

栽培介質有效水之研究

葉士財¹⁾ 林深林²⁾ 張武男³⁾

關鍵字：極有效水、緩衝水、水分總計

摘要：五種有機介質，以 15 公分盆栽植四季秋海棠與非洲鳳仙花。供試 6 個月後，隨著栽培期間的增長，介質有效水分測定張力超過 10kpa 以後，水分特性曲線趨於平緩。在種植前各介質的平均水分總計、極有效水皆未達到常用標準，水的緩衝能力，除了稻殼未達到以外，其餘四種供試介質在 5% 之間。供試介質栽種作物 6 個月後，平均水分總計、極有效水有達到所需的標準，水分總計除了香菇棄堆肥未到達所需的水分總計以外，其餘供試介質均有到達標準。供試介質栽種作物 6 個月後與未使用過的供試介質比較，在有效水含量全部增加，以香菇棄堆肥有效水含量增加最少，稻殼有效水含量增加最多。在無栽植作物供試 6 個月後，有效水也是增加的趨勢。因此影響物理性狀的因素是介質本身的性質及置放時間的長久所決定，作物影響因素較小。

前 言

盆栽介質環境中有三相，固相（土），液相（水），與氣相（空氣），此三相之比例稱為三相分佈。參照學者對盆花介質物理性標準及三相分佈之研究 (De Boodt, 1971; Verdonck, 1976, 1982a, 1982b; 長村智司, 1973, 1995; 池田, 1984) 綜合整理出一個常用於試驗研究的介質標準為：固相在 10~30%，氣相在 30~40%，液相之張力為 pF0~2 時，含水總量在 40~50%，pF1~1.7 時為極有效水 (Easily Available Water, EAW) 在 20~30%，pF1.7~2 時為緩衝水 (Water Buffer Capacity, WBC) 在 4~10%。在使用後總孔隙度的降低，也曾出現在許多報告 (黃, 1991; 陳 1996; Henny, 1979; Lohr *et al.*, 1984)。

- 1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。
- 2) 國立中興大學園藝學系講師，通訊作者。
- 3) 國立中興大學園藝學系教授。

液相，是介質中含水的部分。pF 值為 Schofield 設計應用水柱高度所表示引力之對數，這是自由能差的一個指數表示，但是並不是一個絕對值 (郭, 1990)。水的密度常隨溫度及地心引力，也依地而起變化，尤其是高度。土壤水依土壤對水引力之大小而分類，大於 pF7 時稱為結構水或化合水 (Water of constiution or combined water)；在 pF4.5~7 之間的水分含量，稱為吸著水 (Hygroscopic water)，屬於土壤無效水；在 pF2.53~4.18 之間的水分含量，稱為毛細水 (Capillary water)，為植物有效水之儲蓄，在 pF1.7~2.53 之間的水分含量，稱微管傳導，在 pF0~1.7 之間的水分為滲浸作用 (郭, 1990)。

De Boodt (1971)，所建立在植床作物栽培的標準，在不鎮壓時，pF1~1.7 之間的土壤水分含量，稱之極有效水(Easily Available Water, E.A.W.)；在 pF1.7~2 之間的水分含量，稱之為水的緩衝能力 (Water Buffer Capacity, W.B.C.)，在 pF0~2.7 (0~50kPa)範圍內，才是植物所能利用的有效水範圍，統稱水分總量 (池田, 1984; 長村智司, 1980, 1987, 1991, 1995)。本試驗以五種有機介質用在五吋盆草花盆栽，檢測六個月的栽培過程中，各種介質的水份含量，有效水的變化情形，藉以瞭解介質水份管理是否須隨介質老化而調整。

