

拮抗植物抑制南方根瘤線蟲族群之效用

顏志恆¹ 林俊義¹ 陳殿義¹ 李明達² 蔡東纂²

1. 台中縣霧峰鄉 台灣省農業試驗所
 2. 台中市 國立中興大學植物病理學系
- 接受日期：中華民國 87 年 6 月 15 日

摘要

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.

萬壽菊、孔雀草及天人菊等不同品系之拮抗植物，對於南方根瘤線蟲皆顯現高度的抗性，其植體水抽出液及烘乾粉末過濾液能有效地降低南方根瘤線蟲卵孵化率及殺死其二齡幼蟲。在盆鉢試驗之土壤中添加不同拮抗植物的切碎生鮮植體、水抽出液、或植體烘乾粉末能有效地降低寄主植物—蕃茄根部根瘤的產生及土壤中根瘤線蟲二齡幼蟲的族群密度，進而抑制根瘤線蟲病害的發生，而以添加不同拮抗植物之切碎生鮮植體及植體烘乾粉末效果最好。不同品系拮抗植物與臺中亞蔬四號蕃茄品種間作 (intercropping) 或輪作 (crop rotation)，亦能有效地抑制根瘤線蟲病害的發生，而以間作效果為佳。

關鍵詞：拮抗植物、卵孵化率、間作、輪作。

緒言

至目前為止，全世界已知有 24 屬的植物寄生性線蟲可以危害經濟作物，並且造成全世界糧食產量大約百分之十的損失，例如根瘤線蟲 (*Meloidogyne spp.*)、根腐線蟲 (*Pratylenchus spp.*)、穿孔線蟲 [*Radopholus similis* (Cobb), Thorne]、黃金線蟲 [*Globodera rostochiensis* (Wollenweber), Behrens]、莖線蟲 [*Ditylenchus dipsaci* (Kuhn), Filipjev] 等 (31)。而防治植物線蟲病害的方法包括田間衛生 (sanitation)、輪作 (crop rotation)、耕作方式 (cultural practice)、殺線蟲劑的施用 (use of nematicides)、以及生物防治 (biological control) 等 (9)，上述方法各有其優點及缺點，對於防治植物病原線蟲的效果也各有不同，因此往往需要相互整合，以綜合防治 (Integrated pest management, IPM) 的觀點來達到防治的目的。儘管如此，殺線蟲劑的施用仍是目前最快速有效的方法，僅美國一年即花費 17 億 2 千萬美金在購買殺線蟲劑於防治作物線蟲病害上 (1)。而在當今環保意識高漲的情形下，多數為劇毒農藥的殺線蟲劑即將被禁用，因此替代的防治方法如生物防治或有機質的添加 (application of organic amendments) 正方興未艾的蓬勃發展，但其限制因子不少，因此成功的例子並不多 (1,28)。而近年來植物性農藥 (botanical pesticides) 的快速發展則提供了另一個防治植物線蟲病害的新途徑 (23)，事實上以特殊的植物來防治植物病蟲害的方法已施行甚久，例如以陷阱植物 (trap plants) 來防治植物線蟲病

害即是一個很好的例子 (3,26)。

陷阱植物最早是應用於防治植物病毒病害方面，而所謂的陷阱植物是指通常栽種於田間以防止作物受到帶植物病原病毒蚜蟲威脅的植物，理由是經由蚜蟲傳播的植物病原病毒多為非永續性 (nonpersistent)，在先叮咬陷阱植物多次後，其帶毒性即慢慢減弱而使得作物免於植物病原病毒的感染 (3)。陷阱植物也可以以不同的作用方式應用於防治植物線蟲病害上面，例如將對根瘤線蟲相當感病的陷阱植物栽種於嚴重感染根瘤線蟲的田間，則根瘤線蟲大量感染陷阱植物後，在完成其生活史前旋即拔除陷阱植物，以達到減少土壤中根瘤線蟲的密度 (26)。此外有些拮抗植物 (antagonistic plants) 的植體則含有抑制或毒殺線蟲物質，可以抑制植物病原線蟲卵的孵化、阻止植物病原線蟲二齡幼蟲的發育或蛻皮 (molting) 為成蟲，或是直接殺死植物病原線蟲的二齡幼蟲，這些陷阱植物及拮抗植物又可稱為植物性農藥 (Botanical pesticides) 的一種 (5,6,11,13,22,26,29,30)。通常以拮抗植物和作物輪作或間作即可有效地抑制植物病原線蟲在土壤中的族群發展，進而減緩植物病原線蟲的危害 (4,16,21,32)，例如以紫花野百合 (*Crotalaria spectabilis* Roth) 或萬壽菊 (*Tagetes spp.*) 和寄主植物 胡蘿蔔輪作，可以有效地抑制爪哇根瘤線蟲 (*Meloidogyne javanica*) 二齡幼蟲在土壤中的密度 (15,26)。又以孔雀草 (*Tagetes patula* Linn.) 或太陽麻 (*Crotalaria juncea* Linn.) 和鳳梨輪作可降低腎形線蟲 (*Rotylenchulus reniformis*, Linford and Oliveira) 在田間的密度等 (7)。此外

拮抗植物植體 (包括花、莖、葉、及根) 的水溶液或酒精抽出液對植物病原線蟲亦有毒殺作用, 而以切碎的植株殘體或是烘乾的植體粉末拌入田間土壤中, 亦可有效地降低植物病原線蟲在土壤中的密度 (8,10,14,25,23)。例如大蒜葉及蒜瓣的水溶液、酒精抽出液、及蒸氣抽出液對甘蔗葉芽線蟲 (*Aphelenchoides sacchari*, Fischer) 及柑桔矮化線蟲 (*Tylenchorynchus semipenetrans*) 皆有毒殺作用 (19), 以印度黃檀 (*sisso*, *Dalbergia sisso* Roxb.) 的切碎植體木屑單獨或混合苦楝樹 (*neem*, *Azadirachta indica* A. Juss.) 果實果仁粉末拌入田間土壤中, 亦可有效地降低爪哇根瘤線蟲 (*Meloidogyne javanica*) 在土壤中的密度 (27)。

而應用於防治植物線蟲病害的拮抗植物包括菊科 (Asteraceae)、百合科 (Liliaceae)、莧科 (Amaranthaceae)、罌粟科 (Papaveraceae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、夾竹桃科 (Apocynaceae)、豆科 (Fabaceae) 及茄科 (Solanaceae) 等十幾科的多種植物 (23)。上述植物有一些在臺灣是屬於驅除蛔蟲之藥用植物例如苦楝樹 (楝科)、臭杏 (藜科)、魚藤 (豆科) 及菸草 (茄科) 等, 林及蔡氏 (2) 曾嘗試以這些藥用植物成份來防治草莓葉芽線蟲。又臺灣省農業試驗所植物病理系亦曾利用萬壽菊 (菊科) 及孔雀草 (菊科) 來防治根瘤線蟲病害 (未發表), 但其防治效果仍需進一步的評估。本試驗的目的即是利用天然對植物病原線蟲有拮抗作用的植物例如萬壽菊、孔雀草、及天人菊來嘗試防治植物線蟲病害的可能性, 及初步研究拮抗植物對植物病原線蟲作用機制的探討, 並評估實際田間應用的可能性。

材料與方法

供試之南方根瘤線蟲蟲源及製備

本實驗所使用之植物寄生性線蟲來源, 係由國立中興大學植物病理學系植物線蟲實驗室所提供之南方根瘤線蟲 [*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood]。於溫室中先行種植空心菜 (*Ipomoea reptans* Poir., 尖囊品種) 苗株於泥炭土與珍珠石等量之盆鉢, 再將上述線蟲的卵塊接種至種植盆鉢中之空心菜根部, 約一個半月後, 一個世代完成新的卵塊產生後, 作為供試線蟲來源。於實驗前, 收集由空心菜根部組織分離出之南方根瘤線蟲卵塊, 置於無菌水中浸泡 24 小時後, 以消毒過的玻璃吸管吸取孵化出來的二齡幼蟲, 收集於 100 毫升的小燒杯中, 計算線蟲量備用。

