

南瓜與甜瓜莖葉處理產物之物理化學性質分析

陳嘉雯¹⁾ 宋好²⁾

關鍵字：堆肥化處理、物理性質、化學性質、替代介質

摘要：南瓜與甜瓜莖葉以兩種不同堆肥方式發酵，加入大豆粕及菌種以堆肥桶發酵之一般堆積方式(CC)及由中興大學土壤環境科學系之微生物及生化研究室所進行之快速發酵(CF)，分析發酵後產物之物理化學性質，結果顯示 CC 處理含有較多的粗顆粒，其空氣孔隙度及氣相皆高於 CF。CC 及 CF 之 pH 介於 8.0 至 8.2 之間，屬於中性偏鹼，CF 較 CC 有顯著較高的 EC、鉀、鈣及鎂含量。將 CC 以 40%、50% 與 60%，CF 以 25% 及 50% 與椰纖混合，各不同混合比例介質之物理及化學性質皆介於理想介質範圍中，並認為 CC50 及 CF50 有作為商業栽培介質使用之潛力。

前 言

南瓜與甜瓜作物為葫蘆科一年生蔓性作物，植株側蔓發達，栽培期間需時常對其進行整枝摘除側蔓以維持營養生長與生殖生長之平衡。每年所產出之大量的側蔓及生產季末淘汰植株會造成栽培上問題。若將其經堆肥化處理後，再施用於農業栽培系統中被認為是最好的處理方式之一。

堆肥化(composting)處理是一種將不同的有機固體廢棄物在農業應用優化的控制條件下，使其變為穩定階段的一個有效過程，透過對環境友善的方式，消滅有機廢棄物中含有的病原菌及使營養成分可再被環境利用，並減少碳排放，提高土地利用率(Zhang and Sun, 2015)。植物性有機廢棄物堆肥過程中會受環境條件及廢棄物本身的性質影響，若給予堆肥發酵的條件不恰當，堆肥化效率就會隨之下降。施用未發酵完全的堆肥會和作物競爭氧氣及養分，可能會抑制種子發芽及降低植物生長。

介質的物化性質對植株的生長造成相當大的影響，介質物理性質中的通氣性及保水能力影響植株根對水分與營養吸收，化學性質包括了 pH 值、EC 值及營養元素含量，pH 值

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助理教授，通訊作者。

的高低與有效性元素吸收有關，EC 值會影響植株根部的滲透壓，大量元素的部分則是直接與供給植株養分量有相關性(李，2011；羅，2005)。本試驗為將南瓜及甜瓜莖葉作為試驗材料，經過不同方式的發酵處理之產物與椰纖混合，分析其物理化學性質，並調整為適合蔬菜育苗之介質，以期建立最合適的育苗介質配方。

材料與方法

一、試驗材料

- (一)泥炭苔(peat moss):採用 Jiffy 公司生產的泥炭苔(Bio-Mix Potting substratum 003B, Tref, Norway)，商業用栽培介質，試驗以泥炭苔：真珠石：蛭石=8：1：1 比例混合，代號為 P，作為對照組。
- (二)椰纖(coir)：購自振詠興業有限公司，商業用栽培介質，以椰纖：珍珠石：真珠石：蛭石=8：1：1 比例混合，代號為 C。
- (三)真珠石(perlite)：購自振詠興業有限公司，用來調整介質物理性質。
- (四)蛭石(vermiculite)：購自振詠興業有限公司，用來調整介質物理性質。
- (五)南瓜及甜瓜植株：收集南瓜及甜瓜植株整枝修剪後之側蔓和葉片及生長季末的植株作為堆肥試驗使用。南瓜植株由彰化縣溪湖鎮栗の香農園提供，甜瓜植株則由台中市清水區沐光農場提供。

二、試驗時間：於 2014 年 12 月至 2015 年 2 月

三、試驗處理

將南瓜及甜瓜植株經過充分乾燥後，以碎枝機打碎至粒徑小於 5 mm 風乾備用。分別以下列方式處理：

- (一)未處理：南瓜及甜瓜植株打碎後風乾備用，代號為 CR。
- (二)快速處理：由中興大學土壤環境系楊秋忠教授之微生物及生化研究室進行快速分解處理，代號為 CF。
- (三)堆積處理：於中興大學蔬菜試驗網室進行堆積處理試驗，將打碎乾燥的南瓜及甜瓜植株 4.5 kg、大豆粕 450 g 及菌種 20 g(活麗送 FS-BIO-2；福壽實業有限公司)堆疊於堆肥桶中，置於不淋雨通風處，兩日翻堆澆水一次，每日記錄中心溫度。南瓜及甜瓜莖葉堆肥於堆積過程中，堆肥中心溫度達 55°C 至少 3 天，於堆積處理第 50 天左右取出，分析其碳氮比小於 20。將處理完成之堆肥置於通風處風乾後進行試驗，代號為 CC。

四、介質物理化學性質測定

(一)介質粒徑分布

依據 Drzal 等人(1999)之試驗方法，將烘乾介質 100 g 倒入粒徑分析儀(Retsch)之篩網，以 100 rpm 震盪 5 分鐘，篩網孔徑分別為 2.36 mm、2.00 mm、1.40 mm、1.00 mm、0.60 mm、

