

添加纖維分解菌之農業廢棄物堆肥作為甘藍 穴盤育苗介質

黃 麟 婷¹⁾ 宋 好²⁾

關鍵字：纖維分解菌、農業廢棄物、堆肥、育苗介質

摘要：木屑、蔗渣、番茄殘株添加纖維分解菌 CY1 進行堆肥化作用 12 週後，製成之堆肥其物理性質與慣用泥炭配方相較，木屑與番茄殘株堆肥保水力不佳，磨碎之蔗渣堆肥各性質與泥炭相近。將三種堆肥分別以不同比例與泥炭混合進行甘藍‘高峰’之穴盤育苗，苗株於三種介質之生長狀況皆以 100%堆肥的比例為最佳。與泥炭土栽培相較，番茄殘株堆肥之莖長、葉面積、地上部鮮重則較泥炭高，木屑與蔗渣堆肥則因肥份較少造成植株較小。如配合不同介質特性予以適當之灌溉管理與施肥調整，則此三種堆肥應可取代泥炭作為穴盤育苗之介質。

前 言

為求蔬菜苗株發芽整齊、管理方便與節省種子用量，1970 年代後育苗改以穴盤為主要方式，使用之栽培介質以泥炭為主。開採泥炭時會使泥炭濕地解凍並釋放大量甲烷及二氧化碳到空氣中(Furukawa *et al.*, 2005)，同時破壞大量自然棲地，因此近年來泥炭開採漸受控管，尋找替代介質勢在必行。台灣每年產生之農業廢棄物數量眾多，若無良好處理對策，除了造成環境汙染、垃圾增量外，亦有資源浪費之虞。如能將農業廢棄物妥善處理並回歸農業生產，不僅合乎資源再生，農業永續經營之精神，也是消納如此大量農業廢棄物的重要方向(莊，1997)。利用農業廢棄物做為栽培介質之研究在台灣已有相當成果，唯部份材料不適當的理化性質常成為使用上之限制因子，而改良方式之一是將其進行堆肥化作用。所謂堆肥化作用即為在人為監控的環境下，有機廢棄物經過微生物作用而成腐熟之堆肥(De Bertoldi *et al.*, 1985)。其主要目的包括：降低碳氮比、殺滅病蟲草、改善理化特性、

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教授，通訊作者。

減少有害物質、增加養份有效性等(莊, 1997)。本研究嘗試利用廢棄太空包之木屑、榨糖後之蔗渣與番茄栽培期間修剪之殘株等台灣常見農業廢棄物添加篩選出之纖維分解菌 CY1 來製作堆肥, 並觀察堆肥成品是否可取代泥炭作為甘藍穴盤育苗介質。

材料與方法

一、堆肥原料

本試驗使用金針菇栽培後廢棄太空包之木屑(購自振詠公司)、榨糖後之蔗渣(取自台糖公司)以及栽培期間整枝與收穫後清園之番茄殘株(取自台中石岡優恩蜜觀光果園)三種不同材料作為堆肥碳源, 另以大豆粕(購自振詠公司)作為氮源。由於原料纖維粗大需經過粉碎處理, 且為防止其中原本存在之優勢菌種干擾後續試驗, 因此木屑、蔗渣及番茄殘株等材料取得後先進行曝曬, 待其乾燥後得保存供後續試驗使用。

二、接種菌液製備

CY1 為本研究室分離保存之纖維分解菌菌株, 可應用於堆肥製作中。預先在 PSA 培養基(馬鈴薯汁 200 g、蔗糖 20 g、Agar 17 g/L)中培養 7 日之 CY1 菌株以直徑 5 mm 之打孔器打孔, 將菌絲塊置入裝有 150 ml PDB 液態培養基(200 g 馬鈴薯汁、20 g 蔗糖/L)之三角瓶中震盪培養 14 日, 培養完成之菌液以均質機攪拌均勻, 裝入瓶中冷藏備用。

