

## 幾種農業有機土壤添加物對'珍珠'番石榴 南方根瘤線蟲的防治效果

蘇 永 傑<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup>

關鍵字：番石榴、根瘤線蟲、萬壽菊、蓖麻粕、蝦蟹殼粉、肉桂醛

**摘要：**本試驗選取四種農業有機土壤添加物來對抗根瘤線蟲，於栽培介質中添加'Evergreen'萬壽菊粉末、蓖麻粕、蝦蟹殼粉、澆灌肉桂醛均能有效減少'珍珠'番石榴介質中根瘤線蟲之密度、降低番石榴根瘤指數及根瘤數，其中以萬壽菊及蓖麻粕處理效果較好。植株生長方面，萬壽菊粉末處理提高了植株枝條數、株高；蓖麻粕處理增加了植株枝條數；蝦蟹殼粉處理則促進植株的分枝數。另外，分析四種農業有機土壤添加物對番石榴葉片及根部營養元素含量。萬壽菊粉末處理提高了葉片鉀、磷及根部微量元素之濃度。蓖麻粕處理增加葉片氮、鈣、鉀及微量元素；提高根部氮、鐵元素濃度。蝦蟹殼粉處理增加葉片氮元素；然而降低了根部鉀、錳、鋅等元素濃度。肉桂醛處理則提升了葉片中鉀元素的濃度。

### 前 言

番石榴學名為 *Psidium guajava* L.，為桃金娘科 (Myrtaceae) 番石榴屬 (*Psidium*) 常綠熱帶果樹。根據農委會統計年報指出，番石榴十年來種植面積均維持約七千公頃，為台灣穩定且有規模的經濟果樹。番石榴果實營養成分豐富，富含維生素 C，果實每 100 g 中含量達 200~350 mg，因此成為台灣熱門健康養生之水果。然而，近年來台灣番石榴主要品種'珍珠'受到根瘤線蟲危害嚴重，番石榴在根瘤線蟲感染後，根部會產生根瘤，阻礙植株養分吸收，致地上部生育變差、植株矮化、果實變小、葉片黃化變小、出現缺肥等症狀 (林，2005；鄭等，2008)，使得番石榴果實品質及產量不佳，多位學者將根瘤線蟲列為番石榴重點防治之病害。

---

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。

為了解決根瘤線蟲的危害，當前多仰賴化學農藥殺線蟲劑來進行防治，然而，施用殺線蟲劑會產生生態破壞及農藥殘留等疑慮，且至今已有多種殺線蟲劑因其劇毒性被世界各國禁用，如溴化甲烷、二溴氯丙烷等。近年來永續環境之意識提升，化學殺線蟲劑只會限制的更多，因此，本研究的目的為選取多種含有殺線蟲效果之農業有機土壤添加物，施用於'珍珠'番石榴盆苗中，以植株生長勢、根部長根瘤的程度等來測定是否能夠有效防治根瘤線蟲的感染，找尋可利用之農業廢棄物、有機材料來對抗根瘤線蟲，另外亦進行各種土壤添加物對植株生育影響之評估。

## 材料與方法

### 一、試驗材料及處理方法

本試驗使用之材料為'珍珠'番石榴，購自興隆種苗之嫁接植株，砧木為番石榴實生苗，進行時間為 2016 年 11 月 18 日至 2017 年 5 月 17 日。接種之南方根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) 為顏志恆博士實驗室提供，將南方根瘤線蟲接種於泥炭土 (Base Substrate, Klasmann) 中，置於土槽中並以種植蔬菜來維持介質中南方根瘤線蟲之數量，成為根瘤線蟲病土來源。將病土混合各式農業有機土壤添加物，一周後再將'珍珠'番石榴移植於 8 公升塑膠盆中，並使用上述之線蟲病土混合添加物之介質，移植後將植株修剪至一致高度 50 cm。農業有機土壤添加物處理方式為(1) 未感染組 (No nematodes, CK)：使用乾淨無根瘤線蟲之泥炭土為介質，共 8 株。(2) 感染組 (Infested control, I)：使用接種南方根瘤線蟲之病土為介質，共 8 株。(3) 萬壽菊 (Marigold, M)：事先種植 'Evergreen' 萬壽菊 ('Evergreen' 來源為 TAKII SEED)，採收並烘乾成為萬壽菊粉末，加入接種根瘤線蟲之病土中混合攪拌，施用濃度為每株 200 g (2.5%)，共 8 株。(4) 蓖麻粕 (Castor bean meal, CM)：本試驗之蓖麻粕購自冠峻農業科技開發公司，使用接種線蟲之病土，並混合蓖麻粕，施用濃度為每株 400 g (5%)，共 8 株。(5) 蝦蟹殼粉 (Shrimp/crab shell powder, S)：本試驗之蝦蟹殼粉購自冠峻農業科技開發公司，使用接種線蟲之病土，並混合蝦蟹殼粉，施用濃度為每株 200 g (2.5%)，共 8 株。(6) 肉桂醛 (Cinnamaldehyde, CA)：本試驗之肉桂醛購自而化企業股份有限公司，肉桂醛與介面活性劑 (沙拉脫) 以 10:1 比例混合成母液，將母液稀釋成 1000x，使用接種線蟲之病土種植，處理以稀釋液澆灌於接種線蟲之介質中，每週澆灌一次，每次每株 400 ml，共 8 株。