供試植物

供試植物包括臺中亞蔬四號蕃茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 品種、尖囊空心菜 (*Ipomoea reptans* Poir.) 品種、萬壽菊 (*T. erecta* Linn.)、孔雀草 (*T. patula* Linn.) 及天人菊 (*Gaillardia picta* Foug.) 之不同品系

(cultivars), 於溫室中將各供試植物種子播種於含 Bas Van Buuren (BVB) 介質 (No.4, Maasland, Netherlands) 之黑色塑膠育苗穴植盤中 (12×24格), 每一小格 (2.5×2.5cm) 播一至二粒種子, 等長到兩片子葉完全張開時, 移植至裝有蒸氣消毒過栽培土之花盆中 (直徑11.5公分, 含有500公克的供試土壤), 每一花盆移植一棵幼苗, 每日早晚澆水一次, 每星期以葉肥 (獅馬牌) 300—500倍水溶液噴灑以維持良好生長, 蕃茄及空心菜以育苗 30—35 天之植株作為供試植物, 萬壽菊、孔雀草及天人菊則以育苗 40 天後完全長成之植株為供試植物。

供試土壤

本實驗所用之土壤, 係取自南投縣草屯鎮坪林里之田土, 經土壤分析為砂質壤土 (sandy loam), pH 值為 6.7, 含水量為 12%。質地為砂粒 (sand) 佔 67.4%, 粘粒 (clay) 佔 25.2%, 粉粒 (silt) 佔 7.4%。供試土壤經高溫高壓蒸氣滅菌消毒 (121 °C, 20 minutes) 後備用。

拮抗植物對南方根瘤線蟲之感受性差異

供試的拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊不同品系 (cultivars)—萬壽菊 (完美—橙、完美—金黃、完美—混合、突擊隊—金黃) 四個不同品系、孔雀草 (皇后、珍妮—火焰、珍妮—金黃、珍妮—鮮黃、麻雀—混合) 五個不同品系、及天人菊 (小精靈、普奇拉—混合) 兩個不同品系。以育苗 30 天之臺中亞蔬四號蕃茄品種植株作為對照組, 和育苗 40 天後完全長成之萬壽菊、孔雀草及天人菊不同品系的植株, 分別接種 1000 隻二齡幼蟲 (second juvenile, J2) 的南方根瘤線蟲, 經 45 天後, 記錄接種根瘤線蟲之植株根部根瘤指數 (galling index)、每 100 克土壤所含之線蟲數 (#N/100g soil)、植株地上部乾重量 (top dry weight, Top DW)、根部乾重量 (root dry weight, Root DW)、及植株高度 (height)。其根瘤指數分別以下列方式區分:

根瘤指數區分為:

0 級: 無病徵

1 級: 1-15% 的根系有根瘤

2 級: 16-30% 的根系有根瘤

3 級: 31-50% 的根系有根瘤

4 級: 51-100% 的根系有根瘤

每個處理各有五個重複, 本試驗重複兩次。

拮抗植物植體水抽出液及烘乾粉末過濾液對南方根瘤線蟲卵孵化率及二齡幼蟲致死率之影響

供試之拮抗植物—包括萬壽菊、孔雀草及天人菊不同品系的育苗 40 天後完全長成之植株及對照組—蕃茄及空心菜之育苗 30 天植株, 以其植體水抽出液及植株烘乾後

研磨之粉末過濾液測試對南方根瘤線蟲卵孵化率及二齡幼蟲致死率之影響。植體水抽出液是以供試拮抗植物及對照組蕃茄及空心菜的植株，分別將整株植株以剪刀切成約一公分長的小段，置於不鏽鋼圓筒中，100公克植體加入100毫升即1:1 (W/V) 比例的無菌水，以蒸氣消毒滅菌釜(121) 蒸氣 20 分鐘後，待其冷卻後以孔徑 0.45 μm 微孔過濾膜 (micropore filter) 過濾其濾液備用。此外將供試拮抗植物及對照組蕃茄及空心菜植株置於烘箱 (oven) 中以 80 溫度處理 48 小時後，再將乾燥之植株植體以研磨機磨成粉末，然後加入 1:10 (W/V) 比例的無菌水攪拌均勻後，於室溫中靜置 24 小時，取其上層懸浮液經兩層綿紗布濾過殘渣，再以孔徑 0.45 μm 微孔過濾膜 (micropore filter) 過濾其濾液備用。

各取 5 毫升的濾液加上 5 毫升無菌水倒入內徑五公分小培養皿中，再將 1000 個南方根瘤線蟲的卵及 1000 隻二齡幼蟲分別置放於小培養皿內，於室溫下放置五天後，計算線蟲卵孵化率 (egg hatch) 及二齡幼蟲致死率 (second juvenile mortality)，並分別將線蟲卵及二齡幼蟲移至無菌水中 24 小時確定卵不再孵化及二齡幼蟲已真正死亡。每個處理各有五個重複，本試驗重複兩次。

土壤中添加不同拮抗植物生鮮植體、水抽出液、及植體烘乾粉末對南方根瘤線蟲病害發生之影響

供試之拮抗植物—包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊不同品系的育苗 40 天後完全長成之植株，及對照組—蕃茄之育苗 30 天植株，以其生鮮植體切碎小段、水抽出液、或植株烘乾後研磨之粉末混拌於土壤中，並以殺線蟲劑—歐殺滅 (Oxamyl) 之施用 (40公斤/公頃) 作為藥劑對照組，測試在溫室中以拮抗植物防治植物寄生性線蟲病害的可行性，及其對寄主植物生長的影響。

以供試拮抗植物及對照組蕃茄的植株，分別將整株植株以剪刀切成約一公分長生鮮小段，此外亦將供試拮抗植物及對照組蕃茄植株置於烘箱 (oven) 中以 90 溫度處理 48 小時後，再將乾燥後之植株植體以研磨機磨成粉末，此植株烘乾後研磨之粉末或生鮮植體切碎小段分別依 1:100 (W/W) 及 5:100 (W/W) 比例 (即 1% 及 5%) 混拌於供試之砂質壤土中，並將長出兩片子葉的臺中亞蔬四號蕃茄幼苗分別移植至裝有兩種不同供試砂質壤土之花盆中 (直徑 11.5 公分)，每一花盆移植一棵幼苗。經過 15 天後，分別接種 1000 隻南方根瘤線蟲二齡幼蟲。45 天後，記錄接種根瘤線蟲之植株根部根瘤指數、每 100 克土壤所含之線蟲數、植株地上部乾重量、根部乾重量及植株高度。而植體水抽出液是以供試拮抗植物及對照組蕃茄植株，分別將整株植株以剪刀切成約一公分長小段，置於不鏽鋼圓筒中，加入以 1:1 (W/V) 比例的無菌水，以蒸氣消毒滅菌釜蒸氣 20 分鐘後，待其冷卻後以 0.45 μm 微孔過濾膜過濾

其濾液備用。以此濾液 100 毫升澆灌於栽植育苗 15 天臺中亞蔬四號蕃茄幼苗之花盆中 (直徑 11.5 公分)。經過 15 天後，分別接種 1000 隻南方根瘤線蟲的二齡幼蟲，30 天後再澆灌 100 毫升濾液，接種 60 天後記錄實驗結果。每個處理各有五個重複，本試驗重複兩次。

