

果木枝條堆肥應用於萵苣及洋香瓜介質生產¹

曾宥紘^{2*}、許明傑³

摘 要

本試驗以果木修剪枝條及羽毛粉為堆肥主原料，堆肥成品之 pH (1:10)7.3、EC(1:10)0.6 dS/m、氮 2.1%、磷 1.6%、鉀 2.2%，另將其經 2 mm 篩網過篩後，取得 3 種堆肥，包含果木枝條堆肥(Branch compost)、粒徑小於 2 mm 之果木枝條堆肥(Branch compost <2 mm)及粒徑大於 2 mm 之果木枝條堆肥(Branch compost >2 mm)，應用於萵苣連續兩期作介質生產試驗，結果以種植於 Branch compost <2 mm 之植株鮮重與乾重最重，葉片氮含量高於其他兩處理，且生育期間其堆肥滲出液之硝酸根含量亦較其他兩處理組高，另將此 3 種果木枝條堆肥應用於連續 3 期作洋香瓜介質生產，僅第一期作 Branch compost 及 Branch compost <2 mm 處理組之單果重高於泥炭介質處理組，自第二期作起，洋香瓜之果實重量與泥炭介質處理組無顯著差異，本試驗 3 期作各處理之果實糖度皆無顯著差異，確認果木枝條堆肥可替代泥炭應用於洋香瓜栽培生產。

關鍵字：果木枝條、堆肥、介質、萵苣、洋香瓜

前 言

依據臺灣綠色國民所得帳之農業固體廢棄物歷年表(113 年農業部-農業統計資料-環境與經濟帳-農業廢棄物排放帳項下)，每年約生產 24.5 萬公噸果木修剪枝條，部分地方政府以清潔隊載運方式回收，若農友種植區域，地方政府未有枝條回收機制，農友須自行處理修剪之果木枝條，常見之處理模式包含焚燒及就地粉碎回鋪果園土壤表面，其中，因焚燒會導致空氣汙染及農業剩餘資材未循環應用，因此已明令禁止焚燒，修剪枝條就地粉碎並鋪放於果園土壤表面，則為可行之處理應用模式。然而，由於部分產業需要果木木屑原料，如菇類生產、貓砂木屑、土壤混拌、燃料棒、汽化發電及碳化等，因此，果木修剪枝條仍有設置集運場域及後端應用空間。

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第 1103 號。

² 農業部臺中區農業改良場副研究員。

³ 農業部臺中區農業改良場約僱技術員。

*通訊作者：曾宥紘，Email: zengyh@tcdares.gov.tw

集運之果木枝條可經由堆肥化過程，生產優質農用資材，應用於作物生產，如李氏等人(2024)提及應用蘋果屬植物之修剪枝條作為堆肥原料，經添加尿素及複合菌劑，其成品應用於蘋果樹表面土壤敷蓋，試驗結果發現相較於不敷蓋處理，敷蓋枝條堆肥，可顯著提高表層土壤(0-10 公分)之有機質、植物可利用性之氮、磷及鉀含量並提高植體光合作用效率，顯示枝條堆肥之養分或微生物群可隨灌溉水下滲至土壤，除改善土壤性質亦有促進作物生產之潛力。

臺灣許多作物生產模式改採離地介質耕作方式，進口泥炭介質隨全球淨零碳排議題，其價格持續高漲，因此，開發本土介質以替代進口泥炭，有其研究必要性。如前人研究應用柳樹枝條堆肥混拌泥炭 25%或 50%作為花胡瓜播種育苗介質，生育表現優於泥炭介質處理組(Adamczewska-Sowińska et al., 2024)；另研究以沼渣混拌葡萄修剪枝條產製之堆肥與泥炭 8:2 混拌應用於覆盆子幼苗生產，其總植株鮮重顯著高於育苗於泥炭介質但不額外施肥處理組，另與育苗於泥炭介質搭配施用緩釋肥料之處理組無顯著差異(Bignami et al., 2023)，果木枝條堆肥除應用於育苗介質外，將其與 85%泥炭介質混拌可生產盆菊(許與曾，2024)。雖採用介質耕作模式以高經濟價值之果菜類或花卉作物為主，僅部分生菜亦以介質耕作生產，然而，臺灣於 111 年 5 月 4 日公布食農教育法，許多學校已著手進行果木與落葉等堆肥製作及應用教育，堆肥成品亦可應用於葉菜作物栽培介質，教育學生有機資材循環與永續利用於農業生產之價值，此外，目前針對果木枝條堆肥之應用，仍著重於替代部分泥炭，然而若能提高枝條於介質應用比例，或完全替代泥炭，則可更有利於減少泥炭開採增加之溫室氣體排放，並可降低農業生產之介質成本，為此，本試驗以萵苣為試驗作物，評估單一果木枝條堆肥介質應用之養分特性，並於農友溫室驗證其應用於洋香瓜生產可行性。

材料與方法

一、果木枝條木屑成分分析

本試驗之果木枝條木屑取自京嶼實業有限公司，該木屑為不同樹種之混合木屑，木屑經 70°C 烘箱烘乾後，以濃硫酸及雙氧水處理後，進行養分分析。分析流程如材料與方法六。

二、果木枝條木屑堆肥製作

本試驗之果木枝條木屑堆肥製作，主要原料為秤取 950 kg 果木枝條木屑(碳氮比 51.6)及 50 kg 羽毛粉(取自興隆羽毛股份有限公司，碳氮比 13.0)，堆肥原料混合均勻後，

再添加水分至約 60%，堆肥製作期間監測溫度變化，經過約 3 個月堆積發酵，其中經 3 次翻堆至堆肥溫度低於 45°C 時，取樣進行分析及作物介質生產試驗。

三、果木枝條木屑堆肥成品過篩及物理性狀分析

果木枝條堆肥(Branch compost)，及其經 2 mm 篩網過篩，區分成 2 mm 以下部分 (Branch compost<2 mm)及 2 mm 以上部分 (Branch compost>2 mm)。此 3 部分之果木枝條堆肥樣品，進行總體密度及介質質量含水率分析(楊與黃，2017)，並應用於萵苣介質生產試驗。

四、果木枝條木屑堆肥應用於萵苣介質生育及滲出液肥分分析

本試驗於臺中區農業改良場溫室，將萵苣(*Lactuca sativa* L.福山萵苣)種植於三種果木枝條堆肥，分別為 Branch compost、Branch compost<2 mm 及 Branch compost>2 mm，介質裝填於塑膠盆(直徑 19 cm、高度 19.5 cm)，每處理 4 重複。第一期作於 114 年 2 月 5 日定植半結球萵苣(福山萵苣)幼苗後，每 7-14 天每盆額外澆灌 200 ml 灌溉水，收集盆底滲出液並進行水溶性養分分析，定植 40 天後進行採收調查並取出殘根。第二期作 3 月 19 日定植萵苣(福山萵苣)幼苗於舊介質中，約 2 週後每盆額外澆灌 200 ml 灌溉水，額外澆灌時間點為作物定期滴灌水分後 1 小時，並收集最初自盆底滲出 50 ml 的液體，進行水溶性養分分析，後續每隔 7-10 天收集並分析介質滲出液養分含量，並於幼苗定植後 57 天進行採收調查。本盆栽試驗每日滴灌清水，栽培期間不額外施肥，試驗不同粒徑之果木枝條堆肥養分釋放特性。

五、果木枝條木屑堆肥應用於洋香瓜介質生產試驗

本試驗於彰化縣福興鄉晨照溫室農場進行洋香瓜(*Cucumis melo* L.)介質試驗，介質處理包含 Branch compost、Branch compost<2 mm、Branch compost>2 mm 及白泥炭(klasmann Basesubstrate 612)，介質裝填槽體長寬深分別為 62 cm、18 cm 及 18 cm，每槽種植 2 株洋香瓜幼苗，每處理 5 槽。第一期作之洋香瓜(夏奇拉，稼穡種子有限公司)幼苗於 2 月 22 日定植，經 3 個月後採收，採收後室溫放置 7 天調查；第二期作之洋香瓜(路易國王 12 號，德慧種苗)幼苗於 6 月 19 日定植，經 71 天採收，採收後於室溫放置 5 日調查；第三期作之洋香瓜(亞瑟國王 20 號，德慧種苗)幼苗於 10 月 13 日種植，經 89 日採收，採收後於室溫放置 7 日調查。果實採收調查重量、果長、果寬、果肉厚度及糖度。

試驗期間統一滴灌農友慣用營養液，以硝酸鉀、磷酸一鉀、硫酸鎂、硝酸鈣及綜合微量元素進行養液調配，養液中之氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅、鐵、硼及鉬含量

分別為 10.2%、1.7%、14.0%、9.9%、1.5%、91.4 mg/l、2,436.5 mg/l、91.4 mg/l、2,436.5 mg/l、30.5 mg/l 及 6.1 mg/l。洋香瓜種植 12 天內每日每株滴灌營養液 395 ml、定植後 12-14 天每日每株滴灌 493 ml、定植後 15-25 天每日每株滴灌營養液 658 ml、定植後 26 天至採收前 20 天每日每株滴灌營養液 987 ml。採收前 20 天調整營養液之氮、磷、鉀及鎂含量為 4.2%、1.7%、23.0%及 1.5%而微量元素含量不變，每日每株滴灌營養液 658 ml。每日上午 11 時及下午 4 時滴灌清水，每日每株滴灌量為定植後 14 天內，約 200 ml，定植後 15-25 天約 400 ml，定植後 26 至採收前 20 天約 600 ml，採收前 20 天約 400ml。營養液及水分滴灌量依天氣及植株生育狀況進行動態調整。

六、果木枝條木屑、堆肥及植體養分分析

木屑堆肥(1:10)水萃液以電極測定 pH 及 EC 值。木屑、堆肥、萵苣及洋香瓜葉片樣品，先以濃硫酸及雙氧水消化分解(Lowther, 1980)，樣品之氮用微量擴散法測定(Keeney and Nelson, 1982.)，磷用比色法定量(Olsen and Sommers, 1982)，鉀用火焰光度計測定(Sherwood flame photometer 410)，鈣、鎂及微量元素則用原子吸收光譜儀 (Hitachi Polarized Zeeman Atomic absorption spectrophotometer Z-5000)分析。而微量元素銅、錳、鋅及鐵則以 1 N 鹽酸反應(Yoshida et al., 1976)後以原子吸收光譜儀分析。水溶性養分則以 1:10 水萃後，依以上說明進行分析。

