

台灣地區甜菜西方黃化病毒(*Beet western yellows virus*) 之發生、鑑定及蚜媒傳播特性與生態

陳滄海

屏東縣 國立屏東科技大學植物保護系

聯絡作者：電子郵件 thchen@mail.npu.edu.tw，傳真：+886-8-7740293

接受日期：民國92年2月10日

摘要

陳滄海. 2003. 台灣地區甜菜西方黃化病毒(*Beet western yellows virus*) 之發生、鑑定及蚜媒傳播特性與生態. 植病會刊12:43-56.

採集自台灣田間葉片呈現黃化或嵌紋病徵之雪裡蕻、包心芥菜及蘿蔔病株經以桃蚜傳播分離獲得一種直徑約 30 nm 之球形病毒。新分離病毒可經由桃蚜、棉蚜、僞菜蚜、白尾紅蚜及無肘脈蚜等五種蚜蟲媒介傳播，其中以桃蚜及僞菜蚜之傳毒效率較高。新分離病毒經由桃蚜傳播可造成雪裡蕻、包心芥菜及蘿蔔植株葉片自葉緣或葉尖開始黃化，繼而全葉變黃，老葉葉脈轉紅，葉片變厚脆等與田間相似之病徵。桃蚜以持續型方式傳播新分離病毒，其最短獲毒及接種取食時間分別為 1.0 及 0.5 小時，最長保毒時間為 14 天，最適傳播溫度為 20-25°C，病毒不能繼代傳播。15-25°C 之中低溫極適於新分離病毒在芥菜植株內之增殖；此病毒會感染多種十字花科、藜科、菊科作物；以酵素免疫分析法(ELISA) 檢測田間 11 科 36 種非十字花科作物，以及十字花科作物田中與周邊附近常見之 16 科 38 種雜草分別在 10 科 26 種作物以及 14 科 23 種雜草中可檢出此病毒。周年性檢測田間黃鵪菜及山萮苣植株中此病毒濃度變化結果顯示 1-3 月及 10-12 月植株中病毒含量最高。感染新分離病毒之包心芥菜及蘿蔔病葉以組織轉濱法(tissue blotting) 能明確地驗証僅在葉脈輸導組織部位可檢測到病毒之分佈，以超薄切片電子顯微鏡觀察於罹病包心芥菜葉脈輸導組織之細胞質可檢視此病毒粒子聚集的現象。依據上述新分離病毒之寄主植物反應、蚜蟲傳播特性、粒子形態及其在寄主植物組織內之分布型式、血清學反應等試驗結果顯示此新分離病毒應為甜菜西方黃化病毒(*Beet western yellows virus, BWYV*) 之一系統，BWYV 在台灣為首次紀錄。

關鍵詞：十字花科作物、甜菜西方黃化病毒、鑑定、寄主範圍、蚜媒傳播及生態

諸言

台灣為害十字花科作物之病毒包括蕪菁嵌紋病毒(*Turnip mosaic virus, TuMV*)⁽¹⁾ 胡瓜嵌紋病毒(*Cucumber mosaic virus, CMV*)⁽²⁾、蘿蔔嵌紋病毒(*Radish mosaic virus, RaMV*)⁽⁵⁾，及晚近陳等⁽⁴⁾ 發現甜菜西方黃化病毒(*Beet western yellows virus, BWYV*) 及花椰菜嵌紋病毒(*Cauliflower mosaic virus, CaMV*) 等五種，其中以 BWYV 在田間之發生相當普遍且常與 TuMV 複合感染⁽⁴⁾，嚴重感染蘿蔔及芥菜類。

甜菜西方黃化病毒最早乃由 Duffus⁽¹³⁾ 於 1960 年在美國加州之甜菜，萮苣、菠菜及蘿蔔上首度分離，其後相繼

在世界各地皆有發生為害之報導^(27,43)。BWYV 分類上屬 *Luteoviridae* 科 *Poherovirus* 屬，粒子為球形，直徑約 26 nm，僅能藉由蚜蟲以持續型方式傳播，無法機械傳播，其自然寄主範圍廣達 23 科 150 種植物以上，除包括許多重要經濟作物如藜科之甜菜、菠菜，十字花科之油菜、蘿蔔，豆科之大豆、豌豆、蠶豆，葫蘆科之南瓜、胡瓜以及茄科之甜椒、番茄等造成受害植物葉片輕微褪色斑、黃化及老葉變厚、脆化等病徵外，亦能感染多種田間雜草上並成為重要傳播病毒感染源，導致重大經濟損失^(8,22,23)。由於 BWYV 在台灣十字花科作物上是第一次被發現，同時亦是全台有史首次紀錄，因此本研究乃針對其寄主範圍、蚜媒傳播特性、診斷方法與發生生態等進行探討。

材料與方法

病毒來源與分離

採自彰化、雲林、高雄田間葉片呈現黃化病徵之雪裡蕻(圖一A)、葉片黃化嵌紋之包心芥菜以及葉緣黃化之蘿蔔的病葉⁽⁴⁾，以 BWYV 抗體檢驗試劑組(Agdia)，依其 DAS-ELISA 流程，首先將 BWYV 抗體注入微量反應盤之反應穴中，置室溫下反應 4 小時，而後以清洗緩衝液(PBST) 沖洗 3 次每次 3 分鐘，再將經萃取緩衝液(extraction buffer) 萃取待檢病組織之萃取液加入反應穴中於 4°C 作用隔夜，同前再沖洗 3 次，然後再於穴中加入 BWYV 與鹼性磷酸酵素二者結合體(enzyme conjugate) 在室溫下反應 2 小時後，如前沖洗 3 次，再加入酵素基質液(p-Nitrophenyl phosphate) 於室溫下反應，並分別於作用 30 及 60 分鐘以免疫酵素分析儀在波長 405 nm 下測讀其吸收值，流程中並同時加入 BWYV 之正負對照組⁽⁴⁾，經確認感染 BWYV 後，供為試驗病毒源。BWYV 之分離乃參照 Duffus^(12,13) 之方法，取獲自台中區農業改良場病毒研究室並網箱飼育於台煙五號煙草上之無病毒桃蚜(*Myzus persicae* Sulzer) 分別置於前述雪裡蕻、包心芥菜及蘿蔔病葉上獲毒取食 24 小時，將蚜蟲每 5 隻一組移置於一株 2 週株齡之無毒健康包心芥菜(*Brassica juncea* var. *strumosa*) 葉片接種取食 48 小時，即以有機磷殺蟲劑殺滅之，接種植株置室溫下連續 3-4 週觀察病徵並以 DAS-ELISA 檢測確認 BWYV 之感染，經連續三次以蚜蟲傳播分離之 BWYV 分離株保存於包心芥菜上以供後續試驗之用。

蚜媒傳播特性

不帶毒蚜蟲置於感染 BWYV 包心芥菜病株上獲毒取食後，每 5 隻一組移置於一株 2 週株齡之健康包心芥菜接種取食，而後將蚜蟲殺滅，接種植株置室溫下連續 3 週觀察病徵並以 DAS-ELISA 分析確認 BWYV 之存在。傳播試驗每組供試包心芥菜為 10 株，重覆三次，共 30 株。

獲毒取食時間：桃蚜分別令其在病株上獲毒取食 0.5、1、4、6、12、24、36 及 48 小時，再於健株上接種取食 48 小時，以測定其傳毒效率。

接種取食時間：桃蚜在病株上獲毒取食 24 小時，而後移置健株上接種取食 0.5、1、4、6、12、24、36 及 48 小時，以測定其傳毒效率。

蚜蟲數與傳毒效率之關係：桃蚜獲毒取食 24 小時後，每一健株分別以 1、3、5、7、10 隻蚜蟲作 48 小時接種取食，探討蚜蟲數對 BWYV 傳播之影響。

不同溫度獲毒或接種取食對傳毒之影響：桃蚜在 15、20、25、30 及 35°C 等不同溫度下獲毒取食 24 小時，移至室溫下接種取食 48 小時；或在室溫下獲毒取食 24 小時後，移至 15、20、25、30 及 35°C 接種取食 48 小時以探

討溫度對蚜蟲傳毒之影響。

保毒期限：桃蚜在感染 BWYV 之包心芥菜病株上獲毒取食 24 小時後移置非 BWYV 寄主之健康煙草(*Nicotiana tabacum*) 上飼育，每隔一日令此蚜蟲在無毒健康包心芥菜上接種取食 48 小時，以瞭解蚜蟲的保毒期限。

繼代傳毒：桃蚜在病株獲毒取食 24 小時後，移至非 BWYV 寄主之無毒健康煙草(*Nicotiana tabacum*)，待其產出胎生子代，於體長 0.1 cm 以上再移至無毒健康包心芥菜接種取食 48 小時以瞭解 BWYV 在桃蚜上是否有繼代傳播現象。

不同種蚜蟲之傳毒效率：桃蚜、棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)、偽菜蚜(*Lipaphis pseudobrassicae* (Kaltenbach)) 白尾紅蚜(*Uroleucon formosanus* (Takahashi)) 及無肘脈蚜(*Hysteroneura setariae* (Thomas)) 等五種蚜蟲依前述獲毒、接種取食方式，探討不同種類蚜蟲之傳毒效率。

BWYV 之生態

BWYV 在芥菜中之增殖：桃蚜於芥菜病株上獲毒取食 24 小時，移置芥菜健株接種取食 48 小時後，置於室溫下連續 4 週，每週觀察病徵表現同時並在相同條件下定量取新葉 0.2 g 進行 DAS-ELISA 以瞭解 BWYV 在芥菜葉片組織之增殖消長。本試驗共重覆三次，每次接種芥菜 10 株。