三、堆肥製作

木屑堆肥於 2014 年 4 月 22 日在中興大學園藝學系園藝試驗場之塑膠布網室中進行。木屑約 500 kg 加入 50 kg 大豆粕混合均勻, 在整平的土地上鋪放雜草抑制席並將材料直接堆積其上成直徑約 2 m, 高約 1 m 之圓錐, 每處理一堆。處理組加入稀釋 200 倍之菌液 100 L, 對照組則加水 100 L。每星期翻堆一次, 視乾燥情況予以補水, 以看起來濕潤, 手握不會有水滴出為準。

蔗渣堆肥於上述同一時間與地點進行, 將容量 130 L 之長方形橘色塑膠桶裝滿約 20 kg 蔗渣並加入 2 kg 大豆粕混合均勻, 每處理兩桶。處理組加入稀釋 200 倍之菌液 12 L, 對照組則加水 12 L。每星期翻堆一次, 補水時以材料可吸飽水而桶底積水不過高為宜。

番茄殘株堆肥於 2014 年 8 月 4 日在中興大學溫室區中遮雨棚下進行。將番茄殘株 6 kg 與 600 g 大豆粕混合均勻後放入容量 60 L 之藍色圓桶中, 每處理一桶。處理組加入稀釋 200 倍之菌液 6 L, 對照組則加水 6 L。每星期翻堆一次, 桶上加蓋但桶底水龍頭不關閉, 使多餘液體可排出。堆積一個月後開始進行淋洗, 每星期以水管直接對桶內堆肥注水進行淋洗 5 分鐘, 淋洗後傾斜桶身加速液體流出使桶內不至於積水。

所有種類的堆肥皆堆置 12 週, 期滿後即不再加水使微生物活動減至最低以備後續試驗, 並且於第 12 週時進行取樣分析。蔗渣及番茄殘株由於材料粗大, 經堆積處理後雖因分解作用而變為較柔軟細小, 但仍然具有部分粗大纖維, 無法用於穴盤育苗, 因此將其送

至中興大學土壤環境科學系楊秋忠教授實驗室進行磨碎處理。

四、堆肥物理性質測定

參考許(2011)之試驗方法，將容積 90 ml 之圓柱狀鋼環底部貼上一紗網，可使介質盛裝其中時不散落並且水分可透出。先測量每個鋼環重量(W1)，再將不同處理之風乾介質以不壓實方式裝入鋼環內使高度與環口切齊，測量風乾介質+鋼環之重量(W2)。將裝滿介質的鋼環置於淺盆並在盆內加水使其吸水一夜，隔日將鋼環底部以保鮮膜密封使水不漏出並輕敲以排出氣泡，緩慢將鋼環內注滿水並注意不可使介質流出或滿出超過鋼環體積，待環內水位切齊環口時測量滿水介質+鋼環重量(W3)。移除保鮮膜使環內積水流出，1 小時後測量潮濕介質+鋼環重量(W4)，測量完後將其送入烘箱烘置恆重，之後測量烘乾介質+鋼環之重量(W5)。

各物理性質計算方式如下：

$$\text{總孔隙度(\%)} = (W3 - W2) / 90 \times 100$$

$$\text{納水力(\%)} = (W4 - W5) / 90 \times 100$$

$$\text{含水率(\%)} = (W4 - W5) / (W4 - W1) \times 100$$

$$\text{空氣孔隙率(\%)} = (W3 - W4) / 90 \times 100$$

$$\text{容積密度(g/ml)} = (W5 - W1) / 90$$

$$\text{吸水比} = (W4 - W5) / (W5 - W1)$$

五、以堆肥作為育苗介質

(一)試驗介質

以下試驗中使用之泥炭皆為泥炭土(Bio-Mix Potting substratum 003B, Tref, Norway)與蛭石、珍珠石以 8:1:1 之比例混合而成。將木屑、蔗渣、番茄殘株三種堆肥各與泥炭以堆肥為 100%、75%、50%、25%的比例混合，將混合好之介質填入 128 格穴盤中，每種介質處理各為 3×8 個穴格，對照組為泥炭。

