洋香瓜黑點根腐病的發生與嫁接防治

林益昇[1]、蘇俊峯[2,3]

[1] 亞洲大學生物科技系

[2] 行政院農業委員會農業試驗所植物病理組

[3] 聯絡作者，電子郵件信箱：forte9135101@tari.gov.tw

摘　　要

Monosporascus cannonballus 在田間侵害洋香瓜引起根腐，大部份罹病植株於採收前二星期產生急速萎凋（sudden wilt）的病徵。在溫室內以土壤試管法接種法進行 *M. cannonballus* 的接種試驗，結果顯示供試的 10 種瓜類作物，包括洋香瓜、香瓜、越瓜、胡瓜、冬瓜、南瓜、西瓜、蒲瓜、絲瓜與苦瓜等，其根圈附近，皆有其子囊孢子發芽及菌絲侵入根表皮的情形。田間調查得知洋香瓜黑點根腐病菌在台灣的寄主植物有：洋香瓜、香瓜、越瓜、胡瓜、蒲瓜（作西瓜根砧）和冬瓜等。除了洋香瓜發病嚴重外，其他作物黑點根腐病僅局限在彰化縣芳苑鄉小面積或溫室內發生。另外，本病原菌僅可由罹病根組織分離得到，自同一罹病株根腐指數為 0-4 各級的部位，所得病原菌分離率分別為 69、82、73、40 與 9%。利用舌狀根靠接法所製作的洋香瓜嫁接株，顯示以南瓜 1913 當根砧之嫁接株表現優良而穩定的成效。雖然南瓜根砧會被 *M. cannonballus* 所感染，但是根砧之根數佔整個嫁接植株根系的 54%，且其根腐指數較低。在採收期嫁接株地上部雖表現暫時萎凋的特性，但尚有符合商品價值的洋香瓜果實可供收穫。

關鍵詞：洋香瓜黑點根腐病、寄主範圍、*Monosporascus cannonballus*、舌狀根靠接法、嫁接

緒　　言

洋香瓜黑點根腐病（root rot/vine decline of muskmelon）是洋香瓜（*Cucumis melo* L.）的重要病害，由子囊真菌 *Monosporascus cannonballus* Pollack & Uecker 所引起[21]，主要發生在熱帶與亞熱帶地區[13]，台灣則於1994年由蔡與童兩氏[29]首先記錄本病害之發生。目前田間仍未有抵抗黑點根腐病的洋香瓜栽培種[3]，亦未見有效藥劑推薦使用於本病害之防治[4]。雖然，以色列農民於洋香瓜植前利用溴化甲烷進行土壤燻蒸，可有效降低本病害的發生[3]，而溴化甲烷陸續被世界各國禁止使用[22]。在台灣，依2003年行政院環境保護署所頒佈的溴化甲烷管理辦法，溴化甲烷也僅可用於進、出口檢疫。因此，洋香瓜黑點根腐病勢將繼續危害世界各地的洋香瓜產業，一般情形此病可造成洋香瓜10~25%的產量損失，而有些個別瓜田的損失則達100%[13]。已有文獻報導，將洋香瓜嫁接到耐病的瓜類作物根砧上，或可以在田間防治本病害[3]，然而卻無有效接種方法可利用於篩選抗/耐病根砧品種。因此本篇報導將根據*M. cannonballus*的田間寄主範圍及其子囊孢子在不同葫蘆科作物根部發芽並侵入植株根部的行為，篩選可用的嫁接根砧，並評估嫁接後洋香瓜的鮮食品質，發展可應用於田間的嫁接防治方法。

洋香瓜黑點根腐病的發生與病原菌分離

根據調查[11]洋香瓜（秋香）植株定（移）植於本田後 7 星期內，在開花、結果之前，黑點根腐病地上部病徵並不明顯，不易觀察，且萎凋率皆為 0；待植株開花結果後，地上部才會出現生長停滯、葉片黃化與壞疽等病徵，但是瓜蔓與葉柄並不會表現病徵，且移植後 9 星期之內，萎凋率仍低於 20%；然而，到採收前 2 星期，整園出現急速性萎凋（sudden wilt）病徵，致使果實暴露在太陽底下，嚴重影響果實品質而無法成熟。個別田的萎凋率常高於 80%，所收穫之果實不具有商品價值。而洋香瓜黑點根腐病在地下部之初期病徵，則表現於植株移植至本田 5 星期之後，此時地上部尚無病徵的洋香瓜植株，根系有 1-2 條的一級與二級側根，出現黑點根腐病「紅

色病斑」（根腐指數 1 級），利用組織分離法可由這些病徵部位，分離得到黑點根腐病菌。稍後，這些病斑會擴大融合造成根腐，使一級與二級側根由主根上脫落。此時，洋香瓜植株或可新長出側根，但通常表現根系「缺少側根與根毛」的病徵。在移植 9 星期之後，地上部已有萎凋病徵的洋香瓜植株主根上，可觀察到零星的「褐色凹陷的壞疽斑」（根腐指數 2 級）。到採收前 2 星期，主根上散生許多壞疽斑，並癒合形成根腐（根腐指數 3 級）。待洋香瓜採收後，植株之根腐益趨嚴重，甚至在直徑較小的根上，有一些黑色、圓形、半埋生於根部皮層的子囊殼形成（根腐指數 4 級）。若是罹病根持續留在田間土壤環境中（土壤含水量為 7-9%，土表下方 10 cm 溫度為 25-26℃）一個月，則根部會有大量的子囊殼產生，但下胚軸、莖部與葉片則否。子囊殼內有許多子囊，每一子囊內僅含有一個圓形的子囊孢子，子囊孢子 6 層壁，成熟的子囊孢子黑色，直徑介於 40-50 μm 之間，平均為 46 μm，符合黑點根腐病菌的特徵[21]。

洋香瓜罹病株組織片段在 1.5% WA 培養基上培養兩天，即會長出稀疏狀的黑點根腐病菌菌絲。菌絲有隔膜、分支不成直角。切取菌絲尖端於 PDA 培養基上純培養，初期其菌落白色、棉花狀、具氣生菌絲、生長速率為 6.4 mm/day。約純培養 7 天後待菌絲長滿培養基，培養基背面開始有淺褐色至黑色的色素累積，培養基內氣生菌絲開始減少。純培養一個月後，培養基內已無氣生菌絲，大量的黑色子囊殼會在培養基表面形成或埋生於培養基內。在洋香瓜採收後期，自田間採集發生黑點根腐病萎凋病徵的罹病株 59 棵，由其不同根腐指數的根組織與下胚軸分離病原菌，結果僅由根組織分離得到病原菌，其中由根腐指數 0~4 級的根組織分別得到 69、82、73、40 與 9%的分離率（表一）。由此可知，該些病原菌分離株來自於纏聚罹病組織的菌絲，因子囊孢子在一般實驗室培養基不會發芽。並且該病原菌的感染僅侷限於根部，並不會沿維管素侵入、感染植株地上部。而由罹病組織罹病程度增加，病原菌分離率卻下降這一點看來，菌絲或許不具存活功能。

表一、由黑點根腐病罹病株之不同根腐指數罹病部位分離黑點根腐病菌[1]
Table 1. The isolation rate of *Monosporascus cannonballus* from tissues with different root rot index[1]

Tissue	Root rot index	Isolation rate (%)
Root	0	69
	1	82
	2	73
	3	40
	4	9
Hypocotyl	0	0

[1] Fifty-nine diseased plants of muskmelon affected with root rot/vine decline were collected from fields and assayed for root rot index on a scale of 0-4: 0= Healthy; 1=Red lesion; 2=Necrotic spot; 3=Root rot; and 4= Perithecia formed on root surface.

