

碎化稻稈替代育苗介質對甘藍及番茄 穴盤苗之影響

楊 佳 晏¹⁾ 黃 三 光²⁾

關鍵字：稻稈、育苗介質、介質理化性質、'高峰'甘藍、'小蜜'番茄

摘要：本研究探討碎化稻稈與泥炭土混合之介質是否可供作甘藍與番茄作物育苗之用，期望能將農產廢棄物之一的稻稈再利用並減緩蔬菜育苗業者對進口泥炭土之依賴。在以不同比例碎化稻稈(0 %、5 %、25 %和 50 %)與泥炭土混合後作為甘藍與番茄穴盤苗栽培介質之試驗中，介質原料之化學性質分析顯示碎化稻稈之酸鹼度偏鹼性，電導度則略低於商用育苗介質，物理性質分析顯示碎化稻稈之添加可增加介質的總孔隙度。發芽試驗結果顯示，甘藍與番茄種子於添加碎化稻稈之介質濾液中之發芽率與對照組無顯著差異，說明碎化稻稈對甘藍與番茄種子之發芽並無抑制作用。在甘藍及番茄之育苗試驗中，甘藍幼苗之狀苗指數與絕對生長速率在碎化稻稈含量為 5 %之混合介質處理與對照組相較無顯著差異，顯示碎化稻稈可取代 5 %泥炭土作為甘藍育苗介質之用，而應用於番茄育苗介質時則可取代高達 25 %之泥炭土。

前 言

台灣目前多應用自動化穴盤育苗系統生產優良蔬菜幼苗，藉由合適的介質栽培環境及有效地栽培管理培育出健壯的蔬菜幼苗，以避免品質不一或衰弱之幼苗影響後續作物之生長。綜觀目前所使用的蔬菜育苗介質大多為國外進口的泥炭土，不僅需要較高之成本，開採過程亦造成環境之破壞。為了降低生產成本同時兼顧環境之永續發展，如何將本土之農業副產物開發與應用於育苗介質便為一重要之發展方向。

理想的育苗介質需有適當的物理性、化學性及生物性，介質的理化特性會影響穴盤苗

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助理教授，通訊作者。

的生長與發育，配合栽培之作物幼苗種類選擇適合的栽培介質是育成優良穴盤苗的重要因素。此外，在選擇介質的同時應考量其本土性及經濟性等因素，以合乎生產成本與經濟效益。

稻稈為水稻收穫後留於田間之殘株，是目前國內最大宗農業副產物，部分農民至今仍習慣將稻草經日曬後就地掩埋或燃燒，但焚燒稻稈易造成環境嚴重污染，亦妨礙行車安全，因此本研究探討將稻稈碎化後應用於蔬菜育苗介質之可行性，期將稻稈妥善的處理或資源化，不僅能減輕對生態環境的污染，更可藉以創造新的經濟效益。

材料與方法

一、試驗材料

- (一) 泥炭土(peat moss)：採用德國 Klasmann-Deilmann 公司生產的 Potground H 商用育苗介質(中纖黑泥炭 90 %、白泥炭 10 %)，代號為 P。
- (二) 碎化稻稈(shredded rice straw)：稻稈取自農民，為一般慣行農法栽培之水稻，稻稈經碎化後以孔徑 8 mm 篩網篩選，代號為 RS。
- (三) 植物材料：以農友種苗股份有限公司之'高峰'甘藍與'小蜜'番茄作為試驗用作物。

二、試驗方法

(一) 介質混合處理

將稻稈風乾後以碎枝機(Tailing, Taiwan)破碎，並以 8 mm 之篩網篩過後備用。泥炭土和碎化稻稈，再以不同體積比例混合成育苗介質。碎化稻稈混合介質處理之代號及混合比例如表 1 所示。

表 1. 碎化稻稈混合介質試驗各介質處理代號及混合比例之說明

Table 1. Treatment description of the peat moss amended with shredded rice straw.

處理代號	介質及混合比例
P	Peat moss
RS	Rice straw
P95RS5	P : RS = 95 : 5 (v : v)
P75RS25	P : RS = 75 : 25 (v : v)
P50RS50	P : RS = 50 : 50 (v : v)

(二) 介質物理性質測定

測定方法乃依據 Fonteno 和 Bilderback (1993)之方法再予以修改。使用直徑 4.8 cm、高 5 cm、體積約 90 ml，底部封有平絹網(150 目)之鋼環作為物理性質測定容器。首先秤量

鋼環重量(W_r)，並取聚氯乙稀膜將鋼環底部密封，使鋼環底部不透水，接著將水倒入鋼環中直到水面與鋼環頂部面切齊，計算倒入之水量即為鋼環體積(V_r)。取試驗之介質以不外加壓力之方式填滿鋼環，此時介質填滿鋼環之體積等於鋼環體積($V_m=V_r$)，並秤重(W_1)。再緩慢將水加入填滿介質之鋼環，使介質吸水直到水面與鋼環頂部面切齊，在水份不溢出的情況下，秤重(W_2)並計算加入水的重量($W_{add}=W_2-W_1$)。接著去除聚氯乙稀膜，使水從鋼環底部流出，待底部不再滴水後，秤重(W_3)並計算流出水重量($W_{drop}=W_2-W_3$)與潮濕介質重量($W_{wm}=W_3-W_r$)。最後將鋼環放入烘箱，以 70-80 °C 乾燥 36 小時以上，秤重(W_{dry})並計算乾燥介質重量($W_{dm}=W_{dry}-W_r$)。每處裡三重複。計算各物理特性如下：

