

## 瓜類細菌性果斑病：病原菌檢測與病害管理

曾國欽<sup>1,5</sup>、呂昫陞<sup>1,2</sup>、鄭安秀<sup>3</sup>、黃德昌<sup>4</sup>、徐世典<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 台中市 國立中興大學植物病理學系

<sup>2</sup> 台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業試驗所植物病理組

<sup>3</sup> 台南縣新化鎮 行政院農業委員會臺南區農業改良場

<sup>4</sup> 屏東縣長治鄉 行政院農業委員會高雄區農業改良場

<sup>5</sup> 聯絡作者，電子郵件信箱：kctzeng@nchu.edu.tw

### 摘 要

瓜類細菌性果斑病 (Bacterial fruit blotch of cucurbits) 由 *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* 所引起。在台灣瓜類細菌性果斑病菌可感染西瓜、甜瓜及苦瓜等瓜類作物外，亦可感染茛苳葉；其病徵隨寄主種類或品系之不同而有差異。此病菌之最初感染源主要為帶菌之種子與種苗，病原菌於種子發芽時入侵子葉呈現水浸狀斑點，病斑上泌出之細菌藉由噴灌之水飛濺至附近健康之種苗，此外亦可經由嫁接無病徵帶菌接穗傳播。溫暖潮溼多雨環境，有利於果斑病於田間之發生。果斑病菌可由氣孔或傷口感染果實，成熟之果實表面為臘質覆蓋，因此幼果常較成熟果實感病。瓜類細菌性果斑病菌為國際瓜類產業重視之病原細菌，準確、靈敏、快速之檢測技術，為生產瓜類健康種子(苗)及防範病害發生之重要關鍵技術。栽種未帶菌之種子、種苗為防範本病害發生之重要措施；必要時以1%稀鹽酸、81.3%嘉賜銅可濕性粉劑或10%鏈四環黴素處理帶菌種子可降低發病率；重視田間衛生，發現可疑病葉病果應立即清除，降低病害蔓延；採用隧道栽培，可減少雨水飛濺造成病原細菌之散播。

**關鍵詞：**瓜類細菌性果斑病、瓜類細菌性果斑病菌、種媒病害

## 緒 言

瓜類細菌性果斑病 (Bacterial fruit blotch of cucurbits) 由 *Acidovorax avenae* subsp. *avenae citrulli* (原名 *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*) 所引起<sup>(23, 29)</sup>。於 1969 年本病害最早發生於美國佛羅里達州西瓜田，由於病害發生並不嚴重而未受到重視。直到 1989 年此病害相繼發生於美國佛羅里達州，南卡羅來納州及印地安那州等地，以及美國西瓜栽培地區亦陸續發生，使得美國西瓜產業遭受嚴重損失，更引起種子公司與西瓜栽培業者間之司法訴訟，使本病害受各界之重視<sup>(19)</sup>。瓜類細菌性果斑病菌除了危害西瓜外還可以危害甜瓜、苦瓜及南瓜等瓜類作物<sup>(16, 18, 20)</sup>。於 1992~1993 年間在台灣曾發生類似之病害，然農民以疫病或炭疽病視之，直至 1994 年高屏大橋下西瓜田及各地區相繼發生本病害，造成嚴重損失而受重視，經診斷鑑定證實為細菌性果斑病菌所引起，此後在台東、花蓮、雲林、嘉義、台中、苗栗、及宜蘭等地亦有此病害發生<sup>(4)</sup>。在台灣發病嚴重之瓜田罹病率可達 60% 以上，受感染之瓜類作物主要有西瓜、甜瓜與苦瓜等，造成農民損失甚鉅<sup>(4, 6, 7)</sup>。瓜類細菌性果斑病菌為我國檢疫病原之一，此病菌主要經種子傳播<sup>(8, 15, 21, 25)</sup>，為防止病菌之入侵及擴散，準確、快速地檢測種子帶菌情形實為防範本病害之重要關鍵，本文將針對瓜類細菌性果斑病菌之特性、檢測技術與病害管理策略等進行介紹。