0.425 mm、0.180 mm 與 0.075 mm，將各篩網中介質秤重，計算其重量百分率。每處理三重複，一重複 2 個樣品。

1. 介質物理特性

測定方法修改自 Fonteno 與 Bilderback(1993)及許(2011)。土壤物理性質測定容器為直徑 4.8 cm、高 5 cm、體積約為 90 ml 的不鏽鋼環，在其底部封有 150 目平絹網，可使介質裝於其中不散落而水分可流出。首先，測量鋼環的重量(W_r)，後使用聚氯乙稀膜將鋼環底部密封，使鋼環底部不透水，水分無法滲出，將水倒入鋼環中直到鋼環頂部面和水面切齊，鋼環體積(V_r)即為倒入之水量。取不同處理的介質以不外加壓力的方式填入鋼環中，介質填滿鋼環時的體積會和鋼環本身的體積相等($V_m=V_r$)，秤重(W_1)。將填滿介質的鋼環放於淺盤中，鋼環中加水使其吸水一夜，隔日緩慢將水注滿鋼環，水分不溢出而介質不因浮起流出，水面與鋼環切齊，秤重(W_2)並記錄加入水的重量($W_{add}=W_2-W_1$)。將聚氯乙稀膜去除，令水可以從鋼環的底部流出至不再滴水，秤重(W_3)並且紀錄流出水重量($W_{drop}=W_2-W_3$)與潮濕介質重量($W_{wm}=W_3-W_r$)。最後將鋼環放入烘箱，以 70-80°C 烘乾 36 小時以上，秤重(W_{dry})並記錄乾燥介質量($W_{dm}=W_{dry}-W_r$)。每處理三重複，一重複 2 個樣品。計算物理特性如下：

(1) 總孔隙度(total porosity, TP)=[$(W_{add}+W_1-W_{dry})/V_m$] $\times 100\%$

(2) 容器含水量(container capacity, CC)=[$(W_{wm}-W_{dm})/V_m$] $\times 100\%$

(3) 空氣孔隙度(air space, AS)=(W_{drop}/V_m) $\times 100\%$

(4) 介質總體密度(bulk density, BD)= W_{dm}/V_m

(5) 氣相(gas phase)=TP-CC

(6) 液相(liquid phase)=CC

(7) 固相(solid phase)=100-TP

2. pH 與 EC 值

將各處理介質取 5 g 置於燒杯中，加入 25 ml 去離子水(1:5)。令其在 150 rpm 下震盪一小時後，靜置 30 分鐘。使用濾紙(ADVANTEC NO.1)過濾後取得濾液，分別以 pH meter(Suntex-sp-23)與 EC meter(WTW Conductivity meter LF538)測定，每處理三重複，一重複 2 個樣品。

3. 總碳含量

修改自 Nelson 與 Sommers(1982)之分析方法，先將管狀高溫爐預熱至 950°C，瓷舟中取隨意量 MnO_2 推入高溫爐中當作催化劑，測量途中不取出。流速應維持 40-60 ml/min，精秤 0.0125 g Glucose 置於另一瓷舟中放入爐中並且迅速塞緊橡皮塞，打開通氣閥使燒出的 CO_2 流入裝有 0.1 N H_2SO_4 的排水集氣瓶，經 10 分鐘後打關閉通氣閥，紀錄收集到的氣體體積並以樣針抽取瓶中氣體，以紅外線(Maihak UNOR 610, Gemany)檢測 CO_2 濃度後計算碳回收率，回收率應要在 80% 以上，太低則結果失真需重做。回收率許可後，精秤乾燥介質樣本 0.01 g 於瓷舟中進行分析。單位為%，每一處理為三重複，一重複 2 個樣品。

4. 總氮含量

參考 Micro-Kjeldahl 法(Cunniff, 1995)。精秤乾燥樣品 0.2 g 並將其包於濾紙(ADVANTEC NO.1)中置於分解管內，並加入 4.5 ml 濃硫酸及 1 g 催化劑(Selenium reagent mixture, Merck 8030)，將分解管放置於分解爐中以 410°C 將其分解，分解期間需每 1 小時轉動試管，利用管中液體將管壁殘留物洗去，至管中液體呈現澄清之綠色且無白煙冒出時視其為分解完畢。取出分解管放於抽風櫃中冷卻一夜。將完全分解之樣品移至 Micro-Kjeldahl 裝置，加入 20 ml 的去離子水及 20 ml 的 12 N NaOH，通蒸氣使之氮化，氮氣以承裝 20 ml 燒氮指示劑(含 Bromocresol green 19 μ M 及與 Methyl red 25 μ M 之 2% 硼酸溶液)之塑膠燒杯蒐集。當液體體積達 50 ml，再以 1/14 N 之硫酸進行滴定，計算氮於燒杯中之百分比回推氮的含量。單位為%。每處理三重複，一重複 2 個樣品。

5. 有效性磷、鉀、鈣、鎂與微量元素含量

依據孟立克氏法(Mehlich's method)進行分析，取風乾之介質樣品 2.5 g 於燒杯中，加入 50 ml 之酸萃液(0.05 N HCl 與 0.025 N H₂SO₄)。震盪 1 小時後以濾紙過濾，將濾液以 PE 盛裝置於 4°C 保存備用。有效性磷使用分光光度計(U-2900, Hitachi)，有效性鉀、鈣及鎂元素測定則使用原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer, Hitachi Z-2300)，每處理 3 重複，一重複 2 個樣品。

(1)有效性磷：使用鉬黃法(Vanadate-Molybdate Yellow Method)，取 1 ml 濾液於試管，加入 3 ml 去離子水及 1 ml 鉬黃試劑[1000 ml 試劑中含有(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 22.5 g 及 NH₄VO₃ 1.25 g 溶於 25% HNO₃]均勻混合後靜置 30 分鐘。使用分光光度計(U-2900, Hitachi)測量樣品於 470 nm 的吸光值，標準液以 KH₂PO₄ 進行配製，單位為% (Horwitz, 1970)。

