

台灣植物青枯病菌之生態與防治

徐世典

台中市國立中興大學植物病理學系

摘要

徐世典 1991 台灣植物青枯病菌之生態與防治 植保會刊 33:72 ~ 79

由 *Pseudomonas solanacearum* 引起的青枯病是植物最嚴重的細菌性病害之一，在台灣已記載被本病為害的作物計有番茄、煙草、馬鈴薯、甜椒、茄子、落花生、天堂鳥花、草莓、紫蘇、蓖麻、胡麻等，最近在蘿蔔、康富利及番荔枝上也被證實有本病的發生。台灣存在的青枯病菌菌株目前已知者都屬於 race 1，但其中可分為數種病原型；生化型則屬於 biovar 3 或 biovar 4，極少數菌株為 biovar 2。青枯病在夏季或高溫多濕季節發生嚴重，而冬季較少發生。土壤濕度高利於發病，濕度低病害輕微。土壤質地與病害發生無密切關係，但台灣有多處土壤為抑菌土及抑病土。青枯病菌在土壤中的存活受土壤因子的影響，潮濕土壤適合其存活，而乾燥及淹水土壤不利其生存，酸性土壤也較不適宜。如以田間傳播方式造成發病率的不同來分，台灣的青枯病有三種類型。第一類為茄科等大多數植物上的青枯病，主要以土壤傳播式的方法而引起，土壤中病菌的濃度及分佈決定田間的發病率；第二類為草莓上的青枯病，主要經由帶病菌的移植苗傳播而造成，幼苗帶菌率的高低決定田間病害發生的程度；第三類為紫蘇上的青枯病，主要藉著機械傳播式而引起，病菌經採收機械由病株迅速蔓延於大面積的健株上。青枯病有多種可行及正待發展的防治方法，包括抗病育種、抗病根砧嫁接、施用土壤添加物、輪作、生物防治、使用健康種苗、農具消毒及其他耕作措施，但為因應上述傳播方式之不同，施用於某一特定作物上的防治策略之重點應有所差異。

(關鍵字：青枯病、青枯病菌、寄主植物、菌系、存活、傳播、環境因子、防治)

緒言

由青枯病菌 (*Pseudomonas solanacearum* (Smith) Smith) 引起的青枯病 (bacterial wilt) 是植物最重要的細菌性病害之一^(19,34)。本病發生在二百多種植物上，造成罹病植物的萎凋枯死，對農作物的生產損失甚鉅⁽³⁴⁾。本病分佈也很廣，熱帶及亞熱帶地區尤易發生。台灣氣候高溫多濕，適合青枯病發生，多種經濟作物受其為害，常為作物栽培上的限制因子。青枯病

菌雖能感染為數眾多的植物，但病害發生本質及病菌生態特性可能因植物種類、病菌菌系及發生地區的不同而有所差異^(18,19,27)。為解決本病的為害，首須對特定地區的病害及其病菌族群有詳細瞭解後，才能研擬有效防治對策。本文就十數年來在台灣所做的研究結果，作一綜合論述。

分佈及寄主植物

青枯病分佈廣泛，遍及熱帶、亞熱帶及溫

暖的溫帶地區⁽³⁴⁾。在台灣，各栽培地區都會發生，中南部尤其普遍⁽³⁾。青枯病菌的寄主範圍也很廣，已記載的寄主包括 30 多科 200 多種植物⁽³⁴⁾，但病菌菌株間的寄主範圍差異很大，有些菌株能感染多種植物，而有些菌株則僅侵害少數特定的植物⁽¹⁹⁾。在台灣田間自然發生被為害的植物，迄今已知者共有番茄、煙草、馬鈴薯、甜椒、茄子、落花生、天堂鳥花、草莓、紫蘇、蓖麻及胡麻^(3,7,8,13,17,32)，最近中部栽培的蘿蔔、康富利及東部的番荔枝也被證實有本病的發生（徐、曾、黃等人，尚未發表資料）。在這些寄主中，蓖麻及胡麻上的青枯病係於 1944 年記載⁽¹⁷⁾，但由於這二種植物已不再或很少種植，至少 20 年來未曾有病害發生的報告。

