台灣昆蟲 26: 343-356 (2006)
Formosan Entomol. 26: 343-356 (2006)

網室洋香瓜上銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellow & Perring) 成蟲之空間分布及其最適取樣數估算

林鳳琪* 王清玲 行政院農業委員會農業試驗所 台中縣霧峰鄉中正路 189 號
陳秋男 國立台灣大學昆蟲學系 台北市羅斯福路四段 1 號

摘 要

本試驗探討銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellow & Perring) 成蟲在網室內洋香瓜上的空間分布型式並估算其最適取樣數。試驗結果顯示，銀葉粉蝨於洋香瓜植株上的垂直分布，80%以上成蟲出現在頂芽以下第 3～9 葉上，可作爲其最適取樣部位。而其於網室內洋香瓜全園的空間分布型式，經 8 次密度調查所得之平均擁擠度 (mean crowding, m^*) 與平均值 (mean, m) 之比值 (m^*/m) 均大於 1，顯示其分布型式爲聚集分布。分析頂芽以下 3～9 葉成蟲數，經由 Iwao's patchiness regression 得知截距 α = 12.29，斜率 β = 1.327，顯示其成蟲於植株上空間分布亦呈聚集型。依 Taylor's power law 導出之方程式得 a = 3.917，b = 1.538，亦同樣顯示其空間分布爲聚集分布型式。根據上列數值，本文亦估算在不同密度與精密度下之網室內洋香瓜上銀葉粉蝨成蟲最適取樣數。本調查期間，銀葉粉蝨族平均密度在 7～137 隻之間，當群平均密度每葉蟲數達 5 隻，精密度設爲 0.2 時，經由 Iwao's patchiness regression 或 Taylor's power law 計算，最適取樣數分別爲 75 或 47 葉片。當族群平均密度每葉蟲數達 15 隻以上時，最適取樣數均低於 30 片葉片。本研究建議，基於防治之考量，欲於網室內洋香瓜上估計銀葉粉蝨成蟲數，可以逢機取樣 10 株以翻葉檢視頂芽以下 3～9 葉片葉背上成蟲數，爲省工省時之取樣方法。

關鍵詞：銀葉粉蝨、空間分布、最適取樣數、洋香瓜。

前 言

銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, 1994) (=*B. tabaci* B type) 爲世界廣泛分布的重要園藝作物害蟲，寄主植物多達 900 種以上。台灣其最初在盆栽聖誕紅上嚴重發生，爾後逐漸擴大危害多種蔬菜、瓜果及花卉 (Lin *et al.*, 1997)。由於銀葉粉蝨體型細小不易被發現，生活史短，繁殖潛能大，因此族群往往於短期間內在作物上迅速增長。其

*論文聯繫人
e-mail: fclin@wufeng.tari.gov.tw

主要吸食葉片汁液，同時排泄大量蜜露誘發煤煙病，影響作物光合作用。受害株葉片黃化、萎凋，嚴重時導致植株死亡，影響產量甚鉅。根據農委會的農業統計年報報告(Anonymous, 2002)，台灣近年來洋香瓜栽植面積達 6～8 千公頃左右，尤其網室栽培所生產的瓜實品質優良，價格往往高於其它露地或隧道式栽培的產品。然而網室內栽培之洋香瓜近十年來經常面臨銀葉粉蝨的嚴重危害，影響品質甚鉅。爲解決銀葉粉蝨在洋香瓜危害的問題，發展綜合管理技術爲當務之急。

在害蟲的綜合管理體系中，取樣技術的建立是一個重要項目，適當取樣方法不但省時省工，可以有效監測族群發生密度，並可藉以預測未來族群發生之趨勢。目前應用於銀葉粉蝨的調查方法有多種，如直接調查葉片各蟲期密度或利用各式成蟲誘集器，比較各種取樣方法，其中以翻葉 (leaf turn) 檢視計算葉背成蟲數量是最爲省時及節省成本的方法(Palumbo *et al.*, 1995; Naranjo, 1996)，適合監測銀葉粉蝨之發生。由於網室洋香瓜採直立式栽培，僅保留 24～26 片本葉提供果實成長所需養分，因此在不影響植株發育下，進行害蟲發生密度調查宜採非破壞性取樣，故本研究採用原位翻葉調查取樣方法，進行在網室洋香瓜上銀葉粉蝨的空間分布及最適取樣數的估計，以期提供網室洋香瓜上銀葉粉蝨成蟲密度估計的取樣參考。

材料與方法

一、供試植物之栽植與管理

本試驗於台中縣霧峰鄉農業試驗所所屬之簡易塑膠網室內 (10 × 2.5 m) 進行，先將洋香瓜（秋華二號）種子先行浸水約 24 小時，待發芽約 0.5 公分時將每一種子個別播於育苗穴盤中 (6 cm)。當植株生長至 4 片葉時，將洋香瓜苗移植於網室內。定植時以塑膠盆 (直徑 37.5 cm，高 30 cm) 盛培養土 (BVB2 號) 直接栽植洋香瓜共 40 株，株距 50 cm，以鋼管張網供爲瓜蔓生長攀爬的支撐，定植後 2 星期施以台肥特一號，並於果實約 5～6 cm 大小時追加施用一次。植株生長期間採直立式洋香瓜栽培管理，每株只留一果，故摘除早生之子蔓，僅保留 9～15 節子蔓讓其開花，以人工授粉，於果實約 5～6 cm 大小時選取一較佳者留下，其餘去除，並摘除多餘的子蔓。當植株本葉生長 24～26 片時進行摘心，並隨時去除多餘側蔓，以控制其生長勢。