(2)有效性鉀、鎂：取稀釋十倍之濾液 0.5 ml 加去離子水 9.5 ml，均勻震盪後使用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)測定濃度，單位為%。

(3)有效性鈣：取稀釋十倍之濾液 1 ml 加去離子水 8 ml 及 5% 氧化釷(LaO₃, Lanthanum oxide，溶於 25% 硫酸溶液)，均勻震盪後使用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)測定濃度，單位為%。

五、統計分析

調查所得數據統計採用 SAS 套裝軟體(SAS Institute)中的 ANOVA(analysis of variance procedure)進行變方分析($\alpha=0.05$)，以 Fishers' s LSD 進行各處理間平均值之比較。

結 果

一、粒徑分布

粒徑分析將介質的顆粒大小分成三個等級，顆粒小於 0.425 mm 為小顆粒，0.425 至 2.00 mm 為中顆粒，當顆粒大於 2.00 mm 時即為粗顆粒。粒徑分析結果顯示如圖 1，單質

材料中以 CR 有最高的粗顆粒含量 93.72%，其次分別為 CC 的 86.58%、P 的 37.43%、C 的 27.06% 及 CF 的 15.37%。粗顆粒因其粒徑較大，使介質有較好的排水性；中顆粒的部分以 CF 有最高的含量為 48.42%，之後分別為 C 的 47.16%、P 的 30.92%、CC 的 11.79% 及 CR 的 5.32%，中顆粒扮演著調整介質中的通氣性及保水力的角色；小顆粒方面 CF 的小顆粒占了整體的 36.32%，接下來依序為 P 的 31.66%、C 的 26.20%、CC 的 1.63% 及 CR 的 0.96% (圖 1)。

經堆積處理南瓜及甜瓜莖葉與不同比例椰纖混合介質之粒徑分析結果於圖 1，介質粗顆粒的部分，以混合越多一般堆積處理堆肥時，會有較高的粗顆粒比例，隨添加 CC 比例增加而粗顆粒比例上升如 CC40 的 45.98%、CC50 的 62.24% 及 CC60 的 63.49%；而單質快速堆肥處理者有較低的粗顆粒比例，因此當混合越多的快速堆肥處理產物則粗顆粒的比例隨之下降如 CF25 的 21.44% 及 CF50 的 16.81% (圖 1)。

二、物理性質與三相分布

試驗中所分析的物理性質包括介質的總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙度、及總體密度，並且利用上述的數值將其換算為介質的液相、固相及氣相。比較商業介質(P 與 C)、南瓜及甜瓜莖葉原料(CR)及其堆肥(CC 與 CF)的總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙度及總體密度結果顯示於表 2，其中總孔隙度最高的處理為 C 的 79.86%，總孔隙度最低的是 P 為 47.27%，經堆積處理後 CC 總孔隙度下降，但下降的幅度不大。C 有顯著最高的容器含水量 69.13%，CR 及 CC 處理容器含水量顯著低於其它處理，分別為 22.93% 及 21.28%。空氣孔隙度以 CR 和 CC 分別為 38.50% 及 32.44% 顯著高於其它處理，顯著最低為 3.77% 的 P。總體密度部分以 CC 的 0.41 g/cm^3 顯著最高，顯著最低為 C 的 0.06 g/cm^3 。

南瓜及甜瓜莖葉堆肥與不同比例椰纖混合介質處理的物理特性結果顯示於表 3，總孔隙度的部分，CF50、CF25 及 CC50 總孔隙度依序為 83.67%、80.50% 及 77.02%，三者顯著高於其它混合介質處理。容器含水量以混有快速處理堆肥的 CF25 及 CF50 顯著高於其它處理，分別為 74.12% 及 73.17%。空氣孔隙度中 CC50、CC60 及 CF50 介於 10.51% 至 13.71% 之間，顯著高於 CC40 及 CF25。總體密度方面，混有一般堆積處理堆肥有較高的總體密度，以 CC60 的 0.20 g/cm^3 顯著高於其它處理，CC40、CC50、CF25 及 CF50 皆低於 0.20 g/cm^3 。

於圖 2 中顯示 P 的氣相為 52.73%，液相為 43.49% 而固相為 3.77%，可知沒有任何處理與 P 有較相似的分布，而 CR、CC 及 CF 這三個材料在液相的部分所占的比例較相近，分別為 22.93%、21.28% 及 21.09%。混合堆肥介質方面結果顯示於圖 2，和 C 有部分處理分布情形類似，C 的氣相為 20.14%、液相為 69.13%，固相為 10.73%，分布情形和 CC50 的氣相 22.98%、液相 63.30%、固相 13.71%，CF25 的氣相 19.50%、液相 74.12%、固相 6.38% 及 CF50 的氣相 16.33%、液相 73.17%、固相 10.51% 這三個處理有相似分布情形。

三、化學性質

商業介質(P 與 C)、南瓜及甜瓜莖葉原料(CR)及其堆肥(CC 與 CF)的化學性質分析結果

表1. 試驗中各介質與處理代號說明

Table 1. Types and volume ratios of the different treatments.