病菌菌系

青枯病菌是一種複合種類，具有多種菌系，目前廣用於界定菌系的系統主要有二種。一為 Buddenhagen 等人⁽²⁰⁾提出依病菌菌株的來源及寄主範圍而區分的生理小種（race）系統，另一為 Hayward⁽²⁶⁾創議依病菌菌株的生理生化特性，特別是氧化六種碳水化合物產酸能力的差異而區分的生化型或生物型（biovar）系統。根據 Buddenhagen 等人⁽²⁰⁾，青枯病菌有三種生理小種存在，race 1 菌株感染番茄、煙草等茄科及其他多種植物，race 2 菌株侵害三倍體香蕉及赫蕉（*Heliconias*），race 3 菌株主要為害馬鈴薯及番茄，而在其他茄科植物上的病原性微弱。隨後的研究又發現另外二種生理小種，一為在菲律賓由薑上分離的某些菌株屬之，另一為在中國大陸由桑樹上分離的菌株屬之，因這二類菌株的病原性與上述已知的三種生理小種者不同而被認為是新生理小種^(18,28)。每一生理小種，尤其是 race 1 菌株中，仍有病原性或寄主範圍的差異存在，在各地區可再細分為不同病原型（pathovar）。依據 Hayward 分類，青枯病菌則區分為四種生化型（biovars 1~4）⁽²⁶⁾。生理小種與生化型之間並無絕對相關性，但第三生理小種（race 3）都屬於第二生化型（biovar 2）⁽¹⁹⁾。

在台灣，從各種寄主分離而已測定的菌株

都屬於 race 1^(3,7,13,32)，亦即為可感染茄科等多種植物的生理小種，其他生理小種則尚未被發現。台灣菌株雖都屬於 race 1，但菌株間在不同寄主上的病原性有差異。徐等人⁽⁷⁾從台灣各地不同寄主分離的 50 個菌株，依其在番茄、煙草、甜椒、茄子、馬鈴薯及落花生等六種作物上病原性的差異，分為八個病原型。陳⁽¹¹⁾測定台灣 79 個煙草菌株，也可分為五個病原型。台灣菌株中，由紫蘇分離的菌株較為特殊，因其雖能感染多種茄科作物及落花生，但茄科及落花生的菌株卻不能感染紫蘇⁽³²⁾，顯然紫蘇菌株自成一個病原群。台灣菌株，除極少數煙草菌株為 biovar 2 外，大多數菌株為 biovar 3，有些菌株則為 biovar 4^(11,13,31,32)。病菌在實驗室保存期間可能會產生病原型及生化型不同的變異菌株⁽²²⁾。

病菌之傳播

青枯病菌有多種傳播方法⁽¹⁹⁾，在台灣，青枯病發生在 10 數種作物上，但其傳播特性不盡相同。如以田間傳播方式造成發病率的不同來分，台灣發生的青枯病有三種類型。第一類為土壤傳播型，發生在茄科及其他大多數植物上的青枯病屬之，引起該等病害之病菌，主要以土壤傳播，為典型的土壤傳播性病害，存活於土壤中的病菌，經由根部侵入感染而蔓延於植株維管束組織內，致使植株萎凋，土壤中病菌的濃度及分佈決定田間的發病率^(12,23)，又病菌可由病株的根部轉入土壤中，而再感染鄰近健康植株，因此病菌也可經由根對根的傳播^(4,35)。第二類為移植苗傳播型，發生在草莓上的青枯病屬之，草莓對青枯病菌具有耐性⁽²⁴⁾，幼苗定植後，如方被土壤中的病菌感染，於生育期間不易出現萎凋病徵，直至採收末期少數植株才出現病徵，對草莓的生產影響輕微，但若移植苗在苗圃已被病菌感染，幼苗雖外觀健康，定植於田間後，萎凋病徵便很快出現，造成幼苗枯死，對草莓的栽培影響就大⁽⁹⁾，因此田間嚴重病害的發生主要是因病菌由移植苗傳播造成，而幼苗帶菌率的高低可決定田間發病的程度。第三類為機械傳播型，發生在紫蘇上的青枯病屬之；病菌由土壤不易為害紫蘇，但由地