材料與方法

一、介質材料：

- (一)蔗渣堆肥 (Sugarcane compost, SC):採用市售“農城”堆肥，為本土化有機栽培介質，主要成分有蔗渣、貝蚶粉、炭化稻殼、田土、砂、活性菌及其他植物副料。採全量供試，不再混合其他比例的砂。
- (二)香菇棄堆肥 (Shitake mushroom compost, SM):採用市售“中一”園藝栽培土，為本土化有機栽培介質，混合物有香菇太空包棄堆肥(主要的成分有木屑、米糠、玉米粉加上碳酸鈣混合發酵製作而成)、砂及田土等。也是採全量供試，不再混合其他比例的砂。
- (三)金針菇棄堆肥 (Golden mushroom compost, GM):取材自台中縣大里市草湖林養菌場的廢棄金針菇堆肥，堆積 30 天後風乾備用；其主要的成分為杉木屑、米糠及金針菇菌絲塊。金針菇棄堆肥混砂採 (3Golden mushroom compost : 1Sand) 的比例供試。
- (四)泥炭苔 (Peat moss, PM):由德國進口之泥炭苔 (peat moss) TKS2。泥炭苔混砂採 (3Peat moss : 1Sand) 的比例供試。
- (五)稻殼 (Rice hull, RH):取材自台中縣烏日鄉溪壩農會碾米場，為 86 年第一期作水稻稻殼，沒有打碎及堆積處理。稻殼混砂採 (2Rice hull : 1Sand) 的比例供試。
- (六)砂 (Sand):河砂，總體密度在 1.37，pH 值在 5.9，EC 在 0.1mS/cm。

二、植物材料:

- (一)四季秋海棠 (*Begonia semperflorens*, 'Olympic')：四季秋海棠材料為自日本進口種(奧林匹亞)，取材自優昇花坊，取頂芽長 7cm 扦插於 288 格穴盤，扦插介質採 2 號南海蛭石，置於噴霧床上，扦插 2 週生根後備用。
- (二)非洲鳳仙花 (*Impatiens wallerana*, 'Music')：非洲鳳仙花材料為自日本進口種(音樂)，取材自優昇花坊，取頂芽平均 7cm 扦插於 288 穴盤，扦插介質採 2 號南海蛭石，置於噴霧床上，扦插 2 週生根後備用。

三、試驗方法：

(一)、栽培管理及調查項目：

- 1.定植時期：自 86 年 7 月 10 日起至 87 年 1 月 3 日止，每盆種植扦插苗一株，空白組(Blank)不種作物，其餘管理方法皆相同。
- 2.肥料的供應：採用複合肥料 Peters (10-30-20) 加水稀釋 1000 倍 (灌溉水水質 pH 值在 6.7；EC 在 0.38mS/cm)，每週施肥一次，每次每盆施用 350ml，並配合除草。
- 3.遮蔭：利用 50%遮光之百吉網，張於盆栽作物上方 130cm 處。
- 4.灌溉：每天人工澆水 1 次，夏天 (7~10 月) 溫度高蒸發快，每天澆灌 2 次。
- 5.介質種植之前與收穫後測定水分特性曲線、極有效水(EAW)、緩衝水(WBC)、有效水(AW)。

(二)介質之水分特性曲線分析：

依據 (Topp, 1970)，提出之方法。利用 Soil Moisture Equipment CO.出品之土壤水分測定壓力鍋來測定。

1. 取水盆，將素瓷板置於水盆中。
2. 將 Toyo 2 號 5.5mm 濾紙平均排列於素瓷板上，取直徑 4.8mm，高度 4.8mm 白鐵圓筒內容積 86.86ml 置於其上。
3. 取供試介質裝填於白鐵圓筒中，高於白鐵圓筒，不鎮壓。
4. 取蒸餾水加入水盆中，與白鐵圓筒上沿齊，但不淹過筒口，由底部吸水，使介質充滿水，水盆上放置蓋子，以防蒸發，靜置過夜。
5. 利用刮杓刮除多的介質，將素瓷板置於壓力鍋中，調整壓力閥至所需壓力，經 24 小時後取出馬上秤重，整個白鐵圓筒置於烘箱 105°C，烘乾冷卻 2 天後再秤重。
6. (烘乾前重(g)-烘乾後重(g)) / 86.86ml × 100% = 此一壓力下介質所含水量之百分率。並依照 (Verdonck, 1972、1982) 的標準 EAW (pF1~1.7) 在 20~30%，WBC (pF1.7~2) 在 4~10%，水分總計 (pF0~2) 在 40~50%。將數值統計做成水分特性曲線圖後，再用迴歸方式，並換算 pF 為 kPa 求出極有效水，EAW 在 1~7kPa、WBC 在 7~10kPa、水分總計在 0~10kPa。