1. 總孔隙度(total porosity, TP)=[$(W_{add}+W_1-W_{dry})/V_m$] x 100%
2. 容器含水量(container capacity, CC)=[$(W_{wm}-W_{dm})/V_m$] x 100%
3. 空氣孔隙率(air space, AS)=(W_{drop}/V_m) x 100%
4. 介質總體密度(bulk density, BD)= W_{dm}/V_m

(三) 介質酸鹼值(pH)與電導度(EC)之測定

取試驗介質 5 g 於燒杯中，加入 25 ml 去離子水(1:5)。接著以 100 rpm 震盪一小時後，靜置 30 分鐘。再使用濾紙(ADVANTEC NO.1)過濾取得濾液，分別以 pH meter (Suntex-SP-23, Taiwan)與 EC meter (Suntex-SP 170, Taiwan)測定各介質濾液之 pH、EC 值。每處裡三重複。

(四) 介質總碳含量測定

依據 Nelson 和 Sommers (1982)之分析方法再予以修改，利用排水集氣法，流速維持 40-60 ml/min，收集樣本之二氧化碳流入裝有 1183 ml 0.1 N H_2SO_4 之量筒中。首先將瓷舟盛放入少許 MnO_2 (MnO_2 為催化劑，測量過程中不取出)後，置入 950 °C 之管狀高溫爐，再精秤 0.01 g 乾燥樣品粉末置於另一瓷舟中，將樣品置入高溫爐後塞緊橡皮塞並計時十分鐘，十分鐘後關閉氣閥，紀錄液面高度並以樣針抽取氣體，再以紅外線測定儀(Maihak UNOR610, Germany)檢測其二氧化碳濃度。精秤 0.0125 g glucose 作為標準品，計算碳回收率，再將測定樣品之二氧化碳濃度推回其原總碳含量，單位為%。每處裡三重複。

(五) 介質總酚含量測定

取乾燥試驗介質 2.5 g 於燒杯中，加入 20 ml 去離子水混合均勻，於室溫下震盪一小時，以 ADVANTEC NO.1 濾紙過濾後取 1 ml 萃取液於試管中，依序加入飽和碳酸鈉(Na_2CO_3)水溶液 1 ml 和 Folin-Ciocalteu phenol reagent (Ferak Berlin GmbH, Germany) 0.5 ml，震盪均勻後靜置 30 分鐘，再利用 Elisa Reader(BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω, Germany)測定溶液於 660 nm 之吸光值，標準品以 gallic acid 配製，每處理三重複。

(六) 介質總氮含量測定

參考 Micro-Kjeldahl 法(Cunniff, 1995)。精秤 0.2 g 乾燥樣品粉末包於濾紙(ADVANTEC NO.1)後投入分解管中，加入 1 g 之催化劑(selenium reagent mixture, Merck 8030, Germany)及 4.5 ml 濃硫酸，接著置於分解爐中以 410 °C 加熱分解，分解期間每隔 1 小時轉動試管，

將管壁殘留物以管中液體洗下，待管中液體呈澄清之綠色且無白煙冒出後即視為分解完畢，取出冷卻後加入 15 ml 蒸餾水。完全分解的樣品移至 Micro-Kjeldahl 裝置，加入 20 ml 的 12N NaOH，通蒸氣使其氯化，氮氣以承裝 20 ml 燒氮指示劑(含 bromocresol green 19 μ M 與 metyl red 25 μ M 之 2 % 硼酸溶液)之塑膠燒杯蒐集，至塑膠燒內液體達 50 ml 為止，再以 1/14 N H₂SO₄ 進行滴定，並計算氮於樣品中之百分比，單位為 %。每處裡三重複。

(七) 介質有效性磷、鉀、鎂與鈣元素測定

依據孟立克氏法(Mehlich's method)再予以修改。取風乾之試驗介質 2.5 g 於燒杯中，加入 50 ml 之雙酸萃取液(0.05 N HCl-0.025 N H₂SO₄)，震盪一小時後先以濾紙(ADVANTEC NO.1)過濾，再以濾紙(Whatman NO.42)過濾，將濾液盛裝於 PE 瓶中於 4 °C 保存以備測定。每處裡三重複。有效性磷使用 Elisa Reader(BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω , Germany)測定，而有效性鉀、鎂與鈣則使用原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer, Hitachi Z-2300, Japan)測定。每處裡三重複。

1. 磷：依據鉬黃法(Vanadate-Molybdate Yellow Method)，取 1 ml 濾液於試管中，依序加入 3 ml 去離子水和 1 ml 鉬黃試劑[1000 ml 試劑中包含(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O 22.5 g 及 NH₄VO₃ 1.25 g 溶於 25 % HNO₃]混合均勻後靜置三十分鐘。以 Elisa Reader(BMG LABTECH, FLUOstar Omega Ω , Germany)測定溶液在 470 nm 的吸光值，標準液以 KH₂PO₄ 配置，單位為 %。
2. 鉀、鎂：取稀釋十倍之濾液 0.5 ml 加入 9.5 ml 去離子水，震盪均勻後以原子吸收光譜儀測定濃度，單位為 %。
3. 鈣：取稀釋十倍之濾液 1 ml，依序加入去離子水 8 ml 及 5 % 氧化鏷 1 ml (La₂O₃, Lanthanum oxide，溶於 25 % 硫酸溶液)，震盪均勻混合後以原子吸收光譜儀測定濃度，單位為 %。

