

萬壽菊混合農業廢棄物粒肥對番石榴根瘤線蟲防治 及營養生長之影響

謝季燁¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：萬壽菊、番石榴、根瘤線蟲、農業廢棄物、肥料

摘要：台灣番石榴栽培受根瘤線蟲 (*Meloidogyne* spp.) 危害嚴重，但現今仍無有效的防治方法。前人研究中施用萬壽菊 (*Tagetes* 'Evergreen')、蓖麻粕、蝦蟹殼粉、肉桂醛等有機土壤添加物於番石榴植株，皆有減少根瘤線蟲族群及減少根部根瘤之效果，此實驗遂以混合以上有機物製造有機粒肥，施用於番茄盆栽進行試驗，在番茄中施用 2.5% (w/v) 混合粒肥顯著降低根瘤指數、減少根瘤數，而 0.8% 混合粒肥僅減少根瘤數，根瘤指數則與對照組無差異。而番石榴試驗中，施用 2.5% (w/v) 混合粒肥 2 次，栽種 6 個月後進行調查。結果顯示對照組有 80% 植株受線蟲危害，處理組則僅 20% 植株受感染。2.5% 施用量有效提高葉片氮、鉀、鈣、鎂、錳及土壤中氮、磷、鈣、鉀、鎂、鐵、銅之含量，並增加主枝、亞主枝及植株重，但處理組土壤 EC 值較對照組高，而酸鹼度顯著低於對照組。

前 言

番石榴 (*Psidium guajava*) 為台灣重要之經濟果樹，根據農委會農業統計年報顯示，番石榴栽植面積約七千公頃，2018 年總產量達十六萬公噸，因其營養價值高，每 100 g 果肉含抗壞血酸 (Vitamin C) 200-350mg (吳, 1988)，為台灣常見水果中含量最高，且熱量低，加上較長的儲藏壽命，近年已成為台灣出口果品重點項目之一。

然而番石榴栽培上常受根瘤線蟲 (*Meloidogyne* spp.) 危害。造成嚴重的農業損失，根瘤線蟲主要危害植物根部，導致根部吸收能力下降，並產生根瘤，地上部出現營養缺乏、葉片黃化等病徵，嚴重者造成植株死亡而缺株。因是土傳性病害，在防治上較不容易，較直接的防治方式為土壤燻蒸、施用觸殺性或系統性農藥托福松粒劑、滅線蟲乳劑，然而燻蒸

1) 國立中興大學園藝系碩士班學生

2) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者

費用昂貴，而農藥多為劇毒農藥，對環境、生物傷害大，且多為栽種前使用，並不適用於多年生栽培之果樹，因此，台灣番石榴在根瘤線蟲防治上並無推薦用藥，其根瘤線蟲問題的解決遂成為一重要課題。

本研究室已確認萬壽菊'Evergreen'、蝦蟹殼粉 (Radwan *et al.*, 2012)、蓖麻粕 (Rich *et al.*, 1989)以及肉桂醛 (Caboni *et al.*, 2013)單獨施用於番石榴盆栽可有效防治根瘤線蟲，為提升使用便利性，此實驗嘗試將萬壽菊乾燥粉末及蝦蟹殼粉、蓖麻粕製成粒狀肥料，先施用於番茄觀察其效果，再以番石榴作為實驗材料進行，觀察是否具有降低番石榴受根瘤線蟲危害之效果，以及混合粒肥對植株生長之影響。

材料與方法

一、試驗材料

混合粒肥配方為萬壽菊'Evergreen'全株乾燥粉末 10%、蓖麻粕 60%、蝦蟹殼粉 20%及米糠 10%混合製成。蓖麻粕、蝦蟹殼粉購自冠峻農業科技開發公司。混合粒肥之營養元素含 N 1.3%、P 1%、K 1.4%、Ca 2.5%。

實驗分別以番茄及番石榴兩種作物進行，番茄以'玉女'(農友種子)為受試材料，播種於穴盤二週後開始處理。使用之根瘤線蟲為象耳豆根瘤線蟲 *M. enterolobii*，取自番石榴根部。番石榴材料為'津翠'品種之高壓苗，根瘤線蟲來源為受感染之田間病土。實驗於中興大學園藝系溫室內進行 (24°07'10.6"N 120°40'33.4"E)。