### 二、調查項目及分析方法

#### (一) 介質根瘤線蟲數目

接種線蟲之第 0 天、第 90 天及第 180 天採樣介質進行線蟲之分離，於番石榴盆中選取三處位置，採集 5~15 cm 深之介質，每株共挖取 50 g 介質，分離線蟲的方法參考顏等 (1998) 改良式柏門式漏斗分離法加以修改，用兩層衛生紙包住介質，置於 60 孔目 (0.25

mm)的篩網中，將篩網放置於裝滿水之漏斗中，漏斗下方設置一蒐集瓶，並利用重力原理，使線蟲往下游動至蒐集瓶中。靜置 24 小時後將蒐集液體倒入鏡檢皿中，以解剖顯微鏡觀察計算根瘤線蟲之數量。

## (二) 根瘤指數

參考自 Omwega 等 (1988)之方法，為評估根瘤佔整體根部之體積，根據根瘤體積來訂定根瘤指數，指數分別為：無根瘤為 0，1~25%根部體積形成根瘤為 1，25~50%根部體積形成根瘤為 2，50~75%為 3，75~100%為 4。於接種根瘤線蟲後第 180 天，採樣番石榴之根部進行評估。

## (三) 根瘤數

於接種線蟲後第 180 天，採樣番石榴之根部進行調查，隨機選取三段長度為 10 cm 之細根，計算 10 cm 內的細根形成多少根瘤數目，並取三段平均。

## (四) 植株生育

(1)枝條數：接種線蟲後第 60 天開始量測，每 30 天調查番石榴植株枝條總數量，調查至第 180 天，新生枝條葉片確實展開且枝條長度大於 5cm 才能納入枝條數量。(2)株高：接種線蟲後第 60 天開始量測，每 30 天調查番石榴植株株高，調查至第 180 天。(3)葉綠素：接種線蟲後第 45 天開始量測，每 45 天使用葉綠素計(CL-01 Chlorophyll Content System, Hansatech)量測番石榴葉片之葉綠素，選取第 4 對成熟葉片進行測定，調查至第 180 天。

## (五) 葉片與根部之營養元素

於接種線蟲後第 180 天，每株番石榴選取第 4、5 對成熟葉片共計 10 片，以及去除土壤後之根部，以自來水洗淨表面，浸泡 1% HCl 後以去離子水清洗三次，將水分瀝乾並置入牛皮紙袋中。放入烘箱時，先將烘箱溫度調整為 100°C 殺菁，1 小時後調降為 70°C 烘乾。樣品完全乾燥後，取出磨粉均質，並裝入硫酸紙袋中，成為樣品乾燥粉末。

氮之測定採用 Micro-Kjeldahl 方法，精秤 0.2 g 乾燥粉末樣品，以濾紙 (Whatman #1) 包裹起來投入分解管中，加入 1 g 凱氏氮催化劑 (selenium reagent mixture)及 4.5 mL 95% 硫酸 (聯工)。將分解管置入 420°C 高溫分解爐中加熱 3 小時，冷卻後加入 15 mL 純水。而後以 Micro-Kjeldahl 裝置進行，將樣品震盪後倒入燒氮瓶，加入蒸餾水，再加入 20 mL 12N 之 NaOH 進行蒸氮，蒸餾冷凝出之氨水以裝有 20 mL 凱氏氮指示劑 (含 bromocresol green 及 methyl red 之 2% 硼酸溶液)之塑膠杯盛裝，待塑膠杯內之溶液至 50 mL 時取出，最後以 1/14N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 標準酸溶液進行滴定，以滴定量計算氮含量，單位為百分比 (%)。

