

Xanthomonas oryzae pv. *oryzicola* 引起的水稻細菌性條斑病

陳純葳^{1,*} 許秀惠² 張義璋³ 謝麗娟⁴

摘要

陳純葳、許秀惠、張義璋、謝麗娟。2015。 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* 引起的水稻細菌性條斑病。台灣農業研究 64(2):109–121。

2007 年在南投縣草屯鎮及雲林縣二崙鄉田區水稻陸續出現暗綠色至黃褐色條斑的病徵，條斑上有時可見細小的黃色菌泥，後來陸續在苗栗、台中、彰化、嘉義、台南、花蓮和台東等地發現相同的病徵，從條斑處可分離出黃色細菌，菌落型態類似白葉枯病菌，經柯霍氏法確定此黃色細菌為病原，經過 16S rDNA 定序比對，結果顯示此病原細菌與水稻白葉枯病菌 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) 相似度高達 97%，與 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) 相似度達 100%，此病原細菌接種至供試水稻品種上皆造成條斑狀病徵，不同於白葉枯病菌造成的典型葉枯型病徵，且生理生化試驗測定結果得知該細菌可利用 L-Alanine，但無法生長在含有 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 的培養基中，確認該病原細菌為 *X. oryzae* pv. *oryzicola*，可引起水稻細菌性條斑病。又於溫室接種不同水稻品種測試其抗感病性程度，結果顯示 16 個台灣常見品種均可感病，但 3 個供試菌株造成的發病程度不一，XOCH-1 菌株 (平均罹病等級為 1.8) 致病力明顯較 XOCI-1c (2.3) 及 XOCK-1b (3.1) 弱。「台梗 2 號」、「台梗 8 號」、「台梗 11 號」、「台梗 16 號」和「台南 11 號」發病率均達 100%，「台南 11 號」和「台梗 16 號」平均罹病等級最高 (3.6 和 3.3)；發病率最低者分別為「高雄 145 號」(41.7%)、「台東 30 號」(41.7%) 和「台梗糯 1 號」(78.3%)。測試 10 種殺菌劑在不同濃度下對該病菌的生長抑制效果，以 81.3% 嘉賜銅可濕性粉劑 400×、80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 1,000×，以及白葉枯病防治藥劑 10% 鏈四環黴素可濕性粉劑 1,000×、10% 克枯爛可濕性粉劑 1,000× 的效果最佳，將其稀釋液於溫室內進行防治試驗，結果顯示 4 種藥劑均能降低發病率，且接種前施用較接種後施用防治效果佳，其中以接種前 3 天施用鋅錳乃浦、接種前 7 天及前 1 天施用嘉賜銅的防治效果最佳。

關鍵詞：水稻、細菌性條斑病、細菌性條斑病菌、藥劑防治。

前言

水稻 (*Oryza sativa* Linn.) 屬於被子植物門、單子葉綱、穎花目、禾本科、稻屬，為全世界重要的糧食作物之一，僅次於小麥與玉米。依據 2010 年「聯合國國際糧農組織」(Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO) 的統計資料顯示，全球共計有 113 個國家種植水稻，總面積達 15,365 萬公頃，總產量為 6.72 億公噸，其中以中國、印

度、印尼、孟加拉、越南、緬甸、泰國、菲律賓、巴西、美國等為世界稻米生產量最多的前 10 大國家 (Yang *et al.* 2012)。

在台灣，水稻也是最重要的糧食作物，據「農業統計年報」(Council of Agriculture 2014)，2013 年水稻栽培面積約為 270,165 ha，總產量為 1,589,564 Mg，兩期作之耕作面積與產量皆以稈稻為最多，秈稻次之。目前命名登記的稻品種已有 282 個，有 177 種被保存下來 (Chen

投稿日期：2014 年 7 月 31 日；接受日期：2014 年 12 月 15 日。

* 通訊作者：chunwei@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所植物病理組聘用助理研究員。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系研究員兼系主任。台灣 高雄市。

³ 農委會農業試驗所植物病理組前副研究員。台灣 台中市。

⁴ 農委會農業試驗所植物病理組前技佐。台灣 台中市。

et al. 2004)，內有 28 個品種為優良推廣品種，其中 18 個為食用粳稻，2 個為食用秈稻，3 個為加工用秈稻，5 個為加工用糯稻，這些優良推廣品種目前以「台南 11 號」粳稻品種的栽培面積最廣 (Taiwan Rice Information System 2015)。

由於台灣屬高溫多濕的海島型亞熱帶氣候，病蟲害繁多，每年水稻因為病害造成的損失約 6% (Chang 2004)。根據《台灣植物病害名彙》(Taiwan Phytopathological Society 2002) 所述，台灣目前已記載有 80 種病原，主要病害為稻熱病 (rice blast)、白葉枯病 (bacterial blight; BB) 和紋枯病 (sheath blight; ShB) 等 (Chang 2004; Chen & Hseu 2009)。

2007 年第 2 期作期間 (8 月中、下旬)，分別於南投縣草屯鎮早熟糯稻田區和雲林縣二崙鄉「台南 11 號」粳稻田區，首次發現葉片上許多暗綠色或黃褐色之條斑，溼度高時條斑上可見細小的黃色菌泥 (ooze) (圖 1)，與台灣常見之細菌性病害白葉枯病 (病原菌 *Xanthomonas*

oryzae pv. *oryzae*, Xoo) 病徵略有不同，其在葉片邊緣形成波浪狀病斑，並隨著葉脈往下蔓延，在葉脈兩側形成黃化病斑之典型葉枯病徵 (圖 2B)，但與國外記載由不同病原型 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (Xoc) 引起的細菌性條斑病 (bacterial leaf streak; BLS) 受葉脈侷限形成之條斑病徵相似 (Chen *et al.* 2008)，隨後陸續於台中、彰化、嘉義和台南等地發現相同的病徵。

