

## 番茄生物炭混合介質對甘藍及番茄幼苗生長之影響

楊 盈<sup>1)</sup> 黃 三 光<sup>2)</sup>

關鍵字：番茄生物炭、甘藍、番茄、育苗介質

**摘要：**生物炭(biochar)為生物質於無氧或低氧環境下經熱裂解後形成之炭化產物，具多孔性、高電導度及偏鹼等特性。本研究探討番茄生物炭之物化特性，並與泥炭土混合作為育苗介質，進行甘藍與番茄之發芽與育苗試驗。各混合介質之營養元素分析結果顯示，TBW2-25 與 TBW2-50 之氮濃度較高，其餘介質之氮濃度皆介於理想範圍內；各供試介質之磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋅及銅之濃度則皆落於理想範圍內。種子發芽試驗結果顯示，甘藍與番茄種子於泥炭土及番茄生物炭混合介質之發芽率皆達 90% 以上，顯示番茄生物炭混合介質對於甘藍與番茄而言並無顯著的生長抑制物質。甘藍育苗試驗中，各供試介質所培育幼苗之壯苗指數彼此間並無顯著差異，然葉面積以 TBW2-50 為顯著最差，代表甘藍育苗時番茄生物炭可以取代 25% 泥炭土作為甘藍育苗之用。另一方面，番茄育苗則是以 TBW2-50 培育之幼苗最佳，顯示番茄生物炭可以取代 50% 之泥炭土作為番茄育苗之用。

### 前 言

近年來發現將農業廢棄物以熱裂解製成之生物炭，在栽培管理上可應用成為土壤改良劑，達到改善土壤 pH 值、增加保水力、進而提高作物產量等目的。生物炭可影響土壤的生物地質化學性(biogeochemistry) 以及土壤微生物之消長，如生物炭與菌根菌可以共生的形式存在於土壤的生態系統中，維持植物的生長、修復生態系統，對土壤的品質也有正面的影響(蔡與吳，2016)。

番茄之生長、栽培管理、採後處理皆為影響農民收益之重要課題。整枝與清園為番茄栽培與管理重要的一環，過多的殘枝落葉易造成病原菌滋生，其分解過程中會釋放出大量酚酸物質，造成作物相剋及連作障礙等問題，使植株生長不良，降低果實的產量與品質。

---

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。

修剪後的番茄枝葉與產季結束後番茄植株的處理多以集中焚燒處理，往往造成空氣污染的問題(陳，2015)。

本研究以番茄採收後之殘株為材料，經曬乾破碎及熱裂解之處理製成生物炭後，測定其理化性質及分析其所含之營養元素濃度，並以不同比例與泥炭土混合作為育苗介質，探討番茄生物炭添加比例混合介質對甘藍及番茄幼苗生長之影響。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

(一) 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 %)。

(二) 番茄生物炭(tomato biochar)：委託中興大學森林系吳耿東副教授之生資能源研究室以 350°C 燒製。燒製後之番茄生物炭再經一次或二次淋洗，淋洗方式為將燒製後之番茄生物炭與自來水以 1:10 (v/v) 之比例浸泡 24 小時。未經淋洗及經一次或二次淋洗之番茄生物炭代號如表 1 所述。

表 1. 未經淋洗及經一次或二次淋洗之番茄生物炭代號。

Table 1. Description of tomato biochar with or without leaching.

Treatments Code	Treatment Description
TB	未經淋洗之番茄生物炭 Tomato biochar without leaching
TBW1	經一次淋洗之番茄生物炭 Tomato biochar with leaching once.
TBW2	經二次淋洗之番茄生物炭 Tomato biochar with leaching twice.

表 2. 各供試介質之代號與混合比例。

Table 2. Substrate description and its mixing ratio.

Treatments Code	Substrate Description and its Mixing Ratio.
P	Peat moss
TBW2	Tomato biochar with leaching twice.
TBW2-5	P: TBW2 = 95: 5
TBW2-25	P: TBW2 = 75: 25
TBW2-50	P: TBW2 = 50: 50

## 二、試驗方法

### (一) 供試介質之製備

燒製後之番茄生物炭與自來水以 1:10 (v/v) 之比例浸泡淋洗兩次，每次淋洗 24 小時。經二次淋洗後之生物炭用手壓碎後以 10 號篩網過篩供試驗用。本試驗以泥炭土為對照組，混合不同比例番茄生物炭之混合介質為處理組，經二次淋洗後之番茄生物炭於混合介質中所佔的體積比例分別是 5%、25% 及 50% (表 2)。