(八) 發芽試驗

修改自林(1993)，秤取試驗介質 5 g 置於燒杯中，加入 25 ml 去離子水混合均勻，在 70 rpm 振盪 16 小時後，以 ADVANTEC NO.1 濾紙過濾取得濾液。取甘藍種子及番茄種子 30 粒置於於底部鋪有 ADVANTEC NO.1 濾紙的玻璃培養皿(直徑 5.9 cm、高度 1.6 cm、容積約 20 ml)內，每培養皿內含介質濾液 1 ml。接續於 25 °C 黑暗之恆溫生長箱中進行發芽試驗，試驗進行四至五天。每處理三重複，每皿為一重複，調查每日種子發芽顆數，計算其發芽率(%)與平均發芽天數。

(九) 育苗試驗

試驗採用番茄與甘藍種子，其中番茄種子播種前需先浸種四小時。首先將介質填裝於 128 穴格之 PE 材質穴盤(直徑 3 cm、高 3 cm、容積約 19.3 cm²)，再將甘藍和番茄種子分別播種於不同穴盤中，播種後先於室內進行催芽，甘藍堆積兩日、番茄三日，再移至中興大學園藝系溫室內育苗，每日澆水並注意病蟲害管理。待本葉生長後每週施肥兩次，使用美國花寶公司之花寶 2 號(HYPONEX; N:P:K=20:20:20)肥料，稀釋 2000 倍後施用。每處理

三重複。

幼苗栽培期間使用 HOBO Temperature/Relative Humidity Data Logger (U23-001, Onset, USA)及 HOBO Pendant Temperature/Light Data Logger (UA-002-64, Onset, USA)紀錄溫室內之溫度、濕度和光度。

(十) 穴盤苗生育性狀調查

取四週苗齡之甘藍及番茄幼苗進行以下生育性狀調查，每處理三重複，每重複取十株正常健壯之苗株。

1. 莖徑：以游標尺量取苗株子葉至莖基部中段之莖粗，單位為公厘(mm)。
2. 莖長：苗株生長點至基部的長度，單位為公分(cm)。
3. 地上部鮮重：取苗株之地上部稱重，單位為公克(g)。
4. 地上部乾重：取苗株地上部置於紙袋中，於 70 °C 烘箱中 3 天後稱重，單位為公克(g)。
5. 地下部鮮重：取苗株洗淨後之地下部，用紙巾將水分吸乾後稱重，單位為公克(g)。
6. 地下部乾重：取苗株洗淨後之地下部置於紙袋中，於 70 °C 烘箱中 3 天後稱重，單位為公克(g)。
7. 葉面積：以 LI-COR 3100A (LI-COR, Lincoln Neb, USA)葉面積儀測量所有本葉展開之葉面積，單位為平方公分(cm²)。

(十一) 壯苗指數與絕對生長速率換算(修改自葛，1987; 薛等，2000; 方和張，2007)

1. 壯苗指數一：地上部乾重/莖長
2. 壯苗指數二：葉面積/莖長
3. 壯苗指數三： $(\text{莖徑}/\text{莖長}) \times \text{地上部乾重}$
4. 壯苗指數四： $[(\text{莖徑}/\text{莖長}) + (\text{地下部鮮重}/\text{地上部鮮重})] \times \text{全株乾重}$
5. 絕對生長速率： $\text{全株乾物重}(g) \times 100 / \text{生育日數}$

三、統計分析

數據統計採隨機完全區集設計(Randomized Complete Block Design, RCBD)。調查所得數據以 SAS 套裝軟體 9.1 版(SAS Institute, Cary, NC)中的 ANOVA (analysis of variance procedure)進行變方分析($\alpha=0.05$)，以 Fisher's LSD 進行試驗各處理間平均值的比較。

結 果

一、碎化稻稈混合介質物理與化學性質分析

介質之物理性質分析結果顯示泥炭土之總孔隙度為 83.74 %、容器含水量為 62.41 %、空氣孔隙率為 21.33 %、總體密度為 0.120 g/cm³，而碎化稻稈之總孔隙度為 94.30 %、容器含水量為 39.30 %、空氣孔隙率為 55.0 %、總體密度為 0.03 g/cm³。泥炭土與碎化稻稈兩者以不同比例混合後之介質，總孔隙度與空氣孔隙率明顯較泥炭土高，但容器含水量明顯低於泥炭土。碎化稻稈之總體密度顯著低於泥炭土，泥炭土與碎化稻稈兩者之混合介質隨

著碎化稻稈之比例越多總體密度越低 (表 2)。

表 2. 泥炭土、碎化稻稈及泥炭土與碎化稻稈混合介質之物理性質

Table 2. Physical properties of peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	總孔隙度 TP (%)	容器含水量 CC (%)	空氣孔隙率 AS (%)	總體密度 BD (g/cm ³)
P ^z	83.74 c ^y	62.41 a	21.33 d	0.120 a
RS	94.30 a	39.30 d	55.00 a	0.030 e
P95RS5	88.11 b	48.93 c	39.19 b	0.095 b
P75RS25	88.19 b	52.89 b	35.30 c	0.090 c
P50RS50	87.48 b	53.37 b	34.11 c	0.076 d

TP: total porosity, CC: container capacity, AS: air space, BD: bulk density.