二、試驗方法

(一)混合粒肥對番茄盆栽根瘤線蟲之影響

將二週齡的番茄苗移植至 3 吋盆並加入 5 g 的新好康多 1 號緩效肥，栽種一週後接種根瘤線蟲，根瘤線蟲為事先準備之二齡幼蟲懸浮液，接種量為 10 ml，約 300 隻根瘤線蟲，接種後先置於室內一天，後移置溫室栽培。接種 9 天後施用肥料，共分為四種處理，每處理五重覆。並在施用肥料後 55 天進行調查。

1. 對照組 (Control)：未接種線蟲，無處理粒肥。
2. 感染組 (Infested control)：接種線蟲，無處理粒肥。
3. 0.8%粒肥處理組 (0.8% granular fertilizer)：接種線蟲，添加 5g 混合粒肥 (0.8%, w/v)。
4. 2.5%粒肥處理組 (2.5% granular fertilizer)：接種線蟲，添加 16g 粒肥 (2.5%, w/v)。

(二)混合粒肥對番石榴盆栽根瘤線蟲之影響

試驗期間為 2017 年 11 月 20 日至 2018 年 5 月 21 日。實驗為 2 處理 5 重複，分為對照組 (Infested control)及施用混合粒肥組 (Granular fertilizer)，2017 年 11 月 20 日開始試驗，番石榴栽種於 12 L 塑膠盆栽，每盆皆混入 1/3 (v/v)之根瘤線蟲病土，處理組分別於 2017 年 11 月 20 日與 2018 年 2 月 20 日施用 300 g 混合粒肥 (2.5%, w/v)並與表土混合，

共施用兩次。並在 2018 年 3 月 6 日進行修剪至相同高度進行相關生長速率調查。

三、調查項目及方法

(一)根瘤線蟲危害情況

1. 根瘤指數：於實驗結束時將植株取出，觀察其根部受根瘤線蟲危害之情形，依不同程度區分為 5 個程度，0 = 未受根瘤線蟲感染，1 = 1-25% 根部有根瘤，2 = 26-50%，3 = 51-75%，4 = 76-100%。
2. 根瘤密度：隨機選擇植株細根共 30 cm，計算根上之根瘤數量，再換算為每 10 cm 之根瘤數，因番石榴實驗中線蟲危害不嚴重，僅番茄實驗中進行。

(二)植株生長情形

1. 番茄：於實驗最後一天調查，包括植株長度、節數、地上部鮮重以及根部鮮重。
2. 番石榴：於修剪後標記新長之枝條，並每週記錄枝條長度以計算生長速率。並在實驗最後一天調查植株主枝及亞主枝數量、地上部及根部鮮重。

(三)番石榴葉片及介質營養元素分析

於實驗結束時取樣分析，葉片選取成熟枝條第 4 或第 5 對葉片，每株四周葉片皆取樣以消去環境之影響，取回之葉片先以清水沖去灰塵及髒汙後，過 1% 鹽酸及 3 次二次水後，放入牛皮紙袋進烘箱，100°C 1 小時殺菁後轉為 70°C 持續至葉片完全烘乾，烘乾後以磨粉機將葉片磨粉，並秤取粉末進行灰化，灰粉以 2 N HCl (Merck) 溶解後以二次水定量並以 Whatman #42 無灰分濾紙過濾，完成之灰化液作為測定磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋅、銅之材料，氮測定秤取乾燥粉末進行 Micro-Kjeldahl 法測定。

介質則於每盆番石榴盆中選取三點，並取深 5 cm 處之介質，並將之均勻平鋪於塑膠盤上，放至陰涼通風處風乾，風乾後經 2 mm 篩網過篩，夾鍊袋收集備用，除氮測定直接秤取介質進行 Micro-Kjeldahl 法測定外，其於元素磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋅、銅則測定 Mechlich's method 所萃取之萃取液。

葉片及介質磷皆以鉬黃法測定，鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋅、銅則以偏光茲曼原子吸收光譜儀 (Senes polarized Zeeman atomic absorption spectrophotometer, Model Z-2000, Hitachi, Japan) 進行測定。

介質之 EC 值及 pH 值測定方面，於實驗結束時取樣，介質取樣方式同上，並以介質：水 = 1:7 混合後震盪，以酸鹼值測定儀 (SP-701, Suntext) 及電導度測定儀 (SP-170, Suntext) 測定。

結 果

一、混合粒肥對番茄盆栽根瘤線蟲及生長之影響：

(一)根瘤線蟲防治效果評估

根瘤指數部分，對照組之處理為 0，感染組最為嚴重（圖 1），指數為 3.4（表 1），0.8% 粒肥處理為 2.2，與感染組無顯著差異，2.5% 粒肥處理為 1.6，顯著低於感染組，但與 0.8% 粒肥處理無顯著差異。根瘤密度以感染組最高，每 10 公分細根有 12.8 個根瘤，顯著較其他處理高，0.8% 粒肥處理組為 8.1 顯著低於感染組，且與 2.5% 粒肥處理無差異。而 2.5% 粒肥處理組使根瘤密度下降至 4.4，並與對照組無顯著差異。