(二)甘藍育苗試驗

本試驗於 2014 年 11 月 19 日進行，先行澆水預濕介質後，於每穴播入甘藍'高峰'(農友種苗)種子三粒，置於溫室床架上，於第一片本葉長出時進行間拔，一週後每週以 1000 倍葉綠精(獅馬牌，農友種苗)進行葉面施肥一次，育苗期間以苦練油 250 倍混合矽藻土 500 倍噴施防治病蟲害。

(三)植株調查

播種四週後進行植株生育情形調查，調查項目為：莖徑(子葉下 5 mm)、莖長(植株基部到頂芽之長度)、葉面積、地上與地下部鮮乾重。壯苗指數計算方式為：(莖粗/株高 + 地下部重/地上部重)× 全株乾重(葛，1987)。

結 果

一、物理性質

添加CY1 菌株經12週堆積處理之木屑、蔗渣及番茄殘株堆肥其物理性質與泥炭相較，總孔隙度除了木屑堆肥的60.13%、55.77%與番茄殘株處理組的74.53%顯著較低外，其餘處理與泥炭間無顯著差異。納水力方面木屑堆肥不論對照組與處理組皆較泥炭的74.19%為低，蔗渣處理組之67.78%也顯著較泥炭低。含水率除了蔗渣處理組之81.44%與泥炭81.76%無顯著差異外，其餘處理皆顯著較泥炭低。空氣孔隙率以蔗渣的13.93%與18.12%顯著高於其他處理。吸水比與含水率相同，除了蔗渣處理組之4.40 泥炭無顯著差異外，其餘處理皆顯著較泥炭低(表1)。

二、以堆肥作為育苗介質

木屑堆肥中以100%處理之甘藍苗莖徑1.69 mm為最佳，但與75%及25%處理間無顯著差異，而莖長、葉面積、植株鮮乾重與壯苗指數所有處理間皆無顯著差異(表2)。蔗渣堆肥100%與25%處理之莖徑、莖長、植株鮮重與地下部乾重無顯著差異，葉面積以25%處理的31.95 cm²為最佳，但與100%處理的26.08 cm²也無顯著差異，地上部乾重則以25%處理的0.14 g顯著高於其他處理(表3)。100%番茄殘株處理的莖長為4.35 mm，葉面積54.39 cm²，地上部鮮重2.08 g，地下部乾重0.05 g顯著高於其他處理，為所有處理中生長最優者，但壯苗指數各處理間並無顯著差異(表4)。

表1. 以菌株CY1堆肥化之木屑、蔗渣、番茄殘株於堆積第12週時之物理性質

Table 1. The physical properties of spent mushroom substrates, bagasse, and tomato plant residues composted by CY1 at the 12th week.

	總孔隙度 (%)	納水力 (%)	含水率 (%)	空氣孔隙 率(%)	容積密度 (g/ml)	吸水比
木 CK	60.13c ^z	54.15c	76.76c	8.09bc	0.16c	3.31c
木 CY1	55.77c	48.06d	74.80d	9.83bc	0.16c	2.97d
蔗 CK(磨)	80.33a	70.51ab	79.20b	13.93ab	0.19b	3.81b
蔗 CY1(磨)	79.35ab	67.78b	81.44 a	18.12a	0.15c	4.40a
番 CK(磨)	75.50ab	70.49ab	69.81e	9.55bc	0.30a	2.31e
番 CY1(磨)	74.53b	70.94ab	69.90e	9.62bc	0.31a	2.32e
泥炭	75.76ab	74.19a	81.76a	3.81c	0.17c	4.49a

^z: Means with the same letters in a column for each compost are not significantly different by Fisher's least significant difference test at 5% Level.

表 2. 甘藍'高峰'於不同比例木屑堆肥混合泥炭之介質中生育情形

Table 2. The growth of cabbage 'peak' in mediums mixed with different percentages spent mushroom substrates compost and peat.

