

銀葉粉蝨在胡瓜植株上之空間分布¹

白桂芳、王玉沙²

摘 要

銀葉粉蝨各發育期及成蟲在胡瓜上之分布迥異，成蟲和卵分布於上位葉，一、二齡若蟲出現於中位葉，三、四齡若蟲則位於下位葉。粉蝨雌蟲於上位葉取食及產卵，依Taylor ($a=0.401$, $b=1.257$)及Iwao ($\alpha=1.325$, $\beta=1.090$)的方法，銀葉粉蝨於胡瓜上屬於聚集分布型。銀葉粉蝨族群密度受溫度影響呈正相關關係，而週降雨量對粉蝨族群密度之相關性不明顯。

關鍵詞：銀葉粉蝨、空間分布、環境因子。

前 言

銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)成蟲及卵多聚集寄主植物之新梢或上位葉，隨若蟲齡期增長，在株內的分布則趨向下位葉或老葉^(6,15,17,18)。此外，銀葉粉蝨在植株上的分布尚依寄主種類⁽²⁷⁾、季節⁽²²⁾、葉片結構⁽²⁶⁾及葉表距離維管束中心的深度⁽⁸⁾而影響。學者報導銀葉粉蝨(或煙草粉蝨)在寄主植物間的空間分布屬非隨機分布型(Non-random distribution)^(11,19)，不同粉蝨齡期⁽²⁵⁾或於不同寄主植物(甜瓜、棉花)上⁽¹⁸⁾均呈現高度聚集分布型；且春、夏季聚集的程度又大於夏末及秋季⁽²²⁾。此外，粉蝨族群密度之消長受季節性⁽⁵⁾、寄主植物之生長期⁽¹⁴⁾、寄主營養^(1,2)、寄主繁異度(Diversity)、溫度及降雨^(7,12,21)等因子的影響。

本研究測定銀葉粉蝨在胡瓜株內之垂直分布及其空間分布型，並探討粉蝨密度在胡瓜田之消長與受環境因子(溫度及降雨量)之影響，祈由田間生態資料之蒐集，闡明植食性昆蟲及寄主植物(胡瓜)間之相互關係，以提供日後應用捕食性天敵生物防治銀葉粉蝨之參考。

材料與方法

胡瓜調查田及葉序定義

於台中區農業改良場試驗田區，每6週點播鳳燕[®]胡瓜種子0.03 ha (6畦，畦寬150 cm，畦高25 cm，每畦2行，每行40株，株距40 cm，共480株)，做為銀葉粉蝨之調查田。胡瓜自點播到完全收成約為65~80天。於點播10週後實施清園。依胡瓜之種植循環週期，本播種栽培法可保持調查田內終年均有胡瓜植株供為粉蝨之調查。本研究將胡瓜植株自頂芽起至最老葉分別

¹台中區農業改良場研究報告第 0580 號。

²台中區農業改良場助理研究員、技工。

定義為L1、L2、L3....L20，其中L1訂為頂芽，L2~L6為上位葉，L7~L12為中位葉，L13~L20為下位葉。

粉蝨族群密度調查

於胡瓜調查田每週一次調查銀葉粉蝨之族群密度。調查6週後實施清園，並更換至另一新栽植的胡瓜田調查之。每次自胡瓜上、中位葉各逢機取樣120葉片(6畦，每畦取20葉)，採目測法以計數器計算上位葉之銀葉粉蝨成蟲數。彙整該調查期間台中區農業改良場氣象測候站之氣象資料，並統計每週之平均溫度及降雨量等。

粉蝨在胡瓜上之垂直分布

網室內種植鳳燕[®]胡瓜160株(共4畦，每畦種2行，每行20株，株距40 cm)。當植株生長至3~4片本葉時，每株胡瓜基部放置一內含10對2~3日齡銀葉粉蝨成蟲之透明玻璃瓶，任粉蝨感染胡瓜植株。胡瓜植株成長至7~8片本葉時，逢機取樣40株胡瓜(4畦，每畦10株)，每週調查一次，連續四週。調查時以計數器計算每一葉片上的銀葉粉蝨成蟲數。銀葉粉蝨卵及各齡若蟲之調查，參考Tonhasca *et al.* ⁽²⁵⁾之方法，利用白色塑膠板(4 cm×4 cm)，中間切除1 cm²之缺口；將此塑膠板逢機蓋於胡瓜葉背之葉表，以10X放大鏡觀察並記錄每1 cm²內的卵及若蟲數，每一葉片各取樣4點(即1 cm²×4)求其平均值。上述粉蝨的調查結果分別依其上、中、下位葉統計之。

粉蝨在胡瓜田之空間分布

於台中區農業改良場試驗田區(南北走向)，點播鳳燕[®]胡瓜0.05 ha (10畦，每畦種2行，每行40株，共800株)。當胡瓜第一片本葉完全展開後，每3天取樣一次。

由前段「粉蝨在胡瓜上之垂直分布」所獲結果顯示，銀葉粉蝨成蟲多出現於胡瓜之上位葉。故本試驗之調查，自每株胡瓜的上位葉逢機調查3葉片，採目測法以計數器計計算銀葉粉蝨成蟲數。

分析方法

1.依Taylor ^(23,24)所報導之方法分析空間分布型。

其公式 $\log(\text{var})=a+b \times \log(m)$

其中m：取樣之平均值，var：取樣之變方

a：Taylor氏變方與平均值線性迴歸關係中之截距

b：Taylor氏變方與平均值線性迴歸關係中之斜率

由此一迴歸所獲變異數與平均密度之對數相關關係之斜率，可供判斷銀葉粉蝨之空間分布型。

b < 1		表示傾向均勻分布型
	a > 1	表示傾向聚集分布型
b = 1	a = 1	表示傾向逢機分布型
	a < 1	表示傾向均勻分布型
b > 1		表示傾向聚集分布型

2. 依Iwao⁽¹³⁾報導利用 mean (m) 與 mean crowding (mc) 之線性迴歸關係，可判別田間族群是否有聚落(patchy)存在，及其聚落間是否有聚集之現象。