### (二) 介質物理性質測定

測定之方法依據 Fonteno 與 Bilderback (1993) 之方法，再予以修改。使用底部以平絹網(150 目)封起來之鋼環，其高 5 cm、直徑 4.8 cm、體積 90 ml 作為介質物理性質測定之容器。秤取鋼環重量( $W_r$ )，以聚氯乙稀膜及橡皮筋密封鋼環底部，使鋼環底部不透水，再將水倒入鋼環中，直至水面與鋼環頂部面切齊，計算水量，即鋼環體積( $V_r$ )。首先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( $W_1$ )。接著緩慢加入水，使介質吸水直至水面與鋼環切齊，在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( $W_{add} = W_2 - W_1$ )。之後除去聚氯乙稀膜與橡皮筋，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 乾燥後，秤重( $W_{dry}$ )，並記錄乾燥介質量( $W_{dm} = W_{dry} - W_r$ )。每處理三重複，換算各物理特性如下：

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. 空氣孔隙率(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

### (三) 介質電導度(electrical conductivity, EC)與酸鹼值(pH)之測定

秤取 3 g 介質於燒杯中，加入 30 ml 去離子水(1:10)，於 100 rpm 震盪一小時後靜置 30 分鐘，利用濾紙(ADVANTEC NO. 1)過濾取得其濾液，最後以 pH meter (Suntex pH meter, SP-2300)與 EC meter (Mettler Toledo Conductivity meter, EL-30)測定各介質濾液之 pH 值與 EC 值，每處理三重覆。

### (四) 介質總氮含量測定

使用 Micro-Kjeldahl 法(Cunniff, 1955)，精秤 0.2 g 乾燥樣品粉末後，使用濾紙(ADVANTEC NO. 1)包起來並投入燒氮試管，接著加入 1 g 催化劑(Selenium reagent mixture, Merck 8030)及 4.5 ml 濃硫酸。放置於分解爐內，以 410°C 之高溫加熱分解，待管中之液體呈澄清之綠色且無白煙冒出後取出，待冷卻後，加入 15 ml 蒸餾水，如為澄清淺藍，則表示已完全分解。完全分解後之樣品移至 Micro-Kjeldahl 裝置，加入 20 ml 12 N NaOH，通

蒸氣使氮化，氮氣以承裝 20 ml 燒氮指示劑(含 Bromocresol green 19  $\mu$ M 及與 Methyl red 25  $\mu$ M 之 2 % 硼酸溶液) 之塑膠燒杯收集，至體積達 50 ml。最後再以 1/14 N 硫酸滴定，並計算氮於樣品中之百分比，每處理三重複。

#### (五) 介質元素測定

參考孟立克氏法(Mehlich's method)再予以修改。取風乾介質 2.5 g 於燒杯中，加入 50 ml 雙酸萃取液(0.05 N HCl 與 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>之混合)。以 100 rpm 震盪一小時後，使用濾紙(ADVANTEC NO. 1)過濾取其濾液，再使用濾紙(ADVANTEC NO. 42)過濾第二次，濾液裝於 PE 瓶中，於 4°C 保存備用。每處理三重複，分別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-2000, Hitachi)測定之。

1. 鈣：取稀釋二十倍之濾液 0.1 ml，加入 3.9 ml 去離子水及 1 ml 之 5% 氧化鏷(La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，Lanthanum oxide，溶於 25% 硫酸溶液)，震盪均勻混合，用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)測定其濃度，單位為 %。
2. 鉀、鎂：取稀釋二十倍之濾液 0.5 ml，加入 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 %。
3. 磷：使用鉬黃法(Vanadate-Molybdate Yellow Method) (Horwitz, 1970)，取 1 ml 濾液於試管中，加入 3 ml 去離子水、1 ml 鉬黃試劑(1000 ml 試劑中含(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O 22.5 g 及 NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub> 1.25 g 溶於 25 % HNO<sub>3</sub>)混合均勻後靜置十分鐘。用分光光度計(U-2000，Hitachi)測溶液於 470 nm 之吸光值，單位為 %。標準液以 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 配製。
4. 鐵、錳、鋅、銅：直接取濾液，利用原子吸收光譜儀(Hitachi Z-2300)分別測定濃度，單位為 mg/kg。