^z代號說明參見表 1。

^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

介質 pH 值之分析結果顯示，在介質材料中，泥炭土之 pH 值為 5.64，碎化稻稈 pH 值為 7.33，碎化稻稈之 pH 值明顯高於泥炭土。泥炭土混合 25 % 至 50 % 之碎化稻稈後，其 pH 值會隨著碎化稻稈混合比例增多而提升，然而混合 5 % 碎化稻稈之混合介質 pH 值則與泥炭土相似，兩者無顯著差異(表 3)。

各原料所測得之電導度，泥炭土為 0.82 dS/m，碎化稻稈為 0.64 dS/m，碎化稻稈之電導度略低於泥炭土。泥炭土與碎化稻稈混合後，混合介質之電導度皆隨著碎化稻稈的混合比例增多而有下降之趨勢(表 3)。

在總碳含量方面，泥炭土的總碳含量為 69.79 %，而碎化稻稈為 58.88 %，泥炭土之總碳含量明顯高於碎化稻稈，混合不同比例碎化稻稈之介質總碳含量皆與泥炭土相似(表 3)。在介質總酚含量部分，泥炭土的總酚含量為 148.34 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ，而碎化稻稈為 749.82 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ，碎化稻稈有明顯較高之總酚含量，在混合介質中，只有 P50RS50 的總酚含量高於泥炭土，為 262.22 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ ，其餘混合介質之總酚含量則低於泥炭土(表 3)。

植物可利用之營養元素可分為大量元素及微量元素，本次試驗中所測定介質之大量元素包含氮、磷、鉀、鈣、鎂，微量元素包含鐵、錳、鋅、銅，其中又以氮、磷、鉀含量對於植物生長最為重要。在總氮含量方面，泥炭土之總氮含量為 1.020 %，碎化稻稈為 0.543 %，碎化稻稈具有最低之總氮含量，混合不同比例碎化稻稈之介質則有與泥炭土類似或較高的總氮含量(表 4)。在有效磷方面，相較於有效磷含量為 0.037 % 的碎化稻稈，泥炭土具有較低的有效磷含量，為 0.006 %，混合介質中，只有 P50RS50 的有效磷含量高於泥炭土。

在有效鉀方面，碎化稻稈有最高的有效鉀含量，為 0.742 %，泥炭土相較於碎化稻稈具有表 3. 泥炭土、碎化稻稈及泥炭土與碎化稻稈混合介質之酸鹼值(pH)、電導度(EC)、總碳含量(C)及總酚含量(TPC)

Table 3. Chemical properties of peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	pH	EC (dS/m)	C (%)	TPC ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$)
P ^z	5.64 d ^y	0.82 a	69.79 a	148.34 c
RS	7.33 a	0.64 d	58.88 bc	749.82 a
P95RS5	5.58 d	0.80 ab	69.91 a	68.41 d
P75RS25	5.85 c	0.76 bc	66.28 ab	94.66 d
P50RS50	6.27 b	0.77 c	66.92 ab	262.22 b

EC: electrical conductivity, C: contents of total carbon, TPC: contents of total phenol.

^z代號說明參見表 1。

^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 4. 泥炭土、碎化稻稈及泥炭土與碎化稻稈混合介質之大量營養元素含量

Table 4. Macronutrient contents of peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
P ^z	1.020 b ^y	0.006 d	0.056 d	0.538 b	0.129 b
RS	0.543 c	0.037 a	0.742 a	0.205 c	0.140 b
P95RS5	1.079 ab	0.008 cd	0.089 cd	0.786 a	0.224 a
P75RS25	1.139 a	0.005 d	0.127 c	0.781 a	0.232 a
P50RS50	1.092 ab	0.013 bc	0.265 b	0.783 a	0.224 a

^z代號說明參見表 1。

^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

較低的有效鉀含量，為 0.056 %，在碎化稻稈與泥炭土兩者混合之介質中，隨著碎化稻稈的混合比例越多，混合介質之有效鉀含量越高。在鈣含量上，泥炭土的鈣含量為 0.538 %，碎化稻稈的含量最低，為 0.205 %，混合不同比例碎化稻稈的混合介質相較於泥炭土有較高的鈣含量，介於 0.781-0.786 %。有效鎂含量以泥炭土 0.129 % 為最低，碎化稻稈之有效鎂含量為 0.140 %，混合不同比例碎化稻稈的混合介質之有效鎂含量皆高於泥炭土，介於 0.224-0.232 % (表 4)。

二、碎化稻稈混合介質濾液種子發芽試驗

健康種子於介質中的發芽與否可判定介質是否適合植物生長，是以本試驗透過使用不同介質之濾液於培養皿進行種子發芽試驗，觀察介質濾液對甘藍及番茄種子發芽之影響。甘藍種子於介質原料泥炭土及碎化稻稈濾液中之發芽率分別為 91.67 % 和 88.33 %，番茄種子之發芽率則同樣都為 96.67 %，顯示稻稈對甘藍及番茄種子發芽並無抑制作用，在混合碎化稻稈之介質濾液中，甘藍種子之發芽率雖然在各處理間有些微差異，但皆達 80 % 以上，而番茄種子之發芽率則都高達 90 % 以上(表 5)。本試驗除了對於種子的發芽率進行調查，亦針對其平均發芽日數進行調查，觀察各介質對甘藍及番茄種子是否有延緩發芽之影響，甘藍種子於介質原料泥炭土及碎化稻稈濾液中之平均發芽日數分別為 2 天和 2.18 天，兩者無顯著差異，代表稻稈並不會延遲甘藍種子之發芽，而番茄種子之平均發芽日數則為 3.26 天和 3.51 天，兩者無顯著差異，顯示稻稈對番茄而言並無延緩種子發芽之情形，在混合碎化稻稈之介質中，甘藍種子之平均發芽日數與泥炭土均無顯著差異，而番茄種子之平均發芽日數介於 3.22-3.50 天，與泥炭土均無顯著之差異(表 5)。