結 果

一、介質使用前後水分特性曲線比較

供試介質使用前，以壓力鍋測得之水份張力結果，隨著壓力的增加超過 10kPa 至 300kPa 時，水分特性曲線無明顯的差異，極少再降低。一般差異最明顯的是在 0kPa~10kPa 時下降幅度大，壓力超過 10kPa 以上，則水分特性曲線再下降幅度減少，由此可知 0kPa~10kPa 為水分特性曲線的重要關鍵，如圖 1 所示。

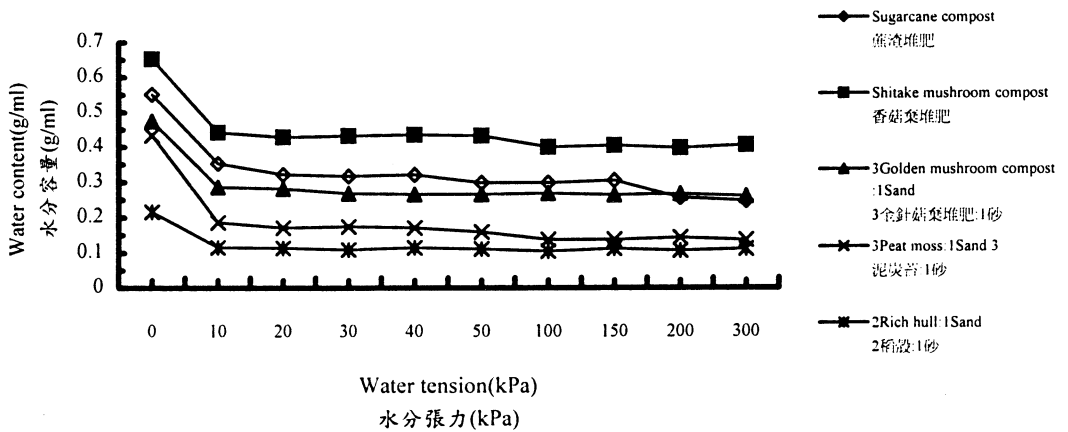


圖 1. 五種供試介質種植前之水分特性曲線變化

Fig. 1. The moisture retention curve of five tested media before use

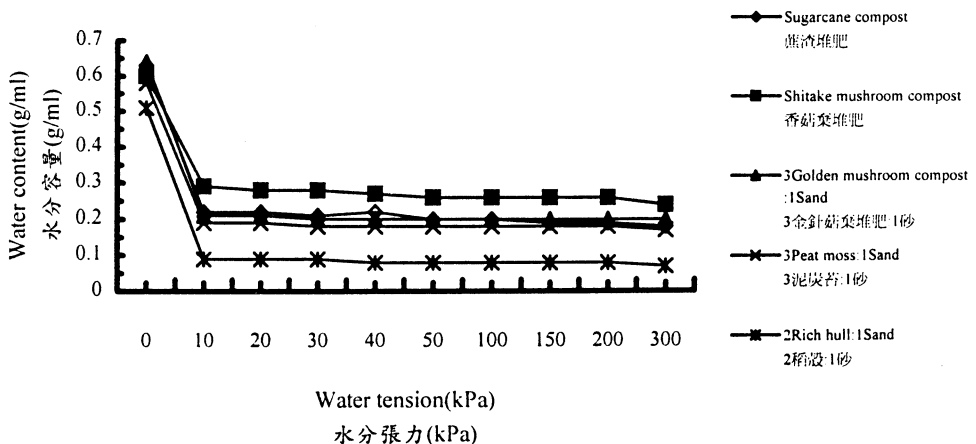


圖 2. 五種供試介質於四季秋海棠盆栽使用6個月後之水分特性曲線變化

Fig. 2. The moisture retention curve of five tested media after six months of *Begonia semperflorens* pot planting

