

臺灣作物細菌性病害防治要領

行政院農業委員會臺東區農業改良場

黃 穗 昌

摘 要

台灣地處亞熱帶，氣候高溫多濕，颱風頻繁，適於植物細菌性病害發生。在經濟上具有重要性的細菌性病害包括：水稻白葉枯病、甘藍黑腐病、結球白菜軟腐病、番茄青枯病、番茄及甜椒細菌性斑點病、瓜類細菌性果斑病、柑桔潰瘍病、檬果黑斑病、楊桃細菌性斑點病、洋蘭軟腐病及茛蓂、茛蓂花細菌性角斑病。其中，瓜類細菌性果斑病及楊桃細菌性斑點病為新興病害，其他則已歷史久遠。以往在台灣，有關作物細菌性病害田間防治的研究及推廣甚少，通常依病原菌的特性及其傳播途徑，推薦農民種植抗病品種或採用抗病根砧、施行種子消毒、改善田間衛生及合理施肥，再配合使用化學藥劑。可以有效防治細菌性病害的藥劑種類稀少，被正式核准使用的，主要為含銅製劑及以「鏈黴素」及「四環黴素」為主的抗生素劑，近幾年來，少數具特殊殺菌機制的藥劑如「撲殺熱」、「克枯爛」、「歐索林酸」也被推薦於特定細菌性病害的防治。由於可輪替使用的防治藥劑甚少，抗藥的作物病原細菌菌株容易發生，目前在台灣，茄科細菌性斑點病菌、檬果黑斑病菌及蝴蝶蘭軟腐病菌的抗藥菌株在某些地區已相當普遍，主要為抗鏈黴素或銅，有些具雙重抗性，少數則抗四環黴素。為有效防治作物細菌性病害，建議加強優良抗病品種(系)的選育、繼續開發安全有效的防治藥劑、定期追蹤調查抗藥菌株族群變動、加強技術人員在職訓練及對農民的教育與技術示範工作。

(關鍵詞：作物細菌性病害、抗病品種、抗病根砧、種子消毒、化學防治、抗藥性)

前 言

台灣地處亞熱帶，氣候高溫多濕，且颱風頻繁，適於植物細菌性病害發生。這些病害有些僅發生在局部組織，造成組織壞疽、乾枯、腐敗或掉落，影響產量及品質，有些則入侵維管束，導致整株枯死，防治不當時可能全園廢耕，造成慘重的損失。目前，在台灣作物上具有經濟重要性的細菌性病害有：水稻白葉枯病(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)⁽³⁸⁾、甘藍黑腐病(*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)、結球白菜軟腐病(*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)⁽³⁹⁾、番茄青枯病

(*Ralstonia solanacearum*)、番茄及甜椒細菌性斑點病(*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*)⁽²⁹⁾、瓜類細菌性果斑病(*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*)⁽⁴¹⁾、柑桔潰瘍病(*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*)、檬果黑斑病(*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*)、楊桃細菌性斑點病(*Pseudomonas syringae*)^(13,20)、洋蘭軟腐病(*Erwinia chrysanthemi*)⁽¹⁰⁾及萆葉、萆花細菌性角斑病(*Xanthomonas axonopodis* pv. *betlicola*)⁽⁶⁾。其中，瓜類細菌性果斑病及楊桃細菌性斑點病為近幾年才發生的新興病害，其他則已歷史久遠；萆葉、萆花因非政府輔導的作物，且栽培區主要集中在台東縣，細菌性角斑病雖然發生普遍而嚴重，但長久以來未受到農政、農技機關的重視。以往在台灣，有關作物細菌性病害田間防治的研究及推廣甚少，通常依病原菌的特性及其傳播途徑，推薦農民種植抗病品種、施行種子消毒、改善田間衛生及合理施肥，再配合使用化學藥劑，不過，可以有效防治細菌性病害的藥劑種類稀少，以往在台灣被正式核准使用的，主要為含銅製劑及抗生素劑，近幾年來，少數具特殊殺菌機制的藥劑也被正式推廣於特定細菌性病害的防治。

本文介紹台灣近幾年來作物上主要細菌性病害的發生概況、防治技術之研發與推廣情形及衍生的問題，同時探討在病害防治上今後應努力的方向。

主要作物細菌性病害發生概況

水稻白葉枯病典型病徵為稻葉葉緣產生黃色條斑，條斑的周緣呈波浪狀，或葉緣呈蒼白黃色條紋，嚴重時整葉乾枯；如發生在插秧不久的感病品種幼苗，會造成急性萎凋而枯死；在某些情況下，病徵會出現在最幼小的葉片上，全葉呈淡黃色或白色，然後變成黃褐色，最後萎凋。該病以往主要發生在沿海鄉鎮種植的秈稻，但近幾年來由於水稻育種時，很少利用具有抗白葉枯病基因的品種當親本，因此，目前各地種植的主要稻作品種，大多對本病不具抗性。白葉枯病在第二期作發生最為嚴重，常造成可觀的損失。據前農林廳調查資料，1989年第一期稻受害面積達13,355公頃，同年第二期稻受害面積達45,017公頃，創台灣最高受害面積紀錄，1992年第一期稻由於經常下雨，受害面積創第一期稻最高紀錄達15,465公頃⁽²⁷⁾。

甘藍黑腐病菌可以為害所有莖苔屬的蔬菜及蘿蔔、十字花科雜草如薺菜、獨行菜等，典型病徵為葉緣V字褐色病斑，嚴重時葉片乾枯、結球不良，是世界性的重要病害，在溫暖、潮濕的熱帶及亞熱帶地區發生尤其嚴重⁽²¹⁾，本省以甘藍、球莖甘藍、花椰菜、芥菜、青花菜受害最普遍，尤其甘藍最容易受害，在平地幾乎終年可見，尤其在6-11月最為嚴重，也是夏季高冷蔬菜重要的病害⁽⁸⁾，結球白菜上則較少發生。結球白菜軟腐病造成主根由下往上腐爛，導致地上部萎凋，葉柄、葉片及結球隨之腐爛，終而整株倒伏，組織軟腐後因其他腐生細菌再度感染，而使病部散發惡臭。

軟腐病菌寄主廣泛，可為害所有十字花科蔬菜及其他許多作物，在田間以栽培後期的結球白菜發生最為嚴重，常在數天內造成嚴重損失。番茄青枯病病原細菌可感染200多種植物，台灣常見的寄主是茄科植物，尤其是番茄最容易受感染。病菌主要由根部侵入，植株受感染後雖保持綠色，但常快速萎凋而枯死，主要發生於夏秋季高溫時期，是番茄栽培的限制因子之一。青枯病在涼冷季節(20℃或以下)不會發病，但溫室栽培者因溫度高，在冬春時節也會發生⁽¹⁵⁾。番茄及甜椒細菌性斑點病可危害葉、莖、果實及花序，葉片受感染後出現近圓形的不規則深褐色病斑，最後變成壞疽，中央呈灰褐色，甜椒葉片受感染，有時會形成油浸狀大斑。得病嚴重時，番茄葉片會乾枯，甜椒葉片則會掉落。該病在溫暖(24-28℃)多濕時最容易發生，因此，梅雨季節及颱風過後發病最嚴重，防治不當時導致葉片大量乾枯或掉落，嚴重影響植株生育，目前是春、秋二季，番茄及甜椒最重要的葉部病害。瓜類細菌性果斑病於1992-1993年間，首先在雲林縣沿海及台南縣善化地區種植的大西瓜上零星被發現，隨後，台東、花蓮地區也傳出疫情，1997-1998年間台東地區有些西瓜田受害率近20%，1997年宜蘭地區網紋甜瓜及台南、台中、嘉義及高雄地區的西洋甜瓜及東方甜瓜也相繼發病，有些瓜田罹病率高達90%以上。此外，台南與台東地區的苦瓜也發生病例。該病主要發生在雨季，可感染葉片、莖蔓及果實，果實罹病後，典型病徵為表面會形成不規則的大型橄欖色水浸狀斑塊，農民俗稱「黑面仔」，大幅降低水果商品價值^(5,13,30)，也影響我國瓜類種子的外銷。近一、二年來，由於農民教育與防治技術推廣有成，該病發生已不如以往猖獗。

