

介質添加木黴菌對草莓生長之影響

尤 品 人¹⁾ 黃 政 華²⁾ 黃 三 光³⁾

關鍵字：草莓、木黴菌、介質

摘要：本研究主要探討介質添加木黴菌(T)對草莓生長之影響。草莓於不同生長介質之栽培試驗結果顯示，B 介質栽種前、後之 pH 值均為各處理組中最高，分別為 7.38 及 7.65，而 CK 則均為最低，分別為 5.20 及 5.37；在生長性狀上，以 CK、A 及 E 介質所栽種草莓之生長性狀較佳，大多優於 B 介質栽種之草莓植株且顯著優於 C 及 D 介質栽種之草莓植株；植體營養元素分析之結果顯示，所有處理組之植株氮及部分處理組之磷、鈣與銅元素濃度低於理想範圍，鎂、錳、鋅及鐵元素濃度則均於適量範圍內，鉀元素濃度以 CK、CKT、D 及 DT 高於適量之濃度範圍。於相同介質中，有無添加木黴菌(T)對草莓之生長性狀多無顯著之影響。可能與供試介質中該木黴菌菌株密度過低有關。綜合上述，草莓以 CK、A 及 E 介質栽培之生長性狀較佳，而如何提升木黴菌促進草莓生長之效應仍需進一步研究。

前 言

草莓 (*Fragaria × ananassa* Duchesne) 為薔薇科草莓屬，為多年生草本植物，由北美洲之維吉尼亞草莓 (*F. virginiana*) 及南美洲智利的智利草莓 (*F. chiloensis*) 雜交育種而得，是現在草莓的主流品種 (Bringhurst, 1990; Edger *et al.*, 2019)。草莓為台灣冬春季栽培之高經濟作物，於各縣市皆有生產，以苗栗縣為主要產區，目前我國栽種面積約 489 公頃，總產量約 8743 公噸 (農業統計年報，2020)。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生

2) 國立中興大學土壤環境學系副教授，第二及共同通訊作者

3) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者

使用土壤生產草莓時通常會在種植前對土壤進行燻蒸處理，使用溴化甲烷和氯仿之化合物燻蒸，以防治土壤傳播之病害及病原體 (Chamorro *et al.*, 2015; Kokalis-Burelle, 2003; Larson and Shaw, 1996)。然而，溴化甲烷等燻蒸劑可危害環境及人類健康，且燻蒸劑的使用規定日益嚴格，導致田間土壤生產的草莓因缺乏有效的土壤傳播病害及病原體控制方法而面臨嚴峻的挑戰。使用無土介質為取代田間土壤栽培草莓的潛在替代方法 (Wang *et al.*, 2016)，以無土介質栽培草莓的產量較使用傳統土耕栽培者為高，且無土栽培較有利於病蟲害之管理及可更有效的利用勞動力；在無土栽培中，影響草莓產量的主要因素可能為：栽培介質種類、品種、栽培之密度以及施肥的效率 (Adak *et al.*, 2018)。在草莓育苗方面，農友大多會自行調配介質，若介質資材過於單一，則易造成營養元素失衡。另一方面，近年來於介質中添加有益微生物應用於作物栽培已然成為顯學，但介質添加有益微生物之效用亦受到各種因素影響，例如有機質含量、介質通氣性、介質含水量、溫度、光照強度、農藥及肥料之施用量等 (吳和蔡, 2019)。目前已知木黴菌 (*Trichoderma*) 具有促進作物生長之潛力，如：添加木黴菌於土壤可增加草莓之產量 (Porrás and Romero, 2007)，是以本試驗評估不同介質接種棘孢木黴菌 (*T. asperellum*) 對草莓生長之影響。

材料與方法

一、試驗材料

(一)、木黴菌種

棘孢木黴菌 (*T. asperellum*, CHF78)，由中興大學土壤環境學系環境微生物研究室提供，以代號 T 表示該菌株，以孢子懸浮液添入介質進行處理，使孢子含量為每克介質乾重含 10^6 之孢子數。

(二)、介質代號及組成內容物

本研究所使用之介質代號及其內容物組成配方與比例如表 1 所示。

(三)、草莓品種

栽培品種為‘豐香’，以培育 21 日之草莓走莖苗進行試驗，栽培期間針對白粉病、二點葉蟎及小黃薊馬施藥進行防治。

二、試驗方法

(一)、植株栽培管理

試驗開始前將介質含水量調整至最大容水量之 80%，裝於 4 吋盆，並將植株枯葉進行移除，挑選具有 2 至 3 片展開葉且根系健壯之植株移入試驗盆器，並於 2 日後施用木黴菌孢子懸浮液。本試驗含 6 種介質，各介質又區分為有添加木黴菌 (T) 及未添加木黴菌 2 種

表 1. 供試介質代號及其內容物組成配方與比例。

Table 1. Code names and composition of growth substrates tested.