栽植四季秋海棠 6 個月後供試介質水分特性曲線變化情形，如圖 2 所示，供試介質使用 6 個月後，同樣以壓力鍋測得介質水份張力結果，隨著壓力的增加超過 10kPa 至 300kPa 時，水分特性曲線也是下降的趨勢，一般差異最明顯仍然是在 0kPa 至 10kPa 時下降幅度大，壓力超過 10kPa 以上，則水分特性曲線再下降幅度減少，由此可知 0kPa~10kPa 為使用 6 個月後的水分特性曲線重要關鍵，比較使用前 (圖 1) 之供試介質，水分特性曲線從 0kPa~10kPa 之間的下陷率，以栽植四季秋海棠 6 個月後供試介質水分特性曲線 (圖 2) 下降大幅度大。

五種供試介質栽植非洲鳳仙花 6 個月後水分特性曲線變化情形，如圖 3 所示，其水分特性曲線變化情形與圖 2 極為相似，仍然以 0kPa~10kPa 之間為重要關鍵。比較使用前 (圖 1) 之供試介質，仍是使用 6 個月後水分特性曲線變化下降幅度大。

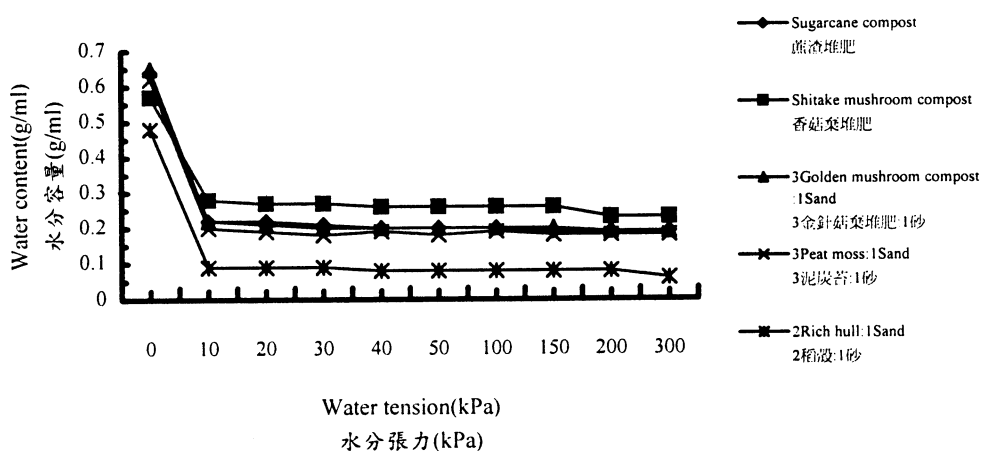


圖 3. 五種供試介質於非洲鳳仙花盆栽使用 6 個月後之水分特性曲線變化

Fig. 3. The moisture retention curve of five tested media after six months of *Impatiens wallerana* pot planting

五種供試介質在無栽植作物對照組經 6 個月後水分特性曲線變化情形，如圖 4 所示，隨著壓力的增加超過 10kPa 至 300kPa 時，水分特性曲線無明顯再下降的趨勢。因此差異最明顯還是在 0kPa~10kPa 時下降幅度大。水分特性曲線的下陷，主要的原因是置放時間的長久所決定，受到栽植作物的因素影響較小。

