

綠竹炭施用量對設施栽培萵苣生育及產量之影響

劉廣泉、許苑培

摘 要

本試驗旨在探討綠竹炭施用量對設施栽培萵苣生育及產量之效應。試驗採逢機完全區集設計，綠竹炭施用量為 1,000、1,500、2,000 kg ha⁻¹ 及不施用為對照組等 4 種處理。綠竹炭材質分析結果 pH 值 10.0、EC 值 1.02 dS m⁻¹ 為強鹼性資材。結果顯示，以施用 1,000 kg ha⁻¹ 綠竹炭處理的 16,600 kg ha⁻¹ 產量最佳，較未施用的對照處理增產 11%，處理間差異達顯著水準；但施用量增加至 2,000 kg ha⁻¹ 時，產量會有顯著減少的趨勢，甚至較對照處理減產 6%。另土壤分析結果，施用綠竹炭可提升土壤 pH 值、降低 EC 值，於弱酸性土壤栽培萵苣時，適量施用綠竹炭有促進植株生育及增產的效果，但施用過量會對產量有不利之影響。

關鍵詞：綠竹炭、萵苣

前 言

竹子生長快速，從竹苗到成竹只要 3 – 4 年便可砍伐利用，且竹的纖維密度高、質地堅韌，生長循環週期短、生產量大、產量穩定且處理簡單，是加工產業的優良材料(洪, 2004; Asada et al., 2002)，近年來國內以綠竹、桂竹、麻竹與孟宗竹等竹材為材料，開發出高品質、高附加價值的竹炭，更提升了竹材加工業的經濟附加價值。竹炭的比表面積可達 1,500 m²g⁻¹ 以上，因此竹炭對物質的吸附能力較他種植物性炭為大，且竹材含有高量的灰分及礦物質，故燒製成之竹炭，其無機成分之含量亦較高(賴等, 2006; 夏等, 2003; Hall and Holmes, 1992)。此外，竹炭具有消毒與潔淨空氣、除臭、除濕、去除有害化學物質，淨化與改良水質等能力，與活性炭的性質相似，且屬鹼性物質，故在農業上可作為土壤改良劑(林, 2006; 洪, 2004; Heschel and Klose, 1995)。萵苣為北部設施栽培主要之葉菜類，因長年栽培逐漸產生病蟲害加劇與生長勢衰退等困境，尤其夏季栽培時最為顯著(許, 1996; Shilling, et al., 1992)，因此極需提出有效的解決方法，除實施輪作、淹水、施用有機質肥料等方法外，有學者利用活性炭等碳化資材改良土壤酸鹼值，以改善作物之生長(張等, 2001; 賴等, 2006)，此或許能解決蔬菜長期栽培產生的問題。因此，本研究以綠竹炭作為土壤改良材料，探討其施用量對設施栽培萵苣之影響。

材料與方法

本試驗於 2005 年在桃園區農業改良場台北分場設施內進行，以萵苣（明豐 3 號）穴盤苗為試材，定植前 3 天將綠竹炭（粒徑大小均為 2 mm 以下）施用於土壤中。試驗採逢機完全區集設計，綠竹炭施用量分 1,000、1,500、2,000 kg ha⁻¹ 及不施用為對照組等 4 種處理，4 重複，小區面積 1.5 m × 5 m = 7.5 m²，行株距 15 × 15 cm，於 1 月 27 日定植，3 月 1 日完成採收及調查。施肥方式以整地時之基肥施用處理為主，三要素（N-P₂O₅-K₂O）施用量為 100-50-75 kg ha⁻¹，有機肥（益能牌）施用量為 5,000 kg ha⁻¹。另進行綠竹炭成分及試驗前後試區土壤分析，土壤 pH 值以玻璃電極法，土：水 = 1：1 測定，電導度以土：水 = 1：5 抽出液以電導度計測定，以 Walkley Black 法測土壤有機質含量，有效性磷、鉀、鈣及鎂先以三酸（HNO₃：HClO₄：H₂SO₄ = 4：1：1）分解至澄清，澄清液定量後，磷用鉬黃法測定，鉀用焰光儀測定，鈣及鎂用原子吸光儀測定（張，1991）。收穫時調查植株生育性狀及產量。數據統計採用 SAS 套裝軟體（SAS Institue, 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

綠竹炭之成分分析結果如表 1 所示：pH 值為 10.0、EC 值 1.02 dS m⁻¹、有機質含量 1.94%、有效性磷含量 158.3 mg kg⁻¹、有效性鉀含量 2,604 mg kg⁻¹、有效性鈣含量 575.6 mg kg⁻¹、有效性鎂含量 216.4 mg kg⁻¹。顯示綠竹炭屬鹼性資材，其有效性礦物元素含量以鉀較高、其次依序為鈣、鎂及磷，此分析結果與工業技術研究院以高解析感應耦合電漿質譜儀（HR-ICPMS）對固態竹炭進行成分分析，發現竹炭內部礦物元素之含量依序為鉀 > 鈣 > 鎂的結果一致（賴等，2006）。

表 1. 綠竹炭之性質分析

Table 1. Properties of green bamboo charcoal.

