

柳杉生物炭、番茄快速堆肥與泥炭土混合介質 對番茄育苗之影響

朱 宜 芬¹⁾ 黃 三 光²⁾

關鍵字：柳杉生物炭、番茄快速堆肥、泥炭土

摘要：生物炭是指生物質在缺氧或低氧環境下經過高溫裂解後產生的穩定且富含碳元素的固體產物。本研究調查柳杉生物炭(CJB)及番茄快速堆肥(TF)的理化特性，探究其與泥炭土(P)混合之介質是否可供作番茄作物育苗之用。介質之化學性質中，CJB 偏鹼性且電導度與營養元素含量較低。TF 電導度高達 1.73 dS/m，且富含各類營養元素。發芽試驗結果顯示，播種於 TF 中之番茄種子之發芽率為 0%，顯示 TF 會抑制番茄種子發芽。育苗試驗結果顯示 PBT1(P:CJB:TF=50:25:25) 混合介質為較適合番茄育苗之介質，其次為 PBT2(P:CJB:TF=25:50:25)，而 PBT3 (P:CJB:TF=25:25:50)則較不適合。由於 TF 具有高含量之酚類及可溶性鹽類，其較不適宜單獨作為育苗介質使用，但因其肥份高，可與柳杉生物炭及泥炭土混合做番茄育苗之用以減少泥炭土之用量，只是番茄快速堆肥添加比例仍不宜過高。

前 言

近年來，台灣蔬菜種苗多以穴盤育苗來生產(陳與戴，2000)，而育苗介質為影響穴盤育苗成敗的重要因素之一，目前介質材料是以泥炭為主(司與何，2000)。由於泥炭材料來源受限以及生態保育相關等問題，其作為育苗介質的持續利用漸受質疑(楊等，2009；李與蔞，2003)，因此開發穩定、廉價、取材廣泛的介質，為現今穴盤育苗技術應用與研究之趨勢。在過去幾年，利用農業、工業廢棄物生產之介質已經廣泛地被研究，此外替代泥炭之再生資源也已普遍地被製成各式堆肥並應用於栽培介質中，包括椰纖，家禽羽毛，稻殼，棉花廢棄物、玉米穗軸等(Barkham, 1993; Chong, 2005)。

1) 國立中興大學園藝學系研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

生物炭(biochar)是指生物質在缺氧或低氧環境下經過高溫裂解後產生的穩定且富含碳元素的固體產物。生物炭來源通常是農業廢棄物，近年引起廣泛關注，因其在土壤改良、溫室氣體減排以及受污染環境修復方面都展現出應用潛力(Atkinson *et al.*, 2010)；例如生物炭在作為一個土壤改良劑時，已被證明具有增加土壤水分和養分保持能力，並且能提高土壤之 pH 值(Laird, 2008)。

番茄快速堆肥乃使用快速處理技術製成，此技術為一結合物理、化學及生物方法，以達加速有機廢棄物鬆解、分解及聚合作用之整合技術。由於快速處理技術所製成之堆肥具備省時、省力、省空間且無二次汙染物產生等優點，近來已成為穩定生產有機質肥料之最有效率的方式(楊，2011)。

番茄(*Solanum lycopersicon*)是重要的果菜作物之一，亦是育苗最多的蔬菜作物之一。本試驗以柳杉(*Cryptomeria japonica*) 經 600°C 高溫製成的生物炭與番茄快速堆肥為材料，以不同體積比例與商用育苗介質混合作為番茄育苗介質，並透過介質理化性質分析及幼苗性狀調查探討其應用於番茄育苗介質之可行性。

材 料 方 法

(一)試驗材料

1. 泥炭土(peat moss):採用德國 Klasmann-Deilmann 公司的 Potground H 商用育苗介質(中纖黑泥炭 90%、白泥炭 10%)。
2. 柳杉生物炭(*Cryptomeria japonica* biochar):委託中興大學森林系吳耿東副教授之生質能源研究室進行燒製。柳杉透過石英反應器製成生物炭，石英反應器大小為高 40 cm、內徑 10 cm，並透過電熱式之加熱方式來製備。首先將原料置於石英反應器乾燥並升溫至 105°C(一小時)，接著從 105°C 升溫至 600°C(十五分鐘)，最後在 600°C 之高溫熱裂解條件下燒成生物炭(一小時)。再將生物炭透過篩網 8 mm 之碎木機打碎後備用。
3. 番茄殘體快速處理堆肥(fast treated tomato residue):委託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處理。將由石岡區優恩蜜觀光果園提供之番茄植株廢棄物進行快速處理。
4. 作物材料:採用小蜜'番茄作為育苗供試作物，種子來自農友種苗股份有限公司。
5. 混合介質配方:分別將柳杉生物炭、番茄快速堆肥與泥炭土以三種不同體積比之量混合成三種不同之處理，各處理混合比例及代號如表 1。