間作及輪作拮抗植物對南方根瘤線蟲病害發生之影響

本試驗目的為利用不同供試拮抗植物—包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊不同品系的植株，與供試植物蕃茄臺中亞蔬四號品種間作 (intercropping) 或輪作 (crop rotation)，藉以瞭解間作或輪作不同供試拮抗植物前後土壤中植物病原線蟲族群的變化，以評估在溫室中以拮抗植物防治植物寄生性線蟲病害的可行性，及對寄主植物生長的影響。

分別以育苗 10 天之蕃茄幼苗及育苗 20 天後之萬壽菊、孔雀草及天人菊幼苗作為供試植物。此溫室試驗有三個不同處理，分別為先種蕃茄幼苗再種拮抗植物幼苗、先種拮抗植物幼苗再種蕃茄幼苗及兩者同時栽種。先種蕃茄幼苗再種拮抗植物幼苗的處理如下，將長到兩片子葉的臺中亞蔬四號蕃茄幼苗分別移植至裝供試砂質壤土之花盆中 (直徑 20 公分)，每一花盆移植一棵幼苗，經過 15 天後，分別接種 1000 隻南方根瘤線蟲的二齡幼蟲，再經過 15 天後，分別將育苗 20 天後之萬壽菊、孔雀草及天人菊不同品系的幼苗移植至已接種線蟲蕃茄幼苗的盆栽中間作，經過 30 天後記錄接種根瘤線蟲之植株根部根瘤指數、每 100 克土壤所含之線蟲數、植株地上部乾重量、根部乾重量及植株高度。先種拮抗植物幼苗再種蕃茄幼苗的處理則和上述步驟相同，但為先移植拮抗植物幼苗再種蕃茄幼苗，將育苗 20 天後之萬壽菊、孔雀草及天人菊不同品系的幼苗分別移植至裝供試砂質壤土之花盆中 (直徑 20 公分)，每一花盆移植一棵幼苗，經過 15 天後，分別接種 1000 隻南方根瘤線蟲的二齡幼蟲，再經過 15 天後，將萬壽菊、孔雀草及天人菊整株植株拔除，旋即分別將臺中亞蔬四號蕃茄幼苗移植至已接種線蟲之原栽種萬壽菊、孔雀草及天人菊盆栽中輪作，經過 30 天後記錄實驗結果。兩者同時栽種的處理則為蕃茄幼苗與拮抗植物幼苗同時間栽種在一起，經過 30 天後再接種南方根瘤線蟲，再經過 30 天後記錄實驗結果。每個處理各有五個重複，本試驗重複兩次。

結 果

拮抗植物對於南方根瘤線蟲之感受性差異

不同的拮抗植物接種南方根瘤線蟲以測試這些拮抗植物對於植物病原線蟲的感受性，其試驗結果顯示，供試之不同拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊的不同品系植株，對於南方根瘤線蟲皆有高度的抗性，根瘤指數在 0 至 0.4 之間，和對照組—對南方根瘤線蟲為高感病性的蕃

茄臺中亞蔬四號品種有相當明顯的差異（根瘤指數為 2.5）。在每一百公克土壤中線蟲數量方面，供試之不同拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草及天人菊之不同品系植株的土壤中線蟲數目每一百公克土壤中線蟲數在 2.4 隻至 13.6 隻之間，而對照組則高達 121.4 隻。而對於植株生長的影響，以接種南方根瘤線蟲的拮抗植物植株和未接種線蟲的植株作比較，植株地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度差異不明顯，表示這些拮抗植物的生長受到南方根瘤線蟲的影響並不大。而對照組蕃茄臺中亞蔬四號品種接種南方根瘤線蟲的植株和未接種線蟲的植株之地上部乾重量、根部乾重量及植株高度則有明顯的差異（2.64g / 9.74g、1.16g / 2.32g、50cm / 78cm）（表一）。

拮抗植物植體水抽出液及烘乾粉末過濾液對於南方根瘤線蟲卵孵化率及二齡幼蟲致死率之影響

由上述感受性試驗結果顯示，供試的拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草及天人菊等十一種不同品系對於南方根瘤線蟲皆有高度的抗性。因此於實驗室中篩選這些品系測試對於植物病原線蟲卵孵化率及二齡幼蟲致死率的影響，以作為未來溫室試驗的參考。

以對南方根瘤線蟲高感病性之蕃茄臺中亞蔬四號品種及空心菜尖萼品種的植體水抽出液及烘乾粉末過濾液作為比較，及以只加無菌水的處理為對照組。試驗結果顯示，以不同拮抗植物之十一種不同品系植體水抽出液測試南方根瘤線蟲之卵孵化率在 4.0% 至 16.7% 之間，二齡幼蟲致死率在 70.8% 至 90.4% 之間，而蕃茄及空心菜之卵孵化率則在 34.7% 至 40.1% 之間，二齡幼蟲致死率在 18.0% 至 21.8% 之間，只加無菌水的對照組其卵孵化率為 53.1%，二齡幼蟲致死率為 13.1%。而拮抗植物植體烘乾粉末過濾液的測試效果，卵孵化率在 5.5% 至 10% 之間，二齡幼蟲致死率在 78.7% 至 94.3% 之間，蕃茄及空心菜之卵孵化率則在 40.0% 至 41.3% 之間，二齡幼蟲致死率在 12.0% 至 15.7% 之間，只加無菌水的對照組其卵孵化率為 47.0%，二齡幼蟲致死率為 10.0%（表二）。

土壤中添加不同拮抗植物生鮮植體、水抽出液、或植體烘乾粉末對南方根瘤線蟲病害發生之影響

實驗證明在實驗室中這些品系之植體水抽出液及烘乾粉末過濾液能有效地降低南方根瘤線蟲卵孵化率及殺死其二齡幼蟲，因此以不同拮抗植物生鮮植體、水抽出液、或植體烘乾粉末添加於土壤中，測試在溫室中以拮抗植物防治植物寄生性線蟲病害的可能性，及其對寄主植物生長的影響。試驗結果顯示，在土壤中添加不同拮抗植物之切碎生鮮植體、水抽出液、或植體烘乾粉末能有效地降低寄主植物—蕃茄根部根瘤的產生及土壤中根瘤線蟲二齡幼蟲的密度，進而抑制根瘤線蟲病害的發生。不同拮抗植物之切

表一、萬壽菊、孔雀草、及天人菊之不同品系對於南方根瘤線蟲之感病性

Table 1. The susceptibility of various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars to *Meloidogyne incognita*

Plant & Variety	Galling index ¹	Top DW ² (g)	Root DW ² (g)	Height ² (cm)	No./100g soil ³
Marigold					
Perfect-Orange	0.2 bc ⁴	6.52	1.48	61.4	4.4 de ⁴
Check	0	6.48	1.66	58.6	0
Perfect-Gold	0 c	4.46	2.02	58.2	5.6 de
Check	0	5.05	2.13	60.4	0
Perfect-Mixed	0.2 bc	4.92	1.89	58.0	8.8 bcd
Check	0	4.87	2.11	62.8	0
Crush-Gold	0.4 b	4.84	2.12	70.6	5.1 de
Check	0	5.12	2.46	75.8	0
French marigold					
Queen	0.4 b	5.62	2.17	60.0	0 e
Check	0	5.89	2.32	62.2	0
Janie-Flame	0.2 bc	6.23	1.65	59.8	2.4 de
Check	0	5.91	2.01	55.8	0
Janie-Gold	0.4 b	4.76	1.76	64.6	6.6 cde
Check	0	5.08	1.94	66.8	0
Janie-Primrose	0.2 bc	5.25	1.31	69.6	6.5 cde
Check	0	5.44	1.67	72.4	0
Machi-Mixed	0.2 bc	4.64	1.38	73.6	4.6 de
Check	0	4.82	1.50	70.2	0
Gaillardia picta					
Goblin	0.2 bc	1.12	0.54	5.4	12.4 bc
Check	0	1.43	0.66	5.8	0
Pulchella-Mixed	0.4 b	1.54	0.48	5.4	13.6 b
Check	0	1.55	0.64	6.2	0
Tomato					
Check	2.5 a	2.64	1.16	50.0	121.4 a
Check	0	9.74	2.32	78.0	0

¹ Galling index (GI) based on a scale from 0 to 4; 0=no infection, 1=1-15% of galled root in whole root, 2=16-30%, 3=31-50%, 4=51-100%.