磷之測定使用鉬黃法 (vanadate-molybdate yellow method)，取 1 mL 灰化濾液加入 3 mL 純水及 1 mL 鉬黃試劑 (包含 ammonium heptamolybdate tetrahydrate 及 ammonium metavanadate 之硝酸溶液)進行震盪，混合均勻後靜置 30 分鐘，將樣品置入樣品盤內 (GERINER 96-well F-bottom)，以 ELISA Reader (FLUO Start Omega)測定樣品，波長設定為 470 nm，單位為百分比(%)。

礦物元素之測定為精秤 0.5 g 乾燥粉末樣品至坩鍋中，放入灰化爐 (muffle furnace)高

溫灰化，第一步加熱至 200°C，於 200°C 持續 2 小時後升溫至 400°C 加熱 1 小時，最後至 550°C 加熱 2 小時使樣品完全灰化。取出灰化樣品並冷卻，加入 5 mL 2N HCl 進行溶解，以濾紙 (Whatman #42) 過濾灰化液並以純水淋洗三次，而後定量至 25 mL，以去除離子之塑膠瓶保存灰化液。大量元素鈣、鉀、鎂及微量元素鐵、錳、鋅、銅經過適當稀釋後，以偏光茲曼原子吸收光譜儀 (Seriespolarized Zeeman atomic absorption spectrophotometer, Model Z-2000, Hitachi Japan) 吸取稀釋灰化液讀取吸光值，各元素使用已知濃度標準品與樣品吸光值之比較可以計算出各元素之含量。

## 結 果

### 一、植株根瘤指數

各式農業有機土壤添加物事先於一週前與根瘤線蟲介質混合處理，再施用於番石榴植株上，並測定第 180 天植株根瘤指數 (表 1)，試驗效果最佳的處理為萬壽菊粉末，其植株根瘤指數為 0.8，其次依序為蓖麻粕之 1.2、蝦蟹殼粉之 1.5、肉桂醛之 2.0，各式添加物均與感染線蟲之感染組有顯著的差異，而萬壽菊粉末及蓖麻粕處理其根瘤指數與未感染線蟲相當，顯示其效果優異。

表 1. 接種線蟲後 180 天，農業有機土壤添加物對番石榴根瘤指數及根瘤數之影響

Table 1. Effects of organic soil amendments on root gall index and number of root knot after artificially infested with nematodes for 180 days.

Treatment <sup>z</sup>	Root gall index <sup>y</sup>	Number of root knot <sup>x</sup>
CK	0.7 d <sup>w</sup>	1.6 c
I	3.7 a	17.1 a
M	0.8 cd	2.6 c
CM	1.2 cd	2.8 c
S	1.5 bc	6.3 b
CA	2.0 b	8.8 b

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400 g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Root gall index based on a scale from 0 to 4; 0 = no infestation, 1 = 1-25% of galled root in whole root, 2 = 26-50%, 3 = 51-75%, 4 = 76-100%.

<sup>x</sup>Number of knots from 10 cm randomly harvested roots.

<sup>w</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

## 二、根瘤數

各式農業有機土壤添加物事先於一週前與根瘤線蟲介質混合處理，再施用於番石榴植株上，細數第 188 天植株 10 cm 根長之根瘤數目 (表 1)，顯示根瘤數最高者同樣為感染線蟲之對照組，根瘤數為 17.1 個。而在萬壽菊粉末處理後，植株根瘤數為 2.6 個，其次依序為蓖麻粕 2.8 個、蝦蟹殼粉 6.3 個、肉桂醛 8.8 個，所有農業有機土壤添加物處理均有效的降低植株根瘤數，而萬壽菊及蓖麻粕處理後之根瘤數與無線蟲之對照組相當接近。

## 三、介質根瘤線蟲族群數目

各式農業有機土壤添加物混合根瘤線蟲介質一週後，施用於番石榴植株上，分別於接種後第 0 天、第 90 天、第 180 天測定 50 g 介質中根瘤線蟲族群數目 (表 2)。可以發現在第 90 天時，四種農業有機土壤添加物處理之線蟲數目已大幅降低，遠低於感染線蟲的 23.8 隻，分別是萬壽菊粉末 3.0 隻、蓖麻粕 6.4 隻、蝦蟹殼粉 2.4 隻、肉桂醛 4.2 隻；在第 180 天時，感染組上升至 32.4 隻，而各式土壤添加物處理則維持在低於 10 隻，然而萬壽菊、蝦蟹殼粉、肉桂醛等處理則有些微的上升。可以發現，各式農業有機土壤添加物均能有效的抑制介質中根瘤線蟲的族群數量。

表 2. 農業有機土壤添加物對介質中根瘤線蟲族群數目之影響

Table 2. Effects of organic soil amendments on nematode numbers in medium.