(二) 營養生長調查

莖長、節數、地上部及根部在所有處理都沒有顯著差異（表 2）。

表 1. 施用混合粒肥對番茄盆栽根瘤線蟲危害之影響。

Table 1. Effect of applying granular fertilizer on root-knot nematode damage on *S. lycopersicum* pot.

Treatment	Gall index ^z	NO. gall•10 cm ⁻¹
Infested control	3.4 a ^y	12.8 a
0.8% granular fertilizer	2.2 ab	8.1 b
2.5% granular fertilizer	1.6 b	4.4 bc
Control	0 c	0 c

^z Root gall index based on a scale from 0-4; 0 = no infestation; 1 = 0-25% of galled root in whole root; 2 = 26-50%; 3 = 51-75%; 4 = 76-100%.

^x Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 2. 施用混合粒肥對番茄生長之影響。

Table 2. Effect of applying granular fertilizer on the growth of tomato plants.

Treatment	Height (cm)	NO. node	Above-ground (g) ^z	Root (g) ^z
Infested control	166.6 a ^y	20.0 a	70.5 a	9.0 a
0.8% granular fertilizer	166.3 a	18.3 a	71.0 a	8.5 a
2.5% granular fertilizer	177.0 a	18.2 a	80.2 a	8.8 a
Control	182.3 a	21.2 a	72.9 a	9.5 a

^z Weigh the fresh weight.

^y Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.



圖 1. 施用混合粒肥 55 天後，番茄根部之外觀。A. Control. B. Infested control. C. 0.8% mixed fertilizer. D. 2.5% granular fertilizer.

Fig. 1. Appearance of *S. lycopersicum* root after treated the granular fertilizer for 55 days. A. Control. B. Infested control. C. 0.8% granular fertilizer. D. 2.5% granular fertilizer.

二、混合粒肥對番石榴盆栽根瘤線蟲及生長之影響：

(一)根瘤線蟲防治效果評估

就感染率來看，對照組五株中有四株感染根瘤線蟲，達 80%；處理組則僅有一株受感染 (表 3)，並可在對照組觀察到明顯之根瘤。但就根瘤指數來看，因對照組中根瘤危害程度不高，平均根瘤指數僅 0.8，與處理組 (GI = 0.2)統計下並無顯著差異 (表 3)。

(二)番石榴植株生長狀況

添加混合粒肥後顯著增加番石榴植株主枝數以及亞主枝數 (表 4)，混合粒肥處理主枝數及亞主枝數分別為 7 及 8.6，對照組僅 4.2 及 4.2。混合粒肥處理下，全株重亦顯著較對照組高，為 287 g，對照組則僅 203.4 g (表 4)，其主要差異來自地上部，混合粒肥處理下地上部重 171.2 g，對照組重 102.2 g，顯著較處理組低。而地下部則無顯著差異，皆約重 100 g。

表 3. 施用混合粒肥對番石榴中根瘤線蟲罹病率及根瘤指數之影響。

Table 3. Effect of applying granular fertilizer on rupture rate of root-knot nematode and root gall index on *P. guajava*.

Treatment	Rupture rate (%) ^z	Root gall index ^y
Infested control	80	0.8 a ^x
Granular fertilizer	20	0.2 a

^z Infected plants / total plants*100%

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

^x Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 4. 施用混合粒肥對番石榴生長之影響。

Table 4. Effect of applying granular fertilizer on the growth of *P. guajava* plants.

Treatment	NO. Main branches	NO. Sub-main branches	Whole plant (g)	Above-ground (g)	Root (g)
Infested control	4.2 b ^z	4.2 b	203.4 b	102.2 b	99.2 a
Granular fertilizer	7.0 a	8.6 a	287.0 a	171.2 a	115.6 a

