

梨葉緣焦枯病病菌與其他寄主侷限導管細菌之親緣相關性及研發鑑定技術

蘇秋竹¹、楊文仁¹、曾國欽²、徐世典²、高清文¹

1 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

2 國立中興大學植物病理學系

摘要

梨葉緣焦枯病(Pear leaf scorch)為台灣特有之病害，亦為限制梨產業之重要病害，其病原菌為侷限導管細菌(xylem-limited bacteria; *Xylella fastidiosa* Wells)，為具有波浪狀細胞壁且歸類為不易培養之原核生物，過去研究顯示梨葉緣焦枯病菌與 *X. fastidiosa* 菌株間為低血清相關性(serology relation)，同時國外 *X. fastidiosa* 專一性引子對 272-int-1/272-int-2 及 RST31/ RST33 對國內梨葉緣焦枯病病菌菌株進行 PCR 反應，則無任何條帶產生，因此梨葉緣焦枯病菌與其他寄主侷限導管細菌之親緣關係(phylogentic relationship)值得進一步釐清；以 ERIC-PCR、RAPD-PCR 及 BOX-PCR 等技術分析國內各地之梨葉緣焦枯病病菌菌株及國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株之 DNA，不同寄主植物包括夾竹桃(oleander)、胡桃(pecan)、李(plum)、桃(peach)、桑(mulberry)、葡萄(grapevine)及無花果(sycamore)，分析結果皆可將試驗菌株區分為兩大群，分別為梨葉焦枯病菌菌群與國外 *X. fastidiosa* 菌群，其中國外 *X. fastidiosa* 菌群可以再分為三次群 (I)夾竹桃群、(II)胡桃、李、桃及無花果群及(III)桑及葡萄群菌群；進一步進行 16S rDNA 及 16-23S rDNA 區間序列之分析，分別選殖得到特定核酸片段大小為 1537~1540bp 及 512~540bp，其中基因序列顯示梨葉焦枯病病菌菌株與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株相似值分別為 0.982~0.987 及 0.874~0.876；利用由鄰聚法(Neighbor Joining)進行親緣分析(phylogentic analysis)，由 16S rDNA 序列及 16-23S rDNA 區間序列所得親緣樹

(phylogentic tree)皆可將菌株分為兩大群分別為梨葉焦枯病菌菌株群及國外 *X. fastidiosa* 菌株群。由指紋圖譜分析及特定核酸序列分析之結果，顯示梨葉焦枯病菌菌株應為 *Xylella* 屬內獨立的菌株群，由此結果應可支持梨葉焦枯病菌菌株應為 *Xylella* 亞種以上分類地位，甚至可能為新種。為快速鑑別梨葉焦枯病菌菌株與國外 *X. fastidiosa* 菌株，利用 OPA11 隨機引子進行 RAPD 分析，成功篩選出梨葉緣焦枯病菌獨有核酸片段大小為 1412bp，進一步進行轉殖及序列解序，並設計得一組專一性引子對為 PLS-F(5' -TGGACGTTGTGGTATCGG TG-3')/PLS-R(5' -TGGACGTTGTGGTATCGGTG-3')，此一引子可對梨葉緣焦枯病菌增幅出 416bp 專一性產物片段，但國外 *X. fastidiosa* 及其他對照菌株之基因體核酸皆無法增幅產物片段，其靈敏度最高可以到 10 pg 基因體核酸，並可直接進行田間罹病梨樹梨樹組織之檢測，此引子有潛力應用田間中間寄主植物及蟲媒之病原菌偵測。

關鍵字：梨葉緣焦枯病、侷限導管細菌、親緣相關性、PCR 鑑定技術

前言

梨葉緣焦枯病(pear leaf scorch)為 1980 年代左右在台灣橫山梨栽培區發現的新病害，田間罹病梨樹於每年 7 月前後才會呈現典型葉緣焦枯之病徵提早落葉，逐年形成枯枝並呈現樹勢衰弱之現象，嚴重之梨樹 3 至 5 年即死亡，農友根據其病徵俗稱酥葉病，但病因不明，爾後 1990 年經由 Leu 和 Su 兩人

以電子顯微鏡觀察罹病梨樹組織始發現有桿狀細菌棲息於導管內，其細胞壁呈現波浪狀(ripple cell wall)，經由組織分離發現此細菌只生長於特殊培養中基如 PD2 培養基，而且在培養基上生長緩慢，進一步以人工接種證明其病原性，由於此細菌棲息於梨樹導管內，其細胞型態及培養些特性與國外一群不易培養之植物病原侷限導管細菌(xylem-limited bacteria)相同，始確定梨葉緣焦枯病由侷限導管細菌所引起(Leu and Su, 1993; Su and Leu, 1995)。

侷限導管細菌文獻報導可為害許多重要經濟作物，例如葡萄(grapevine)(Davis et al., 1978)、苜蓿(alfalfa)(Goheen et al., 1973)、桃(peach)(Well et al., 1983)、李(plum)(Raju et al., 1982)、杏仁(almond)(Mircetich et al., 1976)、榆樹(elm)(Hearon et al., 1980)、無花果(sycamore) (Hearon et al., 1980)、桑椹(mullberry)(Koscka et al., 1986)、柑桔(citrus)(Chang et al., 1993)及咖啡樹(coffee) (de Lina et al., 1998)等，其中許多病害造成產葉之嚴重損失，最為典型如北美葡萄皮爾氏病(Pierce's disease, PD)及南美柑橘斑駁黃化病(citrus variegated cholorsis, CVC)，目前為北美葡萄與巴西柑橘產業主要限制因子(Hopkins and Purcell, 2002)。

有關侷限導管細菌之歷史沿革，首先於 1892 年時 N.B. Pierce 發現美國加州地區(Califonia)引起葡萄(*Vitis vinifera* L.)之 PD 病害，由於此病在美國東南部發生相當嚴重，導致由歐洲引起進之葡萄樹種大量死亡，造成農民重大損失(Hewitt et. al., 1946)，爾後發現此病可經由嫁接及媒介昆蟲而傳播，故認為此

病應是由病毒(virus)所引起(Hewitt et. al., 1942.)，且經由研究媒介昆蟲而發現位於葡萄園旁之苜蓿(alfalfa)具有高比例之苜蓿矮化病(alfalfa dwarf disease)，推斷此病可能與 PD 之發生有關(Hewitt and Houston, 1941)，而後經證實此二病害為同一病原菌所引起(Goheen et al., 1973)。1971 年 Hopkins 和 Mortensen 發現葡萄受 PD 感染之病株經四環黴素(tetracycline)處理後可抑制此病之發展，確定病因為原核生物引起(Hopkins and Mollenhauer, 1971)。其後 Hopkins 和 Mollenhauer 藉由電子顯微鏡觀察病植株導管組織時發現有病原菌之存在，由於其形態及細胞壁構造與 Rickettsiaceae 極為相似，故稱此病原菌為“Rickettsia-like bacteria(RLB)”由於此類病原菌存在於導管又稱導管侷限細菌(Hopkins and Mollenhauer, 1973)。然而此病原菌直到 1978 年 Davis 等人利用 JD-1 才可以人工培養，並完成柯霍氏法則，使得有關此菌之研究範疇更為廣闊(Davis et al., 1978)。1987 年 Wells 等人根據 DNA 的 G+C 比、血清學(serology)資料、脂肪酸(fatty acid)分析及 16SrRNA 等分析結果，指出此病原菌並非 Rickettsiaceae，亦不屬於其它病原細菌，因而建議給予此類侷限導管細菌一新的名子 *Xylella fastidiosa*，以建立一新屬(genus)及此一新屬中唯一的一種(species)(Wells et al., 1987)。

目前全世界 *X. fastidiosa* 所引起的病害，已被證實的寄主植物超過 145 種(Hopkins and Adlerz, 1988; Hopkins and Purcell, 2002)，這些來自不同寄主植物 *X. fastidiosa* 菌株，依交叉接種試驗資料似乎可再細分為病原型(pathotype)，例如

來自於葡萄、苜蓿及杏仁之菌株稱為 PD 菌群(Purcell and Hopkins,1996)，來自柑橘及咖啡之菌株為 CVC 菌群(Li et. al, 2001)，來自桃及李之菌株為同一菌群(Purcell and Hopkins,1996)，而其他寄主植物之 *X. fastidios* 菌株目前仍缺乏交叉接種試驗之資料，主要受限於傳統之交叉接種試驗耗時費力及 *X. fastidiosa* 為國際檢疫病原菌菌株不易取得，另一方面 *X. fastidiosa* 不易培養且生長速度緩慢，無法應用傳統之生理生化特性進行種內菌系的鑑別；近年來由於分子生物學的進步，利用隨機增幅核酸多型性分析(random amplified polymorphic DNA, RAPD) (Williams et al., 1990)、ERIC-PCR(Sharples and Robert 1990)、BOX-PCR(Martin et al 1992)、16S rDNA 序列分析(Hillis and Dixon, 1991)及 16S~23S 區間序列分析 (Gürtler and Stanisich, 1996; Jesús et al., 2001)等分子鑑定技術，廣泛應用於細菌種間與菌系差異性之分析比較，例如 1995 年 Pooler 等人以 RAPD 技術分析 7 種不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株可將其細分為五群，分別為(I)柑橘菌群、(II)李—榆樹菌群；(III)葡萄—豬草菌群；(IV)杏仁菌群及桑椹菌群；而 2001 年 Qin 等人則利用 ERIC-PCR、及 RAPD 技術對來自北美及南美共 57 株不同寄主 *X. fastidiosa* 進行分析，可將菌株區分四群，分別為(I)桑椹菌株群；(II)葡萄、豬草及杏仁菌群(II)；及(III)榆樹、橡樹及李菌群；(IV)咖啡與柑橘菌群，其中南美咖啡與柑橘菌群與來自北美另三群菌群間之相似程度只有 0.45。而 2001 年 Kim 等學者利用 BOX-PCR 指紋圖譜條帶明顯區分 *Bacillus anthracis* 與其近緣種 *B. cereus*、*B. thuringiensis* 及 *B. mycooides*；2002 年