結果與討論

一、果木枝條木屑堆肥物理性狀及養分分析

本試驗之果木枝條原料為混合木屑，養分分析如表一所示，養分含量不高，碳氮比 51.6，經添加羽毛粉進行碳氮比調整與堆肥製程後之 Branch compost 養分分析如表二所示，養分含量顯著高於果木枝條原料，碳氮比降至 11.5，酸鹼值 7.3。

Branch compost 經 2 mm 篩網過篩後，其粒徑小於 2 mm 者占比約 68.0%±4.0%，果木枝條堆肥、粒徑小於 2 mm 及粒徑大於 2 mm 者，其物理性狀及水溶性養分分析如表三所示，粒徑小於 2 mm 之果木枝條堆肥，其總體密度顯著提高，粒徑大於 2 mm 者其質量含水量顯著下降。相較於未過篩之果木枝條堆肥，粒徑小於 2 mm 之果木枝條堆肥，其 EC 值及銨離子含量較高；粒徑大於 2 mm 者其水溶性鈣、鎂及錳含量顯著較低。

表一、果木枝條原料養分特性分析

Table 1. The nutrient characteristics of tree pruning branch

Material	pH	EC	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	C/N
	1:10	1:10										
		dS/m	%					mg/kg				
Branch	7.2	1.3	0.8	0.1	0.9	1.2	0.2	8.7	85.3	31.3	1777.0	51.6
	±0.1	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.1	±0.0	±2.1	±4.0	±1.2	±52.0	±3.3
	(SD)											

表二、果木枝條堆肥養分分析(消解)

Table 2. The nutrient characteristics of branch compost

Material	pH	EC	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	C/N
	1:10	1:10										
		dS/m	%					mg/kg				
Branch	7.3	1.5	2.1	1.6	2.2	10.8	1.2	49.3	370.0	371.7	2448.0	11.5
	±0.1	±0.1	±0.2	±0.2	±0.1	±0.7	±0.1	±2.9	±5.6	±2.1	±62.3	±1.3
	(SD)											

表三、3 種果木條堆肥之特性及水溶性養分分析

Table 3. The characteristic and water soluble nutrients in the three branch composts

Culture media	Bulk density	Mass water content	pH	EC	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/cm ³	%	1:10	1:10										
			dS/m	mg/Kg										
Branch compost	0.28b*	136.4a	7.3a	1.5b	64.3b	121.7a	45.0a	229.0a	805.3a	127.7ab	0.3a	0.6a	1.0a	9.4a
Branch compost <2 mm	0.37a	114.4b	7.2a	2.5a	73.7a	294.0a	26.7a	192.3a	899.0a	167.3a	0.3a	0.7a	0.8a	5.6ab
Branch compost >2 mm	0.20c	54.5c	7.1a	1.3b	61.0b	105.7a	31.7a	52.0a	575.3b	85.3b	0.1a	0.1b	0.5a	3.2b

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

二、果木枝條木屑堆肥應用於萵苣介質生產試驗

不同粒徑組合之果木枝條堆肥(圖一)，應用於第一期作萵苣介質試驗結果如表四所示，萵苣種植於粒徑小於 2 mm 之堆肥中，植株鮮重與乾重最重，其次為未過篩之果木枝條堆肥，粒徑>2 mm 之堆肥處理組最低，參照葉片養分分析結果(表五)，種植於粒徑<2 mm 之萵苣葉片氮、磷、鎂及鋅含量最高，其中氮、磷及鋅含量顯著高於 Branch compost，而鉀含量則顯著較低。依據前人研究之採收前萵苣葉片養分推薦值(reference value) (Hartz et al., 2007)，萵苣種植於 branch compost <2 mm 植株重量較重，極可能由於吸收相對足量氮肥所致。

三種介質試驗前銨離子含量以 branch compost <2 mm 最高，硝酸根含量無顯著差異，然而栽培期間 branch compost < 2 mm 堆肥滲出液之硝酸根含量最高(圖二 B)，顯示有機含氮養分集中於粒徑<2 mm 之果木枝條堆肥中，推測在栽培期間因微生物降解、轉銨及硝化作用即可導致其含量較高。在萵苣生育 22 天內，Branch compost <2 mm 滲出液之硝酸根、磷及鎂濃度顯著高於其他處理組(圖二 B、C、F)，可能為導致葉片此三種養分含量較高之主因。在萵苣生育第 32 天，介質滲出液除磷外(圖一 C)，其他養分差異較不顯著。萵苣種植於 branch compost >2 mm 第 32 天起，介質滲出液之微量元素銅及錳低於偵測極限值(圖二 G、H)。

萵苣種植於舊介質，進行第二期作生產，介質成分如表六所示，植株性狀如表七所示，種植於 Branch compost <2 mm 植株鮮重及乾重最重，種植於 Branch compost >2 mm 則顯著較低，與第一期作趨勢一致，萵苣種植於 Branch compost >2 mm 兩期作之植株重量差異不大，或因該堆肥仍可持續釋放養分供萵苣吸收所致。相較於其他兩處理組，或因釋放之養分遠低於第一期作，導致植株重量較第一期作低。

葉片養分分析結果(表八)顯示氮及鉀含量較第一期作低，錳及鐵含量較第一期作高，參照葉片標準值，確認葉片氮含量偏低，為植株鮮重較第一期作低之主因，而萵苣種植於 Branch compost >2 mm 葉片鈣含量顯著增加且高於葉片養分參考值，此乃由於兩期作萵苣生育過程中，Branch compost >2 mm 釋放之鈣離子養分濃度差異較小且不同生育時間點堆肥滲出液之鈣濃度穩定(圖二 E、圖三 E)，導致萵苣可持續吸收鈣離子，然而過量鈣吸收亦會導致植株生育受阻，如前人研究提及金花茶過量吸收鈣離子會抑制葉綠素合成降低植株生長(Chai et al., 2021)，因此，若以粗粒徑之果木枝條堆肥作為作物栽培介質，除須注意氮肥適時供應外，亦須注意其他養分如鉀與鎂之養分吸收利用情形。

果木枝條堆肥經種植 1 期作萵苣後，其水溶性養分明顯下降(圖三)，銨離子濃度已小於 10 mg/L，而在萵苣種植 22 天內，硝酸根濃度以 Branch compost <2 mm 處理組最

高，在萵苣生長至第 29 天時，其濃度與其他處理組差異不大，不同天數之水溶性磷濃度趨勢與硝酸根相似，微量元素濃度於同處理間差異大，推測為其濃度低，雖收集滲出液時，先以灌溉水滴灌至介質水分飽和，然而每一盆栽裝填之介質，除粒徑<2 mm 外，粒徑均一性差，且在萵苣生長期間，介質水分保存、根系吸收及蒸散作用可能差異性較大，導致低養分含量之微量元素濃度變化差異較大。由介質滲出液養分分析，確認果木枝條堆肥經 2 mm 過篩後，氮肥表現較佳，並可能為第二期作萵苣重量較重之主因。本試驗經兩期作萵苣生長試驗，確認果木枝條堆肥可應用為葉菜作物栽培介質，然而其最大產量需搭配施用肥料。

表四、第一期作萵苣植株性狀調查

Table 4. Investigation of lettuce grown in three branch composts in the first crop

Culture media	Plant height (cm)	Fresh plant weight (g/plant)	Dry plant weight (g/plant)	Increased rate of fresh weight compared with branch compost (%)
Branch compost	22.4b	208.4b*	9.1b	-
Branch compost<2 mm	25.5a	270.0a	11.5a	22.8
Branch compost>2 mm	19.1c	132.5c	6.5c	-36.4

*Significance in comparison at $P < 0.05$ (LSD test).

表五、第一期作萵苣葉片養分分析

Table 5. Leaf nutrients of lettuce grown in three branch composts in the first crop

Culture media	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/kg					mg/kg			
Branch compost	26.2b*	3.6c	114.4a	9.5a	4.3ab	5.3a	107.5a	66.3b	76.0b
Branch compost<2 mm	31.0a	5.4a	101.2b	8.1ab	5.3a	4.5a	104.8a	128.3a	87.8ab
Branch compost>2 mm	27.3b	4.7b	88.1c	7.6b	3.6b	5.0a	87.3a	105.0a	95.3a
Reference value**	33-48	3.5-7.5	29-78	6-11	2.5-4.5	5.6-8.2	37-73	21-75	86-232

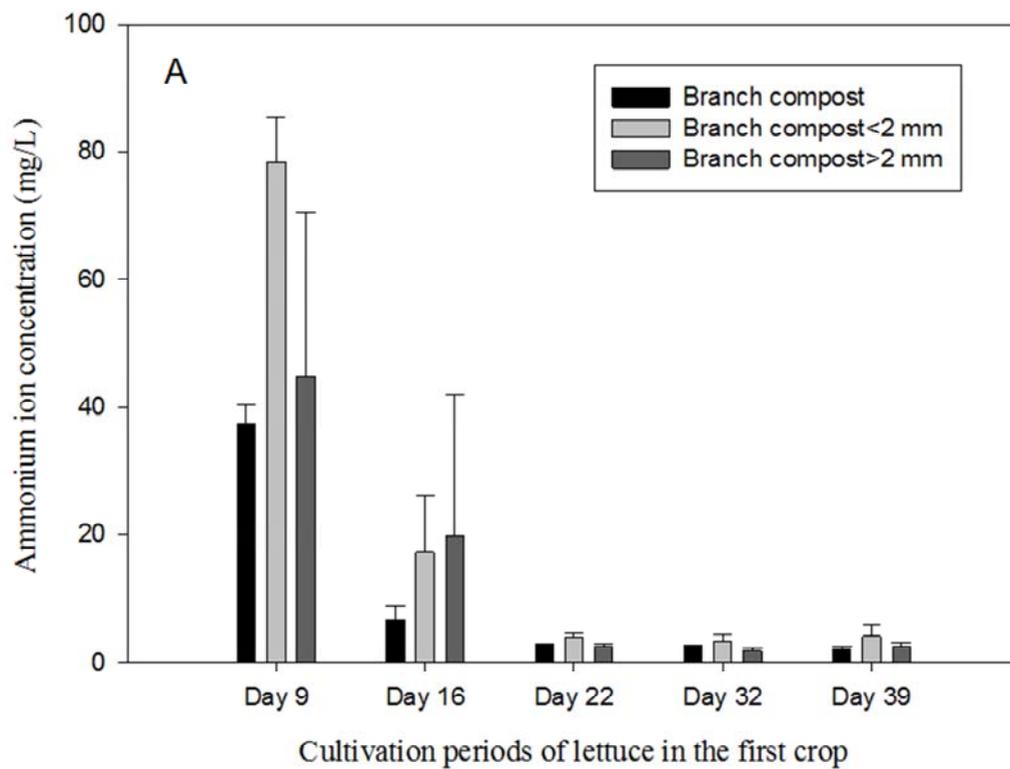
*Significance in comparison at $P < 0.05$ (LSD test).