介質代號	介質內容物組成之體積比
CK	沃鬆 1 號 ^w
CKT	沃鬆 1 號 +木黴菌
A	菇包 ^x ：泥炭 ^y ：椰纖：蛭石=1：5：1：3
AT	菇包：泥炭：椰纖：蛭石=1：5：1：3+木黴菌
B	菇包：泥炭：蛭石=1：1：1
BT	菇包：泥炭：蛭石=1：1：1+木黴菌
C	泥炭：蛭石：河砂=1：1：1
CT	泥炭：蛭石：河砂=1：1：1+木黴菌
D	泥炭：菇包：稻殼=1：1：1
DT	泥炭：菇包：稻殼=1：1：1+木黴菌
E	泥炭：蛭石=1：1
ET	泥炭：蛭石=1：1+木黴菌

w:大益農業科技股份有限公司之草莓育苗專用介質，內含椰纖、泥炭。

x:菇包堆肥。

y:UAB Klasmann-Deilmann 公司的 Base Substrate.

處理，共計 12 處理，每處理栽植三棵植株為一重複，共三重複，共進行兩次重複試驗。

試驗過程每週澆灌 30 ml 稀釋 500 倍之漢將博士肥 (N：P₂O₅：K₂O：MgO=16：10：18.5：3；禾盛農業企業)，並每週每盆澆灌 10 ml 稀釋 1000 倍之漢將生力肥補充微量元素。

病蟲害防治依行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所之植物保護資訊系統網站登記藥劑及規範，並以草莓栽培歷推估病蟲害之發生期，提前進行預防性施藥，降低病蟲害之影響。

(二)、栽培環境及介質之化學性質調查

兩次試驗皆於中興大學土壤環境學系 A 區溫室進行，環境之溫度及濕度以 HOBO 溫濕度紀錄器 (HOBO Data logger, U23-001 HOBO Pro v2 Temp/RH, USA)紀錄溫室環境之溫濕度變化。

栽種前後分析所有處理介質之 pH 及 EC 值，採 5 g 之介質加入 25 ml 去離子水，以 100 rpm 震盪一小時，再以 ADVANTECE NO.1 濾紙進行過濾，濾液以 pH meter (Suntex-SP-23)及 EC meter (Suntex-SP 170)測定其 pH 及 EC 值。

(三)、草莓植株性狀調查

- 1.地上部鮮重：以草莓植株冠部之根系分化處以上界定為地上部，測量其重量，測量單位為公克(g)
- 2.根鮮重：以草莓植株冠部之根系分化處以下界定為根部，測量其重量，測量單位為公克(g)
- 3.冠徑：以草莓植株冠部之根系分化處界定為冠部，測量單位為公分 (cm)
- 4.葉面積：以草莓之完全展開葉進行測量，放置比例尺拍攝其葉片，再以圖像處理軟體 ImageJ 進行分析，測量單位為平方公分 (cm²)
- 5.地上部乾重：地上部以 70°C 烘乾 3 日，測量其重量，測量單位為公克 (g)
- 6.根乾重：根部以 70°C 烘乾 3 日，測量其重量，測量單位為公克 (g)

(四)、莓地上部營養元素濃度測定

將植株地上部以 1% 之 HCl 刷洗，以脫去蟲卵等雜質，再經由去離子水清洗三次後放入 70°C 烘箱乾燥 3 日。乾燥完之植體將其磨至粉末狀，以硫酸紙袋盛裝，並乾燥保存。

分析時稱取樣品粉末 0.5 g，放入坩鍋，再將坩鍋置入灰化爐進行灰化，先升溫至 200°C 加熱 2 小時，再升溫至 400°C 加熱 1 小時，最終以 550°C 2 小時灰化，使樣品充分灰化。坩鍋從灰化爐中拿出，並進行冷卻，當冷卻至室溫時加入 5 ml 2N 之 HCl，以 Whatman NO.42 濾紙進行過濾，再將濾液以純水定量至 25 ml，裝入元素分析用塑膠瓶保存。

1. 氮含量之測定

總氮含量以 Micro-Kjeldahl 法進行測定，稱取 0.2 g 之樣品粉末，以濾紙(toyo NO.1)包覆，置入分解管，管內加入 1 g 之混合銨 ($K_2SO_4 : CuSO_4 : Se = 100 : 10 : 1$, w/v)，再加入 4.5 ml 濃硫酸；將分解管放置於 410°C 之分解爐，每小時翻動分解管以利管壁之殘留物分解，放入分解爐 2 小時後確認管內無明顯冒煙，管內液體呈現清澈之淡藍色，即可取出冷卻，冷卻至室溫時加入 15 ml 純水。將樣品倒入 Micro-Kjeldahl 裝置之燒氮瓶，加入 20 ml 12N NOH，並通過水蒸氣使其氨化，通氣管另一端盛裝 2% Boric acid 20 ml 之測氮指示劑 (0.33 g Biomocresol Green + 0.165 g Methyl Red + 500 ml 95% Alcohol) 接收氨氣及氨水，色澤由紫紅轉為青綠色，累積至總體積 50 ml 為止，再以 1/14N 之 H_2SO_4 滴定，當色澤由青綠色轉為紫紅色澤停止滴定，並換算含氮之百分比，其單位為 %。