Chen 等人則分析 20 株不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株之 16S rDNA 序列，可將菌株分為兩群，分別為(I)葡萄-桑椹菌群；(II)柑橘-咖啡菌群；而 2001 年 Metta 和 Rosato 分析 10 株採於不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株之 16~23S rDNA 區間序列間的相關性，可將菌株分為兩群，分別為(I)葡萄及夾竹桃菌群；(II)柑橘、咖啡、桃、橡樹及李菌群。因此根據近年來這些相關證據，1996 年 Purcell 和 Hopkins 認為來自不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株，有些菌株在分類地位應可提升至病原型或亞種的位階。

有關 *X. fastidiosa* 之鑑定與偵測，早期只能以特殊培養基培養、光學顯微鏡及電子顯微鏡切片觀察(Brlansky et al.,1982; Chagas et al.,1992; Davis et al., 1980; Well et al., 1983)，但耗時費力；爾後血清學技術發展日益成熟普及，加上血清學技術可以改善檢測效率及大規模樣品快速檢測，因此普遍應用於 *X. fastidiosa* 病原檢測、流行病學調查及蟲媒確認等工作(Brlansky et al.,1982; Chang et al., 1993; Nomé et al., 1980； Pooler et al., 1997； Sheraid et al., 1991； Yonce and Chang et al., 1987)，例如 1982 年 Brlansky 等人則利用免疫螢光技術(immunofluorescent) 技術觀察罹患皮爾斯病之葡萄導管組織內細菌；1987 年 Yonce 及 Chang 利用酵素連結免疫分析法(enzyme-linked immunosorbent assays ELISA)進行桃樹矮化病(phony peach disease)田間蟲媒對於寄主及中間寄主植物之傳毒效率檢測；1991 年 Sheraid 和 Lei 兩人以 Agdia 公司生產之 *X. fastidiosa* 之抗體測試組件進行榆樹葉枯病(elm leaf scorch)田間病害調查，在 18

株顯現葉緣焦枯病徵的榆樹中檢測到 17 株為正反應，然而血清技術也存在一些缺失，如植物體內含物常干擾 ELISA 檢測，不但會降低 ELISA 靈敏度且易造成誤判 (Duncan and Torrance et al., 1992)；晚近聚合酵素連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR) (Mullis and Faloona et. al., 1987) 亦常利用於 *X. fastidiosa* 病原菌之快速鑑定及偵測，例如 1994 年 Minsavage 等人以 *X. fastidiosa* 專一性引子 RST31/RST33 進行田間罹病組織之檢測，其靈敏度比 ELISA 檢測高 100 倍，而 1995 年 Pooler 和 Hartung 則利用 RAPD 產物發展 PCR 引子對 (CVC-1/272-2-int)。專一性鑑別 *X. fastidiosa* 中的 CVC 菌群，1999 年 Bank 等人則以 RAPD 技術發展引子對 (XF176f/XF686r) 可專一性鑑別 *X. fastidiosa* PD 菌群，1997 年 Pooler 等人應用免疫磁力分離法 (immunomagnetic separation) 搭配 nested PCR，調查田間潛在性蟲媒 (potential insect vector) 種類及帶菌比例。

過去的研究顯示梨葉緣焦枯病病菌與國外不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株具低血清相關性 (Leu and Su, 1993; Leu et al., 1998)，也無法以國外開發的 *X. fastidiosa* 之專一性引子對對進行檢測 (蘇氏等人，2002)，為了進一步確認梨葉緣焦枯病病菌與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株彼此之間差異性，本研究進行 ERIC-PCR、BOX-PCR 及 RAPD 等指紋圖譜及 16S rDNA 序列與 16S~23S rDNA 區間序列分析，了解梨葉緣焦枯病病菌與不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株之遺傳差異性，作為本菌進一步系統性分類參考之基礎；另以 RAPD 技術選殖梨葉緣焦枯病病菌專一性核酸片段，進而建立本菌 PCR 快速鑑定及偵測技術之

標準流程，未來可應用於本菌蟲媒、其他寄主或中間寄主等之相關研究，加速累積本菌生態及流行病學之資料，有利本病之防治策略之擬定，提供梨農參考，以維持梨樹之正常生產，同時可作為國外 *X. fastidiosa* 病原侵入台灣之風險性評估之參考。

材料與方法

一、供試菌株

本研究所使用之 30 株梨葉緣焦枯病病菌菌株，由台灣各地區田間採集的罹病梨樹分離而得，34 株國外不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株 DNA 則由喬治亞大學張宗仁博士提供，而其他供試之一般細菌菌株則來自本實驗室及國立中興大學植物病理學系細菌研究室所保存之菌種。細菌全量 DNA 的抽取係參照 1989 年 Sambrook 的方式加以修改。

二、侷限導管細菌多型性片段分析

本試驗所採用的引子為 Operon technologies 公司(Alameda, CA)所製造的 OPERON 10-MER KIT 編號為 OPA 01-20 之 20 個隨機引子，RAPD 反應條件係參照 1998 年 Albibi 等人之方法稍加修改。BOX-PCR 分析引子對採用 1995 年 Koeuth 等人所設計的引子為 BOXAIR，反應條件則參照 Koeuth 等人的方法加以修改，ERIC-PCR 所採用的引子對為 ERIC1R/ERIC2(Versalovic et. al., 1991)，反應條件則參照 2001 年 Qin 等人的反應條件加以修改。

增幅後之產物則以水平式電泳進行分析，取 10 μ l PCR 產物，與 1 μ l 的追蹤液，充分混合後，以微量吸管吸出，將其置入以 0.5 \times TAE buffer 所製成之 1.5 % agarose 之樣品槽中，並置入 2.5 μ l 核酸標幟 (Bio100 DNA Laddersize marker，GenMark Technology Co., Lt.R.O.C)，以 150V 的電壓進行電泳分析，約 20 分鐘後取出膠體，經溴化乙錠 (ethidium bromide 0.5 mg / ml) 染色 10 分

鐘後置於 UV box 上觀察，並利用拍立得照相機及 Polaroid Type 667 底片照相記錄。並將 RAPD、ERIC-PCR 及 BOX-PCR 經由電泳分析後所呈現的指紋圖譜，紀錄各菌株之 DNA 指紋圖譜條帶，有條帶則定義為 1；無條帶則以定義為 0。資料輸入電腦，以 NTSYSpc 2.0(Exeter software, NY,USA)軟體繪製出樹狀關係圖。

三、16S rDNA 序列與 16S-23S 區間序列分析

16S rDNA 序列分析所採用的為引子對及PCR反應物條件參照 2000 年 Chen等人之方法，16~23S rDNA 序列分析採用引子對及PCR反應物條件參照 2001 年 Metta 和 Rosato 兩人的反應條件。完成PCR增幅後產物則以水平式電泳進行分析並確認特定片段產物後進行轉殖與解序，方法如下：將PCR反應後所得 16S rDNA 序列及 16-23S rDNA 區間序列片段，以 Montage™ PCR 離心過濾膜(Montage™ PCR centrifugal filter devices, Millipore, U.S.A.)進行DNA之純化，並依廠商建議之使用說明進行，轉殖套件以 pOSI-T PCR Cloning kit (GeneMark, technology Co., Ltd. R.O.C)來進行DNA片段之轉殖，並依廠商建議之使用說明進行，轉殖反應後所得菌株則經由質體DNA的抽取，以 plasmid miniprep purification kit(GeneMark, technology Co., Ltd. R.O.C)來進行。並依廠商建議之使用說明進行。經質體DNA抽取後確認將選殖株委託寄往明新生物科技公司，進行選殖株重組質體DNA嵌入片段之核甘酸定序，經由自動定序儀所得序列先以 bioedit 軟體編輯，並且從NCBI網站(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)

下載其他寄主 *X. fastidiosa* 序列，將所有序列以 clustal X 軟體進行多序列比對 (multiple sequences alignment)，所得一致性序列後再以人工校正，在多重序列時，以人工調整參數值，以 Phylip 3.6 版軟體進行親緣性分析 (phylogenetic analysis)。

四、梨葉原焦枯病菌專一性引子對研發

本試驗所使用之 RAPD 模式是參照 1998 年 Albibi 等人反應條件稍加修改，並將此片段為作為探針對梨葉緣焦枯病病菌、國外不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株、及其它植物病原細菌進行南方雜合法分析，以確認此轉殖片段為梨葉緣焦枯病病菌特有之基因片段，將梨葉緣焦枯病病菌獨有的條帶進行回收、轉殖及解序，經由 OLIGO, version 4.0 (National Bioscience, Plymouth, MN) 衍生設計出含 G+C 比例較高且無穩定之 hairpin 及 duplex structure 較少之正向引子 (forward) 及反向引子 (reverse primer)，引子設計後進行黏合溫度、靈敏度測試、專一性測定。