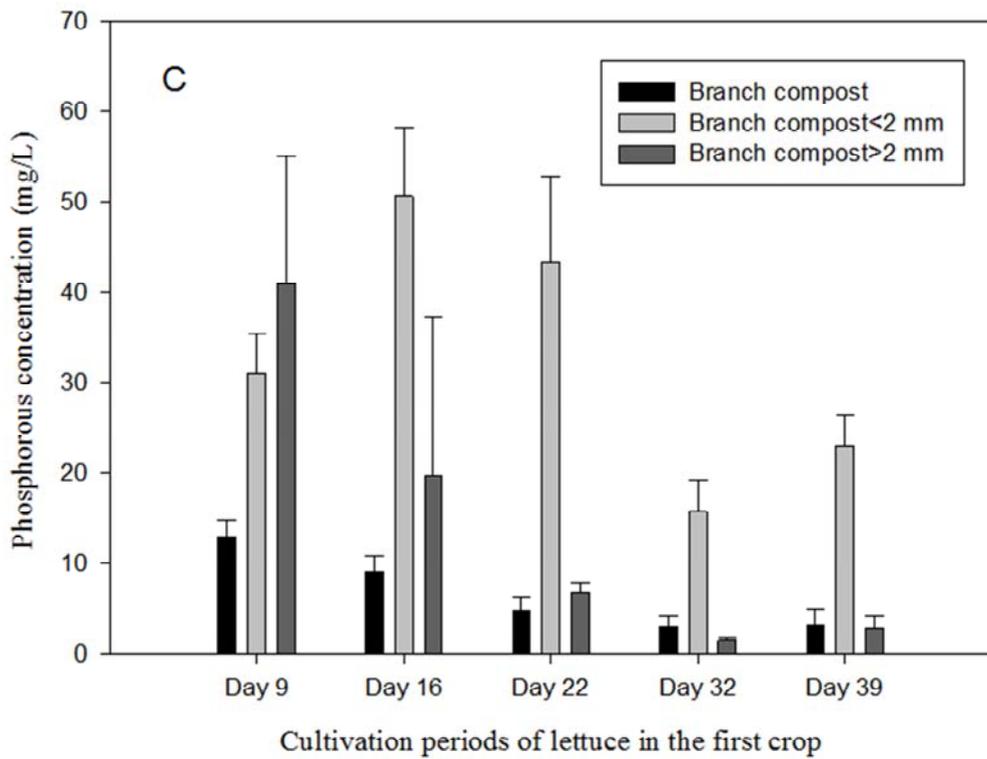
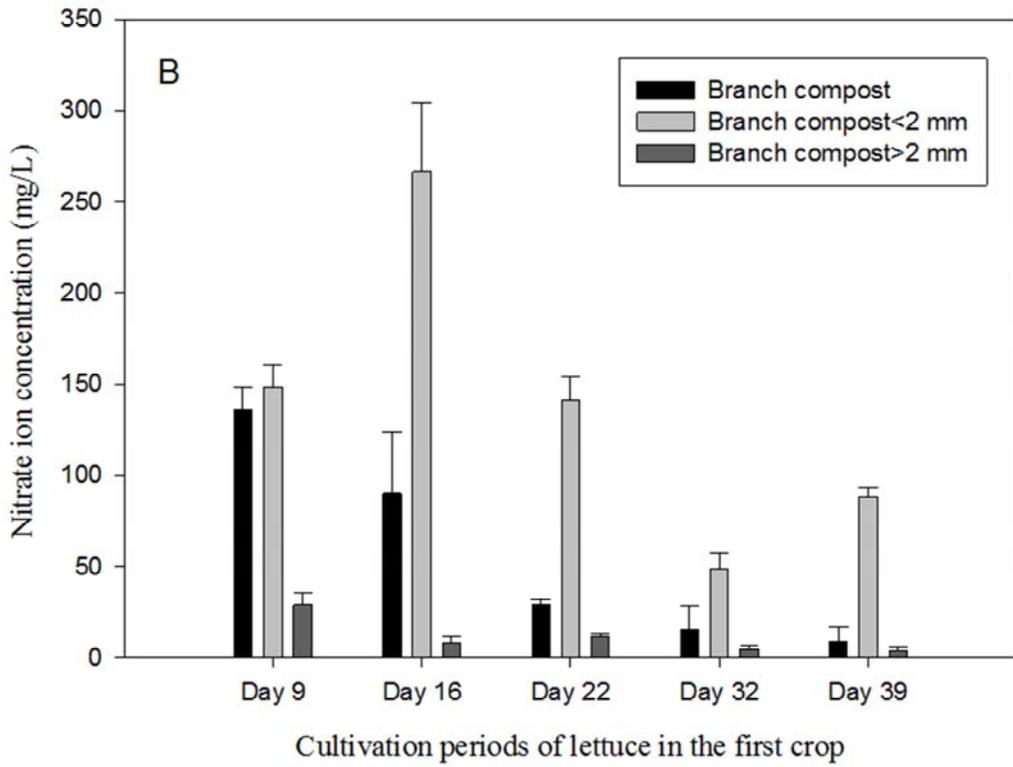
**reference from Hartz et al., 2007.

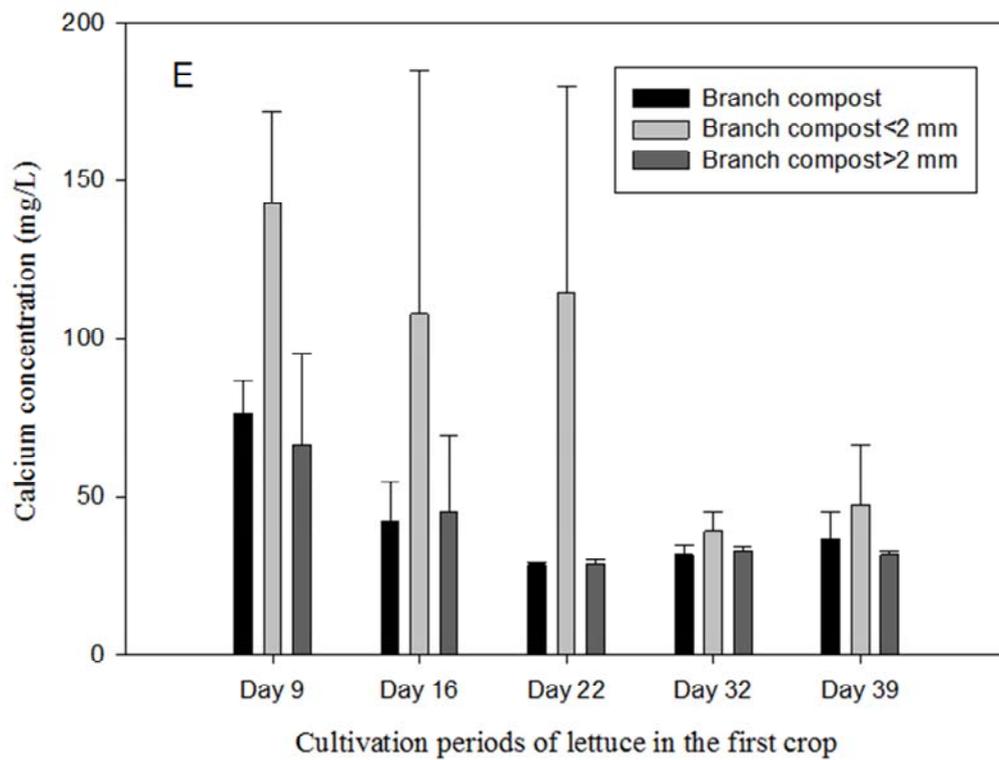
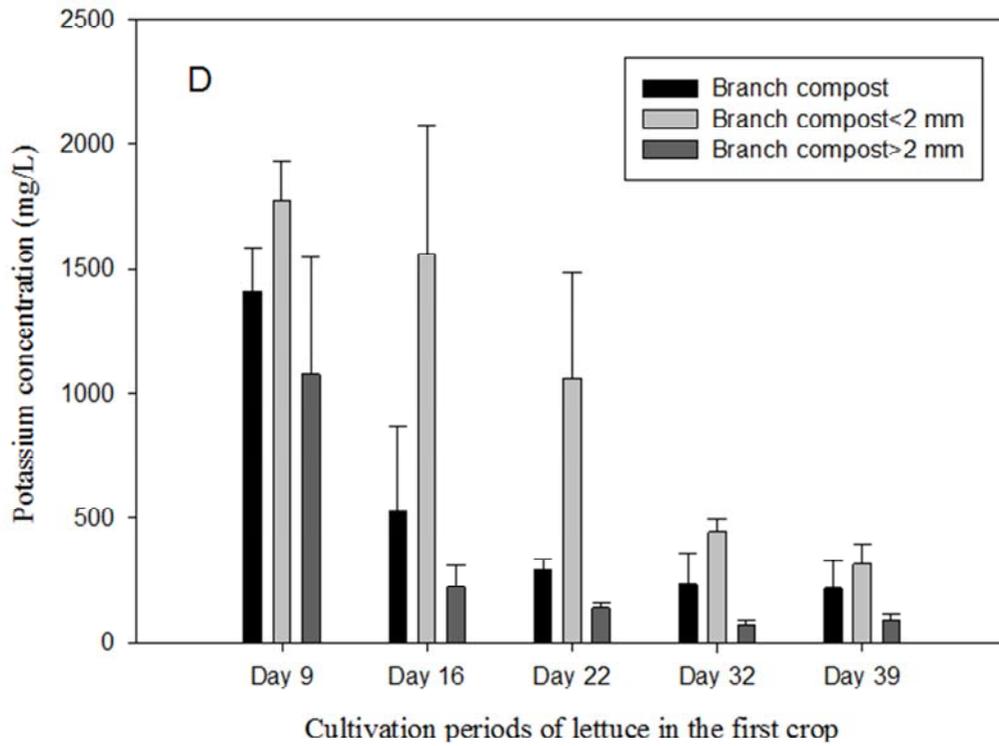