2. 磷含量之測定

以鉬黃法 (Vanadate-Molybdate Yellow Method) 進行測定，抽取 1 ml 之灰化濾液於試管，再加入 3 ml 之純水與 1 ml 之鉬黃試劑，以試管震盪機均勻混合後靜置 10 分鐘，加入鉬黃試劑後勿放置超過 30 分鐘，以避免樣品發生沉澱影響測定之精準度，使用 Elisa Reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega, Germany) 以吸光值 470 nm 進行測定，利用不同濃度之 K_2HPO_4 標準液確立標準曲線，並依此換算樣品之磷含量，其單位為 %。

3. 鉀、鎂含量之測定

抽取 0.1 ml 之灰化濾液於元素分析專用試管，加入 4.9 ml 純水，以試管震盪機均勻混合後，抽取 0.5 ml，加入 4.5 ml 純水進行稀釋，並震盪均勻，再以原子吸收光譜儀 (Atomic Absorption Spectrophotometer, Hitachi Z-2300) 測定其濃度，單位為 %。

4. 鈣含量之測定

抽取 0.1 ml 之灰化濾液於元素分析專用試管，加入 4.9 ml 純水及 1 ml 氧化釷(La_2O_3)，以試管震盪機均勻震盪後，使用原子吸收光譜儀 (Hitachi Z-2300) 測定其濃度，單位為 %。

5. 錳、鋅、銅、鐵含量之測定

以灰化濾液原液進行測定，使用原子吸收光譜儀 (Hitachi Z-2300) 測定其濃度，單位為 ppm。

(五)、介質木黴菌族群密度調查

每週分別取各介質 5 g 混合 45 ml 之無菌水，稀釋 10^3 、 10^4 倍，塗抹於五氯硝基苯 (Pentachloronitrobenzene, PCNB) 選擇性培養基，調查介質中木黴菌之孢子數，每處理 4 重複。

(六)、統計分析

試驗採取隨機完全區集設計 (Randomized Complete Block Design, RCBD)。調查之數據以 SAS 統計軟體 (version 9.4: SAS Institute, Cary, NA, USA) 進行 ANOVA (analysis of variance) 變異數分析 ($\alpha=0.05$)，分析結果具顯著差異後，再使用 Fisher's LSD 進行試驗處理之平均值比較。

結 果

(一) 草莓栽培前、後介質 pH 值及 EC 值之變化

栽培前 CK、A、B、C、D 及 E 介質之 pH 值依序為 5.20、6.70、7.38、6.95、7.30 及 6.08，而 B 及 D 介質之 pH 值顯著高於其他處理組，CK 介質則顯著低於其他處理組 (表 2)；栽培後 CK、A、B、C、D 及 E 介質之 pH 值依序為 5.37、6.85、7.65、7.42、7.59 及 5.85，CKT、AT、BT、CT、DT 及 ET 處理組之 pH 值依序為 5.56、6.83、7.61、7.47、7.60 及 6.00，其中 B 之 pH 值最高，而 CK 之 pH 值 5.37 顯著低於其他處理組 (表 3)。

栽培前 CK、A、B、C、D 及 E 介質之 EC 值依序為 2.57、1.31、1.52、0.39、1.87 及 0.44 dS/m，其中 CK 之 EC 值顯著高於其他介質，C 及 E 介質之 EC 值則顯著低於其他介質之 EC 值 (表 2)；栽培後之調查結果顯示，CKT 處理組之 EC 值 2.21 dS/m

顯著高於其他處理組之 EC 值，而 C 及 CT 處理組之 EC 值分別為 0.35 及 0.37 dS/m，顯著低於其他處理組之 EC 值 (表 3)。此外，栽培後 CK、A、B 及 C 介質之 EC 值皆有下降之趨勢，D 及 E 介質 EC 值則會上升。

表 2.栽培前不同介質處理之 pH 值及 EC 值。

Table 2. The pH and EC values of different substrates before cultivation.

Treatments	pH	EC (dS/m)
CK	5.20e ^z	2.57a
A	6.70c	1.31d
B	7.38a	1.52c
C	6.95b	0.39e
D	7.30a	1.87b
E	6.08d	0.44e

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

表 3.栽培後不同介質處理之 pH 值及 EC 值。

Table 3. The pH and EC values of different growth substrates after cultivation.

Treatments	pH	EC (dS/m)
CK	5.37f ^z	2.01b
CKT	5.56e	2.21a
A	6.85c	1.18e
AT	6.83c	1.21e
B	7.65a	1.40d
BT	7.61a	1.33de
C	7.42ab	0.35g
CT	7.47ab	0.37g
D	7.59ab	1.95bc
DT	7.60ab	1.81c
E	5.85d	0.61f
ET	6.00d	0.55f