洋香瓜黑點根腐病的病害管理策略

在本病害的病害管理上，迄今世界各地對黑點根腐病仍束手無策，僅有報導指出在以色列農民普遍使用溴化甲烷做植前的土壤燻蒸（methyl bromide fumigation），能有效的降低本病害的發生(30)。但是溴化甲烷對人體與環境皆有毒害，已被世界各國分階段的禁止使用(22)。在台灣，依 2003 年行政院環境保護署所頒佈的溴化甲烷管理辦法，溴化甲烷僅可用於進、出口檢疫，因此研發其他符合環境評估的病害管理替代方案，變得有其急迫性。抗病育種（breeding for resistance）是可行的替代方案之一，但是洋香瓜種類繁多且雜，加上溫室接種技術尚未健全，使得篩選抗病品種的工作困難進行(3)，例如洋香瓜 Ananas-type 與 Honeydew 栽種在美國時，對黑點根腐病菌表現耐病性(15, 33)；但是 Ananas-type 栽種在以色列時，則對黑點根腐病菌表現感病性(3)。輪作（crop rotation）亦是農民常用的方法之一，尤其在台灣的洋香瓜田常與水稻輪作，但是在黑點根腐病的防治上，效果不明顯。在以色列曾有利用太陽能搭配築高畦與塑膠布的使用，使土

溫增加至 60℃，可降低土壤中黑點根腐病菌的密度；或在採收期利用滴灌的方式，每天供給植株充足的水分，減少黑點根腐病罹病株急速萎凋病徵的發生[3]，但這些技術仍在開發階段，且不適於台灣的氣候與栽培方式。化學藥劑（fungicide）的施用是農民最能接受的防治方法，雖然在溫室試驗中 fluazinam 與 kresoxim-methyl 對黑點根腐病具有防治效果，但施用於田間效果則不穩定[4]，目前仍未有有效的化學藥劑推薦於田間施用。亦有學者嘗試以 *Trichoderma virens* 進行生物防治[34]；或採取疏果方式減少地上部萎凋病徵[18]，但皆仍在試驗階段。另外，Cohen 等人[3]認為葫蘆科作物品種間具有嫁接親和性（rootstock-scion compatibility），或可考慮將洋香瓜嫁接到耐/抗病的瓜類作物根砧上，以達到防治效果。若要進行嫁接防治，首先必須由黑點根腐病的寄主範圍著手，以篩選可用的根砧。

洋香瓜黑點根腐病的寄主範圍

雖然黑點根腐病菌在一般實驗室用培養基上不會發芽，然而 Stanghellini 等人[25]研發土壤試管法（soil tube method, STM），應用本方法將洋香瓜秋香種子播種在試管內之人工混菌土中，接種後第 3 天即可在根圈附近觀察到黑點根腐病菌子囊孢子發芽並侵入植株根表部（圖一），平均每個根系有 6 個已發芽的子囊孢子。播種後第 12 天，根圈附近已發芽的子囊孢子數達到高峰，每個根系有 71 個，爾後，根圈附近已發芽的子囊孢子數逐漸下降至每個根系約有 20-50 個。取每個根系發芽孢子數之對數對接種後之天數作圖並經迴歸分析，得到 $y=0.0012x^3-0.0643x^2+1.0266x-1.1802$ 的曲線（$R^2=0.9144$），該曲線在接種後第 12 天有最大值（圖二）。因此，往後試驗的觀察天數訂為 12 天。利用土壤試管法測試 *M. cannonballus* 的寄主範圍，所選用的葫蘆科植株包括洋香瓜（秋香、蜜世界、狀元、新世紀）、香瓜（*C. melo* var. *makuwa*）（銀輝）、冬瓜（*Benincasa hispida* Thunb.）（農友細長 1 號、小惠、小青）、南瓜（*Cucurbita pepo* L.）（壯士、鳳凰）、西瓜（*Citrullus lanatus* Matsum.）（富寶 2 號、勇士）、絲瓜（*Luffa aegyptiaca* Mill.）（美菱、東光）、蒲瓜（*Lagenaria siceraria* Standi.）（永樂、永秀）、胡瓜

（*Cucumis sativis* L.）（萬吉）、苦瓜（*Momordica charantia* L.）（農友新三號）與越瓜（*C. melo* var. *conomon*）（銀華、農友白皮）等 10 種瓜類作物，共 20 個栽培種。黑點根腐病菌子囊孢子皆會在這些植株根部發芽並侵入根部組織，每個根系觀察到 5-91 個已發芽的子囊孢子，其中又以洋香瓜（秋香、蜜世界、狀元、新世紀）、越瓜（銀華）、蒲瓜（永樂）與胡瓜（萬吉）為最多，每個根系分別有 77、68、66、64、91、66 與 55 個已發芽侵入根系的子囊孢子（表二）。將已被侵入的根部組織片段，利用組織分離法分離，則皆可分離得到病原菌。然而，在非葫蘆科的供試作物包括蕃茄（*Lycopersicon esculentum* Mill.）（聖女）、蕹菜（*Ipomoea aquatica* Forssk.）（桃園 1 號）、茼蒿（*Chrysanthemum coronarium* L.）（大葉種）、長豇豆（*Vigna unguiculata* Walp.）（麗人）及不結球白菜（*Brassica campestris* L.）（青梗白菜）等植株根部，則無法觀察到已發芽的子囊孢子，也無法分離得到病原菌。由此可知，黑點根腐病菌僅會感染葫蘆科作物。但是子囊孢子會侵入感染葫蘆科植株根部，是否就代表田間會發病嗎？



圖一、黑點根腐病菌子囊孢子發芽後侵入洋香瓜根部。

Fig. 1. The germination of *Monosporascus cannonballus* ascospore and the germ tubes or hyphae attached to muskmelon plant root. The observation was made 12 days after inoculation by the soil tube method, employing an initial ascospore density of 3 x 10^3 ascospores/g soil. Bar= 50 μm.

表二、供試作物對黑點根腐病菌子囊孢子發芽與侵入根部的影響[1]

Table 2. Effect of host plants on the germination of *Monosporascus cannonballus* ascospores in the root systems[1]

Plant	Cultivar	Geminated ascospores/root system
Cucurbit		
Muskmelon (*Cucumis melo*)	Autumn Favor (秋香)	77 a[2]
	Honey World (蜜世界)	68 ab
	Golden Prize (狀元)	66 ab
	New Century (新世紀)	64 ab
Japanese melon (*C. melo* var. *makuwa*)	Silver Light (銀輝)	48 bc
Oriental pickling melon (*C. melo* var. *conomon*)	Silver Charm (銀華)	91 a
	White Skin (農友白皮)	22 bc
Bottle gourd (*Lagenaria siceraria*)	Ever Happiness (永樂)	66 ab
	Ever Rich (永秀)	39 bc
Cucumber (*Cucumis sativus*)	Vantage (萬吉)	55 ab
Watermelon (*Citrullus lanatus*)	Empire No. 2 (富寶 2 號)	19 bc
	Knight (勇士)	23 bc
Squash (*Cucurbita moschata*)	Strong Man (壯士)	18 bc
	Phoenix (鳳凰)	33 bc
Bitter gourd (*Momordica charantia*)	K. Y. No. 3 (農友新三號)	21 bc
Wax gourd (*Benincasa hispida*)	K. Y. Trim (農友細長 1 號)	9 c
	Benefit (小惠)	5 c
	Christine (小青)	3 c
Loofah (*Luffa cylindrica*)	Miriam (美菱)	7 c
	Cylinder (東光)	6 c
Non-cucurbit		
Water spinach (*Ipomoea aquatica*)	TY No. 1 (桃園 1 號)	0 d
Non-heading mustard (*Brassica campestris*)	Ching-Chiang (青梗白菜)	0 d
Tomato (*Lycopersicon esculentum*)	Santa (聖女)	0 d
Garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium*)	Big Leaf (大葉種)	0 d
Asparagus bean (*Vigna unguiculata*)	Li-Ren (麗人)	0 d

[1] The ascospore germination was evaluated by soil tube method （Stanghellini et al., 1996） in which the inoculum source soil had an initial ascospore density of 3 x 10^3 ascospores/g soil. One single seed was dropped into each tube. Five tubes were assayed for each plant 12 days after inoculation.

