

# 設施內施用炭化資材對萵苣生育及產量之影響<sup>1</sup>

劉廣泉<sup>2</sup>、許苑培<sup>2</sup>、鄭隨和<sup>2</sup>

## 摘 要

本試驗旨在探討設施內施用桂竹炭、綠竹炭及炭化稻殼等 3 種炭化資材對萵苣生育及產量的效應。分析 3 種炭化材料結果顯示均屬強鹼性資材，pH 值以桂竹炭之 9.8 最高，炭化稻殼之 8.5 最低。設施內每公頃施用 1,000 kg 的炭化資材對‘明豐 3 號’萵苣之產量較不施用者增產 5-12%，處理間差異達顯著水準。不同炭化資材處理間，以施用桂竹炭及綠竹炭處理之產量較高，分別為 24,580 及 24,320 kg ha<sup>-1</sup>，處理間差異不顯著，此兩處理比施用炭化稻殼處理之 23,150 kg ha<sup>-1</sup> 分別增產 6% 及 5%，差異達顯著水準。比較試驗前後土壤分析結果，每公頃施用炭化資材 1,000 kg 後可使土壤 pH 值提升 0.05-0.31、EC 值降低 0.05-0.12 dS m<sup>-1</sup>，無施用之對照區土壤 pH 值下降 0.24、EC 值增加 0.02 dS m<sup>-1</sup>，顯示於 pH 值 6.29 之微酸性土壤栽培明豐 3 號萵苣時，每公頃施用 1,000 kg 的炭化資材可達增產效果，而施用桂竹炭或綠竹炭較施用炭化稻殼的效果佳。

關鍵詞：萵苣、桂竹炭、綠竹炭、炭化稻殼

## 前 言

炭化資材如木炭、竹炭等，具有除臭、消毒、淨化空氣、去除有害化學物質、潔淨水質、作天然乾燥劑等功效（周，1984；賴等，2006；蔡和張，1993；Hall and Holmes, 1992），且炭化資材屬於鹼性物質，在農作物栽培利用上可做為酸性土壤改良資材（洪，2004；Hartung et al., 1989；Heschel and Klose, 1995）。

---

<sup>1</sup> 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 413 號。

<sup>2</sup> 桃園區農業改良場副研究員、副研究員及場長(通訊作者，shcheng@mail.coa.gov.tw)。

萵苣為北部地區設施栽培主要的短期葉菜類，周年栽培常發生植株生育不佳及病蟲害日趨嚴重等問題，此現象於夏季栽培尤甚，亟需尋求有效解決之法。許多研究指出實施輪作、淹水、施用有機質肥料或添加活性炭改良土壤等方法，均能降低設施蔬菜夏作或周年栽培困境之影響程度（許，1996；Shilling et al., 1992）。本研究即於設施內分別施用桂竹炭、綠竹炭及炭化稻殼等三種炭化資材，做為土壤改良材料，探討對‘明豐 3 號’萵苣生育及產量之影響。

## 材料與方法

### 一、供試材料

以‘明豐 3 號’萵苣為材料，試驗用之 3 種炭化資材均於 350–400°C 下燒製完成，其中桂竹、綠竹係選用 3 年生竹桿，稻殼購自碾米廠。桂竹炭及綠竹炭於燒製完成後，以粉碎機打碎過篩（粒徑為 2 mm 以下）為竹炭粉後使用。

### 二、試驗設計

本試驗於 2007 年在本場臺北分場塑膠布簡易設施內進行，於 3 月 20 日定植穴盤苗，4 月 23 日採收。採叢機完全區集設計，分別以每公頃施用 1,000 kg 之桂竹炭、綠竹炭、炭化稻殼及不施用炭化資材為對照等 4 種為試驗處理，4 重複，小區面積 1.5 m × 4 m。炭化資材施用後先與土壤充分混合，俟一週後再進行穴盤苗移植，行株距為 15 cm × 15 cm。各處理均施用基肥 5,000 kg ha<sup>-1</sup>（益能牌混合有機肥，pH7.0、有機質 60%、氮素 3%、磷酐 2%、氧化鉀 1.5%），三要素（N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O）施用量為 100-50-75 kg ha<sup>-1</sup>。收穫時調查植株生育性狀及產量。