#### (六) 番茄與甘藍發芽試驗

秤取 3 g 介質於燒杯中，再加入 30 ml 去離子水(1 : 10)。於 70 rpm 震盪 24 小時，利用濾紙(ADVANTEC NO. 1)過濾取得其濾液。另外，於玻璃培養皿中平鋪濾紙(ADVANTEC NO. 1)，加入約 2-3 ml 濾液，使濾紙濕潤後，每皿加入 20 顆種子。於 25 °C 黑暗之恆溫生長箱進行發芽率試驗。每皿為一重複，每處理三重複，試驗進行 4-6 天，每日計算其發芽率(%)及平均發芽天數。

#### (七) 番茄與甘藍育苗試驗

番茄種子浸泡約 4 小時後播種於填滿介質之 128 穴盤中，每半盤穴盤為一重複，每處理三重複。播種後先於室內高濕度的環境下進行催芽 2 日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。育苗後兩週起，待長出本葉，每週施肥 1-2 次，使用花寶 2 號(HYPONeX; N : P : K = 20 : 20 : 20)稀釋 1000 倍後進行葉面噴霧施肥。

#### (八) 穴盤苗生育性狀調查

取 4-6 週苗齡之甘藍及番茄苗進行以下植株性狀調查，每穴盤取 10 株正常健壯苗株，每穴盤為一重複，每處理三重複。

1. 莖徑：以游標尺量取苗株子葉下部之莖寬，單位為公厘(mm)。
2. 莖長：苗株基部到生長點的長度，單位為公分(cm)。
3. 葉面積：以葉面積儀(LI-COR 3100A, LI-COR, Lincoln Neb)測量所有展開的本葉葉面積，單位為平方公分(cm<sup>2</sup>)。
4. 地上部鮮重：取苗株之地上部秤重，單位為克(g)。
5. 地上部乾重：取苗株之地上部，置於紙袋中，於 70°C 烘箱中，待其完全乾燥並秤重，單位為克(g)。
6. 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，單位為克(g)。
7. 地下部乾重：取苗株洗淨之地下部，置於紙袋中，於 70°C 烘箱中，待其完全乾燥並秤重，單位為克(g)。

(九) 壯苗指數與絕對生長速率換算(司等, 1993; 載等, 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/莖長) + (地下部鮮重/地上部鮮重)] × 全株乾重
5. 絕對生長速率：全株乾物種(g) × 100/生育日數

## 結 果

### 一、各供試介質之物理性質分析

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，其結果顯示，泥炭土(P)之總孔隙度為 88.22%、容器含水量為 59.63%、空氣孔隙率為 26.60%、總體密度為 0.11 g/cm<sup>3</sup>(表 3)。TBW2-5 之總孔隙度、容器含水量、空氣孔隙率及總體密度與泥炭土沒有顯著差異，分別為 83.38%、61.98%、21.34%及 0.11 g/cm<sup>3</sup>；TBW2-25 之總孔隙度則是 65.16%、容器含水量為 51.47%、空氣孔隙率為 13.69%、總體密度為 0.11 g/cm<sup>3</sup>；TBW2-50 之總孔隙度為 59.23%、容器含水量為 57.93%、空氣孔隙率為 1.35%、總體密度為 0.18 g/cm<sup>3</sup>(表 3)。

### 二、番茄生物炭電導度(electric conductivity, EC)與酸鹼值(pH)分析

本研究結果顯示，番茄生物炭(TB)之 EC 值及 pH 值分別為 19.53 dS/m 及 9.86(表 4)，未經淋洗之 TB 其 EC 值比理想育苗介質條件高出近二十倍之多，pH 值亦偏鹼。為使番茄生物炭能較符合理想介質所需之條件，首先將番茄生物炭(TB)以不同體積之自來水浸泡 24 小時後觀察其 EC 值之變化，經多方嘗試後，最後採用生物炭：水=1：10 之比例，將 TB 浸泡 24 小時，烘乾後再重複進行第二次浸泡，之後再進行 EC 值與 pH 值之測定；結果發現淋洗一次後之番茄生物炭(TBW1)之 EC 值及 pH 值分別為 2.51 dS/m 及 8.73；淋洗二次後之番茄生物炭(TBW2)之 EC 值及 pH 值分別為 0.80 dS/m 及 8.26(表 4)。

表 3. 各供試介質之物理特性。

Table 3. Physical properties of substrate tested.

處理	總孔隙度	容器含水量	空氣孔隙率	總體密度
Treatments	TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g/cm <sup>3</sup> )
P <sup>z</sup>	88.22a <sup>y</sup>	59.63a	26.60a	0.11c
TBW2-5	83.38a	61.98a	21.34a	0.11c
TBW2-25	65.16b	51.47b	13.69b	0.11c
TBW2-50	59.23b	57.93a	1.35c	0.18a
	65-95	45-65	10-30	0.1-0.8

TP : total porosity, CC : container capacity, AS : air space, BD : bulk density.