² Top DW= Top (above ground part of plant) dry weight (gram), Root DW = root dry weight (gram), Height = plant height (cm).

³ No./100g soil= number of nematodes per 100 gram soil.

⁴ Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

碎生鮮植體以 1% 混合比例添加於土壤中的處理，其根瘤指數在 0.33 至 1.0 之間，以 5% 混合比例添加於土壤中的處理，其根瘤指數在 0.67 至 1.17 之間，和添加蕃茄切碎生鮮植體處理其根瘤指數為 2.83 及對照組不添加只接種線蟲的處理根瘤指數為 3.17，有相當明顯的差異。另外添加殺線蟲劑—毆殺滅 (Oxamyl) 及不添加亦不接種線蟲的處理，其根瘤指數皆為 0。在每一百公克土壤中線蟲數量方面，供試之不同拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人

表二、萬壽菊、孔雀草、及天人菊之不同品系植體水抽出液與烘乾粉末過濾液對於南方根瘤線蟲卵孵化率及二齡幼蟲致死率之影響

Table 2. The effect of aqueous extracts and plant material powders of various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars on egg hatch and second juvenile mortality of *Meloidogyne incognita*

Plant & Variety	Aqueous extracts		Plant material powders	
	Hatching rate (%)	J2 Mortality (%)	Hatching rate (%)	J2 Mortality (%)
Marigold				
Perfect-Orange	8.4 efg ¹	85.6 bc	10.0 c	95.3 a
Perfect-Gold	6.5 fg	90.1 a	7.4 cde	89.0 b
Perfect-Mixed	4.8 fg	90.4 a	7.3 cde	94.0 a
Crush-Gold	4.0 g	87.7 ab	8.3 cd	94.3 a
French marigold				
Queen	4.1 g	79.3 e	6.0 de	86.0 cd
Janie-Flame	4.6 fg	84.8 cd	7.6 cde	90.2 b
Janie-Gold	8.0 fg	75.1 f	9.6 c	85.0 cde
Janie-Primrose	7.1 fg	71.4 g	5.5 e	87.5 bc
Machi-Mixed	11.2 def	82.8 d	7.8 cde	84.0 de
Gaillardia picta				
Goblin	14.3 de	70.8 g	8.3 cd	78.7 f
Pulchella-Mixed	16.7 d	72.6 fg	7.6 cde	83.0 e
Tomato	40.1 b	18.0 I	41.3 b	12.0 h
Water spinach	34.7 c	21.8 h	40.0 b	15.7 g
Check(water)	53.1 a	13.1 j	47.0 a	10.0 h

¹. Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

菊之不同品系植株的土壤線蟲數目在每一百公克土壤中線蟲數分別依不同添加比例，1% 混合比例在 18.0 隻至 24.0 隻之間，5% 混合比例在 14.0 隻至 21.0 隻之間，而添加蕃茄切碎生鮮植體處理其線蟲數為 82.0 隻及對照組不添加只接種線蟲的處理線蟲數為 97.0 隻，有相當明顯的差異。另外添加殺線蟲劑—毆殺滅 (Oxamyl) 的處理為 11.3 隻及不添加亦不接種線蟲的處理，其線蟲數為 0 隻。對於植株生長的影响，不同拮抗植物植株的處理其植株地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度差異不大。但和添加蕃茄臺中亞蔬四號的處理及對照組不添加只接種線蟲的處理之地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度則有明顯的差異 (表三)。

不同拮抗植物之植體烘乾粉末以 1% 混合比例添加於土壤中的處理，其根瘤指數在 0.2 至 1.0 之間，以 5% 混合比例添加於土壤中的處理，其根瘤指數在 0.5 至 1.0 之間，和添加蕃茄植體烘乾粉末處理其根瘤指數為 2.8 及對照組不添加只接種線蟲的處理根瘤指數為 3.1，有相當明顯的差異。另外添加殺線蟲劑—毆殺滅 (Oxamyl) 及不添加亦不接種線蟲的處理，其根瘤指數皆為 0。在每一百公克土壤中線蟲數量方面，供試之不同拮抗植物包括萬壽

表三、土壤中添加不同比例拮抗植物生鮮植體防治南方根瘤線蟲溫室試驗

Table 3. The greenhouse test of control of *Meloidogyne incognita* by mixing with fresh plant materials of various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars

Amendment) (Plant & Variety)	Galling index ¹	Top DW ² (g)	Root DW ² (g)	Height ² (cm)	No./100g soil ³
1% mixture					
Marigold					
Perfect-Orange	0.50 bc ⁴	7.8 cde	2.3 bcdef	76.0 cdef	14.0 gh
Perfect-Gold	0.67 bc	7.2 def	2.2 cdefg	79.7 ab	23.3 ab
Perfect-Mixed	0.83 bc	8.5 abcd	2.8 abc	81.0 a	18.0 efg
Crush-Gold	0.50 bc	7.3 cdef	3.3 a	71.2 bcde	22.0 cde
French marigold					
Queen	0.33 bc	7.5 cdef	3.2 ab	73.0 fghi	23.0 cd
Janie-Flame	0.67 bc	7.5 cdef	2.2 cdefg	75.0 defg	18.0 efg
Janie-Gold	0.33 bc	9.5 ab	2.3 bcdef	74.2 efgh	21.3 cde
Janie-Primrose	0.67 bc	8.7 abcd	2.7 abcd	70.3 ij	22.3 cde
Machi-Mixed	0.67 bc	7.3 cdef	2.5 abcde	71.2 hij	24.0 c
Gaillardia picta					
Goblin	1.0 b	6.2 f	1.8 defg	69.2 j	19.0 def
Pulchella Mixed	0.83 bc	6.3 ef	2.2 cdefg	72.2 ghij	18.3 efg
5% mixture					
Marigold					
Perfect-Orange	0.67 bc	8.0 bcd	2.8 abc	75.2 defg	16.3 fg
Perfect-Gold	0.50 bc	8.8 abcd	2.3 bcdef	73.2 fghi	14.0 gh
Perfect-Mixed	0.83 bc	8.8 abcd	2.5 abcde	75.5 cdef	14.0 gh
Crush-Gold	1.0 b	8.2 bcd	2.8 abc	81.0 a	16.0 fg
French marigold					
Queen	0.67 bc	6.2 f	1.5 fgh	78.2 abcd	19.3 def
Janie-Flame	0.67 bc	9.0 abc	1.8 defg	77.2 bcde	19.3 def
Janie-Gold	0.67 bc	8.2 bcd	1.7 efgh	75.8 cdef	16.0 fg
Janie-Primrose	0.67 bc	8.2 bcd	1.7 efgh	69.7 ij	15.7 fg
Machi-Mixed	0.67 bc	8.7 abcd	1.8 defg	71.0 hij	14.0 gh
Gaillardia picta					
Goblin	1.17 b	7.5 cdef	1.5 fgh	72.7 fghi	19.7cdef
Pulchella-Mixed	0.67 bc	7.3 cdef	1.3 gh	73.3 fghi	21.0 cde
Tomato	2.83 a	4.2 g	0.8 h	51.0 k	82.0 b
Check (none)	3.17 a	4.0 g	0.7 h	44.0 l	97.0 a
Oxamyl	0 c	8.5 abcd	2.8 abc	75.7 cdef	11.3 hi
No nematodes	0 c	10 a	2.6 abcde	79.0 abc	0 j

¹. Galling index (GI) based on a scale from 0 to 4; 0=no infection, 1=1-15% of galled root in whole root, 2=16-30%, 3=31-50%, 4=51-100%.