柑桔潰瘍病在台灣於1932年即有發生的紀錄，至1952年已成為柑桔的主要病害。可感染葉片、果實及枝條，葉片病斑中央部呈灰白色凹陷，周圍呈現褐色木栓化，表皮破裂而粗糙堅硬，發生嚴重時葉片大量掉落，影響植株光合作用，造成樹勢衰弱；罹病果實不但外觀難看，所含的糖分、維生素C、果膠酸減少，市場價格低落，也影響果品的外銷。甜橙類、酸橘、檸檬、葡萄柚等為感病種類，桶柑、椪柑、柚子及文旦具強抗病性，只在幼苗期葉片上發生⁽³⁾。楊桃細菌性斑點病於1997年首先在苗栗縣卓蘭地區出現，後來，在台中縣東勢鎮、石岡鄉、南投縣國姓鄉、彰化縣新社鄉及員林鎮相繼發生，2001年於台南縣楠西地區也零星發生，但病株隨後被清除^(11,13,20)。本病主要為害馬來西亞、二林、軟枝及秤錘等楊桃品種，造成葉片黃化、落葉、果實畸形、落果，病原菌最適生長溫度為24至28℃，在楊桃修剪枝條後、春雨、梅雨期及颱風季節發生最為嚴重^(13,20)。檬果黑斑病可感染葉片、枝條及果實，葉片被感染會形成稍凸起的不規則狀黑色病斑，嚴重時落葉；枝條被感染時，會引起流膠，嚴重時造成枝枯與樹幹潰瘍；果實被感染時，呈現稍為隆起的黑色病斑，

並星狀破裂，病斑向果肉組織內蔓延。幼果染病後會完全掉落，近成熟果染病後也可能落果。本病在台灣全年均會發生，尤其在颱風季節與風力較強的地區發生最普遍，目前栽培的品種均可被感染，但以晚熟之凱特品種受害最為嚴重^(1,2)。

洋蘭軟腐病菌寄主範圍廣泛，於蘭科植物中可以為害蝴蝶蘭、文心蘭、狐狸尾蘭、石斛蘭、拖鞋蘭等，其中以在蝴蝶蘭及文心蘭上較容易發生，嘉德利亞蘭、朵麗蝶蘭及虎頭蘭則較抗病。葉片遭受感染後3-5天內即全葉腐爛，葉基部或心葉遭受感染後，常在數天內導致整株死亡。病菌生長最適溫為29℃，因此溫熱、多濕，尤其是有水膜存在的條件最有利於病害發生，在颱風頻繁、多雨的夏季常猖獗為害，尤其以管理不善、蘭株密度過高的蘭園受害最為嚴重⁽¹⁰⁾。本病與褐斑病以往是蝴蝶蘭上最常見的病害，但近幾年來因蘭園設施及管理顯著改善，其發生已大幅減少。

主要作物細菌性病害防治方法

可以有效防治細菌性病害的方法有限，在台灣，依據行政院農業委員會發行的「植物保護手冊」、行政院農業委員會農業試驗所製作的「作物病蟲害與肥培管理技術光碟」及各種學術出版與技術專文，推薦予農民及種苗業者採用的防治法概述如下：

一、選用抗病品種(系)或採用抗病根砧

栽培抗病品種(系)是防治細菌性病害最理想的方法，但兼具抗病性及優良農園藝性狀的品種(系)稀少。就水稻白葉枯病而言，以往主要發生在沿海鄉鎮種植的私稻，但近幾年來由於水稻育種很少利用具有抗白葉枯病基因的品種當親本，因此目前台灣種植的主要稻作品種，包括推薦的9個良質米品種—“台中189號”、“越光”、“高雄139號”、“台中私10號”、“台梗2號”、“台梗5號”、“台梗8號”、“台梗9號”及“台梗11號”對白葉枯病都不具抗性，其中“台梗9號”為極感病，因此，農民只能考量氣象、土壤條件及市場需求與自己的田間管理能力，選擇適當的栽種品種。張及謝氏⁽¹²⁾測試111個稻品種系對白葉枯病的抗感性，經三年5期作試驗，發現以“IR4442-46-3-3”、“IR22”、“IR22082-41-2”、“Malagkit songsong”、“IR29”、“IR30”、“IR20”、“IR28”、“IR20”、“台農私19號”、“嘉農私6號”、“IR1514A”、“B5354-5D-MR-1”、“IR1545-339”、“IR26”等15個稻品種(系)的抗病性較強，可當抗病育種材料。在甘藍黑腐病方面，目前台灣栽種的主要甘藍品種(系)，雖抗感性互有差異，但仍無極抗的優良品種(系)可供選擇。謝氏⁽¹⁹⁾等以人工接種病菌，比較多個甘藍商業品種、台灣選育的自交系及自國外種源庫引入品種(系)的抗感性，結果顯示，

台灣地區選育的自交系“本地種”及“葉深-2”、“YSE-3”及“YSLO-1”的抗病性均高於也具抗病性的對照品種“富士早生”，其中以“本地種”品種抗病性較穩定；在商業品種中，“YR265”、“YR早春”及“春秋一號”抗病性均高於“富士早生”，其中又以“YR早春”抗性較穩定。另據農友種苗公司技術資料顯示，其生產的“秋豐”、“夏秋”及“和風”等品種對黑腐病較具耐病性。在番茄青枯病方面，抗病品種一向被列為育種的重點，依據行政院農業委員會種苗改良繁殖場、桃園區農業改良場、花蓮區農業改良場出版的技術資料顯示，目前推廣的商業品種(系)中，中抗青枯病者有“花蓮亞蔬5號”、“桃園亞蔬9號”、“台中亞蔬10號”；抗青枯病者有“種苗7號”、“番茄種苗8號”。另一方面，台南區農業改良場利用亞蔬中心選出的三個抗青枯病茄子品種—“EG190”、“EG203”及“EG219”當根砧，以“農友301”為接穗，進行嫁接栽培，植後一個月自根苗青枯病罹病株率高達80-100%，而嫁接苗處理區青枯病罹病株率均在15%以下，顯示茄子根砧確實對青枯病具強抗性。這些茄子品種根砧對青枯病、根瘤線蟲及萎凋病，也具有優異的抗病性⁽¹⁵⁾。

二、種子消毒

甘藍黑腐病及瓜類細菌性果斑病可經由種子傳播^(30,36)，種子處理是除滅其第一次感染源的有效措施，尤其對細菌性果斑病的預防極具重要性。就甘藍黑腐病而言，傳統的處理為溫湯浸種，即將種子浸於50℃的水中20-30分鐘，其缺點是常會降低種子發芽率；較簡便有效的方法是次氯酸鈣拌種法，即先將種子浸濕，而後加入1-2%的次氯酸鈣(calcium hypochlorite)充分攪拌，密封16小時燻蒸後即可播種^(23,28)。此外，筆者也開發出酸性硫酸鋅種子浸漬法，處理時，先將2.9克的硫酸鋅($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)溶於100毫升蒸餾水中，滴入0.6毫升醋酸及一小滴展著劑，溫度調至38-40℃，浸入種子20分鐘，取出後以自來水沖洗3分鐘，風乾後即可播種，經處理後，種子攜帶的病菌會大幅度減少，甚至被完全除滅，幼苗發病率極低⁽⁹⁾。但由於台灣終年均有種植十字花科蔬菜，黑腐病菌來源充足，不論採用上述任何種子處理法，都無法預防外來病菌對幼苗或成株的感染，因此，種子消毒並不普遍被種苗業者及農友採行。在瓜類細菌性果斑病方面，以往報告指出，種子經50℃溫水、西瓜汁混合殘渣發酵、稀鹽酸(1%)、次氯酸鈉或次氯酸鈣等處理，均可減少瓜苗感病的比率，但無法去除種子內的病原細菌^(26,40)。鄭氏等⁽¹⁷⁾以濾紙圓盤法於室內篩選得三種抑制病原細菌生長較有效的化學藥劑，進行種子消毒試驗，結果顯示，種子經病原細菌高濃度接種後，以81.3%嘉賜銅可濕性粉劑及10%鏈四環黴素可濕性粉劑浸種至種子發芽(25℃、約24小時)之處理，可減少瓜苗感病的比率，防治效果與稀鹽酸處理相似，而以較低濃度病原細菌懸浮液接種時，三種供試藥劑均可降低瓜苗的罹病株率。由於種子帶