^z Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

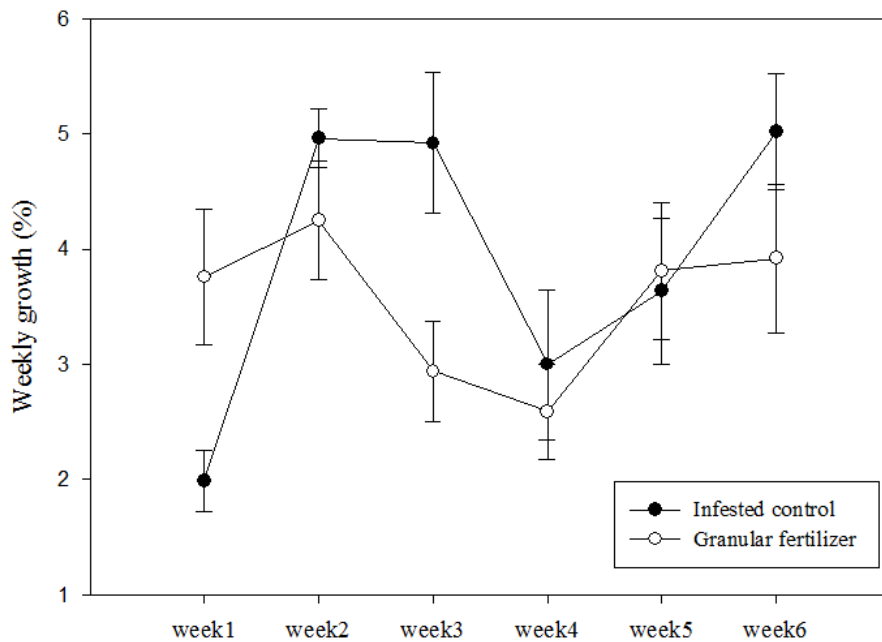


圖 1. 施用混合粒肥對番石榴新芽每週生長量之影響 (cm)。

Fig. 2. Effect of applying granular fertilizer on weekly growth of *P. guajava* shoot.

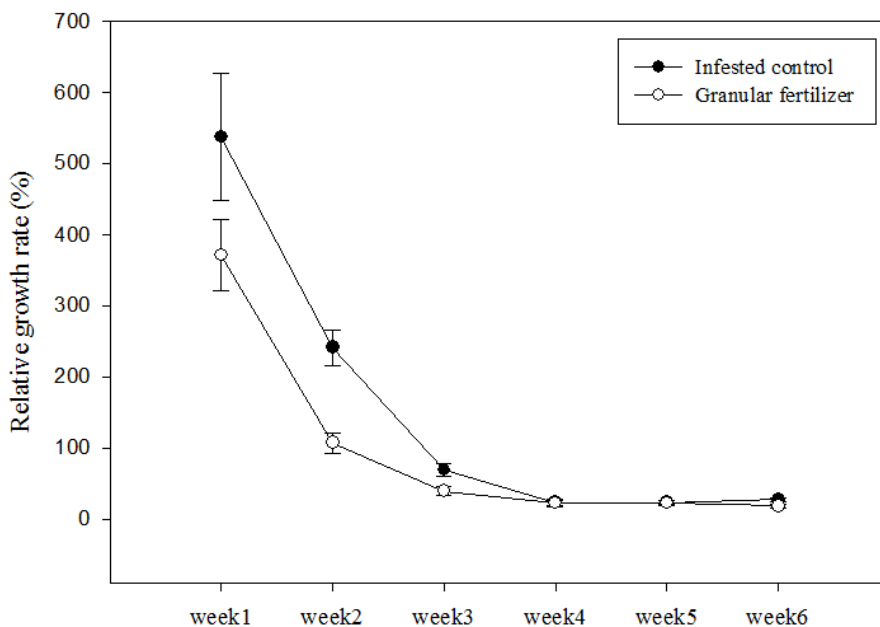


圖 2. 施用混合粒肥對番石榴新芽每週相對生長率之影響 (%)。

Fig. 3. Effect of applying granular fertilizer on the relative growth rate of *P. guajava* shoot per week.

混合粒肥處理組第一週生長量 3.76 cm 顯著較對照組 1.99 cm 高 (圖 2)，但在第三週時混合粒肥處理組僅 2.94 cm 顯著較對照組 4.92 cm 低，而其他週次則無差異。相對生長速率中，對照組之相對生長速率在第二、三、六週次分別為 241%、69%、27% (圖 3)，顯著大於對照組的 107%、39%、18%，其他週次則無差異。