溫度對 BWYV 增殖之影響：桃蚜於芥菜病株上獲毒取食 24 小時後，移置芥菜健株接種取食 48 小時，再將接種植株置於 15、20、25、30 及 35°C 下，二週後依前項試驗相同條件及作法定量取新葉進行 DAS-ELISA 以瞭解溫度對病毒增殖之影響。

寄主範圍測定：桃蚜於芥菜病株獲毒取食 24 小時，移置 6 科 32 (品) 種(表六) 健康苗上接種取食 48 小時後，連續觀察 3 週並以 DAS-ELISA 確認供試植物是否受 BWYV 感染。每種供試植物每次接種 3 株，重覆三次。

BWYV 田間雜草及非十字花科寄主植物之測定：以隨機方式採集十字花科作物田中及附近之常見雜草計 16 科 38 種及高屏地區田間具有疑似病毒病徵之非十字花科作物 11 科 36 種(表七) 病葉應用 DAS-ELISA 檢測是否有 BWYV 之存在。

種子傳播：市售十字花科等 5 科 16 種作物種子及由已經 DAS-ELISA 確認罹染 BWYV 之菊科雜草黃鵪菜植株所採集之成熟種子在溫室消毒乾淨介質中育成兩片本葉期之幼苗後，定量摘取新葉應用 DAS-ELISA 法進行 BWYV 檢測，各供試植物每次檢測 30 株，重覆三次以探討種子帶毒情形。

黃鵪菜及山萮苣植株中 BWYV 濃度周年性消長：每年於屏東地區蔬菜栽培區附近定點逢機擇定生長良好之山

萵苣 (*Lactuca indica L.*) 及黃鵪菜 (*Youngia japonica (L.) DC.*) 各 15 株每月定期定量採新葉進行 DAS-ELISA 分析 BWYV，連續進行三年以偵測黃鵪菜及山萵苣中 BWYV 含量之周年性變化。

組織病理學

負染法電顯觀察：前述經分離所得病毒分離株接種於包心芥菜後參考 Christie 等⁽¹¹⁾方法，取罹病包心芥菜葉脈組織粗汁液，令其吸附於覆有支持膜之銅網上，經 2% 醋酸鈎負染後，以電顯鏡檢病毒粒子之形態並測量其大小。

超薄切片法電顯觀察：參照陳、洪二氏⁽³⁾流程，包心芥菜葉脈組織先以 2.5% 戊二醛及 1% 四氧化鐵作前後固定，再以 50-100% 不同濃度系列酒精脫水及 Spurr's resin 滲透包埋，繼之以超薄切片機切成厚度 60-80 nm 超薄切片，再經 2% 醋酸鈎及 0.4% 檸檬酸鉛染色，最後以電顯觀察組織細胞內病毒分佈情形。

組織轉漬法：為了瞭解 BWYV 在葉片組織中的分佈位置並作為快速診斷之依據，乃參考 Lin 等⁽³⁵⁾的方法，取罹 BWYV 包心芥菜及蘿蔔整個葉片內捲成軸狀，以刀片分別於葉柄基部，葉柄中段及葉身作橫切隨即將切面印漬於硝化纖維紙上 (Nitrocellulose membrane)，將此轉漬紙浸入 blocking buffer (3 g skim milk, 2 g glycine, 100 ml TBS-Tween 20) 於室溫下輕搖作用 1 小時，再以 TBST 液 (TBS buffer 1000 ml, 0.5 ml Tween 20) 沖洗三次，每次 10 分鐘，之後將此轉漬紙浸入 BWYV 抗體稀釋液中 [0.0025 ml BWYV IgG, 10 ml TBS buffer (6.05 g Tris, 8.76 g NaCl, 800 ml H₂O, pH 8.0)] 作用 1 小時，以 TBST 液沖洗三次，而後再於 1000 倍稀釋之酶連二次抗體液中 (Alkaline phosphatase conjugated goat anti-rabbit immunoglobulin) 作用 1 小時，如前沖洗三次，最後加入 substrate solution [1 片 Fast BCIP/NBT (Sigma B.5655), 10 ml substrate buffer (1.21 g Tris, 0.58 g NaCl, 0.10 g MgCl₂ · 6H₂O, 80 ml H₂O, pH 8.0)] 作用 1.5 小時以呈色，隨即再用蒸餾水沖洗數次陰乾即可。

結果

病毒分離與病徵

由彰、雲、高縣三地田間之雪裡蕻、包心芥菜及蘿蔔等三種十字花科作物病葉組織以桃蚜為媒介及血清學檢測初步確認共分離獲得六個甜菜西方黃化病毒 (BWYV) 分離株，初步以機械接種及蚜媒接種於上述三種十字花科作物結果發現此六個病毒分離株不能經由機械方式接種，但桃蚜可成功傳播。且各分離株之寄主反應相似，經蚜媒傳播之 BWYV 在包心芥菜上初期造成植株自葉緣或葉尖開始黃化 (圖一B)，繼而全葉變黃，老葉葉脈轉紅，葉片變較

厚且脆 (圖一C)，因此乃選擇分自包心芥菜的 BWYV 分離株保存於包心芥菜中作為後續研究之病毒接種源。

蚜媒傳播特性

獲毒、接種取食時間：桃蚜於 1 小時獲毒取食後，傳毒效率 23%，當獲毒取食 36 小時，傳毒效率為 80%；最短接種取食時間為 0.5 小時，當接種取食 48 小時，其傳毒率可達 67% (表一)。

蚜蟲數與傳毒效率之關係：一隻桃蚜即能傳播 BWYV，傳毒率可達 80%，而一隻以上其傳毒率即超過 80%，當每一株包心芥菜接種 10 隻桃蚜時，傳毒率可達 100% (表二)。

不同溫度獲毒或接種取食對傳毒之影響：桃蚜在 15 °C 時獲毒取食其傳毒率為 100% 但傳毒取食則傳毒率僅 57%，而在 20 及 25 °C 時獲毒或接種取食之傳毒率最高皆達 100%，30 °C 以上則傳毒效率明顯降低，至 35 °C 時接種取食其傳毒率僅為 10% (表三)。

保毒期限：桃蚜獲毒後，其傳毒能力可維持二週，但自第 9 日以後之傳毒效率逐日降低，至第 15 日則完全喪失傳毒能力 (表四)。

繼代傳毒：桃蚜獲毒後取其胎生子代於無毒健康包心芥菜接種取食，每次 30 株，重覆三次，結果發現，供試之子代桃蚜皆不會傳毒，接種後之包心芥菜健株不但皆無 BWYV 感染之病徵且亦無法以 ELISA 法檢出 BWYV。

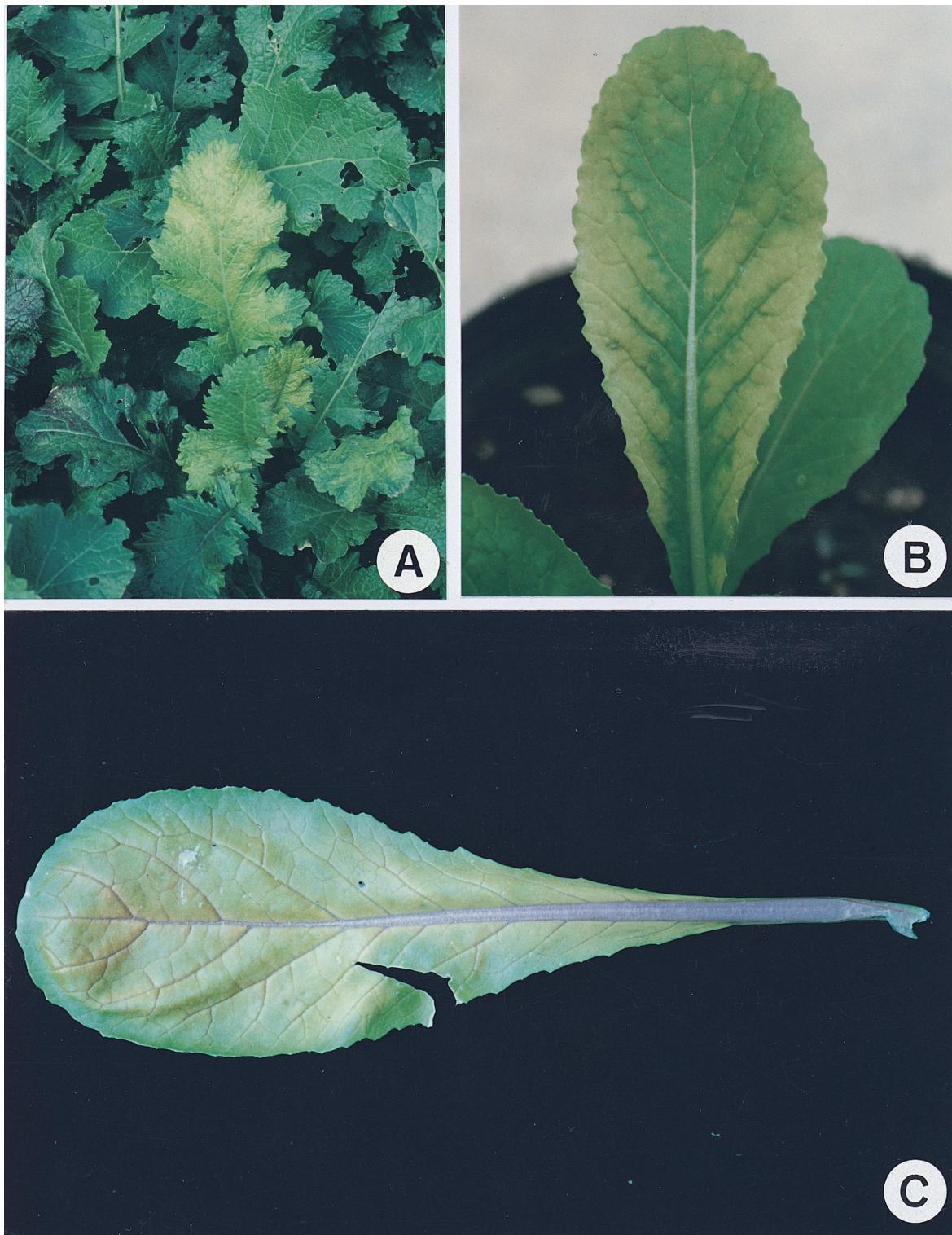
不同種蚜蟲之傳毒效率：十字花科、菊科、禾本科作物或雜草上常見 5 種蚜蟲中以棉蚜、桃蚜及偽菜蚜三種傳播 BWYV 效率最高皆達 100%，且其中尤以桃蚜、偽菜蚜所傳播者，病毒在接種植物中濃度明顯較高；至於無肘脈蚜則傳毒效率甚低 (表五)。