菌是瓜類細菌性果斑病最重要的感染原，目前種苗業者生產的內外銷西瓜、甜瓜種子，大多先以稀鹽酸處理滅菌。

三、栽培管理防治

作物細菌性病害在病菌接種源潛勢高、風雨頻仍、組織受傷、過度施用氮肥及相對濕度高的條件下最容易發生，因此，改善栽培管理方式可以有效減少病害發生。普遍被推薦的方法包括：(一)水稻白葉枯病：儘量採用直播，或用機械插秧以減少移植時感染病菌；稻苗移植用鏟秧方式，勿用手拔秧亦勿剪除秧葉尖，以免病菌由傷口侵入；避免偏用或使用過多氮素肥料；雨後或晨露未乾前，避免進入稻田，以減少人為傳播病菌；發病稻田於收穫後，將稻樁燒燬，然後將稻田翻犁，連續浸水二週以消除病原菌，減少下一期水稻感染源。(二)番茄青枯病：與水稻連作，避免與茄科作物連作或輪作；發現病株立即拔除；勿偏用氮素肥料；整地時每分地用100公斤石灰調整土壤pH值。(三)柑桔潰瘍病：風大地區避免種植感病品種，或應種植防風林；選擇無病幼苗栽培，或於種植前將所有病組織剪除；剪除發病枝葉，清除雜草；隨時剪除罹病枝葉並燒燬；極柑園內勿栽培其他感病品種，以免極柑發病，增加防治成本。(四)檸檬黑斑病：剪除罹病枝葉，並予以燒燬；風力較強地區，應種植防風林或加設防風設施；避免栽植晚熟之感病品種，以避開颱風季節；愛文果園內避免間植凱特等感病品種；鋸除樹型高大的在來種，以降低感染源；生理落果期停止時，果實以白色紙袋套袋。(五)蝴蝶蘭軟腐病：選用清潔的栽培質材，徹底清除病株及蘭園雜草，避免混植其他植物，以減少本病感染源；改採滴灌，如為噴灌則應控制灌溉頻率，並維持蘭園適度通風，以避免葉片積水，減少病菌散播與感染；保持適當植株間距，避免葉片摩擦造成傷口，以防止病菌侵入；適量施用氮素並保持充足的日照，以增進植株抵抗力。

四、田間化學防治

可以用於防治作物細菌性病害的藥劑種類稀少而且效果有限，目前植物保護手冊正式推薦的防治藥劑如表一。

這些防治藥劑中「鏈四環黴素」為「鏈黴素」與「四環黴素」的混合劑。其中「鏈黴素」屬於aminoglycosides抗生素，抑制革蘭氏陰性細菌的效果優良，對革蘭氏陽性細菌則效果較差，其作用機制是黏附於細菌核糖體30S次單位的S12蛋白質上，阻礙蛋白質合成過程的轉譯(translation)階段；「四環黴素」為廣效型抗生素，對革蘭氏陰性及陽性細菌都有效，其作用機制是防止aminoacyl tRNA's黏附於核糖體的30S次單位，抑制細菌蛋白質的合成⁽²⁵⁾；維利黴素(Validamycin)分離自放線菌*Streptomyces hygroscopicus* var. *limoneus*，具非系統性抑制真菌的效果，原推

薦於水稻紋枯病防治，近年來發現其對甘藍黑腐病防治也有顯著效果，並經核准登記，其作用機制可能是抑制黑腐病菌胞外多醣體的合成，同時抑制病菌的繁殖。「克枯爛」(Tecloftalam)的化學名稱為N-(2,3-dichlorophenyl)-3,4,5,6-tetrachloro-phthalamic acid，商品名為Shirahagen-S是日本三共公司(Sankya Company Ltd.)開發的產品，依據該公司的技術資料，「克枯爛」在生體外沒有殺死白葉枯病菌的能力，但進入植物體內後會抑制細菌的增殖及在導管內的移轉，並減低細菌的致病力，在田間施用時，防治白葉枯病的效果良好而穩定。「撲殺熱」(Probenazole)由日本明治製果(Meiji Seika)公司於1973年開發成功，商品名為Oryzmate，化學名為3-allyloxy-1,2-benz[d]isothiazole 1,1-dioxide，依據該公司的技術資料，「撲殺熱」對水稻稻熱病及白葉枯病具有一定的防治效果。其作用機制為激發水稻抗病基因RPR1的表現，增加水楊酸的產生，因而獲得系統抗病性(systemic acquired resistance, SAR)⁽³⁵⁾。該藥劑施用於其他作物時，對某些病害也有防治效果⁽³²⁾。銅劑是常久以來被廣泛用於防治植物真菌及細菌性病害，其作用機制可能為：一、銅鹽(如波爾多混合劑的主成份)使細胞原生質凝固。二、銅離子(Cu^{++})被吸附於細胞表面後，與細胞膜上之幾丁質或蛋白質的 H^+ 、 Mg^{++} 、 K^+ 等離子置換，致使細胞過度氧化、SH系酵素功能受阻，細胞因而無法進行正常的生理作用。三、銅離子滲入細胞內，與原生質中的蛋白質(包括酵素)結合，形成安定的錯化合物，阻礙細胞正常的生理作用⁽¹⁸⁾。「歐索林酸」(Oxolinic acid)屬Quinolone抗生素，化學名為5-ethyl-5,8-dihydro-8-oxo[1,3]dioxolo[4,5-g]quinoline-7-carboxylic acid，抗菌範圍只限於少數之Enterobacteriaceae及革蘭氏陰性細菌，但*Pseudomonas aeruginosa*除外，其作用機制與nalidixic acid相似，為干擾DNA gyrase因而抑制原核生物的複製^(33,37)，原使用於防治水產生物細菌性疾病，已正式核准使用於防治檬果黑斑病。

田間防治試驗暨示範

以往我國農民對作物細菌性病害的特性一般瞭解不多，防治時經常選錯藥劑，不但徒增成本，而且延誤防治時機，教育訓練及示範推廣工作亟需加強。筆者為向農民展示作物細菌性病害化學防治要領及其效果，以往曾辦理多次示範觀摩，其相關成果及檢討如下：

1 水稻白葉枯病化學防治比較試驗暨示範

1999年9至10月間於台東縣池上鄉辦理，以極感病的“台梗9號”為供試品種，由市面上購買各推薦的防治藥劑，連同10%「歐索林酸」可濕性粉劑，依推薦的時機與方法使用。該試驗於第一次施藥前，各處理區植株都僅下位葉輕微發病，彼此差

異不顯著；第二次施藥後10天調查結果顯示，「克枯爛」及「撲殺熱」對白葉枯病有顯著的防治效果，當不處理對照區的罹病度為32.9 %時，「克枯爛」及「撲殺熱」處理區的罹病度分別為13.9 %及16.2%；「鏈四環黴素」及「歐索林酸」的效果不佳，處理區的罹病度分別為27.2 %及28.8%，和不處理對照區的差異不顯著；第三次施藥後10天調查，「克枯爛」及「撲殺熱」對白葉枯病仍然有顯著的防治效果，當不處理對照區的罹病度增加為57.2 %時，「克枯爛」處理區的罹病度為19.7%，顯著優於其他處理區；「撲殺熱」處理區的罹病度為34.6%，仍顯著優於不處理對照區；「鏈四環黴素」及「歐索林酸」的效果依舊不佳，處理區的罹病度分別為47.3 %及48.8%，與不處理對照區的差異不顯著(表二)。綜合試驗結果，可獲致以下結論：(一)「克枯爛」如果適時、適法施用，對白葉枯病確有顯著的防治效果，但當品種感病性及發病潛勢強時，罹病度仍然偏高。(二)「撲殺熱」如於幼穗形成前施用，在一定時間內對白葉枯病的防治效果與「克枯爛」相近，但爾後效果即明顯衰退，因此該藥如施用於第二期作，當白葉枯病發病潛勢強時，後續應再輔以其他藥劑。(三)「歐索林酸」已正式核准使用於檬果黑斑病之防治，筆者亦試驗證實其對花卉細菌性軟腐病有顯著的防治效果，但對白葉枯病無效。(四)「鏈四環黴素」為正式核准使用的防治藥劑，但在本試驗中無效，經分離23個病菌菌株測試對鏈黴素(100ppm)及四環黴素(25ppm)的感受性，發現並無抗性，推測其原因，可能是市售藥劑的有效成分不足。