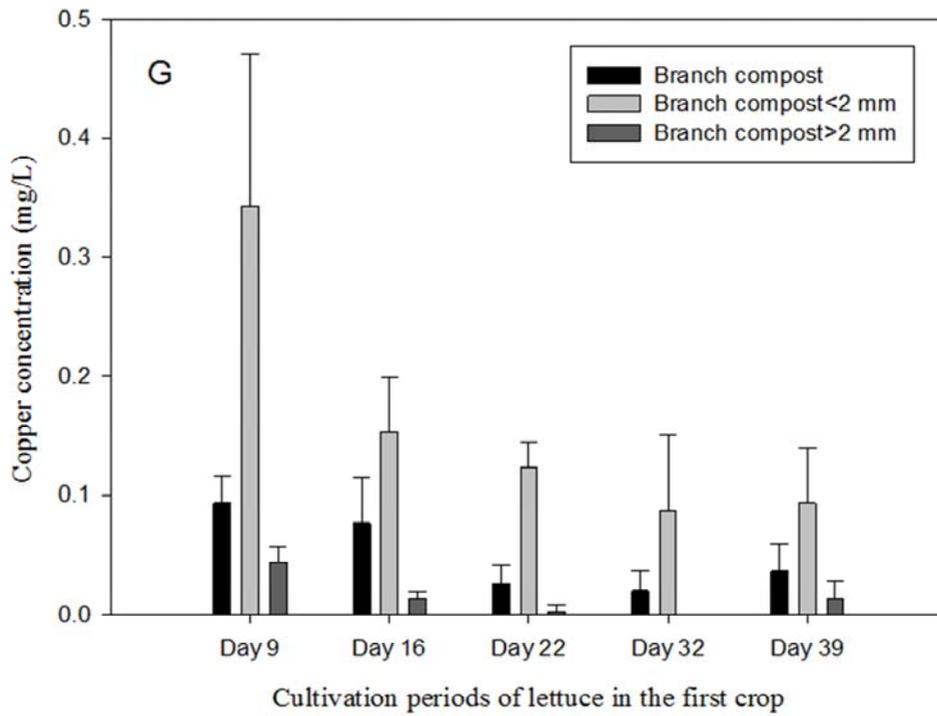
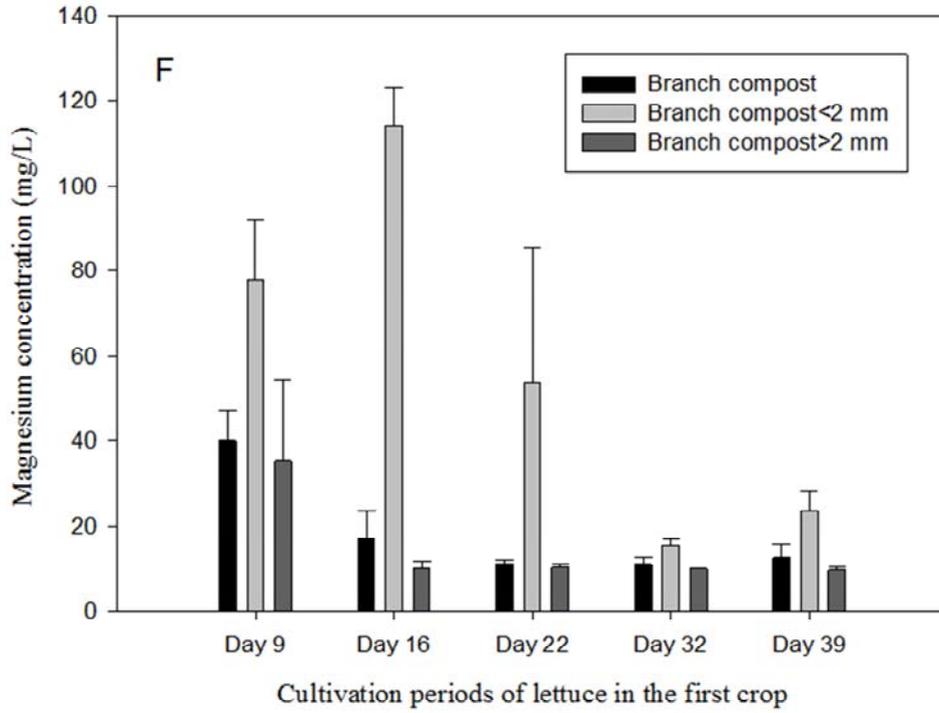
圖一、3種果木枝條堆肥外觀，左圖:未過篩、中圖:果木枝條堆肥 >2 mm、右圖:果木枝條堆肥 <2 mm。

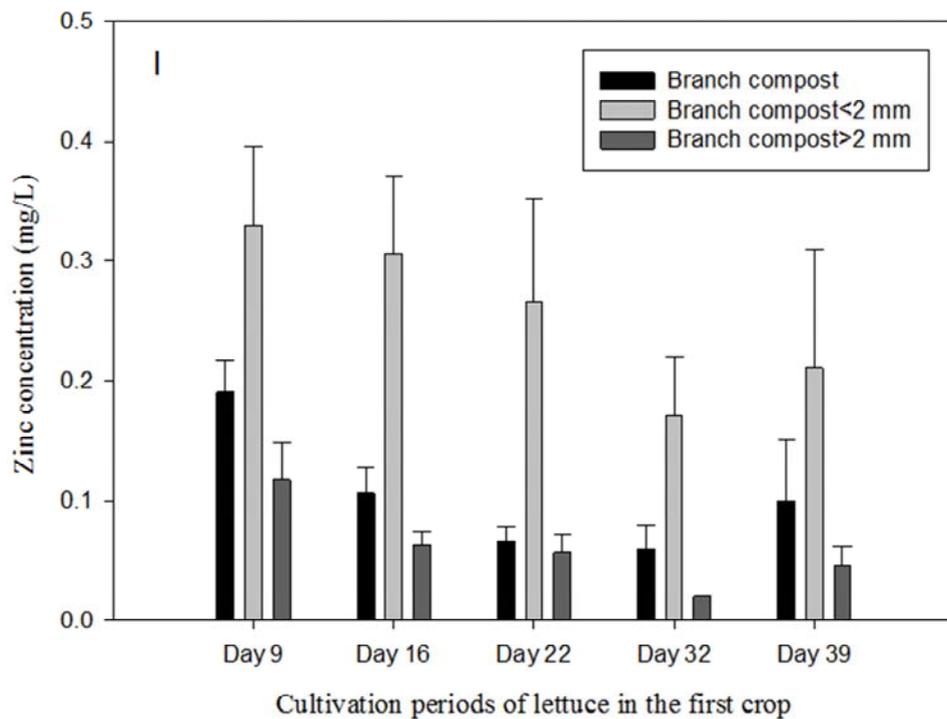
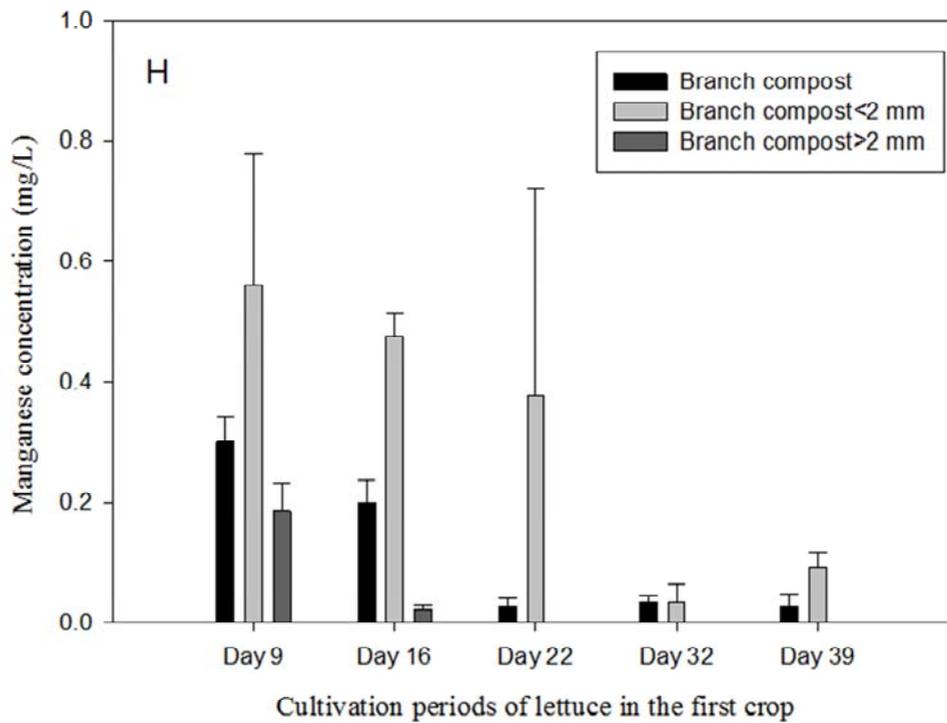
Fig. 1. Three branch composts, picture left: branch compost, middle:branch compost >2 mm and right: branch compost <2 mm.