介質 配方	莖徑 (mm)	莖長 (cm)	葉面積 (cm ²)	地上部 鮮重 (g)	地下部 鮮重 (g)	地上部 乾重 (g)	地下部 乾重 (g)	壯苗 指數 ^z
木 100 ^y	1.69a ^x	3.75a	30.31a	1.18a	0.59a	0.13a	0.04a	0.13a
木 75	1.56ab	3.78a	22.54a	0.90a	0.61a	0.10a	0.03a	0.10a
木 50	1.39b	3.72a	19.20a	0.74a	0.53a	0.08a	0.04a	0.10a
木 25	1.50ab	3.67a	27.31a	1.01a	0.47a	0.11a	0.03a	0.09a

^z : 壯苗指數 = (莖粗/株高+地下部乾重/地上部乾重) × 全株乾重^y : 表示木屑堆肥於介質中所佔比例為 100%。^x : Means with the same letters in a column for each compost are not significantly different by Fisher's least significant difference test at 5% Level.

表 3. 甘藍'高峰'於不同比例蔗渣堆肥混合泥炭之介質中生育情形

Table 3. The growth of cabbage 'peak' in mediums mixed with different percentages bagasse compost and peat.

介質 配方	莖徑 (mm)	莖長 (cm)	葉面積 (cm ²)	地上部 鮮重 (g)	地下部 鮮重 (g)	地上部 乾重 (g)	地下部 乾重 (g)	壯苗 指數 ^z
蔗 100 ^y	1.66a	3.33a	26.08ab	1.07ab	0.79a	0.11b	0.05a	0.16ab
蔗 75	1.56ab	3.27a	21.65bc	0.89bc	0.53bc	0.10bc	0.04a	0.12b
蔗 50	1.45b	2.82b	18.06c	0.70c	0.45c	0.08c	0.04a	0.12b
蔗 25	1.61a	3.43a	31.95a	1.20a	0.69ab	0.14a	0.05a	0.17a

^z : 壯苗指數 = (莖粗/株高+地下部乾重/地上部乾重) × 全株乾重^y : 表示蔗渣堆肥於介質中所佔比例為 100%。^x : Means with the same letters in a column for each compost are not significantly different by Fisher's least significant difference test at 5% Level.

將三種 100%堆肥處理與泥炭相比較，可發現 100%木屑處理之莖徑、莖長、葉面積、地上部鮮重、地下部鮮重皆與泥炭無顯著差異；100%蔗渣處理之葉面積與地上部鮮重顯著小於泥炭之 26.08 cm²與 1.07；100%番茄殘株處理之莖徑、葉面積、地上部鮮重、地下部鮮重與泥炭皆無顯著差異，莖長則顯著高於泥炭。壯苗指數方面三種 100%堆肥處理間無顯著差異，但與泥炭相較，木屑顯著較低(圖 1)。

表 4. 甘藍'高峰'於不同比例番茄殘株堆肥混合泥炭之介質中生育情形

Table 4. The growth of cabbage 'peak' in mediums mixed with different percentages tomato plant residues compost and peat.

介質 配方	莖徑 (mm)	莖長 (cm)	葉面積 (cm ²)	地上部 鮮重 (g)	地下部 鮮重 (g)	地上部 乾重 (g)	地下部 乾重 (g)	壯苗 指數 ^z
番 100	1.88a	4.35a	54.39a	2.08a	0.52a	0.18a	0.05a	0.16a
番 75	1.76a	4.02ab	40.54b	1.57b	0.39ab	0.13a	0.03b	0.11a
番 50	1.84a	3.78bc	42.43ab	1.69cb	0.31b	0.19a	0.03b	0.14a
番 25	1.68a	3.32c	37.94b	1.37b	0.37ab	0.12a	0.03b	0.11a

^z : 壯苗指數 = (莖粗/株高+地下部乾重/地上部乾重) × 全株乾重

^y : 表示番茄殘株堆肥於介質中所佔比例為 100%。

^x : Means with the same letters in a column for each compost are not significantly different by Fisher's least significant difference test at 5% Level.