². Top DW= Top (above ground part of plant) dry weight (gram), Root DW = root dry weight (gram), Height = plant height (cm).

³. No./100g soil = number of nematodes per 100 gram soil.

⁴. Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

菊、孔雀草、及天人菊之不同品系植株的土壤線蟲數目在每一百公克土壤中線蟲數分別依不同添加比例，1% 混合比例在 21.0 隻至 43.0 隻之間，5% 混合比例在 17.0 隻至

40.2 隻之間，而添加蕃茄植體烘乾粉末處理其線蟲數為 100.2 隻及對照組不添加只接種線蟲的處理線蟲數為 92.8 隻，有相當明顯的差異。另外添加殺線蟲劑—毆殺滅 (Oxamyl) 的處理為 17.1 隻及不添加亦不接種線蟲的處理，其線蟲數為 0 隻。對於植株生長的影响，不同拮抗植物植株的處理其植株地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度差異不大。但和添加蕃茄臺中亞蔬四號的處理及對照組不添加只接種線蟲的處理之地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度則有明顯的差異 (表四)。

於土壤中添加不同拮抗植物植體水抽出液的處理，其根瘤指數在 0.6 至 1.5 之間，和添加蕃茄植體水抽出液處理其根瘤指數為 2.8 及對照組添加無菌水的處理根瘤指數為 2.7，有相當明顯的差異。另外添加殺線蟲劑—毆殺滅 (Oxamyl) 的處理其根瘤指數為 0.5 及不添加亦不接種線蟲的處理其根瘤指數為 0。在每一百公克土壤中線蟲數量方面，供試之不同拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊之不同品系植株的土壤線蟲數目在每一百公克土壤中線蟲數在 24.0 隻至 37.0 隻之間，而添加蕃茄植體水抽出液處理其線蟲數為 100.8 隻及對照組添加無菌水的處理線蟲數為 85.6 隻，有明顯的差異。另外添加殺線蟲劑—毆殺滅 (Oxamyl) 的處理為 12.4 隻及不添加亦不接種線蟲的處理，其線蟲數為 0 隻。對於植株生長的影响，不同拮抗植物植株的處理其植株地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度差異不大。但和添加蕃茄臺中亞蔬四號的處理及對照組添加無菌水的處理之地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度則有明顯的差異 (表五)。

間作及輪作拮抗植物對南方根瘤線蟲病害發生之影響

在實驗室中實驗證明拮抗植物的十一種品系之植體水抽出液及烘乾粉末過濾液能有效地降低南方根瘤線蟲卵孵化率及殺死其二齡幼蟲，並且以不同拮抗植物之生鮮植體、水抽出液、或植體烘乾粉末添加於土壤中，亦能有效地抑制根瘤線蟲病害的產生。因此本試驗以這些供試拮抗植物利用不同之耕作方式來嘗試在溫室中以拮抗植物防治植物寄生性線蟲病害的可能性，及對寄主植物生長的影响。

試驗結果顯示，間作不同拮抗植物之十一種品系的處理，其根瘤指數在 0.48 至 0.76 之間，和間作蕃茄處理其根瘤指數為 2.80 及對照組不間作任何作物只接種線蟲的處理根瘤指數為 2.32，有明顯的差異。不間作任何作物亦不接種線蟲的處理，其根瘤指數為 0。在每一百公克土壤中線蟲數量方面，供試之不同拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊之不同品系植株的土壤中線蟲數目每百公克土壤中線蟲數在 13.8 隻至 34.0 隻之間，而間作蕃茄的處理其線蟲數為 112.2 隻及對照組不間作任何作物只接種線

表四、土壤中添加不同比例拮抗植物烘乾粉末防治南方根瘤線蟲溫室試驗

Table 4. The greenhouse test of control of *Meloidogyne incognita* by mixing with plant material powders of various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars

Amendment (Plant and Variety)	Galling index ¹	Top DW ² (g)	Root DW ² (g)	Height ² (cm)	No./100g soil ³
1% mixture					
Marigold					
Perfect-Orange	0.5 bcde ⁴	7.4 de	2.3 ghij	73.1 def	23.0 ijk
Perfect-Gold	0.6 bcde	8.4 bcd	2.3 fg	75.3 bcd	21.0 jkl
Perfect-Mixed	0.8 bcd	7.4 de	2.9 bcd	72.8 def	23.8 ijk
Crush-Gold	0.4 cde	8.0 cd	3.4 a	74.4 cde	31.4 fg
French marigold					
Queen	0.4 cde	7.4 de	3.1 abc	69.0 hijk	30.6 gh
Janie-Flame	0.6 bcde	8.4 bcd	2.5 efgh	69.8 ghij	26.8 ghi
Janie-Gold	0.2 de	9.4 ad	2.8 bcde	73.0 def	36.2 de
Janie-Primrose	0.6 bcde	7.8 cd	2.9 bcd	67.0 jk	31.0 g
Machi-Mixed	0.6 bcde	7.5 de	2.7 cdef	71.8 efgh	41.0 cd
Gaillardia picta					
Goblin	1.0 bc	6.4 ef	2.0 ij	69.5 ghij	43.0 c
Pulchella Mixed	0.8 bcd	5.6 fg	2.6 defg	67.2 jk	26.0 hij
5% mixture					
Marigold					
Perfect-Orange	0.6 bcde	8.3 bcd	3.2 ab	76.1 abc	36.4 de
Perfect-Gold	0.5 bcde	8.6 bcd	2.6 defg	77.8 ab	22.6 ijk
Perfect-Mixed	0.9 bcd	9.0 abc	2.9 bcd	72.0 efg	24.0 ijk
Crush-Gold	0.6 bcde	7.7 cd	3.1 abc	77.8 ab	23.8 ijk
French marigold					
Queen	0.6 bcde	8.9 abc	1.9 j	75.2 bcd	31.0 g
Janie-Flame	0.6 bcde	8.3 bcd	2.1 hij	76.8 abc	25.0 ijk
Janie-Gold	0.6 bcde	7.5 de	2.7 cdef	73.2 def	17.0 l
Janie-Primrose	0.6 bcde	9.0 abc	3.1 abc	68.9 ijk	20.0 kl
Machi-Mixed	0.8 bcd	8.1 bcd	2.8 cde	71.4 fg	25.6 ij
Gaillardia picta					
Goblin	1.0 bc	7.7 cd	2.1 hij	66.6 k	40.2 cde
Pulchella-Mixed	0.6 bcde	7.4 de	2.3 fg	69.0 hijk	35.8 ef
Tomato	2.8 a	4.5 gh	0.9 k	52.1 l	100.2 a
Check (none)	3.1 a	4.1 h	0.7 k	50.2 l	92.8 b
Oxamyl	0 e	8.6 bcd	2.6 defg	75.6 bcd	17.1 l
No nematodes	0 e	10.1a	3.1 abc	78.9 a	0 m

¹ Galling index (GI) based on a scale from 0 to 4; 0=no infection, 1=1-15% of galled root in whole root, 2=16-30%, 3=31-50%, 4=51-100%.

² Top DW = Top (above ground part of plant) dry weight (gram), Root DW = root dry weight (gram), Height = plant height (cm).

³ No./100g soil = number of nematodes per 100 gram soil.