(三) 葉片、介質營養元素及介質性質比較

1. 葉片

大量元素氮、磷、鉀、鈣、鎂中，混合粒肥處理下氮含量達 1.99% (表 5)，顯著大於對照組 1.2%，鉀從對照組 1.86% 提升至混合粒肥處理組的 2.36%，鈣則由 1.18% 提升至 1.56%，鎂由 0.33% 提升至 0.44%，而磷的部分則是對照組 0.29% 顯著高於混合粒肥處理 0.19%，微量元素鐵、錳、鋅、銅、硼中，混合粒肥處理下鐵為 30.5 ppm (表 6)，與對照組 23.9 ppm 無顯著差異。混合粒肥處理的錳含量為 119.5 ppm，顯著高於對照組 42.2 ppm。鋅則具顯著差異，處理組與對照組分別為 31.5 ppm 及 35.7 ppm。銅則以對照組 5.7 ppm 顯著較處理組 1.4 ppm 高。

2. 介質

混合粒肥處理中大量元素氮、磷、鉀、鈣、鎂皆顯著較對照組高 (表 7)，處理組氮含量為 1.09%，磷 0.19%，鉀 1.92%，鈣 1.21%，鎂 0.36%。對照組氮為 0.89%，磷 0.03%，鉀 0.12%，鈣 1.1%，鎂 0.32%。

表 5. 施用混合粒肥對番石榴葉片大量元素之影響。

Tabke 5. Effect of applying granular fertilizer on macro element concentration of leaf of *P. guajava*.

Treatment	Macro element of leaf (% , dried weight)				
	N	P	K	Ca	Mg
Infested control	1.20 b ^z	0.29 a	1.86 b	1.18 b	0.33 b
Granular fertilizer	1.99 a	0.19 b	2.36 a	1.56 a	0.44 a

^z Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 6. 施用混合粒肥對番石榴葉片微量元素之影響。

Table 6. Effect of applying granular fertilizer on micro element concentration of leaf of *P. guajava*.

Treatment	Micro element of leaf (ppm, dried weight)			
	Fe	Mn	Zn	Cu
Infested control	23.9 a ^z	42.2 b	35.7 a	5.7 a
Granular fertilizer	30.5 a	119.5 a	31.5 a	1.4 b

^z Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 7. 施用混合粒肥對番石榴盆栽介質大量元素之影響。

Table 7. Effect of applying granular fertilizer on macro element concentration of media of *P. guajava*.

Treatment	Macro element of media (% , dried weight)				
	N	P	K	Ca	Mg
Infested control	0.89 b ^z	0.03 b	0.12 b	1.10 b	0.32 b
Granular fertilizer	1.09 a	0.19 a	1.92 a	1.21 a	0.36 a

^z Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

微量元素鐵、錳、鋅、銅、硼，混合粒肥處理下介質鐵含量為 2.18 ppm (表 8)，顯著高於對照組 0.89 ppm。而處理組錳含量為 8.59 ppm 顯著低於對照組的 12.57 ppm。鋅跟銅在兩處理間無顯著差異，處理組及對照組鋅含量分別為 10.78、4.25 ppm，銅含量分別為 0.12 及 ND。

施用混合粒肥後，EC 值為 1660 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (表 9)，顯著較對照組 306 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 高。pH 值則在混合粒肥處理組顯著較低，為 5.96，對照組為 6.41。

表 8. 施用混合粒肥對番石榴盆栽介質微量元素之影響。

Table 8. Effect of applying granular fertilizer on micro element concentration of media of *P. guajava*.

Treatment	Micro element of media (ppm, dried weight)			
	Fe	Mn	Zn	Cu
Infested control	0.89 b ^z	12.57 a	4.25 a	ND a
Granular fertilizer	2.18 a	8.59 b	10.78 a	0.12 a

^z Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 9. 施用混合粒肥對番石榴盆栽介質電導度與酸鹼值之影響。

Table 9. Effect of applying granular fertilizer on electrical conductivity (EC) and pH value of medium planted with *P. guajava*.

Treatment	EC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ^z	pH value ^z
Infested control	306 b ^y	6.41 a
Granular fertilizer	1660 a	5.96 b

^z Medium : water = 1:7.

^y Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

討 論

一、混合粒肥控制根瘤線蟲危害之效果

混合粒肥應用在番茄，施用量為 16g 時 (2.5%, w/v) 具有顯著的防治效果，但當施用量下降時 (0.8%, w/v)，根瘤線蟲的防治效果 (根瘤指數) 較不顯著，而根瘤的密度也有隨施用量降低而增加的趨勢，顯示混合粒肥具有防治根瘤線蟲的效果。番石榴實驗中，施用量為 2.5% (w/v) 時，有降低受試植株的感染率，但危害程度因太輕微，統計上並沒有顯著