本試驗目的主要在於確定該病害的病因，分析病原菌特性，並瞭解台灣常見水稻品種對該病害的抗感病性與現行殺菌劑對該病原菌之抑制效果，供田間防治參考。

材料與方法

病原菌分離與保存

從南投縣和雲林縣等地區採集罹病葉片，選取具上述徵狀的葉片組織，先後連續使用 75% 酒精 (10 s) 和 1% 次氯酸鈉 (NaOCl) 水

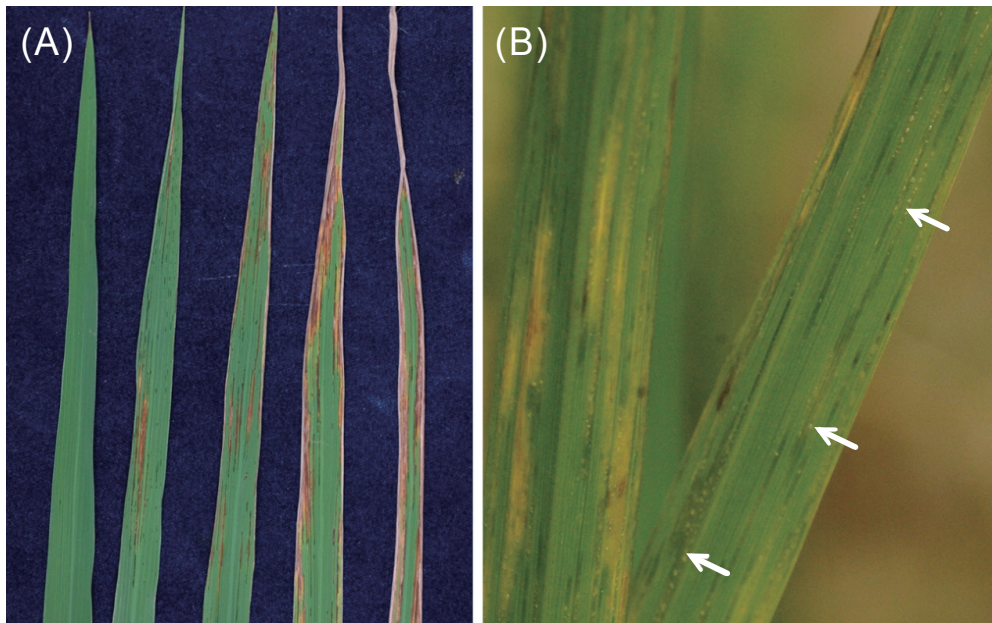


圖 1. 新病害造成水稻早熟糯稻 (A) 及「台南 11 號」粳稻 (B) 的葉上出現暗綠色至黃褐色之條斑，其上有時可見細小的黃色菌泥 (白色箭頭處)。

Fig. 1. The symptoms of dark-green to light brown translucent streak on rice leaves and bacterial oozes (indicated by white arrow) appear on the lesions under humid conditions. Rice cultivars were glutinous rice (A) and 'Tainan 11' (Japonica rice) (B).

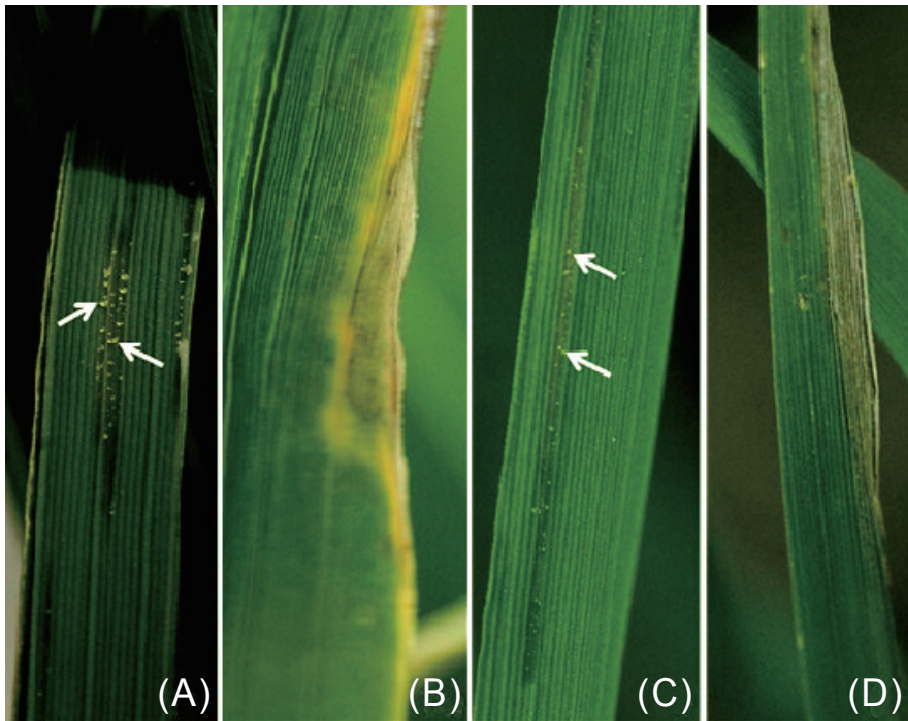


圖 2. 水稻細菌性條斑病在水稻品種「台南 11 號」稈稻上之條斑狀病徵 (A 為自然發生、C 為人工接種) 明顯不同於白葉枯病之典型葉枯型 (灰綠色病斑) 之病徵 (B 為自然發生、D 為人工接種)。白色箭頭處為黃色菌泥。

Fig. 2. Different symptoms between bacterial leaf streak (A and C) and bacterial blight of rice (B and D) on Japonica rice cultivar 'Tainan 11'. (A and B were naturally occurred symptoms in the fields; C and D were the symptoms elicited by spray inoculation; white arrows indicate bacterial oozes).

溶液 (60 s) 進行消毒，隨後以無菌水漂洗 3 次除去組織表面之次氯酸鈉，再用消毒過之剪刀將葉片組織剪成細條狀，並置於無菌水中。經震盪後以移植環沾取懸浮液，劃線於 Wakimoto's medium (WM) 平板 (potato 300 g, Bacto peptone 5 g, sucrose 20 g, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 20 g, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, agar 25 g, distilled water 1,000 mL)，並置室溫 ($26^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$) 下 3 d 後挑取單一菌落再劃線於 WM 平板上，重複 2 次後所取得之菌株即為純化之菌株。將該純化菌株移植至含有 20% Nutrient Broth + 20% glycerol 之保存管中，置於 -80°C 下長期保存。

病原性測定

於溫室栽植 6 個水稻品種，含「台中秈 10 號」('TCS10')、「台中秈糯 1 號」('TCSG1')、「台梗 2 號」('TK2')、「台粳糯 1 號」('TKG1')、

「台南 11 號」('TN11') 及「台農 71 號」('TNG71')，待長出 3–4 片葉後進行人工接種，分別選用從台中 (F)、南投 (H)、雲林 (I) 及台南 (K) 採集得到的 XOCF-7c、XOCH-1、XOCH-2b、XOCI-1c、XOCI-3a 及 XOCK-1b 等 6 個分離菌株做為供試菌株。先將供試菌株從保存管中移植至 WM 平板上，連續移植更新培養兩次以活化病原菌，再使用無菌水製備細菌懸浮液，接種源濃度為 10^8 cfu mL^{-1} ($\text{OD}_{600} = 0.35$)。以噴霧接種法將細菌懸浮液均勻噴佈在水稻葉片正面上進行接種，每處理 4 重複，接種後將植株置入每小時噴霧加濕 15 min 的加濕室中保濕 1 d 再取出，隨後觀察並記錄其病徵。以白葉枯病菌 (*Xoo*) 菌株 XF89b 和無菌水作為對照組，比較病徵差異。再從接種之水稻葉片病斑中分離細菌，並將分離細菌移至含有 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 的培養基，確認該菌無法生長於其