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

(二)草莓植株之性狀調查

栽種 7 週後進行草莓植株之生長性狀調查，結果如表 4 所示，D 及 DT 處理組之葉片數 5.72 及 5.17 較其他處理組為低，CK、A、B 及 E 介質栽種之草莓葉片數顯著高於 D 介質，而各介質中有無添加 T 之相互比較結果顯示，除了 A 處理組 6.67 顯著高於 AT 處理 6.00 外，其餘各介質中有無添加 T 彼此間並無顯著差異；葉面積方面，CK、CKT、A、AT、E 及 ET 處理組之葉面積顯著高於 B、BT、C、CT、D 及 DT 處理組之葉面積，而 D 及 DT 處理組之葉面積則顯著低於其他處理組之葉面積，在各介質中有無添加 T 彼此之間則無顯著差異；冠徑方面，CK、CKT、A、AT、E 及 ET 處理組之冠徑較高，D 及 DT 處理組之冠徑分別為 8.38 mm 及 8.15 mm，較各處理組為低，且顯著低於 CK、A、B 及 E 介質有無添加 T 處理組之冠徑；地上部鮮重方面，CK、CKT、A、AT、E 及 ET 處理組之地上部鮮重顯著高於 C、CT、D 及 DT 處理組；根部鮮重方面，除了 B 處理組與 A 及 AT 處理組之間無顯著差異外，CK、CKT、A 及 AT 處理組顯著高於 BT、C、CT、D、DT、E 及 ET 處理組。除了 D 處理組之 8.73 g 顯著高於 DT 處理組之 7.24 g 外，其餘各介質中有無添加 T 彼此間並無顯著差異；地上部乾重方面，除了 E 處理組外，A 處理組顯著高於其他處理組，而 D 處理組之 1.19 g 及 DT 處理組之 1.03 g 顯著低於其他處理組，在各介質中有無添加 T 彼此間僅 A 處理組之 2.95 g 顯著高於 AT 處理組之 2.39 g，其餘各介質中有無添加 T 處理之地上部乾重並無顯著差異；根部乾重方面，CK、CKT、A 及 AT 處理組顯著高於 C、CT、D 及 DT 處理組，而各介質中有無添加 T 彼此之間亦無顯著差異。

(三)草莓植株之地上部營養調查

草莓植株之地上部巨量元素濃度如表 5 所示，氮元素濃度以 C 處理組及 CT 處理組顯著高於其他處理，而 CK、CKT 及 D 處理組之氮元素濃度較低，此外，除了 D 處理組之 1.41% 顯著低於 DT 處理組之 1.56% 外，其餘各介質中有無添加 T 彼此之間並無顯著差異；磷元素濃度方面，CK、CKT、A、AT、B、BT 及 DT 處理組顯著高於其他處理組，而 C、CT 及 E 處理組顯著低於其他處理組，所有介質僅 D 及 E 介質中有無添加 T 彼此之間具顯著差異；鉀元素濃度方面，D 及 DT 處理組顯著高於其他處理組，CK 及 CKT 處理組次之，而除了 C 處理組之 2.98% 與 E 及 ET 處理組無顯著差異外，E 及 ET 處理組顯著低於其他處理組，其濃度皆為 2.92%，而各介質中有無添加 T 並未顯著影響植株鉀含量；鈣元素濃度方面，CT、E 及 ET 處理組顯著高於其他處理組，而 CK、CKT、D 及 DT 處理組的鈣濃度則顯著低於其他處理組，除了 C 介質之 1.54% 顯著低於 CT 處理組之 1.64% 外，其他各介質中有無添加 T 彼此之間並無顯著差異；鎂元素濃度方面，除了 B 處理組之 0.55% 與 BT 處理組之 0.56% 無顯著差異外，BT 處理組顯著高於其他處理組，而 E 及 ET 處理組之鎂元素濃度相較於其他處理組為低，分別為 0.41 及 0.42%，而各介質有無添加 T 並未顯著影響草莓植株之鎂元素濃度。

表 4. 不同介質處理對草莓生長性狀之影響。

Table 4. Effects of different growth substrates on growth phenotypes of strawberry.

Treatments	葉片數	葉面積 (cm ²)	冠徑 (mm)	地上部 鮮重(g)	根部 鮮重(g)	地上部 乾重(g)	根部 乾重(g)
	CK	6.72a ^z	217.38a	10.79a	10.11a	12.78a	2.57bc
CKT	6.61abc	222.79a	10.33ab	9.52ab	12.95a	2.36cd	2.15abc
A	6.67ab	213.00a	10.72a	9.90a	12.09ab	2.95a	2.32ab
AT	6.00cd	218.76a	9.72bcd	8.87ab	12.15ab	2.36cd	2.17abc
B	6.50abc	181.33b	9.32cde	8.41bc	11.40bc	2.29cde	2.09abc
BT	6.56abc	185.36b	9.35cde	7.49cd	10.37c	1.97ef	1.87cde
C	6.06bcd	150.82c	9.01def	7.21cd	8.84de	2.01def	1.75de
CT	6.00cd	169.40bc	8.87efg	6.65d	8.83de	1.84f	1.71e
D	5.72de	111.16d	8.38fg	4.65e	8.73e	1.19g	1.61ef
DT	5.17e	93.47d	8.15g	4.39e	7.24f	1.03g	1.34f
E	6.61abc	213.66a	10.09abc	9.78ab	10.47c	2.86ab	2.11abc
ET	6.97a	217.04a	9.40cde	9.27ab	10.16cd	2.58bc	2.05bcd