五、田間梨葉緣焦枯病罹病樣品 PCR 檢測

由東勢橫山梨產區梨葉緣焦枯病罹病園，標定 9 株罹患梨葉緣焦枯病之罹病株，於 7 月中旬病徵顯現典型葉緣焦枯之病徵後，採取葉片進行檢測；採取葉柄以酒精表面消毒，切為兩段，一段葉柄加入 1ml 以琥珀酸檸檬酸磷酸緩衝液 (succinate-citrate-phosphate buffer, SCP buffer; disodium succinate, 1g/L; trisodium citrate, 1g/L; K₂HPO₄, 1.5g/L; and KH₂PO₄, 1.0g/L, pH 7.0)，另一段葉

柄則加入加入含有 0.02M 抗壞血酸鹽(sodium ascorbate)及 5%聚乙烯吡咯烷酮(polyvinylpyrrolidone) SCP 緩衝液(簡稱 SCPAP 緩衝液),分別研磨並去除植物殘渣,取植物粹取液 100 μ l 加入兩倍 0.5 N NaOH (含 0.5 % PVP (polyvinylpyrrolidone ; Sigma, U.S.A.)) 混合均勻,加入 300 μ l 1M Tris-HCl (pH 8.0)中和,以消毒後之去離子水稀釋 10 倍作為 PCR 反應模板,PCR 反應則依據上述 PCR 條件進行,並以電泳分析,比較這兩種粹取緩衝液對 PCR 檢測效率,標準方法確認後進行田間標定之 9 株罹病株之葉組織樣品進行 PCR 檢測。

結果

一、多型性片段分析

以 20 個隨機引子對不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株進行 RAPD 增幅反應，發現有五個增幅效果良好且具再現性之引子分別為 OPA2、OPA3、OPA4、OPA11 及 OPA18，進一步以此五個引子之 RAPD 指紋圖譜結果進行遺傳差異性分析。每個引子所增幅的條帶分別為 11~21 個，所產生的條帶共有 78 條，片段大小約為 200~3000bp 之間，相同寄主的 *X. fastidiosa* 菌株由各引子所增幅之多型片段大致相同，只在次要條帶有些微差異，然而次要條帶再現性不高，而不同之 *X. fastidiosa* 寄主菌株間的條帶則有較大差異，其中梨葉緣焦枯病菌菌株與國外不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株間無共通性條帶。以引子對 ERIC1R/ERIC2 進行之 ERIC-PCR 增幅所得指紋圖譜共有 27 條條帶，片段大小約為 100~1000bp 之間，相同寄主的 *X. fastidiosa* 菌株具有相同的條帶，而梨葉緣焦枯病菌與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株間無共通性條帶。以引子 BOXAIR 進行之 BOX-PCR 增幅所得指紋圖譜共有 16 條條帶，片段大小約為 200~1500bp 之間，相同寄主的 *X. fastidiosa* 菌株具有相同的條帶，而梨葉緣焦枯病菌與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株間無共通性條帶。以 NTSYSpc 2.0 軟體分析以 RAPD、ERIC-PCR 及 BOX-PCR 增幅所得之指紋圖譜條帶，並以非加權配對算術法繪出樹狀圖(圖一、圖二及圖三)，結果顯示三種指紋圖譜所繪製的樹狀圖可將不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株區分為兩群第一群為國內梨葉緣焦枯病菌菌群、第二群為國外不同寄主 *X. fastidiosa* 菌群，其中第二群可細分為三次菌群：(I)分別為夾竹桃菌群；(II)核桃、桃、李及無花果菌群；(III)

桑及葡萄菌群。

二、16S rDNA 序列與 16S-23S 區間序列分析

經由選殖定序後所得 16S rDNA 及 16-23S rDNA 區間序列此片段大小分別為 1537~1540bp 及 512~540bp，而以 clustal X 軟體進行多序列比對，則可發現梨葉緣焦枯病病菌、不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株及對照 *Xanthomonas* 菌株於 16S rDNA 序列與 16-23S rDNA 區間序列有多處明顯差異性，而這些鹼基差異性可用來鑑別梨葉緣焦枯病病菌、國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 及對照的 *Xanthomonas* 菌株。運用 Phylip 軟體中計算 16S rDNA 序列及 16-23S rDNA 區間序列之相似值，於 16S rDNA 序列中台灣各地區梨葉緣焦枯病病菌菌株間之相似值介於 0.993~1.000，但與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株之相似值介於 0.983 ~0.986；於 16-23S rDNA 區間序列中台灣各地梨葉緣焦枯病病菌菌株間的相似值介於 0.992~1.000，但與國外不同寄主 *X. fastidiosa* 菌株之相似值介於 0.876~0.884；進一步以鄰聚法運算模式建構 16S rDNA 序列及 16-23S rDNA 區間序列親緣樹狀圖(圖四及圖五)，可將試驗菌株分為兩大群分別為梨葉緣焦枯病病菌菌群與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌群，這兩群的 bootstrap 值都在 90% 以上。

三、梨葉原焦枯病菌專一性引子對開發與田間罹病組織 PCR 檢測

梨葉緣焦枯病菌利用隨機引子 OPA11 進行 RAPD 反應中可增幅出 1400bp 左右明亮條帶，而國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 及其他非標的細菌無相似產物

產物出現(圖六A)，標定此片段為OPA11-1400，特化片段OPA11-1400 為探針進行南方雜合反應分析。結果發現探針OPA11-1400 只與梨葉緣焦枯病病菌可產生專一性雜合訊號，而國外*X. fastidiosa* 菌株與其他植物病原細菌菌株及則皆無訊號產生(圖六B)；進一步經由純化、選殖、解序發現此片段大小為 1412bp，將選殖株嵌入片段OPA11-1400 利用National Center for Biotechnology Information “ 網際網路，進行線上基因庫 (gene bank)的查詢與比對，發現選殖株嵌入DNA片段之核苷酸序列中 1-493bp與目前線上基因庫已註冊DNA序列之相似程度皆低於 10% ， 根據此序列設計引子對 PLS-F(5' -TGGACGTTGTGGTATCGGTG-3') /PLS-R(5' - TGGACGTTGTGGTATCGGTG-3')，經由測試所得PCR反應增幅條件為(a)94°C 10 分鐘，1 個循環；(b) 94°C 1 分、63°C 45 秒、72°C 1 分，35 個循環；(C) 72°C 10 分鐘，1 個循環；引子對PLS-F/PLS-R只對梨葉緣焦枯病菌增幅 416bp的專一性條帶，對不同寄主*X. fastidiosa*及其他植物病原細菌菌株無增幅任何條帶(圖七)；引子對靈敏度測試達到 10pg DNA濃度及 1.36×10^2 cfu細菌菌量；比較SCP緩衝液與SCPAP緩衝液對田間罹病梨樹樣品檢測效率，結果只有SCPAP緩衝液處理樣品有檢測到專一性反應，SCP緩衝液皆為負反應，田間標定之罹病之葉柄組織樣品，直接進行PCR檢測皆能一致性得到正反應(圖八)。

討論

梨葉緣焦緣枯病為台灣地區獨有的風土病，由於病原菌之生物特性與侷限導管細菌相同，故病原菌仍被歸屬為 *X. fastidiosa*(Leu and Su, 1993)，然以梨葉緣焦緣枯病病菌及苜蓿矮化病菌的抗血清進行交叉測試，發現彼此間不具血清學相關性(Leu and Su, 1993)，1998 年 Leu 等人研發梨葉緣焦枯病病菌單一抗體並與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株進行測試，結果顯示梨葉緣焦枯病病菌菌株與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 為低血清相關性；另一方面以 *X. fastidiosa* 專一性引子對 RST31/RST33 及 272-1-int/272-2-int 對梨葉緣焦枯病病菌進行 PCR 檢測皆無法增幅出專一性片段，而國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株皆可增幅出專一性片段(蘇氏等人，2002)，綜合上述研究結果顯示梨葉緣焦緣枯病病菌與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 間有極大的差異性。本研究以 RAPD、ERIC-PCR 及 BOX-PCR 三種技術分析 64 株不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株，顯示梨葉緣焦枯病病菌與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株間皆無共同性條帶，以數值分析則可將菌株兩大群分別為梨葉緣焦枯病病菌菌群及國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株群，而國外不同寄主之外 *X. fastidiosa* 菌株群可再細分為三個次菌群分別為 (I)夾竹桃菌群；(II)胡核、桃、李無花果群；(III)桑及葡萄群，顯示國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株彼此間具血緣相關性，此結果與國外文獻之研究結果類似(Albibi et al., 1998; Henderson et al., 2001; Hopkins and Adlerz, 1988; Hopkins, 1989; Poor and Hartung, 1995A; Purcell and Hopkins, 1996; Qin et al., 2001)，由指紋圖譜及

親緣樹狀圖分析顯示於梨葉緣焦枯病菌菌株與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株群無相關性，此結果與血清學特性一致，因此梨葉緣焦枯病菌應為 *X. fastidiosa* 中一獨特之菌群；本研究首次應用 BOX-PCR 技術分析不同寄主之 *X. fastidiosa*，其結果與文獻應用 RAPD 及 ERIC-PCR 分析結果相吻合，顯示 BOX-PCR 技術亦可作為不同寄主之 *X. fastidiosa* 之分群鑑定之有效工具。