上部則能迅速引起萎凋^(10,32)，由於紫蘇在栽培期間，定期以採收機採剪植株上部的枝葉，病害即在採剪後開始發生，並迅速蔓延於田間，致使大面積紫蘇發生萎凋枯死^(10,32)，因此紫蘇的青枯病若由土壤中的病菌引起微不足道，但若由採剪傳播則引發嚴重病害問題。

病菌之存活

青枯病菌在自然界存活的機制，還不甚明瞭。在作物栽培季節與季節間，無感病作物存在時，病菌可能存活於土壤，野生寄主或非寄主植物及繁殖材料等處^(27,34)，以作為下季作物的感染源。土壤是青枯病菌主要的存活場所，但其在土壤中存活的長短，至今仍有爭論，已知不同菌系的存活能力有異，其存活期也受土壤因子的影響⁽²⁷⁾。在台灣，徐⁽⁵⁾報告青枯病菌（番茄菌株）在土壤的存活與土壤濕度關係密切，乾燥及浸水土壤不利病菌的生存，而濕潤土壤則延長其存活期，例如在一種測試土壤中，乾燥及浸水時，病菌僅存活分別約一及三個月，但含水量為 15.2~19.9% 及 30.7~36.7% 時，則可存活 225 天及 390 天以上。土壤溫度及酸鹼度也影響病菌的存活，病菌在低溫時的生存時間較在高溫時為長^(5,10)，中性土壤較酸性土壤利於病菌存活⁽⁵⁾。土壤中的病菌族群主要來自罹病植株，病菌在感病植株內繁殖後可由根部轉入土壤中。在土壤中雖能存活一段時間，但若無罹病植物存在，病菌族群會逐漸減少，終告消失，其間若種植感病作物，病菌感染植物後產生的族群又再回到土壤中，因此，連續栽培感病作物可使病菌延續其在土壤中的存活期。作物收穫後，病株常被餘留在田間或犁入土壤內。徐⁽⁵⁾曾測定病菌在病株內的存活能力，當番茄病株的莖及根埋入浸水土壤中，數日後病組織內即無病菌的存在，埋入乾燥土壤中則僅生存 14~28 天，埋入濕潤土壤中則可存活 84 天以上；在無土壤接觸的情況下，相對濕度高於 55% 時，莖組織內的病菌約於一個月後消失，但相對濕度低時可存活八週以上。

青枯病菌的寄主範圍廣泛，除栽培作物外，許多田間野生植物也可被其感染，有些會顯現病徵，有些則不表現病徵⁽²⁷⁾。在無感作物栽培

的季節裡，這些中間寄主或非寄主植物在病菌的存活上可能就扮演重要角色，同時也關係著以輪作防治病害的成效。台灣目前尚無詳細調查野生寄主的資料，但康⁽¹⁰⁾從苗栗公館及南投國姓田間採集的 15 種雜草中，大飛揚草，昭和草、紫背草及水蜈蚣的根部可偵測到青枯病菌的存在。