[2] Values followed by the same letter in the column are not significantly different at $p > 0.05$ according to LSD Test.

根據文獻記載本病原菌之田間寄主，除了洋香瓜[21]之外，西瓜[14]及以蒲瓜作為根砧用於防治西瓜萎凋病的西瓜嫁接株[31]，亦受此菌危害。而疑似黑點根腐病菌的菌株（*Monosporascus* spp.）亦可由一些田間非瓜類植株根部分離得到，包括：土牛膝（*Achyranthes aspera* L.）[7]、苜蓿（*Medicago sativa* L.）[21]、紅三葉草（*Trifolium pratense* L.）[23]與小麥（*Triticum aestivum* L.）[7]等。Mertely 等人[15]曾在溫室以人工混菌土進行接種試驗測試其寄主範圍，指出 *M. cannonballus* 會感染洋香瓜、西瓜、蒲瓜、胡瓜、南瓜與絲瓜等根部，並引起根腐。因此，他們推測瓜類作物可能都是本病原菌的田間寄主。但是他們使用消毒過的栽培介質（steam-pasteurized sand & perlite）製作人工病土的接種方法，評估本病原菌在田間的真正寄主範圍，似不甚適宜。

筆者於 2000 至 2006 年在彰化縣芳苑鄉、台南縣東山鄉、安南區、七股鄉、佳里鎮、西港鄉、雲林縣崙背鄉與宜蘭縣壯圍鄉等地進行洋香瓜黑點根腐病調查的結果顯示，目前市面上商業栽培用的洋香瓜品種，包括秋香、天蜜、香華、蜜世界、七股香、紅寶石、紅寶石 2 號、藍寶石、藍寶石 2 號、新世紀與狀元等，對黑點根腐病菌皆表現感病性，在果實採收前 2 星期，洋香瓜會出現急速萎凋的病徵，有些個別田的黑點根腐病萎凋率甚至高達 98%；亦有些栽培田的洋香瓜植株僅出現葉片黃化與萎凋（yellowing and wilt）的病徵，萎凋率則低於 50%；採收期過後，調查田間殘留的洋香瓜植株根部，則皆會佈滿黑點根腐病菌的子囊殼（perithecium）（表三）。

另外，以其他瓜類作物包括香瓜、越瓜、冬瓜、南瓜、西瓜、絲瓜、蒲瓜、胡瓜、苦瓜與七葉膽（*Gynostemma pentaphyllum* Makino）等為對象進行田間調查，結果僅在少數地區的香瓜、越瓜、嫁接西瓜（以蒲瓜當根砧）、冬瓜與胡瓜栽培種上，觀察到黑點根腐病零星發生。在台南縣白河鎮、嘉義縣水上鄉、台中縣大里市、彰化縣芳苑鄉、宜蘭縣壯圍鄉與雲林縣北港鎮等地所栽種的香瓜（銀輝）上亦有發現黑點根腐病，然而這些瓜田中萎凋率差異性很大，介於 19-91%之間，其中有的栽培田僅零星出現植株萎凋，對於果實產量影響有限，但是亦有的栽培田出現急速萎凋，甚至有急速青枯的病徵，致使果實無收穫。不論地上部病徵為何，罹病株根部皆會

有黑點根腐病菌的子囊殼產生（表三）。

過去彰化縣芳苑鄉因嚴重發生洋香瓜黑點根腐病，農民近年大多轉作水稻（*Oryza sativa* L.）、花生（*Arachis hypogaea* L.）、蘆筍（*Asparagus officinalis* L.）、十字花科蔬菜或其他葫蘆科作物包括冬瓜、嫁接西瓜（蒲瓜砧）與越瓜等，而轉作之越瓜、嫁接西瓜（蒲瓜砧）與冬瓜，亦有發生黑點根腐病者，在罹病株根部產生黑點根腐病菌的子囊殼。而地上部病徵則以越瓜與嫁接西瓜（蒲瓜砧）較為嚴重，罹病株地上部會出現萎凋，萎凋率介於 13-74%之間（表三），亦有整園急速萎凋者，嚴重影響果實產量。雖然，冬瓜黑點根腐病的地上部萎凋率於中午蒸散作用旺盛時高達 79%，但是皆屬於暫時性萎凋（temporary wilt），傍晚時，暫時萎凋的冬瓜植株又會恢復生長，且田間未有植株死亡的情形，更不會影響冬瓜果實的生產。此種因黑點根腐病產生暫時性萎凋的病徵，亦出現在嘉義縣新港鄉與雲林縣北港鎮等地以溫室栽種胡瓜（中市 501 與日本品種味壹角）的園區中，雖然暫時萎凋率分別達 56 與 57%（表三），農民仍可繼續採收胡瓜果實。

進一步，將 10 種葫蘆科作物定植於台南縣佳里鎮一處洋香瓜栽培田，利用網篩法（sieve method）[24] 測得土壤中含有 4-5 ascospores/g soil。每兩星期逢機挖取每種瓜類 2 植株，於實驗室分離黑點根腐病菌。結果定植後 4 星期之內，無法由此 10 種供試的植株根部分離得到黑點根腐病菌。定植後第 6 星期，首先由洋香瓜 0823 與越瓜 1903 根部可分離得到黑點根腐病菌；接著在定植後第 8 星期，由胡瓜 2220 根部，與定植後第 10 星期，由香瓜 1912、冬瓜 1202、南瓜 1913 與西瓜 1100 根部亦可分離得到黑點根腐病菌，最後在定植後第 12 星期，由蒲瓜 0508 根部可分離得到黑點根腐病菌。然而試驗的 12 星期期間，無法由絲瓜 0312 與苦瓜 1403 根部分離得到黑點根腐病菌（表四）。

由以上結果顯示：雖然在人工環境下黑點根腐病菌可侵入眾多供試之瓜類作物根部，但這些瓜類作物在自然環境下並不一定發病。另外，從多種葫蘆科作物田間黑點根腐病罹病株表現暫時萎凋，並且不會影響果實品質這一點看來，或可以其他葫蘆科作物為根砧，於田間防治洋香瓜黑點根腐病。因為洋香瓜黑點根腐病主要造成植株於採收前兩星期產生急速萎凋的病

徵，而洋香瓜果實屬於更年性果實（climacteric fruit）[1]，果實成熟必須於活體植株上完成（亦即植株死亡之後，其果實不會後熟）。因此，洋香瓜嫁接株即時表現暫時萎凋的病徵，該嫁接株所產之果實，應仍具有商品價值。繼此，本研究又於罹病田中定植 10 種葫蘆科作物，結果定植後第 6 星期，即可由洋香瓜與越瓜根部分離得到黑點根腐病菌，而由胡瓜、香瓜、冬瓜、南瓜、西瓜與蒲瓜根部亦可於往後幾星期內陸續分離得到黑點根腐病菌。然而試驗 12 星期期間，無法由絲瓜與苦瓜根部分離得到黑點根腐病菌（表四）。此結果顯示多種瓜類作物或許適合當作抗/耐病根砧之用。