其公式為 $mc = \alpha + \beta \times m$

其中 α = 截距， β = 斜率

由此一迴歸所獲截距 α 與斜率 β 可供判斷銀葉粉蝨及卵形捕植蟎之空間分布型。

$\alpha = 0, \beta > 1$ ：族群之基本組成單位為個體，各單位間有聚集分佈的現象。

$\alpha = 0, \beta = 1$ ：族群之基本組成單位為個體，各單位呈隨機分佈。

$\alpha = 0, \beta < 1$ ：族群之基本組成單位為個體，各單位呈均勻分布。

$\alpha > 0, \beta > 1$ ：族群之基本組成單位是小聚落(patchy)，且各小聚落呈聚集分布。

$\alpha > 0, \beta = 1$ ：族群之基本組成單位是小聚落(patchy)，各小聚落呈隨機分布(相互吸引)。

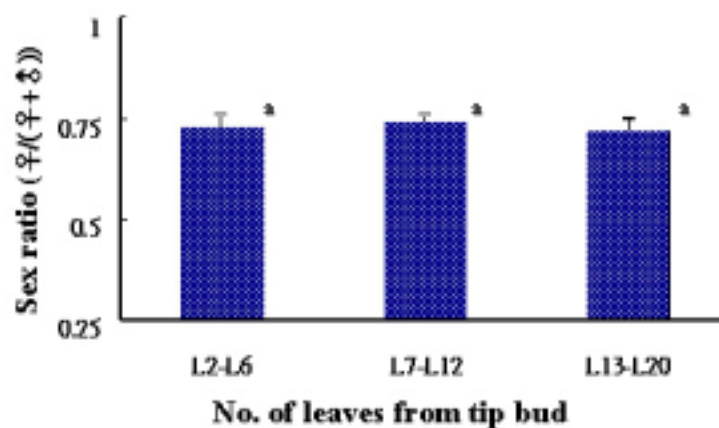
在取樣單位中有一隻個體存在時，會吸引其他個體進入此一取樣單位。

$0 > \alpha \geq -1, \beta = 1$ ：族群呈均勻分佈。在取樣單位中有一隻個體存在時，會減少另一個體出現的機會(相互排斥)。

結 果

粉蝨在植株上之垂直分布

胡瓜植株到達成熟期(Apr. 23)，銀葉粉蝨成蟲和卵多出現於胡瓜之上位葉(L2~L6)，其密度分別高達78.9隻/葉及51.4卵/cm²，而中位葉(L7~L12)及下位葉(L13~L20)則各為48.3隻/葉、18.2卵/cm²，及12.6隻/葉、1.9卵/cm²。成蟲和卵之密度於上、中、下位葉之間均顯著差異(表一)。中位葉之一齡若蟲密度(0.6隻/cm²)顯著高於下位葉(0.1隻/cm²)(表一)；二齡若蟲多出現於中、下位葉(0.2隻/cm²、0.1隻/cm²)，中、下位葉間差異顯著(p=0.05)；下位葉之三、四齡若蟲密度(0.7隻/cm²、0.29隻/cm²)顯著高於上、中位葉(表一)。銀葉粉蝨雌性比($\frac{\text{♀}}{\text{♀}+\text{♂}}$)為0.73~0.75，雌雄蟲在植株內棲息不因上、中、下位葉而有差異(圖一)。



圖一、銀葉粉蝨在胡瓜不同位置之雌雄性比。

Fig. 1. Intraplant variation of sex ratio of *Bemisia argentifolii* on cucumber foliage.

表一、銀葉粉蝨在胡瓜植株上之垂直分布

Table 1. Vertical distribution of *Bemisia argentifolii* on cucumber foliage

Stages	N	Leaves sequence	No. <i>B. argentifolii</i> / cm ² X±SD			
			Apr. 2	Apr. 9	Apr. 16 ¹⁾	Apr. 23 ¹⁾
Egg	40	L2~L6	6.5±3.2	7.9±3.2	8.1±3.5a	51.4±17.9a
	40	L7~L12	5.4±3.0	2.8±1.3	5.6±3.1b	18.2±9.4b
	40	L13~L20	--	--	0.6±1.0c	1.9±1.0c
		t-test ; t _(79:0.05)	1.585	9.341*		
1st instar	40	L2~L6	0.3±0.1	0±0	0.1±0.1a	0±0a
	40	L7~L12	0.4±0.2	0.3±0.1	0.6±0.2c	0.6±0.3c
	40	L13~L20	--	--	0.3±0.1b	0.1±0.1b
		t-test ; t _(79:0.05)	2.828*	18.750*		
2nd instar	40	L2~L6	0.1±0.1	0±0	0±0a	0±0a
	40	L7~L12	0.1±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1b	0.2±0.1b
	40	L13~L20	--	--	0.1±0.3b	0.1±0.1a
		t-test ; t _(79:0.05)	0	12.500*		
3rd instar	40	L2~L6	0±0	0±0	0±0a	0±0a
	40	L7~L12	0.6±0.8	0.6±0.3	0.1±0.2b	0.1±0.2b
	40	L13~L20	--	--	1.1±0.9c	0.7±0.2c
		t-test ; t _(79:0.05)	4.762*	12.766*		
4th instar	40	L2~L6	0±0	0±0	0±0a	0±0a
	40	L7~L12	0.3±0.4	0.7±0.3	0±0a	0.03±0.05b
	40	L13~L20	--	--	0.8±0.4b	0.29±0.23c
		t-test ; t _(79:0.05)	4.762*	14.768*		
Adult	40	L2~L6	12.6±6.30	25.2±8.5	21.6±5.6a	78.9±32.8a
	40	L7~L12	7.6±2.5	11.2±6.3	13.5±2.9b	48.3±5.2b
	40	L13~L20	--	--	1.8±1.8c	12.6±5.2c
		t-test ; t _(79:0.05)	1.976*	8.368*		

¹⁾ Means followed by * in the same column are significantly different between upper and middle leaves in the canopy.

²⁾ Means followed by the same letter in the same column and stage are not significantly different at p=0.05 by Fisher's LSD test.