## 瓜類細菌性果斑病菌之特性與分類

### 瓜類細菌性果斑病菌之分類

瓜類細菌性果斑病菌最初在 1978 年首次發現時被定名為 *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*，屬於非螢光之 *Pseudomonas*<sup>(23)</sup>，之後 Willems 等人<sup>(29)</sup>將其重新命名為 *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*，而 Schaad 等人<sup>(22)</sup>依據 DNA 雜合、脂肪酸圖譜分析與內轉錄區間序列分析之結果，將其自亞種提升為種並定名為 *A. citrulli*，然目前此學名尚未被廣泛使用，在國際間仍以 *A. avenae* subsp. *citrulli* 為瓜類細菌性果斑病菌最常使用之學名。

### 瓜類細菌性果斑病菌之生理生化特性

瓜類細菌性果斑病菌為革蘭氏陰性好氣菌，可在 41°C 生長，無法利用葡萄糖作為唯一的碳素源，在 king's B 培養基上為非螢光性，具有解脂作用 (lipolytic activity)，能引起菸草葉片之過敏性反應 (hypersensitivity reaction)，明膠 (gelatin) 水解反應較弱或延遲，不具精氨酸二水解酵素 (arginine dihydrolase)，在 crystal violet pectate (CVP) 培養基上不引起凹陷，不水解澱粉 (starch hydrolysis)，在石蕊牛奶測試中呈鹼性並有沉澱物產生，可利用 sodium citrate, ethanol, ethanolamine, citraconate, adipate, D-sorbitol,  $\beta$ -alanine, L-arabinose, D-galactose, D-ribose, DL-tartrate, 2-ketoglutarate 等碳素源，但對 L-histidine, L-threonine 與 D-mannitol 則不會利用<sup>(22, 29)</sup>。

### 瓜類細菌性果斑病菌菌株之差異性

Walcott 等人<sup>(28)</sup>依據 DNA 指紋圖譜分析、脂肪酸圖譜分析、碳素源利用與病原性之差異，將瓜類細菌性果斑病菌區分為兩群，其中 group I 主要來自非西瓜寄主所分離之菌株，而 group II 則主要由西瓜種苗與果實所分離之菌株，此兩群菌株在病原性上亦存在有差異，其中 group I 菌株在非西瓜寄主上之毒力較 group II 菌株強，反之 group II 菌株在西瓜上之毒力較強；在台灣分離之瓜類細菌性果斑病菌以 RAPD 技術進行 DNA 指紋圖譜分析，可將供試菌株分為 R1 與 R2 兩群，其中 R1 菌株主要來自西瓜之菌株，而 R2 菌株則主要來自甜瓜之菌株，而苦瓜之菌株係歸屬於 R2 之中；以 Biolog 系統進行碳素源分析，可將台灣果斑病菌菌株區分為 B1、B2 與 B3 三群，其中 B1 群菌株主要來自於西瓜之菌株，B2 群菌株則主要分離自甜瓜，B3 之菌株則主要為苦瓜之菌株<sup>(10)</sup>。

### 瓜類細菌性果斑病菌之寄主與病徵

瓜類細菌性果斑病菌田間寄主主要為西瓜、甜瓜，但其他瓜類作物如胡瓜<sup>(20)</sup>、矮南瓜與南瓜<sup>(18)</sup>皆為其寄主，在台灣之田間寄主除了西瓜與甜瓜

外，還包括苦瓜與胡椒科之莖葉<sup>(11)</sup>。本病害之病徵依其所感染之寄主不同而有所差異，其中西瓜於苗期受感染時，子葉和真葉初期呈現水浸狀斑點，後為褐色壞疽斑，當胚軸部分受到感染時，則可引起幼苗倒伏死亡，易被誤判為疫病菌所引起。於成株時，罹病植株真葉呈現褐色病斑，然相對溼度高時，病斑可沿葉脈中肋擴展。西瓜果實受害時，果皮朝上表面出現水浸狀小斑點，逐漸擴大成為不規則的橄欖色水浸狀塊斑<sup>(4, 17)</sup>。罹病初期病組織只侷限在果皮，內部果肉組織正常，後期罹病的果實表皮常有龜裂現象，內部伴隨腐生菌的入侵使果實腐爛<sup>(19)</sup>。甜瓜苗期受瓜類細菌性果斑病菌感染時，病徵與西瓜相似，成株真葉受感染時，亦會出現褐色病斑，高溼度時病斑上可見乳白色菌泥溢出，葉部病斑處後期常破裂。光滑表皮之甜瓜果實病徵與西瓜果實上之病徵類似，常呈現大型不規則的橄欖色水浸狀塊斑，在網紋洋香瓜品系之罹病果實，表面則呈現凹陷之褐色壞疽斑，病斑不會擴大，病斑附近之內部果肉呈現褐色壞疽情形<sup>(4, 7, 16)</sup>。瓜類細菌性果斑病菌感染苦瓜時，罹病葉片呈現褐色壞疽病斑，罹病之果實表面則呈現水浸狀褐色病斑，溼度高時可逐漸擴大<sup>(7)</sup>。