⁴ Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

蟲的處理線蟲數為 89.2 隻，有相當明顯的差異。不間作亦不接種線蟲的處理，其線蟲數為 0 隻。對於植株生長的影响，不同拮抗植物植株的處理其植株地上部乾重量、根

表五、土壤中添加不同拮抗植物植體水抽出液防治南方根瘤線蟲溫室試驗

Table 5. The greenhouse test of control of *Meloidogyne incognita* by mixing with aqueous extracts of various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars

Amendment (Plant and Variety)	Galling index ¹	Top DW ² (g)	Root DW ² (g)	Height ² (cm)	No./100g soil ³
Marigold					
Perfect-Orange	1.3 bc ⁴	7.4 b	2.3 cd	72.1 e	26.0 d
Perfect-Gold	1.1 bc	6.9 bc	3.0 a	68.6 f	30.4 cd
Perfect-Mixed	1.0 cd	7.3 b	2.3 cd	73.6 cde	27.8 d
Crush-Gold	1.1 bc	7.2 bc	1.9 e	75.8 abc	24.6 d
French marigold					
Queen	0.6 de	8.0 a	3.1 a	71.0 ef	23.2 d
Janie-Flame	1.0 cd	7.1 bc	2.8 ab	73.0 de	26.6 d
Janie-Gold	1.1 bc	7.0 bc	2.4 cd	72.3 e	24.6 d
Janie-Primrose	1.0 cd	7.9 a	2.0 de	76.5 ab	24.0 d
Machi-Mixed	1.1 bc	7.2 bc	2.4 cd	72.0 e	23.8 d
Gaillardia picta					
Goblin	1.5 b	6.8 c	1.9 e	68.7 f	28.4 d
Pulchella Mixed	1.2 bc	7.2 bc	2.2 de	71.3 e	37.0 c
Tomato	2.8 a	5.0 d	0.9 f	58.9 g	100.8 a
Check (water)	2.7 a	5.1 d	0.9 f	50.8 h	85.6 b
Oxamyl	0.5 e	7.0 bc	2.6 bc	74.9 bcd	12.4 e
No nematodes	0 f	8.1 a	2.8 ab	78.0 a	0 f

¹. Galling index (GI) based on a scale from 0 to 4; 0=no infection, 1=1-15% of galled root in whole root, 2=16-30%, 3=31-50%, 4=51-100%.

². Top DW = Top (above ground part of plant) dry weight (gram), Root DW = root dry weight (gram), Height = plant height (cm).

³. No./100g soil = number of nematodes per 100 gram soil.

⁴. Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

部乾重量、及植株高度差異不大。但和間作蕃茄的處理及對照組不間作任何作物只接種線蟲處理之地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度則有明顯的差異 (表六)。

輪作不同拮抗植物之十一種品系的處理，其根瘤指數在 0.8 至 1.5 之間，和間作蕃茄處理其根瘤指數為 2.1 及對照組不輪作任何作物只接種線蟲的處理根瘤指數為 2.2，有明顯的差異。不輪作任何作物亦不接種線蟲的處理，其根瘤指數為 0。在每一百公克土壤中線蟲數量方面，供試之不同拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊之不同品系植株的土壤中線蟲數目每百公克土壤中線蟲數在 22.0 隻至 32.6 隻之間，而輪作蕃茄的處理其線蟲數為 93.8 隻及對照組不輪作任何作物只接種線蟲的處理線蟲數為 86.0 隻，有明顯的差異。不間作亦不接種線蟲的處理，其線蟲數為 0。對於植株生長的影响，不同拮抗植物植株的處理其植株地上部乾重量、根部乾重量、及植株高

表六、間作不同拮抗植物防治南方根瘤線蟲溫室試驗

Table 6. The greenhouse test of control of *Meloidogyne incognita* by intercropping with various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars on tomatoes

Plant & & Variety	Galling index ¹	Top DW ² (g)	Root DW ² (g)	Height ² (cm)	No./100g soil ³
Marigold					
Perfect-Orange	0.64 c ⁴	7.3 bcd	2.8ab	73.6 cde	13.8 h
Perfect-Gold	0.54 c	7.6 b	2.8ab	78.0 ab	26.6 def
Perfect-Mixed	0.66 c	6.9 cde	2.5c	76.8 bc	18.2 gh
Crush-Gold	0.44 c	7.2 bcde	2.5c	71.4 de	31.0 cde
French marigold					
Queen	0.48 c	8.2 a	3.1a	71.4 de	23.0 fg
Janie-Flame	0.52 c	7.7 b	2.7bc	74.4 bcd	25.1 ef
Janie-Gold	0.56 c	6.8 e	3.0a	76.7 bc	32.2 cd
Janie-Primrose	0.60 c	7.3 bc	2.5bc	81.2 a	16.0 h
Machi-Mixed	0.64 c	6.9 cde	2.5bc	75.9 bc	14.4 h
Gaillardia picta					
Goblin	0.76 c	6.8 de	2.5bc	74.8 bcd	27.8cdef
Pulchella Mixed	0.56 c	7.2 bcde	3.1a	70.5 e	34.0 c
Tomato	2.80 a	5.5 f	0.9d	55.8 f	111.2 a
Check (none)	2.32 b	5.5 f	1.0d	51.0 g	89.2 b
No nematodes	0 d	7.6 b	3.1a	77.6 ab	0 i

¹. Galling index (GI) based on a scale from 0 to 4; 0=no infection, 1=1-15% of galled root in whole root, 2=16-30%, 3=31-50%, 4=51-100%.

². Top DW = Top (above ground part of plant) dry weight (gram), Root DW = root dry weight (gram), Height = plant height (cm).

³. No./100g soil = number of nematodes per 100 gram soil.

⁴. Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

度差異不大。但和輪作蕃茄的處理及對照組不間作任何作物只接種線蟲處理之地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度則有明顯的差異 (表七)。

同時種植供試蕃茄與不同拮抗植物之十一種品系的處理，其根瘤指數在 0.6 至 1.1 之間，和同時種植蕃茄處理其根瘤指數為 2.5 及對照組只種植蕃茄及接種線蟲的處理根瘤指數為 2.5，有明顯的差異。只種植蕃茄及不接種線蟲的處理，其根瘤指數為 0。在每一百公克土壤中線蟲數量方面，供試之不同拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊之不同品系植株的土壤線蟲數目在每一百公克土壤中線蟲數在 12.0 隻至 23.2 隻之間，而同時種植蕃茄的處理其線蟲數為 72.0 隻及對照組只種植蕃茄及接種線蟲的處理線蟲數為 78.6 隻，有明顯的差異。只種植蕃茄及不接種線蟲的處理，其線蟲數為 0。對於植株生長的影响，不同拮抗植物植株的處理其植株地上部乾重量、根部乾重

表七、與不同拮抗植物輪作防治南方根瘤線蟲溫室試驗

Table 7. The greenhouse test of control of *Meloidogyne incognita* by rotating with various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars on tomatos

Plant & Variety	Galling index ¹	Top DW ² (g)	Root DW ² (g)	Height ² (cm)	No./100g soil ³
Marigold					
Perfect-Orange	1.4 bc ⁴	6.6 cd	2.0 cd	69.3 bc	32.8 c
Perfect-Gold	1.0 cd	6.7 bc	2.5 bc	69.8 bc	26.2 ef
Perfect-Mixed	1.1 cd	6.7 bc	3.0 a	69.4 bc	23.8 fg
Crush-Gold	0.8 d	7.2 a	2.1 cd	75.0 a	29.4 cde
French marigold					
Queen	1.1 cd	7.0 abc	2.1 cd	74.8 a	23.8 fg
Janie-Flame	1.1 cd	7.0 abc	1.9 b	72.6 ab	29.2 cde
Janie-Gold	1.1 cd	6.7 bc	2.6 ab	67.8 c	22.0 g
Janie-Primrose	1.2 bc	6.3 de	2.2 bcd	72.0 ab	24.6 fg
Machi-Mixed	1.3 bc	7.1 ab	3.0 a	74.8 a	26.6 cde
Gaillardia picta					
Goblin	1.5 b	6.2 e	1.8 d	66.8 c	32.6 c
Pulchella Mixed	1.3 bc	6.2 e	2.0 cd	70.4 bc	30.4 cd
Tomato	2.1 a	4.6 f	1.0 e	54.8 e	93.8 a
Check (none)	2.2 a	4.9 f	1.1 e	59.0 d	86.0 b
No nematodes	0 e	7.1 ab	2.6 ab	74.4 a	0 h

¹ Galling index (GI) based on a scale from 0 to 4; 0=no infection, 1=1-15% of galled root in whole root, 2=16-30%, 3=31-50%, 4=51-100%.