環境因子對病害發生之影響

青枯病基本上是一種高溫季節的病害，因此熱帶及亞熱帶尤其流行。台灣田間之觀察也常發現在夏季或高溫多濕季節青枯病發生嚴重，而冬季較少發生。徐⁽⁴⁾曾報告番茄在不同季節種植後的發病程度，雖然土壤中病菌濃度高時，不同時期發生的病害程度差異較小，但土壤中病菌濃度低時，冬季（12 月間）因當時平均最高溫度為 20.5℃ 及平均最低溫度為 14.6℃，病害發生輕微，而其他季節（4 月、6 月及 9 月間）因平均最高（28.6~29.7℃）及平均最低溫度（20~22.1℃）較高，病害則發生嚴重。Mew 及 Ho⁽³⁶⁾也報告有些番茄抗病品種在台灣秋季（10 月）種植時表現抗病性，但在夏季（6~8 月）時抗性降低變為中抗或中感性。青枯病的發生顯然受許多環境因子的影響，其中土壤溫度及土壤濕度最為重要。土壤溫度低於約 20℃ 時，病害很少發生，溫度增高，病害漸趨嚴重⁽⁴⁾。土壤溫度也影響番茄抗病性，有些抗病品種在高溫時變為感病性，而且病勢發展在土壤溫度高時較溫度低時為快⁽³⁷⁾。土壤濕度高可增加病菌在土壤內的存活，提高感染率及感染後病勢的進展，也有利於病菌由病株釋放於土壤中及在土壤中擴散⁽¹⁹⁾，因此土壤濕度高，病害發生較嚴重⁽⁴⁾。土壤生物因子如根瘤線蟲也能顯著影響病害發生的程度，陳⁽¹²⁾指出土壤有根瘤線蟲存在時，可提高病菌在煙草根部的群集，促進病菌的感染而增加病害的發生，並且降低抗病品種的抗病能力。

土壤質地與青枯病的發生似無密切關係，因不同質地的土壤包括細砂壤土、砂壤土、壤土及坵壤土經混入病菌後，種植的番茄都嚴重發生青枯病⁽⁶⁾，又由這些土壤 pH 值（4.4~7.2）觀之，台灣大多數栽培作物的土壤 pH 值適合

病害發生。然而台灣存有抑制青枯病菌的抑菌土及抑制青枯病的抑病土，根據 Ho 等人⁽²⁹⁾的研究，從台灣各地採集的 126 個土壤樣品中，約有 25% 為青枯病菌的抑菌土，而測試的 10 個抑菌土中，有 5 個為番茄青枯病的抑病土。雖 pH 值低的土壤較 pH 值高的土壤不適合病菌的存活，但 pH 值與抑菌性並無絕對相關性⁽²⁹⁾。土壤為何具有抑菌性或抑病性目前尚未明瞭，闡明其機制，將有助於應用抑病因子於病害防治上。

防治對策

抗病育種

在每一種寄主作物上，尋求抗病性是最理想的青枯病防治對策。台灣栽培的各種作物品種多為感病性，因此多方搜集抗病來源，以育成抗病品種應為防治青枯病的主要課題。國外育成的抗病品種在台灣高溫多濕季節栽培時，常不表現抗性⁽³⁶⁾，因此抗病育種必須當地進行，以育成適合本地栽培的品種。台灣目前僅在番茄及煙草上有抗青枯病的育種，亞洲蔬菜研究發展中心及農林廳種苗繁殖改良場多年來已進行番茄抗病篩選及雜交育種^(1,2,36,38)，從世界各地引進的數千品系中，已選出不少抗病材料，由雜交組合中，也得到一些具抗病及耐熱的品系，唯其抗性仍未達理想。菸草試驗所多年來也進行菸草抗立枯病的育種^(14,15)，先後推廣的台菸五號及台菸八號即被認為具有抗病性，惟田間栽培觀察，病害仍常發生，其抗性仍待改進。除抗病雜交育種外，嫁接於抗病根砧上也可應用於防治某些作物的青枯病^(27,34)。最近在台東發現的番荔枝萎凋病，因其寄主為多年生木本植物，尋求抗病根砧可能是一種較為有效，可行的防治途徑。

施用土壤添加物

污染病菌的土壤是青枯病最主要的初次感染源，雖然有些作物上的青枯病菌可以不依靠土壤而傳播，但大多數作物的青枯病是由存在於土壤中的病菌感染而引起，因此，如能消除或減少土壤中的病菌，應能避免或減少病害的發生。施用有機或無機物質於土壤，以降低病菌濃度，常為防治土壤傳播性病菌的一種措施。