二、取樣與紀錄

自 2001 年 3 月洋香瓜定植於網室後，定期每 7 天取樣調查 1 次至 5 月洋香瓜採收後結束，共取樣 8 次，取樣時採逢機選取 10 株洋香瓜進行調查。調查時植株最頂端小於 3 cm 且重疊尚未展開的 2～3 片葉片統歸爲頂芽，自每株洋香瓜由頂芽開始往下逐葉依序檢視所有葉片背面，計算及記錄棲息於葉背之銀葉粉蝨成蟲數，作爲取樣部位、空間分布及最適取樣數決定分析之資料。

三、空間分布

將上述調查所得各葉片上銀葉粉蝨成蟲數進行各項基本統計，包括取樣數 (n)、平均值 (mean, m)、變方 (variance, s^2)、變異係數 (coefficient of variation (%), CV%)、分散係數 (s^2/m)、平均擁擠度 (mean crowding, m^*) 及平均擁擠度與平均數之比值 (m^*/m)。將選定之取樣部位以 8 次的調查基本統計資料，估算 Taylor's power law 及 Iwao's patchiness regression 兩種指數，分析網室洋香瓜上銀葉粉蝨族群空間分布型式。以

Taylor's power law 分析時 (Taylor, 1961)，將每次調查的平均值 (m) 與變方 (s^2) 以對數轉換，亦即將 $s^2 = am^b$ 轉換爲 $\log(s^2) = \log(a) + b\log(m)$，求得迴歸方程式之斜率值 ($b$)，由 b 值判定其分布型式，即 $b = 1$ 爲逢機分布；$b > 1$ 爲聚集分布；$b < 1$ 爲均勻分布。以 Iwao's patchiness regression 分析則根據平均擁擠度 (m^*) 與平均密度 (m) 關係 (Iwao, 1968)，求出直線迴歸方程式 $m^* = \alpha + \beta m$，由 β 值判定其分布型式，即 $\beta = 1$ 爲逢機分布，$\beta > 1$ 及 $\beta < 1$ 分別爲聚集與均勻分布 (Southwood, 1978)。

四、取樣數之決定

以空間分布估算得 Iwao's patchiness 回歸方程式（$m^* = \alpha + \beta m$）中之 α、β 值，代入 $N = \frac{1}{D^2}(\frac{\alpha+1}{m} + (\beta - 1))$ 式中；並以估算得 Taylor's power law 回歸方程式 ($\log(s^2) = \log(a) + b\log(m)$)中之 a 和 b 值代入 $N = \frac{am^{b-2}}{D^2}$ 式中。由此二式估算取樣時的最適樣品數(N)，D 爲精密度 (precision level)，參考 Cochran (1977) 以相對變異表示，$D = \frac{S.E.}{m}$，$S.E.$ 爲平均值的標準誤差，95% 之顯著水準，分別設定 D 爲 0.1 和 0.2，以探討不同精密度時所需最適取樣數。

結　果

一、取樣部位之選取

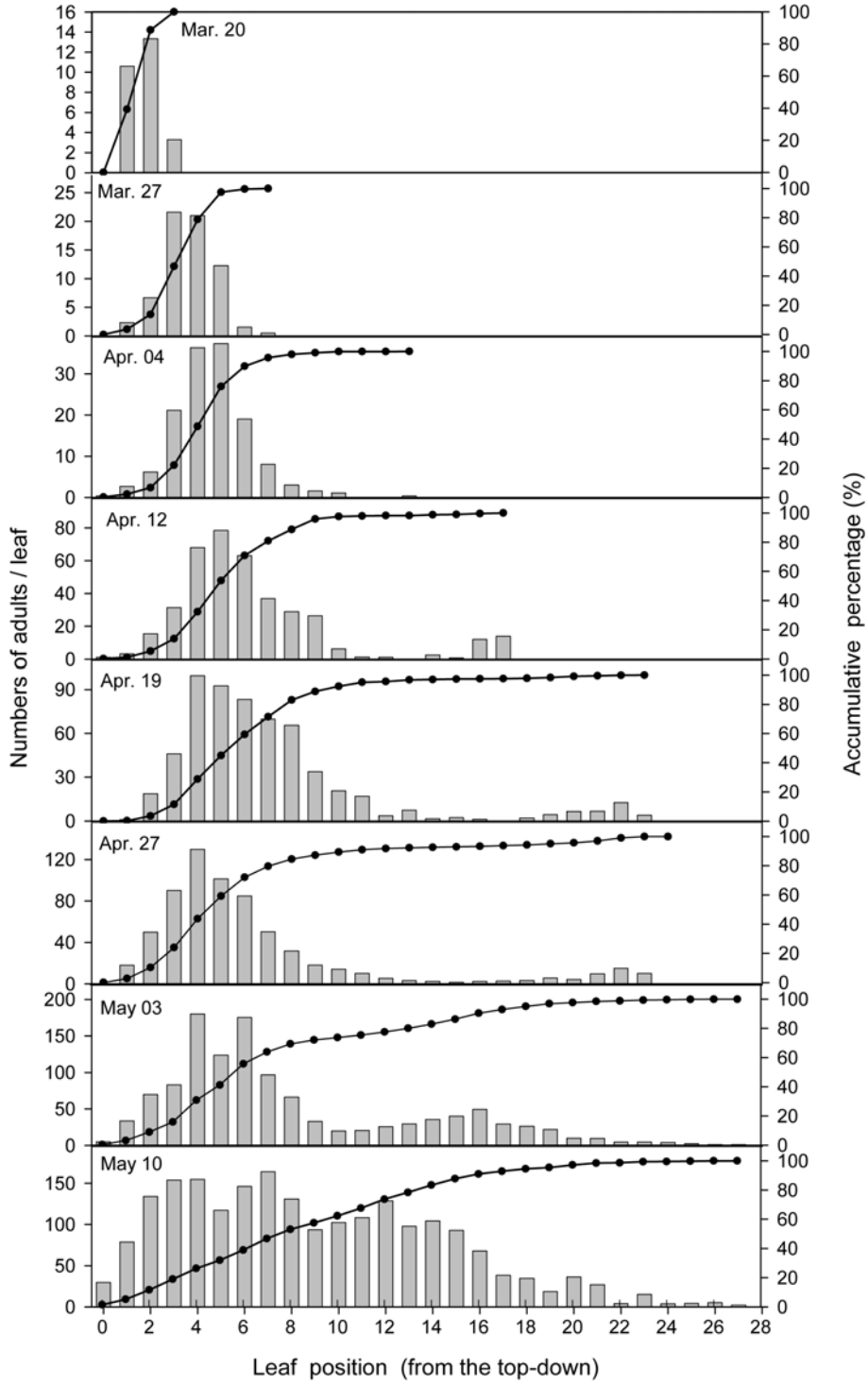
自 2001 年 3 月 20 起至 5 月 10 日每週調查洋香瓜上銀葉粉蝨成蟲族群密度，調查結果基本統計分析如表一。在 8 次調查中，銀葉粉蝨每週發生平均密度分別爲每片葉 6.9、8.8、10.1、23.3、29.0、27.9、43.1 及 77.0 隻，顯示銀葉粉蝨族群密度隨洋香瓜成長而增加，在定植第 8 週後，由於銀葉粉蝨族群驟增，嚴重危害植株下位葉片，造成黃化凋落，甚至整株死亡，因此無法取樣，使該次樣本數較前兩次少。