上，與原接種之細菌相同，而對照 *Xoo* XF89b 可以生長於其上，以完成柯霍氏法則。

16S rDNA 定序及鑑定

選取自台中、南投、雲林和台南地區採集得到的 4 個分離菌株 XOCF-6c、XOCH-1、XOCI-3c 及 XOCK-1b，在 Nutrient agar (Difco™) 平板上之單一菌落以 DNeasy plant mini kit (QIAGEN, Hilden, Germany) 抽取 genomic DNA 後，用細菌 16S rDNA universal primers f8-27/r1510 (Lipson & Schmidt 2004) 進行 PCR 增幅，引子濃度約 1.0 mM，分別加入 PCR 各反應物：10 mM dNTPs，1 unit/l *RealTaq* DNA polymerase (Real Biotech Corporation, Taiwan)，以及 5.0 μ L 10 \times PCR 反應緩衝液，總體積為 50 μ L。PCR 增幅條件先以 94 $^{\circ}$ C 反應 5 min，之後進行 94 $^{\circ}$ C 反應 10 s，55 $^{\circ}$ C 反應 30 s，70 $^{\circ}$ C 反應 90 s，共 30 個循環，最後再進行 72 $^{\circ}$ C 反應 5 min，1 個循環。增幅後之產物以 1.0–1.5% agarose 進行電泳分析，將所得之片段進行定序 (sequencing)，再將序列以 NCBI (National Center for Biotechnology Information，美國國家生物科技資料中心) 和 SDSC-Biology Workbench (加州大學之聖地牙哥分校高速電腦中心) 之 BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) 進行序列比對。

病原菌生理生化測定

選取供試菌株 (XOCF-7b、XOCF-8b、XOCF-9b、XOCH-1、XOCI-1a、XOCI-2c、XOCI-3b、XOCI-4a、XOCK-1a 及 XOCK-1b) 和已知的 *Xoo* (XB26、XB30、XF89b、XG19、XG38、XH2、XH24b、XM1、XM30 及 XM42) 等各 10 株，分別於 NA 平板培養基上培養 1–2 d 後，依 Garrity *et al.* (2005) 所述之方式進行各項生理生化測試，測試項目包括：格蘭氏染色 (Gram staining)、氧化/發酵試驗 (O-F test)、King's B 培養基上螢光色素的形成、YDC (Yeast extract-dextrose-CaCO₃) 培養基上的菌落型態、氧化酵素測定 (Oxidase test)、明膠 (Gelatin) 液化能力測定、澱粉水解能力、碳素源 (如 L-Alanine) 的利用等。

台灣水稻品種對細菌性條斑病的抗感性試驗

從推廣良質稻種或曾在台種植面積達前 10 大 (2007–2012) 之水稻品種中，選取梗稻 14 種 [「台南 11 號」(‘TN11’)、「台東 30 號」(‘TT30’)、「台梗 2 號」(‘TK2’)、「台梗 5 號」(‘TK5’)、「台梗 8 號」(‘TK8’)、「台梗 9 號」(‘TK9’)、「台梗 11 號」(‘TK11’)、「台梗 14 號」(‘TK14’)、「台梗 16 號」(‘TK16’)、「台農 71 號」(‘TNG71’)、「高雄 139 號」(‘KH139’) 及「高雄 145 號」(‘KH145’)]，秈稻 2 種 [「台中 10 號」(‘TCS10’) 及「台農秈 22 號」(‘TNGS22’)] 和糯稻 2 種 [「台梗糯 1 號」(‘TKG1’) 及「台中糯 1 號」(‘TCSG1’)] 作為供試品種種植於溫室。待生長至 3–4 片葉時，以噴霧接種法分別接種供試菌株 XOCH-1、XOCI-1c 與 XOCK-1b，接種源濃度為 10⁸ cfu mL⁻¹ (OD₆₀₀ = 0.35)，每處理 4 重複，每一重複 3 棵植株。接種後將植株置入每小時噴霧加濕 15 min 的加濕室中保濕 1 d 再取出，接種後 14 d 調查各品種系之發病率與罹病等級。BLS 之罹病等級採 International Rice Testing Program (1976) 之計算方式，以病斑佔葉面積之百分率為判定依據，無病斑者為 0 級，小於 1% 者為 1 級，1–5% 者為 3 級，6–25% 者為 5 級，25–50% 者為 7 級，大於 50% 者為 9 級。

藥劑感受性試驗

利用濾紙圓盤擴散法 (paper disc diffusion method)，於 WM 平板上測定 10 種殺菌劑在不同濃度下對 *Xoo* 及 *Xoc* 病菌之感受性。以分離自水稻之 6 株供試 *Xoc* 菌株 (XOCF-8b、XOCF-9b、XOCH-1、XOCI-1c、XOCI-3b 及 XOCK-1a)，同時以本研究室確認為 *Xoo* 的 3 株菌株 (XF89b、XM30 及 XM42) 做為比較菌株。所有菌株分別於 WM 斜面培養基上培養 3 d 後，利用無菌水配製成細菌懸浮液 (濃度為 10⁸ cfu mL⁻¹，OD₆₀₀ = 0.35)，並加至約 40 $^{\circ}$ C 之 WM 培養基內，每 100 mL 培養基加入 10 mL 細菌懸浮液，混合均勻後倒成平板，俟培養基凝固後使用。供試藥劑共 10 種：鏈四環黴素 (Streptomycin tetracycline，商品名為枯萎

寧，全台農藥有限公司，10.0% 可溶性粉劑)、鏈黴素 (Streptomycin，商品名為立農黴素，立農化學股份公司，12.5% 溶液)、多保鏈黴素 (Thiophanate methyl + Streptomycin，商品名為克腐，大勝化學工業股份有限公司，68.8% 可濕性粉劑)、嘉賜黴素 (Kasugamycin，商品名為嘉賜米，大勝化學工業股份有限公司，3% 溶液)；含銅類藥劑之鹼性氯化銅 (Copper oxychloride，商品名為健果銅，益欣公司，85.0% 可濕性粉劑)、氫氧化銅 (Copper hydroxide，商品名為克菌多，台灣杜邦股份有限公司，53.8% 水分散性粒劑)、三元硫酸銅 (Tribasic copper sulfate，商品名為銅高尚，台灣日產化工股份有限公司，27.12% 水懸劑)；含鋅錳類藥劑之鋅錳乃浦 (Mancozeb，商品名為萬生-200，台灣杜邦股份有限公司，80% 可濕性粉劑)；混合類藥劑之嘉賜銅 (Kasugamycin + Copper oxychloride，商品名為輕功，大勝化學工業股份有限公司，81.3% 可濕性粉劑)；其他類藥劑之歐索林酸 (Oxolinic acid，商品名為金星，台灣住友化學公司，20% 可濕性粉劑)。分別將各藥劑稀釋成不同倍數 (表 1)，取 0.13 mL 滴於直徑 13 mm 的濾紙圓盤上，每皿放置 3 個含藥之濾紙圓盤，並以含無菌水之濾紙圓盤為對照組。在室溫下培養 3 d 後，測量抑制圈大小，若無抑制圈產生表示此藥劑在所測試的濃度對供試菌株之生長無抑制效果。