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

微量元素方面 (表 6)，錳元素濃度以 D 處理組之 109.61 ppm 及 DT 處理組之 110.35 ppm 為最高，而除了 B 處理組及 BT 處理組之 63.98 ppm 及 64.14 ppm 與 E 處理組之 79.71 ppm 無顯著差異外，B 介質有無添加木黴菌之錳濃度顯著低於其他處理組，而各介質中有無添加 T 彼此之間並無顯著差異；鋅、銅元素濃度於所有處理組間並無顯著差異；鐵元素濃度方面，C 及 CT 處理組濃度分別為 162.01 ppm 及 167.82 ppm，其高於其他處理組，而 CK 及 CKT 處理組之鐵濃度分別為 92.99 ppm 及 94.46 ppm，低於其他處理組。

介質木黴菌族群密度調查結果顯示，每克供試介質在添加含 10⁶ 孢子數之木黴菌(T)後，第一週之木黴菌族群密度約為 10⁵ CFU/g，至第七週 AT、BT、DT 及 CKT 處理組之孢子數降至 10⁴ CFU/g (圖 1)。

表 5.不同介質處理對草莓巨量元素濃度之影響。

Table 5. Effects of different growth substrates on macronutrient concentrations of strawberry.

Treatments	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
CK	1.49cd ^z	0.30a	4.63b	0.74e	0.51bc
CKT	1.49cd	0.31a	4.58b	0.78e	0.51bc
A	1.58bc	0.30a	3.30d	1.41c	0.48cd
AT	1.62b	0.31a	3.21de	1.41c	0.47cd
B	1.57bc	0.29ab	3.67c	1.23d	0.55ab
BT	1.62b	0.31a	3.87c	1.29d	0.56a
C	1.77a	0.17c	2.98ef	1.54b	0.48cd
CT	1.86a	0.19c	3.21de	1.64a	0.48cd
D	1.41d	0.27b	5.11a	0.79e	0.45def
DT	1.56bc	0.29a	5.25a	0.76e	0.46de
E	1.56bc	0.17c	2.92f	1.62a	0.41f
ET	1.59bc	0.18b	2.92f	1.66a	0.42ef

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

表 6.不同介質處理對草莓微量元素濃度之影響。

Table 6. Effects of different growth substrates on micronutrient concentrations of strawberry.

Treatments	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)
CK	87.57bcd ^z	32.66a	3.83a	92.99f
CKT	96.71abcd	28.91a	3.75a	94.46f
A	87.63bcd	30.15a	3.91a	102.45ef
AT	93.48abcd	33.74a	3.83a	145.30abcd
B	63.98e	30.16a	3.75a	128.62cde
BT	64.14e	32.41a	4.00a	131.12bcde
C	103.62ab	33.81a	3.91a	162.01ab
CT	98.24abc	32.58a	4.00a	167.82a
D	109.61a	29.82a	4.16a	154.51abc
DT	110.35a	28.73a	4.16a	121.60cdef
E	79.71de	31.32a	3.92a	120.95def
ET	82.81cd	27.99a	3.42a	108.63ef

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

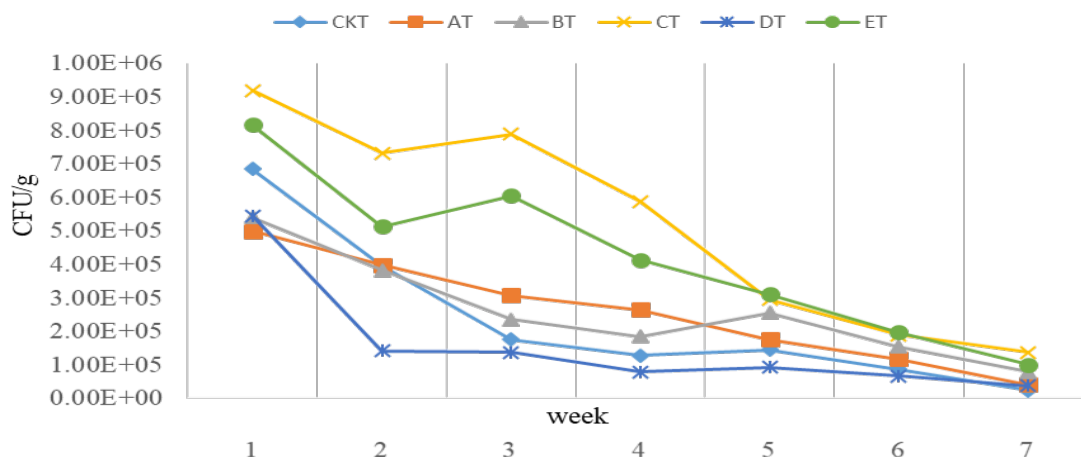


圖 1. 介質木黴菌族群密度。

Fig. 1. *Trichoderma* population density in the substrates at different weeks after inoculation.