### 三、土壤性質及炭化資材成分分析

試驗前後試區分析土壤性質，pH 值（土：水=1：1）、EC 值（土：水=1：5）、有機質含量（Walkley Black 法）、白雷氏第一法抽出土壤 Bray-1 磷，以原子分光光度計定量、孟立克氏法抽出土壤交換性鉀、鈣及鎂，以感應耦和電漿原子發射光譜儀（IPC）定量。炭化資材除測 pH 值、EC 值及有機質含量外，另以三酸（HNO<sub>3</sub>：HClO<sub>4</sub>：H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=4：1：1）分解至澄清後測定其磷（鉬黃法）、鉀（焰光儀）及鈣、鎂（原子吸光儀）含量（張，1991）。

## 四、統計分析

數據統計採用 SAS 套裝軟體 (SAS Institute, Cary, NC) 中之 PROC ANOVA (analysis of variance procedure) 進行變方分析 ( $\alpha=0.05$ )，以 Fisher's LSD 進行處理間之各平均值的比較。

## 結果與討論

### 一、炭化資材之性質分析

試驗用炭化資材之性質分析結果如表 1 所示，3 種炭化材料均屬強鹼性，pH 值介於 8.5-9.8，以桂竹炭較高，綠竹炭次之，炭化稻殼較低；電導度介於 0.4-1.0  $\text{dS m}^{-1}$ ，以炭化稻殼較高，桂竹炭次之，綠竹炭較低；有機質含量介於 17-21  $\text{g kg}^{-1}$ ，全磷含量介於 140-181  $\text{mg kg}^{-1}$ ，二者均以綠竹炭較高，桂竹炭次之，炭化稻殼最低；全鉀、全鈣與全鎂之含量分別介於 2,484-2,716  $\text{mg kg}^{-1}$ 、675-792  $\text{mg kg}^{-1}$  及 215-264  $\text{mg kg}^{-1}$ ，均以桂竹炭含量較高，綠竹炭次之，炭化稻殼含量較低，3 種資材的礦物元素含量高低次序均為鉀 > 鈣 > 鎂 > 磷，此與工業技術研究院利用高解析感應耦合電漿質譜儀 (HR-1CPMS) 對孟宗竹炭及桂竹炭分析礦物元素含量高低的趨勢一致 (賴等, 2006)。

表 1. 三種炭化資材之性質

Table 1. Properties of three charcoal materials.

炭化資材 Charcoal materials	酸鹼值 pH (1 : 1)	電導度 EC (1 : 5) $\text{dS m}^{-1}$	有機質 O.M. $\text{g kg}^{-1}$	全磷 Total P ----- $\text{mg kg}^{-1}$ -----	全鉀 Total K	全鈣 Total Ca	全鎂 Total Mg
桂竹炭 Makino bamboo charcoal	9.8	0.8	19	171	2,716	792	264
綠竹炭 Green bamboo charcoal	9.7	0.4	21	181	2,528	776	248
炭化稻殼 Rice shell charcoal	8.5	1.0	17	140	2,484	675	215

### 二、施用炭化資材對萵苣生育及產量的效應

依據本場試驗結果，綠竹炭之單次施用量少於 1,500  $\text{kg ha}^{-1}$  時，對萵苣生育及產

量的效果較佳，單次施用量為  $2,000 \text{ kg ha}^{-1}$  時則產量有顯著減低的反效果（劉及許，2007），本次試區土壤性質因與前述試區土壤性質相似，故本試驗炭化資材施用量均定量為  $1,000 \text{ kg ha}^{-1}$ 。

萵苣植株生育調查結果如表 2，平均葉寬在 8.2-8.9 cm 間，各處理間差異未達顯著水準。施用炭化資材處理之株高較無施用之對照處理高出 4-8%，處理間差異均達顯著水準，以施用桂竹炭及綠竹炭處理的 44.6 及 44.1 cm 最高，二處理間差異不顯著，施用炭化稻殼處理之株高為 43.1 cm，顯著低於桂竹炭處理，但與綠竹炭處理之萵苣植株差異不顯著。單株重介於 43.7-48.1 g，施用炭化資材處理之單株重較無施用之對照處理重 4-10%，差異均達顯著水準，以施用桂竹炭及綠竹炭處理的 48.1 及 47.3 g 最重，二處理間差異不顯著，但與施用炭化稻殼處理之 45.4 g 相較，差異均達顯著水準。三種施用炭化資材處理之產量較無施用的對照處理顯著增產 5-12%，施用炭化資材處理間，以施用桂竹炭及綠竹炭處理之 24,580 及 24,320  $\text{kg ha}^{-1}$  最高，二處理間差異不顯著，但二者分別較施用炭化稻殼處理之 23,150  $\text{kg ha}^{-1}$  顯著增產 6%及 5%（表 2）。