洋香瓜黑點根腐病的嫁接防治

嫁接（grafting）已普遍應用在防治多種瓜類作物的土壤傳播性病害。所謂嫁接乃是將兩個或以上的獨立植株個體，分別切取部分組織部位，將其在維管束組織部位組合，當該處癒合後成為一單獨的植株個體，即為嫁接株。而根砧與接穗的種、屬越接近者，嫁接成活率也越高，如絲瓜與絲瓜共砧，嫁接成活率定高於絲瓜砧頂劈嫁接苦瓜[10]。此外，嫁接法亦會影響嫁接成活率，如舌狀靠接的嫁接成活率必定高於頂劈嫁接法。因此不同的根砧與嫁接法的選用，則需視病害防治的目的而定[10]。已有文獻指出以蒲瓜與南瓜當根砧，利用頂劈嫁接法製作嫁接苗，該些洋香瓜嫁接株在田間可以延後與減緩黑點根腐病的發生至採收後期[3, 5, 31]，然而果實鮮食時有某種不屬於洋香瓜的怪味道，品質不佳[3]。Traka-Mavrona 等人[28]在不考慮洋香瓜黑點根腐病的防治效果前提下，利用舌狀靠接法將多種洋香瓜栽培品種嫁接於多種南瓜栽培品種根砧上，發現各種接穗/根砧組合之嫁接苗與無嫁接之洋香瓜實生苗，在產量（Kg/palnt）、果實大小（Kg/fruit）與果實形狀差異不顯著（$p< 0.05$），但是鮮實的口感（taste）與果實的質地（texture）會因不同接穗/根砧組合而表現不同，有些與實生苗所產之果實無差異（$p< 0.05$）。

表三、台灣瓜類作物黑點根腐病的田間病害調查

Table 3. The field surveys of Monosporascus root rot/vine decline on cucurbit plants in Taiwan

Cucurbit	Cultivar	Field location	Year of survey	Main symptoms	Wilt rate (%)
Muskmelon (*Cucumis melon*)	Autumn Favor, Tianmi, Siianghua	Fangyuan	2000-02	SW, PPR[1]	56-85
	Honey world	Tungshan, Annan	2001-04	YW, SW, PPR	19-98
	Chigu favor, Red jewel No. 2, Blue jewel No. 2	Chigu, Jiali	2005-06	YW, SW, PPR	20-90
	Red jewel	Annan, Lunbei	2001-02	SW, PPR	89-91
	Blue jewel, Golden prize	Zhuangwei	2004	SW, PPR	83-93
	New century	Zhuangwei, Xigang	2004, 2006	SW, PPR	88-95
Japanese melon (*C. melon* var. *makuwa*)	Silver light	Baihe, Shuishang, Dali, Fangyuan, Zhuangwei, Beigang	2004-05	W, SW, SGD, PPR	19-91
Oriental pickling melon (*C. melon* var. *conomon*)	*Cucumis* spp.	Fangyuan	2002, 2004	W, SW, PPR	30, 56
Grafting watermelon (*Citrullus lanatus*) (bottle gourd as rootstock)	*Citrullus* spp.	Fangyuan	2001, 2004	W, SW, PPR	13, 74
Wax gourd (*Benincasa hispida*)	*Benincasa* spp.	Fangyuan	2003	TW, PPR	79
Cucumber (*Cucumis sativus*)	Taichung 501, i-yi-jiao	Singang, Beigang,	2005	TW, PPR	53, 56

[1] SW= Sudden wilt; PPR= Perithecium production on roots; YW= Yellowing and wilt; W= wilt; SGD=Sudden green death; TW= Temporary wilt.

表四、在田間病圃中測試洋香瓜黑點根腐病菌對 10 種葫蘆科作物的病原性[1]
Table 4. Pathogenicity test of *Monosporascus cannonballus* on 10 cucurbit species in field study[1]

		Pathogen isolation					
		Weeks after transplanting					
Plant	Cultivar	2	4	6	8	10	12
Cucumis melo var. *inodorus*	Muskmelon 0823	-[2]	-	+	+	+	+
C. melo var. *makuwa*	Japanese cantaloupe 1912	-	-	-	-	+	+
C. melo var. *conomon*	Oriental pickling melon 1903	-	-	+	+	+	+
Cucumis sativus	Cucumber 2220	-	-	-	+	+	+
Benincasa hispida	Wax gourd 1202	-	-	-	-	+	+
Cucurbita moschata	Squash 1913	-	-	-	-	+	-
Citrullus lanatus	Watermelon 1100	-	-	-	-	+	+
Lagenaria siceraria	Bottle gourd 0508	-	-	-	-	-	+
Luffa cylindrical	Loofah 0312	-	-	-	-	-	-
Momordica charantia	Bitter gourd 1403	-	-	-	-	-	-

[1] The plants were transplanted into field at Dec. 12, 2006 at Jiali, Tainan. And each two weeks, two plant root systems of each cucurbit were collected to isolate the pathogen of *Monosporascus cannonballus* in laboratory.

[2] "-"= the pathogen of *M. cannonballus* could not be isolated in media, but "+"= it could.

過去我們也曾選用 6 種葫蘆科作物當根砧，包括洋香瓜、蒲瓜、南瓜、冬瓜、絲瓜與西瓜等，嘗試 4 種嫁接法包括 1：1 頂劈嫁接法、割裂靠接法（cleft inarching grafting）、割裂根靠接法（cleft root inarching grafting）與舌狀根靠接法等，在田間評估嫁接技術防治洋香瓜黑點根腐病的可行性（10, 27），結果發現以蒲瓜、冬瓜與南瓜當根砧之嫁接株，表現較好的黑點根腐病防治效果；以冬瓜與南瓜當根砧之嫁接株，其所產的洋香瓜果實表現較佳的鮮食品質；採用舌狀根靠接法所製作之嫁接株，在嫁接苗的培育與管理，以及所產洋香瓜果實的鮮食品質，皆優於其他供試的嫁接法。因此選

用冬瓜與南瓜當根砧製作舌狀根靠接苗，供田間防治試驗使用[26]。

在台南縣七股鄉試驗田 I 與 II 中，該田 2004 至 2005 年期洋香瓜（蜜世界）黑點根腐病萎凋率分別為 64 與 93%，利用網篩法亦可測得其土壤中含有 4-5 ascospores/g soil。於 2005 年 11 月選用洋香瓜藍寶石 2 號當接穗，冬瓜 1202 與南瓜 1913 當根砧，於穴盤中製作舌狀根靠接苗。在試驗田 I 中，供試的嫁接苗與實生苗初期生長良好，定植後 8 星期內皆無萎凋發生。定植 9 星期以後，供試植株地上部開始表現葉片黃化與萎凋，地下部則出現根腐指數 1 的病徵，由這些病斑可分離得到黑點根腐病菌。定植第 11 星期以後，實生苗與以冬瓜 1202 為根砧的嫁接株，萎凋率達 76% 以上，洋香瓜無收穫或所產洋香瓜品質不佳。以南瓜 1913 為根砧的嫁接株在田間表現暫時性萎凋的特性，定植第 11 星期以後，萎凋率由 23%下降為 2%，並與對照組差異顯著（$p< 0.05$）（表五），且仍有符合商品價值的洋香瓜採收。待果實採收後，計算實生苗與嫁接株的根數，實生苗只有 6.8/plant，與以冬瓜 1202 與南瓜 1913 為根砧兩種嫁接株的根數 8.1 與 8.2/plant，皆差異顯著（$p< 0.05$）。其中，嫁接株的根砧與接穗根數所佔百分比，以冬瓜 1202 當根砧的嫁接株為 21%：79%，以南瓜 1913 當根砧的嫁接株為 54%：46%。不論根砧或接穗根部，皆有程度不一的根腐，其中實生苗與以冬瓜 1202 為根砧嫁接株的接穗根系，根腐指數皆為 2.6，但是以南瓜 1913 為根砧嫁接株的接穗根系，根腐指數只有 1.2。另外，冬瓜 1202 與南瓜 1913 根砧根系的根腐指數，分別為 3.8 與 1.1，兩者呈差異顯著（$p< 0.05$）（表五）。在試驗田 II 中，定植 9 星期供試植株開始發生黑點根腐病，定植第 11 星期以後，實生苗與以冬瓜 1202 當根砧的嫁接株萎凋率達 80%以上，實生苗甚至死亡，無洋香瓜果實可採收。以南瓜 1913 為根砧的嫁接株在田間表現暫時萎凋的特性，定植後第 11 星期至採收期，萎凋率由 67%下降至 37%（表五）。待果實採收後，計算實生苗與嫁接株的根數，實生苗為 6.7/plant，以冬瓜與南瓜當根砧的嫁接株則分別為 8 與 7.9/plant。分析嫁接株的根砧與接穗根數所佔百分比，以冬瓜 1202 當根砧的嫁接株分別為 20%與 80%，以南瓜 1913 當根砧的嫁接株則分別為 54%與 46%。實生苗與以冬瓜 1202 為根砧嫁接株的接穗根系，根腐指數分別為 2.8 與 2.7，而以南瓜 1913 當根砧的嫁接株的