表 5. 泥炭土、碎化稻稈及泥炭土與碎化稻稈混合介質對甘藍及番茄種子發芽影響

Table 5. Germination rate of cabbage and tomato seeds grown in peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	甘藍 (Cabbage)		番茄 (Tomato)	
	發芽率 Germination rate (%)	平均發芽日數 Mean days to germination (days)	發芽率 Germination rate (%)	平均發芽日數 Mean days to germination (days)
P ^z	91.67 ab ^y	2.00 a	96.67 a	3.26 a
RS	88.33 bc	2.18 a	96.67 a	3.51 a
P95RS5	86.67 c	2.08 a	95.00 a	3.23 a
P75RS25	83.33 c	2.02 a	96.67 a	3.22 a
P50RS50	93.33 a	2.04 a	91.67 a	3.50 a

^z代號說明參見表 1。

^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at

5% level.

三、碎化稻稈混合介質育苗試驗

將混合介質應用於 128 格穴盤中進行甘藍育苗試驗，於四週後進行甘藍幼苗之生育調查。結果顯示 P95RS5 處理之幼苗在莖長與地下部鮮重顯著高於泥炭土對照組，其餘之性狀調查則與泥炭土對照組無顯著差異，而 P75RS25 處理在莖徑、地下部鮮重及乾重與泥炭土對照組無顯著差異，其餘性狀則顯著不如泥炭土對照組(表 6)。P95RS5 處理之狀苗指數和絕對生長速率與泥炭土對照組無顯著差異，而 P75RS25 處理在狀苗指數一、三和四與泥炭土對照組無顯著差異，狀苗指數二和絕對生長速率則略低於泥炭土對照組，P50RS50 處理之狀苗指數和絕對生長速率大多顯著低於泥炭土對照組(表 7)，顯示稻稈可取代 5 % 泥炭土作為甘藍育苗介質之用。

同樣將混合介質應用於 128 格穴盤進行番茄育苗試驗，四週後調查番茄幼苗之生育情形。結果顯示 P95RS5 處理在所有的性狀皆顯著高於泥炭土對照組，而 P75RS25 處理在各性狀相較於泥炭土對照組則皆無顯著差異(表 8)，P95RS5 處理在狀苗指數一和四與泥炭土對照組無顯著差異，狀苗指數二、三和絕對生長速率則顯著高於泥炭土對照組，而 P75RS25 處理之狀苗指數和絕對生長速率均與泥炭土對照組無顯著差異(表 9)。此結果顯示泥炭土混合 5 % 稻稈可較泥炭土對照組培育出更健壯之番茄移植苗且稻稈可取代 25 % 之泥炭土作為番茄育苗介質。

表 6. 碎化稻稈與泥炭土混合介質對甘藍苗生長之影響

Table 6. Growth parameters for cabbage seedlings grown in peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	莖徑 Stem dia. (mm)	莖長 Stem length (cm)	地上部 Shoot		地下部 Root		葉面積 Leaf area (cm ²)
			鮮重	乾重	鮮重	乾重	
			Fw (g)	Dw (g)	Fw (g)	Dw (g)	
P ^z	2.46 a ^y	6.55 b	1.32 a	0.15 a	0.08 bc	0.022 ab	35.79 a
P95RS5	2.60 a	7.79 a	1.55 a	0.16 a	0.24 a	0.029 a	42.25 a
P75RS25	2.67 a	5.04 c	0.83 b	0.10 b	0.08 bc	0.029 a	18.77 b
P50RS50	1.44 b	3.32 d	0.36 c	0.05 c	0.16 ab	0.027 a	6.52 c

^z代號說明參見表 1。

^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 7. 碎化稻稈與泥炭土混合介質對甘藍苗狀苗指數與絕對生長速率之影響

Table 7. Seedling index and absolute growth rate for cabbage seedlings grown in peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	狀苗指數一 Seedling index 1	狀苗指數二 Seedling index 2	狀苗指數三 Seedling index 3	狀苗指數四 Seedling index 4	絕對生長速率 Absolute growth rate
P ^z	0.023 a ^y	5.477 a	0.058 a	0.077 a	0.585 a
P95RS5	0.021 a	5.444 a	0.055 a	0.095 a	0.645 a
P75RS25	0.021 a	3.694 b	0.055 a	0.083 a	0.443 b
P50RS50	0.014 b	1.975 c	0.021 b	0.066 ab	0.246 c

^z代號說明參見表 1。^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 8. 碎化稻稈與泥炭土混合介質對番茄苗生長之影響

Table 8. Growth parameters for tomato seedlings grown in peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	莖徑 Stem dia. (mm)	莖長 Stem length (cm)	地上部 Shoot		地下部 Root		葉面積 Leaf area (cm ²)
			鮮重 Fw (g)	乾重 Dw (g)	鮮重 Fw (g)	乾重 Dw (g)	
P ^z	1.81 bc ^y	12.78 b	0.63 bc	0.08 b	0.23 b	0.017 b	0.63 b
P95RS5	2.37 a	21.15 a	1.45 a	0.14 a	0.29 a	0.021 a	1.45 a
P75RS25	1.97 b	12.48 bc	0.74 b	0.07 bc	0.23 b	0.016 b	0.74 b
P50RS50	1.18 d	6.36 d	0.23 d	0.02 d	0.12 c	0.009 c	0.23 c

^z代號說明參見表 1。^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 9. 碎化稻稈與泥炭土混合介質對番茄苗狀苗指數與絕對生長速率之影響
 Table 9. Seedling index and absolute growth rate for tomato seedlings grown in peat moss, shredded rice straw, and shredded rice straw-containing substrates.