溫室藥劑防治試驗

於溫室栽植梗稻品種「台南 11 號」(‘TN11’)，待長 3–4 片葉後進行試驗。分別於接種前 7、3、1 d、接種當天和接種後 1、3、7 d 等 7 個不同時間點施用以下 4 種藥劑：81.3% 嘉賜銅可濕性粉劑 500× 水溶液、80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 1,000× 水溶液、10% 鏈四環黴素水溶性粉劑 1,000× 水溶液和 10% 克枯爛可濕性粉劑 (Tectoftalam，商品名為剋白尾，大勝化學工業股份有限公司) 1,000× 水溶液，其中前兩者為在培養皿中對供試病原菌之生長具有抑菌作用的化學藥劑，後兩者為植物保護手冊推薦用於防治白葉枯病的藥劑，並以

水作為對照，每一處理 4 重複。分別於接種後第 14 d 調查各品種之發病率。

結果

病徵

2007 年首先於南投縣草屯鎮早熟糯稻田區和雲林縣二崙鄉「台南 11 號」梗稻田區發現葉片上可見許多暗綠色或黃褐色之條斑，溼度高時條斑上可見細小的黃色菌泥 (圖 1 右箭頭處)，在「台南 11 號」上可見病斑周圍產生黃暈 (yellow halo)，較嚴重者病斑融合呈橘黃色不規則斑 (圖 1 左)。6 個供試品種皆於接種 3–4 d 後葉面開始出現墨綠色水浸狀小點，隨後受葉脈限制往上下蔓延，呈暗綠色或黃褐色條斑 (圖 2C)，在強光照射下病斑呈半透明狀，溼度高時病斑上常附著許多細小球狀之黃色菌泥 (圖 2C)；‘TK2’ 和 ‘TN11’ 水稻品種上可見病斑周圍有黃暈產生。隨後病斑漸漸變淡褐色，部分病斑會互相融合呈橘黃色不規則斑，最後整葉枯死內捲，葉片呈灰白色，與田間病徵 (圖 1、圖 2A) 相同。

病原性測定

6 個供試菌株分別接種在 6 個供試水稻品種上皆造成條斑狀病徵 (圖 2C)，明顯與 *Xoo* 引起之病徵 (圖 2D) 不同，而與國外報導由不同病原型 *X. oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) 引起之細菌性條斑病 (BLS) 的病徵相似。再採集病斑重做組織分離，亦得到與接種時相同之黃色細菌，並將分離細菌移至含有 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 的培養基，因無法生長於此培養基上，確認該菌與對照之 *Xoo* 不同，此結果與原接種之細菌相同，完成柯霍氏法則。

16S rDNA 定序及鑑定

以對細菌 16S rDNA 具專一性之引子對 f8-27/r1510 進行 PCR 增幅與 DNA 定序分析，再將所得序列以 BLAST 搜尋 NCBI 和 SDSC Biology Workbench database 之相似序列，結果顯示 XOCI-3c 和 XOCF-6c 2 個菌株與 *X. oryzae* pv. *oryzae* 16S rDNA partial sequences (GenBank accession number AP008229.1 for

表 1. 不同稀釋倍數各種農藥之對細菌性條斑病與白葉枯病菌生長之抑制效果。

Table 1. Growth inhibition of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) by various agrochemicals at different dilutions.

Agrochemical ^z	Dilution fold (×)	Inhibition zone (cm in dia.; mean ± SD)	
		<i>Xoc</i>	<i>Xoo</i>
Streptomycin (12.5% SL)	100	1.83 ± 0.25 EFG	2.73 ± 0.22 cd
	200	1.54 ± 0.24 HIJKL	2.53 ± 0.14 e
	400	1.15 ± 0.30 NOPQR	2.09 ± 0.16 gh
Streptomycin + Tetracycline (10% SP)	100	1.98 ± 0.13 DEF	2.14 ± 0.19 gh
	200	1.76 ± 0.13 FGH	1.91 ± 0.12 ijk
	400	1.60 ± 0.12 HIJK	1.73 ± 0.11 jklm
Thiophanate methyl + Streptomycin (68.8% WP)	500	1.53 ± 0.11 HIJKL	1.85 ± 0.09 ljkl
	1,000	1.28 ± 0.16 LMNOPQ	1.69 ± 0.09 klm
	1,500	1.12 ± 0.18 PQR	1.53 ± 0.14 n
Kasugamycin (3% SL)	100	0.11 ± 0.18 T	0.06 ± 0.10 o
	200	0.00 T	0.00 o
	400	0.00 T	0.00 o
Copper oxychloride (85% WP)	1,000	1.80 ± 0.11 FGH	0.00 o
	1,500	1.48 ± 0.17 IJKLM	0.00 o
	2,000	1.29 ± 0.18 LMNOP	0.00 o
Copper hydroxide (53.8% WG)	1,000	1.65 ± 0.13 GHIJ	0.00 o
	1,500	1.49 ± 0.12 IJKLM	0.00 o
	2,000	1.34 ± 0.16 KLMNO	0.00 o
Tribasic copper sulfate (27.12% SC)	1,000	1.13 ± 0.15 OPQR	0.00 o
	1,500	0.92 ± 0.17 S	0.00 o
	2,000	0.79 ± 0.17 S	0.00 o
Mancozeb (80% WP)	1,000	2.46 ± 0.69 ABC	3.18 ± 0.58 a
	1,500	2.36 ± 0.61 BC	2.84 ± 0.42 bcd
	2,000	2.32 ± 0.59 BC	2.94 ± 0.51 bc
Kasugamycin + Copper oxychloride (81.3% WP)	500	2.51 ± 0.31 AB	0.14 ± 0.12 o
	1,000	2.05 ± 0.25 DE	0.00 o
	1,500	1.88 ± 0.31 EFG	0.00 o
Oxolinic acid (20% WP)	1,000	1.57 ± 0.63 HIJK	2.32 ± 0.51 fg
	1,500	1.47 ± 0.62 IJKLM	2.23 ± 0.37 fgh
	2,000	1.39 ± 0.48 JKLMNO	1.82 ± 0.27 ijklm

^z SC: Suspension concentrate; SL: Soluble concentrate; SP: Water soluble powder; WG: Water dispersible granules; WP: Wettable powder.

X. oryzae pv. *oryzae* MAFF 311018, AE013598 for *X. oryzae* pv. *oryzae* KACC10331) 相似度達 97%，可惜當年資料庫中尚未有 *Xoc* 之資料可供比對。之後，再以 XOCH-1 及 XOCK-1b 2 個菌株重新進行定序鑑定，結果顯示 2 個菌株與 *X. oryzae* pv. *oryzicola* 16S rDNA

partial sequences (GenBank accession number CP003057.1 for *X. oryzae* pv. *oryzicola* BLS256) 相似度達 100%。

病原菌生理生化測定

供試之病原菌在生理生化特性方面與 *Xoc*

相近，為革蘭氏陰性，短桿狀，具單一極生鞭毛，為好氣性菌，在 YDC 培養基上可產生黃色色素，於 30°C 培養時產生黏稠狀 (mucoid) 菌落，在 KB 培養基上不產生螢光色素，不具有氧化酶 (oxidase)、過氧化氫酶 (catalase)、尿素酶 (urease) 及硝酸還原活性，可利用 L-Alanine，但無法生長在含有 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 的培養基中 (表 2)。