接穗根系只有 1.7。此外，根砧根系的根腐指數，冬瓜 1202 與南瓜 1913 分別為 3.8 與 1.6，兩者呈差異顯著（$p< 0.05$）（表五）。

2007 年 8 月又在台南縣西港鄉選定一處洋香瓜栽培田，用洋香瓜藍寶石 1 號當接穗，洋香瓜 0596 與南瓜 1913 當根砧，利用舌狀根靠接法製作嫁接苗，於 8 月 27 日將嫁接株定植於該田。植株初期生長良好，定植後 7 星期之內皆無黑點根腐病地上部病徵的發生。然而定植後第 8 星期，供試植株皆開始有零星出現黑點根腐病的地上部病徵，罹病株表現葉片黃化、萎凋與果實曝露。無嫁接之實生株、以洋香瓜 0596 與南瓜 1913 當根砧之嫁接株，地上部萎凋率分別為 7、15 與 1%。此時田間進行疏果，使每棵植株上僅留 1 或 2 顆洋香瓜果實。植株定植後第 9 星期，田間發生黃葉、萎凋的罹病株持續增加，到定植後第 10 星期，3 種處理的植株萎凋率分別達 43、57 與 19%，仍以南瓜 1913 當根砧之嫁接株，萎凋率為最低（表六）。植株定植後第 11 星期，分兩次（11 月 6 與 9 日）採收具市場價值的洋香瓜，第一次採收時，以無嫁接之實生株的產量較多，每 40 棵植株採收 31 顆洋香瓜，共可採收 50.8 kg/40 plants；而以南瓜 1913 當根砧之嫁接株的產量較少，每 40 棵植株採收 22 顆洋香瓜，共可採收 36.1 kg/40 plants。第二次採收時，則以南瓜 1913 當根砧之嫁接株的產量較多，每 40 棵植株採收 44 顆洋香瓜，共可採收 64.2 kg/40 plants；而無嫁接之實生株的產量較少，每 40 棵植株採收 19 顆洋香瓜，共可採收 31.2 kg/40 plants。綜合兩次採收的結果，以南瓜 1913 當根砧之嫁接苗的產量最多，每 40 棵植株可採收 100.3 kg/40 plants；而以洋香瓜 0596 當根砧之嫁接株的產量最少，每 40 棵植株可採收 70.8 kg/40 plants（表七）。待果實採收後，計算實生苗與嫁接株的根數，實生苗只有 6.6/plant，與以洋香瓜 0596 與南瓜 1913 為根砧兩種嫁接株的根數 10.1 與 8.7/plant，皆差異顯著（$p< 0.05$）。其中，嫁接株的根砧與接穗根數所佔百分比，以洋香瓜 0596 當根砧的嫁接株為 49%：51%，以南瓜 1913 當根砧的嫁接株為 47%：53%。不論根砧或接穗根部，皆有程度不一的根腐，其中實生苗與以洋香瓜 0596 為根砧嫁接株的接穗根系，根腐指數分別為 3 與 3.1，但是以南瓜 1913 為根砧嫁接株的接穗根系，根腐指數只有 1.7。另外，洋香瓜 0596 與南瓜 1913 根砧根系的根腐指數，分別為 3.1 與 1.9，

兩者差異顯著（$p< 0.05$）（表六）。

選用冬瓜 1202 當根砧時，其在試驗田中的防治效果甚不穩定（表五）。冬瓜實生苗在田間表現耐病性，但是嫁接株的冬瓜根砧，其根數僅佔整個植株根數的 30%或以下（表五），因此不足以提供嫁接株在田間賴以表現耐病性所需之強旺根系，導致防治效果不佳或不穩定的情形；嫁接株的南瓜根砧根數，則佔植株整體根數的 54%（表五），已足夠嫁接株在田間表現耐病性之所需。Cohen 等人[3]亦認為使用南瓜根砧在防治黑點根腐病上具有較高的潛力，因為南瓜植株有較旺盛的根系。另外，根據根腐指數的比較（表五），冬瓜植株對 *M. cannonballus* 的耐病性，較之南瓜亦有不及。

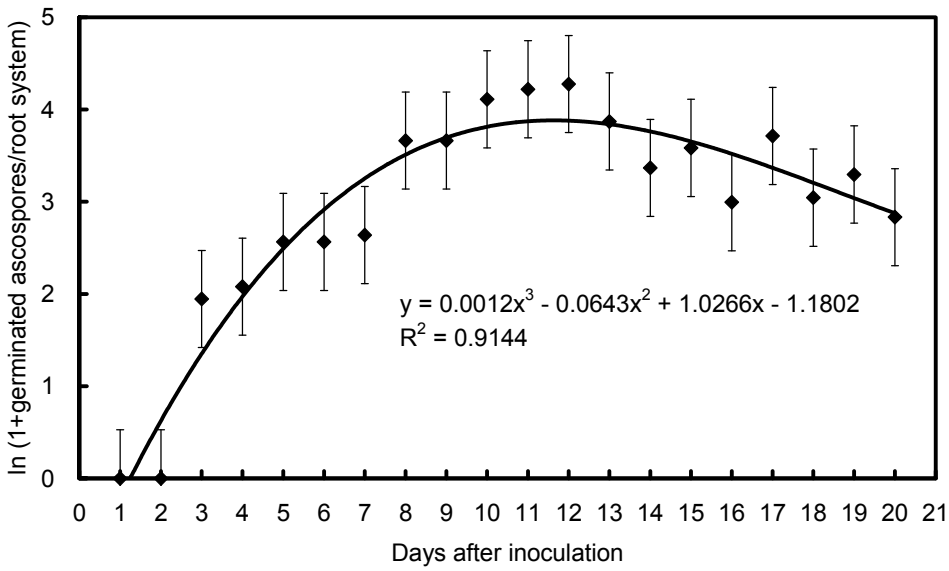
在台灣，洋香瓜的栽培模式多採用黑色塑膠布覆蓋栽培床，搭配透明塑膠矮隧道，一方面可以減少水分、肥料的流失與防止田間雜草的生長[12]，同時可增加葉的表面積，促進植株生長與提高果實品質[8]，相對的，卻提高植株地上部與地下部的比率（shoot/root ratio），亦即洋香瓜植株以較少的根系，供應本身的生長與果實的成熟，一旦根系受害（如 *Monosporascus cannonballus* 所造成的根腐），則容易產生地上部萎凋的病徵，特別是在蒸散作用旺盛的果實肥大期（約採收前 2 星期），更容易造成突發性的急速萎凋。本文利用南瓜 1913 當根砧，提供嫁接株有較多、較旺盛的南瓜根系，在田間成功的延緩黑點根腐病的發生。而 Pivonia 等人[18]則認為黑點根腐病造成地上部萎凋，是洋香瓜植株的 sink-source 失去平衡所致，他們的研究由罹病株摘除所有洋香瓜果實後，則罹病株仍可存活。因此，我們初步嘗試以疏果與嫁接的綜合防治策略，將供試植株於定植後第 8 星期進行疏果，使每棵植株僅留下 1 或 2 顆洋香瓜，結果採用疏果處理後的嫁接株（以南瓜 1913 根砧），有較低的萎凋率（表六）與較高的產量（表七）。

