

台灣茄科細菌性斑點病菌對銅劑及其他藥劑之感受性

許秀惠¹ 徐世典²

1. 台中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所植病系
2. 台中市國立中興大學植物病理學系

(接受日期：民國 80 年 12 月 7 日)

摘要

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

台灣分離的茄科細菌性斑點病菌 58 個菌株 (包括 21 個 pepper race 1 菌株, 6 個 pepper race 2 菌株, 31 個 pepper race 3 菌株) 對硫酸銅及鏈黴素具有不同的感受性, 所有的 race 1 菌株均不抗鏈黴素, 但有 13 個菌株具有抗銅性, 所有的 race 2 菌株 (除一個菌株外) 不但具有抗銅性也抗鏈黴素, 而所有的 race 3 菌株對硫酸銅及鏈黴素均為感受性。抗銅菌株能在含 100~950 $\mu\text{g/ml}$ 硫酸銅的培養基上生長, 而不抗銅菌株僅能在含 100 $\mu\text{g/ml}$ 硫酸銅的培養基上生長。抗銅菌株對農藥級銅劑, 氫氧化銅及鹼性氫氧化銅, 也表現抗性, 但其生長可被含銅混合劑, 銅鋅錳乃浦及銅合浦所抑制。所有菌株對硫酸錳不具感受性, 對硫酸鋅的耐性不高, 但菌株間之耐性略有差異, 而耐性較高者都存在於 race 3 的菌株中。在或略高於田間推薦使用的濃度時, 快得寧及嘉賜黴素對所有菌株之生長均無抑制效果, 而鋅錳乃浦及含四環黴素之藥劑能抑制所有菌株之生長。

(關鍵字：茄科細菌性斑點病菌、藥劑感受性、抗銅、抗鏈黴素)

緒言

由 *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye (以下簡稱 Xv) 引起的細菌性斑點病 (bacterial spot) 是台灣番茄及甜椒產區的重要病害之一^(2,11), 在高溫多濕的季節發生尤其普遍。在國外許多地區, 銅劑或含銅混合劑常被推薦用於防治此病害^(3,6,10,14)。由於長年施用銅劑的結果, 近年來在田間陸續出現了抗銅的 Xv 菌株, 使得銅劑失去其防治效果^(3,14)。

Xv 的抗銅性首先由美國佛羅里達州 (Florida) 分離的菌株中被發現⁽⁴⁾, 隨後墨西哥 (Mexico)⁽³⁾, 美國俄克拉荷馬州 (Oklahoma)⁽⁵⁾, 加州 (California)⁽⁹⁾ 及北卡羅來納州 (North Carolina)⁽¹⁶⁾ 也出現抗銅的菌株。Marco 與 Stall⁽¹⁴⁾, 及 Stall 等人⁽¹⁸⁾ 報告在佛羅里達的 38 個 Xv 菌株中, 所有屬於 pepper race 2 的菌株均為抗銅性, 而 race 1 除 2 個菌株外, 都不具抗銅性; Ritchie 及 Dittapongpitch⁽¹⁶⁾ 也報告北卡羅來納的 Xv 菌株中, 所有 pepper race 2

的菌株都具抗銅性，此外 pepper race 1 的 50% 菌株及所有番茄菌群 (tomato group, XcvT) 也抗銅。除銅劑外，鏈黴素 (streptomycin) 也用於防治此病害，同樣抗鏈黴素的 Xv 菌株已被發現^(15,16,19,21,22)；Ritchie 及 Dittapongpitch⁽¹⁶⁾ 更指出對鏈黴素具有抗性的菌株對銅也有抗性。

在台灣，尚無正式推薦的藥劑用於防治此病害，在病害常發生的田間，農民常施用銅劑或抗生素類藥劑，但有時無法達到其防治效果。本研究之目的即欲瞭解台灣的 Xv 是否有抗銅劑或抗生素之菌株存在及其對其他藥劑的感受性，並探討 Xv 的生理小種與抗藥性間之關係，部份研究結果曾以摘要形式發表⁽¹⁾。

材料與方法

菌株來源及培養

供試 58 個 Xv 菌株 (表一) 係由台灣各地採集之茄科作物細菌性斑點病的病組織分離而得，其詳細來源及所屬之生理小種已有報告⁽²⁾。這些菌株於含 20% 甘油及飾珠的小瓶中，置一 50°C 保存。測試時，先將保存的菌株均劃線培養於 potato dextrose agar (PDA) 斜面，待長出後再劃於 PDA 培養基，於 28°C 培養二天備用。