討 論

一、物理性質

理想介質的物理性必須同時包含良好的保水力及通氣力、適當的比重與總孔隙度。Nelson (1991)認為適合用於溫室栽培之介質其容積比重在 0.64-1.20 g/cm³，含水量在 35%-50%，空氣佔 10%-20% 為佳。De Boodt and Verdonk (1972)則認為理想的盆鉢介質空氣孔隙率為 20%-30%，總孔隙度大於 85%。Abad 等(2001)研究同樣顯示理想介質之空氣孔隙率為 20%-30%，含水率則在 600-1000 ml/L 間。本研究用作為栽培介質標準的慣用泥炭配方其物理性與前人指出之理想數值相較，總孔隙度與空氣孔隙率較低，保水力較好，故仍以此作為堆肥的物理性對照基準。木屑經堆積處理後其總孔隙度、納水力、含水率與吸水比皆低於泥炭，唯空氣孔隙率較高，顯示其保水能力不佳，若用作栽培介質時需謹慎管理澆水頻率。其中添加 CY1 處理的總孔隙度、納水力、含水率與吸水比又低於對照組，推測因微生物作用較活躍，使資材結構崩解較多，造成孔隙率下降連帶影響保水能力。蔗渣經堆積處理後雖在巨觀上可見到原料中的粗大纖維崩解成為較細小之片段，但部分過長之纖維仍無法用於穴盤中，故將堆積完之堆肥再次磨碎處理。磨碎後之蔗渣堆肥添加 CY1 處理之含水率與吸水比皆較對照組高，而總孔隙度與空氣孔隙率則無顯著差異，顯示添加菌株可獲得性值較優良之介質，且處理組之總孔隙度、含水率、吸水比與容積密度皆與泥炭無顯著差異，可稱為接近理想狀態之介質。番茄殘株與蔗渣同樣在堆積後又予以粉碎處理，粉碎後之堆肥對照組與處理組間各物理性並無顯著差異，顯示添加 CY1 對此材料並無影響。而與泥炭相較，其總孔隙度與泥炭相當，空氣孔隙率則較高，使保水力下降，吸水比也約為泥炭之半，用於栽培時與木屑同樣需注意水分管理。