二、甘藍黑腐病化學防治試驗

以往可以有效防治甘藍黑腐病的藥劑種類及效果都非常有限，筆者於1988年後試驗發現Bacbicure 3811(N,N-methyl-2,2-amino-4 mercapto-1,2-thiadiazole)對該病有優異的預防效果，於發病初期施用，當不處理對照區的罹病度為95.6%時，經施用30% Bacbicure 3811 可濕性粉劑 1000倍三次的試驗區，罹病度僅11.9%，效果次優的為77%氫氧化銅可濕性粉劑400倍，罹病度為 65.0%⁽⁸⁾。經進一步測試，發現Bacbicure 3811在生體外對黑腐病菌無殺滅效果，但施用於甘藍，六天內對黑腐病的預防效果達100%，15天後仍有45.5%的預防效果，但病菌一旦侵入感染後，該藥劑即無法抑制感染點病斑的擴展。使用該藥劑防治黑腐病時，以每7-10天施用一次最合理，添加Triton CS-7或Totalwett則略可提升其藥效。2000年筆者再度辦理該病的田間防治試驗，結果顯示，尚未經核准使用的 Bacbicure 3811 效果仍然最優異；「多保鏈黴素」、「鏈四環黴素」效果次之，但會導致葉緣白化；「嘉賜銅」、「嘉賜快得寧」又次之；「克枯爛」則無效(表三)。

三、番茄細菌性斑點病防治比較試驗暨示範

該試驗於2001年5-6月間在台東縣鹿野鄉辦理，以“亞蔬33號”番茄供試，含不處

理對照共十一個處理(表四)，其中Hoya-2及「嘉貝好」據生產商技術資料說明，分別為系統性抗病(SAR)誘引劑及基因表達劑。Bacbicare 3811SAR誘引劑，曾經試驗證實對甘藍黑腐病防治效果優良⁽⁸⁾。未發病前即開始噴藥一次，以後每隔7天噴藥一次，共四次，再經10天後第五次施藥，經五次施藥後14天調查，結果顯示，以氫氧化銅水懸劑及嘉賜銅可濕性粉劑的防治效果最好，當不處理對照區的罹病度為60.3%時，該兩處理的罹病度分別為27.5%及38.7%；效果次佳的有43.5%嘉賜快得寧可濕性粉劑，罹病度為40.2%。其他處理的罹病度則和不處理對照區無顯著差異(表四)。自試區分離46個病菌菌株，測試其對鏈黴素(100ppm)、四環黴素(25ppm)及銅(1.12mM)的感受性，發現全數菌株均抗鏈黴素及銅。綜合試驗結果，可獲致以下結論：(一)鏈四環黴素及某些銅劑在試區防治效果不理想，原因在於病菌已具雙重抗藥性。而「氫氧化銅」及部分銅劑仍有效，可能原因是其施用濃度，超過病菌的容忍程度。(二)SAR誘引劑「克枯爛」在水稻上對同一屬病菌引起的白葉枯病有良好的防治效果；「Bacbicare 3811」在甘藍上對同一屬病菌引起的黑腐病及水稻白葉枯病防治效果優異，但對本病卻都無效，顯示其效果隨作物或病菌種類而異。(三)「歐索林酸」對同屬細菌引起的檬果黑斑病有顯著的防治效果，但對本病也無效，結果與水稻白葉枯病相同。

由於番茄病蟲害種類繁多，尤其近幾年來細菌性斑點病常嚴重發生，成為番茄栽培成敗的關鍵，而農民在施行病蟲害防治時，對其生態及防治要領不求甚解，喜歡依賴農藥零售商調配藥劑，不但用藥種類過多，防治成本高昂，也經常沒有對症下藥，達不到防治的效果。為示範教育農友及農藥業者正確的作物病蟲害防治要領，筆者於2000年9-12月間於台東縣池上鄉辦理番茄病蟲害經濟防治示範，依據番茄病蟲害的發生生態及防治原則，採行經濟、安全而有效的防治方法，就成本及經濟效益和農友慣行的防治方法比較。示範期間颱風來襲，細菌性斑點病發生猖獗，結果顯示，對照區因用藥種類較多，防治成本較示範區每0.1公頃多2,340元，但因細菌性斑點病防治不當，至採收期平均罹病度已高達86.4%；示範區則因選用適當藥劑、把握用藥時機，平均罹病度僅32.1%。對照區因細菌性斑點病發生嚴重，葉片大多乾枯，粗估每分地全期產量為5,760公斤，示範區的生長狀況則仍然良好，粗估每分地全期產量為7,560公斤，以當時平均價格35元/公斤計算，示範區較對照區每0.1公頃多75,380元的收益(表五、六)。經召集農藥業者及農民舉辦觀摩會，反應熱烈，達到良好的教育效果，

四、蝴蝶蘭軟腐病防治試驗

目前無正式推薦用於本病防治的藥劑。筆者於1989年進行防治試驗，結果顯示，

30.3%「四環黴素」可溶性粉劑1,000倍、40%「銅快得寧」可濕性粉劑400倍、77%「氫氧化銅」可濕性粉劑400倍及39%「硫酸快得寧」可濕性粉劑400倍，對軟腐病都有顯著的預防效果，尤其是「四環黴素」效果最為突出，當不施藥對照組的罹病度達到78.3%時，施藥者罹病度僅8.4%。「多保鏈黴素」在試驗中幾無防病效果，不過後來證實，此乃因為正好選到抗鏈黴素菌株供試驗的緣故，事實上，鏈黴素對多數的軟腐病菌株仍有良好的抑制效果⁽¹⁰⁾。1999年再測試20種殺菌劑對野生型菌株的抑菌、防病效果，結果顯示30.3%「四環黴素」可溶性粉劑 2,000倍、10%「鏈四環黴素」可濕性粉劑1,000倍、68.8%「多保鏈黴素」可濕性粉劑1,000倍、20%「歐索林酸」可濕性粉劑1,000倍及81.3%「嘉賜銅」可濕性粉劑1,000倍，對蝴蝶蘭軟腐病都有顯著的預防效果，當不處理對照組的罹病度為41.7%時，上述各藥劑處理的罹病度依序為1.7、3.3、5.0、6.7及11.7%（表七）。試驗結果經撰寫成技術專文供蘭花栽培業者參考，對減少軟腐病的發生有相當的幫助。

台灣作物病原細菌之抗藥性

由於可輪替使用的防治藥劑甚少，抗藥的作物病原細菌菌株容易發生。以往國外已有許多關於植物病原及表生細菌抗鏈黴素或銅的研究報導，這些細菌包括 *Erwinia* spp.、*Pseudomonas* spp.及 *Xanthomons* spp.。細菌抗鏈黴素，可歸因於染色體突變(chromosomal mutation)，包括16S 核糖體核酸 (ribosomal RNA)或核糖體蛋白質(ribosomal protein) S12的基因突變，致使鏈黴素無法正常作用，細菌因而獲得抗性，此種類型的抗性程度通常較高，因基因突變而抗鏈黴素的 *E. amylovora*，其抗性程度超過4000 g/ml⁽²²⁾；細菌也可因獲得帶抗藥基因對 *strA-strB* 而產生藥劑修改酵素 (modifying enzyme)，破壞鏈黴素的功能，這個基因對是轉移子(transposon)的一部分，可插在細菌染色體、大小不等的轉移性(conjugative)或非轉移性質體(plasmid)，此種類型的抗性程度通常較低，一般介於500-1000 g/ml⁽²¹⁾；此外，細菌也可能因染色體突變，失去攝取抗生素的功能，而對鏈黴素產生抗性⁽²⁵⁾，這種類型的抗性因研究不多，抗性程度如何不得而知。植物病原細菌的抗銅性主要因獲得 *cop* 基因組而產生黏結蛋白質 (copper binding protein)，將銅蓄積於細胞膜隙(periplasm)，*cop* 基因組也可插附於細菌染色體、大小不等的轉移性或非轉移性質體(plasmids)^(4,24)。