² Top DW = Top (above ground part of plant) dry weight (gram), Root DW = root dry weight (gram), Height = plant height (cm).

³ No./100g soil = number of nematodes per 100 gram soil.

⁴ Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

量、及植株高度差異不大。但和只種植蕃茄的處理及對照組只種植蕃茄及接種線蟲處理之地上部乾重量、根部乾重量、及植株高度則有明顯的差異(表八)。

討 論

利用對植物病原線蟲有拮抗作用的植物例如萬壽菊、孔雀草、及天人菊來嘗試防治植物線蟲病害的可能性，主要的考量在於其一為能夠對植物病原線蟲有抑制作用，例如直接殺死線蟲之二齡幼蟲、抑制線蟲卵的孵化、減少成蟲母蟲的繁殖、及抑制根瘤的產生，其二並能夠促進或不妨礙植物的生長(3,17,23)。試驗結果顯示，供試的拮抗植物包括萬壽菊、孔雀草、及天人菊的十一種不同品系皆對於南方根瘤線蟲有高度的抗性。而在實驗室中這些品系之植體水抽出液及烘乾粉末過濾液亦能有效地降低南方根瘤線蟲卵孵化率及殺死其二齡幼蟲，並且以不同拮抗植物

表八、同時種植不同拮抗植物與供試植物蕃茄防治南方根瘤線蟲溫室試驗

Table 8. The greenhouse test of control of *Meloidogyne incognita* by planting with various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars on tomato pots simultaneously

Plant & Variety	Galling index ¹	Top DW ² (g)	Root DW ² (g)	Height ² (cm)	No./100g soil ³
Marigold					
Perfect-Orange	0.8 bc ⁴	7.6 bc	2.7 abc	77.2 abc	13.0 fg
Perfect-Gold	0.7 c	7.8 ab	3.0 a	79.7 a	17.0 cdefg
Perfect-Mixed	0.7 c	7.1 d	2.5 bcde	75.7 bcd	22.4 c
Crush-Gold	0.8 bc	7.4 cd	2.3 de	73.5 d	23.0 c
French marigold					
Queen	0.7 c	7.3 cd	2.2 de	74.7 cd	12.0 g
Janie-Flame	0.8 bc	7.2 cd	2.8 ab	77.0 bc	14.8 efg
Janie-Gold	0.6 c	7.8 ab	2.3 cde	74.7 cd	16.2 defg
Janie-Primrose	0.9 bc	8.1 a	2.5 bcd	75.9 bcd	22.0 cd
Machi-Mixed	0.7 c	7.3 cd	2.7 abc	79.7 a	22.4 cde
Gaillardia picta					
Goblin	1.1 b	6.9 d	2.1 e	67.0 e	23.2 c
Pulchella Mixed	0.8 bc	7.3 cd	2.4 cde	75.1 bcd	18.6 cdef
Tomato	2.5 a	4.5 f	0.8 f	50.2 g	72.0 b
Check (none)	2.5 a	5.0 e	1.1 f	54.0 f	78.6 a
No nematodes	0 d	7.8 ab	2.5 bcde	77.8 ab	0 h

¹ Galling index (GI) based on a scale from 0 to 4; 0=no infection, 1=1-15% of galled root in whole root, 2=16-30%, 3=31-50%, 4=51-100%.

² Top DW = Top (above ground part of plant) dry weight (gram), Root DW = root dry weight (gram), Height = plant height (cm).

³ No./100g soil = number of nematodes per 100 gram soil.

⁴ Means (n=5) in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$) according to Duncan's multiple range test.

之生鮮植體、水抽出液、或植體烘乾粉末添加於土壤中，亦能有效地抑制根瘤線蟲病害的產生，而以植物之生鮮植體及烘乾粉末添加較好。以這些拮抗植物之不同品系與供試植物蕃茄臺中亞蔬四號品種間作 (intercropping) 或輪作 (crop rotation)，亦能有效地抑制根瘤線蟲病害的發生，但以間作效果為佳。綜觀上述實驗資料結果顯示，未來田間試驗之施用模式可以拮抗植物與供試植物間作一段時間後，再將拮抗植物生鮮植體以耕耘機切碎直接混拌田間土壤中，以達到防治植物線蟲病害的目的。

本次實驗所採用的拮抗植物為整株之植株，乃著眼於田間之施用以整株植株最為適合，但事實上不同之植株部位對於防治線蟲的效果不盡相同，例如 Pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent.) 根的萃取物對於抑制南方根瘤線蟲卵孵化及殺死二齡幼蟲的效果較以整株植株的萃取物好(12)。又以甜味萬壽菊 (sweet-scented marigold, *T. lucida*

Cav.) 植株之不同部位切碎生鮮植體混拌於土壤中防治蕃茄及蛋茄南方根瘤線蟲為害，試驗結果以葉、莖部位效果較花部位為佳 (25)，但此兩例各處理間其差異並不大。因此考量若是大規模的施用及其經濟便利性，仍以整株植株之施用較為適宜。

在以不同拮抗植物植體水抽出液及烘乾粉末過濾液對於植物病原線蟲卵孵化率及二齡幼蟲致死率之影響試驗中，測試二齡幼蟲致死率是以二齡幼蟲蟲體僵直是否為死亡的標準，惟植物病原線蟲在不適合的環境下常有痲痺的現象產生，經一段時間適應後即可回復活性，因此為確保實驗的準確性，需分別將線蟲卵及二齡幼蟲移至無菌水中24小時確定卵不再孵化及二齡幼蟲已真正死亡後，才計算線蟲卵孵化率及二齡幼蟲致死率。

而由實驗結果亦得知，在土壤中添加不同拮抗植物生鮮植體、水抽出液、或植體烘乾粉末防治植物線蟲病害之溫室試驗中，以植物之生鮮植體及烘乾粉末添加之處理在根瘤指數及每一百公克土壤中線蟲數的結果和藥劑對照組一殺線蟲劑毆殺滅 (Oxamyl) 之施用作比較其差異並不顯著，此現象證明拮抗植物的使用亦可達到使用殺線蟲劑的水準。而且和殺線蟲劑的施用相比較，使用拮抗植物亦有如下優點 (18,20,24,27)：1). 拮抗植物的使用毒性低，對人體健康無虞及不會造成環境污染。2). 植物病原線蟲對拮抗植物的使用不會產生抗藥性。3). 對非目標生物 (non-target organisms) 不會造成負面影響。4). 對於植物的生長不會有殘毒問題。5). 和殺線蟲劑相比成本便宜且無施用安全問題。但是儘管如此，其最終目的乃為抽取分析拮抗植物植體所含對植物病原線蟲有拮抗作用的有效成份，並加以化學合成製成，以達到大量生產、減少成本及簡化操作步驟的目的。事實上由苦楝樹 (neem, *Azadirachta indica* A. Juss.) 植體所抽取出的兩種有效成份 nimbidin 及 thionimone 已証實能殺死 *Hoplostaimus indicus* 及 *Rotylenchulus reniformis* 的族群(23)。另外由萬壽菊根部所萃取出的兩種有效成份 -terthienyl 及 5-(3-butens-1-ynyl)-2,2'-bithienyl 可以有效地抑制 *D. dipsaci*、*A. tritici*、*H. rostochinensis*、及 *P. penetrans* 的族群 (23)，至於孔雀草及天人菊的有效成份目前尚未明瞭。