<sup>z</sup>:代號說明參考表 2

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

表 4. 未經淋洗、淋洗一及二次之番茄生物炭之電導度(EC)及酸鹼值(pH)。

Table 4. EC and pH values of tomato biochar before and after leaching

Treatments	Electrical Conductivity, EC (dS/m)	pH
TB <sup>z</sup>	19.53a <sup>y</sup>	9.86a
TBW1	2.51b	8.73b
TBW2	0.80c	8.26c

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 1

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

### 三、番茄生物炭混合介質之電導度(electric conductivity, EC)與酸鹼值(pH)分析

本研究所使用之混合介質原料為泥炭土(P)及經淋洗二次之番茄生物炭(TBW2)，各混合介質之 EC 值及 pH 值分析結果顯示，所有混合介質之 EC 值均與對照組(P)無顯著差異，TBW2-5 之 EC 值為 0.90 dS/m；TBW2-50 之 EC 值為 0.80 dS/m；TBW2-25 為最低，僅 0.66 dS/m。TBW2-50 之酸鹼值(pH)為 7.82，TBW2-25 為 7.11，TBW2-5 為 6.32，均顯著高於 P 之 5.83(表 5)。

表 5. 番茄生物炭混合介質之電導度(EC)及酸鹼值(pH)。

Table 5. EC and pH values of tomato biochar mixed substrates before and after leaching

Treatments	Electrical Conductivity, EC(dS/m)	pH
P <sup>z</sup>	0.81ab <sup>y</sup>	5.83d
TBW2-5	0.94a	6.32c
TBW2-25	0.66b	7.11b
TBW2-50	0.81ab	7.82a

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

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

#### 四、番茄生物炭混合介質之營養元素分析

營養元素分析結果顯示，各混合介質的總氮及磷濃度均以 TBW2-50 為最高，分別為 2.07% 及 0.370%；此二者之濃度均以泥炭土(P)為最低，分別是 1.31% 及 0.058%。鉀與鈣分析結果顯示，P 之鉀與鈣濃度為顯著最低，分別為 0.16% 及 2.08%；各混合介質之鉀濃度隨生物炭混合比例增加而增加，介於 0.26-0.48%；各混合介質之鈣濃度則介於 2.51-3.29%，其中以 TBW2-50 之鈣濃度為最高。P 與 TBW2-5 及 TBW2-25 的鎂濃度沒有顯著差異，介於 0.35-0.53%；TBW2-50 之鎂濃度為 0.65%(表 6)。

表 6. 泥炭土及番茄生物炭混合介質之大量營養元素濃度(%)。

Table 6. Macronutrient concentration in peat moss amended with or without tomato biochar.

Treatments	N	P	K	Ca	Mg
P <sup>z</sup>	1.31d <sup>y</sup>	0.058d	0.16e	2.08d	0.37b
TBW2-5	1.42d	0.186c	0.26d	2.51c	0.35b
TBW2-25	1.79c	0.337b	0.42c	3.03b	0.53ab
TBW2-50	2.07b	0.370a	0.48b	3.29a	0.65a
	0.2-1.5	0.001-0.4	0.01-0.5	0.3-3.6	

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

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

微量元素分析結果顯示，各育苗介質之鐵濃度以 P 為最高，達 475.65 ppm；P 混合生物炭之後，鐵之濃度有下降之趨勢，介於 328.65-390.95 ppm。錳及鋅之濃度會隨著生物炭之混合比例越高而越高，P 之錳及鋅濃度則為最低，分別為 51.17 ppm 及 15.19 ppm，各混合介質之錳濃度則介於 76.93-120.05 ppm；鋅濃度則介於 24.29-127.40 ppm。P 之銅濃度略高於 TBW2-5 及 TBW2-25，為 10.99 ppm，而各混合介質之銅濃度則介於 9.38-18.41 ppm (表 7)。

表 7. 泥炭土及番茄生物炭混合介質之微量營養元素濃度(ppm)。

Table 7. Micronutrient concentration in peat moss amended with or without tomato biochar.