³⁾ L2~L6, L7~L12 and L13~L20 leaves are the leaves of 2~6, 7~12 and 13~20, respectively, from the tip of vine in the cucumber foliage.

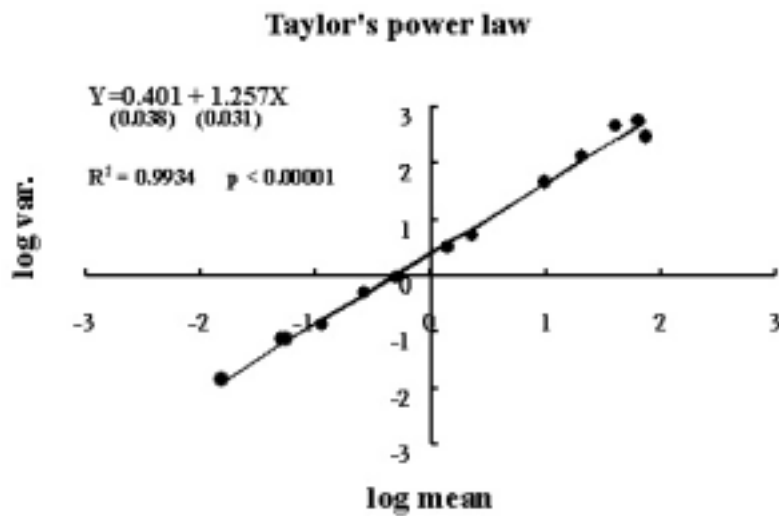
粉蝨在胡瓜田之空間分布

依Taylor's power law胡瓜田粉蝨成蟲平均密度(Mean)與其標準差(Variation)之線性關係為： $Y=0.401 (0.038)+1.257 (0.031) X$ ，故依2 SE_x評估，推論得 $a > 1, b > 1$ 。另依Iwao's patchiness regression求成蟲平均密度(Mean)與平均擁擠值(Mean crowding)之關係則為： $Y=1.325 (0.851)+1.090 (0.029) X$ 。依各指數加減2機差(SE_x)測定各值結果獲Taylor's power law之 $b > 1$ 故應為聚

集分布型；另依Iwao's patchiness regression所獲 α ($1.325-2 \times 0.851$) ≈ 0 ， β ($1.090-2 \times 0.029$) > 1 ，顯示銀葉粉蝨族群之基本組成單位為個體，而各單位有聚集分布的現象(圖二、三)。

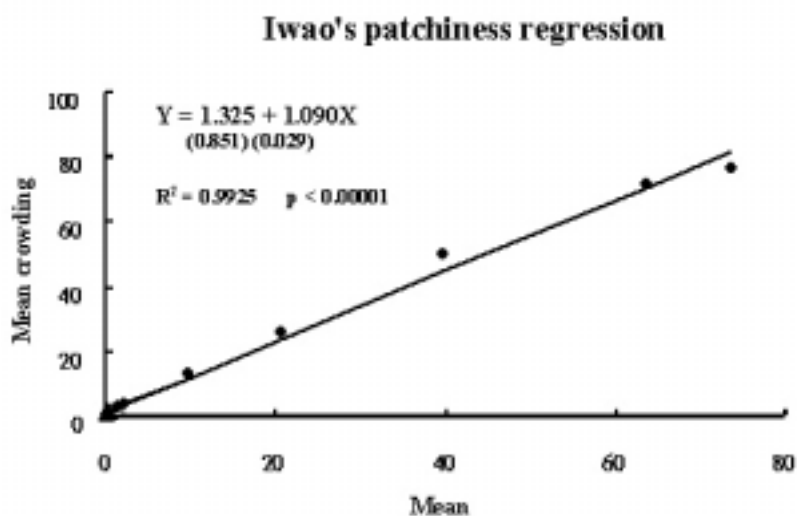
溫度及降雨量對銀葉粉蝨之影響

分析1998~2000年氣象測候站的氣象資料，顯示台灣中部平均高、低溫分別為每年的6~9月及11~2月；降雨集中於5~8月，秋季(9~11月)的降雨則多由颱風所造成(圖四)。銀葉粉蝨密度每年均有二次高峰，1999及2000年出現於5月中旬及10月下旬，1998年族群高峰較不明顯，分別發生在8月及12月的上旬(圖四)。