Treatment <sup>z</sup>	Number of nematode (per 50g medium)		
	0 days	90 days	180 days
CK	0.0	0.2 b <sup>y</sup>	2.6 b
I	23.2	23.8 a	32.4 a
M	23.2	3.0 b	6.2 b
CM	23.2	6.4 b	5.8 b
S	23.2	2.4 b	5.4 b
CA	23.2	4.2 b	8.4 b

<sup>z</sup>CK: no nematodes ; I: infested ; M: marigold powder 200 g ; CM: castor bean meal 400 g ; S: shrimp/crab shell powder 200 g ; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

#### 四、農業有機土壤添加物對植株生育之影響

在枝條部分，可以發現從第 60 天開始，蝦蟹殼粉之枝條數高於其他處理組持續至第 180 天，其次依序為蓖麻粕、萬壽菊粉末、肉桂醛處理；而於所有處理中，植株較少枝條數的則為對照組及感染組。以接種線蟲後第 180 天枝條數相比，蝦蟹殼粉為 20.4 枝，而蓖麻粕則有 18.9 枝，為枝條數最高之兩個處理 (表 3)。株高部分，各式農業有機土壤添加物中，從第 60 天開始，以萬壽菊粉末處理番石榴植株株高最高，到第 180 天時為 77.4 cm，與其他處理有顯著的差異。其他處理第 180 天時分別為蓖麻粕的 66.3 cm、蝦蟹殼粉的 66.1 cm 及肉桂醛的 70.3 cm，與感染組無顯著差異 (表 4)。

葉片葉綠素部分，於接種後第 45 天，所有處理之葉綠素數值均維持在 20 以上。接種後第 90 天時，感染組大幅下降至 7.4，各式農業有機土壤添加物處理之數值分別為萬壽菊 15、蓖麻粕 18.7、蝦蟹殼粉 14.7、肉桂醛 11.1，均顯著高於感染組植株葉片。接種後第 135 天時，感染組為 8.7、萬壽菊 16.0、蓖麻粕 17.0、蝦蟹殼粉 16.4、肉桂醛 11.1，其中萬壽菊、蓖麻粕、蝦蟹殼粉亦顯著高於感染組。至第 180 天時，感染組為 7.4、萬壽菊 16.2、蓖麻粕 17.8、蝦蟹殼粉 17.2、肉桂醛 12.4，農業有機土壤添加物處理都些微上升，與感染組相比有顯著差異 (表 5)。綜合上述結果，各處理於接種線蟲後，葉綠素讀值均有下降的趨勢，然而相較感染組葉綠素大幅下降，顯示各處理能有效的改善葉片葉綠素的下降。

表 3. 農業有機土壤添加物對番石榴枝條數目之影響

Table 3. Effects of organic soil amendments on Number of branches of *P. guajava*.

Treatment <sup>z</sup>	Number of branches				
	60 days	90 days	120 days	150 days	180 days
CK	11.6 c <sup>y</sup>	13.0 c	12.3 cd	12.0 d	12.1 e
I	12.1 bc	11.7 c	11.4 d	11.9 d	13.4 de
M	14.3 b	15.9 ab	16.1 b	16.3 bc	16.7 bc
CM	12.4 bc	16.0 ab	17.3 ab	18.6 ab	18.9 ab
S	16.7 a	18.4 a	19.4 a	20.7 a	20.4 a
CA	12.6 bc	13.4 bc	14.9 bc	14.3 cd	14.6 cd

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400 g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 4. 農業有機土壤添加物對番石榴株高之影響

Table 4. Effects of organic soil amendments on plant height of *P. guajava*.

Treatment <sup>z</sup>	Plant height (cm)				
	60 days	90 days	120 days	150 days	180 days
CK	69.3 a <sup>y</sup>	75.0 a	77.9 a	79.6 a	82.6 a
I	66.7 ab	66.9 bc	66.6 bc	65.7 bc	68.1 c
M	69.4 a	70.9 ab	71.1 b	72.0 b	77.4 ab
CM	59.3 c	61.3 d	61.4 c	62.4 c	66.3 c
S	61.7 bc	63.3 cd	63.4 c	63.4 c	66.1 c
CA	63.6 bc	64.4 cd	65.0 c	65.4 bc	70.3 bc

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400 g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 5. 農業有機土壤添加物對番石榴葉綠素值之影響

Table 5. Effects of organic soil amendments on Chlorophyll value of *P. guajava*.