Treatments	Fe	Mn	Zn	Cu
P <sup>z</sup>	475.65a <sup>y</sup>	51.17d	15.19e	10.99b
TBW2-5	390.95ab	76.93c	24.29d	9.38c
TBW2-25	328.65bc	77.21c	53.20c	10.36b
TBW2-50	340.55bc	120.05a	127.40b	18.41a
	300-1100	10-200	<206	<71.8

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

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

表 8. 番茄生物炭混合介質濾液對甘藍及番茄種子發芽之影響。

Table 8. Germination rate of cabbage and tomato seeds grown in the filtrate of peat moss amended with or without tomato biochar.

Treatments	Cabbage		Tomato	
	Germination rate (%)	Mean days to germination (days)	Germination rate (%)	Mean days to germination (days)
P <sup>z</sup>	91.67a <sup>y</sup>	1.8a	95a	3a
TBW2-5	91.67a	1.7a	95a	3.2a
TBW2-25	91.67a	1.8a	100a	3.2a
TBW2-50	90.00a	1.9a	100a	3.1a

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 1

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



### 五、番茄生物炭混合介質對番茄及甘藍種子發芽之影響

甘藍種子於不同處理組之發芽率及平均發芽日數均與對照組無顯著差異，分別介於 90-91.67% 及 1.7-1.9 天。番茄種子之發芽率及平均發芽日數於不同處理組間亦均與對照組無顯著差異，分別介於 95-100% 及 3-3.2 天(表 8)。

### 六、番茄生物炭混合介質對甘藍育苗之影響

本研究使用番茄生物炭混合介質進行甘藍之育苗試驗。甘藍苗之性狀調查結果顯示，P 與各處理組之莖徑、地上部鮮及乾重與地下部鮮及乾重皆沒有顯著差異，其莖徑介於 1.52-1.70 mm；地上部鮮重介於 1.07-1.32 g；地上部乾重介於 0.13-0.18 g；地下部鮮重介於 0.39-0.45 g；地下部乾重約為 0.03 g。TBW2-50 之莖長為顯著最長，為 6.67 cm，其餘各組間則沒有顯著差異，介於 5.73-5.85 cm；葉面積則是對照組(P)最大，為 36.17 cm<sup>2</sup>；TBW2-5 及 TBW2-25 與對照組沒有顯著差異，介於 30.94-33.62 cm<sup>2</sup>；TBW2-50 則最小，為 26.90 cm<sup>2</sup>(表 9)。不同混合介質育苗結果中壯苗指數一、二、三、四及絕對生長速率皆與對照組沒有顯著差異(表 10)。

表 9. 番茄生物炭混合介質對甘藍苗生長之影響(栽種時間：2016/10/12-11/2)。

Table 9. Growth parameters for cabbage seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

Treatments	Stem dia. (mm)	Stem length (cm)	Leaf Area (cm <sup>2</sup> )	Shoot		Root	
				Fresh Weight (g)	Dry Weight (g)	Fresh Weight (g)	Dry Weight (g)
P <sup>z</sup>	1.61a <sup>y</sup>	5.73b	36.17a	1.32a	0.18a	0.41a	0.03a
TBW2-5	1.52a	5.85b	30.94ab	1.12a	0.14a	0.45a	0.03a
TBW2-25	1.70a	5.82b	33.62ab	1.26a	0.17a	0.39a	0.03a
TBW2-50	1.52a	6.67a	26.90b	1.07a	0.13a	0.39a	0.03a

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

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

### 七、番茄生物炭混合介質對番茄育苗之影響

本研究使用番茄生物炭混合介質進行番茄之育苗試驗。番茄苗之性狀調查結果顯示，P 與各處理組之莖長、地上部乾重、地下部鮮及乾重皆沒有顯著差異，莖長介於 12.7-13.9 cm；地上部乾重介於 0.07-0.11 g，地下部鮮重介於 0.21-0.39 g，地下部乾重約為 0.03 g。

TBW2-50 之莖徑、葉面積與地上部鮮重皆顯著較對照組佳，莖徑為 2.19 mm；葉面積為 11.99 cm<sup>2</sup>；地上部鮮重則是 0.80 g。P 之莖徑、葉面積、地上部及地下部鮮乾重與 TBW2-5 皆無顯著差異，莖徑介於 1.98-1.99 mm；葉面積介於 7.01-7.02 cm<sup>2</sup>；地上部鮮重則介於 0.54-0.57 g；地上部乾重介於 0.07-0.11 g；地下部鮮重介於 0.21-0.34 g；地下部乾重則約 0.03 g (表 11)。

表 10. 番茄生物炭混合介質對甘藍苗之壯苗指數與絕對生長速率之影響。

Table 10. Seedling index and absolute growth rate for cabbage seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