差異，可能因番石榴對根瘤線蟲感染反應較慢，或土壤中初始線蟲數量較少而造成試驗中的感染程度較低。

綜觀在兩種作物上的試驗，可以知道混合粒肥無法根除土壤中根瘤線蟲，此結果與許多以萬壽菊、蝦蟹殼粉等有機資材處理的實驗相似，雖然都有正面效果，但難以達到完全根除的效果。如 Suganda (1999)於盆栽進行蝦蟹殼粉防治番茄根瘤線蟲的試驗，2 kg 介質施用 6 g 蝦蟹殼粉，試驗 28 天後根瘤數量較對照組降低 47.6%。以及使用蓖麻粕作為防治資材試驗，以 1% (castor cake/soil)處理番茄，僅降低 18% 的蟲卵數量 (Lopes *et al.*, 2009)，於茴香 (*Foeniculum vulgare*)田間每公頃施用 1000 kg 的蓖麻粕，僅將根瘤指數從 1.9 降至 1.7 (分為 5 級) (Patel *et al.*, 2005)。使用萬壽菊為土壤添加物，每公升介質添加新鮮 50 g 萬壽菊植體，處理 8 週後，處理組根瘤指數為 3.2 僅較對照組 4.6 稍低 (根瘤指數分為 10 級)，又預先栽種萬壽菊 8 週，可使番茄根瘤指數降至 0，可見萬壽菊間作效果較土壤添加好且效果長久 (Ploeg, 2000)，而蘇 (2017)使用萬壽菊與番石榴間作，每 50 g 介質僅 1.3 隻根瘤線蟲，顯著較對照組 30.7 隻低，且較其他有機添加物的處理效果好，但與番石榴競爭養分導致番石榴植株發育較差。

在混合粒肥中，蓖麻粕應屬於觸殺類型，蝦蟹殼粉為提升土壤中微生物群相，藉由提高線蟲拮抗微生物來防治 (Hallmann *et al.*, 1999)，而萬壽菊則被認為兩種類型皆有 (Wang *et al.*, 2007)，萬壽菊中所含有的噻吩類物質，需要有近紫外光或過氧化物酶 (peroxidase) 的催化才能產生殺線蟲的單線態氧，以培養皿進行實驗僅需 1ppm 即達到 100% 線蟲致死，但加入土壤中即使提高到 200 ppm 仍然效果不佳，可知直接施用於土壤中殺線蟲能力較弱 (Gommers, 1981; Gommers and Bakker, 1988)。比較使用番茄植株及萬壽菊植株作為土壤添加物時 ($50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ soil)，發現都有減少根瘤指數，且兩種處理的差異不大 (Ploeg, 2000)，而 Suatmadji (1969)、Jagdale *et al.* (1999)亦得到相似結果，當使用萬壽菊或寄主植體 (蘋果、玉米)混入受根腐線蟲感染的栽培介質時，都有些微減少線蟲危害，且效果不侷限於萬壽菊。但顏等 (1998)的研究結果中，則顯示用番茄作為土壤添加物沒有萬壽菊的防治效果，且萬壽菊不論間作或作土壤添加物皆顯著降低根瘤指數以及土壤線蟲密度，可見萬壽菊作為土壤添加物的效果在多個研究中結果不一致。而間作或輪作萬壽菊效果則較穩定，在多篇論文中的結果較一致。本實驗之結果顯示混合粒肥對根瘤線蟲仍具有防治效果，但最適有效濃度需進一步建立。

二、混合粒肥對植株營養生長表現之影響

(一) 番茄實驗

番茄中，各項營養生長指標，如莖長、地上部、根部重量，皆沒有顯著差異，儘管在其他研究中指出，施用萬壽菊粉末能增加植株地上部重量 (顏等, 1998)。Radwan *et al.* (2012)利用純化的幾丁質，以及幾丁質乙醯化後之殼聚糖 (chitosan)施用於番茄，有助增加枝條長度，而這些助益主要來自於因為減少根瘤線蟲危害所造成的生長遲緩。而在本實驗中，

從根瘤線蟲感染組以及未接種線蟲之組間生長指標無差異，因此施用混合粒肥無顯示較好的生長，可能是因為對照組中根瘤線蟲危害的情況未嚴重到抑制番茄植株的生長。在前人研究中，施用較低濃度的純幾丁質於栽培介質中可以促進番茄莖長、莖重及根重，但施用高濃度 ($10\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil) 的幾丁質則會降低番茄生長 (Kokalis-Burelle *et al.*, 2002)。