Treatment	Mark
P	Peat moss : perlite : vermiculite=8 : 1 : 1 (v : v : v) as control
C	Coir : perlite : vermiculite=8 : 1 : 1 (v : v : v)
CR	Non-treated Cucurbitaceae residue
CF	Fast treated Cucurbitaceae residue
CC	Composted Cucurbitaceae residue
CF25	C : CF=3 : 1(v : v)
CF50	C : CF=1 : 1(v : v)
CC40	C : CC=6 : 4(v : v)
CC50	C : CC=1 : 1(v : v)
CC60	C : CC=4 : 6(v : v)

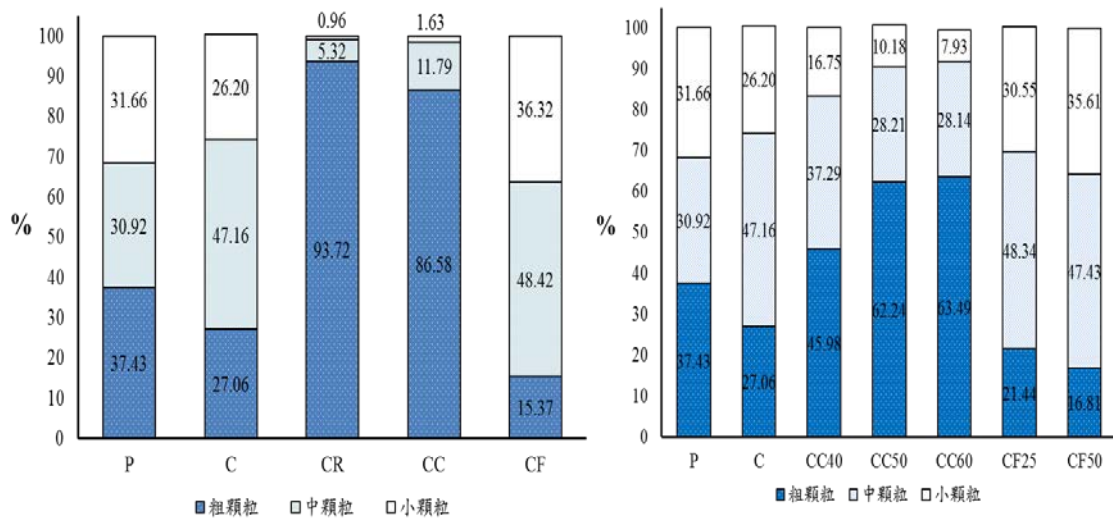


圖 1. 泥炭苔、椰纖、南瓜與甜瓜莖葉原料、堆肥處理產物及其與椰纖混合介質之粒徑分布。

Fig. 1. Particle size of peat moss, coir, Cucurbitaceae residue and Cucurbitaceae residue composts with different volume ratios of coir substrates.

表 2. 泥炭苔、椰纖與南瓜與甜瓜莖葉原料及其堆肥處理產物之物理特性
Table 2. Physical properties of peat moss, coir, Cucurbitaceae residue and Cucurbitaceae residue composts.

	Total porosity (%)	Container capacity (%)	Air space (%)	Bulk density (g/cm ³)
<i>Commercial medium</i>				
P ^y	47.27 c ^z	43.49 b	3.77 c	0.20 b
C	79.86 a	69.13 a	10.73 b	0.06 c
<i>Raw material</i>				
CR	61.43 b	22.93 c	38.50 a	0.24 b
<i>Compost</i>				
CC	53.73 bc	21.28 c	32.44 a	0.41 a
CF	63.80 b	52.38 b	11.42 b	0.21 b
LSD	11.24	11.74	6.21	0.06

^y: 代號說明請參考表 1.。

^z: Means in a column with the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5 % level.

表 3. 堆積或快速處理南瓜與甜瓜莖葉與不同比例椰纖混合介質之物理特性
Table 3. Physical properties of Cucurbitaceae residue composts with different volume ratios of coir.

	Total porosity (%)	Container capacity (%)	Air space (%)	Bulk density (g/cm ³)
CC40 ^y	61.96 c ^z	55.55 c	6.40 bc	0.18 bc
CC50	77.02 a	63.30 b	13.71 a	0.19 ab
CC60	69.35 b	56.58 c	12.77 ab	0.20 a
CF25	80.50 a	74.12 a	6.38 bc	0.17 cd
CF50	83.67 a	73.17 a	10.51 abc	0.16 d
LSD	7.16	5.42	6.61	0.02

^y: 代號說明請參考表 1.。

^z: Means in a column with the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5 % level.

顯示於表 4，P 有顯著最低的 pH 值 5.8，其它處理之 pH 皆介於 7.7 至 8.4 之間皆屬於中性偏鹼。電導度以 CF 的 18.6 dS/m 顯著高於其它單質材料，以 P 的 0.8 dS/m 為顯著最低的電導度。總碳含量顯著最低的單質材料為 CF，只含有 35.6%。總氮含量的部分，由於 CC 在堆肥時使用了大豆粕作為調整碳氮比的資材，因此總氮的含量顯著高於其它處理，占了 2.70%，P 以 1.05% 的氮含量顯著低於其它處理。比較單質材料的碳氮比，只有 CC 及 CF 低於 20。有效磷含量的部分，單質材料中以 CR 占有最高比例的有效磷，為 0.6%，P 有效磷含量則最低，為 0.02%，CC 和 CF 有效磷含量相較之下以 CC 的 0.24% 顯著低於 CF 的 0.32%。有效鉀含量部分，單質材料中以 CF 含 4.00% 有最高的有效鉀含量，顯著高於 CC 的 2.84%。有效鈣含量的部分，單質材料中以 CF 含有顯著最高的有效鈣，為 3.96%，CR 及 CC 分別為 2.22% 及 2.16% 兩者之間沒有顯著差異，P 及 C 則分別為 0.76% 及 0.63%，兩者之間而顯著也沒有顯著差異。有效鎂含量部分，單質材料部分以 CF 的 0.99% 顯著高於其它處理，其餘由高至低分別為 CR、CC、C 及 P，分別為 0.54%、0.51%、0.11% 及 0.10%。