台灣水稻品種對細菌性條斑病的抗性試驗

16 個供試水稻品種分別接種 3 株供試菌株的結果，如表 3 所示，不同地區採集的菌株在不同品種上的發病程度不一，但可見從草屯採集的 XOCH-1 菌株致病力明顯較從雲林和台南採集的 XOCI-1c 及 XOCK-1b 菌株弱。以梗稻而言，‘TK2’、‘TK8’、‘TK11’、‘TK16’ 和 ‘TN11’ 品種發病率均達 100%，並以 ‘TN11’、‘TK16’ 和 ‘TK11’ 品種接種 3 個供試菌株後的平均罹病等級最高，分別為 3.6、3.3 及 3.2，‘TK16’ 接種 XOCK-1b 後罹病等級甚至達 5.7；

其次為 ‘TK5’、‘TK14’ 和 ‘TNG71’ 品種，發病率均達 90% 以上；‘KH145’ 和 ‘TT30’ 兩品種發病率 41.7% 明顯較其他 12 種低，甚至在接種 XOCH-1 後不發病。2 個秈稻和 2 個糯稻品種均可被供試菌株感染致病，且接種 XOCK-1b 後的罹病等級較其他菌株高，甚至在秈稻品種皆達 4.0 以上，但明顯可見 ‘TKG1’ 品種的發病率 78.3% 較其他 3 個品種低。

藥劑感受性

測試結果顯示，10 種殺菌劑在不同稀釋倍數下，除 3% 嘉賜黴素溶液 200× 與 400× 稀釋液對供試之 6 個 *Xoc* 菌株、3% 嘉賜黴素溶液 100× 稀釋液對 XOCF-9b、XOCH-1、XOCI-3b 及 XOCK-1a 以及歐索林酸處理組對 XOCF-8b 的生長均無抑制效果外，其餘處理對供試 *Xoc* 之生長皆有抑制效果 (表 1)。抑制圈直徑最高可達 3.29 cm (80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 1,000× 稀釋液)，平均抑制效果前 5 大分別為 81.3% 嘉賜銅可濕性粉劑 500× (2.51 cm)、80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 1,000× (2.46 cm)、

表 2. 水稻細菌性條斑病菌與白葉枯病菌之生理生化測試差異。

Table 2. Physiological and biochemical characteristics that differentiate bacterial strains of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*) and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*).

Characteristic	Strain from rice ^z	<i>Xoc</i> ^y	<i>Xoo</i> ^y
Gram stain	- ^x	-	-
Growth in O ₂	Aerobic	Aerobic	Aerobic
Oxidase test	-	-	-
O-F test	Oxidative	Oxidative	Oxidative
Protein hydrolysis	+	+	+
Starch hydrolysis	-	+	+/-
Carbon source utilization			
Glycerol	-	-	-
α -Lactose	-	-	-
Inositol	-	-	-
Trehalose	+	+	+
L-alanine	+	+	-
0.001% $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	-	-	+
Gelatin hydrolysis	-	+	-

^z The tested strains isolated from rice were XOCF-7c, XOCF-8b, XOCF-9b, XOCH-1, XOCI-1a, XOCI-2c, XOCI-3b, XOCI-4a, XOCK-1a, and XOCK-1b.

^y Data are collected from Mew & Misra (1994) and Wu (1995).

^x +: positive reaction; -: negative reaction.

表 3. 16 個台灣水稻品種分別接種 3 株細菌性條斑病菌於 14 d 後的發病率及罹病等級。

Table 3. Disease incidence and disease index of bacterial leaf streak on 16 rice cultivars at 14 days after inoculation with 3 strains of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*.

Rice cultivar ^z	Disease incidence in% (Disease index; mean ± SD) ^y			
	XOCH-1	XOCI-1c	XOCK-1b	Average
Japonica rice				
KH139	87.5 (1.2 ± 0.3)	71.9 (1.5 ± 0.4)	81.3 (1.9 ± 1.0)	80.2 (1.5)
KH145	0.0	50.0 (1.0 ± 0.0)	75.0 (1.2 ± 0.3)	41.7 (1.4)
TK2	100.0 (2.0 ± 1.0)	100.0 (2.0 ± 1.0)	100.0 (3.7 ± 0.9)	100.0 (2.5)
TK5	100.0 (1.9 ± 1.0)	92.9 (1.8 ± 0.9)	100.0 (3.0 ± 0.6)	97.6 (2.2)
TK8	100.0 (1.8 ± 0.9)	100.0 (2.6 ± 0.6)	100.0 (3.5 ± 1.4)	100.0 (2.6)
TK9	87.5 (1.8 ± 0.9)	88.9 (2.5 ± 0.8)	88.9 (3.0 ± 2.0)	88.4 (2.4)
TK11	100.0 (1.8 ± 1.0)	100.0 (3.3 ± 0.8)	100.0 (4.6 ± 0.6)	100.0 (3.2)
TK14	92.3 (1.4 ± 0.6)	82.5 (2.1 ± 1.0)	100.0 (2.3 ± 0.9)	91.6 (1.9)
TK16	100.0 (1.5 ± 0.8)	100.0 (2.6 ± 1.2)	100.0 (5.7 ± 1.3)	10.0 (3.3)
TN11	100.0 (3.5 ± 0.5)	100.0 (4.1 ± 0.5)	100.0 (3.1 ± 0.5)	100.0 (3.6)
TNG71	92.9 (1.7 ± 0.9)	100.0 (2.2 ± 1.0)	92.9 (3.6 ± 1.8)	95.3 (2.5)
TT30	0.0	50.0 (1.5 ± 0.8)	75.0 (1.3 ± 0.6)	41.7 (0.9)
Indica rice				
TCS10	87.5 (1.7 ± 0.9)	100.0 (3.8 ± 0.5)	100.0 (4.0 ± 1.1)	95.8 (3.2)
TNGS22	88.9 (1.8 ± 0.9)	93.8 (2.0 ± 0.9)	100.0 (4.3 ± 1.6)	94.2 (2.7)
Glutinous rice				
TCSG1	76.9 (2.2 ± 1.0)	90.9 (2.2 ± 1.0)	100.0 (3.3 ± 1.4)	89.3 (2.6)
TKG1	75.0 (1.3 ± 0.6)	80.0 (2.2 ± 1.0)	80.0 (1.7 ± 0.9)	78.3 (1.7)
Average	80.5 (1.8)	87.6 (2.3)	93.3 (3.1)	

^z Rice cultivars used for inoculation: KH139: 'Kaohsiung 139'; KH145: 'Kaohsiung 145'; TCS10: 'Taichung sen 10'; TCSG1: 'Taichung sen glutinous 1'; TK2: 'Tai-keng 2'; TK5: 'Tai-keng 5'; TK8: 'Tai-keng 8'; TK9: 'Tai-keng 9'; TK11: 'Tai-keng 11'; TK14: 'Tai-keng 14'; TK16: 'Tai-keng 16'; TKG1: 'Tai-keng glutinous 1'; TN11: 'Tainan 11'; TNG71: 'Tainung 71'; TNGS22: 'Tainung sen 22'; TT30: 'Taitung 30'.