藥劑感受性之測定

將試藥級之硫酸銅 (cupric sulfate, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)，硫酸鋅 (zinc sulfate, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)，硫酸錳 (manganese sulfate, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，及鏈黴素 (Streptomycin sulfate, Sigma No.S-6501)，以不同濃度分別加入約 50°C 已滅菌之營養瓊脂培養基 (nutrient agar, NA) 內，作成平板，再將 58 個供試菌株分別畫線於上述之 NA 平板上，於 28°C 經 2 天培養後，觀察生長情形，每一藥劑每一濃度四重覆。

另依 Adaskaveg 及 Hine⁽³⁾ 所述之濾紙圓盤擴散法 (paper disc diffusion method)，測定 58 個 Xv 菌株對不同農藥的感受性。每個已混有 Xv 的 NA 平板上放 4 個含藥之濾紙圓盤 (直徑 12.7 mm, Schleicher & Schuell No. 740-E) 及 1 個含無菌水之濾紙盤當對照，經

28°C 培養 3 天後，測量抑制圈的大小。供試藥劑及稀釋倍數如下：銅劑包括氫氧化銅 (cupric hydroxide, 37.5% 乳劑，商品名為可產多, Kocide Chemical Corporation, 濃度為 600X 及 400X)，鹼性氯氧化銅 (copper oxychloride, 85% 可濕性粉劑，商品名為健果銅, Toco Chemicals B.V., 濃度為 600X 及 400X) 及快得寧 (copper -8- hydroxy quinolate, 33.5% 乳劑，商品名為億級棒, LA Quinoleine, 濃度為 800X、600X 及 400X)；抗生素類藥劑包括鏈黴素 (streptomycin, 12.5% 溶液，商品名為立農黴素, 立農公司, 濃度為 800X 及 600X)，四環黴素 (tetracycline, 30.3% 可溶性粉劑，商品名為鉑美樹, Achroplant, 台灣氰胺公司, 濃度為 1000X 及 500X) 及嘉賜黴素 (kasugamycin, 2% 溶液，商品名為加收米, 大勝化工, 濃度為 1500X、1000X 及 500X)；含銅或含抗生素之混合劑包括：嘉賜銅 (kasuran, kasugamycin + copper oxychloride, 81.3% 可濕性粉劑，商品名為統統好, 大勝化工, 濃度為 1500X、1000X 及 500X) 銅合浦 [macupraz, basic copper sulfate + cufram Z (dithiocarbamate complex containing copper, manganese, iron and zinc), 71% 可濕性粉劑，商品名為介新, LA Cormubia, S. A., 濃度為 800X 及 600X]，銅鋅錳乃浦 (cuprosan 311 super D, copper oxychloride + maneb + zineb, 72.5% 可濕性粉劑，商品名為久保丹, 法台公司, 濃度為 800X、600X 及 400X)，鏈四環黴素 (plantomycin, streptomycin + tetracycline, 10% 可溶性粉劑，商品名為枯萎寧, 全台公司, 濃度為 1000X 及 500X)，多保鏈黴素 (atakin, thiophanate-methyl + streptomycin, 68.8% 可濕性粉劑，濃度為 1000X 及 500X)；及殺真菌性藥劑，鋅錳乃浦 (mancozeb, Dithane M-45, 80% 可濕性粉劑，商品名為益果生 -M45, 濃度為 800X、600X、400X)。

結 果

Xv 對試藥級銅、鋅、錳及鏈黴素藥劑之感受性

表一、茄科細菌性斑點病菌 58 個供試菌株及其對銅、鋅及鏈黴素之抗感性

Table 1. Fifty-eight strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from Taiwan used in this study and their sensitivity to copper, zinc and streptomycin

