

綠竹園廢棄物資源利用研究¹

李宗翰²、莊浚釗²

摘 要

本研究自 2007 至 2008 年於桃園縣新屋鄉進行，主要目的在探討利用綠竹園廢棄物開發之綠竹炭、竹醋液及栽培介質等對小白菜 (*Brassica chinensis* L.) 生長、土壤改良及蟲害防治之效果。分別進行綠竹炭不同施用量、噴灑醋液及綠竹粉不同配方之栽培介質等試驗。結果顯示，每盤 20 kg 土壤施用綠竹炭粉 40 g 及 200 g 可分別提升土壤 pH 值 0.4 及 0.6 單位，其小白菜產量較對照不施者增產 3.9%。噴灑不同醋液對防治小白菜蟲害試驗結果顯示，醋液對小白菜蟲害防治效果均不顯著。綠竹粉不同配方之栽培介質試驗結果，栽培介質 A、B 及 C 處理之小白菜產量分別為 48 g plant⁻¹、47.5 g plant⁻¹ 及 40 g plant⁻¹，較對照施用綠竹粉處理 24 g plant⁻¹ 增產 100%、97% 及 66%。

關鍵詞：栽培介質、綠竹炭、竹醋液

前 言

台灣地區竹類栽培面積依據 97 年農業統計年報統計為 27,305 公頃（農委會，2008），其中綠竹約 7,000 公頃，以新竹以北之縣市為主要產地，約佔綠竹栽培面積之 70%。由於四年生以上之綠竹老化，養分吸收能力衰退，產筍力降低，需逐步予以鏟除更新，而造成廢棄老竹處理問題。早期社會竹子可供傢俱、建築、手工藝品及製紙等利用，近年來竹製品已逐漸被取代，亟需開發新的利用方式，以解決廢棄老竹處理問題。竹炭具多微細孔性質，可改善土壤透水性及保水性，其孔隙表面著生微生物可分解土壤有機物並加以吸收，提供作物生長良好的土壤環境，並具有吸附、分解農

¹ 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 409 號。

² 桃園區農業改良場助理研究員(通訊作者，wdwin88@tydais.gov.tw)及副研究員。

藥及化學肥料的功能(黃, 2002)。竹醋液(bamboo vinegar)主要成分水(80-90%)、醋類(10-20%)及約 200 種有機成分(Mu *et al.*, 2003)。根據文獻記載,木、竹醋液之用途廣泛,可作為除草劑、除臭劑、殺菌抑菌劑(Sulaiman *et al.*, 2005; Lu *et al.*, 2007)、驅蟲防蟻劑(Yatagai *et al.*, 2002)、燻香劑(Jodai *et al.*, 1989)、食用菌生長促進劑(Ohta and Zhang, 1994)及植物生長促進劑(Mu *et al.*, 2003)等用途,目前市面上已有各式商品問世,可見竹醋液具有多功能性及經濟價值。本研究擬利用綠竹園廢棄老竹開發栽培介質、竹炭及竹醋液等產品,並探討其對小白菜生長及產量之影響,以及對病蟲害防治之效果,期解決北部地區綠竹園廢棄老竹之利用問題。

材料與方法

一、綠竹炭施用量對小白菜生育影響

本試驗於桃園縣新屋鄉本場簡易設施進行,栽植盤尺寸 80 cm×30 cm×10 cm。供試作物小白菜(東京白菜)。供試綠竹炭粒徑 1 mm 以下,理化性質如表 1 所示。試驗處理綠竹炭施用量 0 (CK)、2、10 及 50 g kg⁻¹ (0、4、20 及 100 t ha⁻¹),試驗採完全逢機設計(CRD),4 處理,3 重複,每重複 2 盤,共計 24 盤,每盤土壤重量 20 kg,種植小白菜 6 株。肥料施用量每盤 5 號複合肥料 10 g (N-P₂O₅-K₂O=0.08-0.04-0.06 g kg⁻¹)及有機質肥(牛糞堆肥)60 g (N-P₂O₅-K₂O=0.09-0.06-0.05 g kg⁻¹)。竹炭於試驗前一週施用並與土壤充分混合,複合肥料及有機質肥料於基肥時全量施用,種植時間 25 天。調查試驗前後土壤理化性質分析及小白菜產量,分析 pH 值、EC 值、有機質含量(重鉻酸鉀氧化法)、有效性磷(Bray No1)、鉀、鈣、鎂含量(Melich method)。

表 1. 綠竹炭理化性質

Table 1. Physical and chemical properties of green bamboo charcoal.