南瓜及甜瓜莖葉堆肥化處理之產物與不同比例椰纖混合介質之 pH 值與電導度結果顯示於表 5，在 pH 值的部分，各個混合介質皆介在 7-8 之間，屬於中性偏鹼。電導度方面，由於 CF 有最高的電導度(表 4)，因此隨著混合 CF 的比例越多則電導度越高，其中顯著高於其它處理的為 CF50 的 16.1 dS/m，之後為 CF25 的 12.7 dS/m，混合 CC 比例超過 50% 的 CC60 和單質材料 CC 有相同的電導度數值，隨著混合比例下降，電導度也隨之下降，分別為 CC50 的 7.6 dS/m 及 CC40 的 6.6 dS/m。總碳含量各混合介質之間沒有顯著差異，介於 36.6% 與 53.9% 之間。總氮含量則以 CC60 的 2.27% 顯著高於其它處理，其它處理之間則沒有顯著差異，分別為 CC50 的 2.00%、CC40 和 CF50 的 1.83% 及 CF25 的 1.73%。有效磷含量以 CF50 的 0.15% 顯著高於其它處理，其餘處理則介於 0.10% 至 0.12% 之間，四個處理之間無顯著差異。有效鉀含量部分也以 CF50 有顯著最高的含量 3.34%，其餘處理則介於 2.15% 至 2.50% 之間，四個處理之間沒有顯著差異。有效鈣含量混合堆肥介質中以 CF50 的 2.31% 為最高，之後為 CF25 的 1.83%、CC60 的 0.83%、CC50 的 0.74% 及 CC40 的 0.69%。有效鎂含量以 CF50 的 0.60% 與 CF25 的 0.43% 顯著高於其它處理，CC40、CC50 及 CC60 三者之間沒有顯著差異，有效鎂含量介於 0.17% 至 0.18% 之間。

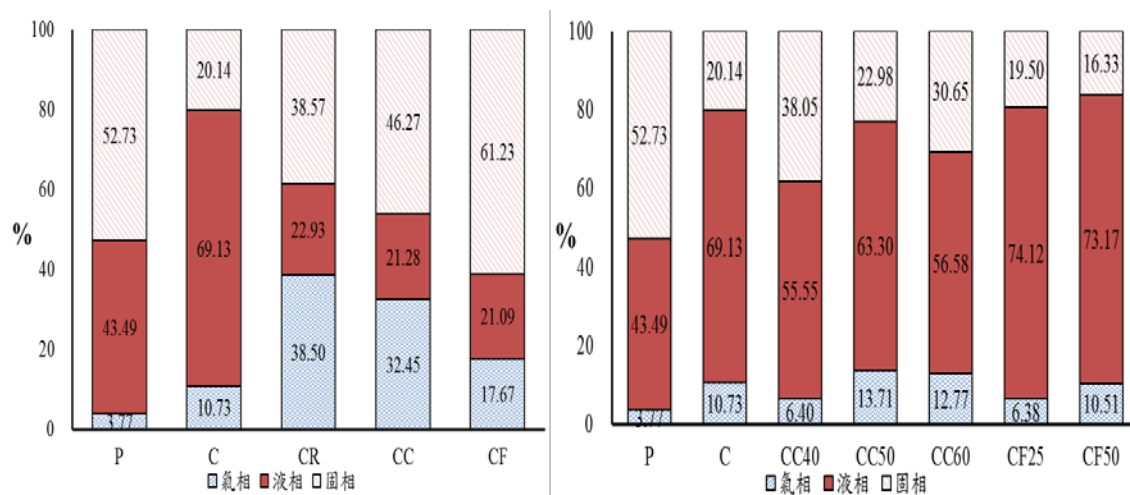


圖 2. 泥炭苔、椰纖、南瓜及南瓜與甜瓜莖葉原料、堆肥處理產物及其與椰纖混合介質之粒徑分布。

Fig. 2. Three phases distribution of peat moss, coir, Cucurbitaceae residue and Cucurbitaceae residue composts with different volume ratios of coir substrates.

表 4. 泥炭苔、椰纖與南瓜與甜瓜莖葉原料及其堆肥處理產物之酸鹼度、電導度、碳氮比及大量元素含量

Table 4. The pH value, electrical conductivity (EC), carbon nitrogen ratio (C/N), and macronutrients content of peat moss, coir, Cucurbitaceae residue, and Cucurbitaceae residue composts.

	pH	EC (dS/m)	C (%)	N (%)	C/N	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
<i>Commercial medium</i>									
P ^y	5.8d ^z	0.8e	45.1bc	1.05c	44.4a	0.02e	0.16c	0.76c	0.10d
C	7.7c	3.6d	58.3a	1.68bc	36.1ab	0.05d	0.44c	0.63c	0.11d
<i>Raw material</i>									
CR	8.4a	9.6c	55.3ab	1.42bc	47.1a	0.60a	3.06b	2.22b	0.54b
<i>Compost</i>									
CC	8.2a	11.5b	53.4ab	2.70a	19.8b	0.24c	2.84b	2.16b	0.51c
CF	8.0b	18.6a	35.6c	1.85b	19.2b	0.32b	4.00a	3.96a	0.99a
LSD	0.2	0.05	10.2	0.76	22.9	0.02	0.38	0.23	0.03

^y: 代號說明請參考表 1。

^z: Means in a column with the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5 % level.