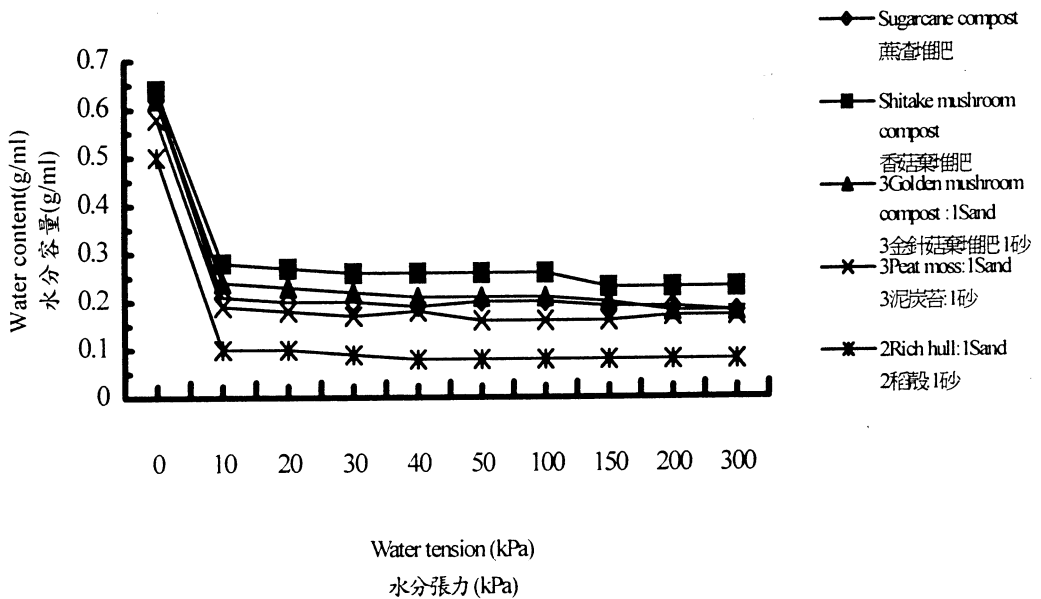


圖4. 五種供試介質於無作物對照組盆栽使用6個月後之水分特性曲線變化

Fig. 4. The moisture retention curve of five tested media after six months in pots without plant

二、有效水分含量

五種供試介質，在使用前之水份含量以泥炭苔在使用前極有效水為 15.9%、緩衝水為 5.5%、水分總計 24%最高，其次為香菇棄堆肥在極有效水為 13.6%、緩衝水為 5%、水分總計為 21%；蔗渣在使用前極有效水為 12.3%、緩衝水為 5.3%、水分總計為 20%，以稻殼在使用前極有效水為 6.7%、緩衝水為 2.4%、水分總計為 10%最低（圖 5），因此以泥炭苔的有效水較適宜提供作物有效水分。如果以整體而言，種植前五種供試介質在極有效水及水分總計皆未到達所需標準。緩衝水部份，除了稻殼以外，其餘四種勉強達到所需標準，所以種植前有良好的三相分佈，但是不一定有極高的有效水來供給作物生長（圖 5）。

五種供試介質，在種植四季秋海棠 6 個月後，以金針菇棄堆肥在極有效水為 28.7%、緩衝水為 9.6%、水分總計為 43%最高，其次為稻殼在使用前極有效水為 28%、緩衝水為 9.5%、水分總計為 41.9%，以香菇棄堆肥在極有效水為 20.6%、緩衝水為 7.3%、水分總計為 31.3%最低，由數據可知，五種供試介質，在供試 6 個月後除了香菇棄堆肥在水分總計未達 40~50%以外，其餘四種供試介質在極有效水、緩衝水及水分總計有達到所需標準（圖 5）。無作物對照組的介質，在供試 6 個月以後，在極有效水、緩衝水及水分總計都

有增加的效果，以香菇棄堆肥在水分總計未達 40~50%，極有效水在 23.8%及緩衝水在 8.1%，有到達所需範圍以外，其餘四種供試介質在極有效水、緩衝水及水分總計將近其範圍，以蔗渣在使用 6 個月後極有效水為 26.7%、緩衝水為 9.1%、水分總計為 40.3%最高，其次為稻殼在使用前極有效水為 26.5%、緩衝水為 8.5%、水分總計為 39.1%。因此可知有效水的增加，主要不是受到栽種作物的影響，受到介質本身之性質及堆積時間的長久所決定 (圖 5)。