(二)試驗方法

1. 介質粒徑分析

採用 Drzal(1999)之試驗方法，將介質風乾後秤取 100 g，倒入粒徑分析儀(Retsch)之篩網中，以 100 rpm 震盪 5 分鐘後，將各篩網中的介質秤重，並計算其重量百分比，篩網的

孔徑分別為 2.36 mm、2.00 mm、1.40 mm、1.00 mm、0.60 mm、0.425 mm、0.150 mm 及 0.075 mm，每處理 3 重複。

2. 介質物理性質測定

測定方法依據 Fonteno 與 Bilderback (1993) 之方法，再予以修改。使用底部封有平絹網(150 目)之鋼環，其高 5 cm、直徑 4.8 cm、體積約 90 ml 作為物理性質測定容器。先秤得鋼環重量(W_r)。取聚氯乙稀膜密封鋼環底部，使鋼環底部不透水。將水倒入鋼環中直至水面與鋼環頂部面切齊，計算水量即為鋼環體積(V_r)。將介質填滿於鋼環中(不予以鎮壓)，此時介質體積等於鋼環體積($V_m = V_r$)，並秤重(W_1)。再緩慢加入水，使介質吸水直至水面與鋼環切齊，水不溢出且介質不流出的情況下，秤重(W_2)並記錄加入水的重量($W_{add} = W_2 - W_1$)。去除聚氯乙稀膜，使水從鋼環底部流出直至底部不再滴水，秤重(W_3)並記錄流出水重量($W_{drop} = W_2 - W_3$)與潮濕介質重量($W_{wm} = W_3 - W_r$)。最後將鋼環放至烘箱，以 70-80°C，36 小時乾燥，秤重(W_{dry})並記錄乾燥介質重量($W_{dm} = W_{dry} - W_r$)。每處理三重複，計算各介質物理特性，如表 2。

3. 介質 pH 與 EC 值測定

秤取 5 g 介質置於燒杯中，加入 25 ml 去離子水(1:5)，以 100 rpm 震盪一小時後靜置 30 分鐘，再利用濾紙(ADVANTEC NO.1)過濾取得濾液。以 pH meter (Suntex-SP-23)與 EC meter (Suntex SC-170)測定各介質濾液之 pH、EC 值。每處理三重複。

4. 介質總氮含量測定

使用 Micro-Kjeldahl 法，精秤 0.2 g 乾燥樣品粉末包於濾紙(ADVANTEC NO.1)後投入燒氮試管中，加入 1 g 之催化劑(Selenium reagent mixture, Merck 8030)及 4.5 ml 濃硫酸，放置分解爐中以 410 °C 加熱分解至管中液體呈澄清之綠色且無白煙冒出後，取出冷卻，加入 15 ml 蒸餾水，如為澄清淺藍，表示完全分解。樣品完全分解後裝入 Micro-Kjeldahl 設備中，添加 20 ml 的 12N NaOH，再以蒸氣將其氨化，氨氣以承裝 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，至體積達 50 ml 為止。再以 1/14N 之硫酸滴定，並計算氮於樣品中之百分比。每處理三重複。

5. 介質有效性鉀、鎂、鈣、磷測定

依據孟立克氏法 (Mehlich's method) 再予以小修改，取風乾介質 2.5 g 於燒杯中，加入 50 ml 抽出液(0.05N HCl-0.025N H₂SO₄)。震盪一小時後以濾紙(ADVANTEC NO.1)過濾，濾液裝於 PE 瓶中，於 4 °C 保存以備測定，每處理三重複。使用原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer, Hitachi Z-2300)測定鈣、鉀、鎂及微量元素，磷則使用分光光度計(U-2900, Hitachi)測定之。

(1) 鉀、鎂:取稀釋十倍之濾液 0.5 ml 加上 9.5 ml 去離子水，震盪均勻後用原子吸收光譜儀 (Hitachi Z-2300)分別測定濃度，單位為%。

(2) 鈣:取稀釋十倍之濾液 1 ml，加入去離子水 8 ml 及 5% 氧化鏷(La₂O₃, Lanthanum Oxide，溶於 25% 硫酸溶液)，震盪均勻後，用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)測定其濃度，單

位為%。

(3) 磷:使用鉬黃法(Vanadate-Molybdate Yellow Method), 取 1 ml 濾液於試管中, 加 3 ml 去離子水、1 ml 鉬黃試劑[1000 ml 試劑中含 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 22.5 g 及 NH_4VO_3 1.25 g 溶於 25% HNO_3]混合均勻後靜置三十分鐘。用分光光度計(U-2900, Hitachi)測溶液在 470 nm 的吸光值。單位為%。標準液以 KH_2PO_4 配製。

6. 介質總酚含量測定

取乾燥介質 2.5 g 與 20 ml 去離子水於燒杯中混合, 室溫下震盪一小時後再靜置半小時。使用濾紙(ADVANTEC NO.1)過濾, 取 1 ml 萃取液於試管中, 依序加入飽和碳酸鈉(Na_2CO_2)水溶液 1 ml、Folin-Ciocalteu phenol reagent (Ferak Berlin GmbH) 0.5 ml, 震盪均勻後靜置半小時, 再以分光光度計(U-2900, Hitachi)測溶液 750 nm 之吸光值, 標準品以 gallic acid 配置, 每處理三重複。