Strain	Race ¹⁾	Sensitivity ²⁾ to		
		Cupric sulfate (200 µg/ml)	Zinc sulfate (350 µg/ml)	Streptomycin sulfate (100 µg/ml)
Xv34	1	R	S	S
Xv35	1	R	S	S
Xv36	1	R	S	S
Xv37	1	R	S	S
Xv38	1	S	S	S
Xv39	1	S	S	S
Xv40	1	S	S	S
Xv41	1	S	S	S
Xv42	1	S	S	S
Xv43	1	S	S	S
Xv44	1	R	S	S
Xv48	1	R	S	S
Xv49	1	R	S	S
Xv51	1	R	S	S
Xv55	1	R	S	S
Xv56	1	R	S	S
Xv59	1	R	S	S
Xv60	1	R	S	S
Xv61	1	R	S	S
Xv62	1	S	S	S
Xv63	1	S	S	S
Xv12	2	R	S	R
Xv13	2	R	S	R
Xv15	2	R	S	R
Xv30	2	R	S	R
Xv64	2	R	S	R
Xv65	2	S	S	S
Xv2	3	S	S	S

Xv4	3	S	S	S
Xv7	3	S	R	S
Xv14	3	S	S	S
Xv16	3	S	S	S
Xv17	3	S	S	S
Xv18	3	S	S	S
Xv19	3	S	R	S
Xv20	3	S	S	S
Xv21	3	S	R	S
Xv22	3	S	R	S
Xv23	3	S	S	S
Xv24	3	S	S	S
Xv25	3	S	S	S
Xv26	3	S	S	S
Xv27	3	S	R	S
Xv28	3	S	S	S
Xv29	3	S	R	S
Xv31	3	S	S	S
Xv32	3	S	S	S
Xv33	3	S	S	S
Xv45	3	S	S	S
Xv46	3	S	S	S
Xv50	3	S	S	S
Xv52	3	S	S	S
Xv53	3	S	S	S
Xv54	3	S	S	S
Xv57	3	S	S	S
Xv58	3	S	S	S
Xv66	3	S	R	S
Xv67	3	S	R	S

1) The three pepper races have been determined in our previous report⁽²⁾.

2) Sensitivity was determined by the presence or absence of growth on nutrient agar amended with the chemical 48 hr after incubation at 28°C. R = resistant (presence of growth), S = sensitive (absence of growth).

在培養基含硫酸銅濃度為 200 $\mu\text{g/ml}$ 時，供試 58 個 Xv 菌株中有 18 個菌株能生長，為抗銅菌株（表一）；這些抗銅菌株包括 61.9%（13/21）的 pepper race 1 菌株及除 Xv 65 外的所有 pepper race 2 菌株。在培養基含硫酸鋅濃度為 350 $\mu\text{g/ml}$ 時，58 個 Xv 菌株中有 8 個菌株能生長，為抗鋅菌株（表一），而這些抗鋅菌株僅出現在屬於 pepper race 3 的菌株中，占 race 3 菌株的 25.8%（8/31）。在培養基含鏈黴素濃度為 100 $\mu\text{g/ml}$ 時，58 個

Xv 菌株中有 5 個菌株能生長，為抗鏈黴素菌株，均屬於 pepper race 2 的菌株，而且 race 2 的所有 6 個菌株中，只有 Xv 65 菌株不抗鏈黴素（表一）。就 Xv 菌株與上述三種藥劑抗感性間的關係而言，沒有任何一個菌株對三種藥劑都具抗性，對鏈黴素具抗性的菌株對銅亦具有抗性，但抗銅菌株不一定抗鏈黴素，此外，抗鋅菌株對銅及鏈黴素均為感受性（表一）。

當藥劑以不同濃度測試時，其結果（表二）顯示，在硫酸銅之濃度為 200 $\mu\text{g/ml}$ 時表現抗

表二、茄科細菌性斑點病菌三種甜椒生理小種對不同濃度試藥級之硫酸銅、硫酸鋅、硫酸錳及鏈黴素之感受性

Table 2. Sensitivity of strains in three pepper races of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* to different concentrations of cupric sulfate, zinc sulfate, manganese sulfate and streptomycin sulfate

Chemical ¹⁾	Concentration ($\mu\text{g/ml}$)	No. of resistant strains/No. of strains tested ²⁾		
		Race 1	Race 2	Race 3
Copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	100	21/21	6/6	31/31
	200	13/21	5/6	0/31
	250	13/21	5/6	0/31
	500	13/21	5/6	0/31
	950	13/21	5/6	0/31
	1000	0/21	0/6	0/31
Zinc sulfate ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	250	21/21	6/6	31/31
	300	21/21	1/6	31/31
	350	0/21	0/6	8/31
	400	0/21	0/6	2/31
	450	0/21	0/6	0/31
Manganese sulfate ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	700	21/21	6/6	31/31
	750	21/21	5/6	31/31
	1000	21/21	5/6	31/31
	1500	21/21	5/6	31/31
	2000	21/21	5/6	31/31
Streptomycin sulfate	100	0/21	5/6	0/31
	500	0/21	5/6	0/31
	1000	0/21	5/6	0/31
	1500	0/21	5/6	0/31

1) Analytical grade.