^y Disease rating methods were referred to International Rice Testing Program (1976).

80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 1,500× (2.36 cm)、80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 2,000× (2.32 cm) 和 81.3% 嘉賜銅可濕性粉劑 1,000× (2.05 cm)，效果最差者為 3% 嘉賜黴素溶液處理組，其次為 27.12% 三元硫酸銅水懸劑處理組。對 *Xoo* 而言，含銅類藥劑之鹼性氫氧化銅、氫氧化銅與三元硫酸銅無抑制效果，3% 嘉賜黴素溶液處理組亦僅 100× 稀釋液對 XM42 菌株外無抑制效果，平均抑制效果前 5 大分別為 80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 1,000× (3.18 cm)、80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 2,000× (2.94 cm)、80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 1,500× (2.84 cm)、12.5% 鏈黴素溶液 100× 與 200× 稀釋液 (2.73 cm 和 2.53 cm)。

溫室藥劑防治試驗

當於溫室使用 4 種藥劑進行防治試驗，結果每個處理組的發病率均比對照組 (80% 以上) 低 (表 4)，其中以接種前 3 d 施用鋅錳乃浦、接種前 7 d 及前 1 d 施用嘉賜銅的防治效果最佳，完全不發病。除接種前 3 d 施用嘉賜銅的處理組發病率達 37.5% 外，接種前施用鋅錳乃浦和嘉賜銅明顯比接種後施用的處理組發病率低，發病率為 18.8% 以下，而克枯爛要於接種前 3 d 以上才能達到相同的防治效果；鏈四環黴素於接種當天施用效果最佳，發病率為 12.5%，接種前 7 d 施加之處理組次之。

表 4. 不同藥劑與施用時間對細菌性條斑病之防治效果。

Table 4. Effect of agrochemicals under different treatment times for controlling bacterial leaf streak pathogen in rice.

Days for treatment ^z	Disease incidence (%)				
	Mancozeb 80% WP 1,000×	Kasugamycin + Copper oxychloride 81.3% WP 500×	Streptomycin tetracycline 10% SP 1,000×	Tecloftalam 10% WP 1,000×	CK (Water)
DBI 7	18.8	0.0	18.8	18.8	80.3
DBI 3	0.0	37.5	68.8	6.3	87.3
DBI 1	12.5	0.0	25.0	50.0	81.3
DAI 0	25.0	6.3	12.5	37.5	81.3
DAI 1	56.3	31.3	37.5	31.3	88.8
DAI 3	62.5	37.5	37.5	62.5	87.3
DAI 7	31.3	50.0	75.0	25.0	80.3

^z DBI: Days before inoculation; DAI: Days after inoculation.

討論

筆者 2007 年於南投草屯、雲林二崙陸續發現水稻上出現暗綠色至黃褐色之條斑狀病徵，病斑上有時可見細小的黃色菌泥，從病斑處可分離出類似 *Xoo* 之黃色細菌，經過 16S rDNA 定序比對，結果顯示此病原細菌與 *Xoo* 相似度高達 97% 以上。然此病原細菌接種至供試水稻品種上皆造成條斑狀病徵，明顯與 *Xoo* 引起的典型葉枯型病徵不同，而與國外報導由不同病原型 *Xanthomonas. oryzae* pv. *oryzicola* 引起之 BLS 的病徵相似 (Ou 1985; Wu 1995; Niño-Liu *et al.* 2006; Chen *et al.* 2008)，惜鑑定時資料庫未有 *Xoc* 的序列資料可供比對。之後，再以 X0CH-1 及 X0CK-1b2 個菌株重新進行定序鑑定，結果顯示 2 個菌株與 *Xoc* 相似度達 100%。Swings *et al.* (1990) 曾表示可使用下列方式來區分 *Xoc* 與 *Xoo*：(1) 在水稻上的病徵 (Ou 1985)；(2) 部分生理生化特徵差異 (Vera Cruz *et al.* 1984)；(3) 蛋白質指紋圖譜 (fingerprint) (Vera Cruz *et al.* 1984; Kersters *et al.* 1989)；(4) 脂肪酸組成 (fatty acid profile) (Stead 1989)；以及 (5) 病原型專一單元抗體 (monoclonal antibodies) (Benedict *et al.* 1989)。本試驗的生理生化試驗結果 (表 2)，除不能使明膠液化且無法水解澱粉外皆與 *Xoc* 相近，而與 *Xoo* 不同，且其中該細菌可利用 L-Alanine，但無法生長在含有 Cu(NO₃)₂ 的培養基中，皆為文獻 (Swings *et*

al. 1990; Mew & Misra 1994; Wu 1995; Garrity *et al.* 2005; Chen & Hseu 2013) 中記載 *Xoc* 和 *Xoo* 不同之處。明膠液化與澱粉水解能力結果與文獻不同，其原因可能是供試菌株跟國外菌株之間存有差異，也可能受試驗方法或紀錄結果之日數不一所影響。綜合上述病徵表型、16S rDNA 定序比對及生理生化測定結果，顯示引起台灣水稻早熟糯稻和「台南 11 號」條斑狀病徵的病原細菌為 *X. oryzae* pv. *oryzicola*。筆者目前已在苗栗、台中、彰化、雲林、嘉義、台南、花蓮和台東發現本病害發生，田間已發現的罹病品種有早熟糯稻、「台中秈 17 號」(‘TCS17’)、「台東 31 號」(‘TT31’)、「SA169’、「TCS10’、「TK2’、「TK16’、「TN11’、「TNG67’、「TNG70’、「TNG71’和「TNGS22’，多屬梗稻 (Chen *et al.* 2008; Chen *et al.* 2009)。

由 *Xoc* 所引起之 BLS，早在 1918 年即有文獻報導，當時尚未確認病原菌 (Reinking 1918)，直至 1957 年大陸學者 Fang *et al.* (1957) 將此病害正式命名為細菌性條斑病，病原菌為 *Xanthomonas oryzae*，直至 1990 年才由 Swings *et al.* (1990) 重新命名為 *X. oryzae* pv. *oryzicola*。本病害主要分佈於菲律賓、中國南方地區、泰國、馬來西亞、印度、越南、印尼、西非部分國家等地區 (Ou 1985; Sood & Aggarwal 2002; Niño-Liu *et al.* 2006)。*Xoc* 可危害水稻全生育期，感染水稻劍葉或小花時，造成子房、雄蕊、胚乳呈褐色或黑色壞死，

穎片褐變，進而影響水稻產量 (Shekawat & Srivastava 1972)。據報導 BLS 可造成減產 10–30% 左右，嚴重者甚至可達 60% 以上 (Wu 1995)。在台灣，BLS 主要發生在第 2 期作，直至 2012 年才在花東地區發現第 1 期作為害，於水稻田區呈不均勻分佈，且多與白葉枯病 (BB) 共同為害。本病害的發病條件類似 BB，於高溫多濕、高氮肥的環境下易發生 (Ou 1985; Sood & Aggarwal 2002; Niño-Liu *et al.* 2006)，26–30.5°C 適合發病 (Sood & Aggarwal 2002)，且 *Xoc* 可藉由帶菌種子傳播 (Ou 1985; Sood & Aggarwal 2002; Niño-Liu *et al.* 2006)，BLS 在台灣有可能造成嚴重危害 (Chen & Hseu 2009)。