7. 介質培養皿發芽試驗

秤取 3 g 介質, 平鋪於小玻璃培養皿中(直徑 5.9 cm、高度 1.6 cm), 加入適量去離子水。取番茄種子 20 粒, 播於培養皿之介質上。於 25 °C 黑暗之恆溫生長箱進行發芽試驗。每皿為一重複, 每處理三重複, 試驗進行四天, 計算其發芽率(%)與平均發芽天數。

8. 育苗試驗

番茄種子先浸種四小時以上, 再播種於填滿不同介質處理之穴盤, 每處理三重複, 每重複為半盤穴盤。播種後先於室內進行催芽, 堆積三日後再移至中興大學園藝系溫室內育苗, 每日澆水並注意病蟲害管理。每週施肥一次, 使用農友種苗股份有限公司之葉綠精(Hakaphos Blue; N:P:K=15:10:15)肥料, 稀釋 800-1000 倍後施用。

9. 穴盤苗生育性狀調查

取四週苗齡之番茄苗進行以下生育性狀調查, 每處理三重複, 每重複取六株正常健壯之苗株。

(1) 莖徑: 以游標尺量取苗株莖基部至子葉中間之莖寬, 單位為公厘(mm)。

(2) 株高: 苗株基部到生長點的長度, 單位為公分(cm)。

(3) 葉面積: 以 LI-COR 3100A (LI-COR, Lincoln Neb) 葉面積儀量測所有展開的本葉之葉面積, 單位為平方公分(cm^2)。

(4) 根長: 將苗株根部以水洗淨後, 測量根部長度, 單位為公分(cm)。

(5) 地上部鮮重: 取苗株之地上部秤重, 單位為公克(g)。

(6) 地上部乾重: 取苗株地上部, 置於紙袋中, 於 70°C 烘箱中三天後秤重, 單位為公克(g)。

(7) 地下部鮮重: 取苗株洗淨之地下部, 用紙巾將殘留的水分吸乾後秤重, 單位為公克(g)。

(8) 地下部乾重: 取苗株洗淨後之地下部, 裝於紙袋中, 再於 70°C 烘箱乾燥三天後秤重, 單位為公克(g)。

10. 狀苗指數與絕對生長速率換算(司等, 1993; 戴等, 2002; Dreesen and Langhans, 1992)

(1) 壯苗指數(一): 地上部乾重/莖長

- (2)壯苗指數(二)：葉面積/莖長
 (3)壯苗指數(三)：(莖徑/莖長)×地上部乾重
 (4)壯苗指數(四)：[(莖徑/株高)+(地下部鮮重/地上部鮮重)]×全株乾重
 (5)絕對生長速率(G 值):全株乾物重(g)×100/生育日數

11.統計分析

試驗設計為完全逢機設計。數據以 SAS 套裝軟體 9.1 版(SAS Institute, Cary, NC)之 ANOVA (analysis of variance)進行變方分析($\alpha=0.05$)，以 Fisher's LSD 比較各處理間平均值之差異。

表 1. 試驗中各處理所使用之介質材料與其混合比例之說明

Table 1. Introduction of substrate ingredients and their mixing ratios in different treatments.

處理代號	介質及混合比例
P	peat moss
CJB	<i>Cryptomeria japonica</i> biochar
TF	fast treated tomato residue
PBT1	P:CJB:TF=50:25:25
PBT2	P:CJB:TF=25:50:25
PBT3	P:CJB:TF=25:25:50

表 2. 各物理特性計算公式

Table 2. The formula for calculation of substrate physical properties.

介質物理特性	physical properties	公式
總孔隙度	Total porosity, TP	$[(W_{add}+W_1-W_{dry}) / V_m] \times 100\%$
容器含水量	Container capacity, CC	$[(W_{wm} - W_{dm}) / V_m] \times 100\%$
空氣孔隙率	Air space, AS	$(W_{drop} / V_m) \times 100\%$
總體密度	Bulk density, BD	W_{dm} / V_m

結 果

一、柳杉生物炭、番茄快速堆肥、泥炭土及其混合介質之粒徑分佈

粒徑分析結果可將各粒徑大小分類成以下三種，粒徑大小 >2.00 mm 分級為粗顆粒， $0.425-2.00$ mm 分級為中顆粒，而 <0.425 mm 分級為小顆粒(Drzal *et al.*, 1999)。在介質材料中，泥炭土之粗、中、小顆粒分別為 24.10%、40.35%、31.93%，柳杉生物炭為 35.74%、45.16%、16.94%，番茄快速堆肥則為 50.67%、32.21%、16.09%。其中小顆粒比例以泥炭土所占最高，粗顆粒以柳杉生物炭及番茄快速堆肥為較高。含番茄快速堆肥混合介質(PBT1、PBT2 及 PBT3)之粗顆粒與中顆粒比例皆高於泥炭土，小顆粒則低於泥炭土(表 3)。