2) Strains recorded as resistant were based on the presence of growth on nutrient agar amended with the chemical 48 hr after incubation at 28°C.

性的 18 個 Xv 菌株均能抗至 950 $\mu\text{g/ml}$ ，但不論抗銅或不抗銅菌株在濃度為 100 $\mu\text{g/ml}$ 時都能生長；在硫酸鋅之濃度為 350 $\mu\text{g/ml}$ 時表現抗性的 8 個菌株中，只有 2 個菌株能抗至 400 $\mu\text{g/ml}$ ，而所有 58 個菌株在 250 $\mu\text{g/ml}$ 時及除 race 2 的 5 個菌株外之所有菌株在 300 $\mu\text{g/ml}$ 時均可生長，可見 Xv 菌株間對硫酸鋅的抗性程度差異不大；在鏈黴素之濃度為 100 $\mu\text{g/ml}$ 時表現抗性的 5 個菌株，均能抗其濃度高至 1500 $\mu\text{g/ml}$ 。硫酸錳濃度在 700~2000 $\mu\text{g/ml}$ 時，只有 Xv 65 菌株不能生長，其餘供試菌株均可生長，由此可知硫酸錳對 Xv 的生長並無抑制能力。

Xv 對農藥級藥劑之感受性

以濾紙圓盤擴散法測定各種農藥對 Xv 生長之抑制結果與上述所得之結果相似，亦即以試藥級硫酸銅偵測出的 18 個抗銅菌株（包括 13 個 race 1 菌株及 5 個 race 2 菌株）對農藥用銅劑如氫氧化銅及鹼性氫氧化銅，在一般推薦使用的稀釋倍數時也具有抗性，同樣，抗鏈黴素的 5 個菌株對農藥用的鏈黴素也表現抗性（表三）；這些抗性菌株之生長必須用高劑量的銅劑或鏈黴素才能被抑制（表四），又抗銅菌株也能被含銅混合劑如銅鋅錳乃浦及銅合浦在一般推薦使用的濃度所抑制（表三）。在其他供試藥劑中，快得寧及嘉賜黴素對供試 58 個 Xv 菌株均無抑制效果，而鋅錳乃浦及含四環黴素之藥劑對所有供試 Xv 菌株都有抑制能力；四環黴素與鏈黴素的混合劑（鏈四環黴素）能抑制所有菌株生長，但甲基多保淨與鏈黴素的混合劑（多保鏈黴素）卻不能抑制抗鏈黴素的菌株，嘉賜黴素與鹼性氫氧化銅的混合劑（嘉賜銅）也無法抑制抗銅菌株的生長（表三）。

討 論

植物細菌性病害之藥劑防治大都以施用銅劑或抗生素類藥劑為主，茄科細菌性斑點病自從 1920 年代發現後⁽¹²⁾，即建議以銅劑來防治，而鏈黴素則在 1950 年代發展出來後，才被用來防治茄科細菌性斑點病，但因鏈黴素的作用機制是單點作用，病菌很快地便產生了抗藥性

^(21,22)，而銅劑使用歷史頗長，卻一直到 1983 年 Marco 及 Stall⁽¹⁴⁾ 的研究才發現，然而他們測試的 Xv 菌株中有一個 1968 年分離的菌株即具有抗銅性，因此並非直到 1983 年才有抗銅菌株存在。抗銅性菌株之所以近來才被發現，可能是因田間雖然有抗性菌株存在，並不一定使田間的防治工作顯著失敗，所以不易引起人們注意，或者可能是因銅劑的作用機制是多點作用，不易產生抗銅性，因而未去尋找抗性菌株，而延緩抗銅性之發現。最近由於分子生物技術之發展，使我們瞭解對殺細菌劑之抗性在細菌族群中並不一定需藉著每一個菌株或種之獨立演化而產生，整個抗性菌株之族群可能藉由菌株間、病原型（pathovars）間或種間相互交換遺傳訊息而協力演化而來，因此細菌對各種藥劑均有可能很快地便產生抗性菌株⁽⁸⁾。