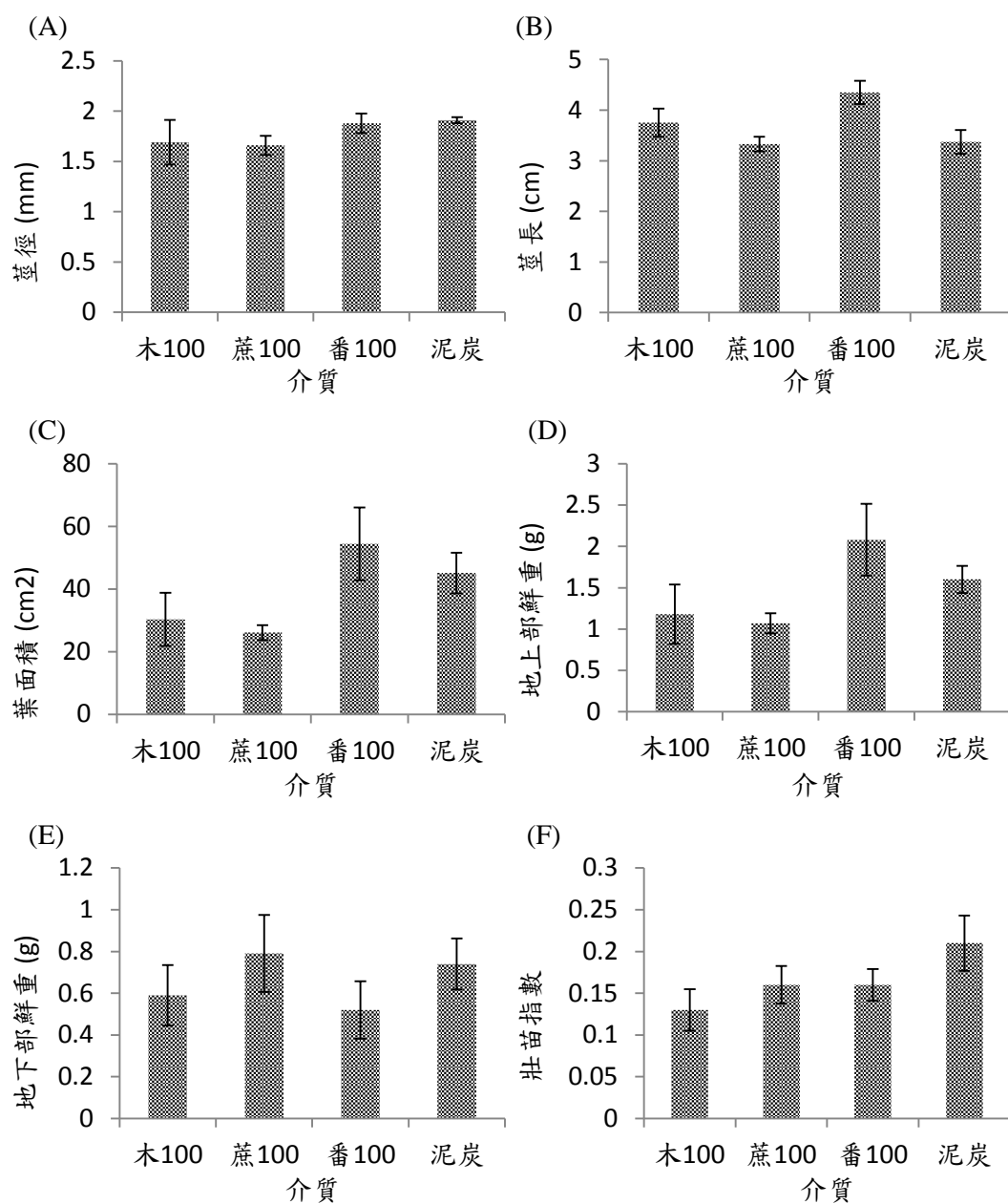


圖 1. 甘藍'高峰'於不同配方介質中生育情形 (A)莖徑、(B)莖長、(C)葉面積、(D)地上部鮮重、(E)地下部鮮重、(F)壯苗指數。

Fig. 1. The growth of cabbage 'peak' in different mediums (A) stem diameter, (B) stem length, (C) leaf area, (D) shoot fresh weight, (E) root fresh weight, (F) seedling index.

二、以堆肥作為育苗介質

為探討以木屑、蔗渣與番茄殘株製成之堆肥是否可取代或部分取代穴盤育苗慣用的泥炭作為栽培介質，本實驗將堆積處理12週之堆肥與泥炭依不同比例混合後用於甘藍育苗。以不同比例木屑堆肥所育成之甘藍苗除莖徑外，在莖長、葉面積、植體鮮乾重與壯苗指數方面各處理間無顯著差異，顯示木屑堆肥於栽培介質中的比例不影響苗株生長，進一步可認定木屑堆肥可100%取代泥炭作為甘藍育苗介質。甘藍苗在100%與25%蔗渣堆肥中生育情形較75%與50%處理來的好，而除了地上部乾重外，兩者間無顯著差異，因此以蔗渣取代泥炭是可行的。在番茄殘株堆肥方面，添加100%的處理其莖長、葉面積與植株鮮重皆較其他處理為優，而莖徑、植株乾重與壯苗指數則無顯著差異，推測因番茄殘株堆肥中含氮量較高，施用達一定量後可促進苗株生長，且有微幅徒長現象。研究指出種苗健壯與否維繫在根系發達程度，若介質中含有高氮肥使幼苗地上部快速生長，在高溫下會造成莖基部徒長且使根系發展較弱，而穴盤苗因穴格小，每株幼苗生長空間有限，穴盤中央的幼苗容易因互相遮蔽光線及濕度高造成徒長(黃等，1989)。