酸鹼值 pH (1:1)	電導度 EC (1:5)	有機質 O.M.	有效性磷 Avail. P	有效性鉀 Avail. K	有效性鈣 Avail. Ca	有效性鎂 Avail. Mg
	dS m ⁻¹	%	----- mg kg ⁻¹ -----			
10.0	1.02	1.94	158.3	2,604	575.6	216.4

綠竹炭粒徑 2 mm 以下。

Particle size of bamboo charcoal less than 2 mm.

一、綠竹炭施用量對萵苣生育及產量之效應

萵苣植株性狀調查結果如表 2 顯示，葉寬及葉片數在各處理間無顯著差異，在葉長及單株重，各處理間差異達顯著水準，二者均以施用 1,000 kg ha⁻¹ 綠竹炭處理者表現較佳，施用 2,000 kg ha⁻¹ 綠竹炭處理者較差。產量以施用 1,000 kg ha⁻¹ 處理之 16,600 kg ha⁻¹ 最高，比未施綠竹炭之對照處理高出 1,700

kg ha⁻¹，且差異達顯著水準；綠竹炭施用量超過 1,500 kg ha⁻¹ 以上時，產量即出現下降的趨勢，施用量 2,000 kg ha⁻¹ 處理之產量即顯著較其他處理者低，甚至比對照處理還低 900 kg ha⁻¹。顯示萵苣產量在綠竹炭施用量 1,000 kg ha⁻¹ 之處理時，較未施用之對照處理增產 11%，施用 1,500 kg ha⁻¹ 處理之產量，雖較 1,000 kg ha⁻¹ 之處理略低，但差異未達顯著水準，當施用量達 2,000 kg ha⁻¹ 時，其產量顯著低於其他處理，甚至比對照處理還低 6%，此可能因綠竹炭為 pH10.0 的強鹼性資材，當施用量超過 1,500 kg ha⁻¹ 以上時，會造成對萵苣生育不利的影響（表 2）。

綜上結果，在 pH 6.02 – 6.18 之弱酸性土壤栽種萵苣時，施用 1,000 kg ha⁻¹ 綠竹炭，對萵苣之生育較佳，能得到較高的產量，但施用量超過 1,500 kg ha⁻¹ 時，萵苣之葉長、葉寬及單株重等生育性狀均有變差之趨勢；施用量達 2,000 kg ha⁻¹ 時，萵苣的單株重及產量甚至比未施用綠竹炭的對照處理還低，顯示施用綠竹炭對萵苣之產量雖有提高的效果，但不宜超過 1,000 kg ha⁻¹ 之施用量。

表 2. 綠竹炭施用量對設施栽培萵苣生育及產量之影響

Table 2. Effects of application green bamboo charcoal on the growth and yield of lettuce in plastic house.

處理 Treatment	葉長 Length of leaf	葉寬 Width of leaf	葉片數 Number of leaf	單株重 Weight of per plant	產量(指數) Yield(index)
kg ha ⁻¹	----- cm -----	-----	No. plant ⁻¹	g	kg ha ⁻¹
1,000	38.1	9.2	7.9	23.3	16,600(111)
1,500	37.2	9.3	7.8	22.2	16,400(110)
2,000	35.0	9.0	7.7	19.8	14,000(94)
Check	35.2	9.1	7.7	21.8	14,900(100)
LSD	1.6	ns	ns	1.3	482

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.

二、綠竹炭施用量對土壤性質之效應

試驗前試區土壤分析結果，pH 值為 6.11，EC 值為 0.62 dS m⁻¹，有機質含量為 2.78%，有效性磷含量為 105 mg kg⁻¹，有效性鉀含量為 276 mg kg⁻¹，有效性鈣含量為 3,124 mg kg⁻¹，有效性鎂含量為 336 mg kg⁻¹。顯示試區土壤為弱酸性，EC 值較 0.26 dS m⁻¹ 的適宜範圍高，有機質含量約在 2% – 3% 之適宜範圍內；土壤中有效性磷、鉀、鈣及鎂含量的合理範圍分別為 60 – 290 mg kg⁻¹、90 – 300 mg kg⁻¹、2,000 – 4,000 mg kg⁻¹ 及 200 – 400 mg kg⁻¹，因此，試區土壤中有效性磷、鉀、鈣、鎂之含量均屬適宜範圍內。Bear and Toth (1948) 認為土壤中有效性鈣與鉀之合適比例為 13 : 1，有效性鈣與鎂之適宜比例為 6.5 : 1，而本試區土壤有效性鈣與鉀含量比例介於 11 : 1 較適宜比例略低，但有效性鈣與鎂含量之比例為 9.3 : 1 則略高（表 3）。