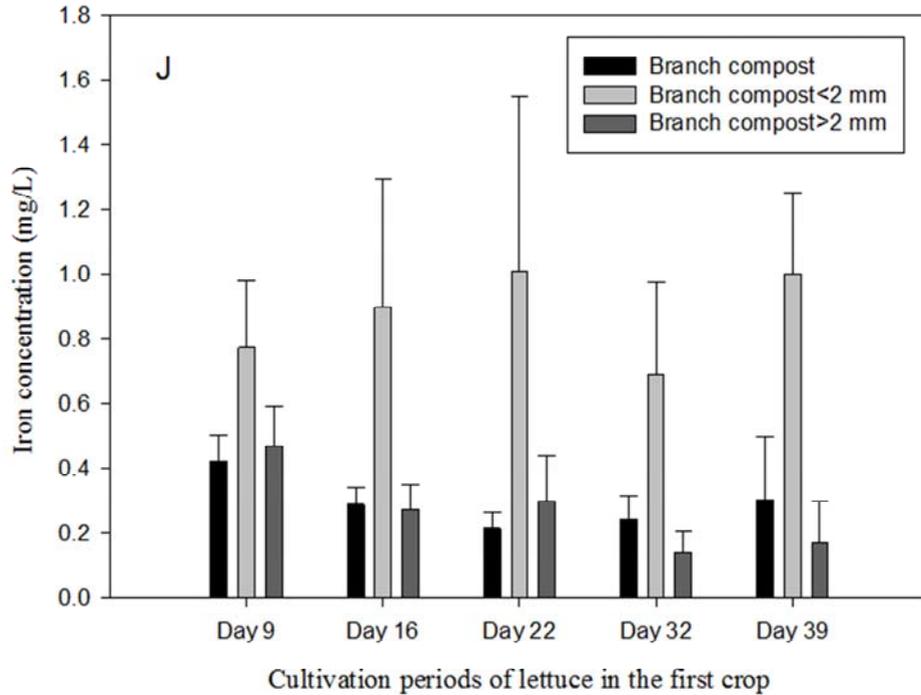












圖二、第一期作萵苣種植期間之堆肥滲出液養分分析，A-J 分別為水溶性銨、硝酸根、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵。

Fig. 2. Exuded nutrients from three compost media during different lettuce growth days in the first crop.

表六、萵苣第二期作之舊介質養分分析

Table 6. Nutrient characteristics of different culture media after lettuce harvest in the first crop

Culture media	pH	EC dS/m	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
			mg/kg									
Branch compost	7.3a	0.7b	62.8c	82.3b	81.0c	1812.0a	271.0a	71.0a	0.4a	0.4a	0.9a	2.9a
Branch compost <2 mm	6.9b	1.1a	95.0a	469.5a	112.3b	2232.0a	289.0a	74.3a	0.3a	0.3a	0.9a	2.6a
Branch compost >2 mm	6.6c	0.9ab	77.8b	44.0b	137.0a	2166.0a	105.5b	51.5a	0.3a	0.2a	0.9a	2.3a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test)

表七、第二期作萵苣植株性狀調查

Table 7. Investigation of lettuce grown in three branch composts in the second crop

Culture media	Plant height cm	Fresh plant weight g/plant	Dry plant weight g/plant	Increased rate of fresh weight compared with branch compost %
Branch compost	17.8ab	167.9ab*	10.0b	-
Branch compost <2 mm	20.3a	184.9a	12.9a	10.1
Branch compost >2 mm	15.0b	137.1b	7.2c	-18.3

*Significance in comparison at $P < 0.05$ (LSD test).

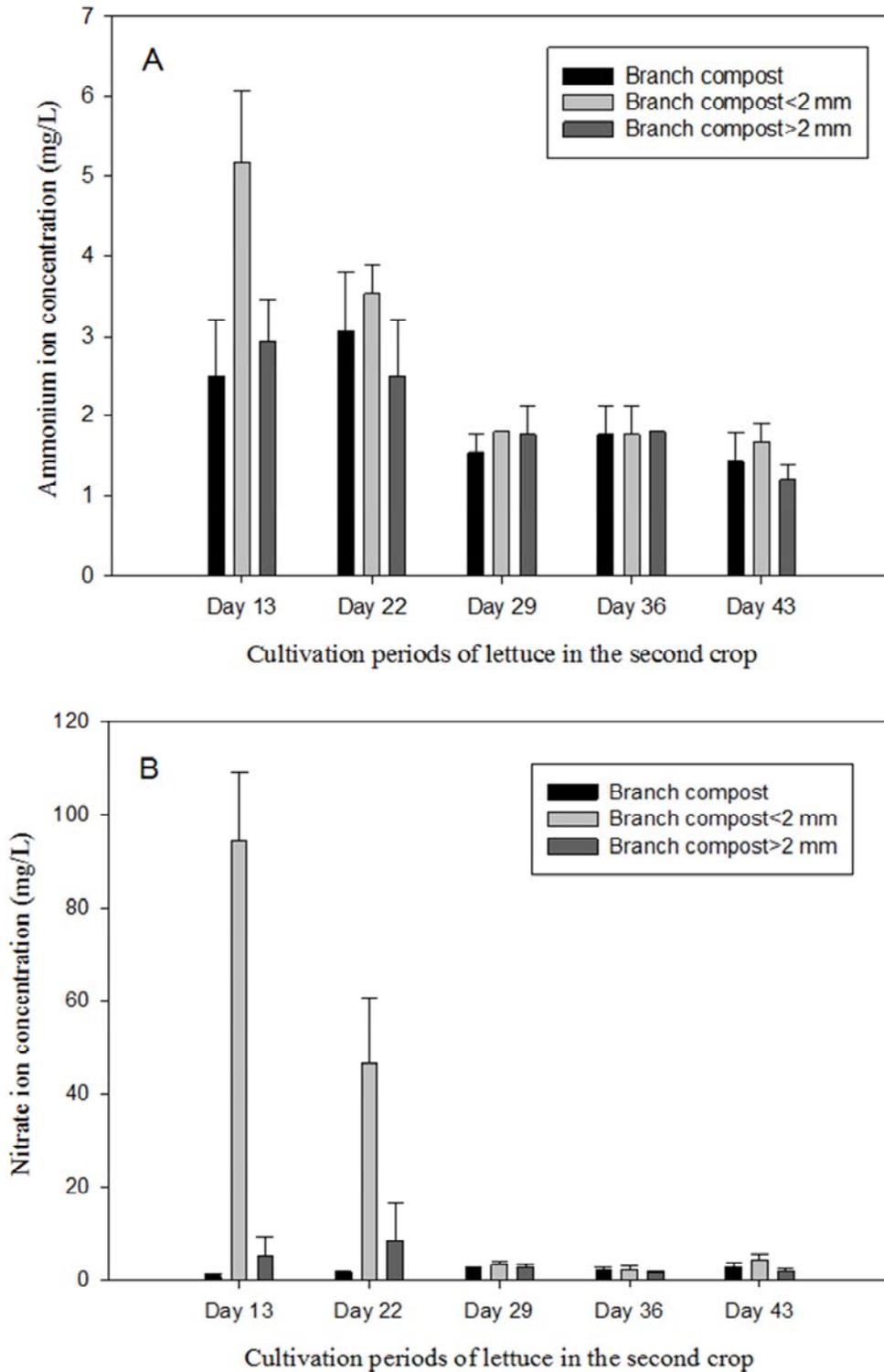
表八、第二期作萵苣葉片養分分析

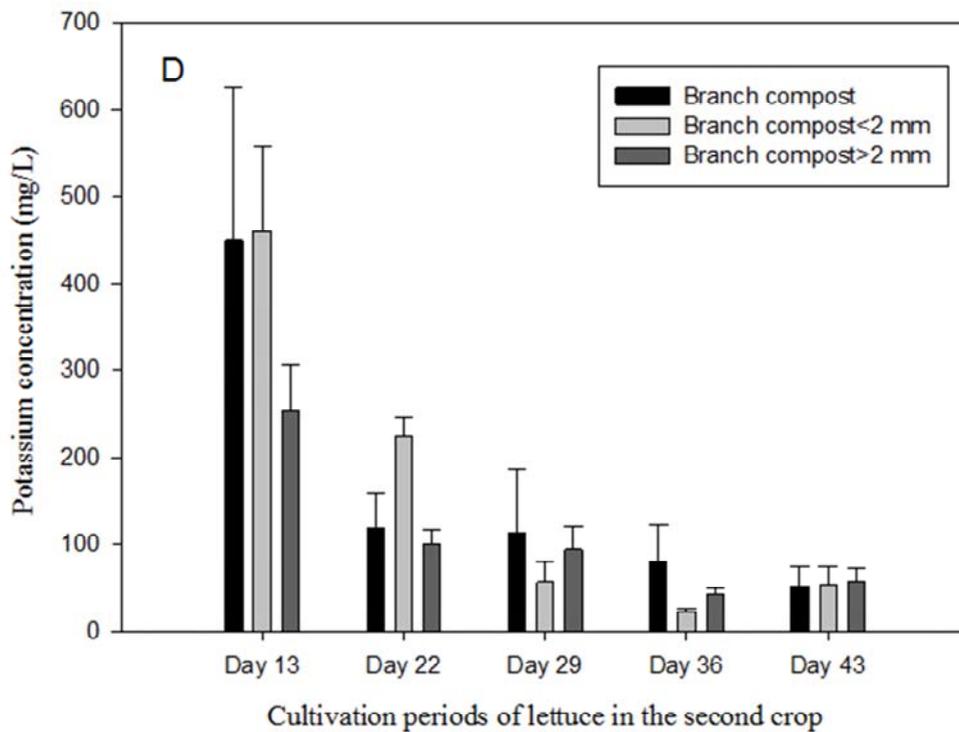
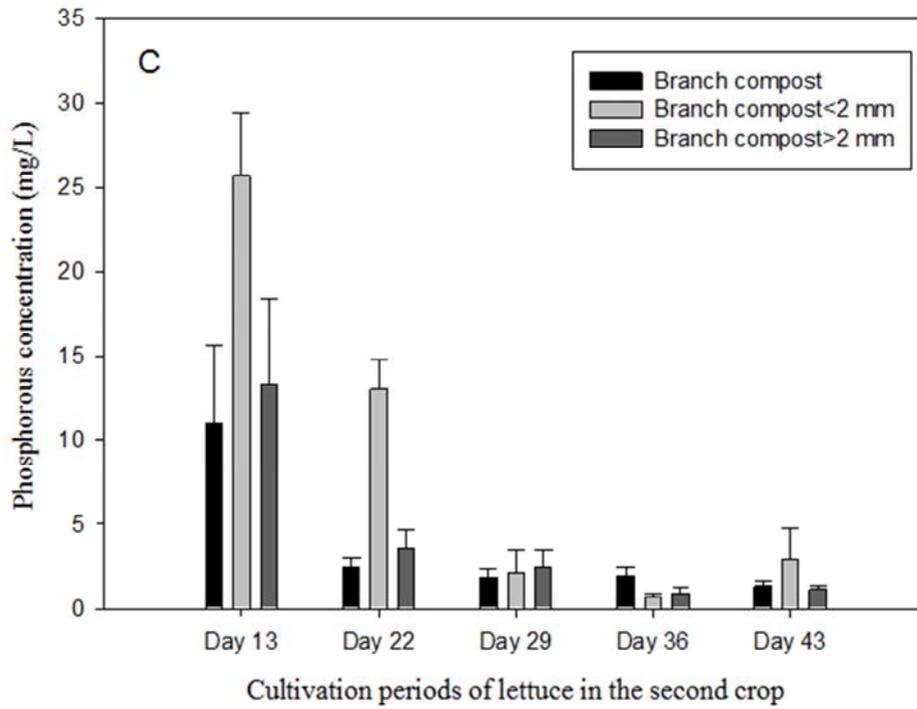
Table 8. Leaf nutrients of lettuce grown in three branch composts in the second crop