雖然 1987 年 Wells 等人將不同寄主之侷限導管細菌命名為 *X. fastidiosa* Well 一種，然而近年來文獻資料顯示經由交叉接種測試(Hopkins and Adlerz, 1988; Hopkins, 1989)、培養測試、DNA 指紋圖譜測試(Albibi et al., 1998; Henderson et al., 2001; Poor and Hartung, 1995A; Qin et al., 2001; Rosato et al., 1998)及 16S rDNA 以及 16S~23S rDNA 區間序列分析(Chen et al., 2000A; Chen et al., 2000B; Chen et al., 2002; Henson et al., 2001; Metta et al., 2001; Qin et al., 2001; Rosato et al., 1998)等不同方式分析不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株、顯示來自不同寄主之菌株確有 *X. fastidiosa* 種內菌系菌群或是亞種的存在(Purcell, and Hopkins, 1996; Schaad et al., 2004)，2001 年 Mehta 和 Rosato 的研究中亦指出梨葉緣焦枯病菌與其它不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株彼此間為低 DNA 同源性，而在本研究之 16S rDNA 序列分析結果亦顯示也梨葉緣焦枯病病菌與國外 *X. fastidiosa* 菌株分屬不同菌群；2004 年 Schaad 等人將來自不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株經由序列、血清學、DNA 同源性、抗生素感受性及培養特性等特性分析，將 *X. fastidiosa* 菌株定義區分為三群亞種(1)*piercei* 一來自葡萄、苜蓿、槭樹(maple)及杏仁(almond)菌株；

(2) *multiplex*—來自桃(peach)、李(plum)、杏仁(almond)、榆樹(elm)及 pigeon 葡萄 (*Vitis aestivalis*)菌株；(3) *pauca*—來自柑橘(citrus)菌株，這三群亞種間 16~23S rDNA 區間序列相似值為 0.987~0.992，本研究顯示梨葉緣焦枯病病菌菌群與國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 菌株間 16~23S rDNA 區間序列相似值介於 0.876~0.884，遠低於 *X. fastidiosa* 三群亞種間菌株相似值，因此推論梨葉緣焦枯病菌菌株應為亞種或甚至可提升至新種之層級。

梨葉緣焦枯病病原菌由於無法於一般性之培養基生長，因此無法以生理生化測試作為鑑定依據，只能以特殊培養基培養及電子顯微鏡切片觀察鑑定 (Leu and Sue, 1993)，然而需要耗費較多時間與人力，而且在大規模的流行病學蟲媒調查上則不經濟，因此以 PCR 鑑定應較為為簡便可行的快速鑑定工具。本研究設計的專一性引子對 PLS-F/PLS-R 只對梨葉緣焦枯病病菌基因體核酸增幅出 416bp 基因產物片段，但對國外不同寄主之 *X. fastidiosa* 之菌株及一般病原細菌之基因體核酸皆無法增幅出基因產物片段，表示此引子對梨葉緣焦枯病菌有高度專一性，可作為梨葉緣焦枯病病菌快速鑑定及偵測之依據，然而進行田間樣品檢測時植物體內存在的干擾物質，常會影響 PCR 檢測效率，例如酚化合物(phenolic compounds)等物質可抑制 PCR 反應，文獻報導組織粹取緩衝液可添加抗壞血酸、PVPP 及檸檬酸等物質，以減少抑制物質的干擾提高 PCR 檢測效率(Benson et al., 1996; Kim et al., 1997; Minsavage et al., 1994; Rowhani et al., 1993; Singh et al., 1998; Wang et al., 2004)，本研究所採用兩

種緩衝液其中以 SCPAP 緩衝液明顯減緩田間罹病樣品樹枝在組織粹取時組織褐化氧化情況，才能有效進行田間樣品之 PCR 檢測，這原因可能與 SCPAP 緩衝液中的成分含有抗壞血酸與 PVPP 有關，因為抗壞血酸可減緩植物組織酚化合物氧化的狀況(Benson et al., 1996; Minsavage et al., 1994; Rowhani et al., 1993)，而 PVPP 可吸附酚化合物(Warren et al., 2000)，進而提升 PCR 檢測效率。因此梨樹田間罹病組織檢測時應以 SCPAP 緩衝液為組織粹取緩衝液，以提升檢測效率以避免偽陰性結果發生。田間大量樣品檢測時，傳統 PCR 需電泳分析及電泳膠體染色，因而增加操作人員操作程序及時間，近年來因及時聚合酵素連鎖反應(real-time PCR)具有不需電泳及膠體染色，另具高靈敏度及可定量之優點，因此被應用於大規模檢疫檢測及流行病學之調查，例如 2002 年 Oliveira 等人應用及時聚合酵素連鎖反應技術調查 *X. fastidiosa* 於柑橘體內病原菌分佈情形及在抗病與感病品種內生存之情形。本研究所開發的引子對可成功檢測田間採集的罹病梨樹組織，可知此引子對有潛力應用在梨葉緣焦枯病之罹病組織、蟲媒及中間寄主等方面之病原菌偵測，未來應可搭配 nested-PCR 或是及時 PCR 技術進一步對此病害病原菌生態進行深入研究。

引用文獻

1. 蘇秋竹、楊文仁、徐世典、曾國欽。2002。梨葉緣焦枯病聚合酵素連鎖反應偵測技術之研究。植保會刊 44(4):368-369。
2. Albibi, R., Chen, J., Lamikanra, O., Banks, D., Jarret, R. L., and Smith, B. J. 1998. RAPD fingerprinting *Xylella fastidiosa* Pierce's disease strains isolated from vineyard in North Florida. FEMS Microbiol. Letters 165:347-352.
3. Banks D., Albibi R, Chen J., Lamikanra O., Jarret R. L., and Smith B. J. 1999. specific detection of *Xylella fastidiosa* Pierce's disease strains. Current. Microbial. 39:85-88.
4. Benson, D. R., Stephens, D. W., Clawson, M. L., and Silvester, W. B. 1996. Amplification of 16S rDNA Genes from *Frankia* strains in root Nodules of *Ceanothus griseus*, *Coriaria arborea*, *Coriaria plumose*, *Discaria toumatou*, and *Purshia tridentate*. Appl Environ. Microbial. 62:2904-2909.
5. Brlansky, R. H., Lee, R. F., Timmer, L. W., Purcifull, D. E., and Raju, B. C. 1982. Immunofluorescent detection of xylem-limited bacteria in situ. Phytopathology 71: 1444-1448.
6. Chang, C. J., Garnier, M., Zreik, L., Rossetti, V., and Bove, J. M. 1993.

- Culture and serological detection of xylem-limited bacterium causing citrus variegated chlorosis and its identification as a strain of *Xylella fastidiosa*. *Curr. Microbiol.* 27:137-142.
7. Chen, J., Bank, D., Jarret, R. L., Chang, C. J., and Smith, B. J. 2000A. Use of 16S rDNA sequences as signature characters to identify *Xylella fastidiosa*. *Curr. Microbiol.* 40:29-33.
 8. Chen, J., Chang, C. J., Jarret, R. L., and Gawel, L. 1992. Genetic variation among *Xylella fastidiosa* strains. *Phytopathology.* 82:973-977.
 9. Chen, J., Hartung, J. S., Chang, C. J., and Vidaver, A. K. 2002. An evolutionary perspective of Pierce's disease of grapevine, citrus variegated chlorosis, and mulberry leaf scorch diseases. *Curr. Microbiol.* 45:423-428.
 10. Chen, J., Jarret, R. L., Qin, X., Hartung, J. S., Banks, D., Chang, C. J., and Hopkins, D. L. 2000B. 16S rDNA sequence analysis of *Xylella fastidiosa* strains. *System. Appl. Microbiol.* 23: 349-354.
 11. Chagas, C. M., Rossetti, V., and Beretta, J. G. 1992. Electron microscopy studies of a xylem-limited bacterium in sweet orange affected with citrus variegated chlorosis disease in Brazil. *J. Phytopathol.* 134:306-312.
 12. Davis, M. J., Purcell, A. H., Thomsom. S. V. 1978. Pierce's disease of grapevines: isolation of the causal bacterium. *Science* 199:75-77.

13. Davis, M. J., Purcell, A. H., and Thomson, S. V. 1980. Isolation medium for the Pierce's disease bacterium. *Phytopathology*. 70:425-429.
14. Duncan, J. M. and Torrance L. 1992. Techniques for the rapid detection of plant pathogens. Blackwell scientific publications, Inc. 3 Cambridge Center, Cambridge Massachusetts, 02142, U.S.A.
15. de Lina, J. E. O., Miranda, V. S., Hartung, J. S., Brlansky, R. H., Coutinho, A., Roberto, S. R., and Carlos, E. F. 1998. Coffee leaf scorch bacterium: Axenic culture, pathogenicity, and comparison with *Xylella fastidiosa* of citrus. *Plant Dis.* 82:94-97.
16. Gómez Zavaglia, A., De Urraze P., and De Antoni, G. 1999. Characterization of Bifidobacterium strains using Box primers. *Anaerobe*. 6:169-177
17. Goheen, A. C., Nyland, G., and Lowe, S. K. 1973. Association of a rickettsia-like organism with Pierce's of grapevines and alfalfa dwarf and heat therapy of the disease in grapevines. *Phytopathology* 63:341-345.
18. Goncalves, E. R. and Rosato, Y. B. 2002 Phylogenetic analysis of *Xanthomonas* species based upon 16S-23S rDNA intergenic spacer sequences. *Int .J. Syst Evol Microbiol.* 52: 355-361.
19. Gürtler, V. and Stanisich, V. A. 1996. New approaches to typing and identification of bacteria using the 16s-23s rDNA spacer region.