討 論

(一) 草莓栽種前、後介質化學性質之變化

本試驗介質所分析之化學性質包含酸鹼度 (pH)及電導度 (EC)。植物根系對於不同養分之吸收能力取決於介質之 pH 值，pH 值變化將影響介質溶液中 H^+ 及 OH^- 之高低，並影響介質溶液之離子的平衡及養分有效性，進而可導致作物之營養障礙 (Arnon and Gronli, 1942)。土壤 pH 值在 5 至 8 之間時，適合大多數植物之生長 (卓，2005)，而一般育苗之商用介質以泥炭土居多，其多為偏酸性之介質 (崔和王，2001)，本試驗於栽種前所測得之介質 pH 值在 5.2 至 7.38 之間，而對照組 (CK) 為草莓育苗專用介質 (沃鬆 1 號)，pH 值為 5.20，為偏酸性之介質。

草莓可於土壤 pH 值 4 至 8 之間進行栽培，適合之 pH 值介於 5.5 至 6.5 間 (李，2005；吳和蔡，2019)，在過於極端之 pH 值下將降低草莓產量及果實品質 (Milosevic *et al.*, 2008)。本試驗 A、B、C 及 D 介質栽種前之 pH 值分別為 6.70、7.38、6.95 及 7.30 (表 2)，而栽種後 A、B、C 及 D 介質有無添加 T 之 pH 值介於 6.83 至 7.65 (表 3)，高於草莓生產之適合 pH 值。供試用之 B、C 及 D 介質偏中性或鹼性 (表 2)，這些介質主要成分為泥炭、蛭石、河砂、稻殼及菇包堆肥 (表 1)，其中泥炭為酸性之商用泥炭 (UAB Klasmann-Deilmann, Base Substrate)，pH 約 5.6，蛭石則為中性或偏鹼性，但主要造成 B 及 D 介質偏鹼性之原因可能為添加菇包堆肥，蔡 (1994) 指出菇包堆肥之 pH 值介於 7.3 至 8.1 間。

大多數蔬菜作物栽培介質合適之 EC 值範圍為 1 至 2.5 dS/m (Machado and Serralheiro, 2017), 另有文獻指出, 介質 EC 值應控制於 2 dS/m 以下, 且建議介質 EC 值宜控制於 0.5 dS/m 以下, 以利作物生長進 (楊等, 2011), 本試驗栽培前之介質 EC 值在 0.39 至 2.57 dS/m 間(表 2), 栽種後則在 0.35 至 2.21 dS/m 間 (表 3), 符合其上述文獻建議之合適範圍。

(二) 草莓植株之生長性狀調查

本試驗主要探討不同混合介質對草莓生長性狀之影響, 藉由調查草莓之生長狀況, 判定何種介質適合應用於草莓栽培, 並且由這些調查項目判斷不同混合介質添加木黴菌 (T) 是否能促進草莓植株生長, 調查項目包含: 葉片數、葉面積、冠徑、根長、地上部鮮重、根部鮮重、地上部乾重及根部乾重。Adak 等 (2018) 探討不同無土介質對草莓形態、生理特性及產量之影響, 其結果顯示, 產量與草莓植株之葉片數、地上部乾重、根部乾重及根長呈正相關, Grijalba 等 (2015) 之研究結果顯示草莓冠徑與產量呈正相關。雖然所有供試介質中以沃鬆一號 (CK) 在多項生長性狀之調查數值較高, 但 A 處理之地上部乾重 (2.95 g) 顯著高於 CK 處理 (2.57 g)。此外, 試驗結果顯示, CK、A 及 E 介質所栽培草莓之生長性狀大多優於 B、C 及 D 介質, 從介質化學性質分析可知, CK、A 及 E 介質之 pH 值較符合草莓生長適合之 pH 值(5.5-6.5) (李, 2005; 吳和蔡, 2019), 而在介質成分方面, CK 及 A 介質皆有添加椰纖, 前人研究顯示, 以含有椰纖之介質所栽培之草莓生長性狀如: 葉片數、冠徑、地上部乾重、根部乾重、根之數量、根長等及產量可顯著高於使用泥炭土培育之草莓, 且椰纖及泥炭土之物理性質相似, 但相同體積之椰纖較泥炭土輕, 推測因泥炭土及椰纖之透氣性較高有助於根部生長, 進而有較高之根長及根數 (Adak *et al.*, 2015; Adak *et al.*, 2018)。

各介質自比, 添加木黴菌 (T) 對草莓生長多無顯著之影響, 除了 A 介質之葉片數、冠徑、地上部乾重及 D 介質之根部鮮重於添加 T 後會顯著降低外, 其餘介質添加 T 對草莓之生長皆無顯著之影響 (表 4), 其可能之原因可能與 T 於介質中族群密度過低有關 (圖 1)。Porra 等 (2007) 探討在田間使用木黴菌或太陽能殺菌對草莓產量之影響, 結果顯示第一年木黴菌於土壤之族群並不穩定, 至第二年期族群趨於穩定產量才顯著高於對照組, 而 Leandro 等人 (2007) 研究添加木黴菌及燻蒸處理對草莓生長及產量之影響, 其結果顯示, 添加木黴菌處理組之生長與對照組並無顯著差異, 且在可銷售果實產量甚至顯著低於燻蒸處理組, 推測可能原因為木黴菌於土壤中之含量低於理想水平, 或該菌株無法適應其生長環境。