表 5. 堆積或快速處理南瓜與甜瓜莖葉與不同比例椰纖混合介質之酸鹼度、電導度及大量元素含量

Table 5. The pH value, electrical conductivity (EC), carbon nitrogen ratio (C/N), and macronutrients content of Cucurbitaceae residue composts with different volume ratios of coir.

	pH	EC (dS/m)	C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
CC40 ^y	7.50c ^z	6.6e	53.9a	1.83b	0.12b	2.15b	0.69c	0.18b
CC50	7.52b	7.6d	49.0a	2.00ab	0.11b	2.22b	0.74d	0.17b
CC60	7.68a	11.5c	43.5a	2.27a	0.10b	2.31b	0.83c	0.17b
CF25	7.49c	12.7b	42.0a	1.73b	0.10b	2.50b	1.83b	0.43a
CF50	6.99d	16.1a	36.6a	1.83b	0.15a	3.34a	2.31a	0.60a
LSD	0.02	0.25	20.9	0.33	0.02	0.74	0.09	0.19

^y: 代號說明請參考表 1。

^z: Means in a column with the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5 % level.

討 論

一、粒徑分布

介質粒徑分布為介質顆粒之分布情形，顆粒之間的孔隙度會影響介質中水和空氣的平衡。Handreck (1983) 認為小於0.5 mm，尤其是介在0.1 mm至0.25 mm之間的粒徑對於保水性的效果較好；Richards等人(1986)則定義粗糙指數(coarseness index)為大於1 mm以上的顆粒粒徑所占全部介質重量的百分比，並認為粗糙指數高於75%是具有良好通氣性但保水能力不佳的介質；Benito(2006)認為粒徑範圍介於2 mm至2.5 mm之間的介質擁有最佳的保水能力及提供足夠的通氣性，使作物生長旺盛。

本次試驗中堆積處理CC較快速處理CF有較多比例的粗顆粒(圖1)，比較兩者之間的空氣孔隙度，以CC的32.44%顯著高於CF的11.42%(表1)，符合之前研究中認為的有較多粗顆粒比例的資材會有較高的空氣孔隙度，而添加堆積處理的CC40、CC50及CC60相較於添加快速堆積處理CF25及CF50有較多的粗顆粒(圖1)，比較添加相同比例的CC50及CF50，CC50有較高比例的粗顆粒(62.24%)，CF50則有最低比例的粗顆粒16.81%(圖1)，比較兩者的空氣孔隙度CC50為13.71%而CF50為10.51%(表3)，和先前的研究粗顆粒比例和空氣孔隙度成正相關有相似的趨勢。

二、物理性質與三相分布

試驗中介質之物理性質為分析介質之總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙度及總體密度四項指標，介質物理特性對於通氣性及保水能力的影響很大，以商業生產的介質而言，通常要求介質的總孔隙度需介在50%至85%的範圍內、容器含水量則是介於45%至65%、空

氣孔隙度則需要有10%至30%對於作物根而言才具有良好的通氣性及足夠的保水性；總體密度需小於 0.4 g/cm^3 以利搬運(Abad *et al.*, 2005)，然而最佳的物理性質依照作物的不同而有所差異，因此對於介質的物理性質而言沒有通用的標準。根據Abad等(2005)學者所提出理想商業介質物理性質的標準，本次試驗中的CC40、CC50、CC60、CF25及CF50的總孔隙度介質理想範圍中，CC40、CC50及CC60有在理想容器含水量範圍中，介於空氣孔隙度理想範圍的有CC50、CC60及CF50，最後所有混合介質處理的總體密度皆小於 0.4 g/cm^3 為理想可用之介質密度(表3)。

介質三相是探討介質中固相、液相及氣相的分布比例，本試驗之三相表示介質完全濕潤，並排除重力水時介質中固相、液相及氣相的比例，介質作為作物栽培用，需要有充足的氧氣否則會限制胚根生長發育，比較P、C、CC40、CC50、CC60、CF25及CF50的氣液比，P的氣液比為0.087，C的氣液比為0.16，混合介質當中以CF25的氣液比0.086和P最為相近，而CF50的氣液比為0.14和C最為相近(圖2)。顆粒大小的分布影響介質完全澆濕後的固液氣三相的百分比，CF25的粗顆粒(21.44%)及小顆粒(30.55%)所占的比例和P的粗顆粒(37.43%)及小顆粒(31.66%)較其它處理相近；C的粗顆粒(27.06%)、中顆粒(47.16%)及小顆粒(26.20%)和CF50的粗顆粒(16.81%)、中顆粒(47.43%)及小顆粒(35.61%)粒徑分布極為相似，此兩組介質對應其氣液比有相似的數值(圖2)。