Treatments	Seedling index				Absolute growth rate
	1	2	3	4	
P <sup>z</sup>	0.031a <sup>y</sup>	6.304a	0.052a	0.125a	0.582a
TBW2-5	0.024a	5.300a	0.037a	0.113a	0.466a
TBW2-25	0.029a	5.828a	0.049a	0.119a	0.548a
TBW2-50	0.019a	3.984a	0.027a	0.08a	0.416a

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

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

表 11. 番茄生物炭混合介質對番茄苗生長之影響(栽種時間：2016/10/13-11/24)。

Table 11. Growth parameters for tomato seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

Treatments	Stem dia. (mm)	Stem length (cm)	Leaf Area (cm <sup>2</sup> )	Shoot		Root	
				Fresh	Dry	Fresh	Dry
				Weight (g)	Weight (g)	Weight (g)	Weight (g)
P <sup>z</sup>	1.99b <sup>y</sup>	13.0a	7.02b	0.54b	0.11a	0.21a	0.03a
TBW2-5	1.98b	12.7a	7.01b	0.57ab	0.07a	0.34a	0.03a
TBW2-25	2.09ab	13.9a	10.36ab	0.78a	0.09a	0.31a	0.03a
TBW2-50	2.19a	13.6a	11.99a	0.80a	0.09a	0.39a	0.03a

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

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

不同混合介質之育苗結果顯示，壯苗指數一、三、四及絕對生長速率各組間皆沒有顯著差異(表 12)；壯苗指數二則以 TBW2-50 最高，TBW2-25 其次，二者無顯著差異，P、TBW2-5 及 TBW2-25 三者間亦無顯著差異。

表 12. 番茄生物炭混合介質對番茄苗之壯苗指數與絕對生長速率之影響。

Table 12. Seedling index and absolute growth rate for tomato seedlings grown in peat moss amended with or without tomato biochar.

Treatments	Seedling index	Seedling index	Seedling index	Seedling index	Absolute growth rate
	1	2	3	4	
P <sup>z</sup>	0.008a <sup>y</sup>	0.537b	0.033a	0.069a	0.455a
TBW2-5	0.005a	0.553b	0.053a	0.072a	0.315a
TBW2-25	0.007a	0.744ab	0.047a	0.067a	0.403a
TBW2-50	0.007a	0.878a	0.063a	0.082a	0.416a

<sup>z</sup>: 代號說明參考表 2

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

## 討 論

### 一、介質特性分析

理想的栽培介質需具有好的理化特性，如透氣性和保水保肥性佳，才能促進植株的根系生長發育，培育壯苗(楊等，2011)。良好育苗介質的總孔隙度大，能容納充足的空氣和水，其適於作物根系生長之範圍介於 65-95%(連，1994)；Yeager 等人(1997)提出容器含水量介於 45-65%，空氣孔隙率介於 10-30%較為理想。本次試驗中，TBW2-50 的總孔隙度及空氣孔隙率偏低，其餘供試介質皆介於理想範圍內；容器含水量則是所有介質均介於理想範圍內。良好育苗介質的總體密度介於 0.1-0.8 g/cm<sup>3</sup> (劉，2001；彭與朱，2000)，本次試驗材料中，各混合介質之總體密度介於 0.11-0.18 g/cm<sup>3</sup>，皆屬於適宜範圍(表 3)。

番茄生物炭(TB)之 pH 值偏鹼，EC 值偏高，說明番茄生物炭不適於直接應用於作物育苗與栽培。孫與謝(1998)，提出介質之 pH 值介於 5.8-6.5 時，大部分肥料可被溶解與吸收利用；介質之可溶性鹽或 EC 值則應 ≤ 0.75dS/m，若大於 0.75 dS/m 將可能有鹽害問題(陳，2004)。過去的研究顯示番茄作物燒製成生物炭再利用時，其 pH 值明顯高於其他農業廢棄物製成之生物炭；生物炭可以使用水淋溶(leaching)以降低 EC 值，且經過淋溶後生物炭的酸鹼值亦會降低，大約是 pH7-10，再經與泥炭土混合後能符合一良好介質之要求

(Chan *et al.*, 2008; Harel *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2012)。故此本試驗乃以番茄生物炭(TB)：水=1：10 之比例，將番茄生物炭(TB)浸泡 24 小時後，進行 EC 值與 pH 值測定，分別測得 2.51dS/m 與 8.73，顯示 TB 淋洗後其 EC 值與 pH 值有明顯降低，但作為育苗介質之用依然偏高，故進行第二次淋洗。進行第二次淋洗後，生物炭之 EC 值與 pH 值分別為 0.8dS/m 與 8.26(表 4)，可與泥炭土混合作為育苗介質之用。