鄭及徐⁽¹⁶⁾報告土壤添加蝦殼粉 0.8% 以上或尿素 0.075% 以上後，青枯病菌濃度於短時間內便有明顯降低的現象，盆栽試驗也顯示土壤分別添加這二種物質有防治番茄青枯病的效果。自從對多種土壤傳播性病害具有防治效果的一種土壤添加物（S-H 混合物）被發展出來後，Chang 及 Hsu^(21,30)曾就該種土壤添加物防治青枯病的可行性作過詳細探討，由溫室試驗結果顯示番茄於種植前七天，添加 0.5%~1.0% S-H 混合物於土壤中具有良好防治青枯病的效果，S-H 混合物各成分中，刪除尿素及礦灰時，會使該混合物失去防病效果，如僅將尿素與礦灰二者混合使用，則表現與 S-H 混合物相同的防治效果，因此尿素及礦灰為 S-H 混合物中的主要有效成分⁽²¹⁾。S-H 混合物的防病機制主要由於施用後，能使土壤中的病菌濃度迅速降低。而此種抑菌作用與土壤微生物有關，土壤微生物分解 S-H 混合物後可產生對青枯病菌有毒的物質⁽³⁰⁾。Hartman 及 Yang⁽²⁵⁾的田間試驗結果也得知土壤添加尿素與礦灰的混合物後，對番茄的存活率大為提高。由這些結果顯示土壤添加物具有防治青枯病的潛力，為另一項可行的防治措施。

使用健康種苗

苗床土壤若含有病菌，培育出的幼苗，有些外觀雖無病徵，但可能已被病菌感染，移植於本田後，病害隨著發生，因此，應避免在發病地區作育苗圃。選擇無病菌污染的土壤，培育健康幼苗，可阻止病菌由幼苗傳播而引起的病害。使用健康苗在防治草莓青枯病上特別重要，根據許⁽⁹⁾1984 年在苗栗大湖草莓栽培後期三處罹病田調查的結果，植株平均發病率雖僅為 1.44%，但植株已被病菌感染的平均百分率可達 32.2，這些外觀健康但已受病菌感染的植株若留作母株，其走莖（runner）所形成的幼苗約有 40% 帶有病菌，移植於田間後，病徵很快便出現，造成幼苗枯死，但如幼苗健康，即使定植於罹病田，萎凋病徵也很少發生，可見使用健康苗可減少青枯病菌在草莓上的為害。許⁽⁹⁾也指出原罹病田在隨後二年若種植由高冷地無病區培育的健康苗，其栽培後期的植株感染率可由 32.2% 降低至 5.9%，若種植由罹病

田現地留母株所形成的幼苗，則仍高達 37%，因此草莓栽培使用的幼苗，必須在無病地區培育。台灣雖無實際的研究，馬鈴薯青枯病也可藉著種薯傳播^(27,34)，但因馬鈴薯易由土壤中的病菌感染而發生嚴重病害，使用健康種薯在罹病田就無法達到有效的防治目的。

生物防治法

生物防治是一種具有潛力防治土壤傳播性病害的方法。在台灣，Tsai 等人⁽⁴⁰⁾曾由青枯病菌許多菌株中篩選出能產生細菌素（bacteriocin）而無致病性的突變菌株，當番茄幼苗種植前利用這種突變菌株浸漬根部，有防治青枯病的效果，但其效果不能持續至番茄生長後期，此乃因該突變菌株在根部群集（colonization）的能力不强之故。尋求能在根部群集的拮抗菌是發展生物防治法的先決條件之一，作者等人目前正研究以根部群集能力强的螢光假單胞菌（fluorescent pseudomonads）防治番茄青枯病的可行性。螢光假單胞菌是植物根系、根圈及土壤中棲息的重要微生物，能產生數種二次代謝物，對許多植物病原菌的生長具有抑制作用⁽³⁹⁾，近年來在國外的研究已顯示多種土壤傳播性病菌可應用螢光假單胞菌加以防治⁽⁴¹⁾。我們從台灣各地番茄根部分離的近二百個螢光假單胞菌菌株中，由溫室浸根處理試驗發現少數菌株具有防治番茄青枯病的效果，比未處理者可減少約 50% 的發病率；現正研究影響螢光假單胞菌防治效果的因子及促進其在根部群集的方法，期以發展青枯病的生物防治法。