許多研究指出堆肥與泥炭混合後會增加空氣孔隙率並降低保水力(Bustamante *et al.*, 2008; Garcia-Gomez *et al.*, 2002)，而堆肥中高的鹽分含量也是其用於栽培的主要限制因子(Eklind *et al.*, 2001; Sánchez-Monedero *et al.*, 2004)，因此通常用於溫室容器栽培的介質中，堆肥占低比例(25%-50%)時作物擁有最好的生長速率以及產量(Grigatti *et al.*, 2007; Papafotiou *et al.*, 2004)。將三種100%堆肥處理與泥炭比較可發現壯苗指數以泥炭為最佳，三種堆肥間無顯著差異，而番茄殘株堆肥的莖長、葉面積、地上部鮮重則較泥炭高，顯示出苗株雖生長較快卻有徒長現象，木屑與蔗渣堆肥則因肥份較少造成植株較小。本實驗中可以100%堆肥之比例用於甘藍育苗，如配合不同介質特性予以適當之灌溉管理與施肥調整，則此三種堆肥應可取代泥炭作為穴盤育苗之介質。

參 考 文 獻

- 莊作權。1997。土壤肥料。三民書局股份有限公司。台北。362pp.
- 黃泮宮、薛佑光、李美娟。1989。蔬菜穴盤育苗技術。農民淺說五〇七-特產〇四五。台灣省政府農林廳編印。
- Abad, M., P. Noguera, and S. Bures. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresour. Technol.* 77: 197-200.
- Bustamante, M. A., C. Paredes, R. Moral, E. Agulló, M. D. Pérez-Murcia, and M. Abad. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Resour. Conserv. Recy.* 52: 792-799.
- De Bertoldi, M., G. Vallint, A. Pera, and F. Zucchini. 1985. Technological aspects of composting including modeling and microbiology. In: *Composting of agricultural and other wastes*, J. K. R. Gasser (eds.), Elsevier Applied Science, London, UK. pp. 27-40.
- De Boodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26: 37-44.
- Eklind, Y., B. Ramert, and M. Wivstad. 2001. Evaluation of growing media containing farmyard manure compost, household waste compost or chicken manure for the propagation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) transplants. *Biol. Agric. Hortic.* 19: 157-181.
- Furukawa, Y., K. Inubushi, M. Ali, A. M. Itang, and H. Tsuruta. 2005. Effect of changing groundwater levels caused by land-use changes on greenhouse gas fluxes from tropical peat lands. *Nutr. Cycl. Agroecosys* 71(1): 81-91.
- Garcia-Gomez, A., M. P. Bernal, and A. Roig. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresour. Technol.* 83: 81-87.
- Grigatti, M., M. E. Giorgioni, and C. Ciavatta. 2007. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresour. Technol.* 98: 3526-3534.
- Nelson, P. V. 1991. *Greenhouse Operation Management*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 612pp.
- Papafotiou, M., M. Phsyhalou, G. Kargas, I. Chatzipavlidis, and J. Chronopoulos. 2004. Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia. *Sci. Hortic.* 102: 167-175.
- Sánchez-Monedero, M. A., A. Roig, J. Cegarra, M. P. Bernal, P. Noguera, M. Abad, and A. Antón. 2004. Composts as media constituents for vegetable transplant production. *Compost Sci. Util.* 12: 161-168.

Agricultural Waste Composted by Cellulose-Decomposing Microbial for Cabbage Plug Seedlings

Ling-Ting Huang ¹⁾ Yu Sung ²⁾

Key words: Cellulose-decomposing microbial, Agricultural wastes, Compost, Seedling medium

Summary

Spent mushroom substrates (SMS), bagasse and tomato plant residues (T) were composted by CY1. After 12 weeks, the water-holding capacities of SMS and T composts were lower than that of peat, while the physical properties of milled bagasse compost were similar to those of peat. Seedlings of cabbage 'peak' were grown in plugs with different media composed of the three composts mixed in different proportions with peat, and the greatest growth vigor was observed in media with a 100% proportion of the three kinds of compost. Seedlings exhibited a higher stem length, greater leaf area and greater shoot fresh weight when grown in T medium as compared with peat, but when grown in SMS and bagasse, the plants were smaller due to the lower nutrient content. If the irrigation and fertilization management strategies can be adequately adjusted, all three composts could be substituted for peat as a plug seedling medium.

1) Student in Ph.D Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.