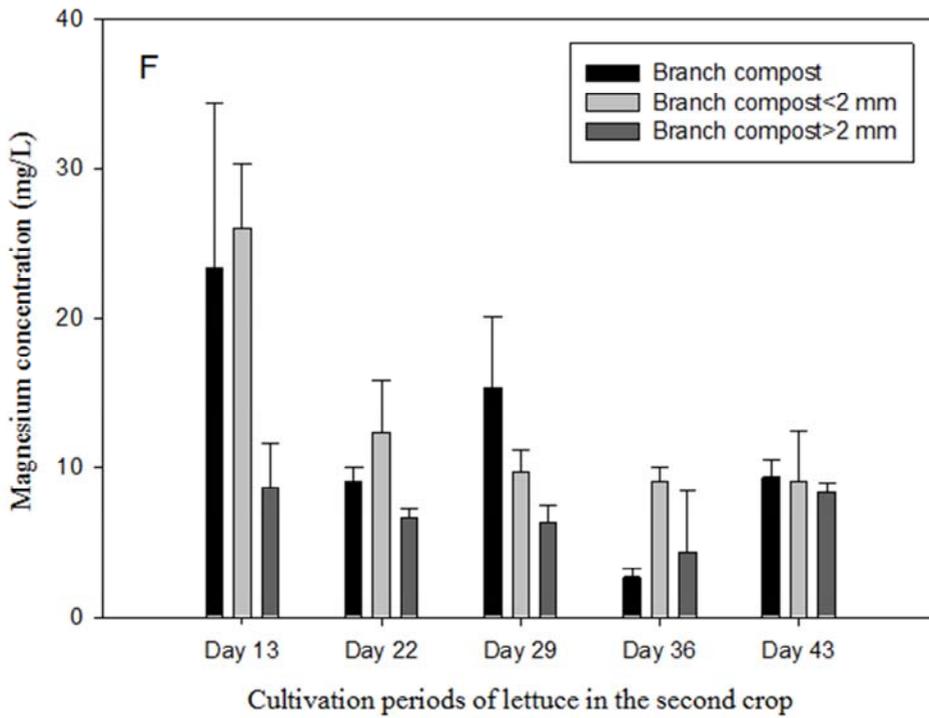
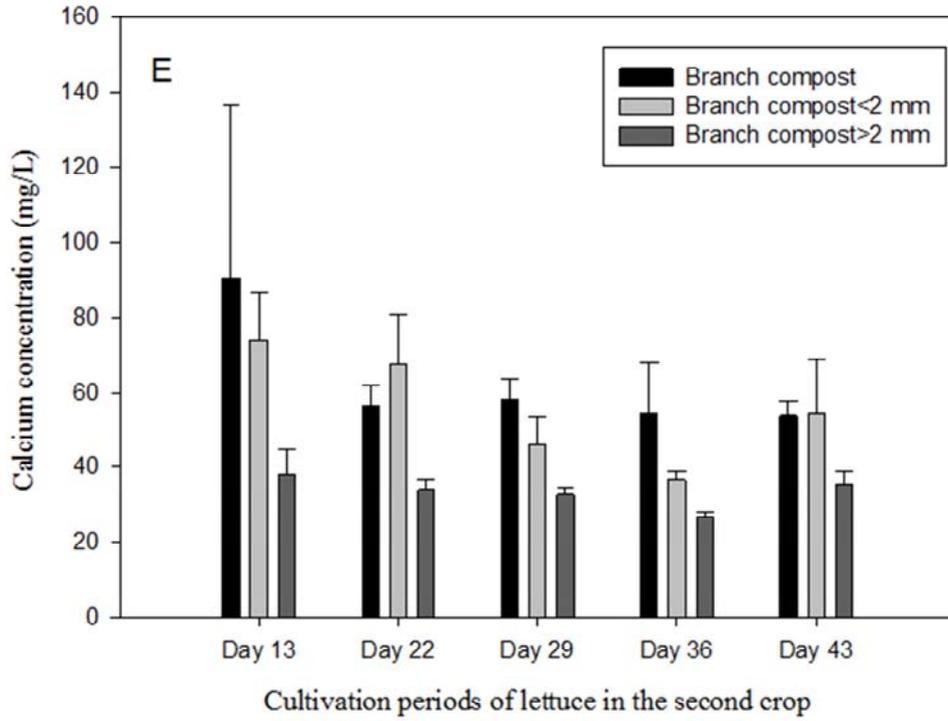
Culture media	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/kg					mg/kg			
Branch compost	17.0b*	4.2a	74.3a	9.5b	3.1b	4.0a	31.5a	59.0b	54.5a
Branch compost <2 mm	20.7a	4.9a	73.2a	11.0b	4.1a	4.3a	41.8a	88.5a	58.3a
Branch compost >2 mm	19.1ab	4.2a	70.3a	15.1a	4.4a	4.0a	54.3a	63.5b	51.8a
Reference value**	33-48	3.5-7.5	29-78	6-11	2.5-4.5	5.6-8.2	37-73	21-75	86-232

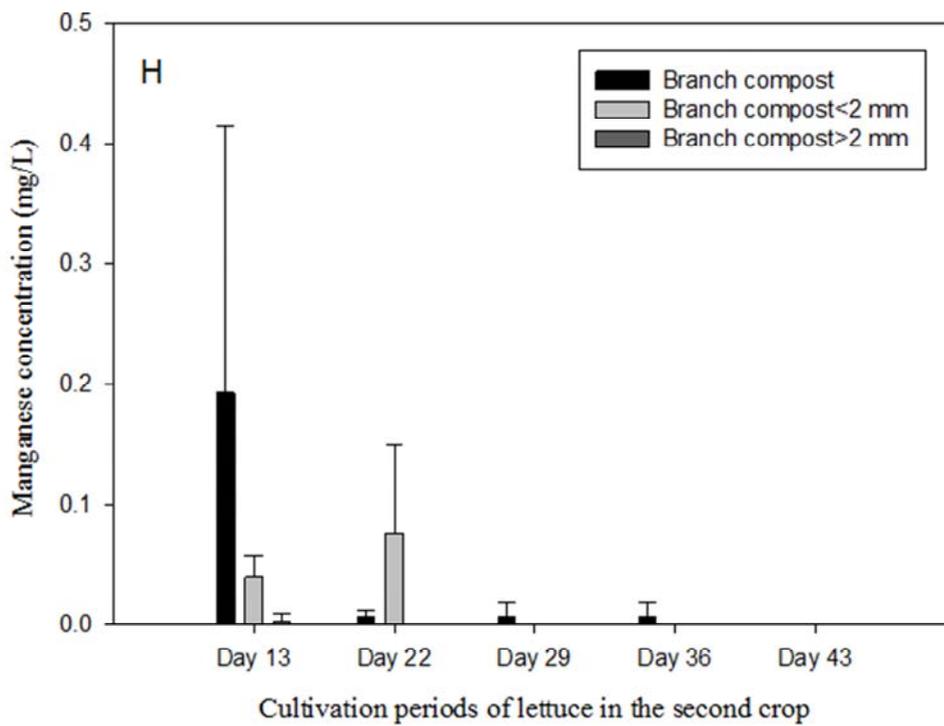
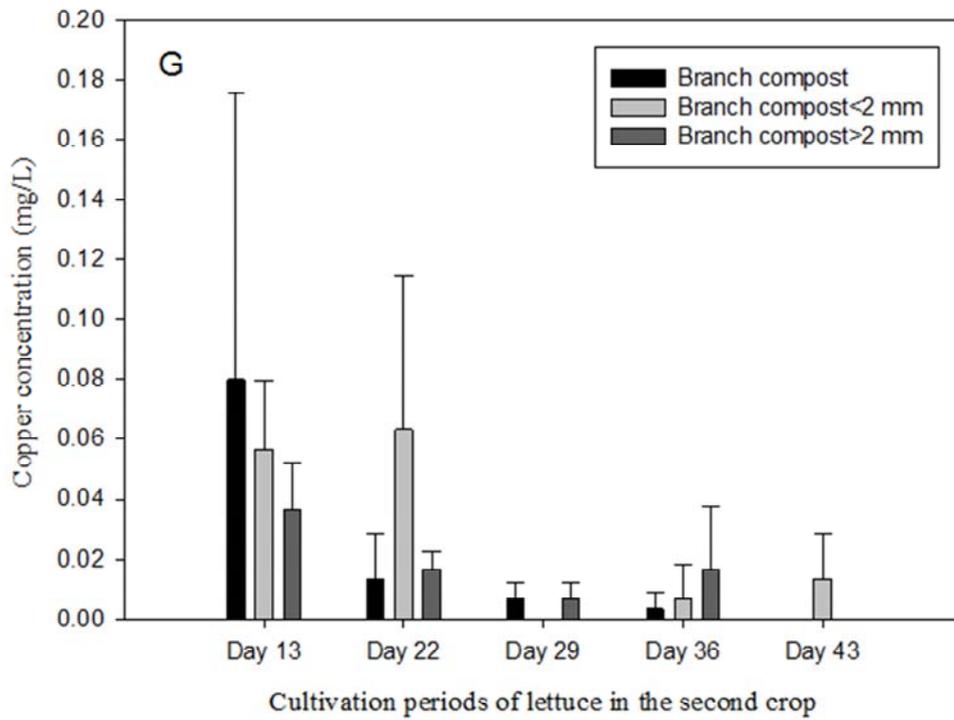
*Significance in comparison at $P < 0.05$ (LSD test).