### 瓜類細菌性果斑病菌之生態特性

瓜類細菌性果斑病菌可殘存於種子內部及表面，且其存活能力甚強，經4~5°C冷藏與-18°C冷凍儲存計34~40年之甜瓜與西瓜種子，仍具致病力<sup>(9)</sup>，而帶菌之種子為本病害之主要初次感染源<sup>(15, 21, 25)</sup>，病原菌於種子發芽時入侵子葉呈現水浸狀斑點，再藉雨水或噴灌之水飛濺，由少數之罹病幼苗散播。帶菌之幼苗移植於田間後，可再藉雨水或灌溉水而將病原菌散播於田間<sup>(21)</sup>；本病害之發生受環境因子影響甚巨，在高溫多濕環境下，本病害發生較為嚴重，且罹病組織常可泌出菌泥，因而成為田間重要之感染源。果斑病菌可經由氣孔和傷口侵入植株，然成熟之瓜果表面常會被臘質所覆蓋，因此幼果較成熟果實較為感病。瓜類細菌性果斑病菌之感染源除帶菌種子外，罹病果實於田間腐爛時，殘留於田間之帶菌種子所長出自生瓜苗與罹病植株殘體及葫蘆科野生植物等，皆可成為田間之感染源<sup>(8, 13, 21)</sup>。

## 瓜類細菌性果斑病菌之種子檢測技術

植物病原細菌之種子檢測可藉由種子長出試驗<sup>(13)</sup>、選擇性培養基<sup>(12, 24)</sup>、血清學技術<sup>(1)</sup>、核酸探針及聚合酵素連鎖反應<sup>(2, 3, 5, 27)</sup>等技術進行，其中以種子長出試驗技術可有效檢測出具有病原性之細菌，因此許多種子檢測機構目前仍以此測驗為主要測試項目。由於種子長出試驗相當耗費人力與物力<sup>(13)</sup>，因此種子檢測機構常利用選擇性培養基或血清學技術作為初步之檢測方式<sup>(13, 24)</sup>，近年來核酸檢測技術之發展，因此許多以 PCR 技術為基礎之檢測技術相繼問世，此些技術不僅具有極高之靈敏度並可縮短檢測所需耗費之時間，然目前尚未有相關PCR檢測技術被國際種子檢查協會所認證，因此目前瓜類細菌性果斑病菌之主要檢測方式仍以種子長出試驗、選擇性培養基與血清學技術作為其主要種子檢測方式，茲將各類種子檢測技術簡述如下：

### 種子長出試驗

種子長出試驗係將種子播種於滅菌之介質中，並將其放置於相對溼度高於70%且溫度介於24~35°C之環境，以滴灌取代頂灌以避免飛濺導致病菌散播，待種子發芽長出子葉與真葉後，觀察有無罹病之植株，然此方式每批測試種子數量約需10,000~30,000顆或10%之種子數，因此所需耗費之人力與物力極大，且需較長之檢測時間(約21天)，然此方法準確度高，可檢測出具病原性之果斑病菌<sup>(13)</sup>。

### 選擇性培養基

選擇性培養基係可將瓜類細菌性果斑病菌與其他植物病原細菌進行區分之工具，目前常用之選擇性培養基包含 WFP68<sup>(12)</sup>、WFP68M<sup>(5)</sup>與 AacSM<sup>(24)</sup>等，其中 WFP68 係利用果斑病菌具有 lipase 可將脂質分解之能力，因此果斑病菌可在此培養基上形成白色之沉澱，但由於 WFP68 之選擇性較差，因此楊氏進一步開發 WFP68M，並在其中添加 25ppm cefoperazone、10ppm ceftriaxone 及 25pp piperacillin 三種抗生素，因此可有效增加其選擇性<sup>(5)</sup>；此