表 2. 施用炭化資材對‘明豐 3 號’萵苣生育及產量的影響

Table 2. Effects of application charcoal materials on growth and yield of ‘Ming-Feng No.3’ lettuce.

處理 Treatments	葉寬 Width of leaf	株高 Height of plant	單株重 Weight of plant	產量(指數) Yield(index)
	----- cm -----		$\text{g plant}^{-1}$	$\text{kg ha}^{-1}$
桂竹炭 Makino bamboo charcoal	8.9	44.6	48.1	24,580 (112)
綠竹炭 Green bamboo charcoal	8.8	44.1	47.3	24,320 (110)
炭化稻殼 Rice shell charcoal	8.6	43.1	45.4	23,150 (105)
不施用 CK	8.2	41.3	43.7	22,010 (100)
LSD	ns	1.2	1.5	1,045

LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

Mean values within column are not significant different by LSD test at 5% probability level.

綜上結果得知，施用炭化資材對設施栽培萵苣有正面的效益，無論對植株生育或產量等，均有優於無施用炭化資材處理之表現。而不同炭化資材間，施用桂竹炭與綠

竹炭的結果相近，該二處理在產量方面的表現，均優於施用炭化稻殼之處理，顯示選擇炭化資材時，適量施用桂竹炭或綠竹炭，均較施用炭化稻殼的效果佳。

### 三、不同炭化資材對土壤性質之效應

試驗前試區土壤分析結果，pH 值為 6.29，EC 值為  $0.67 \text{ dS m}^{-1}$ ，有機質含量為  $26.4 \text{ g kg}^{-1}$ ，Bray-1 磷含量為  $93 \text{ mg kg}^{-1}$ ，交換性鉀含量為  $128 \text{ mg kg}^{-1}$ ，交換性鈣含量為  $3,244 \text{ mg kg}^{-1}$ ，交換性鎂含量為  $356 \text{ mg kg}^{-1}$ ，顯示試區土壤為微酸性，EC 值較低於  $0.6 \text{ dS m}^{-1}$  的適宜範圍略高，有機質含量略低於  $30 \text{ g kg}^{-1}$  之適宜範圍；土壤中 Bray-1 磷，交換性鉀、鈣及鎂含量的合理範圍分別為  $60\text{-}290 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $90\text{-}300 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $2,000\text{-}4,000 \text{ mg kg}^{-1}$  及  $200\text{-}400 \text{ mg kg}^{-1}$  (Bingham, 1962; Hesse, 1971)，因此，試區土壤中 Bray-1 磷及交換性鉀、鈣、鎂之含量均屬適宜範圍內 (表 3)。Bear and Toth (1948) 認為土壤中交換性鈣與鉀之合適比例為 13:1，交換性鈣與鎂之適宜比例為 6.5:1，而本試區土壤交換性鈣與鉀含量比例為 25:1，交換性鈣與鎂含量之比例為 9.1:1，均較適宜之比例高，顯示施肥時鈣肥宜酌量減施，鎂肥可略微增施。