輪作

台灣尚無輪作對青枯病發生影響的研究報告，由田間觀察及國外報告以非寄主作物輪作常可減少病害發生^(27,34)。水稻、玉米、甘蔗、豆類等非寄主作物都可作為輪作作物，尤其與水稻輪作效果最佳，因土壤在長期浸水狀況下，不利病菌的存活，如為旱地則可能需要較長期的輪作。實施輪作時，必須確定田間並無野生寄主的存在及輪作後種植寄主作物時，必須使用健康幼苗，才能收到輪作效果。

其他耕作措施

作物的栽培季節如可變動，應選擇秋冬季種植，以逃避最適合發病的高溫多濕季節⁽⁴⁾，

同時也應避免在罹病田連續栽培感病作物。作物收穫後，應清除田間的病株及雜草寄主，以減少下季栽培時可能的病菌感染源^(5,10)。休耕時田間土壤如能多次翻土日曬，使土壤乾燥，可降低土壤中病菌的濃度⁽⁵⁾。田間使用的農具必須乾淨或作適當消毒處理，以避免病菌藉農具由病株傳播至健株上，此種措施在紫蘇青枯病的防治上尤其重要，因紫蘇青枯病菌主要依靠採收機而傳播⁽³²⁾。根據 Hong 等人⁽³³⁾的研究，剪刀剪過紫蘇病株後可連續傳播至 40 棵以上的健株上，但剪過病株的剪刀若浸泡於 75% 酒精或 10 倍 chlorox 溶液後，則能阻止剪刀採剪時的病害傳播；此項研究結果如何實際應用於田間採剪機的操作上，尚待研究設計。

由上所述，青枯病有多種可行或正待發展的防治措施。在某一種作物上的防治，應考慮其病菌的來源及傳播特性，由於傳播方式的不同，採取的防治策略當有所差異。土壤傳播型的病害如茄科等作物青枯病，以採用能減少土壤中病菌濃度的措施為主；種苗傳播型的病害如草莓青枯病，以使用健康苗為首要，機機傳播型的病害如紫蘇青枯病，以施用能避免或消除病菌污染農具的措施為主。但引起一種作物病害發生的感染源可能有多種，傳播方式也可能不只一種，因此綜合抗病性及其他各項可行的措施，仍是防治青枯病最理想的對策。

引用文獻

1. 林俊義、徐世典、何妙齡 1974 番茄抗青枯病育種（一）番茄品種間抗青枯病菌之差異性。種苗繁殖場試驗報告 3:1-15。
2. 林俊義、陳盛義 1980 夏季耐熱抗青枯病番茄品種種苗一號種苗二號種苗三號之育成。種苗繁殖場（油印）。
3. 徐世典 1974 台灣茄科植物青枯病原細菌之菌系及其分佈之研究。Proc. Nat'l. Sci. Council 7(2):351-362。
4. 徐世典 1976 影響番茄青枯病發生之因素。農林學報 25:95-102。
5. 徐世典 1977 茄科植物青枯病菌在土壤及番茄罹病組織內之生存。植保會刊 19:133-