植物生長所需之營養元素除碳氮氧之外皆取之於介質，介質之營養元素分為大量和微量元素，大量元素以氮、磷及鉀對於植物之生長最為重要，微量元素包含鐵、錳、鋅、銅等。過去研究指出介質營養元素濃度之適合範圍分別為：氮介於 0.2-1.5%；磷介於 0.001-0.4%；鉀介於 0.01-0.5%；鈣介於 0.3-3.6%；鐵介於 300-1100 mg/kg；錳介於 10-200 mg/kg；鋅小於 206 mg/kg 及銅小於 71.8 mg/kg。本試驗結果顯示泥炭土(P)與 TBW2-5 之氮介於理想範圍內，其餘則超過；泥炭土與各混合介質之磷、鉀、鈣皆介於理想範圍內(表 6)(Zhang *et al.*, 2012)。此外，本試驗之泥炭土與各混合介質之微量元素濃度亦介於建議範圍內(表 7)。

## 二、番茄生物炭混合介質之發芽與育苗試驗

種子於介質中是否能發芽，可作為介質是否適於植物之生長之篩選依據，本研究針對不同混合介質之濾液於適當溫度及黑暗之環境條件下進行發芽率試驗，其結果顯示甘藍與番茄之發芽率在所有供試介質濾液中皆高於 90%，顯示番茄生物炭混合介質中並不含有明顯之發芽抑制物質(表 8)。

本研究之番茄生物炭混合介質之物理特性、化學特性及營養元素濃度多介於理想範圍內，具有作為泥炭土替代介質的潛力，故本研究以不同的替代比例進行育苗試驗，探討最適之替代比例。

甘藍對於生長溫度之適應廣泛，性喜冷涼氣候，其生育適溫為 15-25°C。對土壤適應性強，最適合土壤酸鹼度為 pH5.5-6.5(楊，2011)。前述提及介質可溶性鹽或 EC 值要低於 0.75 dS/m，超過此值將可能有鹽害問題(孫與謝，1998)，甘藍之育苗介質以空氣孔隙度對穴盤苗生育影響較大，介於 15-17.4%時最佳(薛等，2003)，本試驗中各供試介質之 EC 值除了 TBW2-25 介於理想範圍之內，其他處理組之 EC 值皆高於理想範圍；空氣孔隙率則是以 TBW2-50 最低，P 及 TBW2-5 較高。甘藍育苗試驗結果顯示，除 TBW2-50 處理組之葉面積較對照組(P)較小外，所有處理組之性狀、壯苗指數及絕對生長速率均與對照組沒有顯著差異(表 9、表 10)，表示 TBW2-50 雖可做為育苗介質，唯其培育之甘藍幼苗之葉面積明顯較低，或許不利於移植後甘藍之生長。因此，番茄生物炭作為泥炭土之替代介質進行甘藍育苗時，其最高替代比率可達 25%。

番茄為台灣重要之作物，其栽培管理、病蟲害管理以及採收後殘株之再利用，皆是研究的熱門方向。番茄之生長溫度則以白天 20-25°C，夜間 10-15°C 為最適生長溫度，育苗之土壤以肥沃疏鬆及通透性良好為佳，以 pH 5.5-7.0 為宜(司與何，1999)。土壤的理化特性皆會影響番茄植株生長，包含結塊、無氧、高含水量等；此外，pH 值過低、土壤肥力和

土壤鹽分過高皆會阻礙番茄根部於土壤的生長。番茄具有耐鹽的特性，當土壤鹽度高達 2.5 dS/m 時，減產之問題不嚴重(李，2004)。本研究除甘藍外，亦同時進行番茄育苗試驗，結果顯示，異於甘藍育苗之結果，TBW2-50 處理組於番茄育苗試驗整體表現較佳(表 11、表 12)。推測由於番茄生物炭混合介質偏鹼，又以 TBW2-50 之 7.82 為最高(表 5)，或許因為番茄幼苗對鹼性環境之適應性優於甘藍幼苗，因此，番茄生物炭作為泥炭土之替代介質進行番茄育苗時，其最高替代比例可達到 50%。

