

# 柑 桔 線 蟲 問 題

林 奕 耀<sup>1</sup>

**摘 要** 柑桔根部最早發現線蟲寄生的記錄，是在1889年，美國弗羅里達的根瘤線蟲，然該線蟲並未造成經濟上問題。目前為止，自全世界柑桔栽培地區發現的植物寄生性線蟲逾200種，隸屬不同的22屬。惟只知其中的約20種對柑桔有害，其為害部位均在根部，因地上部病徵無特殊症狀以致一般人很難將線蟲與柑桔產量與品質之經濟關係連想在一起。又除了柑桔線蟲（*Tylenchulus semipenetrans*）外，對其他柑桔病原線蟲，由於地理分佈的限制，通常僅局部地區分別採取防治措施。柑桔線蟲於1912年在美國加州即已發現與柑桔“慢性衰弱病（slow decline）”或“梢枯（die back）”有密切關連；而早在1930年代發生的“擴展性衰弱病（spreading decline）”為弗州衆知嚴重影響柑桔生產的疾病，直至1953年始確定其病原為穿孔線蟲（*Radopholus citrohilus*）。在衆多柑桔部寄生線蟲中，柑桔線蟲無疑為全世界分佈最普遍，為害柑桔最重要的一種病原線蟲。目前全世界的柑桔栽培面積約為1,500萬公頃，每年生產約4,000萬公噸的橙類、葡萄類、檸檬、萊母和寬皮桔等，而據估計其中50%以上的柑桔生產區都感染柑桔線蟲。對此線蟲所引起之估計損失約10%，若換算為果實的減產量則相當於400萬公噸。在台灣於1913年日人澤田兼吉首先發現柑桔線蟲為害柑桔根部，而於1916年證實當時普遍發生的所謂“柑桔立枯病”即為柑桔線蟲所致。除此之外，晚近發現南方根腐線蟲（*Pratylenchus coffeae*）為嘉南地區的檳柑、柳橙和麻豆文旦枯死之主要病原之一。柑桔線蟲在國外已知至少有四種生物型（biotype），即：(1)“柑桔（citrus）”生物型，為最普遍而可為害柑

---

1 國立中興大學植物病理學系教授

桔類、橄欖 (*Olea* spp.)、葡萄 (*Vitis* spp.) 和柿子 (*Diospyros* spp.)，但不為害 *Poncirus trifoliata*；(2)“枳殼 (*Poncirus*)”生物型，除橄欖外，可為害所有上述各寄主，源自日本及加州；(3)“地中海 (*Mediterranean*)”生物型，與“citrus”生物型相似，但不為害橄欖，遍佈地中海和南非柑桔栽培區；(4)“草 (*grass*)”生物型，不為害柑桔，僅發生於美國弗州。依據筆者研究室三年來之田間調查與溫室內接種試驗結果，獲悉在台灣，柑桔線蟲的寄主範圍為：葡萄柚 (*Citrus paradisi*)，晚崙西亞橙 (*Citrus sinensis*)、柳橙 (*C. sinensis*)、金柑 (*Fortunella crassifolia*)、檸檬 (*Citrus limon*)、廣東檸檬 (*C. limonin*)、酸桔 (*C. reticulata* var. *sunki*)、枳殼 (*Poncirus trifoliata*)、巨峯和金香葡萄 (*Vitis vinifera*)、柿子 (*Diospyros kaki*)、馬齒莧 (*Portulaca oleracea*)、享利馬唐 (*Digitaria henryi*) 以及小葉灰藿 (*Chenopodium ficifolium*) 等。同時，依據其寄主反應，可分為“Citrus”生物型和“Grape”生物型兩種。前者除巨峯葡萄和金香葡萄外，可為害上述各種寄主；而後者則僅為害葡萄、馬齒莧、享利馬唐和小葉藿而不為害柑桔類和柿子。

## 一、前 言

柑桔根部最早發現線蟲寄生的記錄，是在1889年，美國佛羅里達的根瘤線蟲，然該線蟲並未造成經濟上問題<sup>(21)</sup>。至目前為止，自全世界柑桔栽培地區發現的植物寄生性線蟲逾200種，其中約20種對柑桔有害，其為害部位均在根部，因地上部病徵並無特殊症狀以致一般人很難將線蟲與柑桔產量與品質之關係連想在一起<sup>(26)</sup>。

在本省柑桔栽培史上，線蟲病害之發生由來已久，早在1913年，日人澤田兼吉氏即已發現當時猖獗流於之“柑桔立枯病”與柑桔線蟲有關<sup>(5)</sup>，並經接種試驗而證實其病原性，進而做防治試驗<sup>(6)</sup>。第二次世界大戰後，於1963年，童氏發表有關台灣柑桔之寄生性線蟲調查，在台北、新竹、苗栗、台中及宜蘭等地柑桔園中發現為害柑桔植株之6種植物寄生性線蟲，其中以柑桔線蟲 (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb) 最為重要<sup>(3)</sup>。