Treatment <sup>z</sup>	Chlorophyll meter value			
	45 days	90 days	135 days	180 days
CK	25.4 a <sup>y</sup>	18.3 a	15.4 a	19.0 a
I	21.5 c	7.4 d	8.7 b	7.4 d
M	21.2 c	15.0 b	16.0 a	16.2 b
CM	22.7 bc	18.7 a	17.0 a	17.8 ab
S	20.5 c	14.7 b	16.4 a	17.2 ab
CA	24.6 ab	11.1 c	11.1 b	12.4 c

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400 g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

五、農業有機土壤添加物對植株營養元素之影響

(一)葉片元素

大量元素：處理蓖麻粕後的葉片其氮含量最高，為 1.54%，其次依序為蝦蟹殼粉的 1.34%、萬壽菊粉末的 1.18%、肉桂醛的 1.09%，而蓖麻粕及蝦蟹殼粉處理顯著高於感染組的 1.00%。磷元素方面，最高的為萬壽菊粉末處理的 0.15%，與感染組的 0.11 有顯著差異，而其他處理則無差異。鈣元素方面，所有處理均與感染組的 0.69 無顯著差異，然而含量較高的為蓖麻粕及蝦蟹殼粉。鉀元素方面，除了蝦蟹殼粉外，其他三種處理之鉀元素均高於感染組，蝦蟹殼粉則含量較低，為 0.73%。元素方面以蓖麻粕處理較其他處理含量高，其葉片鎂含量為 0.29%，其他處理則無明顯差異 (表 6)。

微量元素：結果顯示，蝦蟹殼粉有最高之鐵含量，為 79 ppm，其他依序為蓖麻粕的 75 ppm、肉桂醛之 69 ppm、萬壽菊之 66 ppm，然而所有處理均與感染線蟲組無顯著差異。錳元素方面，以蓖麻粕處理含量最高，明顯高於其他處理及感染組。鋅元素方面，所有處理相差不多，都顯著高於感染組的 6.8 ppm。銅元素則與鋅元素趨勢相同，所有處理銅含量均高於感染組 (表 7)。

表 6. 接種 180 天後，農業有機土壤添加物對番石榴葉片大量元素之影響 (乾物重為分母)  
Table 6. Effects of organic soil amendments on macro element concentration of leaf of *P. guajava* after artificially infested with nematodes for 180 days. (Dry weight basis)

Treatment <sup>z</sup>	Macro element concentration of leaf (%)				
	N	P	Ca	K	Mg
CK	1.44 a <sup>y</sup>	0.09 c	0.90 a	1.68 a	0.22 b
I	1.00 c	0.11 bc	0.69 bcd	0.65 c	0.18 c
M	1.18 bc	0.15 a	0.59 d	1.22 b	0.18 c
CM	1.54 a	0.10 bc	0.79 ab	1.19 b	0.29 a
S	1.34 ab	0.10 bc	0.74 bc	0.73 c	0.20 bc
CA	1.09 c	0.13 ab	0.64 cd	1.10 b	0.18 bc

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400 g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.



表 7. 接種 180 天後，農業有機土壤添加物對番石榴葉片微量元素之影響 (乾物重為分母)  
 Table 7. Effects of organic soil amendments on micro element concentration of leaf of *P. guajava* after artificially infested with nematodes for 180 days. (Dry weight basis)

Treatment <sup>z</sup>	Micro element concentration of leaf (ppm)			
	Fe	Mn	Zn	Cu
CK	62 b <sup>y</sup>	28 b	15. a	11 a
I	72 ab	21 b	7 b	4 c
M	66 ab	24 b	14 a	7 b
CM	75 ab	49 a	13 a	6 b
S	79 a	21 b	12 a	6 b
CA	69 ab	23 b	12 a	6 b

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400 g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

## (二)根部元素

大量元素：氮元素方面，處理蓖麻粕有較高之氮含量，達到 1.04%，而處理肉桂醛則較少，為 0.66%。磷元素方面，萬壽菊粉末及感染組有較高之磷含量，均為 0.1%，其他處理則相差不大。鈣元素方面，所有處理均無顯著差異。鉀元素方面，施用蝦蟹殼粉後之根部鉀元素較其他處理低，為 0.38%；處理萬壽菊粉末之鉀元素則最高，達 0.54%；而其他處理之鉀元素濃度在 0.5% 上下。鎂元素方面，所有處理與對照組無明顯之差別 (表 8)。

微量元素：鐵元素方面，施用萬壽菊粉末、蓖麻粕及蝦蟹殼粉的鐵含量較高，分別為 105 ppm、100 ppm 及 102 ppm，顯著高於感染組之 86 ppm，而肉桂醛則與感染組無明顯差異。錳元素方面，蓖麻粕處理有較高的錳含量，為 74 ppm，其次為萬壽菊粉末的 51 ppm，而其他處理則與感染組差不多，無顯著差異。鋅元素方面，以處理萬壽菊粉末 24 ppm 高於其他所有處理。銅元素方面，萬壽菊粉末及蓖麻粕高於蝦蟹殼粉及肉桂醛處理，然而，所有處理均與感染組無顯著差異 (表 9)。