軟腐病是台灣蝴蝶蘭上最普遍的病害，由於鏈黴素使用頻繁，據筆者調查，其抗鏈黴素菌株於1988年即已出現，但比率不高(4/60)，且抗藥菌株只侷限於臺東某一特定蘭園⁽¹⁰⁾，經宣導教育後，近幾年來蘭農較普遍採四環黴素、鏈黴素、銅劑輪

流或混合施藥方式。筆者於1998年再度調查，發現抗鏈黴素、四環黴素或具雙重抗性的菌株都已出現，雖總比率都還不高，但抗藥菌系已不再侷限於臺東地區，在少數蘭園抗藥菌株且已成為優勢族群(表八)，增加防治上的困難。

茄科細菌性斑點病菌的抗藥性國外早有報告⁽³⁴⁾。吳等⁽⁴⁾於1995年在台灣發現抗銅性菌株，比率為18/59，而絕大多數抗銅菌系都帶有一種200kb的質體，該質體能以高或低頻率被轉移到其他同種細菌的不同菌系，但也有些菌系內的質體不會被轉移，至於該質體是否有cop基因組，因未深入研究不得而知。許及徐⁽⁶⁾於1991自甜椒分離茄科細菌性斑點病菌58個菌株(21個屬race1、6個屬race2、31個屬race3)，測試結果發現所有race1菌株不抗鏈黴素，但13株抗銅；所有race2菌株(1個除外)同時抗鏈黴素及銅；所有race3菌株均不抗鏈黴素或銅。筆者於2001年於台東主要茄科作物栽培區，自番茄及甜椒分離細菌性斑點病菌株進行測試，發現抗鏈素菌株已相當普遍，其次為抗銅菌株，且許多菌株兼具雙重抗藥性，但未發現抗四環黴素菌株(表九)。抗藥性菌株的出現、散播及興盛，嚴重影響本病化學防治的效果。

在檬果黑斑病方面，鄭等⁽¹⁶⁾於1994-1995年間，自屏東縣枋寮、枋山及台南縣縣玉井左鎮、官田、新化、楠西等檬果栽培區分離病菌，測試結果發現94個菌株中35個具抗銅性，顯示抗銅菌株已相當普遍。

結論與檢討

在台灣，具有經濟重要性的作物細菌性病害種類不多，但常成為作物栽培成敗的關鍵。筆者從事植物保護工作二十餘年，曾多次目睹農民因水稻白葉枯病、甘藍黑腐病、結球白菜軟腐病、番茄青枯病、甜椒、番茄細菌性斑點病或蝴蝶蘭軟腐病危害，而致血本無歸，甚至整園廢耕的案例，究其原因主要為：抗病性強且農園藝性優良的作物品種(系)不多；有效的化學藥劑種類稀少；病菌產生抗藥性，影響化學防治的效果；農民教育不足，對細菌性病害的特性及防治要領不甚瞭解。為確保我作物的生產，謹提供下列意見，供研究人員及農政、農技機關參考，期能當作共同努力的目標。

一、加強優良抗病品種(系)的選育

在從事作物選育種時，針對不同作物，應將對水稻白葉枯病、甘藍黑腐病、番茄青枯病、茄科(甜椒、番茄)細菌性斑點病或瓜類細菌性果斑病的抗性列為重要考慮因素。對現有種植品種(系)則應測定其對主要細菌性病害的抗感性，並持續追蹤調查品種(系)與菌系間的互動變化，所得資料隨時提供予農民參考，當作選擇品種及田間管理的依據。

二、繼續開發安全有效的防治藥劑

目前可有效防治細菌性病害的藥劑僅限於銅劑、鏈黴素及其混合劑、四環黴素混合劑、「歐索林酸」及少數特定的SAR誘引劑。其中銅劑與酸性藥劑混合時容易發生藥害；「鏈黴素」會造成多種作物葉緣褪色，影響發育；「克枯爛」與多種農藥混合後也會造成藥害，且其防病效果僅限於水稻；「歐索林酸」對不同種細菌的殺滅效果差異甚大；Bacbicure 3811對甘藍黑腐病及水稻白葉枯病預防效果優異，但對其他作物細菌性病害大多無效，且未經核准使用。因此，對特定的細菌性病害，農民可以選擇的輪替藥劑非常甚少，再加上抗藥性問題，田間防治工作困難重重。農政機關應積極支持並鼓勵農藥廠商及研究人員積極開發安全而有效的新型防治藥劑，並主動輔導優良藥劑申請登記，以應田間防治的需求。

三、定期追蹤調查抗藥菌株族群變動

抗藥菌株的出現、傳播與興盛，直接影響病害的防治成本與效果。台灣以往對作物病原細菌抗藥性的調查研究甚少，僅知茄科細菌性斑點病菌、檸檬黑斑病菌及蝴蝶蘭軟腐病菌的抗藥菌株在某些地區已相當普遍，但這些菌株的分布情形及在各地區的興盛程度，並沒有作全面性的調查，農民在施藥防治時，常無所適從或徒勞無功。抗藥菌株可藉由種苗流通、風雨飛濺，甚至空氣中的煙霧狀顆粒(aerosol)散播至其他地區，再經由藥劑的汰選成為優勢族群，使藥劑無法發揮防治效果。全面定期調查、監測主要作物病原細菌的抗藥性變化，所獲資料可以當作推薦防治藥劑的依據，除可確保化學防治的效果，也可避免抗藥問題的惡化，值得農政、農技機關支持辦理。

四、加強農民教育與技術示範

作物細菌性病害的發生條件及防治要領和許多病害不同，但不少農藥業者及農民對細菌的觀念模糊，應施行防治時，經常錯失時機、選錯藥劑，導致嚴重的損失。農政、農技機關應加強各種型式的教育宣導，包括編印圖說、舉辦講習及田間示範，其中，田間示範觀摩如能將整合性技術實際應用於田間，並與農民慣用的方法就成本及效益比較，因「眼見為憑」，最能達到教育效果，但其成敗取決於技術人員的學養與經驗，因此，技術人員的在職專業訓練及經驗交流也極為重要。

原文刊登於—

黃德昌 2008 台灣作物細菌性病害防治要領。作物診斷與農藥安全使用技術手冊重
p142-161。國立中興大學農業暨自然資源學院農業推廣中心編印。

引用文獻

1. 安寶貞。 1978。 檬果黑斑病之研究 (一) 生態及病害發生。 科學月刊6:657-670.
2. 安寶貞。 1993。 檬果黑斑病之發生生態與病害防治。 植病會刊 2: 12-19。
3. 吳文川、鄭安秀、王玉如、胡建國。1995。柑桔潰瘍病及其病原菌。臺灣柑桔之研究與發展研討會專刊 p.221-243。臺灣省農業試驗所編印。
4. 吳雅芳、徐世典、曾國欽。1995。臺灣茄科細菌性斑點病菌之抗銅性與質體之關係。植保會刊 37: 209-218。
5. 唐致仁。 1997。 西瓜細菌性果斑病之研究。 國立高雄師範大學生物科學研究所碩士論文。 65 pp.。
6. 陳怡蘭。 2003。台灣東部地區茛蓂葉茛蓂花華細菌性角斑病之研究。國立中興大學植物病理學研究所第二十七屆畢業碩士論文。 75 pp.。
7. 許秀惠、徐世典。 1991。 台灣茄科細菌性斑點病菌對銅劑及其他藥劑之感受性。 植保會刊 33: 410-419。
8. 黃德昌。1988。台灣十字花科黑腐病防治研究近況。蔬菜品種改良研討會專輯p. 29-43。台東區農業改良場編印。
9. 黃德昌、李惠鈴。 1988。 熱酸性硫酸鋅種子浸漬法防治十字花科蔬菜黑腐病。 植保會刊 30: 245-258。
10. 黃德昌、李惠鈴、周雅慧、呂瑛敏。 1998。 蝴蝶蘭軟腐病化學防治及其病原細菌之抗藥性。植病會刊 7: 216 (摘要)。
11. 彭瑞菊、鄭安秀。2002。楊桃細菌性斑點病之發現及監測技術。台南區農業專訊41: 17-19。
12. 張義璋、謝麗娟。 1999。 抗臺灣地區白葉枯病之稻品種篩選。臺灣農業研究 48(3): 101-109。
13. 蔡志濃、安寶貞、林俊義、吳雅芳、彭淑貞。 2001。楊桃細菌性斑點病之發生、品種抗病性及藥劑防治。植病會刊10:139-145。
14. 鄭安秀、黃德昌。 1998。 *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* 引起的甜瓜及苦瓜細菌性果斑病。 植病會刊7: 216 (摘要)。
15. 鄭安秀、王仕賢、黃山內。 2001。 番茄嫁接茄子根砧防治土傳病害。台南區農業專訊35: 1-3。
16. 鄭安秀、郭聰明、許瑛玲。1996。檬果黑斑病病原細菌抗銅性之探討。植病會刊 5: 213 (摘要)。
17. 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。