施用綠竹炭後，試區土壤分析結果如表 3，與試驗前相較，pH 值約上升 0.08 – 0.28 單位，而未施用綠竹炭之對照區則降低 0.05 單位，EC 值下降 0.03 – 0.08 dS m⁻¹，對照區則提升 0.08 dS m⁻¹，有機質含量增加 0.48 – 0.59%，對照區亦增加 0.82%，有效性磷含量增加 16 – 33 mg kg⁻¹，對照區亦增加 38 mg

kg⁻¹，有效性鉀含量增加 49 – 56 mg kg⁻¹，對照區增加 33 mg kg⁻¹，有效性鈣含量提高 15 – 72 mg kg⁻¹，對照區則降低 112 mg kg⁻¹，有效性鎂含量增加 7 – 19 mg kg⁻¹，對照區則降低 5 mg kg⁻¹。土壤 pH 值的增加量會隨綠竹炭施用量增加而提高；EC 值及有效性磷的變化與綠竹炭施用量呈負相關趨勢；有效性鉀的增加量以施用 2,000 kg ha⁻¹ 之處理較多，有效性鈣及鎂的增加量與綠竹炭施用量呈正相關趨勢，處理間差異達顯著水準。土壤有效性鈣與鉀含量比例介於 9.6 – 9.83，有效性鈣與鎂含量比例為 9.03 – 9.26 均較試驗前比例略低。

結果顯示施用綠竹炭具有提升土壤 pH 值、降低 EC 值的效果，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，而提升土壤 pH 值可減輕土壤酸性對作物生長的抑制作用，因而能促進植株的生育，使土壤有效性成分含量減少(Bitzer and Sims, 1988; Islam and Ahmed, 1973)，對照區則因 pH 值下降、EC 值提高，影響植株對營養元素的吸收，不利植株生育，也使土壤中有效性養分的含量提高。

表 3. 綠竹炭施用前後之土壤成分分析
Table 3. Soil analysis of experimental plot.

處理 Treatment	酸鹼值 pH (1 : 1)	電導度 EC (1 : 5)	有機質 O.M.	有效性磷 Avail. P	有效性鉀 Avail. K	有效性鈣 Avail. Ca	有效性鎂 Avail. Mg
kg ha ⁻¹		dS m ⁻¹	%	----- mg kg ⁻¹ -----			
試驗前 Before test	6.11	0.62	2.78	105	276	3,124	336
試驗後 After test							
1,000	6.19	0.59	3.37	138	327	3,139	343
1,500	6.39	0.58	3.29	132	325	3,195	345
2,000	6.30	0.54	3.26	121	332	3,196	354
0(Check)	6.06	0.70	3.60	143	309	3,027	331
LSD	0.21	0.09	0.21	16	11	81	10

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.

誌謝

本研究執行期間承蒙鄭場長隨和、廖研究員芳心、廖課長乾華、傅主任仰人悉心指導，范盛雙、徐桂文、王大宇、林武義、許清良、楊秀芬等人協助田間試驗工作，史翠花協助分析工作，謹此致謝。

參考文獻

- 林基興。2006。竹炭的黑金世界—竹製多謀專輯。科學月刊 37(3):178-179。
- 洪崇彬。2004。木、竹炭在生活上的應用。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。臺灣，臺中。85 pp。
- 張文標、葉良明、張宏、陳文照。2001。竹炭生產和應用。竹子研究彙刊 20(2):49-54。
- 張愛華。1991。土壤分析方法。作物施肥診斷技術。台灣省農業試驗所特刊 13:9-26。
- 夏滄琪、黃國雄、王瀛生、劉瓊靄。2003。談竹炭性質之檢測與分析。林業研究專訊 10(3):38-45。
- 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。
- Asada, T., S. Ishihara, T. Yamane, A. Toba, A. Yamada, and K. Oikawa. 2002. Science of bamboo charcoal: Study on carbonizing temperature of bamboo charcoal and removal capability of harmful gases. *J. Health Sci.* 48(6):473-479.
- Bear, F. E., and S. J. Toth. 1948. Influence of Ca on availability of other soil cations. *Soil Sci.* 65:69-74.
- 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.
- 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.
- 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.

Effect of Application of Green Bamboo Charcoal on Growth and Yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Plastic House.

Kuang-Chuan Liu and Yun-Pei Shun

Abstract

The experiment was conducted to study the effects of application of green bamboo charcoal on the growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in plastic house. A randomized complete block design was used, and the treatments included the applications of 1,000, 1,500, and 2,000 kg ha⁻¹ of green bamboo charcoal. The green bamboo charcoal is a strong basic material with pH 10 and 1.02 dS m⁻¹ of EC value. The results showed that the yields of lettuce culturing in weakly acid soil were the highest by applying 1,000 kg ha⁻¹ of green bamboo charcoal which was about 11 % significantly more than without applying green bamboo charcoal treatment, but it was decreased 6 % significantly by applying 2,000 kg ha⁻¹ than without applying green bamboo charcoal treatment. Results indicated that it could increase the soil pH values, decrease the EC values, promote the growth, and raise the yield of lettuce, if proper amounts of green bamboo charcoal were applied.

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