外 AacSM 為日本所開發出之果斑病菌選擇性培養基，日本當地利用此選擇性培養基配合塑膠袋種子發芽技術可有效檢測瓜類細菌性果斑病菌之存在<sup>(24)</sup>，然選擇性培養基之效能常因不同地區之微生物相不同而受影響。

### 血清學技術

血清學技術已廣泛應用於多種植物病原細菌之種子檢測上，在美國亦有許多公司開發有可供快速檢測瓜類細菌性果斑病菌之 ELISA 或 strip 套組，例如：Flashkit® Agdia Inc., USA，在台灣王氏與鄭氏等人<sup>(1)</sup>亦製備出果斑病菌之多元抗體，利用此一抗體可有效檢測台灣地區之瓜類果斑病菌，以免疫擴散反應測試結果顯示此抗血清與西瓜、甜瓜和苦瓜所分離之 *A. avenae* subsp. *citrulli* 菌株皆可形成兩條明顯之反應帶，然此抗血清與供試之柑橘潰瘍病菌 (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* XW4)、甘藍黑腐病菌 (*X. campestris* pv. *campestris* XCH4)、青蔥軟腐病菌 (*Pectobacterium chrysanthemi* Brs4)、洋蔥軟腐病菌 (*P. carotovorum* subsp. *carotovorum* Bsr9)、芒果黑斑病菌 (*X. campestris* pv. *mangiferaeindicae* XCM25-1) 及其他種之植物病原細菌，皆無法形成任何之反應帶。以間接 ELISA 及雙層夾心式酵素聯結抗體檢測法 (double antibody sandwich enzyme linked immunosorbent assay, DAS-ELISA) 測試結果顯示，其靈敏度分別為  $10^4$  和  $10^5$  cfu/ml。

### 核酸檢測技術

目前 PCR 技術為最廣泛被應用植物病原細菌檢測之核酸技術，而針對瓜類細菌性果斑病菌，目前已有多組引子被開發如：SL1/SR1<sup>(2)</sup>、SEQID4/SEQID5、WFB1/WFB2、Seminis WFB1/Seminis WFB2，其中，引子對 SL1/SR1 及 SEQID4/SEQID5 對 *A. avenae* subsp. *citrulli* 具有較佳之專一性，而引子對 WFB1/WFB2 及 Seminis WFB1/Seminis WFB2 之專一性較低，對 *Acidovorax* 屬其他種病原細菌亦有反應條帶出現；靈敏度測試之結果顯示 SL1/SR1 之測試靈敏度最佳可達 1 pg，SEQID4/SEQID5 之靈敏度為

50 pg，WFB1/WFB2 之靈敏度為 5 pg，而 Seminis WFB1/Seminis WFB2 之靈敏度為 5 pg。此外為增強應用 PCR 技術檢測瓜類細菌性果斑病菌之效能，因此許多相關技術相繼開發，例如 BIO-PCR、IMS-PCR（Immunomagnetic separation and polymearse chain reaction）與 real-time PCR 等，BIO-PCR 即是利用選擇性培養基先對種子所帶之果斑病菌進行增量培養，之後再進行 PCR 反應，如此即可提升檢測之效率，然此技術需經過一天之增量培養因此其所需之時間較長；IMS-PCR 則是結合免疫磁珠分離法與聚合酵素連鎖反應則可將其靈敏度提高。其原理係將磁珠（magnetic bead）與細菌性果斑病菌之抗體聯結後，利用此磁珠吸附樣品中之細菌性果斑病菌，再以磁力濃縮機（magnetic particle concentrator）收集吸附有細菌性果斑病菌之磁珠，再進行 PCR 反應，此方法可去除樣品中 PCR 之干擾物質，並可增加其偵測靈敏度<sup>(27)</sup>。IMS-PCR 在瓜類種子中細菌性果斑病菌之檢測上，具有實際應用之潛力<sup>(27)</sup>。Real-time PCR 技術則是利用螢光訊號進行檢測，並利用核酸探針增加其專一性，因此可在短時間內準確檢測出果斑病菌，且靈敏度可達 10 pg，以此技術對天然帶菌種子檢測，亦可在 Ct 值約為 30 時出現檢測之訊號，此外 real-time PCR 技術除可有效檢測果斑病菌外，還可針對果斑病菌進行定量，因此還可作為監測果斑病菌在田間族群之重要工具<sup>(3)</sup>。