BWYV 之生態

BWYV 在芥菜中之增殖：為瞭解蚜媒接種後欲進行 ELISA 應何時取樣，因此乃探討 BWYV 在芥菜中之增殖變化以作為採樣之依據。結果顯示 BWYV 在芥菜植株中增殖至二週其濃度達到最高，而後濃度即迅速下降 (圖二)。

溫度對 BWYV 增殖之影響：為瞭解溫度對 BWYV 在作物中增殖之影響，因此以芥菜為試驗寄主，探討不同溫控條件下 BWYV 之增殖情形，結果顯示於 15 及 20 °C 時 BWYV 在芥菜植株中之增殖效率最高，30 °C 以上則效率較差 (圖三)。

寄主範圍測定：以桃蚜為媒介昆蟲接種 BWYV 於 6 科 32 (品) 種植物，結果顯示 BWYV 可以感染大部分測試之十字花科結球白菜、包心芥菜、雪裡蕻、蘿蔔等，菊科 3 品種萵苣及藜科芥菜、菠菜等植物，造成系統性葉片黃化或黃化嵌紋病徵，部分葫蘆科如西瓜、胡瓜及豆科菜



圖一、芥菜類作物葉片出現病毒病的病徵。(A)田間感染甜菜西方黃化病毒之雪裡蕻葉片產生黃化現象。(B)包心芥菜接種甜菜西方黃化病毒後初期葉尖及葉緣出現黃化。(C)後期老葉黃化葉脈變紅及厚脆。

Fig. 1. Virus disease symptom on leaves of mustard. (A) Yellows on field grown mustard infected by *Beet western yellows virus* (BWYV); (B) Typical symptom was first observable at the tips or margins of BWYV-infected mustard leaf; (C) Yellow and reddish vein on leaf of BWYV-infected mustard at late stage.

表一、不同獲毒或接種取食時間下桃蚜傳播甜菜西方黃化病毒之效率

Table 1. Transmission efficiency of *Beet western yellows virus* by *Myzus persicae* after various acquisition or inoculation access time

Time (hr)	Transmission efficiency ¹	
	Acquisition ²	Inoculation ³
0	0 (0/30)	0 (0/30)
0.5	0 (0/30)	10 (3/30)
1	23 (7/30)	20 (6/30)
4	20 (6/30)	23 (7/30)
6	23 (7/30)	33 (10/30)
12	43 (13/30)	60 (28/30)
24	70 (21/30)	57 (17/30)
36	80 (24/30)	60 (18/30)
48	77 (23/30)	67 (20/30)

¹. Percentage of transmission (number of plants infected/total number of plants tested).

². Acquisition access time intervals followed by 48 hours inoculation access time.

³. Inoculation access time intervals after 24 hours acquisition access time.

表二、不同蟲數桃蚜傳播甜菜西方黃化病毒之效率

Table 2. Transmission efficiency of *Beet western yellows virus* by different numbers of *Myzus persicae*¹

Number of aphid	Transmission efficiency ²
0	0 (0/30)
1	80 (24/30)
3	92 (28/30)
5	84 (25/30)
10	100 (30/30)

¹. Aphid transmission was conducted with 24 hours acquisition access time followed 48 hours inoculation access time.

². Percentage of transmission (number of plants infected/total number of plants tested).

表三、不同溫度下獲毒或接種取食對桃蚜傳播甜菜西方黃化病毒之影響

Table 3. Transmission efficiency of *Beet western yellows virus* by *Myzus persicae* at different acquisition or inoculation temperature

Temperature (°C)	Transmission efficiency ¹	
	Acquisition ²	Inoculation ³
15	100 (30/30)	57 (17/30)
20	100 (30/30)	100 (30/30)
25	100 (30/30)	100 (30/30)
30	44 (13/30)	66 (20/30)
35	40 (12/30)	10 (3/30)

¹. Percentage of transmission (number of plants infected/total number of plants tested).

². Peach aphid acquired virus at different temperature for 24 hours and then inoculated virus at 25°C for 48 hours.

³. Peach aphid acquired virus at 25°C for 24 hours and then inoculated virus at different temperature for 48 hours.

表四、桃蚜對甜菜西方黃化病毒之保毒期限

Table 4. Transmission efficiency of *Beet western yellows virus* by *Myzus persicae* Sulzer after various retention time intervals¹

Retention time after acquisition access period (day)	Transmission efficiency ²
0	100 (30/30)
1	100 (30/30)
3	100 (30/30)
5	100 (30/30)
7	100 (30/30)
9	100 (30/30)
11	67 (20/30)
13	40 (12/30)
15	0 (0/30)

¹. Aphid transmission was conducted with 24 hours acquisition access time following 48 hours inoculation access time.

². Percentage of transmission (number of plants infected/total number of plants tested).

表五、不同種蚜蟲傳播甜菜西方黃化病毒之傳毒效率

Table 5. Transmission efficiency of *Beet western yellows virus* by different aphid species¹

Aphid species	Transmission efficiency ²	ELISA ³
<i>Aphis gossypii</i> (棉蚜)	100 (30/30)	0.55/0.08
<i>Hysteronoe setariae</i> (無肘脈蚜)	20 (6/30)	0.63/0.08
<i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (偽菜蚜)	100 (30/30)	>2.0/0.08
<i>Myzus persicae</i> (桃蚜)	100 (30/30)	>2.0/0.08
<i>Urolecon formosanus</i> (白尾紅蚜)	70 (21/30)	0.43/0.08

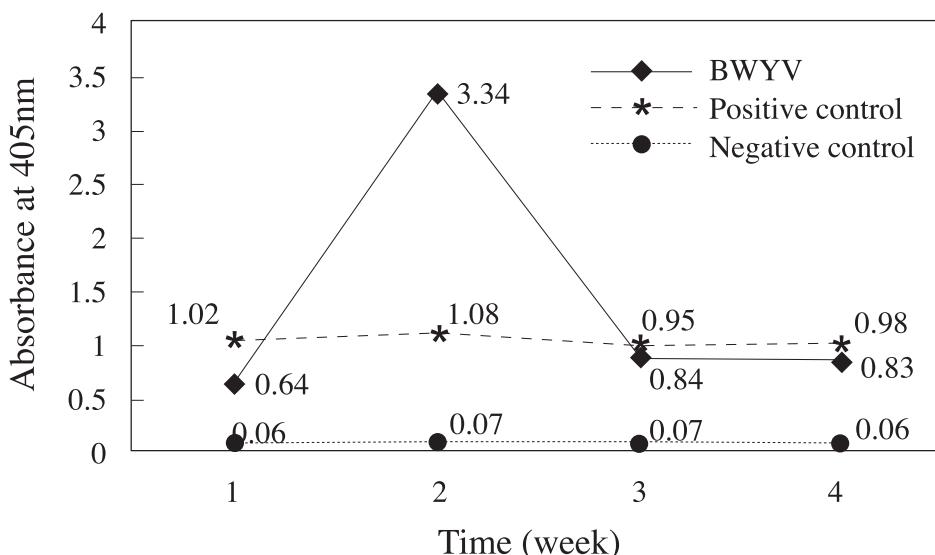
¹. Aphid transmission was conducted with 24 hours acquisition access time followed 48 hours inoculation access time.

². Percentage of transmission (number of plants infected/total number of plants tested).

³. Enzyme-linked immunoassay was done two weeks post virus inoculation, readings for absorbance at 405nm in BWYV-inoculated mustard plants/healthy mustard plants. O. D. reading at least 2x the reading for the healthy plants was evaluated as BWYV tested positive.