表 8. 接種 180 天後，農業有機土壤添加物對番石榴根部大量元素之影響 (乾物重為分母)  
 Table 8. Effects of organic soil amendments on macro element concentration of root of *P. guajava* after artificially infested with nematodes for 180 days. (Dry weight basis)

Treatment <sup>z</sup>	Macro element concentration of root (%)				
	N	P	Ca	K	Mg
CK	0.79 c <sup>y</sup>	0.07 b	0.72 a	0.50 ab	0.24 a
I	0.82 bc	0.10 a	0.71 a	0.47 ab	0.23 a
M	0.86 b	0.10 a	0.72 a	0.54 a	0.23 a
CM	1.04 a	0.07 b	0.67 a	0.48 ab	0.21 a
S	0.83 bc	0.07 b	0.73 a	0.38 c	0.24 a
CA	0.66 d	0.08 b	0.71 a	0.46 b	0.22 a

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400 g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

表 9. 接種 180 天後，農業有機土壤添加物對番石榴根部微量元素之影響 (乾物重為分母)  
 Table 9. Effects of organic soil amendments on micro element concentration of root of *P. guajava* after artificially infested with nematodes for 180 days. (Dry weight basis)

Treatment <sup>z</sup>	Micro element concentration of root (ppm)			
	Fe	Mn	Zn	Cu
CK	100 a <sup>y</sup>	46 b	16 b	19 a
I	86 b	32 c	16 b	14 bc
M	105 a	51 b	24 a	16 ab
CM	100 a	74 a	16 b	16 ab
S	102 a	32 c	15 b	14 bc
CA	92 ab	31 c	13 b	12 c

<sup>z</sup>CK: no nematodes; I: infested; M: marigold powder 200 g; CM: castor bean meal 400g; S: shrimp/crab shell powder 200 g; CA: cinnamaldehyde 1000x.

<sup>y</sup>Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

## 討 論

### 一、農業有機土壤添加物防治根瘤線蟲之效果

由結果可以得知，施用四種農業有機土壤添加物均能降低植株根瘤指數及根瘤數（表 1、表 2），其中以萬壽菊處理及蓖麻粕處理效果較佳。顏等 (1998)處理萬壽菊粉末顯著地降低了番茄根瘤指數，由 2.8 降低至 0.5 上下；Oduor-Owino (2003)間作萬壽菊將番茄根瘤數由 623.1 降低至 128.8。高等 (2011)處理蓖麻水提取物後番茄根瘤指數明顯下降，由 72 下降至 34，且根瘤數亦下降；而在蝦蟹殼粉 (Suganda, 1999)及肉桂醛 (Jardim *et al.*, 2017) 部分，亦能降低植株根瘤數，分別為番茄由 475.7 下降至 128.0、大豆由 22 下降至 6。這些研究與本篇結果一致，顯示農業有機土壤添加物能降低植株根部根瘤的發生。

在根瘤線蟲族群數目結果顯示，這四種農業有機土壤添加物從 50 g 介質中平均含有 23.8 隻線蟲下降至 8.4 隻以下。陳和周 (2011)開發萬壽菊忌避作物防治根瘤線蟲，能使土壤中之根瘤線蟲由原本的 129 隻/100 g 土，下降至 42 隻/100 g 土，而本研究使用之 'Evergreen' 萬壽菊屬於不易開花品種，經過試驗後之介質根瘤線蟲密度分別為 50 g 土壤中含有 1.3 及 6.5 隻，遠少於陳和周 (2011)的結果。Natarajan 等 (2006)分析萬壽菊於開花前製備為冷水萃取液，其殺根瘤線蟲之效果較開花後佳，由此可知 'Evergreen' 萬壽菊全年長青不開花，殺根瘤線蟲之效果較其他萬壽菊品種佳。其他農業有機土壤添加物方面，Adomako 和 Kwoseh (2013)將番茄盆苗施用蓖麻萃取液，對照組根瘤線蟲數為 6.37 隻/5 g 土，處理組則下降至 4 隻/5 g 土；施用蝦蟹殼加工物降低番茄土壤中的根瘤線蟲數目平均達 69.87% (Radwan *et al.*, 2011)；肉桂醛則能抑制根瘤線蟲卵孵化，藉此降低土壤中線蟲數目 (Jardim *et al.*, 2017)。這些研究與本篇結果趨勢相同，顯示都能降低介質中的根瘤線蟲族群數量。