- Microbiology. 142: 3-16.
20. Hillis, M. D. and Dixon, M. T. 1991. Ribosomal DNA: Molecular evolution and phylogenetic inference. *Quart Rev Bio.* 66: 411-453.
 21. Hauben, L., Vauterin, L., Swings, J., and Moore, E. R. B. 1997. Comparison of 16S ribosomal DNA sequences of all *Xanthomonas* species. 47:328-335.
 22. Hearon, S. S., Sherald, J. L., and Kostka, S. J. 1980. Association of xylem-limited bacteria with elm, sycamore and oak leaf scorch. *Can. J. Bot.* 58:1986-1996.
 23. Hendson, M., Purcell, A. H., Chen, D., Smart, C., Guilhabert, M., and Kirkpatrick, B. 2001. Genetic diversity of Pierce's disease strains and other pathotypes of *Xylella fastidiosa*. *Appl. Environ Microbiol.* 67: 895-903.
 24. Hewitt, W. B., Frazier, N. W., and Houston, B. R. 1942. Transmission of Pierce's disease of grapevine disease of grapevines with leaf hopper. (Abstr.) *Phytopathology* 32:8.
 25. Hewitt, W. B., and Houston B. R. 1941. Association of Pierce's disease of grapevine and alfalfa dwarf in California. *Plant Dis. Rep.* 25:475-476.
 26. Hewitt, W. B., Houston, B. R., Frazier, N. W., and Freitag, J. H., 1946. Pierce's disease of grapevine. *Calif. Agric. Exp. Stn. Circ.* 353:1-32.
 27. Hopkins, D. L. 1989. *Xylella fastidiosa*: xylem-limited bacterial pathogen of

- plants. *Ann. Rev. Phytopathol.* 27:271-290.
28. Hopkins, D. L., and Adlerz, W. C. 1988. Natural hosts of *Xylella fastidiosa* in Florida. *Plant Dis.* 72:492-431.
 29. Hopkins, D. L., and Mollenhauer, J. A. 1971. Suppression of Pierce's disease symptoms by tetracycline antibiotics. *Plant Dis. Rep.* 55:610-612.
 30. Hopkins, D. L., and Mollenhauer, H. H. 1973. Rickettsia-like bacterium associated with Pierce's disease of grapes. *Science* 179:298-300.
 31. Hopkins, D. L. and Purcell, A. H. 2002. *Xylella fastidiosa* : Cause of Pierce's disease of grapevine and other emergent diseases. *Plant Dis.* 86: 1056-1066.
 32. Jesús, G.-M., Ignacio, B., Jesús, J. R.-S., and Francisco, R.-V. 2001. RISSC: a novel database for ribosomal 16S-23S RNA genes spacer regions. *Nucleic Acids Res.* 29:178-180.
 33. Kamper, S. M., French, W. J., and Dekloet, S. R. 1985. Genetic relationships of some fastidious xylem-limited bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 35:185-188.
 34. Kim W., Hong, Y., Yoo J., Lee W., Choi, C., and Chung, S.-in. 2001. Genetic relationship of *Bacillus anthracis* and closely related species BOX-PCR genomic fingerprinting. *FEMS Microbiol Letters.* 207:21-27.
 35. Kim, C. S., Lee, C. H., Shin, J. S., Chung, Y. S., and Hyung, N. I. 1997. A simple and rapid method for isolation of high quality genomic DNA from

- fruit trees and conifers using PVP. *Nucleic Acids Res.* 1085-1086.
36. Kostka, S. J., Tattar, T. A., Sherald, J. L., Hurtt, S. S. 1986. Mulberry leaf scorch, a new disease caused by a fastidious xylem-inhabiting bacterium. *Plant Dis* 70:690-693.
 37. Koeth, T., Versalovic, J., Lupski, J. R. 1995. Differential subsequence conservation of interspersed repetitive *Streptococcus pneumoniae* box elements in diverse bacteria. *Genome Res.* 5:408-418.
 38. Leu, L. S., and Su, C. C. 1990. Preliminary report on pear leaf scorch induced by xylem-limited bacteria in Taiwan. *Plant Prot. Bull.(Taiwan, R.O.C)* 32:329.
 39. Leu, L. S. and Su, C. C. 1993. Isolation, cultivation, and pathogenicity of *Xylella fastidiosa*, the causal bacterium of pear leaf scorch disease in Taiwan. *Plant Dis.* 77:642-646.
 40. Leu, H. H., Leu, L. S., and Lin, C. P. 1998. Development and application of monoclonal antibodies against the causal bacterium of pear leaf scorch, *Xylella fastidiosa*. *J. Phytopathol.* 146: 31-37.
 41. Li, W.-B., Pridmore, W. D., Jr., Teixeira, D. C., Miranda, V. S., Ayres, A. J., Franco, C. F., Costa, M. G., He, C.-X., Costa, P. I., Hartung, J. S. 2001. Coffee leaf scorch caused by a strain of *Xylella fastidiosa* from citrus. *Plant Dis.* 85: 501-505.

42. Nomé, S. F., Raju, B.C., Goheen, A. C., Nyland, G., and Docampo, D. 1980. Enzyme-linked immunosorbent assay for Pierce's disease bacteria in plant tissues. *Phytopathology* 70:746-749.
43. Mullis, K. B. and Falloona, F. A. 1987. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalysed chain reaction. *Methods in Enzymology* 155:335-350.
44. Martin, B., Humbert, O., Camara, M., Guenzi, E., Walker, J., Michell, T., Andrew, P., Prudhomme, M., Alloing, G., Hakenbeck, R., Morrison, A. D., Boulnois, J. G., and Claverys, J. 1992. A highly conserved repeated DNA element located in the chromosome of *Streptococcus pneumoniae*. *Nucleic Acids Res.* 20: 3479-3483.
45. Metta, A., and Rosato, Y. B. 2001. Phylogenetic relationships of *Xylella fastidiosa* strains from different hosts, based on 16S rDNA and 16-23S intergenic spacer sequences. *Int. J. Syst. Evol Microbial.* 51: 311-318.
46. Minsavage, G. V., Thompson C. M., Hopkins, D. L., Leite, R. M. V. B. C., and Stall, R. E. 1994. Development of polymerase chain reaction protocol for detection of *Xylella fastidiosa* in plant tissue. *Phytopathology* 84:456-461.
47. Mircetich, S. M., Lowe, S. K., Moller, W. J., Nyland, G. 1976. Etiology of almond leaf scorch and transmission of the causal agent. *Phytopathology*.

84:456-461.

48. Pooler, M. R., and Hartung, J. S. 1995A. Genetic relationships among strains of *Xylella fastidiosa* from RAPD-PCR Data. *Curr. Microbiol* 31:134-137.
49. Pooler, M. R., and Hartung, J. S. 1995B. Specific PCR detection and identification of *Xylella fastidiosa* strains causing citrus variegated chlorosis. *Curr. Microbiol.* 31:377-381
50. Pooler, M. R., Myung, A. S., Bentz, J., Serald J., and Hartung J. S. 1997. Detection of *Xylella fastidiosa* in potential insect vector by immunomagnetic seoration and nested polymerase chain reaction. *Lett. Appl. Microbiol.* 25:123-126.
51. Purcell, A. H. and Hopkins, D. L. 1996. Fastidious xylem-limited bacterial plant pathogens. *Annu Rev Phytopathol* 34:131-151.
52. Oliveira, A C., Vallim, M. A., Semighini, C. P., Araújo, W. L.,Goldman, G. H., and Machado, M. A. 2002. Quantification of *Xylella fastidiosa* from citrus trees by real-time plymerase chain reaction assay. *Phytopathology* 92:1048-1054.
53. Qin, X., Miranda, V. S., Machado, M. A., Lemos, E. G. M., and Hartung, J. S. 2001. An evaluation of the genetic diversity of *Xylella fastidiosa* isolated from diseased citrus and coffee in São Paulo, Brazil. *Phytopathology* 91:

599-605.