因三種炭化資材之性質不同，故對土壤中的 pH 值、EC 值、有機質含量及鉀、鈣、鎂有效性的增高程度產生了不同的差異。施用炭化資材後，試區土壤分析結果如表 3，與試驗前相較，pH 值約上升 0.05-0.31，以桂竹炭及綠竹炭試區上升較多，該二試區 pH 值差異不顯著，桂竹炭試區較炭化稻殼試區顯著上升 0.26，綠竹炭與炭化稻殼二試區差異則不顯著，無施用之對照試區則下降 0.24。EC 值下降 0.05-0.12  $\text{dS m}^{-1}$ ，以桂竹炭及綠竹炭試區下降較多，二處理間差異不顯著，桂竹炭試區較炭化稻殼試區顯著低了  $0.07 \text{ dS m}^{-1}$ ，但綠竹炭與炭化稻殼二試區差異則不顯著，對照區則上升  $0.02 \text{ dS m}^{-1}$ 。各試區有機質含量較試驗前增加 0.7-4.1  $\text{g kg}^{-1}$ ，以綠竹炭及桂竹炭試區分別增加 15%及 13%較多，二處理間差異不顯著，綠竹炭試區較炭化稻殼試區顯著增加 7%，桂竹炭與炭化稻殼二試區差異則不顯著，對照區略微增加  $0.7 \text{ g kg}^{-1}$  的有機質。Bray-1 磷、交換性鉀含量各試區均有增加且差異達顯著水準，Bray-1 磷以對照區增加  $46 \text{ mg kg}^{-1}$  較多，桂竹炭與炭化稻殼試區增加 28 及  $21 \text{ mg kg}^{-1}$  較少，此係添加鹼性炭化資材後，因加入的鈣會與磷結合使磷酸鈣增多，導致土壤中的磷難溶出而使有效性降低；交換性鉀以綠竹炭試區增加  $64 \text{ mg kg}^{-1}$  較多，炭化稻殼試區增加  $16 \text{ mg kg}^{-1}$  較少。交換性鈣、鎂含量均呈現施用炭化資材試區增加，而對照區含量減少的結果。交換性鈣以桂竹炭及綠竹炭試區增加 582 及  $517 \text{ mg kg}^{-1}$  較多，二處理間差異不顯著，但分別較炭化稻殼試區顯著增加 312 及  $247 \text{ mg kg}^{-1}$ ，對照區則降低  $230 \text{ mg kg}^{-1}$ ；交換性鎂含量

增加 6-39 mg kg<sup>-1</sup>，施用炭化資材處理間差異不顯著，但與對照區差異均達顯著水準，對照區則下降 22 mg kg<sup>-1</sup>。試驗後試區土壤交換性鈣與鉀含量比例介於 19-24 較試驗前略有下降，但交換性鈣與鎂含量之比例為 9.0-9.9 仍較適宜之比例高，顯示鈣肥宜再減量施用，鎂肥可再提高施用量。

表 3. 試驗區之土壤性質分析

Table 3. Soil properties of experimental plot.

處理 Treatment	酸鹼值 pH (1 : 1)	電導度 EC (1 : 5)	有機質 O.M.	Bray-1 磷 Bray-1 P	交換性鉀 Exchangeable K	交換性鈣 Exchangeable Ca	交換性鎂 Exchangeable Mg
		dS m <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		----- mg kg <sup>-1</sup> -----		
試驗前 Before test	6.29	0.67	26.4	93	128	3,244	356
試驗後 After test							
桂竹炭 Makino bamboo charcoal	6.60	0.55	29.8	121	178	3,826	395
綠竹炭 Green bamboo charcoal	6.51	0.59	30.5	128	192	3,761	378
炭化稻殼 Rice shell charcoal	6.34	0.62	28.6	114	144	3,514	362
不施用 CK	6.05	0.69	27.1	139	158	3,014	334
LSD	0.22	0.05	1.4	13	26	237	26

LSD 顯著性測驗在 5% 水準差異不顯著。

Mean values within column are not significant different by LSD test at 5% probability level.

以上結果顯示，無施用炭化資材的對照區因 pH 值低、EC 值高，可能因此影響植株對營養要素的吸收，不利植株生育。土壤 pH 值的改變，會影響土壤對有效性養分之吸附能力、有機質的礦化作用及生物固定作用，提升酸性土壤的 pH 值，可減輕土壤酸性對作物生長之抑制作用，進而能促進植株的生育 (Islam and Ahmed, 1973; Bitzer and Sims, 1988)。本試驗於設施內微酸性土壤栽培‘明豐 3 號’萵苣，施用炭化資材的處理，因有提升土壤 pH 值、降低 EC 值及增進土壤養分有效性等對萵苣生長較佳的土壤條件，故在植株生育及產量上，均有優於無施用對照處理的表現，而三種炭化資