18. 廖龍盛。 1980。 實用農藥。廖龍盛發行。885pp.
19. 謝明憲、林棟樑、鄭安秀、王仕賢。 2001。 甘藍抗黑腐病篩選之研究。台南區農業改良場研究彙報38:45~53。
20. 蘇秋竹、徐世典。 1998。 在台灣由*Pseudomonas syringae*引起之細菌性葉斑病。植病會刊7:215 (摘要)。
21. Chiou, C. -S., and Jones, A. L. 1993. Nucleotide sequence analysis of transposon(Tn5393) carrying streptomycin resistance gene in *Erwinia amylovora* and other gram-negative bacteria. J. Bacteriol. 175:732-740.
22. Chiou, C. -S., and Jones, A. L. 1995. Molecular analysis of high-level streptomycin resistance in *Erwinia amylovora*. Phytopathology. 85: 324-328.
23. Clayton, E. E. 1924. Control of black-rot and black-leg of cruciferous crop by seed and seed bed treatments. Phytopathology 14:24-25(Abstr).
24. Cooksey, D. A. , and Azad, H. R. 1992. Accumulation of copper and other metals by copper-resistant plant-pathogenic and saprophytic pseudomonads. Appl. Environ. Microbiol. 58:274-278.
25. Hancock, R. E. W. 1981. Aminoglycoside uptake and mode of action - with special reference to streptomycin and gentamycin. II . Effect of aminoglycoside on cells. J. Antimicrob. Chemother. 8:429-445.
26. Hopkins, D. L., Cucuzza, J. D., and Watterson. 1996. Wet seed treatments for the control of bacterial fruit blotch of watermelon. Plant Dis. 80:529-532.
27. Hsieh, S. P. Y. 1991. Recent status and future prospects on bacterial blight in Taiwan. p.117~130 in Tu, C. C., et al., ed. Proceedings of Symposium on The Rice Diseases at TARI, November, 1990. TARI Special Bulletin No. 32.
28. Humaydan, H. S., Harman, G. E., Nedrow, B. L., and DiNitto, L. V. 1980. Eradication of *Xanthomonas campestris*, the causal agent of black rot , from Brassica seeds with antibiotics and sodium hypo-chlorite. Phytopathology 70:127-131.
29. Jones, J. B., Bouzar, H., Stall R. E., Almira. E. C., Roberts P. D., Bowen, B. W., Sudberry, J., Strickler P. M., and Chun, J. 2000. Systematic analysis of xanthomonads (*Xanthomonas* spp.) associated with pepper and tomato lesions. Int J. Syst. Evol. Microbiol. 3:1211-1219.
30. Kucharek, T., Perez, Y., and Hodge, C. 1993. Transmission of the watermelon blotch

- bacterium from infested seed to seedling. *Phytopathology* 83:467.
31. Latin, R. X., and Hopkins, D. L. 1995. Bacterial fruit blotch of watermelon : The hypothetical exam question becomes reality. *Plant Dis.* 79:761-765.
 32. Lu, Y.-Y. and Chen, C.-Y. 1998. Probenazole-induced resistance of lily leaves against *Botrytis elliptica*. *Plant Pathol. Bull.* 7:134-140.
 33. Norris, S., and Mandell G. L. 1988. The quinolones: history and overview, p. 1- 22 in Andriole V. T. ed, *The Quinolones*, Academic Press Inc. San Diego.
 34. Ritchie, D. F., and Dittapongpitch, V. 1991. Copper- and streptomycin-resistant strains and host differentiated races of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in North Carolina. *Plant Dis.* 75:733-736.
 35. Sakamoto, K., Tada, Y., Yokozeki, Y., Akagi, H., Hayashi, N., Fujimura, T., and Ichikawa, N. 1999. Chemical induction of disease resistance in rice is correlated with the expression of a gene encoding a nucleotide binding site and leucine- rich repeats. *Pl. Mol. Biol.* 1:847-855.
 36. Schaad, N. W., Sitterly, W. R., and Humaydan, H. 1980. Relationship of incidence of seedborne *Xanthomonas campestris* to black rot of crucifers. *Plant Dis.* 64 : 91-92.
 37. Staudenbauer, W. L. 1976. Replication of *Escherichia coli* DNA in vitro: inhibition by oxolinic acid. *Eu. J. Biochem.* 62 : 491-497.
 38. Swings, J., Van den Mooter, M., Vauterin, L., Hoste, B., Gillis, M., Mew, T. W., and Kersters, K. 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. *Int. J. Bacteriol.* 40:309-311.
 39. Tzeng, K. C., and Hsu, S. T. 1981. Identification and characterization of soft-rotting *Erwinia* in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 23 : 77-85.
 40. Wall, G. C. 1989. Control of watermelon fruit blotch by seed heat-treatment. *Phytopathology* 79:1911.
 41. Willems, A., Goor, M., Thielemans, S., Gillis, M., Kersters, K. Ley, J. De., 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. Bacteriol.* 42: 107-119.

42. Williams, P. H. 1980. Black rot: A continuing threat to world crucifers. Plant Dis. 64:736-742.

ABSTRACT

Tze-chung Huang^{*}. 2003. Recent status and perspective of controlling crop bacterial diseases in Taiwan. (*Keelung Branch Office, Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Taiwan, ROC)

Located in subtropical area, Taiwan has warm and humid climate with frequent attack of typhoon that is favorable for the occurrence of plant bacterial diseases. In Taiwan, economically important crop bacterial diseases include rice bacterial leaf blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*), black rot of cabbage (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*), soft rot of Chinese cabbage (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*), tomato bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*), bacterial leaf spot of tomato and sweet pepper (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*), bacterial fruit blotch of cucurbitaceae crops (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*), citrus canker (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*), mango black spot (*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*), carambola bacterial leaf spot (*Pseudomonas syringae*), soft rot of orchid (*Erwinia chrysanthemi*), and bacterial leaf spot of betel pepper (*Xanthomonas axonopodis* pv. *betlicola*). Among them, bacterial fruit blotch of cucurbitaceae crops and carambola bacterial leaf spot appeared a few years ago and the others have long been existed in Taiwan. Very few approaches for controlling crop bacterial diseases have been developed and applied in Taiwan. The most commonly recommended methods include the adoption of resistant varieties or resistant rootstock, seed treatment, improvement of cultural practices, reasonable application of fertilizer, and spray of bactericides in field. The main active ingredients officially approved for controlling bacterial diseases are copper and antibiotics, mainly streptomycin and tetracycline. Some other chemicals including probenazole, tecloftalam, and oxolonic acid, with special mode of action were recently approved for the control of specified bacterial diseases. Due to the lack of alternative bactericides, strains of *X. axonopodis* pv. *vesicatoria*, *X. campestris* pv. *mangiferaeindicae* and *E. chrysanthemi* resistant to copper, streptomycin or both were detected in different areas and drug-resistant strains were found to be dominant in some fields. To improve the situation of disease control the author suggest that more efforts should be put in the breeding of resistant varieties with satisfactory horticultural or agronomical characteristics, development and application of novel bactericides, extensive monitoring of drug resistance, on-job training of agricultural extension workers and growers, and on-site demonstration of control

methods for growers.