pH (1 : 1)	EC (1 : 5)	有機質 O.M.	全氮 T-N	全磷 T-P	全鉀 T-K	全鈣 T-Ca	全鎂 T-Mg
	dS m ⁻¹	----- % -----	-----	-----	----- mg kg ⁻¹ -----		
9.8	4.1	18	0.5	13	2.6	0.5	0.05

二、醋液對小白菜生育影響及蟲害防治效果

本試驗於桃園縣新屋鄉本場簡易設施進行，栽植盤尺寸 80 cm×30 cm×10 cm。供試作物小白菜（東京白菜）。試驗處理包括木醋液、桂竹醋液、綠竹醋液及水（CK）。試驗採完全逢機設計（CRD），4 處理，3 重複，每重複 2 盤，共計 24 盤，每盤土壤重量 20 kg，種植小白菜 6 株。肥料施用量每盤 5 號複合肥料 10 g（N-P₂O₅-K₂O=0.08-0.04-0.06 g kg⁻¹）及有機質肥（牛糞堆肥）60 g（N-P₂O₅-K₂O=0.09-0.06-0.05 g kg⁻¹）。醋液分別稀釋 300 倍後噴灑，種植時間 25 天，調查小白菜產量及蟲害指數。蟲害指數調查方法為每株取外圍最大葉片 2 片，計算其蟲孔數，蟲害指數 0：無蟲孔、1：1-10 孔、2：11-20 孔、3：21-30 孔、4：31-40 孔、5：40 孔以上，蟲害指數計算公式： $[\sum(\text{蟲害程度階級值} \times \text{同階級的叢數}) / \text{調查總叢數} \times 5] \times 100\%$ 。肥料施用量及方法同綠竹炭施用量對小白菜生育影響試驗。

三、栽培介質對小白菜生育影響

本試驗於桃園縣新屋鄉本場簡易設施進行，栽植盤尺寸 80 cm×30 cm×10 cm。供試作物小白菜（東京白菜）。試驗處理包括栽培介質 A 綠竹粉：牛糞：米糠=6：3：1、栽培介質 B 綠竹粉：金針菇木屑：牛糞：米糠=3：3：3：1、栽培介質 C 綠竹粉：泥炭土：牛糞：米糠=3：3：3：1 及對照綠竹粉，各處理栽培介質（對照除外）按不同配比（體積比）混合後堆積發酵 3 個月，其理化性質如表 2。試驗採完全逢機設計（CRD），4 處理，3 重複，每重複 2 盤，共計 24 盤，每盤土壤重量 20 kg，種植小白菜 6 株。氮素用量以每公頃 100 kg 為計算基準，介質 A、B、C 及綠竹粉處理施用量分別為 5.25、7.5、4.75 及 12.5 g kg⁻¹，基肥時全量施用，並與土壤充分混合，種植時間 25 天，調查小白菜產量。

表 2. 栽培介質理化性質

Table 2. Physical and chemical properties of growth media.

處理 Treatment	pH (1 : 1)	EC (1 : 5) dS m ⁻¹	有機質 O.M. ----- % -----	全氮 T-N	全磷 T-P	全鉀 T-K	全鈣 T-Ca	全鎂 T-Mg ----- mg kg ⁻¹ -----
A ^y	7.5	5.7	51	1.9	3.3	4.8	1.9	0.83
B	7.7	4.8	45	1.3	3.2	1.7	1.0	0.51
C	7.6	4.7	39	2.1	2.9	2.3	1.5	0.58
CK	6.7	1.2	51	0.8	0.6	1.0	0.3	0.11

y : A 綠竹粉 : 牛糞 : 米糠 = 6 : 3 : 1

B 綠竹粉 : 金針菇木屑 : 牛糞 : 米糠 = 3 : 3 : 3 : 1

C 綠竹粉 : 泥炭土 : 牛糞 : 米糠 = 3 : 3 : 3 : 1

CK 綠竹粉

A green bamboo : cattle manure : rice bran = 6 : 3 : 1

B green bamboo : Lily flower sawdust : cattle manure : rice bran = 3 : 3 : 3 : 1

C green bamboo : peaty soil : cattle manure : rice bran = 3 : 3 : 3 : 1

CK green bamboo

四、統計分析

調查資料以 SAS (Statistical Analysis System 6.10, SAS Institute, 1990) 程式進行分析, 處理因子達顯著差異者, 再以鄧肯氏多變域測驗 (Duncan's multiple range test) 測定處理因子間之差異。