三、化學性質

介質的化學性質包括了pH(酸鹼度)、EC(電導度)及大量元素含量。Bunt(1988)的研究中認為最理想的作物栽培介質的pH範圍於5.2至6.3，pH高低影響作物吸收營養元素的有效性，當介質過酸的狀態下，介質中的鐵、錳、鋅及銅的溶解度增加而會造成植物毒害的情形；且會降低磷、鉀及鎂元素的有效性，造成作物的營養缺乏；當介質過鹼則可能會造成鐵、錳、鋅及銅的缺乏情形(李，2011；羅，2005)。本次試驗只有泥炭苔pH 5.8介於理想栽培介質pH範圍中，另兩種不同堆積方式的CC及CF南瓜及甜瓜莖葉堆肥pH分別為8.2及8.0皆屬於鹼性土壤，CF又較CC的pH略低，原因可能為CF含有較高的酚酸所導致(表4)。本次試驗中將南瓜及甜瓜莖葉堆肥以不同比例混合椰纖之後，pH值有下降的趨勢，但數值仍偏高，因此在栽培中需配合肥料的施用，避免微量元素鐵、錳、鋅及銅的缺乏(表5)。Benito(2006)研究中分析了12種不同園藝作物修剪枝條堆肥的物化性質，pH皆高於8，並認為園藝修剪枝條堆肥應該要與其它材料混合調整過於鹼性的特性，運用於作物生長介質使用。

介質的EC代表介質溶液所含可溶性鹽類的高低程度，當EC越高代表養分越高。當植物根圍土壤的EC值過高，代表滲透壓大，根部不易吸收養分和水分，根部發生毒害，造成地上部萎凋生長緩慢的情形。本次試驗中單質介質中EC最高的是CF的18.6，其次為CC、CR、C及P，CF及CC顯著高於C及P的原因可以歸咎於本身材料的特性，加上堆肥過程中礦化作用會大於微生物的固定作用，造成堆肥後EC的升高。由於單質CF顯著高於其它材料，故混合CF處理的CF25及CF50隨混合比例的提高EC隨之上升(表5)。

Abad(2001)針對西班牙的不同替代泥炭介質進行物理化學分析,結果認為EC應不超過0.5 dS/m(500 μ S/cm)為最佳,然而理想的EC範圍根據作物種類的不同而有相當大的差異,介於2至11 dS/m皆有研究認為是理想的範圍(王,1989;李,1987)。EC的變化會根據材料的不同而有很大的差異,Bustamante等(2008)使用了葡萄修剪後枝條、葡萄果渣及葡萄酒粕等製成的堆肥,EC的最高達到可達13.79 dS/m最低則為0.56dS/m,認為造成差異的原因和原料堆肥前的處理過程及本身的性質相關。

經過堆肥後CC及CF總碳含量皆下降(表4),這是由於堆肥過程中微生物藉由消耗碳或取能量,其中又以CF的總碳含量下降最低,以35.6%顯著低於其它處理,這可能表示快速堆肥處理中分解活動較為活躍,消耗掉大部分的碳供堆肥過程使用。隨添加CF處理的比例增加,混合堆肥的總碳的比例隨之下降。總氮含量以CC的2.70%遠高於其它處理,這是由於CC處理前使用了大豆粕作為調整材及提供氮源供給微生物使用,大豆粕本身含有較高的總氮含量約7.72%,使得CC堆積後總氮含量高於其它處理。

堆肥的碳氮比被當作是腐熟的指標,因為它和有機廢棄物的降解程度有關,本次試驗結果中CC及CF之碳氮比皆低於20,達到一般認為可使用之堆肥標準(表4)。堆肥的過程中,微生物會利用所含的碳源及氮源作為養分的來源,隨著堆肥過程的演進,碳和氮所占的比例會隨之改變,一般來說,碳會消耗的比氮快,因此碳氮比也會隨之下降,再接近腐熟時,數值會漸漸平穩,達到穩定。根據Rosen等(1993)認為碳氮比介於15至20是可被使用於作物栽培上的理想範圍,然而,Inbar等(1990)則提醒只能將碳氮比當作是堆肥成熟度的指標之一,並認為應要配合其它物化性質的分析。碳氮比與材料本身的木質素含量有關,Benito(2003)研究發現堆肥過程中無論是何種原料,碳氮比皆會下降,然而碳氮比下降有其極限,當堆肥原料本身的木質素含量過高時,即使已經腐熟完全,碳氮比依舊無法下降至20以下,因此若是要確認是否為腐熟完全之堆肥,只藉由碳氮比來判斷是較不客觀的。

大量元素部分,分析介質有效性磷、鉀、鈣及鎂的含量,本試驗中單質材料的CC及CF有效性磷、鉀、鈣及鎂含量皆高於商業用介質P及C。CC於堆肥製備過程中每兩日加水翻堆,因此CF的大量營養元素皆高於CC,其中有效磷含量高出6%、有效鉀高出1.16%、有效鈣高出1.80%及有效鎂高出0.48%。堆肥的營養元素含量會因為使用原料性質不同有所差異,修剪植株之枝條製成的堆肥因為通常具有較高的有機質、養分、離子交換能力及較低的重金屬含量,因此利用堆置修剪枝條的產物將其重新使用替代泥炭苔進入栽培系統中是安全且環保的,並且減少礦物肥料的使用,提高施肥效率(Atiyeh *et al.*, 2001)。

結 論

作為栽培介質使用主要考慮的因子為物理性及化學性質,物理性質中的保水性與通氣性和植物根部的發展有相當密切的關係,通常要求介質的總孔隙度需介在50%至85%的範

圍內、容器含水量則是介於45%至65%、空氣孔隙度則需要有10%至30%，對於作物根而言才具有良好的通氣性及足夠的保水性。本次試驗中使用混合不同比例椰纖(coir)及南瓜與甜瓜莖葉一般堆積處理(Composted Cucurbitaceae residue; CC)與南瓜與甜瓜莖葉快速堆肥處理(fast treated Cucurbitaceae residue; CF)的介質，皆屬於栽培介質理想範圍中；化學性質中，混合介質處理皆含有較高的礦物元素含量，可以提供植株額外的養分，由此物理及化學分析認為混合介質具有作為替代商業栽培介質泥炭苔的潛力。