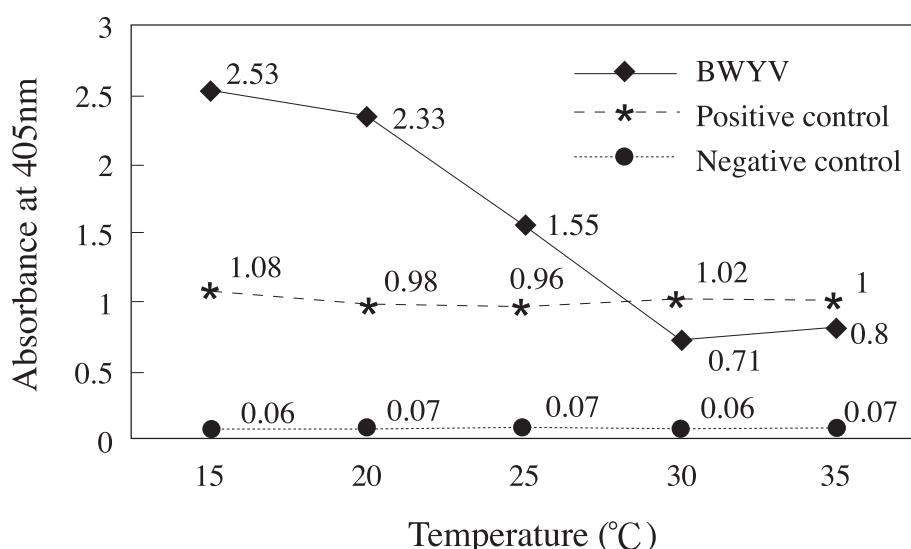
豆、豌豆、豇豆等植物則呈現無病徵系統性感染(表六)。

BWYV 田間雜草及非十字花科寄主植物之測定：以DAS-ELISA 法檢測採自高屏地區田間11科36種非十字花科作物及16科38種十字花科作物田中與周邊附近常見雜草之帶毒情形，結果發現有蔥科、莧科、菊科、石竹科、藜科、旋花科、十字花科、葫蘆科、大戟科、禾本科、莎草科、唇形科、豆科、馬齒莧科、蓼科、玄參科、茄科及繖形花科共18科49種雜草及作物可檢出病毒，其中尤以菊科之萐蔥、茼蒿、野塘蒿、加拿大蓬、鼠麴草、昭和草、免仔菜、山萐蔥、黃鵪菜，藜科之菠菜、小葉灰薺，葫蘆科之西瓜、胡瓜、絲瓜、苦瓜及豆科之花生、菜豆、豇豆等病毒檢出率較高(表七)。



圖二、甜菜西方黃化病毒在芥菜植株中增殖變化。正負對照分別為感染BWYV (---*---) 及健康(---●---) 芥菜。

Fig. 2. Multiplication of *Beet western yellows virus* in mustard evaluated by DAS-ELISA. BWYV-infected (---*---) and healthy (---●---) mustard represented positive and negative control, respectively.



圖三、不同溫度下甜菜西方黃化病毒在芥菜植株中之增殖效率。正負對照分別為感染BWYV (---*---) 及健康(---●---) 芥菜。

Fig. 3. Multiplication of *Beet western yellows virus* in mustard at different temperature evaluated by DAS-ELISA two weeks post virus inoculation. BWYV-infected (---*---) and healthy (---●---) mustard represented positive and negative control, respectively.

種子傳播：取5科16種市售作物及採自田間已先確認帶BWYV 黃鵪菜母株所生之雜草種子育成具兩片本葉之幼苗90株以DAS-ELISA檢測帶BWYV情形，結果顯示僅有菊科之向日葵 (*Helianthus annuus*)、嫩莖萐蕓 (*Lactuca sativa*)、尖葉萐蕓 (*L. sativa*)、紫羅蘭 (*Matthiola incana*) 等4種作物及黃鵪菜 (*Youngia japonica*) 1種雜草分別有12% (11/90)、57% (52/90)、44% (40/90)、60% (54/90) 及100% (90/90) 之BWYV檢出率；其餘包括菊科

之萬壽菊 (*Chrysanthemum coronarium*)，藜科之甜菜 (*Beta vulgaris*)、菠菜 (*Spinacia oleracea*)，十字花科之大心芥菜 (*Brassica juncea* var. *bulbifera*)、雪裡蕻 (*B. juncea* var. *oblongolata*)、包心芥菜 (*B. juncea* var. *strumosa*)、蕪菁 (*B. rapa*)，豆科之豌豆 (*Pisum sativum*)、矮性菜豆 (*Phaseolus vulgaris*) 及茄科之辣椒 (*Capsicum annuum*)、番茄 (*Lycopersicon esculentum*)、屏東長茄 (*Solanum melongena*) 共11種植物皆無法檢出病毒。

黃鵪菜及山萐蕓植株中BWYV濃度周年性消長：為

表六、利用蚜媒接種測定甜菜西方黃化病毒之寄主範圍
Table 6. Host range test to *Beet western yellows virus* by aphid inoculation

Test plants	Systemic symptom on leaf ¹	ELISA ²
Amaranthaceae 莧科		
<i>Amaranthus spinosus</i> (刺莧)	—	N
<i>A. viridis</i> (野莧)	—	N
Asteraceae 菊科		
<i>Chrysanthemum coronarium</i> (高蒿)	—	+
<i>Lactuca sativa</i>		
嫩莖萐蔥	M	+
皺葉萐蔥	M	+
尖葉萐蔥	M	+
Chenopodiaceae 藜科		
<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (蕓菜)	YM	+
<i>Spinacia oleracea</i> (菠菜)	YM	+
Cruciferae 十字花科		
<i>Brassica campestris</i> ssp. <i>chinensis</i>		
青梗白菜	YM	+
鳳山白菜	YM	+
<i>B. campestris</i> ssp. <i>pekinensis</i> (結球白菜)	M	+
<i>B. juncea</i> (芥菜)	Y	+
<i>B. juncea</i> var. <i>strumosa</i> (包心芥菜)	Y	+
<i>B. juncea</i> var. <i>bulbifera</i> (大心芥菜)	Y	+
<i>B. juncea</i> var. <i>oblanceolata</i> (雪裡蕻)	Y	+
<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i> (甘藍)	—	N
<i>B. oleracea</i> var. <i>caulorapa</i> (球莖甘藍)	—	N
<i>B. oleracea</i> var. <i>acephala</i> (芥藍)	Y	+
<i>B. oleracea</i> var. <i>botrytis</i> (花椰菜)	—	N
<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i> (青花菜)	—	N
<i>B. rapa</i> (蕪菁)	Y	+
<i>Raphanus sativus</i> (蘿蔔)	Y	+
<i>Rorippa atrovirens</i> (山芥菜)	—	+
Cucurbitaceae 葫蘆科		
<i>Citrullus vulgaris</i> (西瓜)	—	+
<i>Cucumis melo</i> (甜瓜)	—	N
<i>Cucumis sativus</i> (胡瓜)	—	+
<i>Cucurbita moschata</i> (南瓜)	—	N
<i>Lagenaria siceraria</i> (扁蒲)	—	N
<i>Luffa cylindrica</i> (絲瓜)	—	N
Leguminosae 豆科		
<i>Phaseolus vulgaris</i> (菜豆)	—	+
<i>Pisum sativum</i> (豌豆)	—	+
<i>Vigna unguiculata</i> spp. <i>sequipedalis</i> (豇豆)	—	+

¹. YM:yellow mosaic ; M:mosaic ; Y:yellow ; —:no symptom

². N:no BWYV detected ; +:BWyV detected, systemic infection

瞭解 BWYV 在田間之發生生態以實地驗証室內試驗溫度對 BWYV 增殖之影響，乃連續三年針對黃鵪菜及山萐蔥以DAS-ELISA 分析其中 BWYV 濃度每年周年變化，結果顯示就整體而言黃鵪菜中 BWYV 量皆較山萐蔥高，此二種雜草每年 1-3 月病毒濃度較高，4 月後開始下降直至 9 月一直維持在低濃度，甚至在第二年試驗結果更顯示幾乎

無法偵測到病毒，但 10-12 月則病毒濃度又開始明顯升高(圖四)。

組織病理學

電顯觀察：罹病包心芥菜葉脈組織粗汁液經負染後電顯觀察可見到直徑 30 nm 球形病毒粒子(圖五A)；相同材料再經超薄切片可在輸導組織的細胞質中觀察到許多病毒粒子聚集的現象(圖五B)。

組織轉漬法：罹 BWYV 包心芥菜及蘿蔔病葉葉柄及葉身橫切面轉漬於硝化纖維紙上，此紙片再經抗體反應系列處理，結果發現所有對應於前述二種作物葉柄基部、中段及葉身三部分皆只有輸導組織部位才會呈現散列黑紫色小點(圖六)，此為健康植物所無且確切代表 BWYV 之存在。

討論

蚜媒傳播是 luteovirus 最主要的特性之一，除極少數如 *potato leafroll virus* (PLRV) 尚可經馬鈴薯等無性繁殖體傳播外，蚜媒幾可說是其唯一的(obligate) 傳播方式⁽²⁴⁾。有關 luteoviruses 之蚜媒傳播研究始自 1929 年 Smith⁽⁴⁵⁾ 對 *M. persicae* 傳播 PLRV 之探討，之後更經証實 luteoviruses 傳播屬循環式(circulative) 非增殖型(non-propagative type)⁽⁵¹⁾。本研究 BWYV 之桃蚜最短獲毒及接種取食時間分別為 0.5 及 1.0 小時，此與 Kasanis⁽³⁰⁾、Sugawara *et al.*⁽⁴⁸⁾、Power *et al.*⁽⁴⁰⁾ 對 PLRV 以及 Gray *et al.*⁽²⁰⁾、Kostiv⁽³³⁾、Scheller and Shukle⁽⁴²⁾ 對 *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) 等之蚜媒報告，蚜蟲在獲毒、接種取食 0.5-1.0 小時即可成功傳毒的結果完全相同且獲毒、接種取食時間越長，則傳毒效率愈高，但 BWYV 欲達到 50% 以上之傳播率則須 12-24 小時，顯然較 BYDV 之 4 小時長許多，此可能與蚜蟲取食行爲所需時間會因病毒、蚜蟲、寄主種類不同而異，以及蚜蟲體內病毒量會隨取食時間增長而提高的現象有關^(20,52)。文獻記載^(9,22) 會傳播 BWYV 之蚜蟲雖有 *M. persicae* 等十種，但其中仍以 *M. persicae* 為最有效率之傳播媒介，Rochow⁽⁴¹⁾ 曾報告每一種 luteovirus 與其蚜媒間之專一性關係很高，一般而言僅有一種或少數幾種有效蚜媒^(21,25)；本研究中發現田間十字花科及菊科植物上常見之五種蚜蟲雖皆會傳播 BWYV，其中桃蚜、棉蚜為國際上常見之 BWYV 蚜媒⁽⁸⁾，而無肘脈蚜、偽菜蚜、白尾紅蚜等三種則為國外所未曾報導，但傳毒效率仍有高低之別，此似與 Kennedy⁽³¹⁾ 報導蚜蟲種類不同會影響傳毒效率，以及 Gray *et al.*⁽²⁰⁾ 所述不同種蚜蟲之 accessory salivary gland 與 virus receptor 間之親和力會有所不同等現象有吻合之處，尤以棉蚜、桃蚜及偽菜蚜傳毒效率最高皆達 100%，雖部分與國外報導類似⁽²⁵⁾，但棉蚜媒介接種植物病組織 ELISA 檢測值僅 0.55，卻遠低於後二種蚜蟲之 2.0