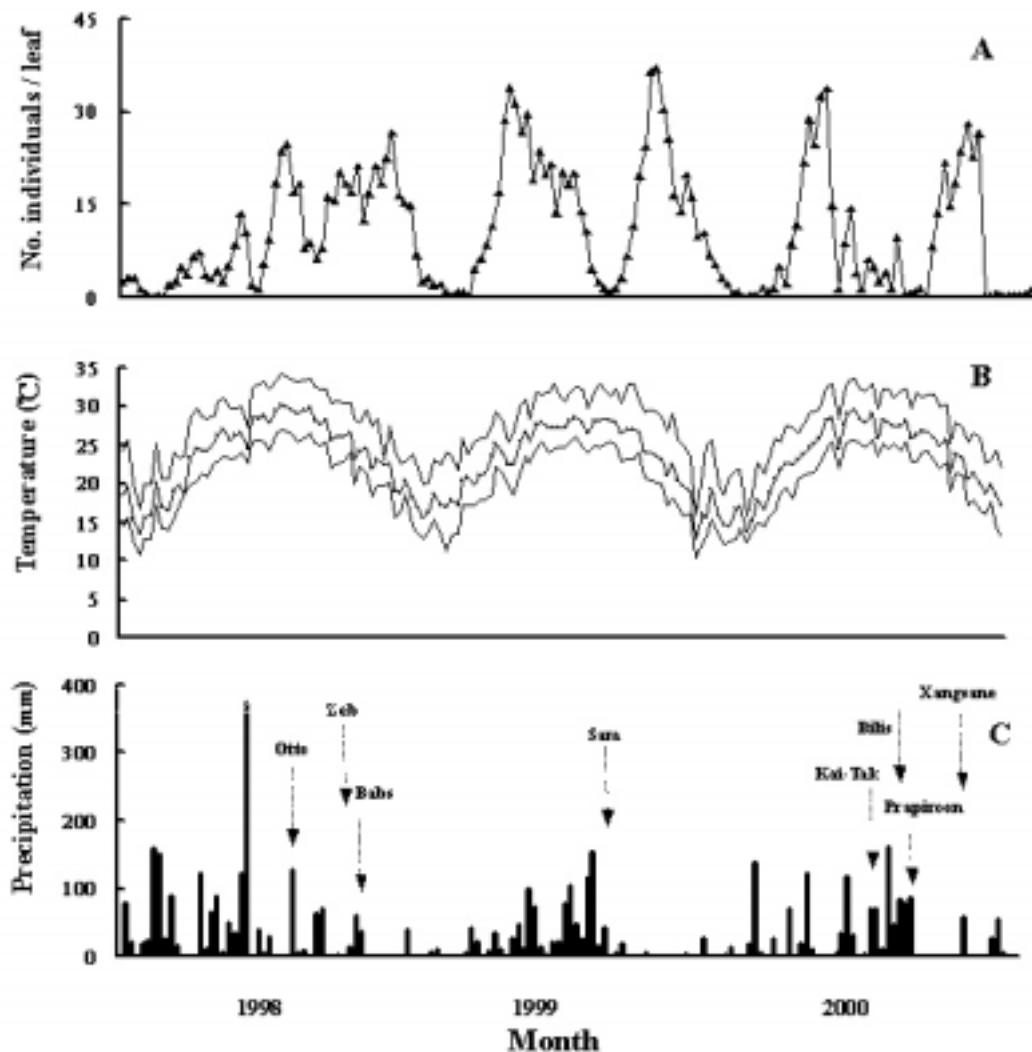
圖二、銀葉粉蝨族群在胡瓜之 Taylor's power law 迴歸。

Fig. 2. Taylor's power law regression ($\log \text{var.} = a + b \times \log \text{mean}$) of *Bemisia argentifolii* on cucumber.



圖三、銀葉粉蝨族群在胡瓜之 Iwao's patchiness 迴歸。

Fig. 3. Iwao's patchiness regression ($mc = \alpha + \beta \times m$) of *Bemisia argentifolii* on cucumber.

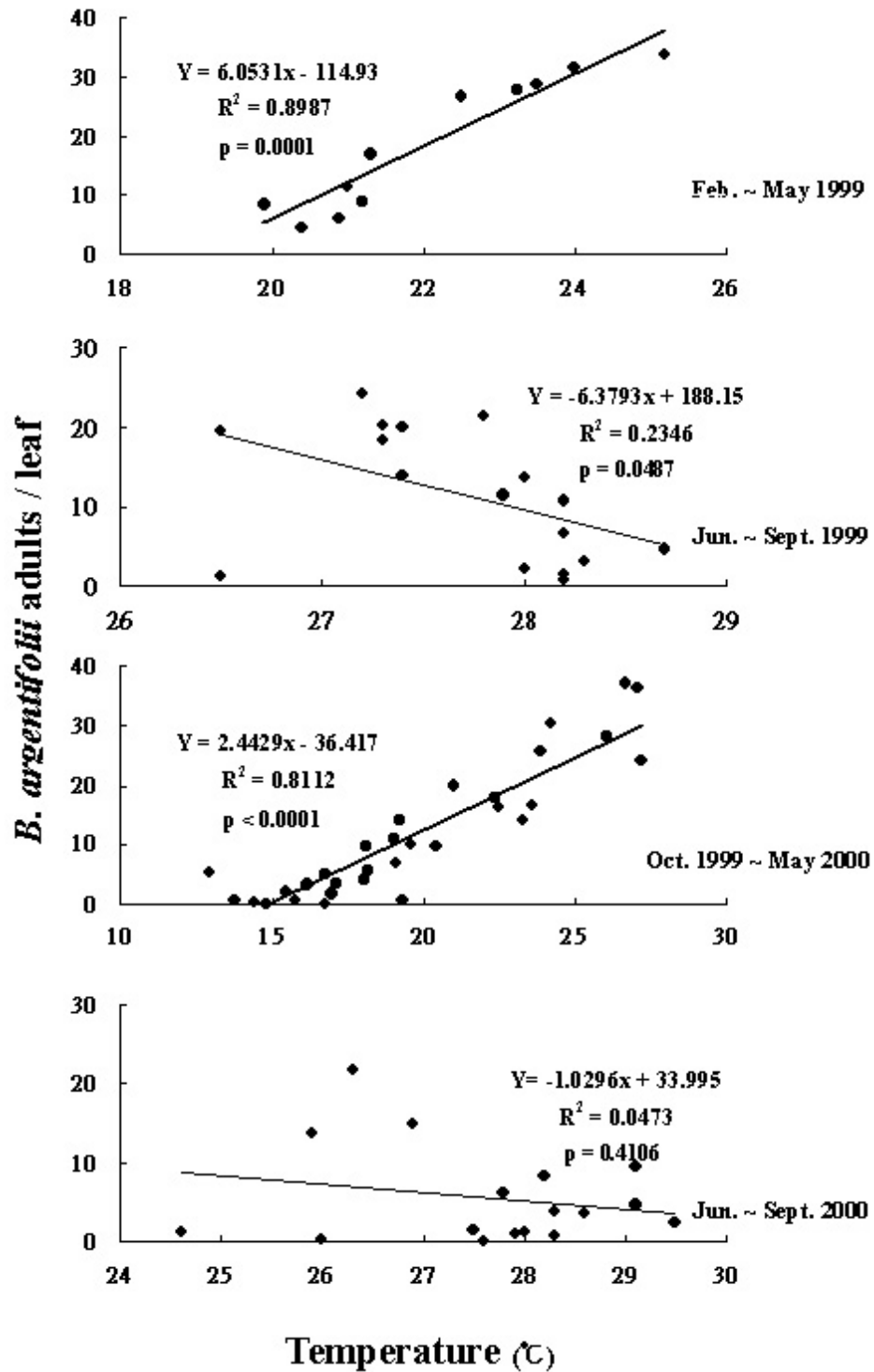


圖四、(A)銀葉粉蝨成蟲在胡瓜田之族群密度，(B)每週平均溫度，(C)每週降雨量。

Fig. 4. (A) Population densities of *Bemisia argentifolii* adults on cucumber. (B) the weekly average temperature. (C) the weekly precipitation since 1998 to 2000. (↓ :typhoon)