### 參 考 文 獻

- 司亞平、何偉明。1999。番茄穴盤育苗技術規範。農村實用工程技術 1: 8-9。
- 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。
- 李美娟。2004。生物炭的環境效應及其應用的研究進展。2004 果菜健康管理研討會專集。pp. 83-93。
- 孫文章、謝桑煙。1998。甘藍穴盤育苗技術。台南區農業改良場技術專刊 76: 87-4。
- 連兆煌。1994。無土栽培技術與原理。中國農業出版社。49pp。
- 陳仁炫。2004。土壤與植體營養診斷技術。植物重要防疫檢疫病害診斷鑑定技術研習會專刊 3: 157-174。
- 陳可薇。2015。番茄莖葉資源化再利用於蔬菜栽培之研究。國立中興大學園藝系碩士論文。67pp。
- 彭士永、朱建華。2000。無土栽培不同基質對番茄生理功能影響的研究。遼寧農業職業技術學院學報 2(4): 16-17。
- 楊秀珠。2011。十字花科蔬菜病蟲害之發生與管理。合理、安全及有效使用農藥輔導教材。行政院農委會農業藥物毒物試驗所。58pp。
- 楊軍、邵玉翠、仁順榮、賀宏達、高玉興。2011。不同基質配方對番茄冬季育苗的影響中國農學通報 27(4): 223-226。
- 劉士哲。2001。現代實用無土栽培技術。中國農業出版社。602pp。
- 蔡佳儒、吳耿東。2016。臺灣農業廢棄物製備生物炭之未來與展望。農業生技產業季刊 46: 24-28。
- 薛佑光、宋好、張武男。2003。介質對甘藍穴盤苗及其定植後初期生育之影響。植物種苗 5(2): 61-81。
- 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。
- Chan, K. Y., L. van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph. 2008. Agronomic values of

- greenwaste biochar as a soil amendment. *Soil Res.* 45(8): 629-634.
- Cunniff, P. 1995. Official methods of analysis of AOAC international. 16<sup>th</sup> ed. AOAC Intl. Arlington, USA. 1141pp.
- Dreesen, D. R. and R. W. Langhans. 1992. Temperature effects on growth of impatiens plug seedlings in controlled environments. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117(2): 209-215.
- Fonteno, W. C. and T. E. Bilderback. 1993. Impact of hydrogel on physical properties of coarse- structured horticultural substrates. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118(2): 217-222.
- Harel, Y. M., Y. Elad, D. Rav-David, M. Borenstein, R. Shulchani, B. Lew, and E. R. Graber. 2012. Biochar mediates systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. *Plant Soil.* 357(1-2): 245-257.
- Horwitz, W. 1970. Official methods of analysis of the Association of official analytical chemist. 11<sup>th</sup> ed. Arlington, Virginia. USA. 204pp.
- Singh, B., B. P. Singh, and A. L. Cowie. 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Soil Res.* 48(7): 516-525.
- Wang, T., M. Camps-Arbestain, M. Hedley, and P. Bishop. 2012. Predicting phosphorus bioavailability from high-ash biochars. *Plant Soil* 357(1-2): 173-187.
- Yeager, T. H., 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.
- Zhang, R. H., Z. Q. Duan, and Z. G. Li. 2012. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. *Pedosphere* 22(3): 333-342.

## Effect of Tomato Biochar Mixed Substrates on Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) and Tomato (*Solanum lycopersicum*) Seedling Growth

Ying Yong <sup>1)</sup> San-Gwang Hwang <sup>2)</sup>

Key words: Tomato biochar, Cabbage, Tomato, Seedling growth

### Summary

Biochar is a carbonized product made from pyrolysis. The properties of biochar are characterized by high porosity, electrical conductivity and pH value. In this study, the properties of tomato biochar were analyzed, and the suitability of tomato biochar mixed with peat moss as transplant growth substrate was investigated. Nutrient analysis of tomato biochar-mixed substrates suggested that N concentration is higher than its ideal range in TBW2-25 and TBW2-50 but is suitable in the rest substrates tested. The concentrations of P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu were all suitable in all substrates tested. Seed germination tests revealed that the germination rates of cabbage and tomato seeds were both over 90% when exposed to the filtrates of tomato biochar-mixed substrates. These results suggested that there is no obvious growth inhibiting substance present in the tomato biochar-mixed substrates. Results from cabbage seedling growth test demonstrated that there is no significant difference of seedling quality index among all substrates tested but the leaf area of cabbage seedling appears to be the worst when grown in TBW2-50 suggesting that tomato biochar can replace 25% peat moss for cabbage transplant growth. Results from tomato seedling growth test indicated that seedlings perform better when grown in TBW2-50 suggesting that tomato biochar can replace 50% peat moss for cabbage transplant growth.

---

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

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

Corresponding author.