二、柳杉生物炭、番茄快速堆肥、泥炭土及其混合介質之物理性質

本研究所測定介質之物理性質包含總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙率及總體密度。泥炭土總孔隙度為 62.50%、容器含水量為 57.05%、空氣孔隙率為 20.73%、總體密度為 0.19 g/cm³。柳杉生物炭、番茄快速堆肥與泥炭土混合介質之總孔隙度皆顯著高於泥炭土，又以含有 50% 番茄快速堆肥之 PBT3 處理為最高(75.77%)。容器含水量除含生物炭 50% 之 PBT2 處理低於泥炭土外，其餘與泥炭土則無顯著差異。空氣孔隙率則除含 50% 泥炭土之 PBT1 較低外，其餘也與泥炭土無顯著差異。總體密度部分，混合介質皆低於泥炭土，又以 PBT3 處理 0.14 g/cm³ 為最低(表 4)。

三、介質化學特性及營養元素含量

本研究所使用之混合介質原料包含泥炭土(P)、柳杉生物炭(CJB)及番茄快速堆肥(TF)等三種，pH 分析之結果顯示，柳杉生物炭(CJB)與番茄快速堆肥偏鹼性(TF)，最低則為泥炭對照組(P)(5.42)。番茄快速堆肥、柳杉生物炭與泥炭土混合介質之 pH 皆顯著高於對照組，PBT1、PBT2、PBT3 分別是 6.24、6.79、6.97，其隨著泥炭比例下降而顯著提高。各原料電導度以 TF 為最高，高達 1.73 dS/m，混合介質之電導度皆顯著高於對照組，PBT1、PBT2、PBT3 分別是 0.92 、 0.82 、 1.33 dS/m，其隨著番茄快速堆肥比例增加而顯著提高。各原料營養元素測定顯示，總氮含量方面，以 TF 的 1.88% 最高，P 則為 0.87%。有效性磷與鉀方面，皆以 TF 含量為最高，分別是 0.55% 與 2.47%；CJB 為最低，分別為 0.01% 與 0.09%。有效性鈣方面則以 CJB 最低(0.21%)。有效性鎂以 TF 之 0.31% 最高。番茄快速堆肥、柳杉生物炭與泥炭土混合介質之氮、磷、鉀、鈣、鎂含量幾乎皆高於對照組處理，其中又以 PBT3 處理之營養元素含量普遍較高，可能是添加番茄快速堆肥之比例較高所致(表 5)。

四、番茄種子之發芽試驗

在番茄快速堆肥中番茄種子之發芽率為 0%，顯示番茄快速堆肥會抑制番茄種子發芽，不適宜單獨作為育苗介質使用。而番茄快速堆肥與生物炭及泥炭土混合後，可提高番茄種子之發芽率，番茄種子之發芽率在混合介質中均可達 70% 以上，但 PBT1 之平均發芽天數較短(表 6)。

表 3. 介質材料及其混合介質之粒徑分析

Table 3. Particle size distribution analysis of the substrate ingredients and the mixed media.

粒徑分布	粒徑大小 (mm)	P ^z	CJB	TF	PBT 1	PBT 2	PBT 3
		(% of dry weight)					
粗顆粒 >2.0 mm	>2.36	20.46	25.85	46.95	28.28	38.61	39.76
	2.36-2.0	3.64	9.89	3.72	6.84	9.12	6.86
	合計	24.10	35.74	50.67	35.12	47.73	46.62
中顆粒 0.425-2.0 mm	2.0-1.4	6.80	16.99	8.23	12.70	15.80	13.29
	1.4-1.0	8.47	12.16	7.63	10.94	11.04	9.46
	1.0-0.6	13.82	10.77	10.20	13.29	10.59	11.91
	0.6-0.425	11.26	5.24	6.15	8.08	4.73	6.64
	合計	40.35	45.16	32.21	45.01	42.16	41.30
小顆粒 <0.425 mm	0.425-0.075	22.63	7.73	11.62	11.99	6.72	8.54
	0.18-0.075	8.55	3.93	3.98	5.27	2.10	2.67
	<0.075	0.75	5.28	0.49	1.53	1.06	0.77
	合計	31.93	16.94	16.09	18.79	9.88	11.98

^z : 代號說明請參考表 1。

表 4. 介質之物理性狀

Table 4. Physical properties of the TF, CJB, and P mixed media.

處理	總孔隙度 (%)	容器含水量 (%)	空氣孔隙率 (%)	總體密度 (g/cm ³)
P ^z	62.50 d ^y	57.05 a	20.73 a	0.19 a
PBT 1	72.73 b	60.22 a	12.51 b	0.16 b
PBT 2	69.58 c	50.30 b	19.28 a	0.15 bc
PBT 3	75.77 a	55.93 a	19.84 a	0.14 c

^z : 代號說明請參考表 1。

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

表 5. 泥炭土、柳杉生物炭、番茄快速堆肥及其混合介質之酸鹼度、電導度及大量營養元素含量

Table 5. The pH, EC, and macronutrient contents of the TF, CJB, P, and their mixed media.