(三) 草莓植株之地上部營養調查

植體營養元素濃度可反應植株之生育狀態, 而改變其濃度的原因可能來自於環境因素、作物品種特性、人為因素等, 而藉由調查植株之生長與分析植體營養元素濃度有助於瞭解作物之生育特性。

陳等 (1999)曾建議草莓植體各營養元素之適量範圍，其中氮元素之適當濃度介於 2.25-4.0%之間，而本試驗植體之氮元素濃度皆低於此適量範圍值，代表其可能有氮元素缺乏之現象，而氮元素之充足與否可能影響木黴菌促進植物生長及拮抗病原菌之作用 (Khattabi *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2019)；磷元素濃度方面，C、CT、E 及 ET 處理組略低於適量範圍 (0.2-1.0%)，其數值依序為 0.17、0.19、0.17 及 0.18%；鉀元素濃度方面，除了 C、E 及 ET 處理組落於適量範圍之 1.0-3.0%間外，其他處理組皆高於其適量範圍，而又以 CK、CKT、D 及 DT 處理組顯著高於其他處理組，依據介質之組成內容物 (表 1)，CK 含高比例椰纖，D 則是含有稻殼，這兩項基質之有效性鉀的濃度較高，進而提升植株的鉀吸收量，因而提高植體之鉀元素濃度 (楊等，2011)；鈣元素濃度方面，除了 CK、CKT、D 及 DT 處理組略低於適量範圍之 0.8-2.5%，其他處理組則在適量範圍之內；鎂元素濃度則皆於適量範圍 0.23-1.0%之內 (表 5)。

植體微量元素濃度分析結果顯示，各處理組之錳、鋅、銅及鐵元素濃度分別介於 63.98 ppm-110.35 ppm、27.99 ppm-33.81 ppm、3.42 ppm-4.16 ppm 及 92.99 ppm-167.82 ppm，而陳等 (1999)所建議草莓植體各微量元素之適量範圍分別為錳 40-200 ppm、鋅 15-200 ppm、銅 4-50 ppm 及鐵 40-200ppm，本試驗各處理組之錳、鋅及鐵元素濃度皆在適量範圍值內，而銅元素濃度除了 BT、CT、D 及 DT 處理組介於適量範圍內，其他處理組皆略低於適量範圍。

綜合上述，本試驗結果顯示介質添加棘孢木黴菌並無顯著促進草莓之生長，可能與供試介質中該木黴菌菌株密度過低有關 (圖 1)，如何提升木黴菌促進草莓生長之方法仍需進一步研究。此外，本研究發展之 A(菇包：泥炭：椰纖：蛭石=1：5：1：3)與 E(泥炭：蛭石=1：1)介質具備開發成草莓栽培介質之潛力。

參 考 文 獻

- 李窓明。2005。草莓。台灣農家要覽 (增修訂三版)。農作篇 (二)豐年社出版。pp. 576-580。
- 吳添益、蔡正賢。2019。草莓育苗介質 (土壤)選擇經驗談。苗栗區農業專訊 85: 3-7。
- 卓家榮。2005。土壤肥力檢測及營養診斷。臺南區農業改良場技術專刊 132 期: 63-74。
- 陳仁炫、林正鏘、郭惠千。1999。作物養分需求及植體分析之分級標準彙編。國立中興大學土壤環境科學系。
- 農業統計年報。2020。行政院農業委員會統計資料。
- 楊秋忠、陳仁炫、郭猛德、曾慶平、黃裕銘、揚盛行、李文汕。2011。台灣有機廢棄物的再利用。