表七、田間雜草及非十字花科作物以酶連抗體法檢測其甜菜西方黃化病毒帶毒情形

Table 7. Detection of *Beet western yellows virus* (BWYV) in weeds and field non-cruciferous crops by DAS-ELISA

Crops	BWYV detected ¹
Alliaceae 葱科	
<i>Allium fistulosum</i> (葱)	1/4
<i>A. odorum</i> (韭)	1/12
Amaranthaceae 竹科	
<i>Alernanthera philoxeroides</i> (長梗滿天星)	0/3
<i>Alernanthera sessilis</i> (滿天星)	0/5
<i>A. spinosus</i> (刺竹)	0/8
<i>Amaranthus tricolor</i> (莧菜)	3/11
<i>Amaranthus viridis</i> (野莧)	8/46
Araceae 天南星科	
<i>Colocasia esculenta</i> (芋)	0/7
Asteraceae 菊科	
<i>Aeratum houstonianum</i> (紫花藿香薊)	0/8
<i>Ageratum conyzoides</i> (藿香薊)	1/46
<i>Arctium lappa</i> (牛蒡)	15/30
<i>Bidens pilosa</i> (咸豐草)	0/5
<i>Callistephus chinensis</i> (翠菊)	7/17
<i>Chrysanthmum coronarium</i> (茼蒿)	32/41
<i>Cosmos sulphureus</i> (黃花波斯菊)	0/6
<i>Eclipta prostrata</i> (鱗陽)	0/54
<i>Erechtites valerianifolia</i> (昭和草)	8/42
<i>Erigeron bonariensis</i> L. (野塘蒿)	14/14
<i>E. sandesis</i> (加拿大蓬)	14/16
<i>Gerbera jamesonii</i> (非洲菊)	6/9
<i>Gnaphalium purpureum</i> (鼠麴草)	33/33
<i>Helianthus annuus</i> (向日葵)	0/4
<i>Ixeris chinensis</i> (兔仔菜)	9/26
<i>Lactuca indica</i> (山萮苣)	149/438
<i>Lactuca sativa</i> (萮苣)	57/94
<i>Vernonia cinerea</i> (一枝香)	0/5
<i>Youngia japonica</i> (黃鵪菜)	333/549
Basellaceae 落葵科	
<i>Basella rubra</i> (落葵)	0/13
Caryophyllaceae 石竹科	
<i>Drymaria cordata</i> (薔芳草)	1/6
Chenopodiaceae 藜科	
<i>Beta vulgaris</i> (甜菜)	1/7
<i>Chenopodium ficifolium</i> (小葉灰薺)	5/16
<i>Spinacia oleracea</i> (菠菜)	5/6
Convolvulaceae 旋花科	
<i>Ipomoea cairica</i> (槭葉牽牛)	1/3
Cruciferae 十字花科	
<i>Cardamine parviflorasensu</i> (小葉碎米薺)	0/2
<i>Rorippa atrovirens</i> (山芥菜)	19/83
Cucurbitaceae 葫蘆科	
<i>Benincasa hispida</i> (冬瓜)	0/29
<i>Citrullus vulgaris</i> (西瓜)	10/10
<i>Cucumis melo</i> var. <i>conomon</i> (越瓜)	8/45

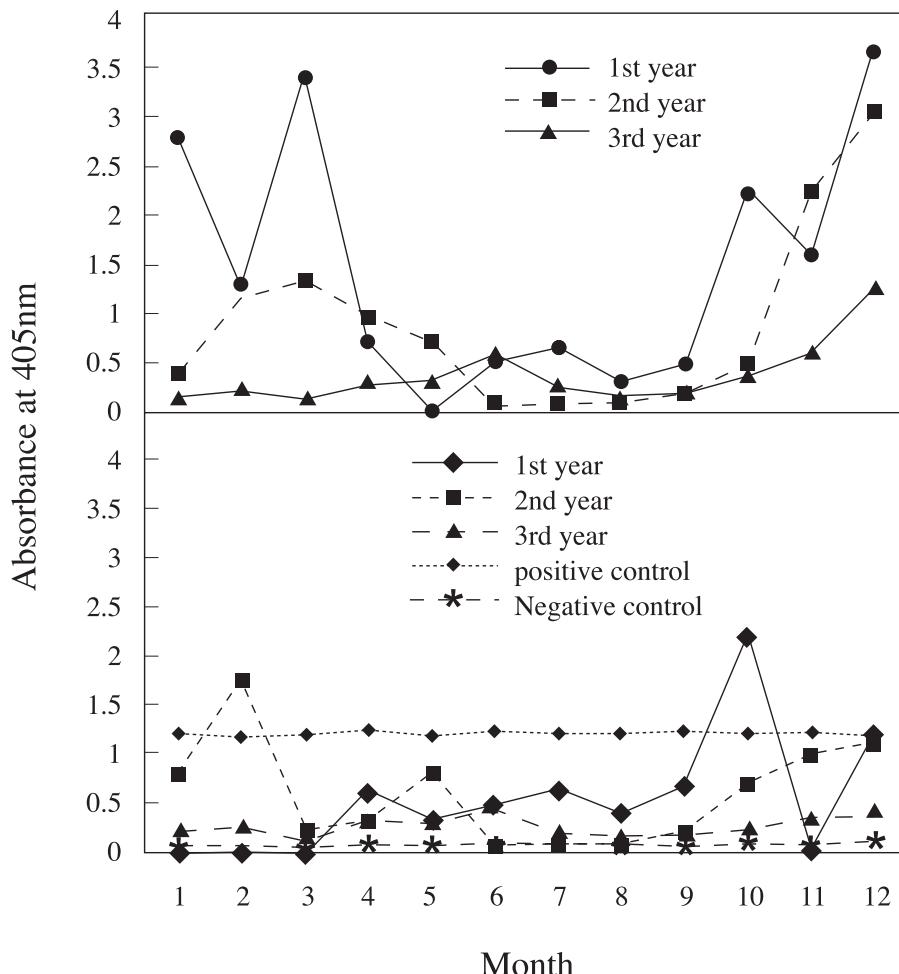
¹. Number of plants BWYV-detected/total number of plants tested.

表七、田間雜草及非十字花科作物以酶連抗體法檢測其甜菜西方黃化病毒帶毒情形(續)

Table 7. Detection of *Beet western yellows virus* (BWYV) in weeds and field non-cruciferous crops by DAS-ELISA (cont'd)

Crops	BWYV detected ¹
<i>C. melo</i> (甜瓜)	0/65
<i>C. sativus</i> (胡瓜)	4/11
<i>Cucurbita pepo</i> (南瓜)	4/26
<i>Luffa cylindrica</i> (絲瓜)	7/35
<i>Momordica charantia</i> (苦瓜)	5/13
<i>Sechium edule</i> (梨瓜)	1/7
Euphorbiaceae 大戟科	
<i>Phyllanthus urinaria</i> (葉下珠)	1/6
<i>Euphorbia hirta</i> (飛揚草)	0/22
Gramineae 禾本科	
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (龍爪草)	0/4
<i>Eleusine indica</i> (牛筋草)	2/6
<i>Oryza sativa</i> (稻)	0/10
<i>Zea mays</i> (玉米)	7/10
Gyperaceae 莎草科	
<i>Cyperus difformis</i> (球花蒿草)	2/12
<i>C. iria</i> (碎米莎草)	0/4
Labiatae 唇形科	
<i>Ocimum basilicum</i> (羅勒)	3/7
Leguminosae 豆科	
<i>Arachis hypogaea</i> (花生)	214/329
<i>Phaseolus angularis</i> (紅豆)	0/4
<i>P. vulgaris</i> (菜豆)	13/16
<i>Vigna unguiculata</i> spp. <i>sequipedalis</i> (豇豆)	5/25
Oxaliaceae 醋醬草科	
<i>Oxalis corniculata</i> (酢醬草)	0/7
Portulacaceae 馬齒莧科	
<i>Portulaca oleracea</i> (馬齒莧)	3/35
Polygonaceae 蓼科	
<i>Polygonum lapathifolium</i> (早苗蓼)	1/9
<i>P. perfoliatum</i> (扛板歸)	1/6
Scrophulariaceae 玄參科	
<i>Lindernia anagallis</i> var. <i>verbefolia</i> (定經草)	0/5
<i>Mazus japonicus</i> (通泉草)	3/14
Solanaceae 茄科	
<i>Capsicum annuum</i> (辣椒)	7/34
<i>C. annuum</i> var. <i>grossum</i> (甜椒)	0/16
<i>Lycopersicon esculentum</i> (番茄)	8/84
<i>Physalis angulata</i> (苦熾草)	6/80
<i>Solanum melongena</i> (茄子)	3/10
<i>S. nigrum</i> (龍葵)	1/34
<i>S. tuberosum</i> (馬鈴薯)	0/12
Umbelliferae 繖形花科	
<i>Apium graveolens</i> (芹菜)	3/22
<i>Centella asiatica</i> (雷公根)	8/23
<i>Daucus carota</i> (胡蘿蔔)	17/30
<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> (天胡荽)	0/2

¹. Number of plants BWYV-detected/total number of plants tested.