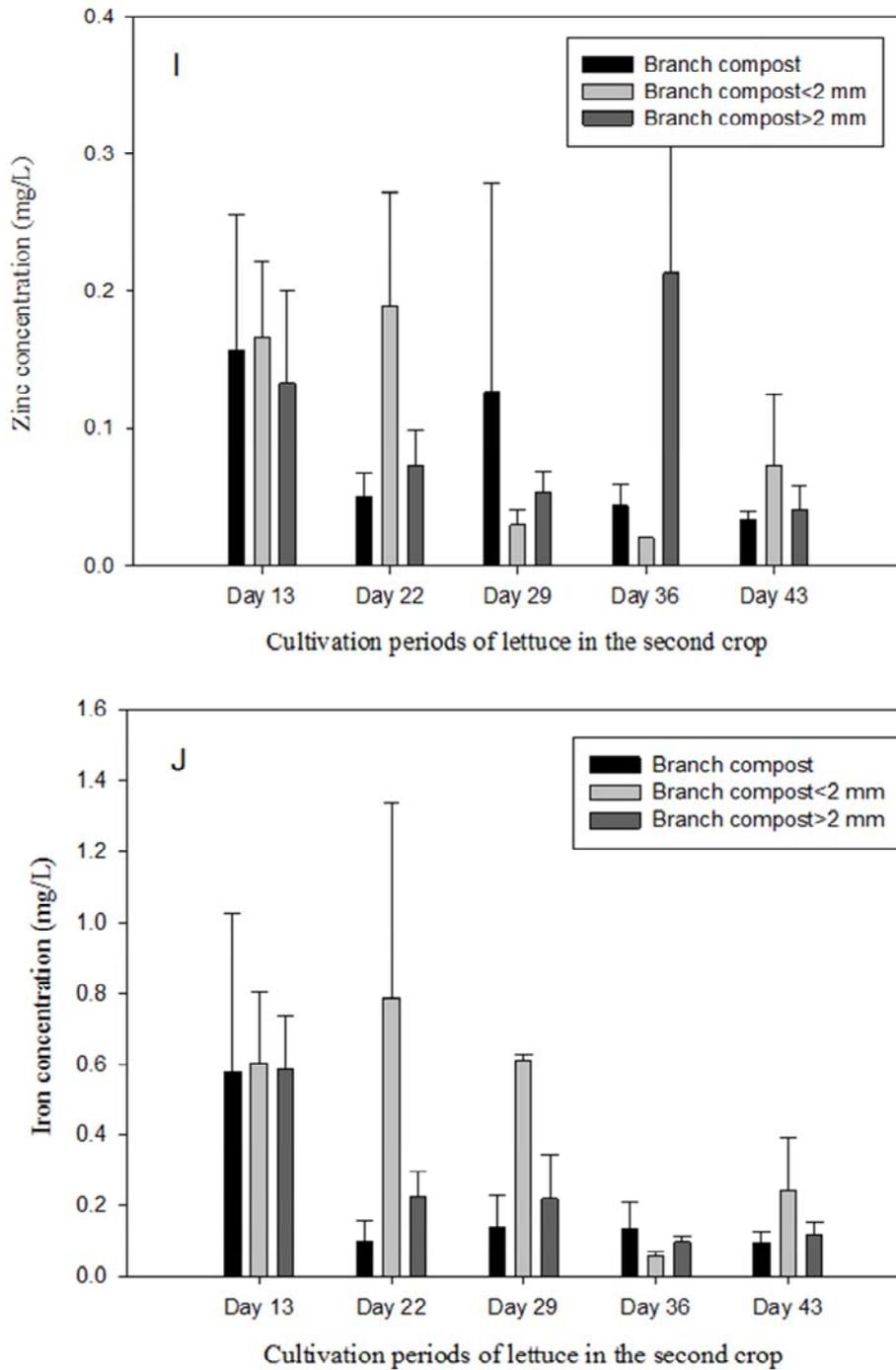
**reference from Hartz, et al., 2007.











圖三、第二期作萵苣種植期間之堆肥滲出液養分分析，A-J 分別為水溶性銨、硝酸根、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵。

Fig. 3. Exuded nutrients from three compost media during different lettuce growth days in the second crop.

三、果木枝條木屑堆肥應用於洋香瓜介質生產試驗

本試驗為確認果木枝條經堆肥化後，能否應用為溫室洋香瓜介質生產，每期作生產採收後，槽體減少之介質體積將回補相同介質，再進行下一期作洋香瓜生產。第一期作試驗結果如表九所示，洋香瓜植株種植於粒徑 $<2\text{ mm}$ 之果木枝條堆肥，其單果重最重，且顯著高於粒徑 $>2\text{ mm}$ 之堆肥及泥炭介質處理組，此乃由於粒徑 $<2\text{ mm}$ 之果木枝條堆肥，其養分含量較豐富，且隨作物生育過程，其釋放之水溶性養分較高，如第一期作萵苣試驗之介質滲出液分析所示。果實糖度於4種介質處理間無顯著差異。

葉片養分分析(表十)顯示，洋香瓜植株種植於果木枝條堆肥，其葉片鉀及銅含量高於泥炭介質處理組。泥炭介質試驗後之pH最低與果木枝條堆肥達顯著差異，EC值因農友定期滴灌營養液，不同介質間無顯著差異(表十一)。相較於泥炭介質，果木枝條堆肥之硝酸根含量顯著較高，除農友添加之化學營養液外，受堆肥有機氮持續進行降解、轉銨、硝化等作用而增加。果木枝條堆肥之水溶性鉀及銅含量高於泥炭介質，錳與鐵含量則低於泥炭介質，此與葉片養分分析結果相符。

第一期作洋香瓜果實採收後並移除植株，第二期作洋香瓜幼苗種植於舊介質，果實性狀調查如表十二所示，洋香瓜果實性狀及糖度於4種介質皆無顯著差異，種植於果木枝條堆肥之葉片鉀與銅含量不似第一期作較泥炭介質處理組高，而葉片錳及鐵則與第一期作結果相同，顯著低於泥炭介質處理組(表十三)。洋香瓜果實採收後介質之pH值依然以泥炭介質最低，EC值則以粒徑 $>2\text{ mm}$ 之堆肥顯著低於泥炭介質處理組，但與其他果木枝條處理組無顯著差異(表十四)，粒徑 $<2\text{ mm}$ 之堆肥其介質水溶性硝酸根含量依然最高，顯示堆肥有機氮養分主要存留於此粒徑之堆肥中，如同萵苣介質滲出液中，粒徑 $<2\text{ mm}$ 之枝條堆肥可持續性釋放硝酸根，因第二期作洋香瓜幼苗定植前，會回補相同種類介質於舊介質表面，因此，硝酸根可自槽體頂端下滲。果木枝條堆肥之介質水溶性錳及鐵含量低於泥炭介質處理組。

第三期作之洋香瓜果實性狀與糖度在各處理間無顯著差異(表十五)，種植於三種果木枝條堆肥，其葉片錳含量皆低於泥炭介質處理組，而粒徑 $<2\text{ mm}$ 處理組之鈣含量最高，與泥炭介質處理組達顯著差異(表十六)。採收後介質養分分析如表十七所示，泥炭介質之pH最低，硝酸根以粒徑 $<2\text{ mm}$ 之果木枝條堆肥最高，果木枝條堆肥之錳、鋅及鐵含量則低於泥炭介質處理組。

本試驗除探討果木修剪枝條堆肥應用為洋香瓜栽培介質對果實產量與品質影響外，另因應農業溫室碳排環境議題，由於泥炭開採過程會產生大量碳排放，如每立方米之白泥炭開採會產生 $11\text{-}26\text{ kg CO}_2^\circ$ (Stichnothe, 2022)，若以每公噸堆肥原料製程產生之碳排

放一般約 400 kg CO₂^e (Walling and Vaneckhaute, 2020)，加以本場應用粉碎機，每小時可粉碎 700 kg 果木枝條，每小時粉碎機柴油消耗 3.75 公升，每公噸枝條粉碎機作業時間約 1.5 小時，消耗 5.625 公升柴油，鏟裝機於堆肥製程期間，合計操作約 1 小時，每小時消耗 2.84 公升柴油，兩機械合計消耗 8.465 公升柴油，碳排約 8.465*3.29=27.85kg CO₂/tonne，堆肥成品為原料 80%計算，800 kg 堆肥其體積為 2,857 m³，生產 1 立方米堆肥其製作過程之碳排放為 0.15 kg CO₂^e，遠低於泥炭開採之碳排放，且由於泥炭開採使用會增加溫室氣體含量，在淨零減碳風潮下，泥炭售價預期持續上漲，本試驗確認果木枝條堆肥可應用為洋香瓜生產介質，期望有助於政府推展農業剩餘資材循環利用及農業環境減少碳排放之功效。

表九、第一期作洋香瓜果實性狀調查

Table 9. Fruit characteristics of muskmelon cultured in different media in the first crop

Culture media	Fruit weight g	Pulp weight g	Fruit length cm	Fruit width cm	Pulp thickness cm	TSS ° Brix
Branch compost	2039.0ab*	1899.9a	15.3ab	15.6ab	4.5ab	15.0a
Branch compost<2 mm	2150.1a	2003.3a	16.2a	15.7a	4.6a	14.7a
Branch compost>2 mm	1794.8bc	1645.7b	15.1b	14.8bc	4.4ab	14.2a
Peat	1600.0c	1469.6b	14.7b	14.1c	4.3b	14.2a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十、第一期作洋香瓜葉片養分分析

Table 10. Leaf nutrients of muskmelon cultured in different media in the first crop

Culture media	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/kg					mg/kg			
Branch compost	16.1a*	4.7a	43.8a	61.7b	13.6ab	9.7a	90.0b	140.0a	170.0ab
Branch compost <2 mm	18.3a	4.1ab	43.3a	63.4ab	13.6ab	10.0a	71.3b	132.3a	164.3b
Branch compost >2 mm	17.5a	4.2ab	35.0b	68.9ab	13.9a	9.7a	85.0b	142.7a	166.3b
Peat	16.2a	3.5b	34.3b	71.1a	12.1b	8.7b	145.3a	131.3a	192.3a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十一、第一期作洋香瓜試驗後介質養分分析

Table 11. Nutrient characteristics of different culture media after harvest in the first crop