植物病原細菌對銅產生抗性的現象，自從在 Xv 上發現後⁽¹⁴⁾，相繼在 *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*（引起番茄斑點病）⁽⁴⁾，*P. syringae* pv. *syringae*（引起櫻桃潰瘍病）⁽²⁰⁾，及其他 *P. syringae*（引起 *impatiens* 葉枯病）⁽⁷⁾ 等細菌上也出現。就 Xv 而言，抗銅性的菌株，最初只在佛羅里達州發現⁽¹⁴⁾，後來在其他地區陸續出現^(3,5,9,16)，由本研究結果顯示台灣也存在不少抗銅菌株。上述各種細菌已被證明其抗銅基因位於質體上^(4,5,7,18,20)，台灣的抗銅菌株是否也帶有抗銅質體，目前正在研究中。

植物病原細菌對鏈黴素產生抗性之報告頗多，如 *Erwinia amylovora*⁽¹⁷⁾，*P. syringae* 的許多 pathovars⁽⁸⁾，及 *X. campestris* pv. *dieffenbachiae*⁽¹³⁾ 等，而 Xv 是早期即被發現具有抗鏈黴素的植物病原細菌之一^(15,19,21,22)。Minsavage 等人⁽¹⁵⁾ 曾測定來自美國各州及其他包括台灣等國家地區的 548 個 Xv 菌株，發現其中 55% 的菌株具有抗鏈黴素，顯示 Xv 菌具此抗性非常普遍，而本研究結果得知台灣 58 個供試菌株中有 5 個具抗性，相較之下，本省的 Xv 菌對鏈黴素發生抗性的現象似乎較少，與 Minsavage 等人⁽¹⁵⁾ 測定台灣菌株之結果相似。

Marco 及 Stall⁽¹⁴⁾ 首先指出 Xv 菌的生理小種與抗銅性之間的關聯性，在他們測試的所有 race 2 菌株均具有抗銅性，而 race 1 除二個菌

表三、茄科細菌性斑點病菌三種甜椒生理小種對各種農藥之感受性

Table 3. Sensitivity of strains in three pepper races of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* to various agrochemicals

Chemical	Concentration (dilution fold)	No. of resistant strains/No. of strains tested ¹⁾		
		Race 1	Race 2	Race 3
Copper hydroxide (37.5% E.C.)	600	13/21	5/6	0/31
	400	13/21	5/6	0/31
Copper oxychloride (85% W.P.)	600	13/21	5/6	0/31
	400	13/21	5/6	0/31
Copper-8-hydroxy quinolat (33.5% E.C.)	800	21/21	6/6	31/31
	600	21/21	6/6	31/31
	400	21/21	6/6	31/31
Mancozeb (80% W.P.)	800	0/21	0/6	0/31
	600	0/21	0/6	0/31
	400	0/21	0/6	0/31
Streptomycin (12.5% L.)	800	0/21	5/6	0/31
	600	0/21	5/6	0/31
Kasugamycin (2% L.)	1500	21/21	6/6	31/31
	1000	21/21	6/6	31/31
	500	21/21	6/6	31/31
Tetracycline (30.3% S.P.)	1000	0/21	0/6	0/31
	500	0/21	0/6	0/31
Streptomycin + Tetracycline (10% S.P.)	1000	0/21	0/6	0/31
	500	0/21	0/6	0/31
Thiophanate methyl + Streptomycin (68.8% W.P.)	1000	0/21	5/6	0/31
	500	0/21	5/6	0/31
Kasugamycin + Copper oxychloride (81.3% W.P.)	1500	13/21	5/6	0/31
	1000	13/21	5/6	0/31
	500	13/21	5/6	0/31
Copper oxychloride + Maneb + Zineb (72.5% W.P.)	800	0/21	0/6	0/31
	600	0/21	0/6	0/31
	400	0/21	0/6	0/31
Basic copper sulfate + cufram Z (71% W.P.)	800	0/21	0/6	0/31
	600	0/21	0/6	0/31

1) Strains recorded as resistant were based on the absence of inhibition zones 72 hr after incubation at 28°C in the paper disc assays.