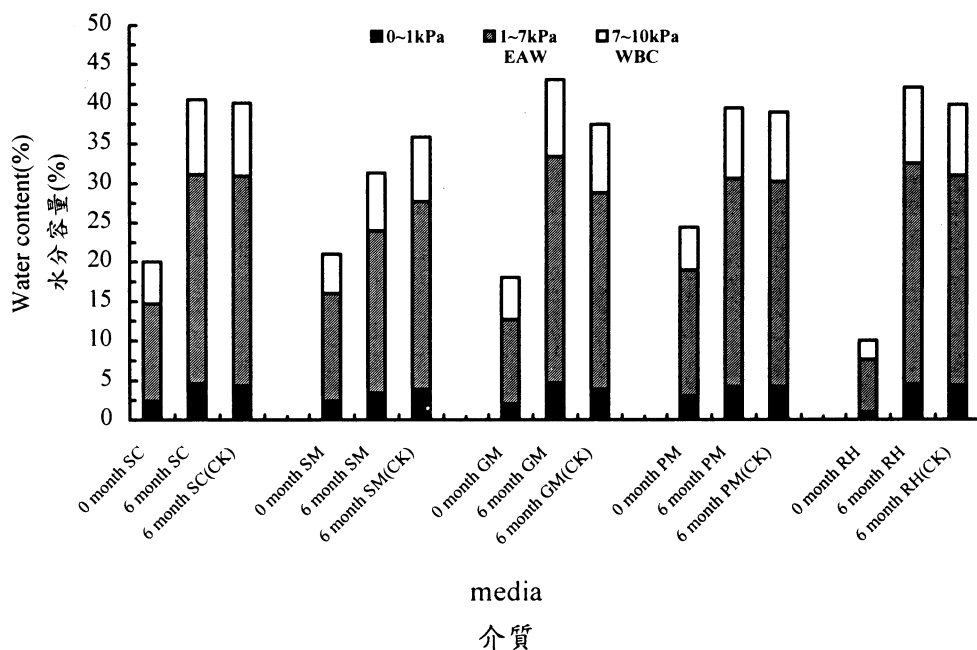


圖5. 五種供試介質於四季秋海棠盆栽使用6個月(0~6 month)期間之有效水變化，每一供試介質均含一組，未栽培作物的對照組介質(CK)

Fig. 5. Change in available water content of five tested medium after growing *Begonia semperflorens* for six months a set of plant checks(CK) were also tested for their water contents in every tested medium