定植後 2～5 週內，每週植株平均新增 4～6 葉片，五週後每週新增葉片低於 3 葉。植株生長至 27 葉時則將頂芽去除。在 8 次調查中，銀葉粉蝨分布在洋香瓜植株各葉背上的成蟲平均數及累積百分率如圖一。每次調查均顯示銀葉粉蝨成蟲甚少發生於頂芽，大部分成蟲集中出現於自心芽以下的第 3～9 葉上。在前 6 次的調查中 3～9 葉上累積蟲數佔平均每株總蟲數的 80% 以上 (圖二)，最後 2 次調查則

表一　銀葉粉蝨在網室洋香瓜密度調查之基本統計資料
Table 1.　Basic statistics of adult whiteflies on all leaves of cantaloupe plants

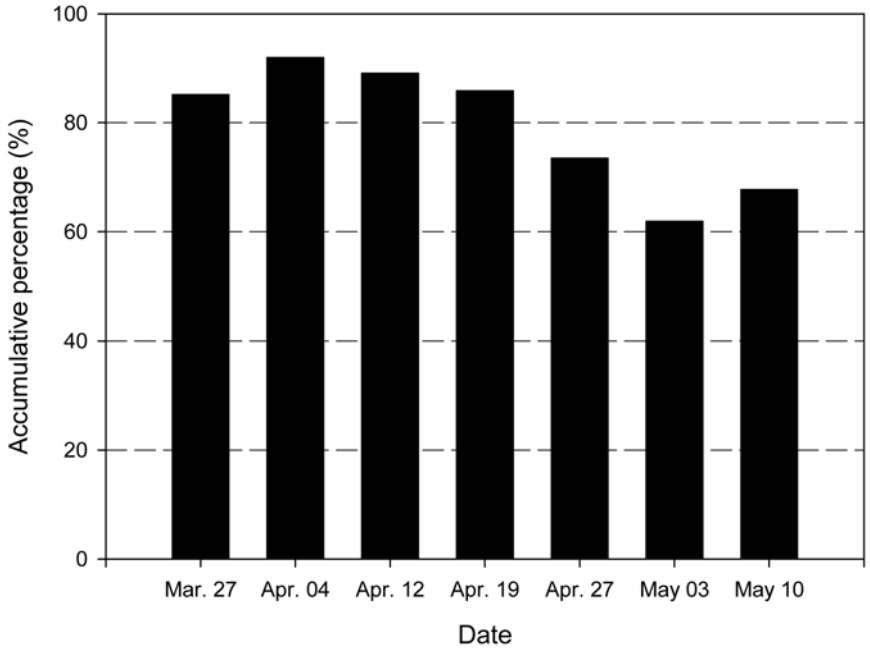
Date	n	m	s^2	CV%	s^2/m	m^*	patchiness m^*/m
Mar. 20	59	6.9	66.9	119.2	9.8	15.6	2.275
Mar. 27	89	8.8	154.9	140.9	17.5	25.4	2.872
Apr. 4	156	10.1	211.2	138.0	20.1	29.6	2.809
Apr. 12	158	23.3	943.0	131.7	40.5	62.8	2.693
Apr. 19	198	29.0	2430.4	169.8	83.7	111.7	3.849
Apr. 26	236	27.9	2005.1	160.5	71.9	98.8	3.540
May 3	275	43.1	3101.7	127.4	71.0	113.7	2.601
May 10	198	77.0	6262.1	102.7	81.3	157.3	2.042

n, number of samples; m, mean; s^2, variance; CV%, coefficient of variation (%); m^*, mean crowding



