# 蟲媒植物病原原核生物及其媒介昆蟲整合管理－以葡萄皮爾斯病為例

文／石憲宗．蘇秋竹．張哲銘．曾美容．詹富智

## 前言

能夠感染並使植物生病的原核生物，稱為植物病原原核生物 (plant pathogenic prokaryote, phytopathogenic fastidious prokaryote)，其中可藉由昆蟲傳播者，稱為蟲媒植物病原原核生物，包括引發葡萄皮爾斯病 (Pierce's disease of grape)、柑橘黃龍病 (Citrus Huanglongbing)、馬鈴薯斑馬紋病 (zebra chip potato disease)、柑橘頑固病 (citrus stubborn)、玉米矮化病 (corn stunt) 以及植物菌質體病害等病原 (表一)。由於此類原核生物所引起的植物病害，至今仍無有效的化學藥劑可資防治，對農作物產業影響甚大，且其流行趨勢與田間媒介昆蟲 (insect vector) (表一) 族群密度息息相關，使得媒介昆蟲族群密度的控制方法，成為管理這類蟲媒病害的核心議題。臺灣於二〇〇二年由行政院農業委員會動植物防疫檢疫局 (簡稱防檢局)，針對國內是否存在葡萄皮爾斯病 (以下簡稱 PD)，啟動偵測調查，確認南投縣草屯鎮與竹山鎮的極少數葡萄罹病株後，邀集國立臺灣大學與中興大學之蟲媒病害相關系所教授，與農委會農業藥物毒物試驗所 (簡稱藥毒所)、農委會農業試驗所 (簡稱農試所)、臺中區農業改良場、苗栗區農業改良場合作及相關縣市政府，合力針對葡萄產區進行病株普查與剷除，釐清 PD 發生區域，其後委由藥毒所與農試所合作研究病原與媒介昆蟲的監測技術、生態、寄主範圍與流行病學等研究，至二〇一一年已確認病原及媒介昆蟲的寄主，以及媒介昆蟲族群密度的有效控策略，至今臺灣的 PD 高風險發生區農友，已可藉由自主監測病徵、剷除罹病株與防治媒介昆蟲，將產區之 PD 維持在低密度流行，大幅降低葡萄產業的損失。再者，倘若無法於上述高度風險區作好葡萄皮爾斯病與媒介昆蟲的整合管理，PD 將有可能對臺灣葡萄產業的中度與低度風險區，產生高度的威脅性。

本文就我國所發生之葡萄皮爾斯病，說明農作物蟲媒病原原核生物及其媒介昆蟲之整合管理策略，以提供產官學界日後處理新興或外來蟲媒作物病害時，可迅速與有效整合跨領域與跨機關的研究團隊，大幅降低此類蟲媒病害與媒介昆蟲對產業所造成的重大經濟損失。

## 葡萄皮爾斯病及其媒介昆蟲簡介

葡萄皮爾斯病 (PD) 為國際檢疫病害，是由棲息導管細菌 *Xylella fastidiosa* 所引起，其傳播途徑包括媒介昆蟲傳播及病株的枝條嫁接。PD 自葡萄生育之中後期 (即果實轉色時期) 開始，由最初罹病的枝條基部之下位葉邊緣，產生具紅色或黃色暈環的壞疽及焦枯，焦枯部位會持續向內擴展並褐化 (圖 1)，然後逐漸往枝條之上位葉蔓延，顯現系統性的葉緣焦枯病徵，受危害的枝條葉片最後大多提早落葉，但葉柄仍暫時留存在枝條之上。另罹病植株新枝會不正常老熟，並產生樹勢衰弱、延遲萌芽、植株矮化及枝條枯死的情形。