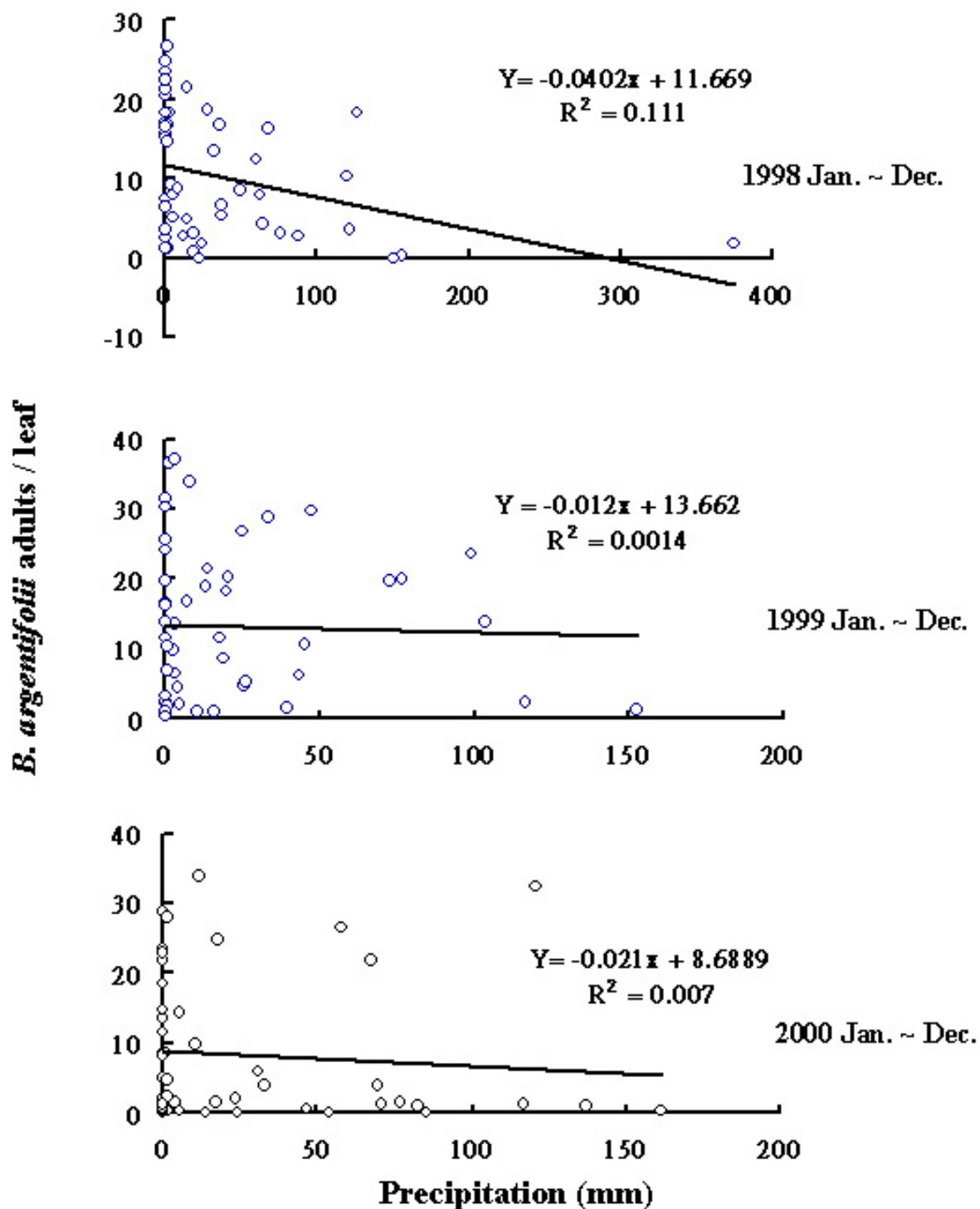
每年的春夏秋冬各季之每週平均溫度對銀葉粉蝨族群密度影響之線性關係，分析結果顯示春、秋及冬季的溫度對銀葉粉蝨密度之影響較顯著(表二)。夏季(6~9月)銀葉粉蝨族群密度較春、秋季為低(圖四)，且該時期的粉蝨密度受溫度影響之線性關係不明顯(表二、圖五)；但秋季及春季之族群密度較高，並且溫度影響密度之迴歸方程式呈顯著正相關($R^2=0.8987$ 、 0.8112 ； $p=0.0001$ 、 <0.0001)(圖五)。

分析1998至2000年田間各季或年度降雨量與銀葉粉蝨密度之關係，顯然週降雨量與粉蝨族群消長之相關性不明顯($R^2=0.1110$ 、 0.0014 、 0.0070 ； $p<0.0001$)(表三、圖六)。



圖五、週平均溫度與銀葉粉蝨密度在胡瓜田之相關性。

Fig. 5. Regression analyses of the responses of *Bemisia argentifolii* densities on cucumber to the weekly mean temperature during 1998 to 2000.



圖六、週降雨量與銀葉粉蝨密度在胡瓜田之相關性。

Fig. 5. Regression analyses of the responses of *Bemisia argentifolii* densities on cucumber to the weekly precipitation during 1998 to 2000.