嗣後於1979年，林氏在麻豆文旦栽培區之調查中發現植物寄生性線蟲種類多達20種以上，其中以柑桔線蟲及南方根腐線蟲 [*Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filipjev and Stekhoven] 出現頻率無論在根中或根圍土中均高達85%以上<sup>(2)</sup>。

自從1912年 Hodges 氏<sup>(25)</sup>在美國加州地區柑桔園首先發現柑桔線蟲而 Thomas 於翌年發表其可能與斑葉症狀有關<sup>(23)</sup>後，往後的兩年內，相繼在地中海馬爾他島、西班牙、以色列、澳洲及南美等地分別發現此蟲的存在<sup>(11)</sup>；有關此蟲在柑桔生育上所引起

的病變一直被全世界各柑桔生產國家多方面研究和探討其病原性，終獲得證明此線蟲引起的柑桔慢性衰弱症（Slow decline）對柑桔生產事業的威脅性甚大<sup>(7, 8, 14, 20, 24)</sup>。目前全世界的柑桔栽培面積約為1,500萬公頃，每年生產約4,000萬公噸的橙類，葡萄柚、檸檬、萊姆和寬皮桔等，而據估計其中50%以上的柑桔產區都感染柑桔線蟲，而其所引起之估計損失約10%，若換算為果實的減產量則相當於400萬公噸<sup>(26)</sup>。

## 二、柑桔線蟲之習性及生活史

柑桔線蟲的卵孵化即為二齡幼蟲，在7~10天中脫皮三次而為成熟雄蟲。雄蟲並不攝食，其口針、食道均退化，不為害作物。雌性幼蟲能以二齡幼蟲期維持生命達數年之久，且無需取食。在寄主植物存在時，它便侵入根部最外層表皮，並完成三次脫皮。此蟲常侵害四~五星期大的營養根，將蟲體前半部插入根組織中吸取汁液，而體後半部則裸露根部外面，即行所謂半內寄生。成熟的雌蟲排卵於膠質中呈塊，幾乎將露在根外表的蟲體都掩蓋<sup>(16)</sup>。柑桔線蟲雌成蟲行孤雌生殖（parthenogenesis），未受精的雌成蟲排卵後孵化成雌雄兩性的幼蟲。在攝氏24~26度時，此蟲一世代約需6~8星期<sup>(12, 27)</sup>。童氏報告<sup>(4)</sup>，本省的氣候適合此蟲的生存，全年皆可發現其生活世代中的每個齡蟲及卵塊，尤其於春雨後，柑桔新芽萌發的3月起，此蟲口密度逐漸上升，至6月時達最高峯，12月至3月最低，和本省的雨量及溫度有關係。林氏<sup>(1, 2)</sup>指出，此蟲之季節消長，年至少有2~3個高峯。

## 三、柑桔線蟲對寄主的影響

柑桔線蟲的取食以寄主根部皮層為限，攝食位置一旦固定後，其蟲體頭部附近的寄主細胞則形成3~4層薄壁細胞組織，而頭部固著的細胞則發展呈腔狀，以利其變換方向取食<sup>(30)</sup>，此類細胞對染色反應不同，澱粉含量低；最後，上述這些細胞會崩潰，俟其他微生物順著線蟲侵入的路線侵入感染後，使被感染部位呈現黑褐色的壞疽<sup>(13)</sup>；嚴重者根系變黑，且因卵塊上包裹著粘着性的膠質，易於附着土壤顆粒，這些顆粒即使用水亦很難洗除；更嚴重被害者，常使根部皮層和中柱脫離，而致腐敗。寄主植物的根系受到侵害後，其水分、礦物鹽類的吸收和輸送能力大為降低，地上部葉片則呈現缺乏微量元素及營養不良的症狀。因此，一般而言，被柑桔線蟲感染的柑桔病株，最顯而易見的地上部外觀病變就是枝葉稀疏、葉片黃化（chlorosis）、落葉、葉變小、落果、果實變小及新梢乾枯（die back）等現象<sup>(25)</sup>。1963年，Van Gundy和Tsao氏等實驗指出，柑桔線蟲和*Fusarium solani*對柑桔生長的影響遠比其各自單獨存在時嚴重，惟在此相互關係中，柑桔線蟲的真正作用則不甚明瞭<sup>(29)</sup>。