- 蔡宜峰。1994。菇類太空包廢料堆肥化製作之研究。台中區農業改良場研究彙報 44: 13-21。
- Adak N. and H. Gubbuk. 2015. Effect of planting systems and growing media on earliness, yield and quality of strawberry cultivation under soilless culture. *Not. Bot. Horti Agrobo. Cluj Napoca* 43(1): 204-209.
- Adak N., L. Tozlu and H. Gubbuk. 2018. Influence of different soilless substrates to morpho-physiological characteristics and yield relations in strawberries. *Erwerbs-Obstbau* 60: 341-348.
- Aron, D. I. and M. Gronli. 1942. Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. *Plant Physiol.* 17: 525.
- Bringhurst, R. S. 1990. Cytogenetics and Evolution in American *Fragaria*. *Hortscience* 25(8): 879-881.
- Chamorro M., P. Domínguez, J. J. Medina, L. Miranda, C. Soria, F. Romero, J. M. LópezAranda, O. Daugovish, J. Mertely and B. D. I. Santos. 2015. Assessment of chemical and biosolarization treatments for the control of *Macrophomina phaseolina* in strawberries. *Sci. Hortic.* 192: 361-368.
- Edger, P. P., T. J. Poorten, R. VanBuren, M. A. Hardigan, M. Colle, M. R. McKain, R. D. Smith, S. J. Teresi, A. D. L. Nelson, C. M. Wai, E. I. Alger, K. A. Bird, A. E. Yocca, N. Pumplun, S. J. Ou, G. Ben-Zvi, A. Brodt, K. Baruch, T. Swale, L. Shiue, C. B. Acharya, G. S. Cole, J. P. Mower, K. L. Childs, N. Jiang, E. Lyons, M. Freeling, J. R. Puzey, and S. J. Knapp. 2019. Origin and evolution of the octoploid strawberry genome. *Nat. Genet.* 51(4): 765.
- Erdogan, U., R. Cakmakel, A. Varmazyari, M. Turan, Y. Erdogan, and Kitir. 2016. Role of inoculation with multi-trait rhizobacteria on strawberry under water deficit. *Zemdirbyste* 103(1): 67-76.
- Fang, X., M. P. You, and M. J. Barbetti. 2012. Reduced severity and impact of *Fusarium* wilt on strawberry by manipulation of soil pH, soil organic amendments and crop rotation. *European J. Plant Pathol.* 134: 619-629.
- Grijalba, C. M., M. M. Perez-Trujillo, D. Ruiz, and A. M. Ferrucho. 2015. Strawberry yields with-tunnel and open-field cultivations and the relationship with vegetative and reproductive plant characteristics. *Agron. Colomb* 33: 147-154.
- John, L. 2004. *Diseases of Fruits and Vegetables, Volume II: Strawberry disease management.* Kluwer Academic Publishers, Netherlands: 441-483.
- Khattabi, N., B. Ezzahiri, L. Louali, and A. Oihabi. 2004. Effect of nitrogen fertilizers and

- Trichoderma harzianum on Sclerotium rolfsii. Agronomie 24: 281-288.
- Komada, H. 1975. Development of a selective medium for quantitative isolation of Fusarium oxysporum from natural soil. Rev. Plant Prot. Res. 8: 114-125.
- Larson, K. D. and D. V. Shaw. 1996. Soil fumigation, fruit production, and dry matter partitioning of field-grown strawberry plants. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121, 1137-1140.
- Leandro, L. F. S., L. M. Ferguson, and F. J. Louws. 2007. Strawberry Growth and Productivity in Fumigated Compared to Compost-amended Production Systems. HortScience 42(2): 227-231.
- Milosevic, T. M., N. T. Milosevic, and I. P. Glisic. 2008. Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) yield as affected by the soil pH. Anais da Academia Brasileira de Ciências 81(2): 265-269.
- Mikiciuk, G., M. Mikiciuk, and M. Hawrot-Paw. 2015. Influence of superabsorbent polymers on the chemical composition of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) and biological activity in the soil. Folia Hort. 27(1): 63-69.
- Montaño, F. P., A. C. Villegas, I. J. Guerrero, F. L. Baena, F. Ollero, and T. Cubo. 2013. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: from microorganism capacities to crop production. Microbiol. Res. 169: 25-36.
- Porras, M., C. Barrau., and F. Romero. 2007. Effects of soil solarization and Trichoderma on strawberry production. Crop Prot. 26: 782-787.
- Singh, B. N., P. Dwivedi, B. K. Sarma, G. S. Singh, and H. B. Singh. 2019. A novel function of N-signaling in plants with special reference to Trichoderma interaction influencing plant growth, nitrogen use efficiency, and cross talk with plant hormones. Biotechnol. 9:2-13.
- Wang, D., M. Z. Gabriel, D. Legard and T. Sjulín. 2016. Characteristics of growing media mixes and application for open-field production of strawberry (*Fragaria ananassa*). Sci. Hortic. 198: 294-303.

Effects of Growth Substrates Supplemented with *Trichoderma asperellum* on the Growth of Strawberry (*Fragaria* × *ananassa*)

Pin-Ren Yu¹⁾ Cheng-Hua Huang²⁾ San-Gwang Hwang³⁾

Key word: Strawberry, Trichoderma, Substrate

Summary

This study is to investigate the effects of growth substrates supplemented with *Trichoderma asperellum* (T) on the growth of strawberry. The pH value prior and after cultivation was both the highest in B substrate, whereas CK was both the lowest. In regard to growth phenotypes, better growth was observed in strawberry cultivated in CK, A and E substrates with the majority of growth phenotypes recorded better than those of B substrate and significantly better than those of C and D substrates. Results from plant nutrient analysis revealed that concentrations of plant N in all treatments and concentrations of plant P, Ca and Cu in some treatments were lower than the ideal range, concentrations of plant Mg, Mn, Zn and Fe were all within the ideal range, and concentration of plant K was higher than the ideal range in CK, CKT, D and DT treatments. In terms of individual substrate, supplementing with T showed no significant effect on the majority of strawberry growth phenotypes recorded. Taken together, strawberry cultivated in CK, A, and E substrates had better growth phenotypes, therefore other than CK, A and E substrates had the potential to be developed into cultivation substrates for strawberry, and future study is needed to further determine how to apply T in order to enhance its plant growth-promoting functions.

1) Student in M.S. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate Professor, Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University. Co-corresponding author.

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