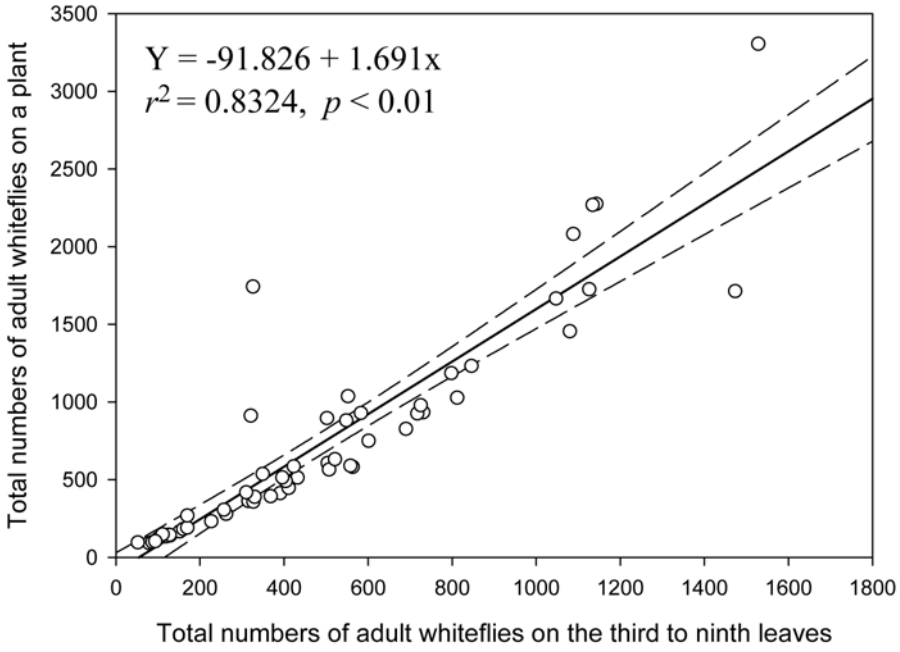
圖一　粉蝨成蟲在洋香瓜不同葉序上之發生密度及佔總葉上之累積百分比。

Fig. 1.　Population densities of adult whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on leaf positions from the top down and their accumulative percentages of the total number on the plant.



圖二　洋香瓜之第 3～9 葉序上的累積粉蝨成蟲數佔植株上總蟲數之百分比(2001 年)。

Fig. 2.　Percentage of numbers of adult whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on the third to ninth leaves to the total numbers on the plant (2001).



圖三　洋香瓜植株總蟲數與第 3～9 葉上總蟲數之直線回歸。

Fig. 3.　Relationship between total numbers of adult whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on the plant and on the third to ninth leaves of cantaloupe.

表二　銀葉粉蝨成蟲在洋香瓜 3～9 葉密度調查之基本統計資料
Table 2.　Basic statistics of adult whiteflies on the third to ninth leaves of cantaloupe

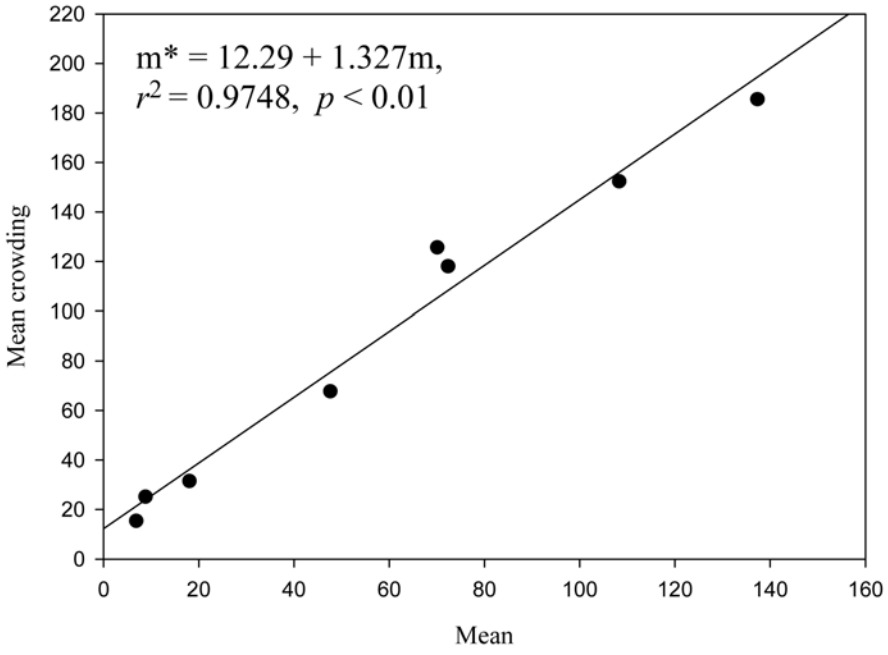
Date	n	m	s^2	CV%	s^2/m	m^*	patchiness (m^*/m)
Mar. 20	59	6.9	66.9	119.6	9.8	15.6	2.275
Mar. 27	89	8.8	154.9	140.0	17.5	25.4	2.872
Apr. 4	84	18.1	264.6	90.0	14.7	31.5	1.745
Apr. 12	70	47.6	1020.0	67.0	21.4	67.7	1.425
Apr. 19	70	70.1	4023.0	90.5	57.4	125.7	1.793
Apr. 26	70	72.4	3422.0	80.8	47.2	117.8	1.630
May 3	70	108.3	4947.1	64.9	45.7	152.3	1.407
May 10	42	137.3	6919.2	60.5	50.4	185.5	1.351

Terms are defined in Table 1.

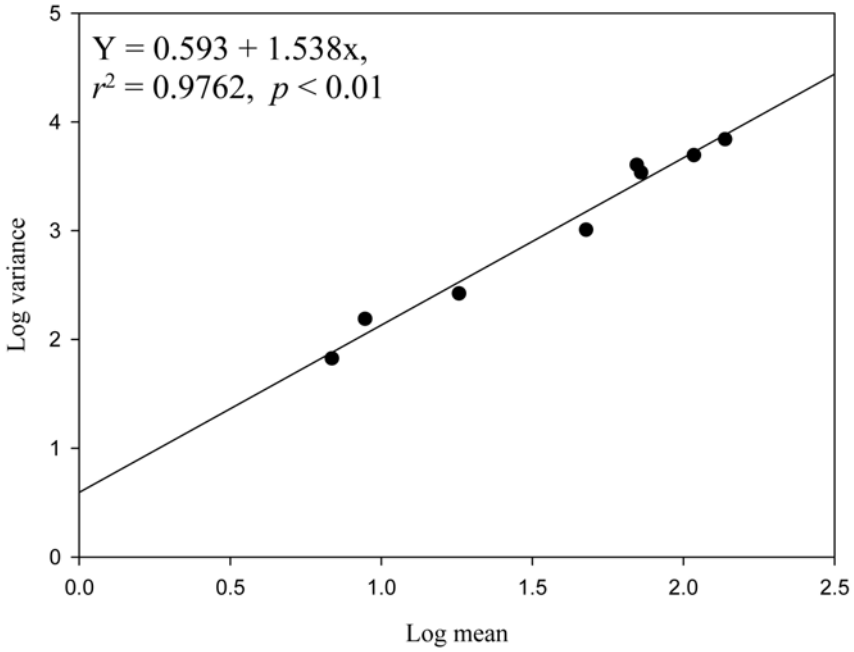
達 60% 以上。若以每植株上的總蟲數 (y) 與第 3～9 葉上總蟲數 (x) 求其直線回歸方程式爲 $y = -91.826 + 1.691x$ ($r^2 = 0.8324$, $p < 0.01$)，兩者爲顯著正相關 (圖三)，顯示以 3～9 葉爲採樣單位，來推估植株總蟲數之能力達 80% 以上。