處理	pH	EC (dS/m)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
P ^z	5.42 f ^y	0.34 e	0.87 d	0.05 d	0.08 d	0.62 b	0.14 d
CJB	9.20 a	0.09 f	0.08 e	0.01 e	0.09 d	0.21 d	0.02 e
TF	7.66 b	1.73 a	1.88 a	0.55 a	2.47 a	0.49 c	0.31 a
PBT 1	6.24 e	0.92 c	1.12 c	0.12 c	0.49 c	1.06 a	0.22 c
PBT 2	6.79 d	0.82 d	0.94 c	0.14 c	0.49 c	1.03 a	0.25 bc
PBT 3	6.97 c	1.33 b	1.48 b	0.28 b	1.42 b	0.98 a	0.28 b

^z : 代號說明請參考表 1。

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

表 6. 泥炭土、柳杉生物炭、番茄快速堆肥及其混合介質對番茄種子發芽之影響

Table 6. The germination rate of tomato seeds grown in P, CJB, TF, and their mixed media.

處理	發芽率 (%)	平均發芽日數 (天)
P ^x	95.00 a ^y	2.05 d
CJB	96.66 a	2.05 d
TF	0.00 d	N/A ^z
PBT 1	75.00 c	2.86 c
PBT 2	76.66 bc	3.24 a
PBT 3	78.33 bc	3.05 ab

^x : 代號說明請參考表 1。

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

^z : Not applicable.

五、泥炭土、柳杉生物炭與番茄快速堆肥及其混合介質之總酚含量

番茄為易發生連作障礙作物之一，其殘體分解會向環境中釋放酚類化合物，而對自身產生直接或間接的毒害作用。為確定本試驗所使用之各介質材料與其所混合產生之各式介質於番茄育苗之適用性，首先針對各介質材料與混合介質所含之總酚含量進行量測，結果顯示番茄快速堆肥(TF)總酚含量最高，高達 2394.68 mg/kg。柳杉生物炭與泥炭土之總酚含量較低，分別是 47.29 mg/kg 與 80.88 mg/kg。混合介質 PBT1、PBT2、PBT3 之總酚含量分別為 605.52 mg/kg、776.87 mg/kg 與 1402.39 mg/kg (圖 1)。

六、泥炭土、柳杉生物炭與番茄快速堆肥混合介質對番茄育苗之影響

柳杉生物炭、番茄快速堆肥與泥炭土混合後，以 128 格穴盤進行育苗，四週後調查其生育情形。PBT1 處理在各生長性狀中皆與泥炭土處理無顯著差異。PBT2 處理之莖徑與地下部鮮重顯著低於泥炭土處理，其它如株高、根長、葉面積、地上部鮮乾重與地下部乾重則與泥炭土無顯著差異。PBT3 處理則是除根長與其它處理無顯著差異外，其餘各性狀皆為各處理中顯著最低。在狀苗指數一、二及三中，以 PBT3 處理為顯著最低，其餘處理與泥炭土無顯著差異。狀苗指數四以泥炭土之 0.041 與 PBT1 之 0.039 為顯著較高，其次依序 PBT2 之 0.024 與 PBT3 之 0.009。絕對生長速率部分，PBT1 及 PBT2 與泥炭土無顯著差異，但 PBT3 顯著低於泥炭土處理。由此顯示 PBT1 為本試驗所有混合介質中最適合番茄育苗之介質，其次為 PBT2，然而 PBT3 則較不適合(表 8 及 7)。

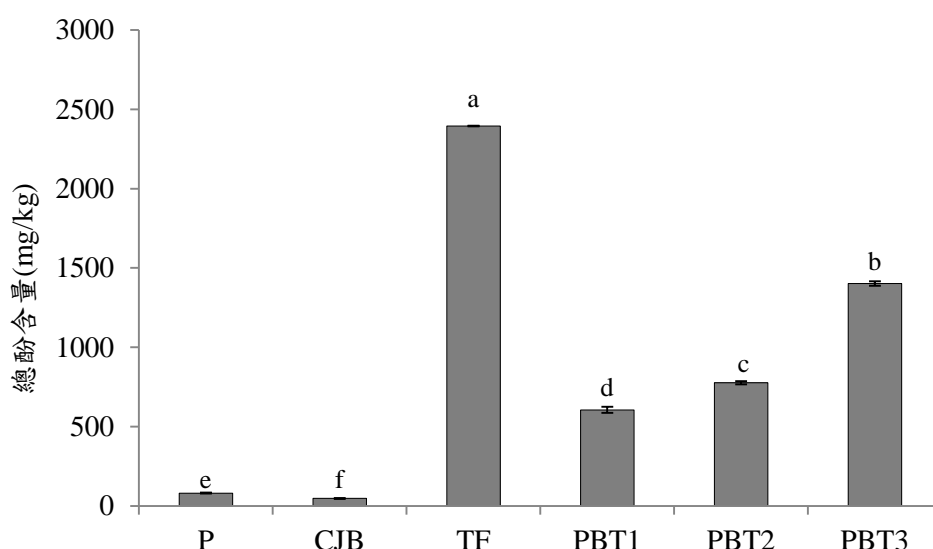


圖 1. 泥炭土、柳杉生物炭、番茄快速堆肥及其混合介質總酚之含量

Fig. 1. The total content of phenolic compounds of P, CJB, TF, and their mixed media.