表二、溫度和銀葉粉蝨族群在不同季節之相關性

Table 2. The regression of temperature and *Bemisia argentifolii* densities on cucumber in different seasons

Year	Season	Equation	R-square	P-value
1998	Spring (Jan. ~ May)	$Y=0.5645X-7.4183$	0.7268	<0.0001
1998	Summer (Jun. ~ Sep.)	$Y=0.4612X+0.1896$	0.0107	0.6835
1998	Autumn (Oct. ~ Nov.)	$Y=0.9116X-2.5539$	0.6035	0.2231
1998~1999	Winter (Dec. ~ Feb.)	$Y=4.1253X-67.0990$	0.6302	0.0106
1999	Spring (Mar. ~ May)	$Y=5.7599X-106.9300$	0.8341	0.0006
1999	Summer (Jun. ~ Sep.)	$Y=-6.3793X+188.1500$	0.2346	0.0487
1999	Autumn (Oct. ~ Nov.)	$Y=-3.5560X-59.8520$	0.7501	0.0117
1999~2000	Winter (Dec. ~ Feb.)	$Y=1.7416X-25.4130$	0.9504	<0.0001
2000	Spring (Mar. ~ May)	$Y=3.1237X-48.1940$	0.7645	<0.0001
2000	Summer (Jun. ~ Sep.)	$Y=-1.0296X+33.995$	0.0473	0.4106
2000	Autumn (Oct. ~ Dec.)	$Y=3.2321X+63.6750$	0.7194	0.0009

表三、不同季節雨量和銀葉粉蝨族群之相關性

Table 3. The regression of precipitation and *Bemisia argentifolii* densities on cucumber in different seasons

Year	Season	Equation	R-square	P-value
1998	Spring (Jan. ~ May)	$Y=-0.0084X+4.3843$	0.0161	0.5735
1998	Summer (Jun. ~ Sep.)	$Y=-0.0284X+14.3510$	0.1262	0.1479
1998	Autumn (Oct. ~ Nov.)	$Y=-0.1389X+21.3650$	0.4987	0.0502
1998~1999	Winter (Dec. ~ Feb.)	$Y=0.0485X+3.9222$	0.0097	0.7494
1999	Spring (Mar. ~ May)	$Y=-0.0285X+22.0910$	0.0023	0.9025
1999	Summer (Jun. ~ Sep.)	$Y=-0.0113X+12.2910$	0.0040	0.8022
1999	Autumn (Oct. ~ Nov.)	$Y=5.2013X+21.6290$	0.4858	0.0251
1999~2000	Winter (Dec. ~ Feb.)	$Y=-0.0105X+3.9582$	0.0005	0.9491
2000	Spring (Mar. ~ May)	$Y=0.0389X+12.2540$	0.0204	0.6260
2000	Summer (Jun. ~ Sep.)	$Y=-0.0755X+8.6057$	0.3680	0.0058
2000	Autumn (Oct. ~ Dec.)	$Y=0.0458X+8.7317$	0.0061	0.7814

討 論

粉蝨之株內垂直分布

銀葉粉蝨成蟲和卵多出現於胡瓜之上位葉(頂芽下第2~6葉; L2~L6), 一、二齡若蟲密度則以中位葉(L7~L12)為最高, 而下位葉(L13~L20)之三、四齡若蟲密度又顯著高於上、中位葉(表一)。此與往昔報導棉花之銀葉粉蝨成蟲偏好於上位葉活動及產卵, 而若蟲及靜止期多分布於中、下位葉之結果相同^(15,17,18)。而寄主植物的種類顯著影響銀葉粉蝨在植株上的分布, 成蟲偏好聚集馬鈴薯、甘藍等作物的新葉, 但在萵苣上則以老葉較多⁽²⁷⁾。此外, 報導粉蝨若蟲多分布於葉脈附近⁽²⁶⁾; 且銀葉粉蝨的若蟲密度與葉表至維管束中心的距離呈負相關⁽⁸⁾。

銀葉粉蝨雌雄性比在胡瓜的上、中、下位葉間無顯著差異(圖一)。雌成蟲雖偏好棲息及產卵於上位葉，然而雌蟲於下位葉羽化後則具遷移至上位葉的習性，新羽化之雄蟲則於葉位間搜尋雌蟲交尾，以致上、中、下位葉的雌雄性比間並無差別。因此，推測葉位間雌雄比分布無差異應與雄蟲爭取交尾機會及雌蟲之葉間遷移有關。

銀葉粉蝨以雌成蟲作為遷移(拓殖)的主要齡別，雌蟲羽化後由胡瓜之中、下位葉遷移至上位葉，佔有其領域並拓殖族群。成蟲多聚集於植株上位葉(新葉)交尾及產卵，因此成蟲和卵的單位密度顯著高於中、下位葉(表一)；又粉蝨僅於卵初孵化後的爬行期具短暫活動能力，其後便固著葉表，因而隨胡瓜葉片成長、老化及若蟲齡期的增加，導致胡瓜一、二齡若蟲多出現於中位葉及三、四齡若蟲密度以下位葉為最高的結果。此並非若蟲自身對棲所之偏好，而應與粉蝨生物特性及寄主植物的生長勢有關。羽化後的銀葉粉蝨雌蟲偏好至植株的上位葉取食及產卵，是否因上位葉片所含的低碳氮比(C/N)有利其生殖或屬於物種的演化結果(棄生理及營養狀態已趨向衰退的中、下位葉，而選擇上位葉)，實有待探究。

粉蝨在胡瓜田之空間分布

依Taylor's power law及Iwao's patchiness regression分析，銀葉粉蝨於胡瓜田屬於聚集分布型(圖二、三)。此與Tonhasca *et al.* 報導銀葉粉蝨在甜瓜⁽²⁵⁾，及Naranjo and Flint報導粉蝨在棉花上之結果相同⁽¹⁸⁾。又粉蝨之空間分布與寄主植物(棉花)的品種無關，而受成蟲遷入寄主環境的時間所影響⁽¹⁸⁾。

依Taylor's power law線性迴歸分析對所截距“a”及斜率“b”之描述，當 $b>1$ 時，表示族群傾向聚集分布。據此判定，銀葉粉蝨($a=0.401$ ； $b=1.257$)在胡瓜上呈聚集分布型。另依Iwao⁽¹³⁾ m 對 mc 之線性迴歸關係($mc=\alpha+\beta\times m$)，當 $\alpha>0$ 且 $\beta>1$ ，表示族群由小聚落(patchy)為單位而組成，且各小聚落間亦呈聚集分布型。依此分析，銀葉粉蝨在胡瓜上呈聚集分布型($\alpha=1.325$ ； $\beta=1.090$)。