根據國際農業與生物科學研究中心 (Centre

**表一、全球重要蟲媒植物病原原核生物及其媒介昆蟲資訊**

| 蟲媒植物病原原核生物 | 主要病害名稱 | 媒介昆蟲分類地位 | 媒介昆蟲取食習性 |
|---|---|---|---|
| 侷限導管細菌 (xylem-limited bacteria, XLB) | | | |
| *Xylella fastidiosa* | 葡萄皮爾斯病、夾竹桃葉緣焦枯病 (oleander leaf scorch)、橄欖快速衰落綜合症 (the olive quick decline syndrome (OQDS))、柑桔斑點黃萎病 (citrus variegated chlorosis, CVC) 等 | 大葉蟬亞科與尖胸沫蟬科 | 吸食木質部汁液 |
| Ralstonia syzygii | 蘇門答臘丁香樹病害 (Sumatra disease of cloves) | 巢沫蟬科 (Machaerotidae) | |
| 侷限導管原核生物 (phloem-limited prokaryotes) | | | |
| *Candidatus* Liberibacter spp. | 柑橘黃龍病、馬鈴薯斑馬紋病 | 木蝨科 (Psyllidae) | 吸食韌皮部汁液 |
| Spiroplasmas | 柑橘頑固病、玉米矮化病、日日春病 (periwinkle diseases) | 角頂葉蟬亞科 (Deltocephalinae) | |
| Phytoplasmas | 梨衰弱病 (pear decline)、木瓜衰弱病 (papaya dieback)、甘藷簇葉病 (sweet potato witches' broom) 與水稻黃萎病 (rice yellow dwarf) 等 500 種病害 | 角頂葉蟬亞科、飛蝨總科 (Fulgoroidea)、木蝨科 | |

for Agriculture and Biosciences International, 簡稱 CABI) 在二〇一六年對 PD 病害分布資料，顯示本病主要發生於美洲 (含加拿大少數地區)，其他各洲已有科學研究報告證實發生或已撲滅的國家，包括亞洲的臺灣 (二〇一三年記錄部份地區葡萄園罹病) 與伊朗 (二〇一四年記錄葡萄園與杏仁罹病)、歐洲的法國 (疫情發生後隨即被撲滅) 與義大利 (二〇一三年侷限分布)。至於其他國家雖有科學研究報告記錄本病發生，但 CABI (二〇一六) 以無效紀錄標示者，包括南斯拉夫、塞爾維亞、摩洛哥、土耳其與印度。我國雖為 PD 發生國家，但因病原未隨果實擴散，故對我國優質葡萄的外銷並無影響，但本病造成罹病葡萄衰弱與死亡，成為國內 PD 高風險發生區之葡萄產業重要限制因子。且 PD 在臺灣各葡萄重要產區並非全面發生，歸納高風險發生區的罹病園區地貌特色，多位於丘陵地或緊鄰於山溝或河川地，包括苗栗縣通霄鎮與卓蘭鎮；臺中市外埔區、后里區、東勢區、新社區與豐原區；南投縣草屯鎮、竹山鎮與集集鎮。

在PD 之媒介昆蟲部分，美國已確認種類包括藍綠尖頭葉蟬 (*Graphocephala atropunctata* (Signoret))、褐透翅尖頭葉蟬 (*Homalodisca vitripennis* (Germar))、綠尖頭葉蟬 (*Draeculacephala minerva* (Ball)) 與紅首尖頭葉蟬 (*Xyphon fulgida* (Nottingham)) 等 4 種大葉蟬亞科 (Cicadellinae) 昆蟲以及尖胸沫蟬科 (Aphrophoridae) 的黃頭長沫蟬 (*Philaenus spumarius* (Linnaeus))。臺灣被學者以分子診斷或傳病驗證為媒介昆蟲的大葉蟬亞科種類計有 2 種，包括黑尾大葉蟬 (*Bothrogonia ferruginea* (Fabricius)) (張等，2014；Su *et al*., 2013a) 與白邊大葉蟬 (*Kolla paulula* (Walker)) (林及張，2012；Su *et al*., 2013b) (圖 2)。