SC : Sugarcane compost 蔗渣堆肥

SM : Shitake mushroom compost 香菇棄堆肥

GM : 3 Golden mushroom compost:1 Sand 3 金針菇棄堆肥:1 砂

PM : 3 Peat moss:1 Sand 3 泥炭苔:1 砂

RH : 2 Rich hull:1 Sand 2 稻殼:1 砂

CK : without anything planted 無栽植任何作物

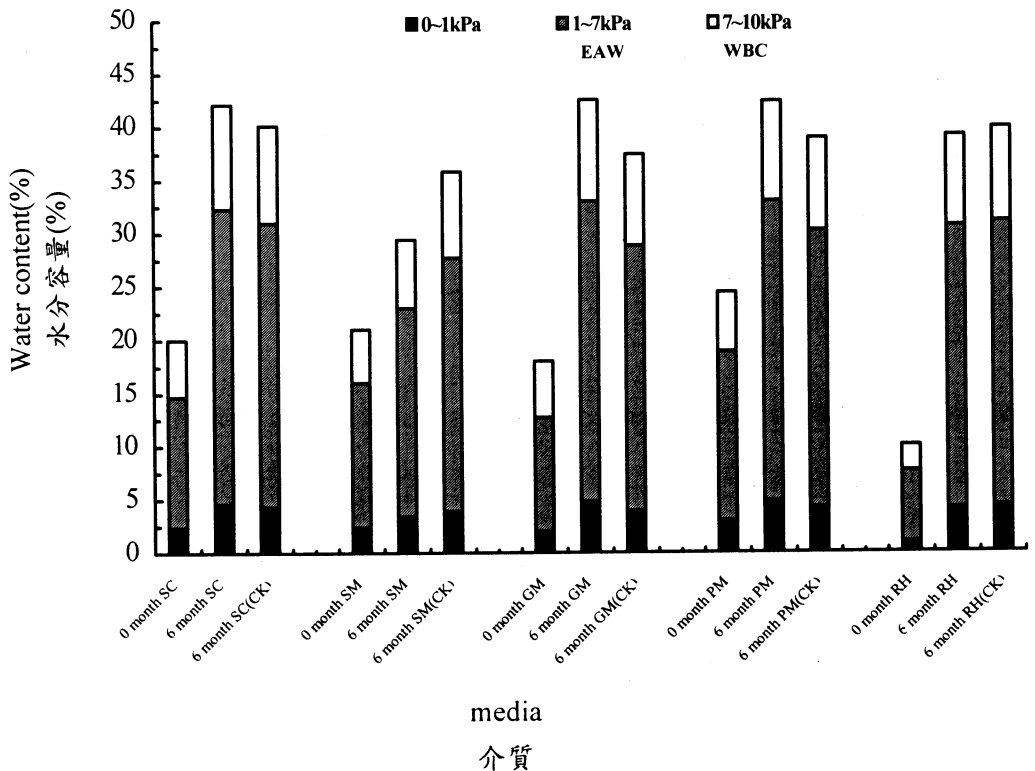


圖 6. 五種供試介質於非洲鳳仙花盆栽使用 6 個月期間之 (0~6 month) 有效水變化，每一供試介質均含一組，未栽培作物的對照組介質 (CK)

Fig. 6. Changes in available water content of five tested media after growing *Impatiens wallerana* for six months. Sets of no plant check (CK) were also tested for their water contents with every tested medium

SC : Sugarcane compost 蔗渣堆肥

SM : Shitake mushroom compost 香菇棄堆肥

GM : 3 Golden mushroom compost:1 Sand 3 金針菇棄堆肥:1 砂

PM : 3 Peat moss:1 Sand 3 泥炭苔:1 砂

RH : 2 Rich hull:1 Sand 2 稻殼:1 砂

CK : without anything planted 無栽植任何作物

在種植非洲鳳仙花 6 個月後，五種供試介質中以金針菇棄堆肥及泥炭苔在極有效水份為 28.2%最高，香菇棄堆肥的極有效水最低為 19.6%。緩衝水以蔗渣最高為 9.8%，其次為金針菇棄堆肥緩衝水為 9.5%，香菇棄堆肥的緩衝水最低為 6.4%。水分總計，以金針

菇棄堆肥含量最高達42.5%，其次為蔗渣在42%，以香菇棄堆肥在水分總計最低為29.9%。因此，香菇棄堆肥的水分總計未達到所需標準，其餘四種供試介質在極有效水、緩衝水及水分總計有達到所需標準（圖6）。無作物對照組的介質，在供試6個月以後，在極有效水、緩衝水及水分總計，都有增加的效果，可見得，介質本身性質及堆積時間的長久才是影響有效水含量的高低。

討 論

介質三相分佈有固相、液相及氣相，而總孔隙度代表液相與氣相之和。總孔隙度減少，液相與氣相之和降低，固相相對就增加，因此依三相分佈之標準，作物栽種6個月後，應該會愈長愈差的趨勢，可是與事實剛好相反，作物生長是愈來愈好的趨勢，因此影響作物生長的因素最主要仍是液相最為重要。其中又以有效水分佈的情形影響最大。液相中又可分為可利用水及不可利用水，可利用水的水分總量在 $pF_0 \sim 2.7$ 之間的範圍， $pF_{2.7}$ 以上為植物的不可利用水。在可利用水的有效水範圍最為重要，包括極有效水、緩衝水及整個有效水之含水總量。

依據前述學者對盆花介質物理性標準，以壓力鍋測試 $0kPa \sim 300kPa$ 的結果，在 $50kPa$ 張力以下為作物可利用水的水分總量範圍，但是在 $10kPa$ 才是作物最佳的有效水範圍，依本試驗 $10kPa$ 以後再下降的情形就趨於平緩（圖1, 2, 3, 4），因此在 $0 \sim 10kPa$ 是相當值得重視的範圍，也是有效水的最佳範圍。在隨著堆積時間的增長，有效水也隨之增加。如果有效水是增加的趨勢，則可證明有效水是影響物理性變化的主因，也是影響作物生長很重要因素，在許多前人實驗也已經證明。本試驗證明在使用6個月後，有效水範圍內的極有效水增加，緩衝水增加，含水總量全部增加，完全符合標準；反而在種植前的極有效水及水分總量未達到所需標準，緩衝水勉強有到達僅佔5%，因此種植前液相雖然高但是有效水少，栽植6個月後，液相降低但是有效水升高而且達到標準，不僅在蔗渣上發生，而且其他供試介質全部也有類似情況，而且以稻殼增加最明顯。因此可以完全解釋此試驗物理特性之改變，主要是受到有效水的影響（圖5, 6）。