銀葉粉蝨在瓜田中以成蟲為主要遷移齡期，當雌成蟲遷入一新的植株並於上位葉產卵，卵孵化後僅具一短暫爬行期，其後便固著於葉表。因此銀葉粉蝨的空間分布型(株間分布)由成蟲所決定，其依Taylor's power law顯示其聚集分布型($b=1.257$)及新羽化雌蟲多分布於上位葉，佐以Iwao⁽¹³⁾ Patchiness regression之結果($\alpha=1.325$ ； $\beta=1.090$)銀葉粉蝨在植株上發展小聚落($\alpha>0$)且其小聚落間呈聚集型分布，即新拓殖雌蟲的聚集分布產生聚落。

溫度及降雨量對銀葉粉蝨之影響

台灣中部每年的平均高溫出現於6~9月($28\sim32^{\circ}\text{C}$)，平均低溫則在12~2月($13\sim17^{\circ}\text{C}$)(圖四)。銀葉粉蝨族群每年二次高峰分別出現於平均高溫季節前後的5月中旬及10月下旬(圖四)。Brewster *et al.*則報導銀葉粉蝨每年族群高峰受作物種植時間的影響，在9月下旬種植的蕃茄及茄子上全年有二個密度高峰，但較晚種植者僅一個密度高峰⁽³⁾。

溫度、風及降雨量等環境因子均可影響銀葉粉蝨的族群密度^(7,12)。而降雨量若達平均值的3倍時，粉蝨族群高峰將延後出現，且高峰值亦較低⁽²⁸⁾。但Liu則指出粉蝨處於較高密度時，溫度及降雨量並非其族群的限制因子⁽¹⁴⁾。本研究顯示每年秋季至翌年春末(10月~5月)平均溫

度低於25℃時，溫度與粉蝨密度具顯著相關，該時期粉蝨密度隨溫度的增高而增加，但二者於夏季(6~9月)高溫時(平均溫度高於25~26℃)之相關性較低(表二、圖五)。或許超出某一溫度範圍時，溫度不再是粉蝨族群的主要影響因子，反而受其他因子(寄主植物)影響較明顯。

銀葉粉蝨族群密度隨寄主種類增加而提昇，且四季中均在各種當令蔬菜(甘藍、甜瓜、茄子、番茄等)或棉花間遷移^(7,22)。氣象資料顯示1998年春季的降雨量較1999及2000年為高，田間粉蝨密度則略低於他年及高峰期延後至10月(圖四)，然每週降雨量與田間粉蝨族群之相關性甚低(圖六)。臺灣中部的蔬菜栽培多集中於秋季至翌年春季(10月上旬~3月下旬)，豐富而多樣的寄主植物應是粉蝨族群律動的另一重要因子。1998年春季降雨量已超越颱風季節的常雨量(圖四)，或許異常的降雨影響當季蔬菜的存活率，導致當年粉蝨密度降低及高峰期延後。

Tonhasca *et al.*及Chu *et al.*採調查全葉成蟲數、每cm²若蟲數及卵數的方法以評估田間粉蝨密度^(8,25)，Butler *et al.*則計算全葉的卵數⁽⁵⁾；而Gerling *et al.*則僅計算全葉的蛹期數(四齡末)⁽¹¹⁾。學者報導黃色粘板、視覺觀察及吸蟲器等三種方法取樣洋香瓜之銀葉粉蝨，其中以翻轉葉片(leafturn)直接視覺觀察成蟲數之結果與葉表若蟲期密度的相關性最高⁽²⁰⁾；因此認為視覺觀察及吸蟲器採樣較符合田間情形，且為有效的評估方式^(10,20)。另粉蝨在同一植株上的分布不均，造成卵及若蟲期的取樣結果迥異⁽⁶⁾。Butler and Henneberry 建議取棉花的第6~8節間葉⁽⁴⁾，Gerling *et al.*則力主全株取樣⁽¹¹⁾，部份學者則認為隨季節不同改變取樣部位(6月份取第5~6葉，7月份取7~8葉)⁽¹⁶⁾，或區分上、中、下位葉進行取樣⁽⁹⁾。然無論何種取樣方法及取樣部位，均為求真實反應田間之族群密度。依銀葉粉蝨發育期、成蟲在胡瓜植株之垂直分布具顯著差異性之結果(表一)，田間應依標的齡期所在的部位取樣之，如本研究中調查銀葉粉蝨成蟲，取樣胡瓜之上位葉似較能合理代表其田間族群密度。

總之，銀葉粉蝨在胡瓜田屬聚集分布型(圖二、三)。銀葉粉蝨成蟲及卵多聚集胡瓜的上位葉，一、二齡若蟲分布於中位葉，三、四齡若蟲則多出現於下位葉(表一)。季節變化顯著影響粉蝨與的族群密度，每年秋季至翌年春季(<25℃)粉蝨族群密度與溫度成正相關，夏季的高溫則與族群密度無關，而降雨量亦非影響粉蝨族群密度之重要因子。此外，銀葉粉蝨和卵形捕植蟎間具密度依變關係，二者於胡瓜田具極高的同律性(未發表)，此為應用卵形捕植蟎生物防治胡瓜銀葉粉蝨之有利條件。

本研究僅就三年的田間資料進行初步探討，然而影響銀葉粉蝨族群密度的環境因子(溫度)變異甚大，其作用力錯綜複雜。為求更真實描述田間狀態，需長期累積田間生物性及非生物性因子的資料，方足以較完整闡明環境與植食性昆蟲、寄主植物間的相互關係。

參考文獻

1. Bentz, J. A., J. Reeves, P. Barbosa and B. Francis. 1995. Nitrogen fertilizer effect on selection, acceptance, and suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as host plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 24: 40-45.