### 二、農業有機土壤添加物對植株生長勢之影響

由結果得知，施用萬壽菊粉末有較多的枝條數、較高的株高及較長的枝條長。在前人文獻中，施用萬壽菊粉末能增加番茄株高，且顯著高於感染植株 (顏等, 1998)；若施用萬壽菊水萃液則能改善番茄之株高及增加葉片總數量 (Natarajan *et al.*, 2006)，皆與本篇結果相似。而萬壽菊粉末為萬壽菊植物乾燥物，富含植物所需的養分，因此亦能增加介質肥力，當植株生長勢較旺盛時，也較能抵禦病原的侵入及逆境發生。蓖麻粕方面，結果顯示施用蓖麻粕有較多的枝條數，高等 (2011)施用蓖麻水萃液後增加了地上部的鮮重，顯示施用蓖麻粕能降低根瘤線蟲的危害，使植株生長勢較佳，另外蓖麻粕為植物殘渣，富含植物必要的營養，除了降低根瘤線蟲之危害外，亦能促進植株生長、側芽的分支，因此有較多枝條數之結果。蝦蟹殼粉方面，結果顯示施用蝦蟹殼粉有最多的枝條數，Suganda (1999)施用蝦蟹殼粉於番茄介質中，提高了番茄的枝條質量，由對照組 58.5 g 增加至 62.6 g，顯示處理蝦蟹殼粉能增加植株的枝條生長。肉桂醛方面，無論在枝條數、株高、枝條長等調查，皆些微高於感染組番石榴，顯示相對於感染植株，施用肉桂醛在植株生育方面有所改善，然而相對於其他處理，則無法達到大幅增加植株生長勢，可能原因為肉桂醛所含的養分最少，

僅含有肉桂醛及水，非生物存留下來的植體或殘渣，無法增加介質肥力來幫助供給養分，因此處理肉桂醛在植株生長勢方面並無顯著的提升。

### 三、農業有機土壤添加物對植株營養元素之影響

#### (一)葉片元素

前人文獻中，將大豆接種根瘤線蟲後，枝條之磷、鈣及氮含量均明顯降低 (Carneiro *et al.*, 2001)；將四季豆接種根瘤線蟲後，枝條之鉀含量隨接種時間越久而下降 (Melakeberhan *et al.*, 1987)；受根瘤線蟲感染之植株地上部將出現微量元素的缺乏。由這些研究可以發現，可以以處理農業有機土壤添加物是否有改善氮、鉀、鈣和微量元素等吸收為感染根瘤線蟲嚴重之指標。由結果得知，萬壽菊粉末處理較感染組改善增加了鉀元素，且磷、銅、鋅等元素的吸收也較感染組佳；蓖麻粕處理為氮、鈣、鉀、錳、鋅、銅等元素較感染組多；蝦蟹殼粉為增加了氮、鐵、鋅及銅含量；肉桂醛則增加了鉀的含量。各式土壤添加物均有好的改善效果，其中以萬壽菊及蓖麻粕最佳。

#### (二)根部元素

將大豆接種根瘤線蟲後，根部的氮含量及氮元素的吸收有所增加，在磷元素方面，根部磷元素總量增加，然而單在磷元素的吸收量則為降低，顯示根瘤線蟲寄生後將導致植株內部養分流向根部來供給根瘤線蟲的生長 (Carneiro *et al.*, 2001)。在鉀元素方面，Melakeberhan 等 (1987)發現四季豆接種根瘤線蟲後，根部之鐵元素會隨著接種量上升而下降；在咖啡作物上，接種根瘤線蟲後其根部鉀及鋅元素會下降，而在鈣及鎂元素則無顯著差異 (Hurchanik *et al.*, 2003)。從這些研究可以發現，感染線蟲後植株根部氮、鉀、微量元素將下降，磷則會上升。與本次試驗結果相比，感染線蟲植株之根部磷含量確實有明顯增加，鐵含量則較其他處理顯著減少。施用萬壽菊粉末後，增加了番石榴植株根部之磷、鉀、鐵、錳、鋅含量。施用蓖麻粕提高了氮、鐵、錳含量。然而，蝦蟹殼粉處理有較低的鉀、錳及鋅含量，可能因素為施用蝦蟹殼粉降低了介質中的鉀、錳及鋅含量，導致植株吸收量不足。