參 考 文 獻

- 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。pp.65-67。
- 李文汕。2011。有機栽培介質的生產製造及應用。台灣有機廢棄物的再利用有機質肥料之生產及應用研究。中正基金會專題研究報告。pp.101-126。
- 李晔。1987。花卉之無土栽培。花卉生產改進研討會專集。pp.18-26。
- 許韻聲。2011。胡瓜'夏迪'無土有機栽培技術研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。台中。
- 羅秋雄。2005。蔬菜及瓜果之合理化施肥技術。合理化施肥專刊。行政院農業委員會桃園農業改良場。pp.30-42。台中。
- Abad, M., F. Fornes, C. Carrión, V. Noguera, P. Noguera, Á. Maquieira, and R. Puchades. 2005. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. *HortScience* 40: 2138-2144.
- Abad, M., P. Noguera, and S. Burés. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresour. Technol.* 77(2): 197-200.
- Atiyeh, R. M., C. A. Edwards, S. Subler, and J. D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresour. Technol.* 78(1): 11-20.
- Benito, M., A. Masaguer, A. Moliner, and R. De Antonio. 2006. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bioresour. Technol.* 97(16): 2071-2076.
- Benito, M., A. Masaguer, A. Moliner, N. Arrigo, and R. M. Palma. 2003. Chemical and microbiological parameters for the characterization of stability and maturity of pruning waste compost. *Biol. Fert. Soils* 37(3): 184-189.
- Bunt, A. C. 1988. *Media and Mixes for Container-Grown Plants*, 2nd ed. Unwin Hyman Ltd., London, UK.

- Bustamante, M. A., R. Moral, C. Paredes, A. Pérez-Espinosa, J. Moreno-Caselles, and M. D. Pérez-Murcia. 2008. Agrochemical characterization of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. *Waste Mgt.* 28(2): 372-380.
- Cunniff, P. 1995. Official methods of analysis of AOAC international(19th ed). Aoac Intl publisher. pp.1141.
- Drzal, M. S., D. Keith Cassel, and W. C. Fonteno. 1997. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Intl. Symp. Growing Media and Hydroponics* 481: 43-54.
- Fonteno, W. C. and T. E. Bilderback. 1993. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(2): 217-222.
- Handreck, K. A. 1983. Particle size and the physical properties of growing media for containers. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 14(3): 209-222.
- Inbar, Y., Y. Chen, Y. Hadar, and H. A. J. Hoitink. 1990. New approaches to compost maturity. *Biocycle.* 31(12): 64-68.
- Lakhdar, A., H. Falleh, Y. Ouni, S. Oueslati, A. Debez, R. Ksouri, and C. Abdelly. 2011. Municipal solid waste compost application improves productivity, polyphenol content, and antioxidant capacity of *Mesembryanthemum edule*. *J. Hazard. Mater.* 191(1): 373-379.
- Mohee, R. and N. Soobhany. 2014. Comparison of heavy metals content in compost against vermicompost of organic solid waste: Past and present. *Res. Conserv. Recy.* 92: 206-213.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis*(2nd ed). Amer. Soc. Agron. Inc. publisher. pp.539-579.
- Prasad, M. and D. N. Chualáin. 2004. Relationship between particle size and air space of growing media. *Acta Hort.* 648(19): 161-166.
- Richards, D., M. Lane, and D. V. Beardsell. 1986. The influence of particlesize distribution in pinebark:sand:brown coal potting mixes on water supply, aeration and plant growth. *Sci. Hortic.* 29: 1-14.
- Rosen, C. J., T. R. Halbach, and B. T. Swanson.1993. Horticultural uses of municipal solid waste components. *Hortic. Technol.* 3: 167-173.

The Physical and Chemical Characteristics Analyses of Cucurbitaceae Residue Treatments Composts

Chia-Wen Chen ¹⁾ Yu Sung ²⁾

Key word: Composting, Physical characteristics, Chemical characteristics, Alternative Media

Summary

The residues of squash and melon (Cucurbitaceous) plants were fermented by two different methods to prepare compost in order to analyze the physical and chemical properties of their products. The first method was to use Cucurbitaceae residue conventional (CC) compost, which was prepared by fermenting the materials in a compost tumbler with the addition of defatted soybean meal and a compost activator. The second method was the use of Cucurbitaceae residue fast (CF) compost, a product prepared using a fast fermentation method developed by the Microbiological and Biochemical Laboratory of Department of Soil and Environmental Science, National Chung Hsing University. The results showed that CC compost had more coarse particles and a higher porosity and permeability than the CF compost. The pH values of the CC and CF compost ranged from 8.0 to 8.2, classified as providing neutral/weak alkaline conditions. The CF compost had higher contents of EC, potassium, calcium, and magnesium than CC compost. First, different mixed compost samples were prepared using 40%, 50% and 60% of CC compost, or 25% and 50% CF compost, mixed with coir, and all the different mixed compost samples displayed ideal physical and chemical properties for use as growth substrates. Therefore, in this study, two mixed compost samples, composed of 50% CC compost (CC50) and 50% CF compost (CF50) mixed with coir, and their potential as commercial growth substrates was assessed.

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

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