(二) 番石榴實驗

混合粒肥處理組不管在枝條數或是植株重量接顯著要對照組高，而兩處理在根瘤指數部分並無顯著差異，因此可知在此實驗中，混合粒肥的萬壽菊、蓖麻粕、蝦蟹殼粉等成分不僅僅是因為降低根瘤線蟲危害，而有較好的生長勢外，也提供植株較多的養分，此結果與蘇 (2017) 使用各種土壤添加物結果相似，皆有提高枝條長度以及增加枝條數量。儘管介質 EC 值顯著提升為 $1660\text{ dS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，但並未出現鹽害之症狀，亦無造成生長抑制。

三、混合粒肥對番石榴葉片元素、介質元素及性質之影響

(一) 葉片營養元素

較高品質的番石榴，葉片的大量營養元素含量推薦為，氮 1.45-1.71%、磷 0.11-0.15%、鉀 0.69-1.21%、鈣 1.49-2.81%、鎂 0.15-0.33% (鄭和林，2005)。混合粒肥處理的植株中，大部分營養元素皆較對照組要高，包含氮、鉀、鈣、鎂、錳。但不管有無處理粒肥，其營養元素都介於推薦含量或甚至更高，僅對照組鈣含量低於推薦值，因此實驗中的番石榴應未因為線蟲感染而造成養分的缺少。但處理組的磷含量顯著較對照組低，可能因為磷會因為介質中鈣含量提高，而與鈣結合，減少了磷的有效性，

微量元素

而在微量元素，推薦的番石榴葉片元素含量為，鐵 121.7-165.5 ppm、錳 53.1-208.5 ppm、鋅 15.1-31.9 ppm、銅 24.5-34.2 ppm (鄭和林，2005)，試驗中鐵、錳、銅幾乎都小於推薦值，只有錳含量在處理組顯著較對照組高，並達推薦含量，混合粒肥增加錳含量的結果與蘇 (2017) 使用蓖麻粕處理番石榴的結果相同，皆提升葉片中錳的含量，但皆不至於有毒害現象發生。

(二) 介質營養元素及性質

1. 營養元素

大量元素部分，介質中氮、磷、鉀、鈣、鎂皆顯著提升，尤其磷提升量為 6 倍，鉀則提升 16 倍，微量元素中，處理粒肥後，鐵及鋅都有所提升，唯錳元素則顯著較對照組低。在前人研究中肉桂醛處理對介質元素無影響 (蘇，2017)。

2. EC 值、pH 值

番石榴推薦的 EC 值為 $200-600\text{ dS}\cdot\text{cm}^{-1}$ (許，2010)，試驗中對照組與粒肥處理組分別為 306 及 $1660\text{ dS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，粒肥處理組 EC 值有顯著提升，提升約 6 倍，且高於推薦值，但並未達到造成鹽害之情形 (陳，2004)，但若施用量高於 2.5%，並提高施用次數則可能造成土壤鹽害，此結果來自粒肥中萬壽菊、蓖麻粕及蝦蟹殼粉，三者皆會提高介質 EC 值，

尤其蝦蟹殼粉之 EC 值最高 (蘇, 2017)。而 pH 值則在施用混合粒肥後有顯著降低, 但僅從 6.41 降到 5.96, 兩者皆為微酸性, 屬作物可接受之範圍, 之所以降低介質 pH 值, 應為粒肥中的蝦蟹殼粉, 因其單獨施用時顯著降低介質 pH 值 (蘇, 2017), 整體而言, 粒肥對植株生長仍有促進作用, 且因對根瘤線蟲具防治效果, 對營養元素之吸收皆比感染線蟲之植株高, 進而生長優於對照組。