↑圖1. 葡萄果實轉色期自枝條下位葉顯現典型葉緣焦枯病徵

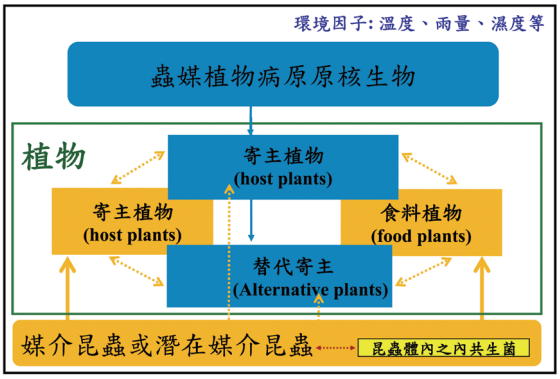
↓圖2. 臺灣葡萄皮爾斯病之媒介昆蟲：白邊大葉蟬 (左圖) 與黑尾大葉蟬 (右圖)



## 由蟲媒植物病害流行程度之影響因子，探討病原與媒介昆蟲整合管理策略

由於葡萄皮爾斯病，至今仍無化學藥劑可資防治，其防治重點包括剷除罹病株、防治媒介昆蟲、剷除病原或媒介昆蟲之寄主、抗病育種與推行健康種苗等。在媒介昆蟲防治方面，以化學防治作為緊急防治或快速壓制媒介昆蟲族群密度的重要手段，並輔以生物防治、耕作防治與物理防治等方法持續降低媒介昆蟲密度，有效降低病害傳播速度。事實上，擬定蟲媒病害整合防治策略的過程，需考量病原、媒介昆蟲、寄主植物與環境等因子間的相互關係，然後採用多管齊下的方式防治此類病蟲害，降低產業經濟損失。

本文以圖 3 為例，說明病原、媒介昆蟲 (包括體內的內共生菌)、植物 (包括病原的寄主或替代性寄主植物，以及媒介昆蟲的寄主或食料寄主植物)、環境因子之間的相互影響，以作為研擬 PD 及其媒介昆蟲整合管理策略的依據。




↑圖3. 蟲媒植物病原原核生物、媒介昆蟲、植物與環境之相互關係

### 一、由病原與寄主或替代性寄主植物，研擬降低病原密度的防治策略

目前全球確認可由 *X. fastidiosa* 不同菌系感染的作物，包括葡萄、梨、杏仁、桃樹、柑橘、咖啡、苜蓿等重要作物，若包括非經濟作物，至少可感染 94 種以上的單子葉與雙子葉植物，其中屬於非作物的寄主植物，由於不表現病徵且可透過媒介昆蟲將病原傳播至葡萄園，可能是引起本病流行的重要感染源。

在臺灣已知的 PD 的寄主除包括常見的葡萄商業栽培品系之外，其替代性寄主植物則包括葫蘆科雙輪瓜 (*Diplocyclos palmatus* (L.) C. Jeffrey)、葡萄科漢氏山葡萄 (*Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Trautv var. *hancei* (Planch.) Rehder)、桑科葎草 (*Humulus scandens* (Lour.) Merr.) 及大戟科白匏仔 (*Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell. -Arg.)，此些罹患 PD 病原經分離培養後，透過人工接種至健康葡萄植株，已確認會造成典型的葉緣焦枯病徵 (Su *et al*., 2013a)。

由於臺灣之 PD 高風險發生區的山坡，遍存上述這些替代性寄主植物，顯示罹病葡萄園區的農友，可透過自主管理，將園區周圍的此類植物予以剷除，大幅降低病原潛存機率。

### 二、由媒介昆蟲與寄主或食料植物，研擬降低媒介昆蟲密度的防治策略

有關臺灣 PD 媒介昆蟲 (葉蟬與沫蟬) 的寄主植物定義，主要依據 Oman (一九四九) 的定

義，即葉蟬的若蟲期與成蟲期均可在同種植物完成生活史，則該種植物即為其寄主植物 (host plant)；反之，僅若蟲期或成蟲期可以在該種植物取食，則該種植物僅能視為葉蟬的食料植物 (food plant)。