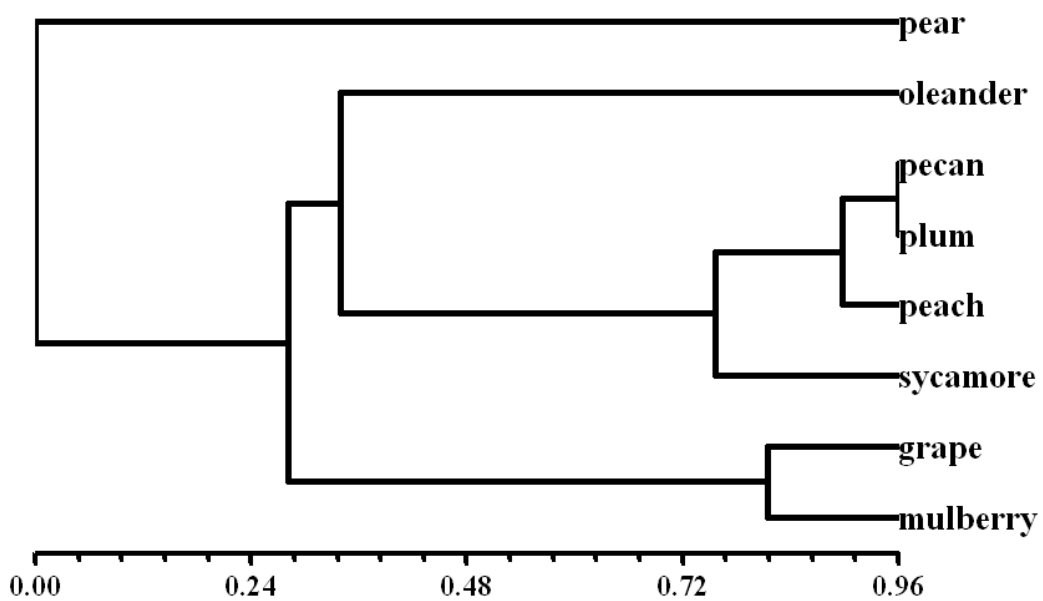
54. Raju, B. C., Wells, J. M., Nyland, G., Brlansky, R. H., and Lowe S. K. 1982. Plum leaf scald: isolation, culture, and pathogenicity of the causal agent. *Phytopathology*. 72:1460-1466.
55. Rosato, Y. B., Neto, J. B., Miranda, V. S., Carlos, E. F., and Manfio, C. P. 1998. Diversity of a *Xylalla fastiosa* population isolated from *Citrus sinensis* affected by citrus variegated chlorosis in Brazil. *System. Appl. Microbiol.* 21: 593-598.
56. Rowhani, A., Chay, C., Golino, D. A., and Falk, B. W. 1993. Development of a polymerase chain reaction technique for the detection of grapevine fanleaf virus in grapevine tissue. *Phytopathology* 83:749-753.
57. Sharples, G. J. and Lloyd, R. G. 1990. A novel repeated DNA sequence located in the intergenic regions of bacterial chromosomes. *Nucleic Acids Research*. 18:6503-6508.
58. Sanbrook, J., Maniatis, T. I., and Frisch, E. F. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*. 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor, N. Y.
59. Schaad, N. W., Postnikova, E., Lacy, G., Fatmi, M'B., and Chang, C, J. 2004. *Xylella fastidiosa* subspecies: *X. fastidiosa* subsp *piercei*, subsp. nov., *X.*

- fastidiosa* subsp. *multiplex* subsp. nov., and *X. fastidiosa* subsp. *pauca* subsp. System. Appl. Microbiol. 21: 290-300.
60. Sheraid, J. L. and Lei, J. D. 1991. Evaluation of a rapid ELISA test kit for detection of *Xylella fastidiosa* in landscape. Plant Dis. 75: 200-203.
61. Singh. R. P., Singh M., and King, R. R. 1998. Use of citric acid for neutralizing polymerase chain reaction inhibition by chlorogenic acid in potato extracts. J. Virol Methods. 74:231-235.
62. Stackebrandt, E. and G, Boebel. M. 1994. Taxonomic Note: A place for DNA-DNA reassociation and 16S rRNA Sequence analysis in the present species definition in bacteriology. Int. Syst Bacteriol. 44: 846-849.
63. Su, C. C. and Leu, L. S. 1995. Distribution of pear leaf scorch and monthly isolation of its causal organism, *Xylella fastidiosa* from infected trees. Plant Pathology Bulletin 4:30-33.
64. Toth, I. K., Avrova, A. O., and Hyman, L. J. 2001. Rapid identification and differentiation of soft rot Erwinias by 16S-23S intergenic transcribed spacer-PCR and restriction fragment length polymorphism analyses. Appl Environ Microbiol. 67: 4070-4076.
65. Vandamme. P., Pot, B., Gillis, M., Vos DE, P., Kersters, K., and Swings, J. 1996. Polyphasic taxonomy, a consensus approach to bacterial systematics.

- Microbiol. Rev. 60:407-438.
66. Versalovic, J., Koeuth, T., and Lupski, J. R. 1991. Distribution of repetitive DNA sequences in eubacteria and application to fingerprinting of bacterial genomes. *Nucleic Acid Res.* 19. 6853-6831.
 67. Wang, D., Wang, B., Li, B., Duan, C., and Zhang, J. 2004. Extraction of total RNA from *Chrysanthemum* containing high levels of phenolic and carbohydrates. *Col. Surf. B : Biointerfaces* 36:111-114.
 68. Warren, Charles R., Adams M. A., and Chen Zuliang. 2000. Is photosynthesis related to concentration of nitrogen and rubisco in leaves of Australian native plants? *Australian J Plant Physiology* 27:407-416.
 69. Wells, J. M., Raju, B. C., Hung, H. Y., Weisburg, W. G., Mandelco-Paul, L., and Brenner, D. J. 1987. *Xylella fastidiosa* gen, nov., sp.nov.: Gram-negative xylem-limited, fastidious plant bacteria related to *Xanthomonas* spp. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 36:136-143.
 70. Wells, J. M., Raju, B. C., Nyland, G. 1983. Isolation, culture and pathogenicity of the bacterium causing phony disease of peach. *Phytopathology.* 73:859-862.
 71. Williams, J. G. K., Kubelik, A. R., Livak, K. J., Rafalski, J. A., and Tingey, S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as

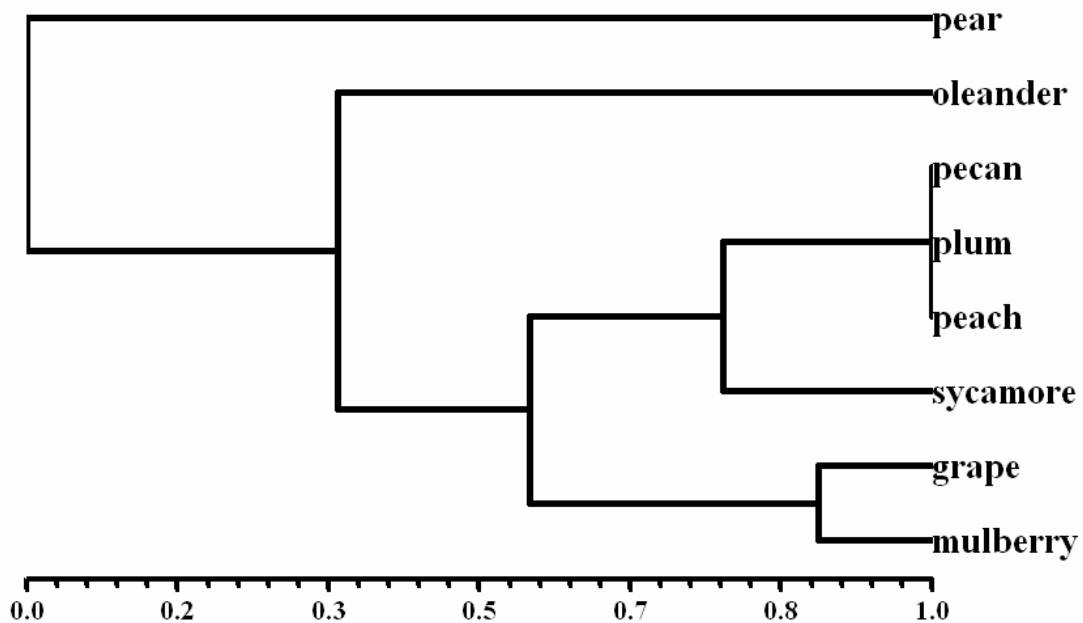
genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18:6531-6535.

72. Yonce, C. E., and Chang C. J. 1987. Detection of xylem-limited bacteria from sharpshooter leafhoppers and their feeding hosts in peach environs monitored by culture isolations and ELISA techniques. *Environ. Entomol.* 16: 68-71.



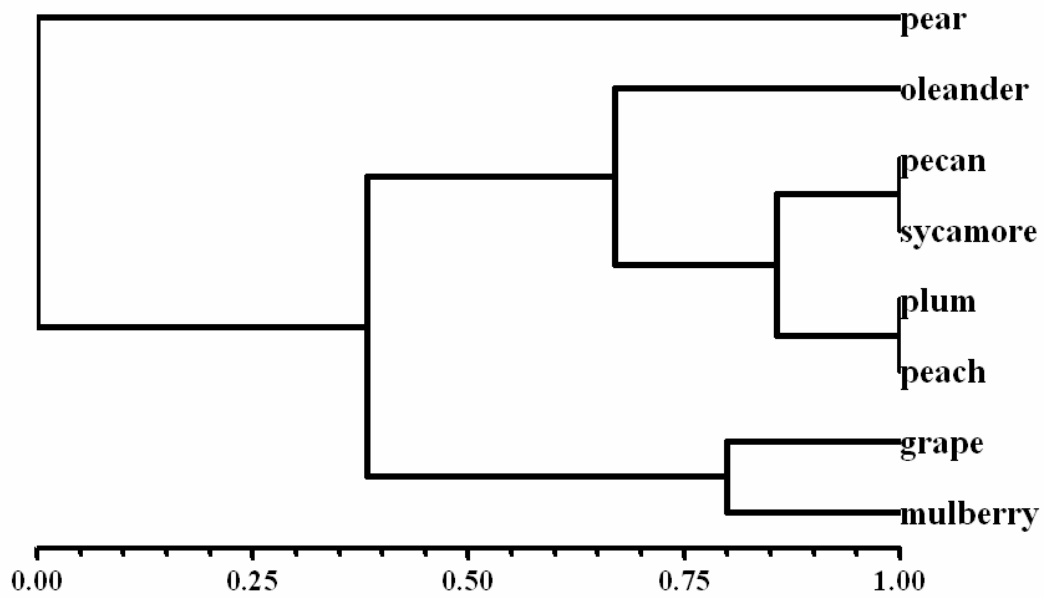
圖一、分析梨葉緣焦枯病菌與國外不同寄主 *Xylella fastidiosa* 菌株之 RAPD 條帶，經由 NTSYS-pc 電腦軟體中的 UPGMA 程式所繪製的相似值樹狀圖。

Fig 1. Dendrogram depict the genetic relationships among pear leaf scorch bacteria and strains of *Xylella fastidiosa* from different host based on RAPD patterns. All analysis using Numerical Taxonomy and Multivariate analysis system (NTSYS-pc). A similarity matrix was calculated on Jaccard' s coefficient, and the tree was generated from the similarity matrix by unweighted pair-group method with arithmetic mean (UPGMA).