筆者於溫室測試 16 個台灣水稻品種對 *Xoc* 之感病性，來研判將來 BLS 在台灣可能危害程度，結果發現秈稻、稈稻與糯稻皆感病，但不同地區採集的菌株在不同品種上的發病程度不一。稈稻中 'TK2'、'TK8'、'TK11'、'TK16' 和 'TN11' 品種發病率均達 100%，其次為 'TK5'、'TK14' 和 'TNG71' 水稻品種，平均發病率分別為 97.6、91.6 及 95.3%。'KH145' 和 'TT30' 兩品種發病率 41.7% 明顯較其他 12 種低，甚至接種 XOCK-1 時不發病；2 個秈稻和 2 個糯稻品種均可被供試菌株感染致病，'TKG1' 品種的發病率 78.3% 明顯較低，但 4 個品種接種 XOCK-1b 後的罹病等級較另兩個菌株高。其中 'TK2'、'TN11' 和 'TK8' 同時為良質米推薦品種與 2007–2012 年種植面積前 10 大之品種 (TRIS)，使 BLS 在台嚴重發生具有潛力。Goto (1965) 曾表明水稻品種間的抗感病性差異明顯，認為稈稻較秈稻和糯稻抗病，而 Ou *et al.* (1970) 認為秈、稈稻皆無抗性，本試驗的結果較似後者。然亦有報導指出，同一品種和不同類型與來源的稻種對 BLS 的抗性在不同地區表現有很大的差異 (Zeng & Lin 2003)，這些差異可能與檢測方式 (如供試水稻株齡) 及供試菌株不同有關。本試驗結果亦發現使用不同菌株結果呈現不同的抗性，未來如要進行其他品種的抗性測試時，必須注意供試菌株的選擇。

有關 BLS 的藥劑防治研究較少，多建

議使用 BB 的防治藥劑即可 (Niño-Liu *et al.* 2006)，國外曾報導施用 Vitavax (0.15–3.0%) 可有效防治本病 (Sood & Aggarwal 2002)，大陸學者 Xing & He (2007) 也曾於室內測定新殺細菌劑噻森銅 (Saisentong) 對 *Xoo* 和 *Xoc* 的抑制能力，結果與田間已用來防治 BB 及 BLS 的藥劑噻枯唑 (bismethiazol) 差異不顯著。為提供農民可使用之防治藥劑，筆者從可抑制 *Xoc* 生長的 10 種不同濃度之殺菌劑 (Chen *et al.* 2009) 中選取抑制效果最佳的藥劑嘉賜銅和鋅錳乃浦，與已推薦使用在防治白葉枯病的藥劑鏈四環黴素和克枯爛於溫室進行防治試驗。結果顯示，4 種藥劑均能降低發病率，且接種前施用較接種後施用防治效果佳，其中以接種前 3 d 施用鋅錳乃浦、接種前 7 d 及前 1 d 施用嘉賜銅的防治效果最佳，完全不發病。目前除嘉賜銅未推薦使用在水稻上，田間仍可以使用鏈四環黴素與克枯爛來同時防治本病害及 BB，80% 鋅錳乃浦可濕性粉劑亦已被用來防治水稻稻熱病，使用濃度 (稀釋倍數 500×) 比溫室試驗 (1,000×) 所使用的更高，可以用於田間防治 BLS。除此之外，亦配合清除雜草、病組織翻埋入土中並淹水、勿施用過多氮肥等農事操作，並應注意稻種消毒工作，以降低 BLS 在田間發生之機率 (Faan & Wu 1965; Ou 1985; Lin *et al.* 1995; Chen & Liu 2007; Chen & Hseu 2009)。

引用文獻

- Benedict, A. A., A. M. Alvarez, J. Berestecky, W. Imanaka, C. Y. Mizumoto, L. W. Pollard, T. W. Mew, and C. F. Gonzalez. 1989. Pathovar-specific monoclonal antibodies for *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* and for *Xanthomonas campestris* pv. *oryzicola*. *Phytopathology* 79:322–328.
- Chang, Y. C. 2004. The ecology and control of major diseases of rice in Taiwan. p.75–101. *in*: Proceeding of 2004 Symposium on Rice Health Management. September 8, 2004. Taichung, Taiwan. Agriculture Development Foundation, Taipei. (in Chinese with English abstract)
- Chen, C. G., M. H. Lai, C. P. Li, C. S. Tseng, and H. M. Yen. 2004. Introduction of rice breeding career and property of major varieties in Taiwan. p.33–40. *in*: Proceeding of 2004 Symposium on Rice Health