表四、高濃度的銅劑或鏈黴素對 *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* 抗銅或抗鏈黴素菌株之生長抑制效力Table 4. Growth inhibition of copper or streptomycin resistant strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* by high dosages of copper compounds or streptomycin

Chemical ¹⁾ (Agricultural grade)	Range of inhibition zones (mm diameter) ²⁾ at the dilution (fold)			
	300X	200X	100X	50X
Copper oxychloride 85% W.P.	0	0	0	1-2
Copper hydroxide 37.5% E.C.	0	0	0	1
Streptomycin 12.5% L.	0	0	0	4-8

- 1) Copper compounds were tested against 18 copper resistant strains and streptomycin was tested against 5 streptomycin resistant strains.
- 2) The diameter of paper disc was subtracted.

株外都不具抗銅性，Stall 等人⁽¹⁸⁾進一步證實 race 2 與抗銅性的相關性。最近 Ritchie Dittapongpitch⁽¹⁶⁾ 報告在北卡羅來納州的 Xv 菌株中，雖然所有 race 2 菌株都抗銅，50% 的 race 1 菌株及所有番茄菌群 (XcvT) 也具有抗銅性，而所有 race 3 菌株都不抗銅，此外他們也發現抗鏈黴素的菌株都抗銅，但抗銅菌株不一定都抗鏈黴素。本省的 Xv 菌株具有三種生理小種^(2,11)，本研究發現 62% 的 race 1 菌株具有抗銅性，但對鏈黴素不具抗性，其餘的 race 1 菌株對銅及鏈黴素均不具抗性，race 2 菌株除 Xv 65 外，不但抗銅同時也抗鏈黴素，而所有的 race 3 菌株，不抗銅也不抗鏈黴素，此項結果與 Ritchie 及 Dittapongpitch⁽¹⁶⁾ 的報告相似。

對試藥級硫酸銅具有抗性的 Xv 菌株，對農藥級含銅藥劑也表現抗性，但這些抗銅菌株之生長可被含銅之混合劑，銅鋅錳乃浦及銅合浦所抑制。初步溫室防治試驗也得到相同的結果，亦即不論在番茄或甜椒上，單獨施用銅劑不能防治抗銅菌株 Xv 12，但能防治不抗銅菌株 Xv 26 引起的病害，而施用銅劑加鋅錳乃浦的混合劑則對抗銅及不抗銅菌株引起的病害都有防治效果⁽¹⁾。在國外常推薦鋅錳乃浦混合銅劑來防治茄科細菌性斑點病^(3,6,14)，其效果不僅

優於單獨施用銅劑⁽⁶⁾，也能顧及抗銅菌株造成的後果⁽¹⁴⁾。Marco 及 Stall⁽¹⁴⁾ 指出鋅錳乃浦與銅劑混合比單獨使用銅劑有較佳之防治效果是因鋅錳乃浦在混合液中增加水溶性銅濃度的關係，而 Adaskaveg 及 Hine⁽³⁾ 則認為鋅扮演重要角色，因不論抗銅或不抗銅菌株對鋅均呈感受性，而病害防治試驗結果也顯示單獨施用鋅劑加鋅乃浦或硫酸鋅即有良好防治效果。我們的研究結果得知台灣的 Xv 菌株雖然對鋅的耐性不高，但菌株間有不同程度的耐性，而耐性較高者都存在於 pepper race 3 的菌株中，由於 race 3 的菌株都不具抗銅性，因此施用銅劑與鋅錳乃浦的混合劑應能防治對鋅具有耐性的病菌。

謝 辭

本研究承行政院農委會經費補助，謹表謝意。

引用文獻

1. 許秀惠、徐世典、曾國欽 1989 臺灣茄科細菌性斑點病菌之生理小種與抗藥性。植保會刊 31:408 (摘要)。
2. 許秀惠、徐世典、曾國欽 1990 台灣茄科細菌性斑點病菌之特性，病原型與血清型。