結果與討論

一、綠竹炭施用量對小白菜生育影響

綠竹炭施用量對小白菜產量影響如表 3。三作之產量在統計上並無顯著差異, 第一作以施用綠竹炭 2 g kg⁻¹ 處理小白菜產量較高, 較對照不施用處理增產 2.7%, 次為施用綠竹炭 10 g kg⁻¹ 處理增產 1.6%。第二作以施用綠竹炭 10 g kg⁻¹ 處理小白菜產量較高, 較對照不施用處理增產 18%, 其餘施用綠竹炭 2 g kg⁻¹ 及 50 g kg⁻¹ 處理分別增產 10.4% 及 2.9%。第三作以施用綠竹炭 50 g kg⁻¹ 處理小白菜產量較高, 較對照不施用處理增產 10.6%, 次為施用綠竹炭 2 g kg⁻¹ 處理增產 2.1%。綜合三作試驗結果顯示, 施

用綠竹炭 2 g 及 10 g kg⁻¹ 處理之平均產量相近，均較對照不施用處理增產 3.9%，但未達 5% 顯著差異。

試驗結果顯示，施用綠竹炭 2 g kg⁻¹ 及 10 g kg⁻¹ 處理小白菜產量較不施用處理增產 3.9% 外，施用量 50 g kg⁻¹ 處理小白菜產量則較不施用處理為低。此與劉和許 (2007) 試驗結果綠竹炭施用量超過 2 t ha⁻¹，即會造成萵苣減產的結果不同。推測其原因可能是綠竹炭為 pH 值高達 9.8 之鹼性物質，本試驗土壤 pH 值較低，僅 4.6 左右，每公斤土壤分別施用 2 及 10 g 綠竹炭的處理，土壤 pH 值分別提升到 5.0 及 5.2，土壤中各種養分的有效性提升，因此產量增加，而每公斤土壤施用 50 g 綠竹炭的處理，土壤 pH 值上升到 5.8，雖提升土壤中養分的有效性，但也造成土壤 pH 值劇烈改變，進而造成減產，此與劉和許 (2007) 的試驗土壤 pH 值為 6.1 屬微酸性，施用量 2 t ha⁻¹ 時，導致土壤中過多的 OH⁻ 與氮素結合產生氨揮失，氮素不足供應作物所需，造成產量下降的情形相類似。亦或是肥料施用到土壤中與尚未分解的綠竹炭混合，造成氮肥揮失，使得作物養分不足進而造成減產。

表 3. 綠竹炭用量對小白菜產量影響

Table 3. Effect of application green bamboo charcoal on the yield of Pai-tsai.

處理 Treatment		作別 Cropping			平均產量 A.V. Yield	生產指數 Index
		I	II	III		
		----- g plant ⁻¹ -----				%
綠竹炭 Green bamboo charcoal	2 g kg ⁻¹	161 a ^z	62 a	40 a	87.6 a	104
綠竹炭 Green bamboo charcoal	10 g kg ⁻¹	159 a	66 a	38 a	87.6 a	104
綠竹炭 Green bamboo charcoal	50 g kg ⁻¹	148 a	58 a	43 a	83.3 a	99
不加綠竹炭 No Green bamboo charcoal		157 a	56 a	39 a	84.2 a	100

z：同行英文字相同者表示經鄧肯氏多變域測驗在 5% 水準差異不顯著

Means values within column followed the same letter are not significantly different by DMRT at 5% probability level.

試驗前後土壤分析結果如表 4。試驗後土壤理化性質與試驗前比較，pH 值約上升 0.2-1.2 單位，EC 值下降 0.3-0.7 dS m⁻¹，有機質含量增加 0.2-2.1%，Bary No1 P、交換

性 K、Ca 和 Mg 含量均較試驗前略為提升。此結果顯示施用綠竹炭具有提高土壤 pH 值及降低 EC，此與劉和許（2007）試驗結果施用綠竹炭可提升土壤 pH 值及降低 EC 值結果一致。有機質含量隨施用量增加而逐漸上升，施用 50 g kg⁻¹ 的處理達顯著差異，顯示施用綠竹炭有助於提升土壤有機質含量。但其中未施用處理有機質含量卻提升到 10.6%，推測原因可能是採樣時的誤差造成此結果。有效性磷含量試驗後均較試驗前提升，但與綠竹炭施用量不具相關性，顯示綠竹炭施用量對土壤有效性磷無太大影響。有效性鉀含量隨施用量上升，但僅施用 50 g kg⁻¹ 的處理達到顯著差異。有效性鈣、鎂試驗後均有顯著提升，顯示施用綠竹炭可改善土壤 pH 值，進而提升土壤中鈣、鎂的有效性。

表 4. 試驗前後土壤理化性質

Table 4. Physical and chemical properties of soil.