## 病害管理

瓜類細菌性果斑病菌對瓜類產業具有重大之威脅，此病害之發生常受環境因子及栽培管理等之影響，茲將瓜類細菌性果斑病之管理策略說明如下：

### 慎選栽植區域與種子、種苗

瓜類細菌性果斑病菌在環境之殘存能力較差，但在有罹病組織之環境下或種子上其殘存能力甚強，在種子上之殘存甚至可達 30~40 年之久<sup>(9)</sup>，帶菌種子為本病害主要之最初感染源，所以要防治本病害首先即要針對種植區域進行選擇，盡量避免栽植於果斑病罹病田附近，以避免田間殘留之病

原菌感染新種植之瓜類作物，此外使用之種子種苗應經過檢測，避免使用來源不明或可能帶菌之種子，如此方可避免病原菌入侵栽培區域<sup>(26)</sup>。

### 注意田間衛生

瓜類細菌性果斑病菌可在瓜類作物雜草上殘存然不顯現病徵，因此在田間管理時應注意田間環境之管理，適時清除田間雜草，當環境中發現有疑似罹病之植株時，應盡速將其去除，以避免成為田間之二次感染源，使病害迅速擴大<sup>(26)</sup>。

### 改善灌溉方式與避免雨水飛濺

瓜類細菌性果斑病菌可藉由風雨在田間散播，因此避免雨水飛濺成為其相當重要之管理策略，但在田間許多業者常使用頂灌方式澆水，而此方式所造成之飛濺不亞於雨水之影響，因此建議應改利用滴灌之方式來減少雨水飛濺，此外在大雨過後或灌溉過後應避免人為操作將病原菌進行散佈，而若能利用隧道式栽培之模式可有效降低雨水飛濺，而降低瓜類細菌果斑病菌在田間之散播機會。

### 化學防治與種子處理

利用10%鏈四環黴素與嘉賜銅(81.3%)等藥劑對瓜類細菌性果斑病菌皆有抑制效果，因此可利用此些藥劑進行種子之消毒<sup>(6)</sup>，此外利用漂白水、50 ppm 二氧化氯與 1%稀鹽酸浸泡種子亦可達到種子消毒之效果<sup>(14)</sup>。

## 結 論

瓜類細菌性果斑病菌為國際瓜類產業重視之重要植物病原細菌。種子公司與種苗生產業者於生產瓜類種子種苗流程中，應重視瓜類細菌性果斑病之管理，以生產高品質之瓜類種子種苗。研發準確、靈敏、快速之檢測技術，為生產瓜類健康種子(苗)及防範病害發生之重要技術。結合應用不



同之檢測技術可提高瓜類細菌性果斑病之檢測靈敏度。此外瓜類細菌性果斑病可藉由病害管理降低病害之發生。本文內容可作為種子公司與種苗生產業者參考之用，以減少瓜類果斑病菌所造成之危害。

## 引用文獻

1. 王惠亮、鄭安秀。2001。瓜類細菌性果斑病菌血清偵測技術之研發。植病會刊 10：129-138。
2. 宋秉峰。1999。鑑定及偵測瓜類細菌性果斑病菌之聚合酵素連鎖反應技術。國立中興大學碩士論文。
3. 宋秉峰、呂昫陞、朱家慶、徐世典、曾國欽。2008。瓜類細菌性果斑病菌 SYBR Green real-time PCR 檢測技術之開發。植病會刊 17:81。
4. 唐致仁。1997。西瓜細菌性果斑病菌之研究。國立中興大學碩士論文
5. 楊文仁。2001。西瓜及甜瓜種子上細菌性果斑病菌之偵測。國立中興大學碩士論文。
6. 鄭安秀、許瑛玲、黃德昌、王惠亮。2000。甜瓜對細菌性果斑病菌之感受性及果斑病之防治。植病會刊 9：151-156。
7. 鄭安秀、黃德昌。1998。 *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* 引起的甜瓜和苦瓜細菌性果斑病。植病會刊 7：216。
8. Bahar, O., Kritzman, G., and Burdman, S. 2009. Bacterial fruit blotch of melon: screens for disease tolerance and role of seed transmission in pathogenicity. *Europ. J. Plant Pathol.* 123:71-83.
9. Block, C. C., and Shepherd, L. M. 2009. Long-term survival and seed transmission of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in melon and watermelon seed. *Phytopathology* 99:S119.
10. Chen, M. S. 2003. Genetic diversity of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in Taiwan. Master thesis. Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University. Taichung, Taiwan.
11. Deng, W. L., Huang, T. C., and Tsai, Y. C. 2010. First report of *Acidovorax*

