lb			
硫酸鎂						3 lbs		
硫酸鈣						5 lbs		
硼砂	10 gms			1 gm	10 gms			
鉬型鐵	25 gms				35 gms			

*適用於短期作物，其餘適用於長期的溫室蕃茄。 **1bu=36L，1碼=0.9144公尺

如何診斷栽培介質的養分豐缺？

一、飽和有機栽培介質的分析方法

1. 本法適用於田間採得之潤濕樣品，可立即進行分析。

2. 設備

- (1) 600mL 塑膠燒杯
- (2) 玻棒
- (3) 磁漏斗(11cm)
- (4) 濾紙(Whatman No.1)，11cm
- (5) 500mL 抽氣瓶
- (6) 真空抽氣機

3. 操作步驟

- (1) 於600mL 塑膠燒杯中裝入三分之二滿的介質。
- (2) 逐漸加入蒸餾水並攪拌混合，直至飽和。
- (3) 靜置1小時。
- (4) 若為飽和則表面無自由水或變硬。
- (5) 若非飽和，則以水或介質加以調整，靜置半小時後觀察之。
- (6) 將飽和介質裝置於磁漏斗上，抽氣，過濾，濾液備用。
- (7) 濾液直接以導電度計讀取導電度值，並分析濾液中 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N、P、K、Ca及Mg。

二、分析值的研判

有機栽培介質飽和抽出液的診斷標準

等級	可溶性鹽類	硝酸態氮	磷	鉀	鈣	鎂
	dS/m	mg/L				
低(嚴重缺肥)	< 0.75	< 39	< 2	< 59		
可接受(植株生育緩慢，缺乏徵狀出現)	0.75-2.0	40-99	3-5	60-149	< 79	< 29
適宜(大多數植物生長良好)	2.0-3.5	100-199	6-9	150-249	80-199	30-69
高(植株生長感受鹽害)	3.5-5.0	200-299	10-18	250-349	> 200	> 70
非常高(生育失敗)	> 5.0	> 300	> 19	> 350		

溫室栽培下不同作物之適宜三要素濃度(飽和抽出液)

種植植物或種植型態	硝酸態氮	磷	鉀	鈣	鎂
幼苗(育苗)	40-70	5-9	100-175		
觀葉植物和新植盆栽	50-90	6-10	150-225		
生長中盆栽	80-160	10-15	175-250		
玫瑰	120-200	10-15	200-275		
萵苣和番茄	125-225	7-12	200-300		
芹菜	75-125	10-15	250-300		
穴盤育苗	40-100	3-5	60-150	80-200	30-70

飽和抽出液之養分平衡需求

養分種類	總可溶性鹽類的當量百分比	養分種類	總可溶性鹽類的當量百分比
硝酸態氮	8-10	鈣	14-16
銨態氮	<3	鎂	4-6
鉀	11-13	鈉	<10
		氯	<10

介質pH值對於養分吸收的影響

	低pH	高pH
吸收增加	Fe、Mn、Cu、Zn	Mo
吸收減少	Mo、Ca、Mg	Fe、Mn、Cu、Zn、B

欲提高飽和抽出液之氮、磷、鉀、鈣所需的肥料量

氮源	N (%)	提高 10 mg/L 氮(N)所需的肥料量				
		oz/bu*	oz/cu.yd.	lb/100 sq.ft	g/m ³	g/m ²
硝酸鉀	13	0.12	2.3	4.6	91	18
硝酸鈣	15	0.10	2.0	4.0	78	16
硝酸銨	33	0.05	0.9	1.5	37	6
尿素	45	0.03	0.7	1.4	25	5.6
磷源	P ₂ O ₅ (%)	提高 2 mg/L 磷(P)所需的肥料量				
		oz/bu	lb/cu.yd.	lb/100 sq.ft	g/m ³	g/m ²
過磷酸鈣	18	0.75	0.90	1.8	570	114
重過磷酸鈣	46	0.33	0.40	0.8	260	52
骨粉	25	0.60	0.75	1.5	460	92
鉀源	K ₂ O (%)	提高 25 mg/L 鉀(K)所需的肥料量				
		oz/bu	oz/cu.yd.	lb/100 sq.ft	g/m ³	g/m ²
硝酸鉀	44	0.19	3.75	0.46	139	28
硫酸鉀	50	0.16	3.25	0.40	121	24
20-20-20	20	0.41	8.25	1.03	306	61
鈣源	Ca (%)	提高 25 mg/L 鈣(Ca)所需的肥料量				
		oz/bu	oz/cu.yd.	lb/100 sq.ft	g/m ³	g/m ²
石灰	30-34	0.21	4.2	0.53	156	31
苦土石灰	20-24	0.30	6.0	0.75	223	45
硫酸鈣	23	0.29	5.8	0.73	215	43
硝酸鈣	19	0.35	7.0	0.88	260	52
過磷酸鈣	20	0.33	6.7	0.84	248	50
重過磷酸鈣	13	0.51	10.2	1.28	378	76

*1 bu=36 L

1 oz=28.4 g

1 yd=0.9144 m

1 ft=0.3048 m