處理 Treatment		pH (1 : 1)	EC (1 : 5) dS m ⁻¹	有機質 O.M %	有效性磷 Avail. P ----- mg kg ⁻¹ -----	有效性鉀 Avail. K	有效性鈣 Avail. Ca	有效性鎂 Avail. Mg
試驗前 Before test		4.6a ^z	2.8a	9.5a	257a	487a	2087a	642a
試驗後 After test								
綠竹炭 Green bamboo charcoal	2 g kg ⁻¹	5.0b	2.4ab	9.7a	448c	488a	2746b	900b
綠竹炭 Green bamboo charcoal	10 g kg ⁻¹	5.2b	2.4ab	10.1a	368b	559a	2737b	858b
綠竹炭 Green bamboo charcoal	50 g kg ⁻¹	5.8c	2.0c	11.6b	440c	670b	2415b	811b
不加綠竹炭 No green bamboo charcoal		4.8a	2.7a	10.6a	376b	507a	2894b	928b

z：同表 3

Same as Table 3.

二、醋液對小白菜生育影響及蟲害防治效果

醋液對小白菜產量及蟲孔指數之影響如表 5。以噴灑木醋液處理及對照組不噴灑醋液處理小白菜五作平均產量最高，而噴灑桂竹醋液及綠竹醋液處理產量均較對照不

噴灑醋液處理為低，分別減產 2.6%及 5.3%，但處理間均未達 5%顯著差異；此與陳等（2007）試驗噴灑不同稀釋濃度之竹醋液可提高青梗白菜鮮重及乾重結果落差頗大。本試驗各種醋液噴灑濃度均為稀釋 300 倍，是否因濃度過低而造成試驗結果不一致，有待進一步試驗證實。蟲害防治效果調查方面，調查結果主要蟲害以小菜蛾及黃條葉蚤為主。以對照不噴灑醋液處理蟲孔指數 41%最高，次為噴灑木醋液處理蟲害指數 39%，而以噴灑桂竹醋液處理蟲害指數 37%最低，但處理間均未達 5%顯著差異。

表 5. 醋液對小白菜產量及蟲孔指數之影響

Table 5. Effect of vinegar fluid on the yield of Pai-tsai and index of cavities.

處理 Treatment	作別 Cropping					平均產量 A.V. Yield	生產指數 Index of yield	蟲害指數 Index of cavities
	I	II	III	IV	V			
	----- g plant ⁻¹ -----						----- % -----	
木醋液 Wood vinegar fluid	43.3 a ^z	35.0 a	107.5 a	55.8 a	76.7 a	63.3 a	100	39 a
桂竹醋液 Makino bamboo vinegar fluid	49.2 a	30.0 a	105.8 a	46.6 a	75.8 a	61.7 a	97	37 a
綠竹醋液 Green bamboo vinegar fluid	40.0 a	32.5 a	100.8 a	54.2a	74.2 a	60.0 a	95	38 a
水 Water	37.5a	40.8 a	103.3 a	53.3a	80.8 a	63.3 a	100	41 a

z：同表 3

Same as Table 3.

三、栽培介質對小白菜生育影響

栽培介質對小白菜產量之影響如表 6。第一及三作小白菜產量以栽培介質 A 處理最高，分別較對照綠竹粉處理增產 108%及 95%。第二作小白菜產量以栽培介質 C 處理最高，較對照綠竹粉處理增產 197%。第四及五作小白菜產量以介質 B 處理最高，分別較對照綠竹粉處理增產 140%及 137%。

五作小白菜平均產量高低依序為栽培介質 A > 栽培介質 B > 栽培介質 C > CK。不同栽培介質處理間小白菜產量差異頗大，參照表 2 及表 6 可知，栽培介質 A、B 及 C 之 EC 值及有機質含量與產量呈正相關，推測可能是經堆肥腐熟後之綠竹粉較金針菇木屑及泥炭土可釋放出較多的養分供作物吸收，提升小白菜產量。而 CK 所使用之綠

竹粉則未經堆積腐熟，施用後初期會因微生物分解新鮮有機物與作物根部競爭養分，無法快速提供足夠養分供小白菜吸收，因此，CK 處理小白菜產量明顯低於栽培介質 A、B 及 C 處理。

表 6. 栽培介質對小白菜產量之影響

Table 6. Effect of growth media on the yield of Pai-tsai.