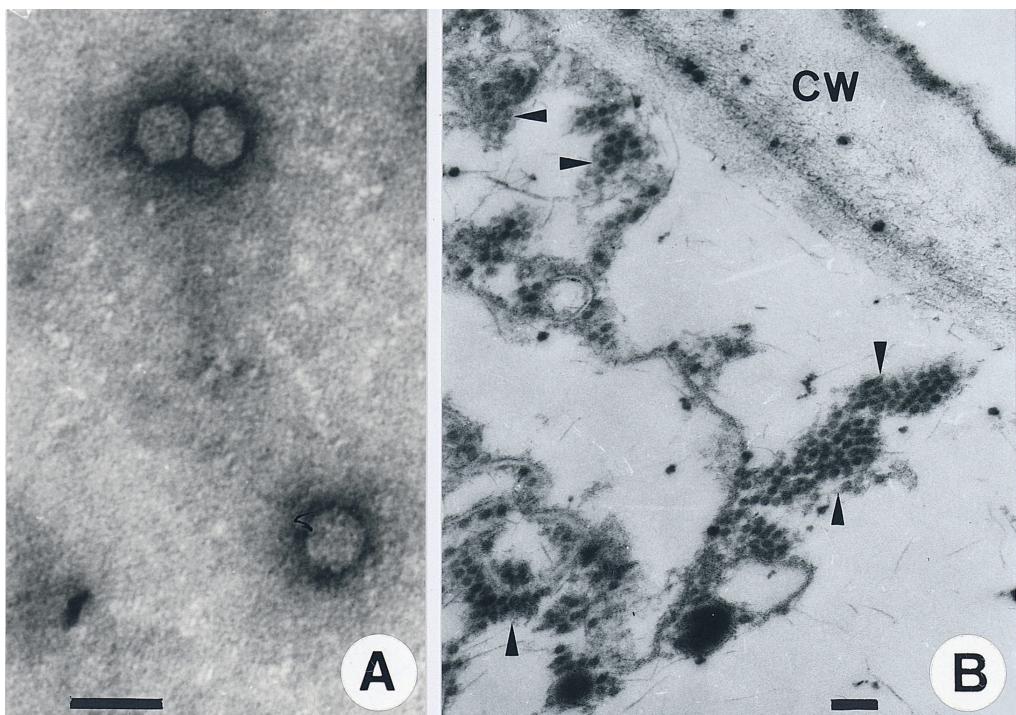
圖四、黃鵪菜(A)及山萮苣(B)植株中甜菜西方黃化病毒濃度周年性消長。正負對照分別為感染BWYV (—◆—) 及健康(—×—)芥菜。

Fig. 4. Yearly fluctuation of *Beet western yellows virus* content in leaves of (A) oriental hawkbeard (*Youngia japonica*) and (B) wild lettuce (*Lactuca indica*) evaluated by DAS-enzyme-linked immunosorbent assay. BWYV-infected (—◆—) and healthy (—×—) mustard represented positive and negative control, respectively.

以上，此種現象或許與 Gray *et al.*⁽²⁰⁾ 及 Leonard and Holbrook⁽³⁴⁾ 報導不同種蚜蟲獲毒、接種取食病毒量以及專一性會有所不同有關。此外本研究亦發現單隻桃蚜即可相當有效傳毒，傳毒率達 80%，蚜蟲數增加，傳毒率亦會提高，但增加幅度不大，顯示單隻桃蚜病毒取食量已足以感染寄主，此似乎再次印證 Gray *et al.*⁽²⁰⁾ 及 Leonard and Holbrook⁽³⁴⁾ 分別在研究 BYDV 及 PLRV 時所言蚜媒病毒取食量與傳毒效率具有密切正相關性之結論。而桃蚜、僞菜蚜乃是台灣地區十字花科作物上之重要且普遍存在之害蟲，因此該兩種蚜蟲在 BWYV 的田間傳播上可能扮演極重要之角色。

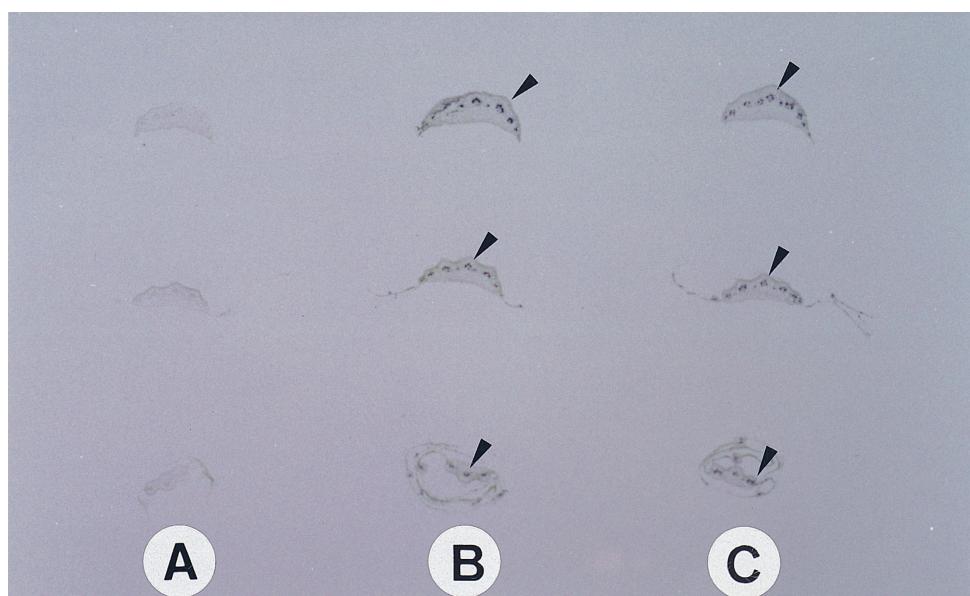
Syller^(49,50) 在研究 PLRV 蚜媒傳播時發現溫度不同會明顯影響傳播效率，尤其是獲毒取食時溫度提升則傳毒效率會增加，此並推論此乃因高溫(25°C) 會導致病毒在蚜媒體內之較快速及高量之累積；而本研究中 BWYV 之蚜媒

傳播亦會受溫度影響，隨溫度升高，傳毒率亦相應增加，在 25°C 時達到最高，傳毒率 100%，但超過 30°C 則傳毒率明顯下降(表三)，雖與 PLRV 病毒種類不同，但受溫度影響之現象卻類似，而台灣地區由北至南十字花科作物主要栽植季節自秋末至翌年初春田間溫度分佈，除了是蚜媒傳播 BWYV 最適溫度範圍外，亦是 BWYV 在寄主植物體內最有利的增殖時機(圖三)；此外由黃鵪菜、山萮苣二種一年生菊科雜草植株中 BWYV 濃度周年變化顯示，每年 10 月至翌年 3 月是病毒濃度最高的時期(圖四)再次印證了這段期間田間溫度範圍正是病毒增殖最佳時段，因此綜合本研究蚜媒傳播試驗及圖二、三、四的結果初步可以推論，台灣地區十字花科作物主要栽植季節之田間溫度分佈範圍，不但提供了 BWYV 在寄主植物中有效率大量增殖而且有利於蚜媒的獲毒及傳毒取食，致使蚜媒有機會獲取高量病毒，因而導致高蚜媒傳播率；同時亦說明了台灣夏



圖五、甜菜西方黃化病毒粒子及其感染之包心芥菜葉脈組織超薄切片電顯圖。(A)以醋酸鈾負染包心芥菜病葉粗汁液中之甜菜西方黃化病毒粒子。(橫線 = 50 nm)；(B)包心芥菜病葉葉脈維管組織細胞質中聚集分佈之甜菜西方黃化病毒(箭頭所示)。(橫線 = 150 nm)。

Fig. 5. Electron micrographs of virus particles and ultrathin section of diseased leaf vein of mustard. (A) Particles of *Beet western yellows virus* (BWYV) in diseased mustard prepared by leaf-dip method. Bar = 50 nm; (B) BWYV particle aggregates (arrow head indicated) scattered in cytoplasm of vascular tissues of BWYV-infected mustard, Bar = 150 nm. cw: cell wall.



圖六、以直接組織轉濱法檢測包心芥菜及蘿蔔病株中之甜菜西方黃化病毒(上、中圖：葉柄基、中段，下圖：葉身)。(A)包心芥菜健康葉；(B、C)黑點(箭頭所示)分別顯示限居於包心芥菜及蘿蔔病葉葉脈維管組織中之甜菜西方黃化病毒。

Fig. 6. Detection of *Beet western yellows virus* (BWYV) in infected leaf tissue (top: basal petiole; middle: mid petiole; bottom: leaf blade) by direct tissue blotting method. (A) Healthy leaf of mustard; (B,C) Black spots (arrow head indicated) showed the vascular-tissue-limited *Beet western yellows virus* in leaf veins of infected mustard and radish, respectively.