處理 Treatments	狀苗指數一 Seedling index 1	狀苗指數二 Seedling index 2	狀苗指數三 Seedling index 3	狀苗指數四 Seedling index 4	絕對生長速率 Absolute growth rate
P ^z	0.0063 a ^y	0.725 bc	0.011 b	0.050 a	0.326 b
P95RS5	0.0067 a	1.126 a	0.016 a	0.052 a	0.546 a
P75RS25	0.0055 ab	0.812 b	0.011 b	0.040 ab	0.283 b
P50RS50	0.0037 c	0.395 d	0.004 c	0.023 c	0.108 c

^z代號說明參見表 1。

^yMeans with the same letter(s) in a column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

討 論

一、碎化稻稈混合介質物理與化學性質分析

在商業栽培的育苗介質中，理想的物理性質範圍如下：總孔隙度介於 50 至 85 %，空氣孔隙率介於 10 至 30 %，容器含水量介於 45 至 65 %，而總體密度介於 0.19 至 0.70 g/cm³ 間(Yeager *et al.*, 1997; Zhang *et al.*, 2012)。在本次試驗中，碎化稻稈相較於泥炭土有顯著較高之總孔隙度和空氣孔隙率，因此泥炭土與不同比例碎化稻稈混合後，混合介質的總孔隙度和空氣孔隙率明顯比泥炭土高，甚至高於總孔隙度和空氣孔隙率的理想範圍(表 2)，較高的總孔隙度和空氣孔隙率代表介質中空隙量高，介質的通氣性好(Bunt, 1983)。在容器含水量方面，碎化稻稈相較於泥炭土有顯著較低之容器含水量，因此在混合碎化稻稈後之介質其容器含水量亦皆低於泥炭土，但各混合介質的容器含水量均落於理想的容器含水量範圍內(表 2)。在總體密度方面，碎化稻稈之總體密度顯著低於泥炭土，泥炭土與碎化稻稈混合後，混合介質之總體密度皆顯著低於泥炭土，總體密度代表著單位體積的介質重量，因此可能因稻稈質輕而降低了混合介質之總體密度，然栽培過程中各混合介質並未發生因介質質輕而有易倒伏之現象。

本試驗測量之介質化學性質包括酸鹼度(pH)、電導度(EC)、營養元素含量等。介質之 pH 值會影響作物根系對不同元素吸收的能力，pH 值之變化使得介質溶液中 H⁺ 或 OH⁻ 過高或過低，影響介質溶液中離子的有效性及平衡，進而導致作物發生營養障礙(Arnon and Johnson, 1942)。一般商用育苗介質多使用泥炭土，其酸鹼值通常偏酸性(Verdonck *et al.*,

1982)。蔬菜幼苗對 pH 值的反應較敏感，不同作物有不同的 pH 值適應範圍，依據過去研究整合出栽培介質合適的 pH 值乃介於 5.3 至 7.0 之間(Abad *et al.*, 2001; 崔和王, 2001)。

各供試介質之 pH 值測定結果顯示，泥炭土偏微酸性，而碎化稻稈則偏鹼性，碎化稻稈之 pH 值明顯高於泥炭土，在混合介質中，P95RS5 與泥炭土之 pH 值無顯著差異，但由 P75RS25 和 P50RS50 之 pH 值可觀察到隨著碎化稻稈應用比例增多，混合介質之 pH 值也會隨之提升，然而其酸鹼度仍落於理想的範圍內(表 3)。Wang 等人(2015)研究發現將稻稈施用於稻田後，土壤 pH 值有上升之情形，與本試驗有相似之結果。

電導度乃反映介質中已解離的鹽類溶液濃度，會直接影響介質水分滲透潛勢和作物根系對各種元素的吸收，EC 值越高表示介質之養分含量越多，但若栽培介質之 EC 值過高時，介質中可溶性鹽類濃度提升，滲透壓較高，會導致植物難以吸收水分及養分(Ludwig *et al.*, 2013; Shin and Son, 2015)。每種作物適合之 EC 值範圍皆不相同，Zhang 等人(2012)建議穴盤栽培介質的 EC 值應低於 2.5 dS/m，避免鹽類過多而抑制種子發芽及幼苗生長，EC 值過高的介質可經由淋洗後再使用。本次試驗中，碎化稻稈之 EC 值顯著低於泥炭土，混合介質之 EC 值皆隨著碎化稻稈的應用比例增多而下降(表 3)，並未發生有高過建議上限之現象。

有機物中的主要成分是碳，因此以有機質為材料之介質常有碳氮比過高之情形，碳氮比過高時可添加適量的氮素肥料使其穩定，避免生物固定化作用的發生(Benito, 2006)。由本試驗介質材料的總碳含量及總氮含量分析結果(表 3、4)推估，碎化稻稈之碳氮比應會高於泥炭土，代表碎化稻稈應用於介質中，可能誘致氮之生物固定化作用，導致碎化稻稈混合介質會隨時間之進展而有效氮含量隨之下降，未來在應用上亦應注意氮肥之管理。