- 139。
6. 徐世典 1985 土壤因子及土壤添加物對番茄青枯病發生之影響。農委會菌核性與萎凋性作物病害綜合防治法研究計畫 74 年度試驗研究報告。
 7. 徐世典、蔡東纂、曾國欽 1979 台灣茄科植物青枯病菌之病原菌系及其間在煙草內之交互作用。科學發展月刊 7(6):609-620。
 8. 許永華 1984 草莓青枯病—台灣新記錄的草莓病害。桃園區農業改良場研究報告 2: 59-63。
 9. 許永華 1987 利用健康苗防治草莓青枯病。植保會刊 29:199-201。
 10. 康慧鳳 1990 紫蘇青枯病之研究。國立中興大學植病研究所碩士論文。
 11. 陳文彥 1978 台灣菸草立枯病病原細菌菌系的特性研究。菸試彙報 9:71-80。
 12. 陳文彥 1984 根瘤線蟲對立枯病原菌感染菸草之影響。菸試彙報 21:44-48。
 13. 楊宗皇、徐世典、曾國欽 1980 天堂鳥花青枯病菌之研究。農林學報 29:119-133。
 14. 張佳雄 1990 五年來 (75-79) 農藝系研究之成果。菸試彙報 33:1-8。
 15. 張恩雨、徐朝宗 1988 菸草抗立枯病新品系比較試驗。菸試彙報 29:1-7。
 16. 鄭安秀、徐世典 1979 拮抗菌及土壤添加物對青枯病菌之消長與對番茄青枯病發生之影響。植保會刊 21:450。(摘要)
 17. 蔡雲鵬 1970 台灣植物病害名彙。經濟部商品檢驗局植物檢疫資料第六號。
 18. Buddenhagen, I. W. 1986. Bacterial wilt revisited, in Bacterial Wilt Disease in Asia and the South Pacific (G. J. Persley, ed.), ACIRA Proceedings No. 13, Canberra, Australia.
 19. Buddenhagen, I. W., and Kelman, A. 1964. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Ann. Rev. Phytopathol. 2:203-230.
 20. Buddenhagen, I. W., Sequeira, L., and Kelman, A. 1962. Designation of races in *Pseudomonas solanacearum*. Phytopathology 52:726. (Abstr.)
 21. Chang, M. L., and Hsu, S. T. 1988. Suppression of bacterial wilt of tomato by soil amendments. Plant Prot. Bull. 30:349-359.
 22. Chen, W. Y. 1983. Physiological and pathological characteristics of wild types and spontaneous mutants of *Pseudomonas solanacearum*. Plant Prot. Bull. 25:149-156.
 23. Chen, W. Y., and Echandi, E. 1984. Influence of inoculum density, soil temperature and tobacco cultivars on bacterial wilt severity and root colonization by *Pseudomonas solanacearum*. Tob. Sic. 28:59-63.
 24. Goto, M., Shiramatsu, T., Nozaki, K., and Kawaguchi, K. 1978. Studies on bacterial wilt of strawberry caused by *Pseudomonas solanacearum* (Smith) Smith. 1. Strains of the pathogen and disease tolerance of strawberry plants. Ann. Phytopath. Soc. Japan 44:270-276.
 25. Hartman, G. L., and Yang, C. H. 1990. The effect of amendment on the population of *Pseudomonas solanacearum* and the incidence of bacterial wilt of tomato. Phytopathology 80:1002. (Abstr.)
 26. Hayward, A. C. 1964. Characteristics of *Pseudomonas solanacearum*. J. Appl. Bacteriol. 27:265-277.
 27. Hayward, A. C. 1986. Bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* in Asia and Australia: an overview, in Bacterial Wilt Disease in Asia and the South Pacific (G. L. Persley, ed.), ACIAR Proceedings No. 13, Canberra, Australia.
 28. He, L. Y., Sequeira, L., and Kelman, A. 1983. Characteristics of strains of *Pseudomonas solanacearum* from China. Plant Dis. 67:1357-1361.
 29. Ho, W. C., Chern, L. L., and Ko, W. H. 1988. *Pseudomonas solanacearum* suppressive soils in Taiwan. Soil Biol. Biochem.