二、空間分布型式

推估銀葉粉蝨於網室洋香瓜植株上的空間分布型式，由表一所列，其變方 (s^2) 與平均值 (m) 之比值均大於 1，且平均擁擠度 (m^*) 與平均值之比值 (m^*/m) 亦均大於 1，由此二數值均顯示銀葉粉蝨在洋香瓜上的空間分布偏向聚集分布。



圖四　洋香瓜第 3～9 葉上銀葉粉蝨之平均擁擠程度與平均值之直線回歸關係。
Fig. 4.　Linear regression of mean-crowding and mean of adult whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on the third to ninth leaves of cantaloupe.



圖五　洋香瓜第 3～9 葉上粉蝨成蟲之變方與平均值之直線回歸。

Fig.5. Linear regression of the log variance and log mean of adult whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on the third to ninth leaves of cantaloupe.

根據取樣部位選取結果，自植株頂端以下之第 3～9 葉爲最適取樣部位，此部位葉片上銀葉粉蝨成蟲平均密度等基本統計資料如表二，其 patchiness 值均大於 1，表示 3～9 葉上銀葉粉蝨成蟲亦爲聚集分布。

採 Iwao's patchiness regression 估算所得方程式爲 $m^* = 12.29 + 1.327\ m$ ($r^2 = 0.9748$, $p < 0.01$) (圖四)。另採 Taylor's power law 估算所得直線回歸方程式爲 $\log(s^2) = \log 0.593 + 1.538 \log(m)$ ($r^2 = 0.9726$, $p < 0.01$)（圖五）。經此二法估算所得之 $\beta = 1.327$ 和 $b = 1.538$ 均大於 1，顯示銀葉粉蝨在網室內洋香瓜上的空間分布爲聚集分布。

三、最適取樣數之決定

以 Iwao's patchiness regression 估算所得方程式之截距（α）爲 12.29 及斜率(β）爲 1.327，代入其最適取樣數估算公式，當族群平均密度在每片葉上有 1、2、5、10、20、50、100 和 200 隻，且精密度在 0.1 及 0.2 時，其結果如表三，其最適取樣數依平均粉蝨平均密度增加而遞減。所得最適取樣數與精密度呈正相關，精密度愈大所需取樣數愈多；而與族群平均密度呈負相關，平均密度愈大所需取樣數越少 (圖六)。

以 Taylor's power law 估算所得直線回歸方程式中之截距 ($\log(a)$) 爲 0.593 及斜率 (b) 爲 1.538，其中 $\log(a)$ 轉換回 a 爲 3.917，代入最適取樣數估算公式中，當族群平均密度在每片葉上有 1、2、5、10、20、50、100 和 200 隻，且精密度 0.1 及 0.2 時，其結果如表三，其最適取樣數依平均每葉粉蝨密度增加而遞減。所得最適取樣數與精密度呈正相關，精

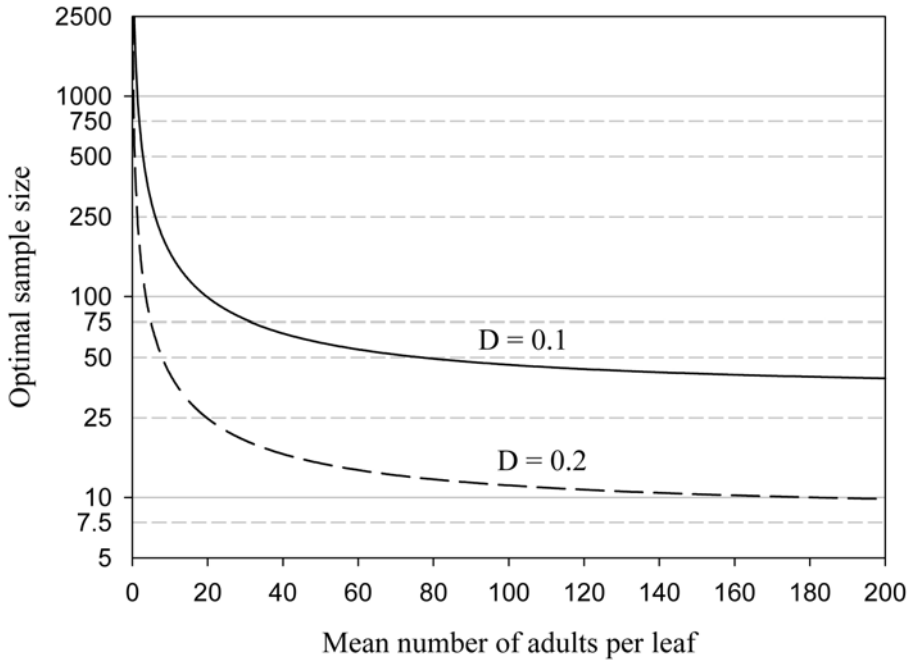
表三　經由 Iwao's patchiness regression 與 Taylor power law 估算網室洋香瓜銀葉粉蝨最適取樣數
Table 3. Optimal sample size for sampling silverleaf whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on cantaloupe in a nethouse