## 四、柑桔線蟲的生態

柑桔線蟲對寄主植物之病原性與其族羣密度有密切關係，而環境因素與此蟲的生長

及繁殖有很大的影響，最適合生長繁殖的土壤溫度為攝氏28~31度<sup>(19)</sup>。土壤型態與線蟲生長無太大關係，最適宜於線蟲繁殖的土壤？含有粘土10~15%，粘質5~50%的土壤亦適宜其存活<sup>(30)</sup>。乾燥土壤較適於繁殖，潮濕時土壤內缺氧，線蟲不宜生存。土壤酸鹼度為5.6~7.6%者，通於其繁殖<sup>(28)</sup>，灌溉水中若含有鹽類，則有助於族羣的建立。環境及柑桔的栽培管理會直接影響線蟲病原性的表現，故不能單以線蟲繁殖速率決定之<sup>(16)</sup>。由以上可知，柑桔線蟲對環境的適應能力很強，無怪乎其能遍佈全球的柑桔園造成嚴重的被害和損失。

## 五、柑桔線蟲的傳播及殘存能力

柑桔線蟲最主要的傳播途徑乃罹病苗木的搬運和移植，柑桔苗木移植時通常根部都包裹苗圃的土壤，因此，自感染柑桔線蟲苗圃購買苗木，此線蟲便得以蔓延。除此之外，人畜的蹄跡、柑桔栽培用具、田間灌溉水亦有助於該線蟲的傳播。又，因其抵抗惡劣環境的能力很強，譬如其二齡雌蟲貯存在攝氏10度，二年後仍有70%存活率<sup>(15)</sup>，若無寄主存在時，其可在土壤中生存達九年之久<sup>(19)</sup>；在攝氏45度的高溫處理下也可熬過數小時<sup>(17)</sup>。故它能在各種傳播過程中的不良環境仍安然無恙，此即說明其生命力之強，危害潛力之大和防治之不易。

## 六、柑桔線蟲的寄主範圍和生物型 ( biotype )

截至目前為止，尚未發現有任何一個柑桔品種對柑桔線蟲具有免疫性。在國外，柑桔線蟲已知至少有四種生物型，即：(1)“柑桔 ( *Citrus* )”生物型，為最普遍而可為害柑桔類、橄欖 ( *Olea europaea* L. )、葡萄 ( *Vitis vini fera* L. ) 和柿子 ( *Diospyros kaki* L. )，但不為害枳殼 [ *Poncirus trifoliata* (L.) Rafin. ]；(2)“枳殼 ( *Poncirus* )”生物型，除橄欖外，可為害所有上述各寄主，源自日本及美國加州；(3)“地中海 ( Mediterranean )”生物型，與“*Citrus*”生物型相似，但不為害橄欖，遍佈地中海和南非柑桔栽培區；(4)“草 ( *Grass* )”生物型，不為害柑桔，僅發生於美國佛州<sup>(18)</sup>。依據筆者研究室三年來之田間調查與溫室接種試驗結果顯示，在台灣，柑桔線蟲的寄主範圍為葡萄柚 ( *Citrus paradisi* Macf. )、晚崙西亞橙 [ *Citrus sinensis* (L.) Osbeck ]、柳橙 ( *Citrus sinensis* Osbeck )、金柑 ( *Fortunella crassifolia* Swingle )、檸檬 ( *Citrus limon* Burm.f. )、廣東檸檬 ( *Citrus limonin* Osbeck )、椪柑 ( *Citrus reticulata* Blanco )、酸桔 ( *Citrus reticulata* var. *sunki* Toung )、枳殼 ( *Poncirus trifoliata* Rafin )、巨峯和金香葡萄 ( *Vitis vini fera* L. )、柿子 ( *Diospyros kaki* L. )、馬齒莧 ( *Portulaca oleracea* L. )、享利馬唐 ( *Digitaria henryi* Rendle )、小葉灰藿 ( *Chenopodium fici folium* Smith )、柚子 ( *Citrus grandis* Osbeck ) 以及桶柑 ( *Citrus tankan* Hay. ) 等 ( 表一 )。同時，依據其寄主反應，可分為“*Citrus*”生物型和“*Grape*”生物型兩種 ( 表二 )。前者除巨峯葡萄和金香葡萄外，可為害上述各種寄主；而後者則僅為害葡萄、馬齒莧、享利馬唐和小葉灰藿而不為害柑桔類和柿子。

表一、 柑桔線蟲在台灣各種寄主上的發生與分佈

Table 1. Occurrence and distribution of *Tylenchulus semipenetrans* on various host plants in Taiwan