植物生長所需之營養元素包含大量元素及微量元素，而對植物生長之影響又以氮磷鉀較為重要，介質中所含的營養元素過多或過少都會對作物生長產生不良的影響，營養元素過量易造成毒害或元素間的吸收拮抗，營養元素缺乏則可能造成生長勢衰弱。過去研究指出介質大量營養元素含量之適合範圍分別是，氮 0.1-1.5 %、磷 0.001-0.4 %、鉀 0.01-0.5 %、鈣 0.3-3.6 % (Zhang *et al.*, 2012)。

在介質總氮含量方面，碎化稻稈有顯著最低之總氮含量，但整體而言本次試驗所使用之介質原料與各混合介質之氮元素含量均於適合範圍內。在有效磷方面，泥炭土相較於碎化稻稈有較低之有效磷含量，但此二者與各混合介質之有效磷含量亦都介於適合之範圍內。在有效鉀方面，碎化稻稈具有顯著最高之有效鉀含量，而各混合介質之有效鉀含量亦均介於適合之範圍內。盛等人(2005)將土壤添加稻草並搭配施用氮磷肥，與土壤不施用稻草及肥料和土壤施用氮磷鉀肥三者進行玉米生育比較研究，結果發現玉米於生長後期之生長勢在有應用稻草及氮磷肥處理之土壤最佳，研究結果同時顯示稻草有利於提高土壤有機質和氮磷鉀含量，尤其可有效取代鉀肥之利用，此結果與本研究之結果相符。此外，雖然本研究所使用之碎化稻稈在鈣含量上未落於理想範圍內，但與泥炭土混合後會相互調合其所含鈣元素之含量，因而使所有混合介質之鈣含量均能落入理想之範圍(表 4)。

二、介質發芽試驗

健康種子於介質中的發芽與否可作為介質是否適合植物生長之判定，是以本試驗透過使用不同介質之濾液於培養皿進行種子發芽試驗，於適當水分、溫度及黑暗之條件下，觀察介質濾液對甘藍及番茄種子發芽之影響，藉以判斷該介質是否適用於育苗栽培之用。種子的發芽率除了受到種子本身品質之影響外，亦受土壤含水量、溫度、通氣性、昆蟲或病原菌等因素之影響 (Ayers, 1952)，因本發芽試驗是以介質濾液進行，所以介質濾液之酸鹼度、電導度以及酚酸含量等均有可能對種子之發芽造成影響。魏等人(2013)研究發現稻草秸稈浸提液會對萵苣種子的發芽指數產生顯著負面之影響，且隨著浸提液濃度越高萵苣種子的發芽率越低，但在本試驗中，甘藍種子於所有碎化稻稈混合介質濾液中之發芽率皆達 80% 以上，番茄種子之發芽率亦都高達 90 % 以上(表 5)，顯示稻稈對於甘藍及番茄種子發芽並無明顯之抑制作用，本試驗之結果有異於魏等人(2013)之研究，推測可能是因為試驗作物不同亦或是稻稈來源及用量之差異所致。

三、介質育苗試驗

植物的生長性狀如莖長、莖徑、葉面積及鮮、乾重等常被用來衡量幼苗生長及發育的狀況，但幼苗易受品種或育苗環境之影響而使外觀產生變化，因此若僅以單一性狀來衡量幼苗品質常易有偏差，為能準確評估幼苗之品質，本試驗乃參考多種壯苗指數來綜合評估穴盤苗的優劣。壯苗指數一般可分為相對指標和複合指標，相對指標雖然無法顯示出穴盤苗的真正質量，但可用於預測幼苗性狀間之關聯性，複合指標相對有較高的穩定性與準確性，但若涉及作物根系調查則易有誤差(葛，1987; 薛等，2000; 方和張，2007)。另一方面，絕對生長速率可反映幼苗生長過程中光合成率之高低及乾物質的累積，在培育幼苗的過程中除了要注意幼苗在各性狀上是否有良好之表現，也應注意其乾物質的累積(戴等，1996)，故本次試驗採用四種壯苗指數以及絕對生長速率來評估不同混合介質對幼苗品質之影響。

Zhou 和 Wu (2012)將生長至一片本葉之胡瓜苗以不同濃度阿魏酸(Ferulic Acid)(0.1, 0.25, 0.5, 1.0 mM)進行澆灌，以蒸餾水作為對照組，於 10 天後觀察胡瓜苗的生長情形，發現阿魏酸施用的濃度越高，造成胡瓜苗株生長抑制的情形越嚴重。由本研究各試驗介質的化學性質分析中可得知 P50RS50 的總酚含量顯著高於泥炭土(表 3)，這可能是造成以此混合介質栽培之甘藍及番茄幼苗在性狀、壯苗指數及絕對生長速率上大多顯著低於泥炭土處理之原因(表 6、7、8、9)。在物理性質上，泥炭土與不同比例碎化稻稈混合後，混合介質的總孔隙度和空氣孔隙率皆高於理想範圍，雖然可提升介質之通氣性，但可能在保水性上變差，因而在栽培管理上應注意加強水分之管理。Bunt (1983)提出介質因總孔隙度和空氣孔隙率較高會導致保水性降低，本研究使用之泥炭土在混合稻稈後會導致其總孔隙度和空氣孔隙率上升(表 2)，因而可能造成混合介質之保水力降低，但有趣的是培育番茄幼苗相較於培育甘藍幼苗時，介質中稻稈替代泥炭土的比例可較高，這可能與番茄對水分逆境的耐受性較甘藍高之緣故有關(Sanchis *et al.*, 1991; Katerji *et al.*, 2001)。