季高溫並不利於 BWYV 的田間蚜媒傳播。文獻記載^(8,17) luteoviruses 為非增殖式循環型蚜媒傳播，Smith⁽⁴⁶⁾ 曾報導桃蚜在獲毒 (PLRV) 後能保毒一週，其後 Eskandari *et al.*⁽¹⁷⁾, Garret⁽¹⁹⁾ 等除證明桃蚜能保毒 (PLRV) 9-11 天外，並進一步証實 PLRV 在桃蚜蟲體內僅有循環 (circulative) 並未增殖 (propagative)。此外 Tamada and Harrison⁽⁵²⁾ 亦報告桃蚜在獲毒後，蟲體內之病毒 (PLRV) 含量會隨其離開病毒源後之時間加長而漸次遞減，而由本文表四結果顯示本研究之病毒分離株在桃蚜體內只能保毒 14 天，且並無繼代傳毒現象的確與上述前人所述 luteovirus 之非增殖式循環型蚜媒傳播特性完全相符。

一般而言，各 luteovirus 之寄主範圍多僅限於一科內之植物，如 PLRV 限於茄科，*barley yellow dwarf virus* (BYDV) 限於禾本科⁽²⁴⁾，唯有 BWYV 例外，其自然寄主高達 23 科 150 種以上雙子葉植物，而試驗寄主含禾本科在內亦達 9 科⁽⁸⁾；國外文獻記載^(6,7,10,15,18,23,26,29,36,37,38,39,47,53,54,55,56) 在歐、美、澳、非、亞等地受 BWYV 感染的作物或雜草寄主無論是否呈現病徵皆是田間最重的病毒源 (reservoir)，有些甚至是當地 BWYV 的重要越冬寄主，尤其是田間常見之十字花科、菊科作物及雜草在病害傳播生態上提供了最重要的周年性接種源；而就本文表六、七結果綜合而言藜科、十字花科、菊科、葫蘆科、豆科、繖形花科作物以及藜科、菊科、十字花科、繖形花科雜草是 BWYV 的重要寄主，其中尤以田間十字花科雜草山芥菜，菊科作物如翠菊、茼蒿、萵苣、牛蒡以及雜草如鼠麴草、野塘蒿、加拿大蓬、山萵苣、黃鵪菜，豆科作物如菜豆、花生之 BWYV 檢出率非常高，達 25-100%，此種現象與前述國外情形相當類似；顯然田間受 BWYV 感染之雜草及非十字花科作物似提供了台灣地區夏秋二季十字花科栽培最淡季的部分中繼性病毒接種源之來源，以維持田間周年性接種源不斷。

無論 BWYV 或其他種 luteovirus 目前並未有能經種媒傳播之記載⁽⁸⁾，然而本研究中發現菊科之紫羅蘭、向日葵、萵苣、黃鵪菜分別有 12-100% 種媒傳播率，尤以黃鵪菜種媒傳播率高達 100%，此現象與國外文獻所述大不相同，Edwards 及 Hampton⁽¹⁴⁾ 報告植物病毒之種媒傳播可透過種皮病毒污染侵入、直接侵入母株胚組織而帶毒或經由帶毒花粉間接侵入胚組織等方式，由於 BWYV 無法機械傳播，因此本研究之病毒應不是透過種皮污染方式種媒傳播，故其高種媒傳播率，推測應以由母株之其他部位直接侵入母株胚組織而帶毒的機率較大，至於真正的機制則待進一步深入探討。由於陳等⁽⁴⁾ 報告台灣田間芥菜類及蘿蔔病毒病發生嚴重，其罹病率達 30% 以上，病株中 BWYV 檢出率皆在 50% 以上，顯示其在田間發生普遍，但本研究結果顯示芥菜類並無 BWYV 種媒傳播現象，因此推測其 BWYV 第一次感染源應是來自其他罹病植物。此外本研究高種媒傳播現象亦顯示田間 BWYV 第一次接種源亦

有可能部分來自種子，且十字花科及菊科植物又是 BWYV 之重要媒介昆蟲如桃蚜及偽菜蚜的重要寄主植物，因而加速 BWYV 在田間之蔓延。

前人研究結果指出^(16,28,32,44)，由於病毒粒子極不易由韌皮細胞移行至葉肉細胞，以致 luteovirus 在寄主植物體中之分佈乃侷限於韌皮部 (phloem-limited)，此一特性結合具有植物組織病毒直接定位優點之組織轉濱免疫分析技術 (direct tissue blot immunoassay)⁽³⁵⁾ 適足以應用於 luteoviruses 之組織病理學診斷上。本研究利用上述技術及電顯觀察，清楚驗証 BWYV 侷限分佈在芥菜、蘿蔔植株輸導組織之現象 (圖五B; 圖六)；因此組織轉濱技術極適用於 BWYV 之快速、明確診斷。

綜合本文結果，本研究新分離之病毒，依其寄主反應與病徵、蚜媒傳播特性、粒子形態、病毒在寄主組織內的分佈型式及血清學反應等特性顯示其僅與 *Beet western yellows virus* (BWYV) 完全相符^(8,9)。雖然台灣三十餘年前曾有 *Cucumber mosaic virus* 及 *Radish mosaic virus* 二種球形病毒少量為害十字花科蔬菜之報導，但此二病毒與 BWYV 在特性及分類上相去甚遠，顯然本研究分離所得者應為台灣首次記錄的 BWYV；由於 BWYV 在田間發生普遍，本文結果將可作為田間病害管理之參考及抗病育種之依據。

謝 辭

本研究蒙 行政院農業委員會經費補助及台中區農業改良場提供桃蚜謹此一併誌謝。

引用文獻

- 郭宗德. 1961. 蘿蔔之嵌紋病. 中研院植物所彙報 2:51-61.
- 陳脈紀. 1965. 十字花科蔬菜嵌紋病之電子顯微鏡研究. 植保會刊 17:319-328.
- 陳滄海、洪建龍. 1996. 薑科觀賞植物嵌紋病—一種蚜媒傳播 potyvirus 引起之新病害. 植病會刊 5:169-175.
- 陳滄海、吳秀芳、陳翠蓉、陳惠玲. 2000. 台灣地區十字花科作物病毒病害之發生與血清學診斷. 植病會刊 9:39-46.
- 楊秀吉. 1971. 台灣蘿蔔毒素病之研究. 台大植病所碩士論文. 84pp.
- Abraham, A., Makkouk, K. M., Gorfu, D., Lencho, A. G., Ali, K., Tadesse, N., Yusuf, A., and Lencho, A. 2000. Survey of faba bean virus diseases in Ethiopia. Phytopathol. Medit. 39:277-282.
- Ashby, J. W., Bos, L., and Huijbert, N. 1979. Yellows of lettuce and some other vegetable crops in the Netherlands caused by beet western yellows virus. Neth. J. Plant