Mean no./leaf	*D* (precision level)			
	0.1		0.2	
	Iwao's	Taylor's	Iwao's	Taylor's
1	1362	392	340	98
2	698	284	174	71
5	299	186	75	47
10	166	135	41	34
15	121	112	30	28
20	99	98	25	25
50	59	64	15	16
100	46	47	11	12
200	39	38	10	8

密度愈大所需取樣數愈多；而與族群平均密度呈負相關，平均密度愈大所需取樣數愈少（圖七）。

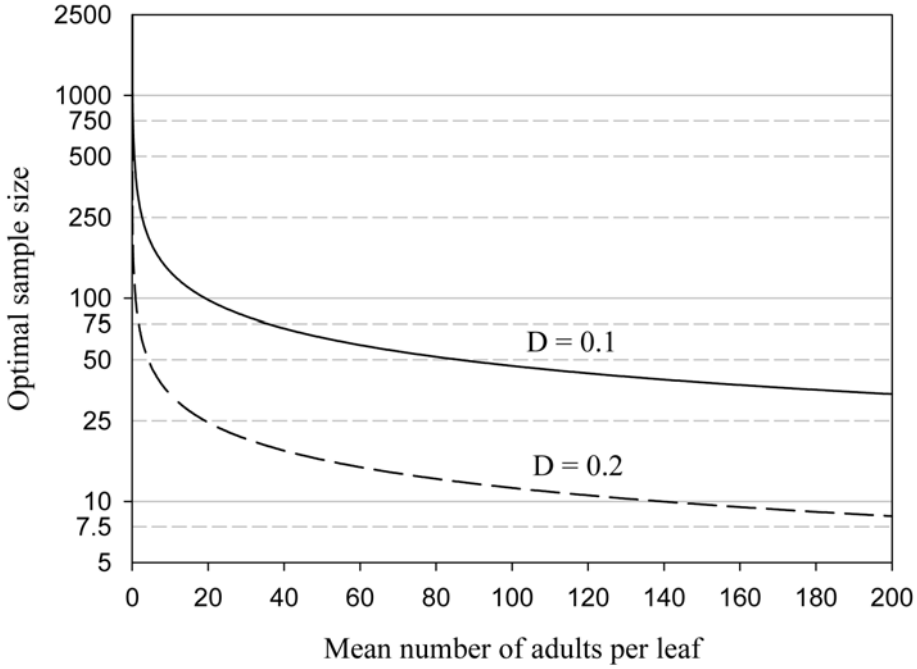
討　論

研究害蟲在寄主植物上的垂直分布，可以了解害蟲在該植物上出現的主要部位，有助於



圖六　經 Iwao's patchiness regression (α = 12.29, β = 1.327) 不同精密度(*D*)計算而得之網室洋香瓜銀葉粉最適取樣數與平均密度之關係曲線。

Fig. 6. Relationship between population density and optimal sample size at two precision levels by Iwao's patchiness regression for sampling silverleaf whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on the cantaloupe in a net house.



圖七　經由 Taylor's power law (*a* = 3.917, *b* = 1.538)不同精密度(*D*)計算而得之網室洋香瓜銀葉粉蝨最適取樣數與平均密度之關係曲線。

Fig. 7. Relationship between the population density and optimal sample size at two precision levels by Taylor's power law for sampling silverleaf whiteflies (*Bemisia argentifolii*) on cantaloupe in a net house.

選取適合的取樣部位，節省取樣時間。根據往昔研究，銀葉粉蝨在不同作物上垂直分布位置因粉蝨蟲期、作物類別或其他環境因子影響而有差異。例如棉花上的銀葉粉蝨卵以分布在第 2～6 葉最多，幼齡若蟲則以分布於第 3～5 葉最多，而蛹則多出現在第 5～8 葉 (Godfrey *et al*., 1994)，與其他關於銀葉粉蝨在棉植株上的垂直分布研究結果相似 (Naranjo and Flint, 1994, 1995)。在聖誕紅、菊花及非洲菊上大部分的成蟲與卵分布於幼葉，而 2～3 齡若蟲分布於生長中期的葉上，蛹則發生在中老期葉上，顯然隨著植物生長，葉片發生，各蟲期蟲體也跟隨著葉齡而被計入其分部上 (Liu *et al*., 1992)。萵苣上的成蟲偏好聚集於老葉，在甘藍上成蟲則聚集於新葉，而馬鈴薯上的成蟲則呈均勻分布 (Zalom *et al*., 1995)。卵出現在植株上的部位通常與成蟲發生的部位相同 (Naik and Lingappa, 1992; Lynch and Simmons, 1993; Simmons, 1994)。洋香瓜植株上成蟲與卵在頂端葉上出現最多，若蟲則多發生於底部葉上 (Tonhasca *et al*., 1994)。

本研究調查銀葉粉蝨在洋香瓜植株上的垂直分布結果 (圖一) 顯示，定植後第一週，洋香瓜平均 3～4 葉，成蟲有均勻分布整株植株之趨勢，之後調查結果則顯示成蟲主要分布在頂芽以下第 3～9 葉背，屬於洋香瓜植株當週新生的上層部位。隨著洋香瓜的生長至中後期，位於下層的老葉蟲數卻有增加的趨勢，判斷應爲第二代粉蝨成長羽化後暫棲於該處，而最後一次調查顯示粉蝨成蟲數急速增加，因而有均勻分部於植株上每一葉片之趨勢。由粉蝨

成蟲於植株的空間分佈情況分析，銀葉粉蝨在網室洋香瓜生長中期之前發生密度較低，最適取樣部位爲頂芽以下的第 3～9 葉，可以掌握 80% 以上的成蟲數目，在生長後期時蟲數驟增，第二代成蟲出現，雖有均勻分布於全株之趨勢，以頂芽以下 3～9 葉爲調查取樣部位，仍可掌握成蟲 60% 以上的發生數目。