- Management. September 8, 2004. Taichung, Taiwan. Agriculture Development Foundation, Taipei. (in Chinese with English abstract)
- Chen, C. W. and S. H. Hseu. 2009. Bacterial diseases of rice in Taiwan. p.45–64. *in*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. July 9, 2009. Chiayi, Taiwan. Taiwan Agric. Res. Inst., Taichung. (in Chinese with English abstract)
- Chen, C. W. and S. H. Hseu. 2013. Detection techniques of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *X. oryzae* pv. *oryzicola* and *Burkholderia glumae* from rice. p.47–67. *in*: Proceedings of Special Issue or the Symposium on Important Crop Pathogen Detection and Management. October 18, 2013. Taichung, Taiwan. Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Taichung. (in Chinese with English abstract)
- Chen, C. W., S. H. Hseu, L. J. Hsieh, and Y. C. Chang. 2008. Bacterial leaf streak of rice- a new disease in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 17:82. (in Chinese)
- Chen, C. W., Y. N. Chen, and S. H. Hseu. 2009. The selection of resistance rice varieties and control agrochemicals to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*. *Plant Pathol. Bull.* 18:75. (in Chinese)
- Chen, X. and H. M. Liu. 2007. Effect of treating sick straw on control of bacterial leaf streak of rice. *Plant Doctor* 20:23. (in Chinese)
- Council of Agriculture. 2014. Agricultural Statistics Yearbook 2013. Council of Agriculture Press. Taipei. 345 pp. (in Chinese)
- Faan, H. C. and S. C. Wu. 1965. Field control of bacterial leaf streak (*Xanthomonas oryzae*) of rice in Kwantung. *Acta Phytopath. Sin.* 4:1–6. (in Chinese with English abstract)
- Fang, C. T., H. C. Ren, T. Y. Chen, Y. K. Chu, H. C. Faan, and S. C. Wu. 1957. A comparison of the rice bacterial leaf blight organism with the bacterial leaf streak organisms of rice and *Leersia hexandra* Swartz. *Acta Phytopathol. Sin.* 3:99–124. (in Chinese with English abstract)
- Garrity, G. M., J. A. B. Bell, and T. Lilburn. 2005. Family I. Xanthomonadaceae fam. nov. p.63–90. *in*: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Part B. (Garrity, G. M., ed.) Springer. New York. 1108 pp.
- Goto, M. 1965. Resistance of rice varieties and species of wild rice to bacterial leaf blight and bacterial leaf streak diseases. *Philippine Agr.* 9:329–338.
- International Rice Testing Program. 1976. Standard Evaluation System for Rice. 2nd ed. The International Rice Research Institute. Laguna. 64 pp.
- Kerstens, K., B. Pot, B. Hoste, M. Gillis, and J. De Ley. 1989. Protein electrophoresis and DNA: DNA hybridizations of xanthomonads from grasses and cereals. *Bull. OEPP* 19:51–55.
- Lin, B. R., S. C. Wu, S. H. Huang, L. X. Zeng, X. M. Xu, S. C. Wang, and L. R. Lin. 1995. Study on control rice bacterial leaf streak by seed disinfection and using pesticide at seedling stage. *Guangdong Agric. Sci.* 9:37–39. (in Chinese)
- Lipson, D. A. and S. K. Schmidt. 2004. Seasonal changes in an alpine soil bacterial community in the Colorado Rocky Mountains. *Appl. Environ. Microbiol.* 70:2867–2879.
- Mew, T. W. and J. K. Misra. 1994. A Manual of Rice Seed Health Testing. *Int. Rice Res. Inst. Laguna.* 113 pp.
- Niño-Liu, D. O., P. C. Ronald, and A. Bogdanove. 2006. *Xanthomonas oryzae* pathovars: Model pathogens of a model crop. *Mol. Plant Pathol.* 7:303–324.
- Ou, S. H. 1985. Rice Diseases. Commonwealth Mycological Institute. Surrey. 380 pp.
- Ou, S. H., G. P. Franck, and S. D. Merca. 1970. Varietal resistance to bacterial leaf streak disease of rice. *Philippine Agriculturist* 54:8–32.
- Reinking, O. A. 1918. Philippine economic plant diseases. *Philippine J. Sci.* A 13:165–274.
- Shekawat, G. S. and D. N. Srivastava. 1972. Mode of infection in bacterial leaf streak of rice and histology of the diseased leaf. *Phytopathol. Zeitschrift* 74:84–90.
- Sood, A. K. and P. Aggarwal. 2002. Bacterial diseases of field crops. p.333–337. *in*: Diseases of Field Crops. (Gupta, V. K. and Y. S. Paul, eds.) Indus Publishing Company. New Delhi. 464 pp.
- Stead, D. E. 1989. Grouping of *Xanthomonas campestris* pathovars of cereals and grasses by fatty acid profiling. *Bull. OEPP* 19:57–68.
- Swings, J., M. Van Den Mooter, L. Vauterin, B. Hoste, M. Gillis, T. W. Mew, and K. Kersters. 1990. Reclassification of the causal agents of bacterial blight (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) and bacterial leaf streak (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzicola*) of rice as pathovars of *Xanthomonas oryzae* (ex Ishiyama 1922) sp. nov., nom. rev. *Intl. J. System. Bacteriol.* 40:309–311.
- Taiwan Phytopathological Society. 2002. List of Plant Diseases in Taiwan. Taiwan Phytopathological Society Press. Taichung. 386 pp. (in Chinese)
- Taiwan Rice Information System. 2015. Rice Registered Varieties Database. TRIS. Taichung. <http://210.69.150.233:8080/default.jsp> (visit on 7/6/2009)

- Vera Cruz, C. M., F. Gossele, K. Kersters, P. Segers, M. Van Den Mooter, J. Swings, and J. De Ley. 1984. Differentiation between *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*, *Xanthomonas campestris* pv. *oryzicola* and the bacterial 'brown blotch' pathogen on rice by numerical analysis of phenotypic features and protein gel electrophoregrams. *J. Gen. Microbiol.* 130:2983–2999.
- Wu, S. C. 1995. Bacterial leaf streak of rice. p.25–27. *in: The Pests of Crop in Chinese*. 2nd ed. (Chinese Academy of Agricultural Sciences Institute of Plant Protection, ed.) China Agriculture Press. Beijing. 1306 pp. (in Chinese)
- Xing, J. H. and R. L. He. 2007. Bioactivity of saisentong on rice bacterial blight and bacterial leaf streak disease. *Agrochem. Res. Appl.* 11:31–32.
- Yang, J. L., J. C. Cheng, and S. C. Sheng. 2012. Profile of global rice production and marketing. *Taichung Dist. Agric. Res. Ext. Stat.* 76:4–8. (in Chinese)
- Zeng, J. M. and W. X. Lin. 2003. Research progress on rice bacterial leaf streak and its resistance. *Mol. Plant Breed.* 1:257–263.

Bacterial Leaf Streak of Rice Caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (Fang *et al.*) Swings *et al.* in Taiwan

Chun-Wei Chen^{1,*}, Shiow-Huey Hseu², Yih-Chang Chang³, and Lih-Jiuan Hsieh⁴

Abstract

Chen, C. W., S. H. Hseu, Y. C. Chang, and L. J. Hsieh. 2015. Bacterial leaf streak of rice caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (Fang *et al.*) Swings *et al.* in Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 64(2):109–121.

In 2007, a new disease of rice was found in Nantou and Yunlin Counties in Taiwan. The symptoms exhibited dark-green to light brown translucent streak on rice leaf, and bacterial oozes appear on the lesions under humid conditions. This disease was later found in Miaoli, Taichung, Changhua, Chiayi, Tainan, Huailien, and Taitung Counties in Taiwan. Results from 16S rDNA sequencing and comparison revealed that the nucleotide sequences shared 97% similarity with the ones of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*), and 100% similarity with *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* BLS256. Based on the symptoms and pathological studies, 16S rDNA sequencing, and physiological and biochemical analyses, the pathogen was identified as *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (*Xoc*). The susceptibility of rice cultivars to bacterial leaf streak (BLS) were tested in greenhouse. Sixteen rice cultivars were susceptible, but the disease incidence and index were different when inoculating with different *Xoc* strains. The virulence of *Xoc* strains XOCH-1 (disease index was 1.8) was lower than XOCI-1c (2.3) and XOCK-1b (3.1). The disease incidence of rice cultivars ‘Taikeng 2’, ‘Taikeng 8’, ‘Taikeng 11’, ‘Taikeng 16’ and ‘Tainan 11’ were 100%. Among them, the highest disease index was 3.6 for ‘Tainan 11’ and was 3.3 for ‘Taikeng 16’. The disease incidence of ‘Kaohsiung 145’ (41.7%), ‘Taitung 30’ (41.7%) and ‘Taikeng glutinous 1’ (78.3%) were lower than the other thirteen cultivars. Besides, ten commercial agrochemicals were tested and results showed that they can almost inhibit the growth of all tested *Xoc* strains. Among those, four agrochemicals could control BLS disease in greenhouse, especially spraying Mancozeb and Kasugamycin + Copper oxychloride before inoculation.

Key words: Rice, Bacterial leaf streak, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, Chemical control.

Received: July 31, 2014; Accepted: December 15, 2014.

* Corresponding author, e-mail: chunwei@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Research Fellow and Head, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

³ Former Associate Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

⁴ Former Technical Specialist, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.