- Pathol. 85: 99-111.
8. Brunt, A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., Watson, L., and Zurcher, E. J. 1996a. Beet western yellows luteovirus. <http://image.fs.uidaho.edu/vide/descr089.htm>, 9pp.
 9. Brunt, A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., Watson, L., and Zurcher, E. J. 1996b. Known susceptibilities of cruciferae. <http://image.fs.uidaho.edu/vide/family049.htm>, 27pp.
 10. Coutts, B. A., and Jones, R. A. C. 2000. Viruses infecting canola (*Brassica napus*) in south-west Australia: incidence, distribution, spread, and infection reservoir in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). Aust. J. Agric. Res. 51: 925-936.
 11. Christie, S. R., Purcifull, D. E., Crawford, W. E., and Ahmed, N. A. 1985. Electron Microscopy of Negatively Stained Clarified Viral Concentrates Obtained from Small Tissue Samples with Appendices on Negative Staining Techniques. Fla. Agr. Sta. Bull. No. 872, 45pp.
 12. Duffus, J. E. 1960. Radish yellows, a disease of radish, sugar beet and other crops. Phytopathology 50: 389-394.
 13. Duffus, J. E. 1964. Host relationships of beet western yellows virus strains. Phytopathology 54: 736-738.
 14. Edwards, M. C., and Hampton, R. O. 1994. Seed transmission of viruses: current perspectives. Annu. Rev. Phytopathol. 32: 363-386.
 15. Ellis, P. J. 1992. Weed hosts of beet western yellows virus and potato leafroll virus in British Columbia. Plant Dis. 76: 1137-1139.
 16. Esau, K., and Hoefert, L. L. 1972. Development of infection with beet western yellows virus in sugarbeet. Virology 48: 724-738.
 17. Eskandari, F., Sylvester, E. S., and Richardson, J. 1979. Evidence for lack of propagation of potato leafroll virus in its aphid vector, *Myzus persicae*. Phytopathology 69: 45-47.
 18. Fortass, M., Wilk, F. Van der Heuvel, J. F. J. M. Van den, and Golbach, R. W. 1997. Molecular evidence for the occurrence of beet western yellows virus on chickpea in Morocco. Euro. J. Plant Pathol. 103: 481-484.
 19. Garret, A., Kerlan, C., and Thomas, D. 1996. Ultrastructural study of acquisition and retention of potato leafroll luteovirus in the alimentary canal of its aphid vector, *Myzus persicae*. Arch. Virol. 141: 1279-1292.
 20. Gray, S. M., Power, A. G., Smith, D. M., Seaman, A. J., and Altman, N. 1991. Aphid transmission of barley yellow dwarf virus: acquisition access periods and virus concentration requirements. Phytopathology 81: 539-545.
 21. Gray, S. M., Chapin, J., Smith, D. M., and Banerjee, N. 1997. Barley yellow dwarf luteoviruses and their predominant aphid vectors in winter wheat grown in south California. Plant Dis. 82: 1328-1333.
 22. Hampton, R. O., Keller, K. E., and Baggett, J. R. 1998. Beet western yellows luteovirus in western Oregon: pathosystem relationships in a vegetable-sugar beet seed production region. Plant Dis. 82: 140-148.
 23. Hampton, R. O., Keller, K. E., and Burt, G. E., 1999. Incidence and effects of beet western yellows virus in western Oregon sugar beet seed crops. J. Sugar Beet Res. 36: 15-20.
 24. Harrison, B. D. 1999. Steps in the development of luteovirology. Pages 1-14 in: The Luteoviridae. H. G. Smith and H. Barker (eds), CABI Publishing, London, 297pp.
 25. Herbach, E. 1999. Vector-virus interactions. Pages 85-146 in: The Luteoviridae. H. G. Smith and H. Barker (eds), CABI Publishing, London, 297pp.
 26. Hill, S. A., Lane, A., and Hardwick, N. V. 1989. The incidence and importance of beet western yellows virus in oilseed rape. Asp. Appl. Biol. 23: 311-318.
 27. Jay, C. N., and Smith, H. G. 1994. The effect of beet western yellows virus on growth and yield of winter oilseed rape. Rev. Plant Pathol. 74: 1044. (Abstr.)
 28. Jensen, S. G. 1969. Occurrence of virus particles in the phloem tissue of BYDV-infected barley. Virology 38: 83-91.
 29. Johnston, G. R., and Duffus, J. E. 1984. Some luteovirus diseases in Tasmania caused by beet western yellows and subterranean clover red leaf virus. Aust. J. Agric. Res. 35: 821-830.
 30. Kassanis, B. 1952. Some factors affecting the transmission of leaf-roll virus by aphids. Ann. Appl. Biol. 39: 157-167.
 31. Kennedy, J. S., Day, M. F., and Eastop, V. F. 1962. A Conspectus of Aphids as Vectors of Plant Viruses. CAB, London, 114pp.
 32. Kojima, M., Shikata, E., Sugawara, M., and Murayama, D. 1968. Isolation and electron microscopy of potato leafroll virus from plants. Virology 35: 612-615.
 33. Kostiv, M. 1991. Influence of the duration of acquisition and inoculation feeding on the effectiveness of potato leafroll virus transmission by *Myzus persicae* Sulz. Potato Res. 34: 41-45.
 34. Leonard, S. H. and Holbrook, F. R. 1978. Minimum acquisition and transmission times for potato leafroll virus by the green peach aphid. Ann. Entomol. Soc. Amer. 71: 493-495.
 35. Lin, N. S., Hsu, Y. H., and Hsu, H. T. 1990. Immunological detection of plant viruses and a mycoplasmalike organism by direct tissue blotting on nitrocellulose membranes. Phytopathology 80: 824-828.
 36. Makkouk, K. M., El-Muadhidi, M. A., and Kumari, S. G. 2001. First record of Beet western yellows virus, Chickpea chlorotic dwarf virus and Faba bean necrotic yellow virus affecting faba bean crops in Iraq. Rev. Plant Pathol. 81: 575. (Abstr.)
 37. Najar, A., Makkouk, K. M., Boudhir, H., Kumari, S. G., Zarouk, R., Bessai, R., and Othman, F. B. 2000. Viral

- diseases of cultivated legume and cereal crops in Tunisia. *Phytopathol. Medit.* 39:423-432.
38. Ohki , S. T., Yamashita, S., Arai, K., Doi, Y., and Yora, K. 1977. Beet yellows virus and beet western yellows virus isolated from spinach and fodder beet plants. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 43:46-54.
 39. Paczuski, R., and Blachowska, E. 1992. The role of perennial weeds in the transfer of beet yellows virus. *Rev. Plant Pathol.* 74: 63. (Abstr.)
 40. Power, A. G., Seaman, A. J., and Gray, S. M. 1991. Aphid transmission of barley yellow dwarf virus: inoculation access periods and epidemiological implications. *Phytopathology* 81:545-548.
 41. Rochow, W. F. 1969. Biological properties of four isolates of barley yellow dwarf virus. *Phytopathology* 59: 1580-1589.
 42. Scheller, H. V., and Shukle, R. H. 1986. Feeding behavior, and transmission of barley yellow dwarf virus by *Sitobion avenae* on oats. *Entomol. Exp. Appl.* 40: 189-195.
 43. Schroder, M. 1996. Beet western yellows virus on winter oilseed rape at Baden-Wurttemberg. *Rev. Plant Pathol.* 75:700. (Abstr.)
 44. Shepardson, S., Esau, K., and McCrum, R. 1980. Ultrastructure of potato leaf phloem infected with potato leafroll virus. *Virology* 105:379-392.
 45. Smith, K. M. 1929. Studies on potato virus diseases. V. Insect transmission of potato leaf-roll. *Ann. Appl. Biol.* 16:209-229.
 46. Smith, K. M. 1931. Studies on potato virus diseases. IX. Some further experiments on the insect transmission of potato leaf-roll. *Ann. Appl. Biol.* 18:141-157.
 47. Stevens, M., Smith, H. G., and Hallsworth, P. B. 1994. The host range of beet yellowing viruses among common arable weed species. *Plant Pathol.* 43: 579-588.
 48. Sugawara, M., Kojima, M., and Murayama, D. 1974. Latent period and retention of potato leaf-roll virus in its vector, *Myzus persicae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 40: 39-45.
 49. Syller, J. 1987. The influence of temperature on transmission of potato leafroll virus by *Myzus persicae*. *Potato Res.* 30: 47-58.
 50. Syller, J. 1994. The effects of temperature on the availability and acquisition of potato leafroll luteovirus by *Myzus persicae*. *Ann. Appl. Biol.* 125: 141-145.
 51. Sylvester, E. S. 1980. Circulative and propagative virus transmission by aphids. *Ann. Rev. Entomol.* 25: 257-286.
 52. Tamada, T., and Harrison, B. D. 1981. Quantitative studies on the uptake and retention of potato leafroll virus by aphids in laboratory and field conditions. *Ann. Appl. Biol.* 98: 261-276.
 53. Thomas, P. E., and Kaniewski, W. K. 1986. Overwintering of potato leafroll and beet western yellows viruses in winter annual weeds. *Phytopathology* 76:847. (Abstr.)
 54. Thomas, P. E., Hang, A. N., Reed, G., Gilliland, G. C., and Reisenauer, G. 1993. Potential role of winter rapeseed culture on the epidemiology of potato leaf roll disease. *Plant Dis.* 77: 420-423.
 55. Timmerman, E. L., D'Arcy, C. J., and Splittstoesser, W. E. 1985. Beet western yellows in Illinois vegetable crops and weeds. *Plant Dis.* 69: 933-936.
 56. Wallis, R. L. 1967. Some host plants of the green peach aphid and beet western yellows in the Pacific Northwest. *J. Econ. Entomol.* 60: 904-907.

ABSTRACT

Chen, T. H. 2003. Occurrence, identification, aphid transmission and ecology of *Beet western yellows virus* in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 12:43-56. (Department of Plant Protection, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, R. O. C.; E-mail: thchen@mail.npust.edu.tw; Fax: +886-8-7740293)

An isometric virus of 30 nm in diameter was isolated from mustard (*Brassica juncea* var. *oblanceolata* and *B. juncea* var. *strumosa*) showing leaf yellows or yellow mosaic by means of aphid transmission in Taiwan. The virus was identified as *Beet western yellows virus* (BWYV), a member of the genus *Polerovirus* belonging to the family *Luteoviridae* on the basis of host reactions, manner of aphid transmission, particle morphology, serology, and localization of virus distribution. This was the first detailed report of natural occurrence of *Beet western yellows virus* in Taiwan. The virus was not sap-inoculatable but was persistently aphid-transmissible to mustard and radish. The infected plants showed yellowing at tips or margins of leaves first then whole leaves involved and resulting reddish veins in old leaves. Five aphid species were vectors of *Beet western yellows virus* and green peach aphid (*Myzus persicae*) and turnip aphid (*Lipaphis pseudobrassicae*) were the most efficient. The minimal duration of acquisition access period and inoculation access period for BWYV transmission by green peach aphid were 1.0 and 0.5 hours, respectively. The aphid transmission efficiency of BWYV was influenced by temperature and the highest transmission rate could be obtained at 20-25°C. The green peach aphid after virus acquisition could retain BWYV for at least two weeks. The virus could not pass to progeny of its vector. *Beet western yellows virus* replicated well in mustard at 15-25°C. Host range test indicated some crops in families of Cruciferae, Chenopodiaceae or Asteraceae were susceptible to *Beet western yellows virus*.

Among 38 weed species from 16 families and 36 non-cruciferaceous crops species from 11 families were evaluated for BWYV incidence by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), 23 weeds in 14 families and 26 crops in 10 families were shown to be BWYV-detectable, respectively. The virus was evidenced seed-transmissible in some asteraceous plant species. High BWYV contents in leaves of oriental hawkbeard (*Youngia japonica*) and wild lettuce (*Lactuca indica*) were detected by ELISA on January-March and October-December yearly. *Beet western yellows virus* was shown to be only restrictedly localized in vascular tissues of infected mustard and radish by tissue blotting and electron microscopy.

Key words: crucifers, *Beet western yellows virus*, identification, host ranges, aphid transmission and ecology