(Key words: crop bacterial diseases, resistant varieties, resistant rootstock, seed treatment, chemical control, drug resistance)

表一、作物細菌性病害核准使用的防治藥劑

病 害 名 稱	病 原	核准使用之防治藥劑
水稻白葉枯病	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	克枯爛(Tecloftalam)、鏈四環黴素 (Streptomycin + Tetracycline) 、撲殺熱 (Probenazole)
水稻細菌性穀枯病	<i>Burkholderia glumae</i>	嘉賜黴素(Kasugamycin)
甘藍黑腐病	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	嘉賜銅(Kasugamycin + Copper oxychloride)、維利黴素(Validamycin)
結球白菜軟腐病	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>	多 保 鏈 黴 素 (Thiophenate-methyl + Streptomycin) ； 鏈 黴 素 (Streptomycin)、鏈土黴素 (Streptomycin + Oxytetracycline)、亞納銅 (Nonylphenol copper sulfonate)
洋蔥軟腐病	<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i>	嘉賜銅
胡瓜細菌性斑點病	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>lachrymans</i>	銅快得寧 (Oxine-copper + Copper hydroxide)
番茄細菌性斑點病	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>vesicatoria</i>	嘉賜銅
甜椒細菌性斑點病	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>vesicatoria</i>	嘉賜銅、三元硫酸銅 (Tribasic copper sulfate)
柑桔潰瘍病	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>citri</i>	波爾多混合劑 (Bordeaux mixture)、氧化亞銅(Cuprous oxide)、嘉賜銅、維利黴素
檬果黑斑病	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>mangiferaeindicae</i>	嘉賜銅、歐索林酸(Oxolinic acid) 、 嘉 賜 快 得 寧 (Kasugamycin + Oxine-copper) 、三元硫酸銅、護粒丹 (Edifenphos + Fthalide)、
楊桃細菌性斑點病	<i>Pseudomonas syringae</i>	多保鏈黴素、波爾多混合劑、銅快得寧、鹼性氯氧化銅(Copper oxychloride)、鋅波爾多(Basic zinc sulfate + Basic copper sulfate)
桃穿孔病	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	多保鏈黴素、鏈土黴素

表二、水稻白葉病化學防治比較試驗

處理項目	罹病度(%) ²⁾		
	施藥前	第二次施藥後10天	第三次施藥後10天
10%鏈四環黴素SP 1000倍	2.4 ^a	27.2 ^b	47.3 ^c
10%克枯爛WP 1000倍	2.5 ^a	13.9 ^a	19.7 ^a
20%歐索林酸WP 1000倍	2.5 ^a	28.8 ^b	48.8 ^c
6%撲殺熱G 30公斤/公頃	2.1 ^a	16.2 ^a	34.6 ^b
不處理對照	2.1 ^a	32.9 ^b	57.2 ^c

1) 「鏈四環黴素」、「克枯爛」及「歐索林酸」均於發病初期開始施藥，以後每隔10天施藥一次，連續三次；「撲殺熱」於幼穗形成期前施藥一次。每處理54平方公尺，三重複。

2) 調查罹病度時，每處理逢機調查試區中央部份20叢，每叢調查5枝分蘗，每分蘗由上往下記錄4個葉片的罹病等級，0=未發病；1=病斑面積占總葉面的1/5以下；2=病斑面積占總葉面的1/5-1/2；3=病斑面積占總葉面的1/2以上。由此資料換算成罹病度。罹病度(%) = $\Sigma(\text{指數} \times \text{該指數罹病葉數}) / (3 \times \text{總調查葉數})$ 。數值為三重複的平均值，同欄數值右上方英文字母相同者，表示經鄧肯氏多重變域分析，差異不顯著(p=0.01)。

表三、甘藍黑腐病化學防治試驗罹病度(%)比較(2000)

藥 劑 處 理 ¹⁾	重 複				平均
	I	II	III	IV	
43.5%嘉賜快得寧可濕性粉劑 500倍	16	16.5	16	14	15.6 ^b
81.3%嘉賜銅可濕性粉劑 1000倍	12	18.5	11	11	13.1 ^b
10%克枯爛可濕性粉劑1000倍	29	28.5	34	28	29.9 ^a
10%克枯爛可濕性粉劑500倍	41	28.5	28.5	30	32.0 ^a
68.8%多保鏈黴素可濕性粉劑1000倍 ^{**}	10.5	5	8.5	7.5	7.9 ^{bc}
10%鏈四環黴素可濕性粉劑1000倍 [*]	11	17	5.5	12.5	12.5 ^{bc}
30% Bacbicare 3811(滿瓜園) 500倍	1.5	4	8.5	2	4.0 ^c
不處理對照	19.5	40	32.5	39.5	32.9 ^a

1) 試驗每處理8公尺行，4重複。發病(結球)初期開始施藥，每隔7天施藥一次，連續三次。各藥劑均加「強透力」4,000倍。^{*}表示明顯藥害；^{**}表示輕微藥害。

²⁾ 數值為施藥三次後10天的罹病度。調查時每株由頂端完全展開葉開始向下調查5葉，記錄發病葉數及罹病度，0代表葉片無病斑；1代表葉緣1-5% 受感染；2代表葉緣6-20% 受感染；3代表葉緣21-50% 受感染；4代表葉緣50% 以上受感染。罹病度(%)= Σ (指數×該指數罹病葉數) / (4×總調查葉數)。同欄中數值右上方英文字母相同者，表示經鄧肯氏多重變域分析差異不顯著(p=0.01)。

四、番茄細菌性斑點病防治比較試驗結果

藥劑處理	罹病度(%) ²⁾	
	五次施藥後7天	五次施藥後14天
43.5%嘉賜快得寧WP 500倍	37.5 ^b	40.2 ^{bcd}
81.3%嘉賜銅WP 1000倍	26.6 ^c	38.7 ^{cd}
10%克枯爛WP 1000倍	41.3 ^{ab}	58.0 ^{ab}
10%鏈四環黴素WP 1000倍	37.4 ^b	53.0 ^{abc}
30% Bacbicure 3811 WP 1000倍	40.3 ^{ab}	58.3 ^{ab}
Hoya-2 1,200倍 + 「嘉貝好」 1,000倍	37.3 ^b	42.7 ^{abcd}
58%松香酯銅EC 1000倍	38.4 ^b	55.4 ^{abc}
37.5%氫氧化銅SC 400倍	24.7 ^c	27.5 ^d
73%鋅波爾多 WP 600倍。	35.6 ^b	47.1 ^{abc}
20%歐索林酸WP 1000倍。	41.6 ^{ab}	51.2 ^{abc}
不處理對照	47.6 ^a	60.3 ^a

¹⁾ 每處理40株，四重複。各藥劑處理每次施藥時均添加展著劑「力道威」4,000倍，第一、二、四次施藥時，各處理(含不施藥對照)均添加23%亞托敏水懸粉2,000倍以防治晚疫病及葉黴病。

²⁾ 每處理調查20株，調查時由頂端完全展開葉向下第5個複葉起調查5複葉。0=葉片無病斑；1=病斑佔葉面積1-5%；2=病斑佔葉面積6-20%；3=病斑佔葉面積21-40%；4=病斑佔葉面積41-60%；5=病斑佔葉面積>61%。由此換算成罹病度(%)，罹病度= Σ (指數×該指數罹病葉數) / (5×總調查葉數)。數值為四重複的平均值，同欄數值右上方英文字母相同者，表示經鄧肯氏多重變域分析，差異不顯著(p=0.05)。

表五、番茄病蟲害經濟防治示範區與對照區施藥比較表(2000)