通常植物對土壤傳播性病原菌所表現之耐病性，與土壤中接種源的臨界濃度有關[16]，然目前仍缺乏有效率的接種法可茲應用於瓜類作物對 *M. cannonballus* 接種源臨界濃度的評估，我們已著手研究田間土壤中 *M. cannonballus* 的濃度的定量方法。另外，嫁接用的根砧亦會被黑點根腐病菌所感染，而連續使用耐病根砧之後，是否會提高土壤中 *M. cannonballus* 的初次接種源濃度，亦須特別留意。

結論與展望

洋香瓜黑點根腐病主要發生在熱帶與亞熱帶地區[2, 6, 9, 13, 14, 15, 29, 32]，據學者的研究其病原菌較適高溫環境，菌絲生長適溫為 25-35℃，子囊殼產生適溫則為25-30 ℃[13]。然而，在台灣本病害四季皆會嚴重發生，由於夏季因梅雨與颱風帶來豐沛的雨水，使洋香瓜容易產生裂果，因此農民多不在夏季種植洋香瓜，秋、冬季才是洋香瓜主要產季。台灣秋、冬季戶外溫度或許會低於10℃以下，但是利用土壤溫度感應器測量土壤深度0-15 cm的土壤溫度，結果土壤溫度幾乎是保持恆溫的24-28℃（個別田會有些差異），甚至在矮隧道塑膠布覆蓋下的表土溫度更可達30℃以上，而此溫度適合本病原菌的菌絲生長[13]。本病害的發生似乎與土壤溫度有關[20]，若洋香瓜定植後30天之內，土壤溫度高於20℃以上，則到採收季節，洋香瓜容易發生黑點根腐病[19]，也就是說，洋香瓜黑點根腐病的初次感染源，子囊孢子在洋香瓜定植初期即可侵入植株根部，這些感染源在黑點根腐病的病勢發展上扮演重要的因子。而子囊孢子在土壤試管法中，接種後第三天即可發芽侵入植株根部（圖二）。子囊孢子的發芽又與土壤溫度有關，土壤溫度（介於20-32℃之間）越高，子囊孢子發芽天數越短，子囊孢子發芽並侵入植株根系的個數也越多，當土壤溫度為25℃時，子囊孢子發芽並侵入植株根系的個數在接種後30天之內達高峰；但當土壤溫度為32℃時，子囊孢子發芽並侵入植株根系的個數則在接種後15天之內便達高峰[19]。

Pivonia 等人[19]指出：雖然子囊孢子在洋香瓜幼苗根圈發芽並侵入根部組織的能力，與洋香瓜在本田發生黑點根腐病的比率成正相關。但是子囊孢子皆可在葫蘆科作物根部發芽與侵入組織（表二），而這些潛在寄主在田間卻不一定會發病。因此，子囊孢子能在植株根圈發芽並侵入根部組織，似乎不等於寄主會在田間發生黑點根腐病。我們推測：田間土壤中的子囊孢子是分批發芽，而且僅有在特殊條件下才會發芽。所以在洋香瓜生長期間內只要符合子囊孢子的發芽條件，子囊孢子是可以持續發芽與侵入植株根部。然而洋香瓜在生長初期被子囊孢子感染，才是影響洋香瓜生長後期發病的關鍵因子[19]。另外本病菌不會沿維管束感染植株地上部，病原



圖二、接種後天數對 *Monosporascus cannonballus* 子囊孢子在洋香瓜根部發芽的影響。

Fig. 2. Effect of incubation period on the germination of *Monosporascus cannonballus* ascospores around the muskmelon roots. The ascospore germination was evaluated by soil tube method employing an ascospore density of 3 x 10^3 ascospores/g soil. One seed was seeded per tube. Five tubes were assayed every day for each plant after inoculation. Error bars showed the 95% confidence interval.

菌僅會感染植株根系（表一），而病原菌在罹病株根系的侵入感染點呈現逢機點狀分佈。若將洋香瓜成株期的罹病株自土壤中拔起，則罹病的小根與細根都已脫落，主根亦容易斷落。雖然目前仍無證據顯示菌絲是本病害的接種源，但是這些已被病原菌感染的脫落小根與細根，或斷落的主根，是本病原菌菌絲生長的良好介質，而洋香瓜栽培時的土壤溫度正好適合其生長。因此推論：這些已被感染的植株殘體，才是影響洋香瓜黑點根腐病發生的主要感染源，當達臨界濃度時，則黑點根腐病發生。

本報導利用舌狀根靠接法，並篩選出南瓜 1913 根砧可於田間有效管理洋香瓜黑點根腐病之發生，使原本應該產生急速萎凋的洋香瓜植株，變成僅會產生暫時萎凋的洋香瓜嫁接株（表五、六），洋香瓜果實仍可收穫（表七），並且不會影響洋香瓜的鮮食品質。換句話說，洋香瓜黑點根腐病影

響洋香瓜果實的商品價值，乃是因為果實採收前 2 星期發生地上部萎凋的病徵所致。有學者研究將罹病株果實全部拔除，則洋香瓜罹病株不會有急速萎凋的病徵產生，但是罹病株維管束仍會產生充塞細胞（tylose）[18]。由此可知，洋香瓜黑點根腐病罹病株根系受到病原菌感染，使根系吸水功能降低，加上洋香瓜植株本身產生充塞細胞的抗病反應，使得罹病株體內的水分供需失去平衡，特別是果實肥大時需要更多的水分，則罹病株容易產生萎凋的病徵。在田間觀察中，洋香瓜在開花結果之後，才會有黑點根腐病地上部萎凋的病徵產生，特別是在著果數越多、果實越大顆的罹病株。針對此點，有學者設計特殊的滴灌方式，頻繁地將少量的水供給洋香瓜罹病株殘餘的健康根系，則可延緩罹病株地上部萎凋病徵的產生，但是果實品質仍不及健康實生苗所產的洋香瓜[17]。因為洋香瓜果實屬於更年性果實（climacteric fruit）[1]，果實的成熟與根部分泌的植物賀爾蒙有關。當洋香瓜根系發生嚴重根腐時，雖然可用滴灌方式供應足夠植物吸收的水分，卻無法提供足量的植物賀爾蒙可供果實成熟。若採用舌狀根靠接法，嫁接株仍保有 54%低根腐指數的南瓜根砧（表五），該些根系或可提供嫁接株生長所需的水分與果實成熟所需的植物賀爾蒙，使嫁接株僅表現暫時萎凋的病徵，並且可採收具商品價值的洋香瓜。