據此，以臺灣 PD 病原媒介昆蟲之白邊大葉蟬為例，其寄主植物包括菊科的小花蔓澤蘭 (*Mikania micrantha* Kunth)、大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. Bip.)、紫花霍香薊 (*Ageratum houstonianum* Mill.) 以及鴨跖草科的竹仔菜 (*Commelina diffusa* Burm f.) 等 4 種雜草寄主 (Shih *et al*., 2009)，以及葡萄科的葡萄 (含不同的商業品系) ，其中大花咸豐草與竹仔菜為白邊大葉蟬的偏好寄主植物。

由於白邊大葉蟬的 4 種雜草寄主植物，皆為臺灣葡萄產區之優勢雜草，為了實際驗證田間雜草寄主與白邊大葉蟬族群密度的相互關係，以及防治雜草對於降低 PD 病原密度的影響，本研究團隊於臺中市新社區代號白毛臺 -60 的葡萄罹病園，自二〇一一年三月以樣區內部與周圍的大花咸豐草為為防治目標，由農友自行以割草機處理路邊與園區之大白花鬼針，每 1.5 個月防治一次，結果顯示除草後當月之白邊大葉蟬族群數量，為未除草前一個月的 0.2 倍，直到二〇一二年十二月底，白邊大葉蟬的族群數量未再明顯升高。雖然以割草機防治雜草所耗費的人力成本較高，但葡萄為臺灣高經濟價值果樹，割草機除草卻可大幅降低媒介昆蟲族群密度，相對於使用除草劑所造成的環境污染，是一個對農業環境友善的防治方法。

## 三、由病原與媒介昆蟲之共通寄主植物，研擬降低病原及其媒介昆蟲密度的防治策略

第一作者以臺灣 PD 病原的 4 種替代性寄主，測試白邊大葉蟬是否可以取食，結果僅有漢氏山葡萄為其食料植物，其餘 3 種皆非其寄主或食料植物。此結果顯示，野外 PD 病原，倘若要透過白邊大葉蟬自然傳播，葡萄與漢氏山葡萄可能是一個重要的傳播路徑。為此，如果想阻斷罹病園區之 PD 病原透過白邊大葉蟬，從罹病葡萄或 PD 的替代性寄主傳播予健康的葡萄，可透過剷除田間罹病葡萄株與白邊大葉蟬的雜草寄主，大幅降低園區內外之 PD 病原及其媒介昆蟲的密度。

以臺灣目前的既有研究資料顯示，PD 病原的寄主植物與替代性寄主植物，與媒介昆蟲的寄主或食料植物，彼此間的植物種類重疊性甚低，此呈現出「愈能掌握病原及其媒介昆蟲的寄主範圍，就是掌握這類病原防治的關鍵技術」。

為此，農業先進國家對於無法以化學藥劑防治的蟲媒植物病原原核生物，其科技研究重點，就是如何精進病原及其媒介昆蟲的寄主範圍研究技術，以作為降低病原及其媒介昆蟲整合管理策略之重要依據，此些包括導入可大幅提升病原偵測效率的分子生物技術，以及導入可大幅縮短確認媒介昆蟲寄主植物的取食監測電子技術 (如昆蟲刺探電位圖譜儀 (Electrical penetration graph, 簡稱 EPG))。

### 四、由媒介昆蟲生物學特性與環境因子對媒介昆蟲族群密度影響，研擬適時與適地的媒介昆蟲整合管理技術

本研究團隊在二〇〇二至二〇一二年於野外調查與採集本種葉蟬的結果，顯示茂密的樹林內部，很少採獲白邊大葉蟬，歸納其棲所特性，包括 (1) 在清晨太陽出來之前與下午 5～6 點之後，本種葉蟬多棲息於雜木林與果園邊緣地區的雜草或灌木棲息，並直接利用該區的寄主植物，(2) 棲所多屬陰良與乾燥環境 (Shih et al., 2013)。以上，可以說明臺灣的 PD 發生區，可將白邊大葉蟬最常出現的雜木林與果園邊緣地區的雜草或灌木，列為雜草防治的重要防治區域。