Host plant 寄主植物	Samples infested/ Samples collected	Infection index*
Valencia orange 晚崙西亞橙 <i>Citrus sinensis</i> [Linn.] Osbeck	6/25	0.5
Shaddocks 柚子 <i>Citrus grandis</i> Osbeck	25/85	0.7
Grape fruit 葡萄柚 <i>Citrus paradisi</i> Macf.	440/526	1.9
Ponkan 椪柑 <i>Citrus reticulata</i> Blanco	411/260	2.0
Sweet orange 柳橙 <i>Citrus sinensis</i> Osbeck	466/620	2.4
Kumquats 金柑 <i>Fortunella crassifolia</i> Swingle	28/105	0.8
Tan Kan 桶柑 <i>Citrus tankan</i> Hay	96/420	1.6
Lemon 檸檬 <i>Citrus limon</i> Burm. f.	100/207	2.5
Canton lemon 廣東檸檬 <i>Citrus limonin</i> Osbeck	463/472	2.7
Sunki 酸桔 <i>Citrus reticulata</i> var. <i>sunki</i> Toung	304/524	2.1
Trifoliate orange 枳殼 <i>Poncirus trifoliata</i> Rafin	60/175	0.2
Kyoho 巨峯葡萄 <i>Vitis vinifera</i> L.	86/348	1.4
Persimmon 柿子 <i>Diospyros kaki</i> L.	6/55	1.8
Common purslane 馬齒莧 <i>Portulaca oleracea</i> L.	17/130	0.7
Crabgrass 亨利馬唐 <i>Digitaria henryi</i> Rendle	11/80	0.3

Host plant 寄主植物	Samples infested/ Samples collected	Infection index*
Goosefoot 小葉灰藜 <i>Chenopodium fici folium</i> Smith	5/14	0.6

\* Infection index: 0: none; 1:1—5 females/cm of root; 2: 6—10 females; 3: more than 10.

表二、 每公分根中柑桔線蟲雌成蟲之平均數

Table 2. Average number of adult female *Tylenchulus semipenetrans* per centimeter of root\*

Differential host	Nematode biotype	
	Citrus	Grape
Grape fruit 葡萄柚 <i>Citrus paradisi</i> Macf.	7.4	0.3
Valencia orange 晚崙西亞橙 <i>Citrus sinensis</i> [Linn.] Osbeck	2.8	0.0
Sweet orange 柳橙 <i>Citrus sinensis</i> Osbeck	6.3	0.1
Kumquats 金柑 <i>Fortunella crassifolia</i> Swingle	1.6	0.0
Lemon 檸檬 <i>Citrus limon</i> Burm. f.	5.8	0.0
Canton lemon 廣東檸檬 <i>Citrus limonin</i> Osbeck	4.07	0.0
Sunki 酸桔 <i>Citrus reticulata</i> var. <i>sunki</i> Toung	5.2	0.1
Trifoliate orange 枳殼 <i>Poncirus trifoliata</i> Rafin	0.7	0.0
Kyoho grape 巨峯葡萄 <i>Vitis vinifera</i> L.	0.0	3.2
Golden Muscat Grape 金香葡萄	0.0	3.7

Differential host	Nematode biotype	
	Citrus	Grape
<i>Vitis vinifera</i> L.		
Persimmon 柿子	1.1	0.0
<i>Diospyros kaki</i> L.		
Common Purslane 馬齒莧	0.4	0.2
<i>Portulaca oleracea</i> L.		
Crabgrass 亨利馬唐	0.2	0.4
<i>Digitaria henryi</i> Rendle		
Goosefoot 小葉灰藿	0.3	0.5
<i>Chenopodium fici folium</i> Smith		

\* Greenhouse test

## 七、柑桔線蟲的防治方法

### (一)預防處理

1. 選擇未感染柑桔線蟲之苗木予以栽培。
2. 設定柑桔線蟲污染區，澈底執行檢疫，避免自疫區携入感染源。

### (二)殺線蟲劑處理

1. 植前處理：一般使用土壤燻蒸劑為主，目的在殺死土中的雄蟲、幼蟲及卵。經處理後的土地，對柑桔苗的生長有明顯的幫助，此方法一直認為有效且較經濟的。
2. 植後處理：目的在消滅土壤中游离生活的雄蟲和幼蟲，更主要的是殺死固著在營養根上直接為害的雌蟲。因此，施用的藥劑最好兼具系統性、無藥害且不影響植株生長，無殘留毒性或低毒性者為佳。

### (三)栽培管理

多施有機肥料，有助於促進土壤中微生物的活動，增加土中線蟲的天敵，對降低線蟲密度和植株的生長有所裨益。

## 八、結論

柑桔線蟲所造成的被害度及損失要依其感染程度、柑桔株齡和感受度及環境影響因素等來決定。在美國加州柑桔園的 DBCP 防治試驗結果顯示，其平均增產率達27% (

## 討 論

陳連勝（省農會）問：

穿孔線蟲是否為害水生植物，如水草之根，荸薺、蓮藕及菱角等。

林奕雄（國立中興大學）答：

穿孔線蟲為絕對寄生，雖然線蟲需水分，但完全泡在水裏將無法殘存，若以水草栽培作物，發現穿孔線蟲，應該是原來植物帶來的。