Culture media	pH	EC dS/m	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
			mg/kg									
Branch compost	7.2b*	2.6a	73.0b	133.7a	71.7b	3278.3a	1245.3b	337.0a	0.44a	1.1b	2.00a	9.3b
Branch compost <2 mm	7.5a	1.5a	47.7b	130.0a	57.7b	3225.0a	746.3b	212.7a	0.44a	0.5b	1.40b	7.0b
Branch compost >2 mm	7.0c	1.8a	65.3b	194.0a	93.7b	2294.0a	847.3b	206.3a	0.22b	0.9b	1.20b	4.8b
Peat	4.6d	2.7a	141.0a	17.7b	165.7a	1031.0b	2452.0a	303.3a	0.07c	4.3a	1.64ab	47.6a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十二、第二期作洋香瓜果實性狀調查

Table 12. Fruit characteristics of muskmelon cultured in different media in the second crop

Culture media	Fruit weight g	Pulp weight g	Fruit length cm	Fruit width cm	Pulp thickness cm	TSS ° Brix
Branch compost	1931.6a*	1805.6a	16.9a	15.4a	3.9a	13.7a
Branch compost <2 mm	1976.4a	1828.9a	16.7a	15.8a	3.8a	14.4a
Branch compost >2 mm	1943.1a	1809.4a	17.1a	15.5a	3.8a	14.7a
Peat	1946.3a	1799.7a	16.5a	15.4a	4.1a	14.3a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十三、第二期作洋香瓜葉片養分分析

Table 13. Leaf nutrients of muskmelon cultured in different media in the second crop

Culture media	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	g/kg					mg/kg			
Branch compost	18.8a*	3.6ab	38.4b	65.1a	14.2a	213.7a	37.0bc	178.3a	181.7b
Branch compost <2 mm	22.5a	4.6a	45.0a	57.4ab	13.5a	176.0a	29.7c	101.7b	214.3ab
Branch compost >2 mm	17.0a	3.7ab	37.0b	55.9b	13.7a	165.3a	49.3b	67.0b	143.3b
Peat	18.7a	3.2b	39.4ab	57.5ab	12.3a	154.0a	86.7a	89.0b	304.3a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十四、第二期作洋香瓜試驗後介質養分分析

Table 14. Nutrient characteristics of different culture media after harvest in the second crop

Culture media	pH	EC dS/m	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
			mg/kg									
Branch compost	6.5a*	2.0ab	37.7a	126.0b	38.0b	2091.0a	802.7ab	338.0ab	0.5a	1.1b	1.5b	3.3b
Branch compost <2 mm	6.6a	2.0ab	32.7a	278.3a	38.7b	2417.7a	767.0ab	240.7bc	0.2a	0.7b	1.0b	3.4b
Branch compost >2 mm	6.7a	1.4b	41.7a	57.0c	64.3a	2123.7a	503.0b	182.3c	0.2a	1.5b	2.0b	2.8b
Peat	5.0b	2.9a	47.7a	61.3bc	29.0b	1854.3a	1545.7a	386.3a	0.4a	3.3a	5.8a	24.7a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十五、第三期作洋香瓜果實性狀調查

Table 15. Fruit characteristics of muskmelon cultured in different media in the third crop

Culture media	Fruit weight g	Pulp weight g	Fruit length cm	Fruit width cm	Pulp thickness cm	TSS ° Brix
Branch compost	1854.6a*	1677.6a	15.7a	15.0a	3.9a	14.2a
Branch compost <2 mm	1473.2a	1349.9a	14.2a	14.0a	3.9a	14.7a
Branch compost >2 mm	1484.1a	1354.1a	14.0a	14.1a	3.9a	13.9a
Peat	1561.6a	1435.8a	14.3a	14.3a	3.9a	13.8a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十六、第三期作洋香瓜葉片養分分析

Table 16. Leaf nutrients of muskmelon cultured in different media in the third crop

Culture media	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	
	mg/kg									
Branch compost	17.1a*	2.6ab	38.4ab	70.1c	10.0b	444.0a	82.0b	121.7ab	389.3a	
Branch compost <2 mm	15.4a	1.8bc	39.8ab	85.7a	12.0a	454.0a	51.3c	129.3a	355.3a	
Branch compost >2 mm	15.5a	2.9a	36.5b	73.7bc	10.6ab	399.0a	70.0bc	109.3bc	278.3b	
Peat	12.7b	1.6c	44.6a	76.9b	11.0ab	399.3a	132.0a	102.0c	248.7b	

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

表十七、第二期作洋香瓜試驗後介質養分分析

Table 17. Nutrient characteristics of different culture media after harvest in the third crop

Culture media	pH	EC dS/m	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	Ca mg/kg	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
Branch compost	6.9a*	2.0a	41.0ab	185.0ab	42.3a	1867.7a	1271.0a	418.7a	0.6a	0.2b	0.6b	2.2ab
Branch compost <2 mm	6.5a	2.2a	29.0b	311.0a	36.7a	1672.3a	1433.7a	460.3a	0.2b	0.2b	0.5b	1.8b
Branch compost >2 mm	6.8a	1.5a	50.3a	53.3b	43.3a	952.7a	1180.7a	328.7a	0.2b	0.7b	0.6b	1.9b
Peat	5.4b	1.6a	46.7a	3.0b	37.7a	959.7a	1174.0a	245.3a	0.2b	2.2a	2.3a	6.6a

*Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test).

結 論

本試驗確認果木枝條經堆肥化後，再將其區分成粒徑<2 mm、>2 mm 及不額外過篩處理，皆可應用為萵苣及洋香瓜栽培介質，粒徑<2 mm 之堆肥，其養分含量較未過篩之堆肥豐富，於萵苣生育期間，水溶性硝酸根含量最高且於萵苣生育期間持續供應。果木枝條堆肥應用於農友溫室洋香瓜生產，除粒徑>2 mm 者，第一期作之果實重量較泥炭介質處理組高，第 2 及第 3 期作，洋香瓜種植於 3 種果木枝條堆肥之果實性狀與泥炭介質處理組並無顯著差異，在農友定時滴灌營養液之管理模式下，果木枝條堆肥並不需要額外過篩處理即可應用為栽培介質，考量泥炭開採使用會額外增加溫室氣體，果木枝條循環應用於介質或有助於農業淨零減排政策。

參考文獻

1. 李秀麗、張躍、呂德國、秦嗣軍。2024。枝條堆肥及其還田後對蘋果園土壤養分狀況和植株光合性能之影響。土壤通報，55:1。
2. 許嘉錦、曾宥紘。2024。農業剩餘木質堆肥替代泥炭土對盆菊與聖誕紅生育之影響。臺中區農業改良場研究彙報，163: 73-82。
3. 楊佳晏、黃三光。2017。碎化稻稈替代育苗介質對甘藍及番茄穴盤苗之影響。興大園藝，42(2):1-16。
4. Adamczewska-Sowińska, K., Sowiński, J., Jamroz, E., Bekier, J. 2024. The effect of peat replacement in horticulture media by willow (*Salix viminalis* L.) biomass compost for cucumber transplant production. *Front Plant Sci.* 15:1348073.
5. Bignami, C., Reyes, F., Saccaggi, M., Pane, C., Zaccardelli, M., Ronga, D. 2023. Composts from grapevine and hazelnut by-products: a sustainable peat partial replacement for the growth of micropropagated hazelnut and raspberry in containers. *Horticulturae* 9:481.
6. Chai, S. F., Fu, R., Zou, R., Tang, J. M., Shi, Y. C., Wei, J. Q. 2021. Effects of different calcium ion concentrations on photosynthetic and physiological indexes of calcicole-type and calcifuge-type golden Camellia. *Guihaia.* 41:167-176.
7. Hartz, T. K., Johnstone, P. R., Williams, E., Smith, R. F. 2007. Establishing lettuce leaf nutrient optimum ranges through DRIS analysis. *HortScience horts.* 42:143-146.
8. Keeney, D. R., Nelson, D. W. 1982. Nitrogen-Inorganic Form. p.659-663. In: Page A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin.
9. Lowther, J. R. 1980. Use of single sulfuric acid hydrogen peroxide digest for the analysis of *Pinus radiata*, needles. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 11:175-188.
10. Olsen, S. R., Sommers, L. E. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
11. Stichnothe, H. 2022. Life cycle assessment of peat for growing media and evaluation of the suitability of using the Product Environmental Footprint methodology for peat. *Int J Life Cycle Assess.* 27:1270-1282.
12. Walling, E., Vaneeckhaute, C. 2020. Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability. *J.*

Environ.Manage. 276:111211.

13. Yoshida, S., Forno, D. A., Cock, J. H., Gomez, K. A. 1976. Procedures for routine analysis of zinc, copper, manganese, calcium, magnesium, potassium, and sodium by atomic absorption spectrophotometry and flame photometry. p. 27-34. In: Yoshida, S., Forno, D. A., Cock, J. H., Gomez, K. A. (eds.). Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI. Philippines.

The Application of Tree Branch Compost as Culture Media for Production of Lettuce and Muskmelon¹

You-Hong Zeng^{2*} and Ming-Chich Hsu³

ABSTRACT

In the experiment, tree pruning branches and feather meals were used as main materials for composting, and the pH (1:10), EC (1:10), content of nitrogen, phosphorous and potassium of composting product were 7.3, 0.6 dS/m, 2.1%, 1.6% and 2.2%, respectively. Three composting products were used as culture media for lettuce and muskmelon production including (1) composting product (Branch compost) (2) composting product with particle size less than 2 mm (Branch compost <2 mm), and (3) composting product with particle size larger than 2 mm (Branch compost >2 mm). During consecutive two crop production of lettuce, no further fertilizer was applied, both the highest plant weight and highest leaf nitrogen content was found in the treatment of Branch compost <2 mm accompanying with the highest nitrite ion concentration in the media exudate during cultivation periods. In the experiment of muskmelon planting in above mentioned three compost and peat via three consecutive crop productions with regular dripping nutrient solution. In the first crop, compared with the treatment of peat, higher the fruit weight was found in the treatment of Branch compost and Branch compost <2 mm. In the second and third crop, the fruit weights were no significant difference among the four treatments. The TSS of the fruit among the four treatments in the three crop were no difference. Branch compost can be used as soilless media for substituting imported peat for muskmelon production.

Key words: Tree branch, compost, culture medium, lettuce, muskmelon

¹ Contribution No.1103 from Taichung DARES, MOA.

² Associate researcher of Taichung DARES, MOA.

³ Technician of Taichung DARES, MOA.

*Corresponding Author: You-Hong Zeng, Email: Zengyh@tcdares.gov.tw