2. Bi, J. L., G. R. Ballmer, D. L. Hendrix, T. J. Henneberry and N. C. Toscano. 2001. Effect of cotton nitrogen fertilization on *Bemisia argentifolii* populations and honeydew production. *Entomol. Exp. Appl.* 99: 25-36.
3. Brewster, C. C., J. C. Allen, D. J. Schuster and P. A. Stansly. 1997. Simulating the dynamics of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in an orange cropping system with a spatiotemporal model. *Environ. Entomol.* 26: 603-616.
4. Butler, G. D., Jr., and T. J. Henneberry. 1984. *Bemisia tabaci*: effect of cotton leaf pubescence on abundance. Southwestern United States. Proceedings Beltwide Cotton Production and Research Conference 195-197.
5. Butler, G. D., Jr., T. J. Henneberry and W. D. Hutchison. 1986. Biology, sampling and population dynamics of *Bemisia tabaci*. *Agri. Zool. Rev.* 1: 167-195.
6. Butler, G. D., Jr., T. J. Henneberry and F. D. Wilson. 1986. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton: adult activity and cultivar oviposition preference. *J. Econ. Entomol.* 79: 350-354.
7. Chu, C. C., T. Henneberry, E. T. Natwick, D. Ritter and S. L. Birdsall. 2001. Efficacy of CC traps and seasonal activity of adult *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in Imperial and Palo Verde valleys, California. *J. Econ. Entomol.* 94: 47-54.
8. Chu, C. C., E. T. Natwick, A. C. Cohen, G. S. Simmons, D. E. Brushwood and T. J. Henneberry. 1998. *Bemisia argentifolii* colonization, vascular bundle depth relationships, lint yield, and nymphal parasitism in selected deltapine cotton cultivars. *Southwestern Entomol.* 23: 293-299.
9. Fullerton, D. 1982. Effects of plant coverage in whitefly control. *Ariz. Agri. Exp. St. P-56*: 117-118.
10. Gerling, D. and A. R. Horowitz. 1984. Yellow traps for evaluating the population levels and dispersal patterns of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 753-759.
11. Gerling, D., U. Motro and R. Horowitz. 1980. Dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) attacking cotton in the coastal plain of Israel. *Bull. Entomol. Res.* 70: 213-219.
12. Henneberry, T. J., L. F. Jech, D. L. Hendrix and D. E. Brushwood. 1998. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) population relationships to cotton and lint stickiness in long and short staple cottons. *J. Econ. Entomol.* 91: 1196-1207.
13. Iwao, S. 1968. Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding. *Res. Popul. Ecol.* 18: 243-260.
14. Liu, T. X. 2000. Population dynamics of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on spring collard and relationship to yield in the lower Rio Grande valley of Texas. *J. Econ. Entomol.* 93: 750-756.

15. Lynch, R. E. and A. M. Simmons. 1993. Distribution of immatures and monitoring of adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), in peanut, *Arachis hypogaea*. Environ. Entomol. 22: 375-380.
16. Melamed-Madjar, V., S. Cohen, M. Chen, S. Tam and D. Rosilio. 1982. A method for monitoring *Bemisia tabaci* and timing spray applications against the pest in cotton fields in Israel. Phytoparasitica 10: 85-91.
17. Naik, L. K. and S. Lingappa. 1992. Distribution pattern of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in cotton plant. Insect Sci. Appl. 13: 377-379.
18. Naranjo, S. E. and H. M. Flint. 1995. Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and fixed-precision sampling plans for estimating population density. Environ. Entomol. 24: 261-270.
19. Ohnesorge, B., N. Sharaf and T. Allawi. 1980. Population studies on the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) during the winter season. I. The spatial distribution on some host plants. Z. Angew. Entomol. 90: 226-232.
20. Palumbo, J. C., A. Tonhasca, Jr and D. N. Byrne. 1995. Evaluation of three sampling methods for estimating adult sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) abundance on cantaloupes. J. Econ. Entomol. 88: 1393-1400.
21. Prabhaker, N., D. L. Coudriet and D. E. Meyerdirk. 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 78: 748-752.
22. Riley, D. G. and M. A. Ciomperlik. 1997. Regional population dynamics of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae). Environ. Entomol. 26: 1049-1055.
23. Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189 (4766): 32-735.
24. Taylor, L.R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. Ann. Rev. Entomol. 29: 321-357.
25. Tonhasca, A., Jr., J. C. Palumbo and D. N. Byrne. 1994. Distribution patterns of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cantaloupe fields in Arizona. Environ. Entomol. 23: 949-954.
26. von Arx, R., J. Baumgärtner and V. Delucchi. 1984. Sampling of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) in Sudanese cotton fields. J. Econ. Entomol. 77: 1130-1136.
27. Zalom, F. G., C. Castañé and R. Gabarra. 1995. Selection of some winter-spring vegetable crop hosts by *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 88: 70-76.
28. Zalom, F. G., E. T. Natwick and N. C. Toscano. 1985. Temperature regulation of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations in Imperial Valley cotton. J. Econ. Entomol. 78: 61-64.

Spatial Distribution of *Bemisia argentifolii* on Cucumber¹

Kuei-Fang Pai and Yu-Sha Wang²

ABSTRACT

The vertical distribution of eggs, nymphs, and adults of silverleaf whitefly (SLWF), *Bemisia argentifolii*, was stage-specific on cucumber. Adults and eggs appeared at upper leaves, while the 1st and the 2nd instar nymphs and the 3rd and the 4th instar nymphs appeared at middle and lower leaves, respectively. Feeding and eggs laying behavior of whitefly females may be the reasons causing the females to aggregate on upper leaves. The spatial distribution pattern of *B. argentifolii* was aggregated and was determined by Taylor's Power Law ($a: 0.401$, $b: 1.257$) and Iwao's Mean Crowding Regression ($\alpha: 1.325$, $\beta: 1.090$). Population densities of SLWF was significantly depended on temperature during the period of October ~ May, but not in summer season (June ~ September). Weekly precipitation did not positively influenced the densities of *B. argentifolii*.

Key words: *Bemisia argentifolii*, spatial distribution, environmental factors.

¹ Contribution No. 0580 of Taichung DARES.

² Assistant Entomologist and Field Technician of Taichung DARES.