參 考 文 獻

- 吳明昌。1988。台灣番石榴營養分析。高雄區農業推廣簡訊。高雄區農業改良場編印。pp. 25。
- 許哲夫。2010。番石榴合理化施肥手冊。高雄區農技報導。高雄區農業改良編印 104。
- 陳仁炫。2004。土壤與植體營養診斷技術。植物重要防疫檢疫病害診斷鑑定技術研習會專刊(三)。pp. 157-174。
- 鄭安亨、林慧玲。2005。'珍珠拔'番石榴葉片、果實礦物元素及品質之相關性。興大園藝 30(2): 23-32。
- 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。
- 蘇永傑。2017。幾種有機添加物對'珍珠'番石榴南方根瘤線蟲的防治效果。中興大學園藝學系所學位論文。
- Caboni, P., N. Aissani, T. Cabras, A. Falqui, R. Marotta, B. Liori, N. Ntalli, G. Sarais, N. Sasanelli, and G. Tocco. 2013. Potent nematicidal activity of phthalaldehyde, salicylaldehyde, and cinnamic aldehyde against *Meloidogyne incognita*. J. Agric. Food Chem. 61: 1794-1803.
- Gommers, F. 1981. Biochemical interactions between nematodes and plants and their relevance to control, Helmin. Abstr. 50: 9-24.
- Gommers, F., and J. Bakker. 1988b. Physiological diseases induced by plant responses or products. Diseases of nematodes, CRC Press. pp. 3-22.
- Hallmann, J., R. Rodriguez-Kábana, and J. Kloepper. 1999. Chitin-mediated changes in bacterial communities of the soil, rhizosphere and within roots of cotton in relation to nematode control. Soil Biol. Biochem. 31: 551-560.
- Jagdale, G.P., Reynolds, B., Ball-Coelho, B. and Potter, J. 1999. Nematicidal activity of marigold plant parts against root-lesion nematodes (*Pratylenchus penetrans*). J. Nematol. 31: 546-547.
- Kokalis-Burelle, N., N. Martinez-Ochoa, R. Rodríguez-Kábana, and J. Kloepper. 2002. Development of multi-component transplant mixes for suppression of *Meloidogyne incognita*

- on tomato (*Lycopersicon esculentum*). J. Nematol. 34:362.
- Lopes, E. A., S. Ferraz, O. D. Dhingra, P. A. Ferreira, and L. G. Freitas. 2009. Soil amendment with castor bean oilcake and jack bean seed powder to control *Meloidogyne javanica* on tomato roots. Nematol. Bras. 33: 106-109.
- Patel, S., H. Patel, A. Patel, and D. Patel. 2005. Integrated management of root-knot nematode *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). J. Spices Aromatic Crops 14: 152-154.
- Ploeg, A. T. 2000. Effects of amending soil with *Tagetes patula* cv. Single Gold on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. Nematology 2: 489-493.
- Radwan, M. A., S. A. Farrag, M. M. Abu-Elamayem, and N. S. Ahmed. 2012. Extraction, characterization, and nematicidal activity of chitin and chitosan derived from shrimp shell wastes. Biol. Fertil. Soils 48: 463-468.
- Rich, J., G. Rahi, C. Opperman, and E. Davis. 1989. Influence of the castor bean (*Ricinus communis*) lectin (ricin) on motility of *Meloidogyne incognita*. Nematropica 19:99-103.
- Suatmadji, R. W. 1969. Studies on the effect of *Tagetes* species on plant parasitic nematodes. PhD Thesis. Veenman.
- Suganda, T. 1999. Natural chitinous amendment for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) of tomato. J. Agrikultura 10: 17-19.
- Wang, K.-H., C. Hooks, and A. Ploeg. 2007. Protecting crops from nematode pests: using marigold as an alternative to chemical nematicides. Plant Dis. 35: 1-6.

Effect of Granular Fertilizer Composed of Marigold and Agricultural Wastes on Root-knot Nematode (*Meloidogyne enterolobii*) Control and Vegetative Growth of Guava (*Psidium guajava*)

Chi-Yeh Hsieh¹⁾ Huey-Ling Lin²⁾

Key word: Marigold, *Psidium guajava*, *Meloidogyne*, agricultural wastes, fertilizer

Summary

Guava (*Psidium guajava*) cultivation in Taiwan is seriously endangered by *Meloidogyne* spp. However, there is no effective control method. At previous studies, marigold (*Tagetes* spp.), castor bean cake, shrimp and crab shell powder, cinnamaldehyde and other organic soil amendment were found to have the potential to inhibit the damage caused by root-knot nematodes in guava plants. They had the function to reduce the number of root-knot nematodes and root galls. In this study, a granular fertilizer made from the mixture of marigold, castor bean cake, shrimp and crab shell powder was applied to tomato, our results indicated that application of 2.5% (w/v) granular fertilizer significantly reduced the root gall index and reduced the number of galls in tomato, while 0.8% granular fertilizer significantly reduced the number of galls. In the guava potting experiment, 2.5% granular fertilizer was applied twice; and the plant was investigated 6 months after planting. Our results showed that 80% of the plants in the control group were harmed by nematodes, whereas only 20% in the treatment group. The application of 2.5% granular fertilizer increased the contents of nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium, manganese in the leaf; the contents of nitrogen, phosphorus, calcium, potassium, magnesium, iron and copper in the soil; and the number of main branch, sub branch and plant weight. However, the EC value of potting media in the treatment group was higher than the control group, and the pH was significantly lower than the control group.

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

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