再者，實驗室常溫環境飼養白邊大葉蟬，發現其世代發育時間 (卵期至成蟲期) 約為 62～94 日，其中秋冬季 (十月至隔年二月) 發育時間約為夏季 1.2～1.5 倍 (Shih et al., 2013)，此可在田間族群密度監測過程，研擬最佳防治時機的依據，例如在第二項說明中，每 1.5 個月防治白邊大葉蟬的雜草寄主，就是以卵期至若蟲期的最短發育時間估算田間除草的最佳時段。

本團隊的田間試驗也顯示化學藥劑可降低白邊大葉蟬族群數量，但效果不明顯，白邊大葉蟬之族群密度主受其的寄主植物與氣候因子所影響 (Shih et al., 2013)。即便如此，在確定潛在媒介昆蟲棲息環境與主要寄主植物之前，化學藥劑仍然是壓制族群密度最可行的防治方法，施用殺蟲劑的範圍，仍以園區內外之雜草為主。

表二為臺中市新社區白邊大葉蟬族群密度與氣象因子統計表，監測方法係以黃色黏蟲紙，每 10 日計算一次。結果顯示白毛臺之白邊大葉蟬族群數量，每年約有 3 次高峰期，第 1 高峰期為二至三月，第 2 高峰期為十二月，第 3 高峰期則為七至八月。前述室內研究顯示冬季低溫使葉蟬世代發育時間增長，這當中以成蟲存活時間增長有關，因此第 1 高峰期的族群數量為第 2 高峰期累積所致；第 3 高峰期分布於高溫與颱風季節，高溫雖可縮短葉蟬世代發育時間，但整體族群密度明顯受到雨量影響。

以上可知，倘若我國的 PD 高風險發生區的農友，可使用黃色黏蟲紙自主監測園區白邊大葉蟬之全年族群數量，除了每 1.5 個月防治白邊大葉蟬的雜草寄主，也需考量高溫多雨的颱風季節，雜草生長相對快速，此時可能不到 1.5 個月就需要割草，讓葉蟬族群數量在雨量抑制下，再透過割除雜草，使其沒有充分的棲所與植物可以利用，再次降低其族群數量，此將可使後續發生之第 2 與第 1 高峰期的葉蟬數量快速下降。

## 未來展望

臺灣自從二〇〇二年發現 PD後，政府立即剷除罹病株，其後由農業藥物毒物試驗所與農業試驗所合作，分別研究 PD 及其媒介昆蟲的

**表二、臺中市新社區白毛臺在二〇〇九年1月至二〇一一年八月之每月平均溫度與總降雨量以及白邊大**

| 年度 | 月分 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | 每 10 日族群發生狀況 | | ※ | ※ | | | |
| | 月均溫 | 12.16 ℃ | 18.59 ℃ | 17.71 ℃ | 19.99 ℃ | 23.25 ℃ | 25.48 ℃ |
| | 月總雨量 | 0 mm | 15 mm | 189.7 mm | 385.6 mm | 22 mm | 93.8 mm |
| 2010 | 每 10 日族群發生狀況 | | ※ | ※ | | | |
| | 月均溫 | 14.95 ℃ | 16.86 ℃ | 19.34 ℃ | 20.73 ℃ | 24.68 ℃ | 25.22 ℃ |
| | 月總雨量 | 47.9 mm | 155.8 mm | 32.5 mm | 171.5 mm | 26 mm | 795 mm |