參 考 文 獻

- 郭魁士。1990。土壤學(第六版)。之宜出版社。
- 黃淑汝。1991。金針菇堆肥對園藝作物生長之研究。國立中興大學園藝研究所碩士論文 pp.1~117。
- 陳士略。1996。金針菇棄堆肥作為育苗介質之研究。國立中興大學園藝研究所碩士論文 pp.1~121。

- 池田幸弘・森 俊人・藤原辰行. 1984. 鉢物および花だん苗の用土規格化に関する研究. (第3報) ヒート・スラグ配合土の實用性について. 兵庫農センター研報. 32:59-66.
- 長村智司. 1980. はち物用標準培養土に関する研究. (第5報) シクxラメン・ペコニアの生育と培養土組成. 鉢材料の関係. 良農試研報. 11:31-40.
- 長村智司. 1987. 鉢物用培養土の標準化と根圏の物理條件に関する研究.
- 長村智司. 1995. 鉢花の培養土と養水分管理 農文協. P.1-170.
- 長村智司・卜部昇治. 1973. はち物用標準培養土に関する研究. (第2報) オガクス・モミガラによる培養土の物理性の標準化とその植物に與える影響. 奈良農試研報. 5:34-40.
- De Boodt, M. and O. Verdonck. 1971. Physical properties of peats-moulds improved by perlite and foam plastic in relation to environmental plant growth. *Acta Hort.* 75: 179-199.
- Henny, B. K. 1979. Production of six foliage crops in spent mushroom compost potting mixes. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 92: 330-332.
- Lohr, V. I., R. G. O'Brien, and D.L. Coffey. 1984. Spent mushroom compost in soilless media and its effect on the yield and quality of transplants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(5): 693-697.
- Topp, W. E., W. Llewellyn, and J. Nesmith. 1970. The chemical, physical and salinity characteristics of twenty-seven soil media. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 83: 482-488.
- Verdonck, O., I. M. Cappaert, and M. Deboodt. 1976. A comparative study between peat, pine leaf mould compost as a substrate for pot plants. *Acta Hort.* 64: 245-248.
- Verdonck, O., I.M. Cappaert, and M. Deboodt. 1982. Physical characterization of horticultural substrates. *Acta Hort.* 82: 231-243.
- Verdonck, O., D. Deveschauwer, and M. Deboodt. 1982. The influence of the substrate to plant growth. *Acta Hort.* 99: 119-129.

Studies of Available Water for Five Organic Media

Shih-Tsai Yeh ¹⁾ Shen-Lin Lin ²⁾ Woo-Nang Chang ³⁾

Key word: Easily available water, Water buffer capacity, Water content .

Summary

Five organic media, spent golden mushroom compost (GM), peat moss (PM), rice hull (RH), sugarcane compost (SC), and spent Shitake mushroom compost (SM), were used to grow *Impatiens wallprana* and *Begonia semperflorens* in 15 cm pots for 6 months. As the planting period increased, soil moisture curve declined less in magnitude when water tension of the media exceeded 10kPa. Mean total water content and easily available water of the five tested media did not reach a favorable level before use. Except for rice hull, water buffering capability of the other four media were around 5%. But all of them reached favorable level except in Shitake mushroom compost after used for six months. In comparison, organic media used before and after 6 months, available water of all media increased and was smallest in Shitake mushroom compost and was highest in rice hull. In no-plant control pots, the trend of available water increased. Therefore, the primary factors on physical properties are the media themselves and the placing period of media.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Instructor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Corresponding author.

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