在台南地區，有農民種植洋香瓜時會先將本田淹水，以直播種子的栽培方式，農民不需要另闢苗圃來培育洋香瓜幼苗，亦可避免苗床的病蟲害問題，而洋香瓜直播於本田後，胚根可直接深入本田土中，避免日後定植時可能造成的機械性傷害。過去我們曾在田間採用直播栽培模式種植洋香瓜[26]，然而這樣的栽培模式卻不適合舌狀靠接法的操作，因為舌狀靠接苗需將根砧與接穗種子放置在同一栽培穴中，若同時間將兩顆種子直播於本田，則兩顆種子的發芽與生長速度會不一樣，嫁接的時間與嫁接的位置不容易掌握；若依根砧與接穗種子發芽與生長的速度為考量，於不同時間將此兩顆種子分別直播於本田，則實務操作費時、費工，種子發芽的情形亦不盡理想。另外，在嫁接實作時，工作人員需在矮隧道中進行，勞心又勞力，且工作效率不彰。因此，建議往後製作舌狀嫁接苗時，應先於育苗盤中製備完成，在定植嫁接苗於本田。這樣的操作模式容易依根砧與接穗種子的發芽與生長速度，調整催芽與播種於育苗盤的時

表五、洋香瓜舌狀根靠接株在七股鄉田間由黑點根腐病所致之萎凋率與根腐指數[1]

Table 5. The wilt rate and root rot index of muskmelon tongue root inarching grafts due to root rot/vine decline at Chigu field[1]

Field	Rootstock	Wilt rate (%)			Root number per plant	Root number/ Percentage		Root rot index (0-4)[2]	
		Weeks after transplanting							
		8	11	12		Rootstock	Scion	Rootstock	Scion
I	CK (non-grafting)	0	76 b	76 b[3]	6.8 b	-[4]	6.8/100	-	2.6 b
	Wax gourd 1202	0	89 b	89 b	8.1 a	1.7/28	6.4/72	3.8 b	2.6 b
	Squash 1913	0	23 a	2 a	8.2 a	4.7/54	3.5/46	1.1 a	1.2 a
II	CK (non-grafting)	0	95 b	95 c	6.7 b	-	6.7/100	-	2.8 b
	Wax gourd 1202	0	80 a	80 b	8.0 a	1.7/20	6.4/80	3.8 b	2.7 b
	Squash 1913	0	67 a	37 a	7.9 a	4.4/54	3.6/46	1.6 a	1.7 a

1 Two hundred and 240 plants were assayed for each treatment in the experimental fields I and II, respectively, at Chigu, Tainan. The date of transplanting was 7 and 9 November, 2005, and of harvesting 8 and 9 February, 2006, respectively.

2 After harvest, all of the roots were collected for determining the root rot index, based on a scale of 0-4: 0=Healthy; 1=Red lesion; 2=Necrotic spot; 3=Root rot; and 4=Perithecia formed on root surface.

3 Values followed by the same letter in the column are not significantly different at $p > 0.05$, according to LSD Test.

4 "—" = No data.

表六、洋香瓜舌狀根靠接株在西港鄉田間由黑點根腐病所致之萎凋率與根腐指數[1]

Table 6. The wilt rate and root rot index of muskmelon tongue root inarching grafts due to root rot/vine decline at Sigang field[1]

	Wilt rate (%) weeks after transplanting				Root number per	Root number/ Percentage		Root rot index (0-4)[2]	
Rootstock	7	8	9	10	plant	Rootstock	Scion	Rootstock	Scion
Non-grafting	0	7 a[3]	36 a	43 ab	6.6 c	-[4]	6.6/100	-	3 a
Muskmelon 0596	0	15 a	38 a	57 b	10.1 a	4.9/49	5.2/51	3.1 a	3.1 a
Squash 1913	0	1 a	14 a	19 a	8.7 b	4.1/47	4.7/53	1.9 b	1.7 b

1 One hundred and sixty plants of each treatment were assayed. The seeding date was at 7 August 2007 and grafting was done the next 2-3 weeks. The harvesting date was 6 and 9 November 2007.

2 After harvest, all of the roots were collected for determining the root rot index, based on a scale of 0-4: 0=Healthy; 1=Red lesion; 2=Necrotic spot; 3=Root rot; and 4=Perithecia formed on root surface.

3 Values followed by the same letter in the column are not significantly different at $p > 0.05$, according to LSD Test.

4 "—"= No data.

表七、不同根砧對洋香瓜舌狀根靠接株洋香瓜產量的影響（2007）[1]

Table 7. Effect of different rootstocks on yield of muskmelon tongue root inarching grafts (2007) [1]

	1st harvest			2nd harvest			Total yield (kg/40 plants)
Rootstock	Fruit (numbers/40 plants)	Fruit weight (kg/fruit)	Yield (kg/40 plants)	Fruit (numbers/40 plants)	Fruit weight (kg/fruit)	Yield (kg/40 plants)	
Non-grafting	31 a	1.75 a	53.8 a	19 b	1.64 a	31.2 b	84.9 a
Muskmelon 0596	24 a	1.71 a	40.4 a	21 b	1.43 a	30.4 b	70.8 a
Squash 1913	22 a	1.64 a	36.1 a	44 a	1.46 a	64.2 a	100.3 a

1. One hundred and sixty plants of each treatment were assayed. The seeding date was at 7 August 2007 and grafting was done the next 2-3 weeks. The harvesting date was 6 and 9 November 2007.

2. Values followed by the same letter in the column are not significantly different at p> 0.05, according to LSD Test.

間，使根砧與接穗的嫁接位置達同一生長高度，方便舌狀靠接苗的製作；而嫁接實作時，人員僅需在嫁接工作台上進行，可提升工作效率與嫁接成功率，亦可方便代工生產嫁接苗。

引用文獻

1. Bower, J., Holford, P., Latche., and Pech, J-C. 2002. Culture conditions and detachment of the fruit influence the effect of ethylene on the climacteric respiration of melon. Postharvest Boil. Tec. 26: 135-146.
2. Bruton, B. D., and Miller, M. E. 1997. Occurrence of vine decline diseases of muskmelon in Guatemala. Plant Dis. 81: 694.
3. Cohen, R., Pivonia, S., Burger, Y., Edelstein, M., Gamliel, A., and Katan, J. 2000. Toward integrated management of Monosporascus wilt of melons in Israel. Plant Dis. 84: 496-505.
4. Cohen, R., Pivonia, S., Shtienberg, D., Edelstein, M., Raz, D., Gerstl, Z., and Katan, J. 1999. The efficacy of fluazinam in suppression of *Monosporacus cannonballus*, the causal agent of vine decline of melons. Plant Dis. 83: 1137-1141.
5. Edelstein, M., Cohen, R., Burger, Y., Shriber, S., Pivonia, S. and Shtienberg, D. 1999. Integrated management of sudden wilt in melons, caused by *Monosporascus cannonballus*, using grafting and reduced rates of methyl bromide. Plant Dis. 83: 1142-1145.
6. Garcia-Jimenez, J., Velazquez, M. T., Jorda, C., and Alfaro-Garcia, A. 1994. Acremonium species as the causal agent of muskmelon collapse in Spain. Plant Dis. 78: 416-419.
7. Hawksworth, D. L., and Ciccarone, A. 1978. Studies on a species of *Monosporascus* isolated from *Triticum*. Mycopathologia 66: 147-151.
8. Ibarra, L., Flores, J., and Diaz-Perez, J. C. 2001. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. Sci. Hortic. 87:

139-145.