處理 Treatment	作別 Cropping					平均產量 A.V. Yield	生產指數 Index
	I	II	III	IV	V		
	----- g plant ⁻¹ -----						%
A ^y	41.7 a ^z	50.0 a	89.2 a	26.7 a	32.5 a	48.3 a	200.0
B	29.2 b	50.0 a	87.5 a	30.0 a	37.5 a	47.5 a	196.6
C	23.3 b	52.5 a	61.7 b	29.2 a	31.7 a	40.0 a	165.5
CK	20.0 b	26.7 b	45.8 c	12.5 b	15.8 b	24.2 b	100.0

z：同表 3

Same as Table 3.

y：同表 2

Same as Table 2.

結 論

綜合以上結果顯示，每盤 20 kg 土壤施用綠竹炭粉 40 g 及 200 g 可分別提升土壤 pH 值 0.4 及 0.6 單位，其小白菜產量較對照不施者增產 3.9% 為最佳。噴灑不同醋液對防治小白菜蟲害效果均不顯著，宜進一步試驗探討是否因濃度過低而造成效果不顯著。綠竹粉不同配方之栽培介質試驗結果，栽培介質 A（綠竹粉：牛糞：米糠 = 6：3：1）處理之小白菜產量為 48 g plant⁻¹ 為最佳，較對照施用綠竹粉處理 24 g plant⁻¹ 增產 100%。

致 謝

本研究試驗期間承陳釗和先生、吳盛文先生及呂修芳小姐協助田間管理及分析，謹致謝忱。

參考文獻

- 行政院農業委員會。2008。農業生產。農業統計年報 p.52。
- 黃耀富。2002。竹炭及衍生產品之性質與應用。高品質竹炭製造實務研習會。中華林產事業協會 p.1-26。
- 黃耀富。2003。竹醋液之採集與應用。高品質竹炭製造實務研習會。中華林產事業協會 p.1-21。
- 陳莉鵠、盧崑宗、劉政宇。2007。竹醋液對青梗白菜生長之促進作用。台灣林業科學 22(2):149-157。
- 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。
- Jodai, S., S. Yano, and T. Uehara. 1989. Components of wood-vinegar liquors and their smoke flavors. *Mokuzai Gakkaishi* 35(6):555-63. [in Japanese with English summary].
- Lu, K. T., C. W. Kuo, and C. T. Liu. 2007. Fundamental properties of bamboo vinegar collected from different charcoalization temperature ranges and their antibacterial activity of plant pathogenic bacteria. *Q J Chin For* Accepted and in press. [in Chinese with English summary].
- Mu, J., T. Uehara, and T. Furuno. 2003. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. *J. Wood Sci.* 49:262-279.
- Ohta, A., and L. Zhang. 1994. Acceleration of mycelial growth and fruiting body production of edible mushrooms by wood vinegar fractions. *Mokuzai Gakkaishi* 40(4):429-33.
- SAS Institute. 1990. SAS User Guide 6.10 Edition. SAS Institute Inc., SAS Circle, Box 8000, Cary, NC 27515-8000, USA.
- Sulaiman, O., R. J. Murphy, R. Hashim, and C. S. Gritsch. 2005. The inhibition of microbial growth by bamboo vinegar. *J. Bamboo Rattan* 4(1):71-80.
- Yatagai, M., M. Nishimoto, and K. Hori. 2002. Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. *J. Wood Sci.* 48:338-42.

Study on Utilization of Waste Resource in Bamboo Plantation¹

Tzung-Han Lee² and Chun-Chao Chuang²

Abstract

The experiments were conducted at Hsinwu Taoyuan in 2007 to 2008 to study the effects of the application of different rates of green bamboo charcoal , bamboo vinegar fluids and cultural mediums on the growth of Pai-tsai , soil properties and control of insect pests. The results showed that green bamboo charcoal 40 g and 200 g added to 20 kg soil per plate could increase the soil pH values 0.4 and 0.6 unit, respectively and increased 3.9% in yield of Pai-tsai as compared to treatment of no green bamboo charcoal. No significant difference was found on the control of insect pests for Pai-tsai by using bamboo vinegar fluids. The yields of Pai-tsai with cultural mediums A , B and C were 48 g plant⁻¹ , 47.5 g plant⁻¹ and 40 g plant⁻¹ and increased 100% , 97% and 66% in comparison with the treatment of only using green bamboo powder (24 g plant⁻¹), respectively.

Key words: growth media, green bamboo charcoal, bamboo vinegar fluid

¹. Contribution No.409 from Taoyuan DARES, COA.

². Assistant Researcher (Corresponding author, wdwin88@tydais.gov.tw) and Associate Researcher, respectively, Taoyuan DARES, COA.