噴藥日期	噴 藥 種 類		備 註
	對 照 區	示 範 區	
9/14/2000	35%依得利WP 77%氫氧化銅WP	同對照區	對照區與示範區由園主統一管理。
9/21/2000	35%依得利WP 77%氫氧化銅WP 開根素	同對照區	對照區與示範區由園主統一管理。
10/3/2000	81.3%嘉賜銅WP 68.8%多保鏈黴素WP 58%鋅錳滅達樂WP 25.3%美文松EC 速肥	同對照區	對照區與示範區由園主統一管理。
10/12/2000	64%鋅錳毆殺斯WP 25.3%美文松EC 50%免賴得WP 5%克福隆EC 「花開富貴」	同對照區	示範區開始由台東農改場決定施藥日期及種類。對照區開始由園主決定。
10/19/2000	4.95%芬普尼FP 64% 鋅錳毆殺斯WP 10%鏈四環黴素SP 35%滅達樂WP 35.15% 銅合硫磺FP	80%鋅錳乃浦WP 2.8%第滅寧EC 展著劑「全透力」	
10/25/2000	64%鋅錳毆殺斯WP 25.3%美文松EC 50%免賴得WP 5%克福隆EC	77%氫氧化銅WP 2.8%第滅寧EC 展著劑「全透力」	下位葉開始發生細菌性斑點病，以「氫氧化銅」加強防治細菌性斑點病兼顧晚疫病及早疫病。
11/3/2000	70%甲基鋅乃浦WP 64%鋅錳毆殺斯WP 50%培丹WP	77%氫氧化銅WP 展著劑「全透力」	10月30日象神颱風帶來強風豪雨，示範區加強細菌性斑點病防治。
11/10/2000	70%甲基鋅乃浦WP 40%銅快得寧WP 40.8%陶斯松EC 68.8%多保鏈黴素WP 50%培丹WP 「法台鈣」 「速肥」	77%氫氧化銅WP 2.8%第滅寧EC 展著劑「全透力」	噴灑「氫氧化銅」加強防治細菌性斑點病防治兼顧晚疫病及早疫病；鈣會明顯減低「鏈黴素」的效果。
11/15/2000	43%佈飛松EC 81.3%嘉賜銅WP 23% 亞托敏水懸劑 「法台鈣」 「發樂」	77%氫氧化銅WP 43%佈飛松EC 64% 鋅錳毆殺斯WP 展著劑「全透力」	示範區原定噴77%氫氧化銅WP，遭誤噴；本次處理後發生藥害，新芽部分組織焦枯。(銅劑和有機磷劑混合容易導致藥害)。
11/25/2000	50%培丹WP 80%鋅錳乃浦WP	亞磷酸(勁好智)S 75%硫敵克WP 展著劑「力道威」	進入採收期，氣溫下降偶有小雨，示範區選用無安全顧慮的「亞磷酸」預防晚疫病；選用安全採收期3天的「硫敵克」預防番茄夜蛾。
12/4/2000	50%培丹WP 80%鋅錳乃浦WP	亞磷酸(勁好智)S 75%硫敵克WP 展著劑「力道威」	進入採收期，氣溫下降偶有小雨，示範區選用無安全顧慮的「亞磷酸」預防晚疫病；選用安全採收期3天的「硫敵克」預防番茄夜蛾。

表六、番茄病蟲害經濟防治示範區與對照區防治成本及經濟收益比較

比較項目	示範區	對照區	比較 ³⁾
防治成本(元/0.1公頃)	7,040	9,380	-2,340
細菌性斑點病罹病度(%) ¹⁾	32.1	86.4	-54.3
粗估全期產量(公斤/0.1公頃)	7,560	5,760	+1,800
經濟收益(元/0.1公頃) ²⁾	264,600	189,220	+75,380

¹⁾ 細菌性斑點病罹病度計算：隨機調查對照區及示範區各50植株，罹病度計算方法同表四。

²⁾ 依當時產地平均價格35元/公斤計算。

³⁾ 比較的數值=(示範區數值-對照區數值)。

表七、蝴蝶蘭軟腐病防治試驗結果

處理藥劑 ¹⁾	接種病菌後罹病度 (%) ²⁾			
	3天	9天	12天	16天
30.3%四環黴素SP 2,000倍	0 ^b	0.8 ^b	0.8 ^b	1.7 ^b
10%鏈四環黴素WP 1,000倍	0 ^b	1 ^b	2.9 ^b	3.3 ^b
68.8%多保鏈黴素WP 1,000倍	0 ^b	1.7 ^b	3.5 ^b	5.0 ^b
20%歐索林酸WP 1,000倍	0.8 ^b	5 ^b	5.2 ^b	6.7 ^b
81.3%嘉賜銅WP 1,000倍	1.3 ^b	7.9 ^b	9.6 ^b	11.7 ^b
不施藥對照	9.2 ^a	26.9 ^a	33.8 ^a	41.7 ^a

¹⁾ 將供試藥劑依選定的濃度稀釋，並添加展著劑「全透力」(Totalwett, 1,000倍)，以手動式噴霧器噴灑於蝴蝶蘭盆苗，每處理20盆，重複四次，24小時後用高壓噴霧器均勻噴灑蝴蝶蘭軟腐病菌EchT20菌株之懸浮液(約 10^8 cfu/ml)，行人工接種，接種後試驗空間保持100%相對濕度。

²⁾ 病菌接種後定期調查罹病度，未發病者為0；病斑小於1/4葉面積者為1；病斑介於1/4-1/3葉面積者為2；病斑介於1/3-1/2葉面積者為3；病斑大於1/2葉面積者為4。由此換算成罹病度。罹病度= $\Sigma(\text{指數} \times \text{該指數罹病葉數}) / (4 \times \text{總調查葉數})$ 。同一欄中數值為四重複的平均值，右上方英文字母相同者，表示鄧肯氏多重變域分析，差異不顯著($p=0.01$)。

表八、台灣蝴蝶蘭軟腐病菌抗藥性測定(1998)

菌株來源	病菌種類	總菌株數	抗下列藥劑菌株數 ²⁾		
			鏈黴素	四環黴素	硫酸銅
台東A蘭園	Ech	14	3	4 ³⁾	0
台東B蘭園	Ech	8	0	1	0
台東C蘭園	Ech	13	0	1	0
台東今日蘭園	Ech	18	0	0	0
台東D蘭園	Ech	6	5	0	0
高雄農改場	Ech	2	2	2	0
麻豆大奇蘭園	Ech	9	0	0	0
屏東清波蘭園	Ech	10	0	0	0
台南立暉蘭園	Ech	9	0	0	0
麻豆新竹蘭園	Ech	11	0	0	0
麻豆A蘭園	Ech	5	5	0	0
台南台糖蘭園	Ech	12	0	0	0
總 和		117	15	8	0

¹⁾ Ech 代表 *Erwinia chrysanthemi*。

²⁾ 測試對鏈黴素(100 g/ml)、四環黴素(25 g/ml)的抗性時，以假單胞菌培養基(Pseudomonas agar F, PF, Difco Bacto)為基礎培養基，硫酸鏈黴素(streptomycin sulfate)及鹽酸四環黴素(tetracycline hydrochloride)依特定濃度溶於蒸餾水，以直徑0.22 m的過濾膜(hydrophilic PVDF membrane)過濾後，加入冷卻至約55℃的PF培養基；測定抗銅性時，含銅培養基則以含低礦物鹽類的CYE 培養基為基礎，將硫酸銅(cupric sulfate pentahydrate)經溶解過濾消毒後加入CYE 培養基，使其含銅濃度為1.12 mM。

³⁾ 三個菌株同時抗鏈黴素。

表九、茄科細菌性斑點病菌菌株抗藥性測試¹⁾

菌 株 來 源	採集日期	抗鏈黴素 (100ppm)	抗四環黴素 (25ppm)	抗銅 (1.12mM)
李本芳(瑞和，番茄)	3/14/2001	0/24	0/24	0/24
潘保榮(關山，番茄)	3/14/2001	16/24	0/24	0/24
林明春(關山，番茄)	3/16/2001	67/72	0/72	0/72
洪瑞宗(月眉，甜椒)	5/14/2001	23/23	0/23	0/23
許清江(月眉，番茄)	6/8/2001	46/46	0/46	46/46

1) 抗藥性的測試方法同表八。



圖一、水稻白葉是第二期稻作重要病害



圖二、甘藍黑腐病是世界性重要病害，種子帶菌是重要的第一次感染源。



圖三、軟腐病是結球白菜最致命的病害



圖四、番茄細菌性斑點病是夏秋之際重要的病害



圖五、瓜類細菌性果斑病為重要種媒病害



圖六、軟腐病是蝴蝶蘭的頭號殺手



圖七、細菌性角斑病是茛葉茛花最重要的葉部病害



圖八、褐斑病與軟腐病同為蝴蝶蘭重要病害