9. Karlatti, R. S., Abdeen, F. M., and Al-Fehaid, M. S. 1997. First report of *Monosporascus cannonballus* on melons in Saudi Arabia. Plant Dis. 81: 1215.
10. Lin, Y. S., Su, J. F., and Huang, K. S. 2004. Grafting management of Fusarium wilt and root rot/vine decline of cucurbitaceous plants in Taiwan. Pages 119-136 in: Proceedings of 2004 Symposium on the Health Management of Fruity Vegetable. Yang, H. C., and Lin, H. S. ed. Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Taichung, 236 pp. (In Chinese).
11. Lin, Y. S., Su, J. F., and Lin, K. M. 2008. The host range of *Monosporascus cannonballus* in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 17: 25-34. (in Chinese with English abstract)
12. Lovelli, S., Pizza, S., Caponio, T., Rivelli, A. R., and Perniola, M. 2005. Lysimetric determination of muskmelon crop coefficients cultivated under plastic mulches. Agric. Water Manage. 72: 147-159.
13. Martyn, R. D., and Miller, M. E. 1996. Monosporascus root rot and vine decline: An emerging disease of melons worldwide. Plant Dis. 80: 716-725.
14. Martyn, R. D., Lovic, B. R., Maddox, D. A., Germash, A., and Miller, M. E. 1994. First report of Monosporascus root rot/vine decline of watermelon in Tunisia. Plant Dis. 78: 1220.
15. Mertely, J.C., Martyn, R.D., Miller, M. E., and Bruton, B. D. 1993. An expanded host range for the muskmelon pathogen *Monosporascus cannonballus*. Plant Dis. 77: 667-673.
16. Navas-Cortes, J. A., Alcala-Jimenez, A. R., Hau, B., and Jimenez-Diaz, R. M. 2000. Influence of inoculum density of race 0 and 5 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* on development of Fusarium wilt in chickpea cultivars. Eur. J. Plant Pathol. 106: 135-146.

17. Pivonia, S., Cohen, R., Cohen, S., Kigel, J., Levita, R., and Katan, J. 2004. Effect of irrigation regimes on disease expression in melon plants infected with *Monosporascus cannonballus*. Eur. J. Plant Pathol. 110: 155-161.
18. Pivonia, S., Cohen, R., Katan, J. and Kigel, J. 2002a. Effect of fruit load on the water balance of melon plants infected with *Monosporascus cannonballus*. Physiol. Mol. Plant P. 60: 39-49.
19. Pivonia, S., Cohen, R., Kigel, J., and Katan, J. 2002b. Effect of soil temperature on disease development in melon plants infected by *Monosporascus cannonballus*. Plant Pathol. 51: 472-479.
20. Pivonia, S., Kigel, J., Cohen, R., Katan, J. and Levita, R. 1999. Effect of soil temperature on the development of sudden wilt of melons. Phytoparasitica 27: 42-43.
21. Pollack, F. G., and Uecker, F. A. 1974. *Monosporascus cannonballus* an unusual ascomycete in cantaloupe roots. Mycology 66: 346-349.
22. Ristaino, J. B., and Thomas, W. 1997. Agriculture, methyl bromide and the ozone hole, can we fill the gap? Plant Dis. 81: 964-977.
23. Sivanesan, A. 1991. IMI descriptions of fungi and bacteria No. 1035. *Monosporascus cannonballus*. Mycopathologia 114: 53-54.
24. Stanghellini, M. E., and Rasmussen, S. L. 1992. A quantitative method for the recovery of ascospores of *Monosporascus cannonballus* from field soil. Phytopathology 82: 1115.
25. Stanghellini, M. E., Kim, D. H., and Rasmussen, S. L. 1996. Ascospores of *Monosporascus cannonballus*: Germination and distribution in cultivated and desert soils in Arizona. Phytopathology 86: 509-514.
26. Su, J. F., and Lin, Y. S. 2008. The grafting management in root rot/vine decline of muskmelon. Plant Pathol. Bull. 17: 35-41. (in Chinese with English abstract)
27. Su, J. F., Huang, K. S., and Lin,Y. S. 2001. Control of the root rot and vine decline of muskmelon by resistant rootstock. Plant Pathol. Bull. 10: 205.

(In Chinese).

28. Traka-Mavrona, E., Koutsika-Sotiriou, M., and Pritsa, T. 2000. Response of squash (*Cucurbita* spp.) as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.). Sci. Hort. 83: 353-362.
29. Tsay, J. G., and Tung, B. K. 1994. The occurrence of muskmelon root rot caused by *Monosporascus cannonballus* Pollack & Uecker in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 3: 260. (In Chinese).
30. Ucko, O., Maduel, A., Grinstein, A., and Katan, J. 1992. Combined methods of soil disinfestation for controlling melon collapse with reduced methyl bromide dosages. (Abstr.) Phytoparasitica 20: 229-230.
31. Uematsu, S., Hirota, K., Shiruishi, T., Ooizumi, T., Sokiyama, K., Ishikura, I., and Edagowa, Y. 1992. Monosporascus root rot on bottle gourd stock of watermelon caused by *Monosporascus cannonballus*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 58: 354-359.
32. Uematsu, S., Onogi, S., and Watanabe, T. 1985. Pathogenicity of *Monosporascus cannonballus* Pollack and Uecker in Relation to Melon root rot in Japan. Ann. Phytopath. Soc. Japan 51: 272-276.
33. Wolff, D. W., and Miller, M E. 1998. Tolerance to Monosporascus root rot and vine decline in melon (*Cucumis melo* L.) germplasm. HortScience 33: 287-290.
34. Zhang, J. X., Howell, C. R., and Miller, M. E. 1998. Evaluation of *Trichoderma virens* as a potential biocontrol agent of *Monosporascus cannonballus* in muskmelon. Phytopathology 88: S12.

ABSTRACT

The occurrence of root rot/vine decline of muskmelon and its disease management by grafting

Lin, Y. S.[1], and Su, J. F.[2,3]

[1] Department of Biotechnology, Asia University, Wufeng, Taichung County, Taiwan, R.O.C.

[2] Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung County, Taiwan, R.O.C.

[3] Corresponding author, Email: forte9135101@tari.gov.tw

Monosporascus cannonballus caused root rot/vine decline of muskmelon. Sudden wilt of most infected plants occurred in the field at 2 weeks before harvesting. In greenhouse inoculation tests, using soil tube method, the ascospores could germinate in the rhizosphere and the hyphae penetrated into root tissues in such plants as muskmelon, Japanese cantaloupe, oriental pickling melon, cucumber, wax gourd, squash, watermelon, bottle gourd, loofah and bitter gourd. Field survey results showed that the host range of *M. cannonballus* included muskmelon, Japanese cantaloupe, oriental pickling melon, cucumber, wax gourd and bottle gourd as rootstock for watermelon in Taiwan. Besides the muskmelon, which was usually seriously damaged, the root rot/vine decline in other 5 cucurbit plants were limited to some locations in Fangyuan of Changhua County or in the greenhouse. In addition, this pathogen could only be isolated from infected roots. The isolation rates were low when the inoculum was taken from badly rot tissues of infected plants. Using root tissues with a root rot index in the range of 0 to 4, the isolation rates obtained were 69, 82, 73, 40 and 9%, respectively. The muskmelon tongue root inarching grafts was provided the basis for disease management of root rot/vine decline of muskmelon. In field experiments, the grafts on squash 1913 rootstock gave a stable, positive performance on disease management. Although the root system of rootstock plants was also infected by *M. cannonballus*, they displayed a relatively low root rot index of 1.1 and 1.6 in the two fields, respectively. There was 54% of

the total root numbers found to derive from the rootstock plant. By harvest time, the grafts showed a phenomenon of temporary wilting in which the plants wilted during the day and would recover at night or in a later time under certain circumstances. A normal harvest of high quality fruit of muskmelon was possible.

Key words： root rot/vine decline of muskmelon, host range, *Monosporascus cannonballus*, tongue root inarching, grafting