- 20:489-492.
30. Hsu, S. T., and Chang, M. L. 1989. Effect of soil amendment on survival of *Pseudomonas solanacearum*. Plant Prot. Bull. 31:21-33.
 31. Hsu, S. T., and Chen, J. Y. 1977. Physiological variation among isolates of *Pseudomonas solanacearum* from Taiwan. Plant Prot. Bull. 19:124-132.
 32. Hong, W. F., Hsu, S. T., and Tzeng, K. C. 1990. Bacterial wilt of perilla caused by *Pseudomonas solanacearum*. Plant Prot. Bull. 32:327-328. (Abstr.)
 33. Hong, W. F., Hsu, S. T., and Tzeng, K. C. 1990. Survival and control of *Pseudomonas solanacearum* from perilla. Plant Prot. Bull. 32:328. (Abstr.)
 34. Kelman, A. 1953. The bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. N. Carolina Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 99.
 35. Kelman, A., and Sequeira, L. 1965. Root-to-root spread of *Pseudomonas solanacearum*. Phytopathology 55:304-309.
 36. Mew, T. W., and W. C. Ho. 1976. Varietal resistance to bacterial wilt in tomato. Plant Dis. Repr. 60:264-268.
 37. Mew, T. W., and W. C. Ho. 1977. Effect of soil temperature on resistance of tomato cultivars to bacterial wilt. Phytopathology 67:909-911.
 38. Opena, R. T., and Tschanz, T. 1987. Bacterial wilt resistance program on tomato at AVRDC. Bacterial Wilt Newsletter 2:1-2.
 39. Suslow, T. V. 1982. Role of root-colonizing bacteria in plant growth, in Phytopathogenic Prokaryotes (M. S. Mount and G. H. Lacy, eds.), Vol. 1, p.187-223. Academic Press, New York.
 40. Tsai, J. W., Hsu, S. T., and Chen, L. C. 1985. Bacteriocin-producing strains of *Pseudomonas solanacearum* and their effect on development of bacterial wilt of tomato. Plant Prot. Bull. 27:267-278.
 41. Weller, D. W. 1985. Application of fluorescent pseudomonads to control of root diseases, in Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens, p.137-140. APS, St. Paul, Minnesota.

ABSTRACT

Hsu, S. T. 1991. Ecology and control of *Pseudomonas solanacearum* in Taiwan. Plant Prot. Bull. 33:72-79. (Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.)

Bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* is one of the most destructive, widespread bacterial diseases of plants in Taiwan. The disease has been reported to occur on tomato, tobacco, potato, sweet pepper, eggplant, peanut, bird-of-paradise, strawberry, perilla (*Perilla crispa*), castor bean and sesame. Very recently, the disease has also been observed on radish, comfrey (*Symphytum peregrinum*) and sugar apple (*Annona squamosa*). Strains of *P. solanacearum* from various hosts tested are all race 1, but several pathovars differ in host range or pathogenicity are found among strains. Most strains are biovar 3, some are biovar 4, but a few tobacco strains are biovar 2. Bacterial wilt in many crops is most severe during summer or warm-wet seasons and is

much less destructive during winter. The disease occurs in various types of soils, and is favored by high soil temperature and high soil moisture content. However, soils suppressive to *P. solanacearum* and bacterial wilt of tomato have been detected. *P. solanacearum* survives much longer in moist soil than in dry or flooded soil. Low pH soils are less favorable for survival of the pathogen than high pH soils. When the major means of pathogen dissemination which affect the disease severity in fields are considered, three types of bacterial wilt can be recognized in Taiwan. The first type is bacterial wilt occurs on solanaceous and many other plants. The disease on these crops is caused mainly by soil-borne *P. solanacearum* and the incidence of the disease is determined by the density and distribution of the pathogen in soil. The second type is bacterial wilt on strawberry. The disease is spread mainly by infected seedlings. The wilting symptom during growing stages of strawberry occurs only on those plants grown from infected transplants, therefore, the disease severity in the field is largely determined by the percentage of strawberry seedlings infected by the pathogen. The third type is bacterial wilt on perilla which is caused by the pathogen transmitted mechanically. Perilla plants rarely become diseased when planted in the infested soil, but wilted easily through stem infection. Young shoots of perilla plants are harvested periodically during the cultivation period by clipping off the top branches of plants with a harvest machine. Because of this practice, the pathogen spread rapidly from diseased plants to healthy plants, causing a high incidence of disease. The control of bacterial wilt has been approached in several ways. The control measures available or underdeveloping include breeding for disease resistance, grafting resistant rootstocks, soil amendment, rotation, biological control, use of healthy planting materials, disinfection of contaminated implements and other cultural practices. However, in view of the different means of pathogen dispersal, the control strategy should vary with the particular crop concerned.

(Key words: bacterial wilt, *Pseudomonas solanacearum*, host plants, race and biovars, survival, pathogen dispersal, environmental factors, control)