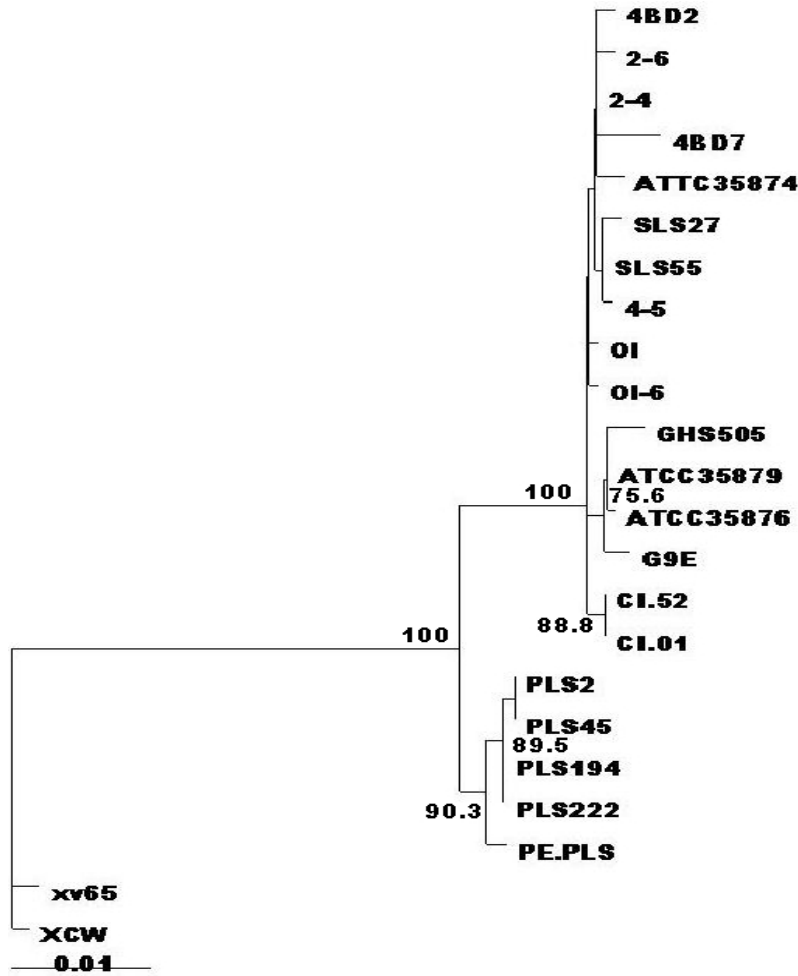
圖二、分析梨葉緣焦枯病菌與國外不同寄主 *Xylella fastidiosa* 菌株之 ERIC-PCR 條帶，經由 NTSYS-pc 電腦軟體中的 UPGMA 程式所繪製的相似值樹狀圖。

Fig 2. Dendrogram depict the genetic relationships among pear leaf scorch bacteria and strains of *Xylella fastidiosa* from different host based on ERIC-PCR patterns. All analysis using Numerical Taxonomy and Multivariate analysis system (NTSYS-pc). A similarity matrix was calculated on Jaccard's coefficient, and the tree was generated from the similarity matrix by unweighted pair-group method with arithmetic mean (UPGMA).



圖三、分析梨葉緣焦枯病菌與國外不同寄主 *Xylella fastidiosa* 菌株之 BOX-PCR 條帶，經由 NTSYS-pc 電腦軟體中的 UPGMA 程式所繪製的相似值樹狀圖。

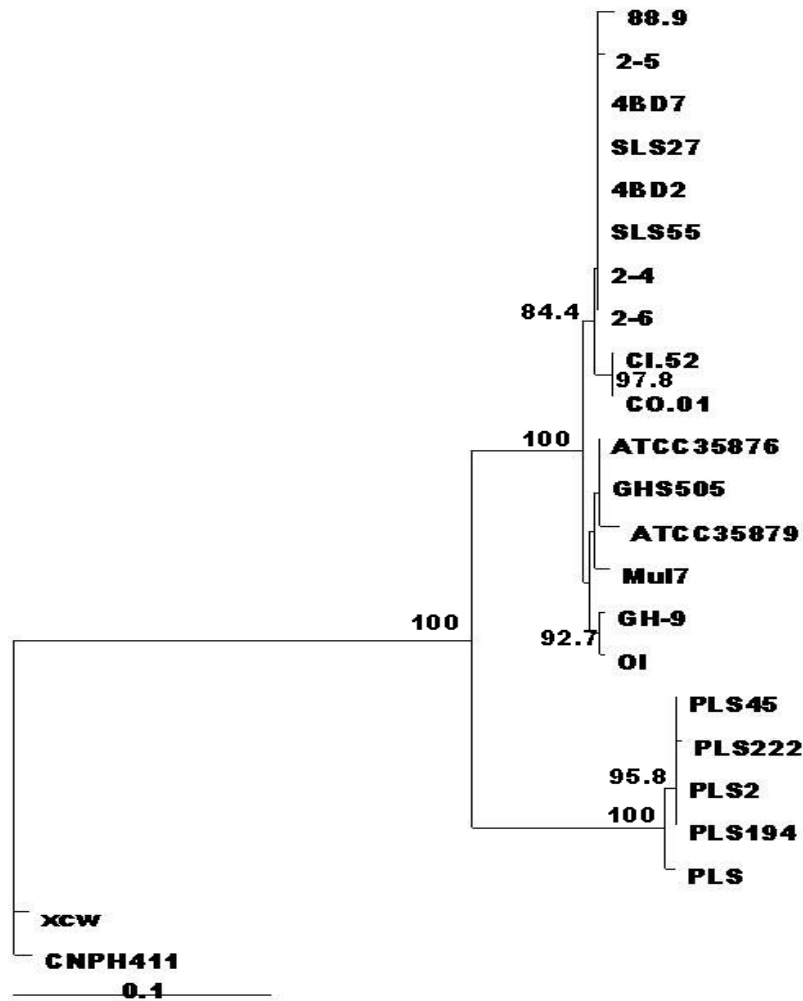
Fig 3. Dendrogram depict the genetic relationships among pear leaf scorch bacteria and strains of *Xylella fastidiosa* from different host based on BOX-PCR patterns. All analysis using Numerical Taxonomy and Multivariate analysis system (NTSYS-pc). A similarity matrix was calculated on Jaccard' s coefficient, and the tree was generated from the similarity matrix by unweighted pair-group method with arithmetic mean (UPGMA).



圖四、分析梨葉緣焦枯病菌與不同寄主 *Xylella fastidiosa* 之 16S rDNA 序列，經

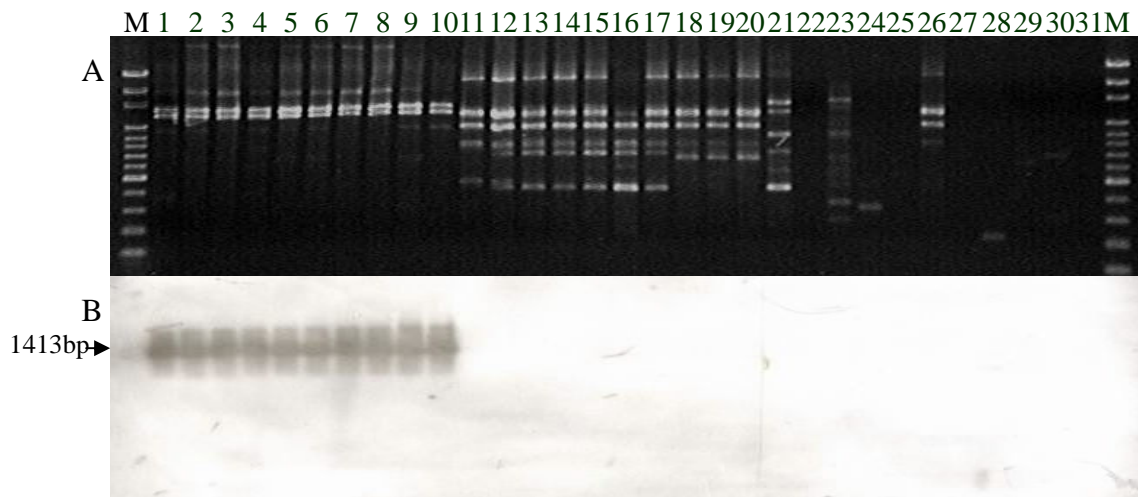
由 Neighbour-joining (NJ)方法分析親緣演化樹；枝條上的數字代表 bootstrap 值。

Fig4. Neighbor-joining tree based on the 16S rDNA sequences show relationship among pear leaf scorch bacteria and strains of *Xylella fastidiosa* from different host. Numbers on branches indicate the percentage of the number of times that the node supported by 1000 replicates of bootstrap analysis(only values greater than 65% shown). Bar, represent 0.01 changes per nucleotide.