- avenae* subsp. *citrulli* as the causal agent of bacterial leaf blight of betelvine in Taiwan. *Plant Dis.* 94:1065-1065.
12. Gitaitis, R. D. 1993. Development of a semiselective medium for *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, causal agent of watermelon fruit blotch. Dept. of Plant Pathology, University of Georgia, Coastal Plain Experiment Station, Tifton, GA 31793-0748, USA.
  13. Gitaitis, R. D., and Walcott, R. R. 2007. The epidemiology and management of seedborne bacterial diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 45:371-397.
  14. Hopkins, D. L. 1991. Control of bacterial fruit blotch of watermelon with cupric hydroxide. *Phytopathology* 81:1228.
  15. Hopkins, D. L., and Thompson, C. M. 2002. Seed transmission of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in cucurbits. *Hortscience* 37:924-926.
  16. Isakeit, T., Black, M. C., Barnes, L. W., and Jones, J. B. 1997. First report of infection of honeydew with *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Plant Dis.* 81:694-694.
  17. Isakeit, T., Black, M. C., and Jones, J. B. 1998. Natural infection of citron melon with *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Plant Dis.* 82:351-351.
  18. Langston, D. B., Walcott, R. D., Gitaitis, R. D., and Sanders, F. H. 1999. First report of a fruit rot of pumpkin caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in Georgia. *Plant Dis.* 83:199-199.
  19. Latin, R. X., and Hopkins, D. L. 1995. Bacterial fruit blotch of watermelon: the hypothetical exam question becomes reality. *Plant Dis.* 79:761-765.
  20. Martin, H. L., O'Brien, R. G., and Abbott, D. V. 1999. First report of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* as a pathogen of cucumber. *Plant Dis.* 83:965-965.
  21. Rane, K., and Latin, R. X. 1992. Bacterial fruit blotch of watermelon: association of the pathogen with seed. *Plant Dis.* 76:509-512.
  22. Schaad, N. W., Postnikova, E., Sechler, A., Clafin, L. E., Vidaver, A. K.,

- Jones, J. B., Agarkova, I., Ignatov, A., Dickstein, E., and Ramundo, B. A. 2008. Reclassification of subspecies of *Acidovorax avenae* as *A. avenae* (Manns 1905) emend., *A. cattleyae* (Pavarino, 1911) comb. nov., *A. citrulli* (Schaad et al., 1978) comb. nov., and proposal of *A. oryzae* sp. nov. *Syst. and Appl. Microbiol.* 31: 434-446.
23. Schaad, N. W., Sowell, G., Goth, R. W., Colwell, R. R., and Webb, R. E. 1978. *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* subsp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 28:117-125.
24. Shirakawa, T., Aizawa, M., Komiya, Y., and Abiko, K. 2000. Development of semiselective medium for isolation and detection of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* from seeds and plant materials. (Abstr.) *Jpn. J. Phytopathol.* 66:132.
25. Sowell, J. G., and Schaad, N. W. 1979. *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli* on watermelon: seed transmission and resistance of plant introductions. *Plant Dis.* 63:437-441.
26. Walcott, R. R. 2008. Integrated pest management of bacterial fruit blotch of cucurbits. Pages 191-209 in: *Integrated management of diseases caused by fungi, phytoplasma and bacteria*, A. Ciancio and K. G. Mukerji, eds. Springer Netherlands.
27. Walcott, R. R., and Gitaitis, R. D. 2000. Detection of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in watermelon seed using immunomagnetic separation and the polymerase chain reaction. *Plant Dis.* 84:470-474.
28. Walcott, R. R., Langston, D. B., Sanders, F. H., and Gitaitis, R. D. 2000. Investigating intraspecific variation of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* using DNA fingerprinting and whole cell fatty acid analysis. *Phytopathology* 90:191-196.
29. Willems, A., Goor, M., Thielemans, S., Gillis, M., Kersters, K., Ley, J. D., and De Ley, J. 1992. Transfer of several phytopathogenic *Pseudomonas* species to *Acidovorax* as *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* subsp. nov.,

comb. nov., *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Acidovorax avenae* subsp. *cattleyae*, and *Acidovorax konjaci*. Int. J. Syst. Bact. 42:107-119.