表 7. 泥炭土、柳杉生物炭與番茄快速堆肥混合介質對番茄苗生長之影響
Table 7. The effect of P, CJB, and TF mixed media on tomato seedling growth.

處理	莖徑 (mm)	株高 (cm)	根長 (cm)	葉面積 (cm ²)	地上部		地下部	
					鮮重	乾重	鮮重	乾重
					(g)	(g)	(g)	(g)
P ^z	2.19 a ^y	9.13 a	12.50 a	13.30 a	0.73 ab	0.09 a	0.23 a	0.018 a
PBT1	2.21 a	9.23 a	11.50 a	15.80 a	0.88 a	0.09 a	0.25 a	0.017 a
PBT2	1.83 b	7.86 a	10.66 a	13.33 a	0.63 b	0.06 a	0.16 b	0.010 ab
PBT3	1.40 c	5.76 b	10.01 a	4.98 b	0.27 c	0.02 b	0.06 b	0.004 b

^z: 代號說明請參考表 1。

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

表 8. 泥炭土柳杉生物炭與番茄快速堆肥混合介質對番茄苗狀苗指數與絕對生長速率之影響

Table 8. The effect of P, CJB, and TF mixed media on tomato seedling index and absolute growth rate.

處理	狀苗指數 ^x				絕對生長速率 G
	一	二	三	四	
P ^z	0.009 a ^y	1.451 a	0.021 a	0.041 a	0.388 a
PBT1	0.009 a	1.722 a	0.021 a	0.039 ab	0.383 a
PBT2	0.007 a	1.690 a	0.014 a	0.024 b	0.256 a
PBT3	0.004 b	0.863 b	0.005 b	0.009 c	0.097 b

^z:代號說明參考表 1。

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

^x:狀苗指數一:地上部乾重/莖長

狀苗指數二:葉面積/莖長

狀苗指數三:(莖徑/莖長)×地上部乾重

狀苗指數四: [(莖徑/莖長)+(地下部鮮重/地上部鮮重)]×全株乾重

絕對生長速率(G 值):全株乾物重×100/生育日數

討 論

生物炭的農業應用近來備受關注，將生物炭施用於土壤，能改善土壤物理及化學性質，提昇土壤生產力。生物炭雖具備上述之種種優點，然而其性質受到其原料與製程中熱解溫度的影響，進而影響生物炭的農業應用效果(林，2013；Chan *et al.*, 2008)。本研究選用台灣常見農林業廢棄物，如柳杉枝梢材，為原料所燒製之生物炭為材料，探討其應用於蔬菜育苗介質之可行性。柳杉在台灣為人工林之主要造林樹種，由於栽植密度高，在管理上急需進行疏伐或間伐，因此若將該等可能棄置林地之枝梢材等燒製成炭，可有效利用森林資源與提高柳杉附加價值(Lin and Hwang, 2009)。

介質之粒徑分析結果中，依據 Drzal 等人(1999)針對介質之粒徑分析方法，介質粒徑之大小可分成三級，粒徑大於 2.00 mm 分級成粗顆粒，0.425-2.00 mm 分級為中顆粒，小於 0.425 mm 分級為小顆粒。粗顆粒較多時，具有良好排水及通氣性；中顆粒有較良好之通氣性及保水性；小顆粒則是吸附水的能力較強而保水力佳。番茄快速堆肥以粗顆粒比例較高，混合介質粗顆粒與中顆粒比例皆高於泥炭土，小顆粒則低於泥炭土(表三)，代表混合介質之通氣性優於泥炭土，但保水性則相對較差，未來若應用於穴盤，應注意水分管理。物理特性方面，Yeager 等人(1997)提出總孔隙度在 50-85%，容器含水量 45-65%，空氣孔隙率 10-30%，和總體密度為 0.19-0.70 g/cm³之範圍內較為理想。混合介質之總孔隙度皆顯著高於泥炭土，又以含有 50% 番茄快速堆肥之 PBT3 處理為最高，總體密度則是混合介質皆低於泥炭土，又以 PBT3 處理 0.14 g/cm³為最低。雖然如此但整體而言，快速番茄堆肥混合介質之總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙率及總體密度仍介於理想範圍內(表四)。