國內外曾經分析銀葉粉蝨在棉花、洋香瓜、菜豆、胡瓜 (Tonhasca *et al*., 1994; Gould and Naranjo, 1999; Naranjo and Flint, 1994, 1995; Pai and Wang, 2003; Pereira *et al*., 2004) 等不同寄主植物上的空間分布型式，不論是以 Taylor's power law 或是 Iwao's patchiness regression 等方式估算在植物上的未成熟期或成蟲均顯示屬聚集型之分布。在洋香瓜上的研究，Tonhasca 等 (1994) 比較美國亞利桑那州露地栽培春作洋香瓜上銀葉粉蝨卵、若蟲、蛹及成蟲的發生情形，同時以 Taylor's Power law 及 Iwao's patchiness regression 兩指數分析結果均顯示銀葉粉蝨不同蟲期在洋香瓜上均屬聚集分布，且在不同葉序上蟲體聚集程度明顯不同。而 Gould and Narajo (1999) 調查銀葉粉蝨未成熟期在露地盆栽洋香瓜瓜蔓上的空間分布型式，分析 Taylor's power law 之參數 b 值大於 1，亦顯示爲聚集之分布型式。

本研究探討銀葉粉蝨成蟲在網室內以直立式栽培的洋香瓜植株上的空間分布，根據 8 次調查結果，其變方 (s^2) 與平均值 (m) 之比值、patchiness、Taylor's power law 方程式中 b 值及 Iwao's patchiness regression 方程式中 β 值等指數均大於 1，顯示其族群爲聚集分布。根據取樣部位調查分析結果，銀葉粉蝨成蟲主要棲息在第 3～9 葉之葉背上，爲調查取樣之適當部位，故同時以 Taylor's power law 及 Iwao's patchiness regression 分析銀葉粉蝨在此植株部位之空間分布型式，其結果亦顯示均爲聚集型分布，與以往發表之相關研究結果相同。

可信賴及有效的取樣方法是研究害蟲生態學的必備技術，也是開發蟲害管理所需的偵測技術的關鍵。根據往昔研究報告，大多以調查未成熟期的銀葉粉蝨爲研究其空間分布型式的主要對象，雖然這些研究結果均提供建立相關取樣技術，並可以有效的估算卵或若蟲期族群的密度，然其主要目的在於學術研究，由於粉蝨的未成熟期體型細小，在田間調查者很難以肉眼精確的計算這個蟲期的蟲數，因此監測未成熟期粉蝨的發生密度並不適用於作爲銀葉粉蝨管理上的取樣方式。相較之下，粉蝨成蟲不但容易監測，而且有多種關於這個非固著期取樣方法已經被研發並廣爲應用。本研究探討銀葉粉蝨的空間分布型式，主要目的爲建立銀葉粉蝨在害蟲綜合管理體系中的族群密度監測技術，因此捨棄調查困難的未成熟的粉蝨直接以翻葉 (leaf turn) 檢視葉背成蟲數量爲調查方法。

在幾個害蟲空間分布與其最適取樣數的估算方法，最常被應用者爲 Taylor's power law 及 Iwao's patchiness regression 兩種數學模式 (Binns and Nyrop, 1992)，本試驗採此二公式估算銀葉粉蝨在不同精密度、族群平均密度時與最適樣本數之關係，結果均顯示樣本數與精密成正相關，而與族群平均密度成負相關 (圖六、圖七)，意即要求精密度越高即允許誤差愈小，或平均密度愈低，則所需樣品數愈多，採樣方具代表性。而對精密度 D 值要求端視研究目的所能容忍的誤差決定其高低，通常，在害蟲綜合管理系統中，偵測害蟲族群發生密度作爲是否採取防治措施時，因爲是較粗放的取樣工作，可以允許較高的取樣誤差大約 20% 左右，因此要求精密度 D 值爲 0.2～0.25

(Southwood, 1978)。精密度從 0.2 提高要求至 0.1 時，樣本數增加爲原來的四倍（表三）。

本研究依兩種參數估算最適取樣數的結果，在相同的精密度及平均成蟲密度低於每片葉上有 10 隻時，以 Taylor's power law 所估算的最適樣品數較 Iwao's patchiness regression 估算而得者低，但平均密度高於每片葉上有 20 時，兩者估算之最適樣本數相當接近（表三)。雖有學者就兩種理論而討論其各自在應用上的限制性及適用性（Binns and Nyrop, 1992; Perry and Woiwod, 1992)，但該採取哪種估算方式較優？目前並無定論。實際上，在田間取樣時達到足夠所需樣品數，採樣者需要花費多少時間，是否達到省工、省時的要求才是重要的考量項目之一。因此，可選擇依據 Taylor's power law 公式計算所得之最適取樣數，其取樣數較少具省時省工之利。

從實用的觀點而言，當銀葉粉蝨族群平均密度每葉蟲數達 5 隻以上，精密度爲 0.2 時，經由 Iwao's patchiness regression 計算，最適採樣數低於 75 片葉片，經由 Taylor's power law 計算，最適採樣數低於 47 片葉片，所得資料方具代表性，當族群平均密度每葉蟲數達 15 隻以上，經由 Iwao's patchiness regression 或 Taylor's power law 計算，最適採樣數均低於 30 片葉片，但最小樣本數爲 30 之原則，故當密度達到每葉 15 隻成蟲時均以 30 葉片爲最少取樣數。