- 植保會刊 32:59-69。
3. Adaskaveg, J. E., and Hine, R. B. 1985. Copper tolerance and zinc sensitivity of Mexican strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causal agent of bacterial spot of pepper. *Plant Dis.* 69:993-996.
 4. Bender, C. L., and Cooksey, D. A. 1986. Indigenous plasmid in *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*: Conjugative transfer and role in copper resistance. *J. Bacteriol.* 165:534-541.
 5. Bender, C. L., Malvick, D. K., Conway, K. E., George, S., and Pratt, P. 1990. Characterization of pXV10A, a copper resistance plasmid in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:170-175. 639-644.
 6. Conover, R. A., and Gerhold, N. R. 1981. Mixtures of copper and maneb or mancozeb for control of bacterial spot of tomato and their compatibility for control of fungus diseases. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 94:154-156.
 7. Cooksey, D. A. 1990. Plasmid-determined copper resistance in *Pseudomonas syringae* from impatiens. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:13-16.
 8. Cooksey, D. A. 1990. Genetics of bactericide resistance in plant pathogenic bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28:201-219.
 9. Cooksey, D. A., Azad, H. R., Cha, J. S., and Lim, C. K. 1990. Copper resistance gene homologs in pathogenic and saprophytic bacterial species from tomato. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:431-435.
 10. Dougherty, D. E. 1978. Yield reduction in tomato caused by bacterial spot and disease control with copper sprays. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:291-293.
 11. Hartman, G. L., Yang, C. H., and Wang, J. F. 1990. Races of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Taiwan and inoculation technique to evaluate host resistance. *Plant Prot. Bull.* 32:112-124.
 12. Higgins, B. B. 1922. The bacterial spot of pepper. *Phytopathology* 12:501-516.
 13. Knauss, J. F. 1972. Resistance of *Xanthomonas dieffenbachiae* isolates to streptomycin. *Plant Dis. Repr.* 56:394-397.
 14. Marco, G. M., and Stall, R. E. 1983. Control of bacterial spot of pepper initiated by strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* that differ in sensitivity to copper. *Plant Dis.* 67:779-781.
 15. Minsavage, G. V., Canteros, B. I., and Stall, R. E. 1990. Plasmid-mediated resistance to streptomycin in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Phytopathology* 80:719-723.
 16. 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.
 17. Schroth, M. N., Thomson, S. V., and Moller, W. J. 1978. Streptomycin resistance in *Erwinia amylovora*. *Phytopathology* 69:565-568.
 18. Stall, R. E., Loschke, D. C., and Jones, J. B. 1986. Linkage of copper resistance and avirulence loci on a self-transmissible plasmid in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Phytopathology* 76:240-243.
 19. Stall, R. E., and Thayer, P. L. 1962. Streptomycin resistance of the bacterial spot pathogen and control with streptomycin. *Plant Dis. Repr.* 46:389-392.
 20. Sundin, G. W., Jones, A. L., and Fulbright, D. W. 1989. Copper resistance in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* from cherry orchards and its associated transfer in vitro and in planta with a plasmid. *Phytopathology* 79:861-865.
 21. Thayer, P. L., and Stall, R. E. 1961. Ef-

- fect of variation in the bacterial spot pathogen of pepper and tomato on control with streptomycin. *Phytopathology* 51:568-571.
22. Thayer, P. L., and Stall, R. E. 1962. A survey of *Xanthomonas vesicatoria* resistance to streptomycin. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 75:162-165.

ABSTRACT

Hseu, S. H. and Hsu, S. T. 1991. Sensitivity of strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from Taiwan to copper and other agrochemicals. *Plant Prot. Bull.* 33:410-419 (Department of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, R.O.C. and Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R.O.C.)

Differences in sensitivity to cupric sulfate and streptomycin sulfate were detected among 58 strains (including 21 strains of pepper race 1, 6 strains of pepper race 2 and 31 strains of pepper race 3) of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* isolated from Taiwan. All race 1 strains were sensitive to streptomycin, but 13 strains were resistant to copper. All race 2 strains except one were resistant to copper and streptomycin, while all race 3 strains were sensitive to copper and streptomycin. Copper-resistant strains grew on nutrient agar containing cupric sulfate at 100-950 $\mu\text{g/ml}$, while sensitive strains grew only at 100 $\mu\text{g/ml}$. Strains resistant to cupric sulfate also were resistant to copper bactericides, copper hydroxide and copper oxychloride, but were sensitive to copper formulations in combination with mancozeb or cufram Z. All strains were not sensitive to manganese sulfate even at 2000 $\mu\text{g/ml}$, but showed low tolerance to zinc sulfate. Tolerance to zinc varied slightly among strains, and relatively higher tolerant strains were found only in some strains of race 3. Growth of all strains were not inhibited by copper-8-hydroxy quinolate and kasugamycin, but were inhibited by mancozeb and tetracycline at dosages same as or slightly higher than those recommended for use in the field.

(Key words: *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, chemical sensitivity, copper resistance, streptomycin resistance)