## 參 考 文 獻

- 林正忠。2005。番石榴線蟲病害。植物保護圖鑑系列 15-番石榴保護。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。
- 陳昱初、周浩平。2011。番石榴病害防治技術之研究。台中區農業改良場番石榴栽培技術與經營管理研討會論文集。行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。197-215。
- 高倩圓、胡飛龍、祝紅紅、劉滿強、李輝信、胡鋒。2011。蓖麻提取物對南方根結線蟲的防治作用。應用生態學報 22(11): 3033-3038。
- 鄭安秀、陳紹崇、楊清富、吳雅芳、林經偉。2008。設施栽培作物根瘤線蟲之管理。台

- 南區農業專訊 65: 1-4。
- 顏志恆、林俊義、陳殿義、李明達、蔡東纂。 1998。拮抗植物抑制南方根瘤線蟲族群之效用。植物病理學會刊 7: 94-104。
- Adomako, J. and C. K. Kwoseh. 2013. Effect of castor bean (*Ricinus communis* L.) aqueous extracts on the performance of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). J. Sci. Technol. 33(1): 1-11.
- Carneiro, R. G., P. Mazzafera, L. C. C. B. Ferraz, T. Muraoka, and P. C. O. Trivelin. 2001. Uptake and translocation of nitrogen, phosphorus and calcium in soybean infected with *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. Fitopatol. Bras. 27(2): 141-150.
- Hurchanik, D., D. P. Schmitt, N. V. Hue, and B. S. Sipes. 2003. Relationship of *Meloidogyne konaensis* population densities to nutritional status of coffee roots and leaves. Nematropica 33: 55-64.
- Jardim, I. N., D. F. Oliveira, G. H. Silva, V. P. Campos, and P. E. Souza. 2017. (E)-cinnamaldehyde from the essential oil of *Cinnamomum cassia* controls *Meloidogyne incognita* in soybean plants. J. Pest Sci. 18: 1-9.
- Melakeberhan, H., J. M. Webster, R. C. Brooke, J. M. D'Auria, and M. Cackette. 1987. Effect of *Meloidogyne incognita* on plant nutrient concentration and its influence on the physiology of beans. J. Nematol. 19(3): 324-330.
- Natarajan, N., A. Cork, N. Boomathi, R. Pandi, S. Velavan, and G. Dhakshnamoorthy. 2006. Cold aqueous extracts of African marigold, *Tagetes erecta* for control tomato root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Crop Prot. 25: 1210-1213.
- Oduor-Owino, P. 2003. Integrated management of root-knot nematodes using agrochemicals, organic matter and the antagonistic fungus, *Paecilomyces lilacinus* in natural field soil. Nematol. Medit. 31: 121-123.
- Omweha, C. O., I. J. Thomason, and P. A. Roberts. 1988. A nondestructive technique for screening bean germplasm for resistance to *Meloidogyne incognita*. Plant Dis. 72(11): 970-972.
- Radwan, M. A., S. A. A. Farrag, M. M. Abu-Elamayem, and N. S. Ahmed. 2011. Extraction, characterization, and nematicidal activity of chitin and chitosan derived from shrimp shell wastes. Biol. Fertil. Soils 48: 463-468.
- Suganda, T. 1999. Natural chitinous amendment for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) of tomato. J. Agrikultura 10(1): 17-19.

## Effect of Several Organic Soil Amendments on Management of Guava (*Psidium guajava* L. cv. 'Jen-Ju') Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne incognita*)

Yong-Jie Su<sup>1)</sup> Huey-Ling Lin<sup>2)</sup>

Key words: Guava, Root-knot nematodes, Marigold, Castor bean meal, Shrimp/Crab shell powder, Cinnamaldehyde

### Summary

In this research, four organic soil amendments were selected to control root-knot nematodes. The application of 'Evergreen' marigold powder, castor bean meal, shrimp/crab shell powder, or cinnamaldehyde in the growing medium could effectively reduce the density of root-knot nematode in the medium of 'Jen-Ju Bar'. In addition, all four treatments could reduce root gall index and root knot number of guava roots. Among these treatments, Marigold powder and castor bean meal were more effective in controlling root knot nematode. In respect of plant growth potential, treatment with marigold powder increased the number of plant branches and plant height, application of castor bean meal increased the number of plant branches, and treating shrimp/crab shell powder increased number of branches per plant. Moreover, the effect of four organic soil amendments on nutrient element concentration of guava leaf and root were analyzed in this study. Our results indicated that treating marigold powder improved the concentration of potassium, phosphorus in leaves and micro elements in roots. Treating castor bean meal increased the concentration of nitrogen, calcium, potassium, and micro elements in leaves, and nitrogen and iron in roots. Treating shrimp and crab shell powder increased the concentration of nitrogen in leaves, but reducing the concentration of potassium, manganese, and zinc in roots. Furthermore, treating cinnamaldehyde improved the concentration of potassium in leaves.

---

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

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