本試驗以 3～9 葉序爲採樣單位的第一次調查結果，粉蝨成蟲密度平均爲 6.9 隻/葉，之後每次調查，平均密度逐漸增高，最後一次調查平均密度爲 137.3 隻/葉，洋香瓜栽植期間，銀葉粉蝨發生密度範圍爲 7～137 隻/葉，設 D = 0.2，則其所需採樣數目以 Iwao's patchiness regression 或 Taylor's power law 分別爲 12～75 與 12～45 葉，本試驗期間採樣數均達 59 葉以上，每次調查的取樣數均達最適取樣數，其誤差在可接受之範圍內。本試驗栽植期間粉蝨成蟲發生之密度，假設網室洋香瓜上平均發生密度均達 5 隻/葉以上，精密度爲 0.2 時，採 Taylor's power law 計算最小取樣數爲 47 葉，約需 20 分鐘內可以完成檢視葉背粉蝨成蟲密度。綜合以上，爲簡化起見，建議網室栽培的洋香瓜上葉粉蝨密度估計可以逢機採樣 10 株，以翻葉檢視頂芽以下第 3～9 葉背上銀葉粉蝨的成蟲數，爲省工省時的採樣方法。

引用文獻

Anonymous. 2002. Cantaloupe. p. 84. *In*: Agricultural Statistics Yearbook. Council of Agriculture, Executive Yuan. Taiwan.

Binns, M. R., and J. P. Nyrop. 1992. Sampling insect populations for the purpose of IPM decision making. Annu. Rev. Entomol. 37: 427-453.

Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques, 3rd ed. Wiley, New. York.

Godfrey, L. D., P. B. Goodell, C. G. Summers, W. J. Bentley, T. Prather, and R. Coviello. 1994. Contributions of crop and weed hosts to silverleaf whitefly populations in the San Joaquin Valley cotton. Proc-Beltwide-Cotton-Conf. Natl. Cotton Counc. Am. 2: 873-874.

Gould, J. R., and S. E. Naranjo. 1999. Distribution and sampling of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae on cantaloupe vines. J.

Econ. Entomol. 92: 402-408.

Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal population. Res. Pop. Ecol. 10: 1-20.

Lin, F. C., T. H. Su, and C. L. Wang. 1997. Effect of temperature on development an reproduction of silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) an its population fluctuation on poinsettia. Chinese J. Entomol. 17: 66-79. (in Chinese)

Liu, H Y., S. Cohen, and J. E. Duffus. 1992. The use of isozyme patterns to distinguish sweetpotato whitefly (*Bemisia tabaci*) biotypes. Phytoparasitica 20: 187-194.

Lynch, R. and A. M. Simmons. 1993. Distribution of immatures and monitoring of adult sweetpoato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), in peanut, *Arachis hypogaea*. Environ. Entomol. 22: 375-380.

Naik, L. K., and S. Lingappa. 1992. Distribution pattern of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in cotton plants. Insect Sci. Appl. 13: 377-379.

Naranjo, S. E. 1996. Sampling *Bemisia* for research and pest management application, pp. 209-224. *In*: D. Gerling, and R. Mayer, eds. *Bemisia* 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Intercept, Andover, UK.

Naranjo, S. E., and H. M. Flint. 1994. Spatial distribution of preimaginal *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development of fixed-precision sequential sampling plans. Environ. Entomol. 23: 254-266.

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.

Pai, K. F., and Y. S. Wang. 2003. Spatial distribution of *Bemisia argentifolii* on cucumber. Res. Bull. Taichung DARES 81: 43-56. (in Chinese)

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.

Pereira, M. F. A., A. L. Boica, Jr., and J. C. Barbosa. 2004. Spatial distribution of *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) on bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). Neotrop. Entomol. 33: 493-498.

Perry, J. N., and I. P. Woiwod. 1992. Fitting Taylor's power law. Oikos 65: 538-542.

Simmon, A. M. 1994. Oviposition on vegetable by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): temporal and leaf surface factors. Environ. Entomol. 23: 381-389.

Southwood, T. R. E. 1978. Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations.

Chapman and Hall, London. 524 pp.

Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-735.

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.

Zalom, F. G., C. Castane, and R. Gabarra. 1995. Selection of some winter-spring vegetable crop hosts by *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 88: 70-76.

收件日期：2006 年 4 月 28 日
接受日期：2006 年 6 月 2 日

Spatial Pattern and Optimal Sample Size Estimation of Adult *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae) on Cantaloupe in a Nethouse

Feng-Chyi Lin*, and Chin-Ling Wang Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung 413, Taiwan
Chiou-Nan Chen Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan

ABSTRACT

We conducted random sampling eight times in a nethouse to examine the spatial patterns and to estimate the optimal sample size of *Bemisia argentifolii* adults on cantaloupe plants. The vertical distribution of the whiteflies on cantaloupe plants was studied by inspecting adults using the leaf-turn method. More than 80% of adults occured on the third to ninth leaves from the terminal bud of the cantaloupe plant, and these groups of leaves were considered to be a suitable sampling position. Iwao's mean crowding (m^*) – mean (m) regression and Taylor's power law ($s^2 = am^b$) were used to analyze the data. Parameters derived from Taylor's power law were a = 3.917 and b = 1.538, those from Iwao's m^*-m regression were α = 12.29 and β = 1.327. Both Taylor's b and Iwao's β were significantly greater than 1, indicating that the spatial pattern of the whiteflies was an aggregative type. Using these parameters, we also estimated the optimal sample size necessary to achieve a predetermined statistical precision. At the 0.2 precision level, estimates of the optimal sample size based on Iwao' patchiness regression and Taylor's power law were less than 75 and 47, respectively, when the density exceeded five adult whiteflies per leaf. The density of whiteflies ranged from 7 to 137 per leaf during this survey. Therefore, in order to simplify the sampling method, we suggest that ten random plants be taken to inspect the adult whiteflies on the third to ninth leaves from the top by the leaf-turn method for monitoring the whitefly populations in nethouses for pest control purposes.

Key words: *Bemisia argentifolii*, spatial pattern, optimal sample size, cantaloupe

*Correspondence address
e-mail: fclin@wufeng.tari.gov.tw