介質之化學特性中，理想育苗介質的 pH 值以 5.8-7.05 之範圍較適合(崔與王，2001；Abad *et al.*, 2001)。電導度部分，Koranski (1993)表示理想穴盤栽培介質之 EC 值最好低於 1.00 dS/m，以免鹽類抑制種子發芽及幼苗生長。番茄快速堆肥、柳杉生物炭與泥炭土混合介質之 pH 介於 6.24-6.97，其皆於理想範圍內。介質材料中以 TF 之 EC 值為最高，高達 1.73 dS/m，混合介質之電導度介於 0.92-1.33 dS/m 之間，其隨著番茄快速堆肥比例增加而顯著提高，PBT3 處理之 TF 含量達 50%，可能因此導致其電導度(1.33 dS/m)略高於理想範圍，而較不適用於育苗介質。介質之大量營養元素分析結果顯示，總氮以 TF 的 1.88% 最高，而生物炭之總氮含量較低。有效性磷、鉀及鎂方面，皆以 TF 含量為最高。混合介質之氮、磷、鉀、鈣、鎂含量皆高於對照組處理，其中又以 PBT3 處理之營養元素含量普遍較高，可能因其添加番茄快速堆肥之比例較高(表五)。綜合上述，當泥炭土及生物炭混合番茄快速堆肥後，可有效提升其大量營養元素含量，但若 TF 添加比例達 50% 時會導致介質之電導度過高，反而不利幼苗之生育。

發芽試驗結果顯示，番茄快速堆肥會抑制番茄種子發芽，並不適宜單獨作為育苗介質使用，究其原因可能與電導度及總酚含量過高有關。梁等人(2012)表示堆肥中的可溶性鹽包含有機酸類和無機鹽類是對作物產生毒害作用的重要因素之一。楊(2011)之快速堆肥處

理技術是利用各種分解酵素將有機質分解，其目的非腐熟，而是分解有害物質，成品為良好土壤改良劑，但並不適單獨作介質使用。本研究發現當番茄快速堆肥與生物炭及泥炭土混合後，其混合介質比起快速堆肥本身可使番茄種子之發芽率大幅改進，番茄發芽率均可達 70% 以上，且各處理間無顯著差異，這可能是因番茄快速堆肥與泥炭土及柳杉生物炭混合後，電導度與總酚含量下降，進而降低其抑制種子發芽之情況(表五、表六、圖一)。

番茄為易發生連作障礙作物之一。隨著作物長期栽培，連作障礙日益嚴重，可導致土壤理化性狀劣變、土壤的傳染性病害嚴重、及土壤中植物本身分泌相剋物質之累積(Bennett *et al.*, 2012)。酚類化合物是普遍造成植物相剋作用的主要物質(Huang *et al.*, 2013)，本研究測定介質之總酚含量結果顯示番茄快速堆肥(TF)總酚含量高達 2394.68 mg/kg，而柳杉生物炭與泥炭土總酚含量較低(圖一)。此結果顯示番茄快速堆肥之高總酚含量可能是導致番茄種子發芽障礙的主要原因之一。

楊(2011)之快速處理技術產生之番茄快速處理堆肥因電導度與總酚含量過高，不適單獨作介質使用，但因其有較高營養元素含量，期以番茄快速堆肥混合柳杉生物炭及泥炭土，補足柳杉生物炭營養含量不足之特性，並期以番茄快速堆肥與泥炭土及柳杉生物炭混合後降低番茄快速堆肥之電導度與總酚含量，是以本研究乃針對不同比例之泥炭土、柳杉生物炭與番茄快速堆肥之混合介質，進行番茄育苗試驗，期望能建立適當之混合比例配方以供育苗之用。育苗試驗結果顯示，番茄苗性狀中，PBT1 處理時各生長性狀、狀苗指數一、二、三、四與絕對生長速率皆與泥炭土無顯著差異。PBT2 處理時則大多數幼苗生長性狀除根長外、狀苗指數一、二、三與絕對生長速率亦與泥炭土無顯著差異。PBT3 處理組時各幼苗性狀、狀苗指數及絕對生長速率均是各處理中顯著最低。由此可知各處理中以 PBT1 介質為最適合之番茄育苗介質，其次為 PBT2，而 PBT3 則較不適合(表七、表八)。此結果顯示番茄育苗介質中所使用之 50% 泥炭土可以 25% 之柳杉生物炭與 25% 番茄快速堆肥取代而維持相同品質之幼苗供移植之用，可降低育苗業者對泥炭土之依賴並提升農業廢棄物再利用之價值。

誌 謝

本試驗研究承蒙行政院農業委員會 103 農科-9.2.4-糧-Z1 計畫補助，謹此誌謝。

This work was supported by the Council of Agriculture (grant no. 103AS-9.2.4-FD-Z1), Taiwan, Republic of China.