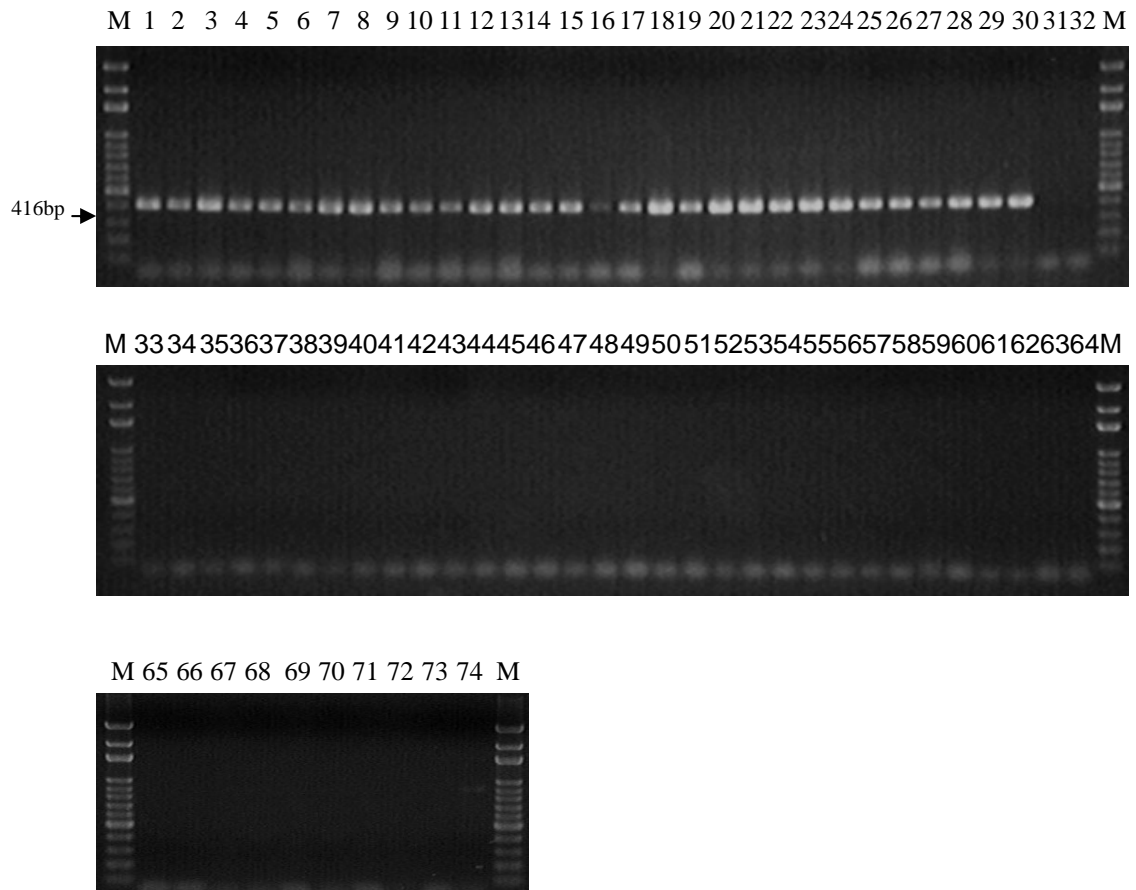
圖五、分析梨葉緣焦枯病菌與國外不同寄主 *Xylella fastidiosa* 之 16~23S rDNA 區間序列，經由 Neighbour-joining (NJ)方法分析親緣演化樹；枝條上的數字代表 bootstrap 值。

Fig 5. Neighbor-joining tree based on the 16~23S rDNA intergenic spacer sequences show relationship among pear leaf scorch bacteria and strains of *Xylella fastidiosa* from different host. Numbers on branches indicate the percentage of the number of times that the node supported by 1000 replicates of bootstrap analysis(only values greater than 65% shown). Bar represent, 0.1 changes per nucleotide.



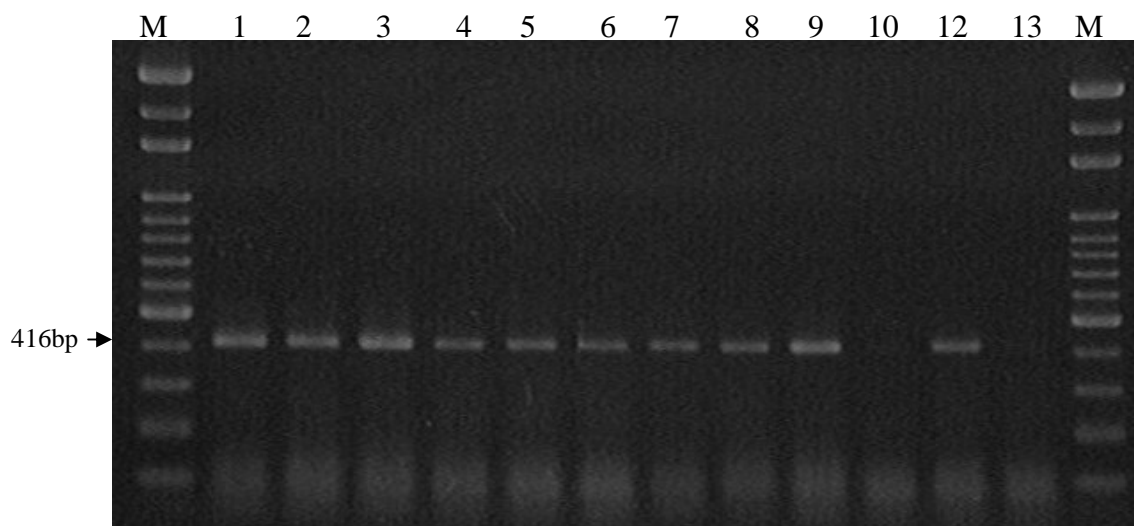
圖六、利用隨機引子 OPA-11 對梨葉緣焦枯病病菌、不同寄主 *Xylella fastidiosa* 菌株及其他細菌菌株之 RAPD 分析後所得到電泳圖譜(A)及利用選殖自梨葉緣焦枯病菌株 OPA11-1400 探針進行南方雜合反應(B)。

Fig 6. RAPD pattern of strains of pear leaf scorch bacteria, *Xylella. fastidiosa* from different host and other general bacteria using OPA-11 random primer (A) and southern hybridization of the RAPD production with OPA11-1400 probe cloned from pear leaf scorch bacteria strain 2(B). M: Gen-100 DNA Ladder (GeneMark, R.O.C); 1-10: pear leaf scorch bacterial strains; 11-20: strains of *X. fastidiosa* of different host; 21: *Erwinia chrysanthemi*; 22: *E. carotovora* subsp. *carotovora*; 23: *Burkholderia caryophyllies*; 24: *B. gladioli*; 25: *Pseudomonas syringae*; 26: *Ralstonia solanacearum*; 27: *Acidovorax avenae* subsp. *citrilli*; 28: *Xanthomonas axonopodis* pv. *citr*; 29: *X. campestris* pv. *campestris*; 30: *X. campestris* pv. *vesicatoria*.



圖七、引子對 PLS-F/PLS-R 對梨葉緣焦枯病病菌、不同寄主 *Xylella fastidiosa* 菌株及其他細菌菌株全 DNA 之聚合酵素連鎖反應產物電泳圖譜。

Fig 7. Polymerase chain reaction amplication products of total DNA from strains of pear leaf scorch bacteria, *Xylella fastidiosa* from different host, and other general bacteria with primer pair PLS-F/PLS-R. M: Gen-100 DNA Ladder (GeneMark, R.O.C); 1~30: pear leaf scorch bacteria strains; 31~64: strains of *X. fastidiosa* from different hosts; 65: *Erwinia chrysanthemi*; 66: *E. carotovora* subsp. *carotovora*; 67: *Burkholderia caryophyllies*; 68: *B. gladioli*; 69: *Pseudomonas syringae*; 70: *Ralstonia solanacearum*; 71: *Acidovorax avenae* subsp. *citrilli*; 72: *X. campestris* pv. *campestris*; 73: *X. axonopodis* pv. *citri*; 74: *X. campestris* pv. *vesicatoria*.



圖八、利用引子對 PLS-F/PLS-R 進行聚合酵素連鎖反應偵測田間不同罹病梨樹組織內之梨葉緣焦枯病病菌。

Fig 8. Detection of pear leaf scorch bacteria of diseased tissues from different pear trees in fields by polymerase chain reaction using primer pair PLS-F/PLS-R.

M: Gen-100 DNA Ladder (GeneMark, R.O.C); 1-9: samples from different pear diseased trees; 10: healthy tissue; 11: positive control; 12: negative control.