參 考 文 獻

- 方怡丹、張武男。2007。‘銘星’甜椒壯苗指數與苗株性狀之相關性分析植物種苗。9: 29-46。
- 林景和。1993。利用廢棄菇類栽培介質製作堆肥之研究。臺中區農業改良場研究彙報。39: 17-27。
- 盛良學、黃道友、汪立剛、賀喜全、夏海鰲。2005。稻草異茬還田配施化肥對春玉米生產力的效應。西北農業學報 14: 59-62。
- 崔秀敏、王秀峰。2001。蔬菜育苗基質及其研究進展。天津農業科學 7:37-42。
- 葛曉光。1987。果菜壯苗指標研究的概況。中國蔬菜。1: 87。
- 薛佑光、李文汕、張武男。2000。介質對番茄台中亞蔬四號穴盤苗及其定植後初期生育之影響。興大園藝 25: 59-72。
- 戴振洋、蔡宜峰、郭孚耀。1996。肥料對不同品種甘藍穴盤苗生長之影響。臺中區農業改良場研究彙報 50: 11-20。
- 魏雲霞、魯劍巍、李小坤、薛欣欣、王素萍。2013。秸稈及綠肥浸提液對萵苣種子的化感作用。中國蔬菜。p. 60-64。
- Abad, M., P. Noguera, and S. Burés. 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.
- Arnon, D. I. and C. M. Johnson. 1942. Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. *Plant Physiol.* 17: 525.
- Ayers, A.D. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. *Agron. J.* 44:82-84.
- Benito, M., A. Masaguer, A. Moliner, and R. De Antonio, 2006. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bioresour. Technol.* 97: 2071-2076.
- Bunt, A. C. 1983. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Hort.* 150: 143-153.
- Cunniff, P. 1995. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. p. 1141. AOAC Intl. Arlington, USA.
- Fonteno, W.C. and T.E. Bilderback. 1993. Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 217-222.
- Katerji, N., J.W. Van Hoorn, A. Hamdy, and M. Mastrorilli. 2001. Salt tolerance of crops according to three classification methods and examination of some hypothesis about salt tolerance. *Agric. Water Manage.* 47: 1-8.
- Ludwig, F., D. M. Fernandes, P. R. Mota, and R. L. V. Bôas. 2013. Electrical conductivity and pH of the substrate solution in gerbera cultivars under fertigation. *Hortic. Brasileira* 31: 356-360.
- Nelson, D. W. and L. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-

579. Methods of soil analysis. 2nd ed. Amer. Soc. Agron. Inc. Publ.
- Sanchis, A., F. Botell, J. Costa, and F. Nuez. 1991. Relation between yield components and salinity tolerance in tomato. *Tomato Genet. Cooperative* 41: 43.
- Shin, J. H. and J. E. Son. 2015. Changes in electrical conductivity and moisture content of substrate and their subsequent effects on transpiration rate, water use efficiency, and plant growth in the soilless culture of paprika (*Capsicum annuum* L.). *Hortic. Environ. Biotechnol.* 56: 178-185.
- Verdonck, O., D. de Vleeschauwer, and M. de Boodt. 1982. The influence of the substrate to plant growth. *Acta Hortic.* 126: 251-258.
- Wang, W., D. Y. F. Lai, C. Wang, T. Pan, and C. Zeng. 2015. Effects of rice straw incorporation on active soil organic carbon pools in a subtropical paddy field. *Soil Tillage Res.* 152: 8-16.
- Yeager, T., C. Gilliam, T. E. Bilderback, D. Fare, A. Niemiera, and K. Tilt. 1997. Best management practices, Guide For Producing Container-grown Plants. Southern Nursery Association, Atlanta, Georgia.
- Zhang, R. H., Z. Q. Duan, and Z. G. Li. 2012. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. *Pedosphere* 22: 333-342.
- Zhou, X. and F. Wu. 2012. Effects of amendments of ferulic acid on soil microbial communities in the rhizosphere of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Eur. J. Soil Biol.* 50: 191-197.

Effect of Shredded Rice Straw as Alternative Substrates on Plug Seedling of Cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *Capitata*) and Tomato (*Solanum lycopersicum*)

Chia-Yen Yang¹⁾ San-Gwang Hwang²⁾

Key words: Rice straw, Seedling substrate, Physical and chemical properties, 'Summer Summit' cabbage, 'Xiaomi' tomato

Summary

In this study, shredded rice straw was used as a growth substrate to partially replace peat moss for vegetable transplants cultivation. The reutilization of rice straw not only reduces agricultural residues but diminishes the reliance of vegetable growers on peat moss. Shredded rice straw was mixed with a commercial growing medium (peat moss) in different proportions (0%, 5%, 25%, and 50%, by volume). Chemical analysis of the shredded rice straw indicated that it is a weak base, and the electrical conductivity of the shredded rice straw is lower than peat moss. The application of the shredded rice straw in growth substrate increased the total porosity of the substrate. There was no significant difference in seed germination rate between filtrates of shredded rice straw containing substrates and peat moss, suggesting that rice straw had no inhibitory effect on seed germination. Analysis of cabbage seedling growth revealed that substrate containing 5% shredded rice straw produced transplants with similar seedling index and absolute growth rate relative to the control, and similar results were observed in the substrate containing 25% shredded rice straw for tomato transplant production. These results showed that shredded rice straw may replace 5% peat moss as a cabbage transplant growing medium, while 25% peat moss may be replaced by shredded rice straw as the tomato transplant growing medium.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.