參 考 文 獻

- 司亞平、何偉明。2000。穴盤育苗技術要點—穴盤育苗配套資料及設施的準備。中國蔬菜 6: 52-53。
- 司亞平、何偉明、陳殿奎。1993。番茄穴盤育苗營養面積選擇試驗初報。中國蔬菜 1:29-32。
- 李謙盛、蔞崇興。2003。蘆葦末基質應用於番茄穴盤育苗的配比優化。上海農業學報 19(4): 3-7。
- 林大方。2013。生物炭材料與熱解溫度對其農藝性能的影響。臺灣大學森林環境暨資源學研究所學位論文。臺北。63pp。
- 梁金鳳、吳建平、王勝濤、文方芳、賈小紅、金強、張彩月。2012。果林修剪廢棄物堆肥發酵技術研究。中國農業推廣 28: 49-51。
- 崔秀敏、王秀峰。2001。蔬菜育苗基質及其研究進展。天津農業科學 7: 37-42。
- 陳俊位、戴振洋。2000。十字花科蔬菜穴盤苗常見之病害種類及防治方法。臺中區農業專訊 31: 16-22。
- 楊秋忠。2011。快速處理的生產製造。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. 127-132。
- 楊紅麗、王子崇、張慎璞、喬改梅。2009。農業有機廢棄物發酵基質番茄育苗的試驗研究。中國農學通報 25: 304-307。
- 戴振洋、蔡宜峰、張隆仁、邱建中。2002。不同介質與育苗盤對紫錐花幼苗品質之影響。臺中區農業改良場研究彙報 77: 1-9。
- Abad, M., P. Noguera, and S. Bures. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technol.* 77: 97-200.
- Atkinson, C. J., J. D. Fitzgerald, and N. A. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil* 337: 1-18.
- Barkham, J. P. 1993. For peat's sake: conservation or exploitation? *Biodivers. Con-serv.* 2: 556-566.
- Bennett, A. J., G. D. Bending, D. Chandler, S. Hilton, and P. Mills. 2012. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biol. Rev.* 87: 52-71.
- Chan, K. Y., L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Soil Res.* 46: 437-444.
- Chong, C. 2005. Experiences with wastes and composts in nursery substrates. *Hort. Techno.* 15:

739-747.

- Dreesen, D. R. and R. W. Langhans. 1992. Temperature effects on growth of impatiens plug seedlings in controlled environments. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117: 209-215.
- Drzal, M. S., D. Keith Cassel, and W. C. Fonteno. 1999. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Horticulturae* 481: 43-53.
- 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: 217-222.
- Huang, L. F., L. X. Song, X. J. Xia, W. H. Mao, K. Shi, Y. H. Zhou, and J. Q. Yu. 2013. Plant-soil feedbacks and soil sickness: from mechanisms to application in agriculture. *J. Chem. Ecol.* 39: 232-242.
- Koranski, D. S. 1993. Plug production technique. *Proceedings of 2nd Symposium on Seed Industry and Marketing of Horticultural Crops*. pp. 15-27.
- Laird, D. A. 2008. The charcoal vision: a win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality. *Agron. J.* 100: 178-181.
- Lin, Y. J. and G. S. Hwang. 2009. Charcoal from biomass residues of a *Cryptomeria* plantation and analysis of its carbon fixation benefit in Taiwan. *Biomass and Bioenergy* 33: 1289-1294.
- Yeager, T., C. Gilliam, T. E. Bilderback, D. Fare, A. Niemiera, and K. Tilt. 1997. Best management practices, guide for producing container-grown plants. Southern Nursery Association, Atlanta, Georgia.

Effect of *Cryptomeria japonica* Biochar and Fast Treated Tomato Residue Mixed with Peat Moss for Tomato Seedling Growth

Yi-Fen Chu ¹⁾ San-Gwang Hwang ²⁾

Key words: *Cryptomeria japonica* biochar, fast treated tomato residue, peat moss

Summary

3) This work was supported by the Council of Agriculture (grant no. 103AS-9.2.4-FD-Taiwan, Republic of China.

Biochar is produced through a process called pyrolysis and is often made from agricultural wastes burned under limited oxygen conditions. The stable and carbon-rich solid material thus generated is known as biochar. This study investigated the potential of using *Cryptomeria japonica* biochar (CJB) and fast treated tomato residue (TF) mixed with peat moss (P) as growing substrates for tomato transplant growth. Results from the physical-chemical analyses of these substrate materials indicated that CJB was alkaline, the electrical conductivity (EC) levels of CJB was lower than that of P. Nutrient contents of CJB were lower than peat moss. The EC level of TF was higher than that of P. Nutrient contents of TF were higher than peat moss and biochars. Results from the particle size distribution analysis indicated that P contained more fine-sized particles, but the CJB and TF contained more coarse-sized particles. The germination rate of tomato in TF was 0%. Results from growth analyses of TF, CJB, and P mixed media treated tomato seedlings showed that PBT1 was more suitable for tomato seedling growth, followed by PBT2, and PBT3 was less suitable. Due to the high content of phenolic compounds and soluble salts in TF, TF alone was not a suitable plant growing medium.

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

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