材處理間，施用桂竹炭或綠竹炭對萵苣生長及土壤效應的增進上，較施用炭化稻殼之處理為佳。

## 參考文獻

- 周昌弘。1984。植物相剋作用之研究。科學發展月刊 13(2):147-166。
- 洪崇彬。2004。木、竹炭在生活上之應用。林業研究專訊 11(3):18-20。
- 許苑培。1996。蔥植體殘質對蔥、萵苣與蘿蔔發芽抑制之生物檢定及連作對後作生育與產量之影響。國立中興大學園藝研究所碩士論文。85 pp。
- 張愛華。1991。土壤分析方法。作物施肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊 13:9-26。
- 蔡文田、張慶源。1993。活性炭及其在空氣污染防治之應用。環境工程會刊 3(2):65-84。
- 劉廣泉、許苑培。2007。綠竹炭施用量對設施栽培萵苣生育及產量之影響。桃園區農業改良場研究彙報 61:39-44。
- 賴玄金、汪偉杰、吳仁傑。2006。竹炭物化特性簡介。科學月刊 37(3):180-185。
- Bear, F. E. and S. J. Toth. 1948. Influence of Ca on availability of other soil cations. *Soil Sci.* 65:69-74.
- Bingham F. T. 1962. Chemical test for available phosphorus. *Soil Sci.* 94:87-95.
- Bitzer, C. C. and J. T. Sims. 1988. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. *J. Environ. Qual.* 17:47-54.
- Hall, C. R. and R. J. Holmes. 1992. The preparation and properties of some activated carbons modified by treatment with phosgene or chlorine. *Carbon* 30:173.
- Hartung, A. C., A. R. Patnam, and C. T. Stephens. 1989. Inhibitory activity of asparagus root tissue and extracts on asparagus seedling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1):144-148.
- Heschel, W. and E. Klose. 1995. On the suitability of agricultural by products for the manufacture of granular activated carbon. *Fuel* 74(12):1786-1791.
- Hesse P. R. 1971. A textbook of soil chemical analysis. John Murray. London.
- Islam, A. and B. Ahmed. 1973. Distribution of inositol phosphate, phospholipids and nucleic acids and mineralization of inositol phosphates in some Bangladesh soils. *J. Soil Sci.* 24:193-198.
- Shilling, D. G., J. A. Dusky, M. A. Mossler, and T. A. Bewick. 1992. Allelopathic potential of celery residues on lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(2):308-312.

## Effects of Application Charcoal Materials on Growth and Yield of Lettuce in Plastic Greenhouse<sup>1</sup>

Kuang-Chuan Liu<sup>2</sup>, Yun-Pei Shun<sup>2</sup>, and Shui-Ho Cheng<sup>2</sup>

### Abstract

The experiment was conducted to study the effect of application makino bamboo charcoal, green bamboo charcoal and rice shell charcoal on growth and yield of 'Ming-Feng No.3' lettuce (*Lactuca sativa* L.) in plastic house. The results showed that the three charcoal materials were strong basic materials. The highest pH value is 9.8 units in makino bamboo charcoal and the lowest is 8.5 units in rice shell charcoal among the three charcoal materials. The yield of lettuce were significantly increased 5-12% in the treatments of applying 1,000 kg ha<sup>-1</sup> charcoal materials than without applying charcoals treatment. The yield were 24,580 and 24,320 kg ha<sup>-1</sup> in applying makino bamboo charcoal and green bamboo charcoal treatments, respectively. No significant difference was found on yield between applying makino bamboo charcoal and green bamboo charcoal, but the yield of them were 6% and 5% significantly higher than applying rice shell charcoal treatment, respectively. Results indicated that it could increase 0.05-0.31 units of soil pH values and decrease 0.05-0.12 dS m<sup>-1</sup> of soil EC values after applying 1,000 kg ha<sup>-1</sup> charcoal materials, but it was decreased 0.24 units of soil pH values and increased 0.02 dS m<sup>-1</sup> of soil EC values after without applying charcoal materials. It could enhance the growth and yield of lettuce in pH 6.29 soil, while suitable amount of charcoal materials were applied. The yield of lettuce of applying makino bamboo charcoal or green bamboo charcoal was better than that of applying rice shell charcoal.

Key words: *Lactuca sativa* L., makino bamboo charcoal, green bamboo charcoal, rice shell charcoal

---

<sup>1</sup>. Contribution No.413 from Taoyuan DARES, COA.

<sup>2</sup>. Associate Researcher, Associate Researcher and Director(Corresponding author, shcheng@mail.coa.gov.tw), respectively, Taoyuan DARES, COA.