備註：※ 表示每年之族群第一高峰發生時期；□ 表示每年之族群第二高峰發生時期；○ 表示每年之族群第三高峰發生時期。

生態，建立不同農業環境潛在媒介昆蟲之防治時機，另合作調查病原與潛在媒介昆蟲之寄主範圍，藉此作為剷除田間寄主依據，使病原及潛在媒介葉蟬發生密度可大幅降低，進而降低經濟損失。但遺憾的是，政府投入蟲媒病害與媒介昆蟲的研究經費多年來缺乏系統性的規劃，導致從事相關研究的學者非常少，一旦發現新興蟲媒病害後，很難立即組成有經驗的專家立即協助緊急防治與相關調查。以葡萄皮爾斯病及其媒介昆蟲為例，臺灣在媒介昆蟲之分類、基本生活史研究、遷飛與取食行為、傳病試驗、族群生態統計與生物防治等系列研究工作，急需導入國內跨機關與跨領域合作研究，國內學者無法解決的瓶頸，即可列為國際合作研究主題，以培養蟲媒植物病原原核生物及其媒介昆蟲的研究團隊。

## 備　註

作者按：石憲宗先生、曾美容小姐目前任職于農業試驗所，蘇秋竹先生、張哲銘任職于農業藥物毒物試驗所，詹富智先生為中興大學植物病理學系主任

## 參考文獻

林映秀、張玉玲。2012。台灣葡萄皮爾斯病媒介昆蟲之初探。台灣昆蟲 32：155-167。

張薰尹、黃姿碧、段淑人。2014。黑尾大葉蟬 (*Bothrogonia ferruginea* (F.)) (半翅目：葉蟬科) 傳播台灣葡萄皮爾斯病 (Pierce's disease) 效率之探討。農林學報 63(4): 205-215.

葉蟬的族群數量發生

| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ○ | ○ | | | | □ □ |
| | 26.14 ℃ | 26.32 ℃ | 25.62 ℃ | 23.75℃ | 19.82 ℃ | 15.23 ℃ |
| | 111 mm | 996.5 mm | 27.5 mm | 13.5 mm | 23.5 mm | 22.5 mm |
| | | ○ | | | | □ |
| | 26.84 ℃ | 26.28 ℃ | 25.68 ℃ | 23.43 ℃ | 18.66 ℃ | 15.46 ℃ |
| | 392 mm | 376.5 mm | 228.8 mm | 6.5 mm | 22.9 mm | 37.3 mm |


蘇秋竹、石憲宗、林映秀、蘇文瀛、高清文。2011。台灣葡萄皮爾斯病及媒介昆蟲研究現況。第 25-50 頁。石憲宗、張宗仁編。農作物害蟲及其媒介病害整合防治技術研討會專刊。農業試驗所特刊第 152 號。行政院農業委員會農業試驗所、行政院農業委員會動植物防疫檢疫局出版。222 頁。

Shih, H. T., C. C. Su, C. Y. Feng, C. C. Fanjiang, W. F. Hung, and L. Y. Hung. 2009. Studies on the morphology, ecology, and host range for *Kolla paulula* (Walker, 1858) (Hemiptera: Membracoidea: Cicadellidae: Cicadellinae). Formosan Entomol. 29(4): 353.

Shih, H. T., Y. D. Wen, C. C. Fanjian, C. J. Chang, C. M. Chang, C. Y. Lee, M. H. Yao, S. C. Chang, F. J. Jan, and C. C. Su. 2013. Potential vectors of Pierce's disease in Taiwan: Ecology and integrated management. p. 163-175. In: C. J. Chang, C. Y. Lee, and H. T. Shih [eds.], Proceedings of the 2013 International Symposium on Insect Vectors and Insect-borne diseases. Special Publication of TARI No. 173. Council of Agiculture, Executive Yuan, Taiwan Agricultural Research Institute, Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine. 274 pp.

Su, C. C., C. M. Chang, C. J. Chang, W. Y. Su, W. L. Deng, and H. T. Shih. 2013a. Occurrence of Pierce's disease of grapevines and its control strategies in Taiwan. Plant Pathology Bulletin 22: 245-258.

Su, C. C., C. J. Chang, C. M. Chang, H. T. Shih, K. C. Tzeng, F. J. Jan, C. W. Kao, and W. L. Deng. 2013b. Pierce's disease of grapes in Taiwan: Isolation, cultivation, and pathogenicity of *Xylella fastidiosa*. Journal of Phytopathology. 161: 389-396.