謝 辭

作者等感謝國立中興大學植物病理學系植物線蟲實驗室吳秀珍小姐、吳信郁先生及黃惠茂先生所給予的協助，僅此以表謝忱。

參考文獻

1. 蔡東纂. 1996. 有機質添加物在防治作物線蟲病害之永續性作為. 健康清潔植物培育研習會專刊：154-162. 嘉義市農試所嘉義分所.
2. 蔡東纂. 1998. 邏輯思維在植物寄生性線蟲研究上之應用. 種苗檢查技術訓練講義 (線蟲之鑑定)：69-84. 臺中市國立中興大學.
3. Agrios, G. N. 1997. Control of plant disease. Pages 173-221 in: Plant Pathology. G. N. Agrios ed. 4th ed. Academic Press, San Diego, 635 pp.
4. Belair, G. 1992. Effects of cropping sequences on population densities of *Meloidogyne hapla* and carrot yield in organic soil. J. Nematol. 24: 450-456.
5. Belcher, J. V., and Hussey, R. S. 1977. Influence of *Tagetes patula* and *Arachis hypogaea* on *Meloidogyne incognita*. Plant Dis. 61: 525-528.
6. Bridge, J. 1987. Control strategies in subsistence agriculture. Pages 389-420 in: Principles and Practice of Nematode Control in Crops. R. H. Brown & B. R. Kerry eds. Academic Press, San Diego, 447 pp.
7. Caswell, E. P., Sarah, J., and Apt, W. J. 1990. Nematode parasites of pineapple. Pages 519-537 in: Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. M. Luc, R. A. Sikora, & J. Bridge eds. CAB International, London, 629 pp.
8. Caswell, E. P., DeFrank, J., Apt, W. J., and Tang, C. S. 1991. Influence of nonhost plants on population decline of *Rotylenchulus reniformis*. J. Nematol. 23: 91-98.
9. Dropkin, V. H. 1989. Control. Pages 267-293. in: Introduction to Plant Nematology. V. H. Dropkin ed. John Wiley & Sons, New York, 304 pp.
10. Hackney, R. W., and Dickerson, O. J. 1975. Marigold, castor bean, and chrysanthemum as controls of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus alleni*. J. Nematol. 7: 84-90.
11. Haroon, S., and Smart, G. C. 1983. Development of *Meloidogyne incognita* inhibited by *Digitaria decumbens* cv. Pangola. J. Nematol. 15: 102-105.
12. Haroon, S., and Smart, G. C. 1983. Root extracts of Pangola Digitgrass affect egg hatch and larval survival of *Meloidogyne incognita*. J. Nematol. 15: 646-649.
13. Haroon, S., and Smart, G. C. 1983. Effect of Pangola Digitgrass on *Meloidogyne arenaria*, *M. javanica*, and *M. hapla*. J. Nematol. 15: 649-650.
14. Hartz, T. K., Costa, F. J., and Schrader, W. L. 1996. Suitability of composted green waste for horticultural uses. HortScience 31: 961-964.
15. Huang, S.P. 1984. Cropping effects of marigold, corn, and okra on population levels of *Meloidogyne javanica* and on carrot yields. J. Nematol. 16:396-398.

16. Ko, M. P., and Schmitt, D. P. 1996. Changes in plant-parasitic nematodes populations in pineapple field following inter-cycle cover crops. *J. Nematol.* 28: 546-556.
17. Mateeva, A. 1995. Use of unfriendly plants against root knot nematodes. *Acta. Hortic.* 382: 178-182.
18. Miller, P. M., and Ahrens, J. F. 1969. Influence of growing marigolds, weeds, two cover crops and fumigation on subsequent populations of parasitic nematodes and plant growth. *Plant Dis.* 53: 642-646.
19. Nath, A., Sharma, N. K., Bhardwaj, S., and Thappa, C. N. 1982. Nematicidal property of garlic. *Nematologia* 28: 253-255.
20. Oduor-Owino, P., and Waudu, S. W. 1994. Comparative efficacy of nematicides and nematicidal plants on root-knot nematodes. *Trop. Agric.* 71: 272-274.
21. Powers, L. E., McSorley, R., and Dunn, R. A. 1993. Effects of mixed cropping on a soil nematode community in Honduras. *J. Nematol.* 25: 666-673.
22. Prakash, A., and Rao, J. 1997. Introduction. Pages 11-13. in: *Botanical Pesticides in Agriculture*. A. Prakash & J. Rao eds. CRC Press, Florida, 461 pp.
23. Prakash, A., and Rao, J. 1997. Section B: Botanical pesticides against nematodes. Pages 299-344. in: *Botanical Pesticides in Agriculture*. A. Prakash & J. Rao eds. CRC Press, Florida, 461 pp.
24. Reddy, K. C., Soffers, A. R., Prine, G. M., and Dunn, R. A. 1986. Tropical legumes for green manure. II. Nematode populations and their effects on succeeding crop yields. *Agron. J.* 78: 5-10.
25. Siddiqui, M. A., and Alam, M. M. 1987. Utilization of marigold plant wastes for the control of plant parasitic nematodes. *Biol. Waste* 21: 221-229.
26. Singh, R. S., and Sitaramaiah, K. 1994. Principles and methods of nematode control. Pages 96-133. in: *Plant Pathogens: the Plant Parasitic Nematodes*. R. S. Singh & K. Sitaramaiah eds. International Science Publisher, New York, 320 pp.
27. Sitaramaiah, K., and Singh, R. S. 1978. Effect of organic amendment on phenolic content of soil and plant in response to *Meloidogyne javanica* and its host to related compounds. *Plant Soil* 50: 671-679.
28. Stirling, G. R. 1991. *Biological Control of Plant Parasitic Nematodes*. CAB International, U.K., 282 pp.
29. Varma, M. K., Sharma, H. C., and Pathak, V. N. 1978. Efficacy of *Tagetes patula* and *Sesamum orientale* against root knot of eggplant. *Plant Dis.* 62: 274-275.
30. Walker, J. T., Melin, J. B., and Davis, J. 1994. Sensitivity of bedding plants to southern root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* race 3. *J. Nematol.* 26: 778-781.
31. Whitehead, A. G. 1998. Plant-parasitic nematodes, their importance and control. Pages 1-12. in: *Plant Nematode Control*. A. G. Whitehead ed. CAB International, U.K., 384 pp.
32. Whitehead, A. G. 1998. Conclusions and future prospects for control. Pages 261-273. in: *Plant Nematode Control*. A. G. Whitehead ed. CAB International, U.K., 384 pp.

Abstract

Yen, J. H.¹, Lin, C. Y.¹, Chen, D. Y.¹, Lee, M. D.², and Tsay, T. T.² 1997. The study of antagonistic plants in the control of south root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Plant Pathol. Bull. 7:94-104. (1. Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan; 2. Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.)

The use of natural antagonistic plants- like marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars to control plant nematode diseases has been conducted. The results showed that various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars were highly resistant to south root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. The effect of aqueous extracts and plant material powders of various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars on egg hatch and second juvenile mortality of *Meloidogyne incognita* has been tested. The result showed that aqueous extracts and plant material powders can reduced nematode hatching rate and killed second juvenile. The greenhouse test showed that mixed up with either fresh plant materials, plant material powders, or irrigating aqueous extracts of various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars in the soil can inhibit the production of root-knot and reduced the population of second juvenile of south root-knot nematode. The greenhouse test of control of *Meloidogyne incognita* by intercropping or rotating with various marigold, French marigold, and *Gaillardia picta* cultivars on tomatos has been conducted. The result showed that antagonistic plants intercropping with tomatos can effectively control plant nematode diseases in the greenhouse.

Key words: antagonistic plants, egg hatch, intercropping, crop rotation.