

害蟲蟎類共食群在茄株上之空間分布型及最適取樣數

黃莉欣^{1*} 林美雀¹ 蘇文瀛¹ 陳秋男²

摘要

黃莉欣、林美雀、蘇文瀛、陳秋男。2016。害蟲蟎類共食群在茄株上之空間分布型及最適取樣數。臺灣農藥科學 1: 143-177。

本文欲比較施藥與不施藥茄園重要害蟲蟎的族群變動並探討共食群概念應用在蟲害管理之可行性。本研究於臺中市大里區 2 塊茄園進行調查，一為不施藥田，另一塊為施藥田。每週採樣未展開葉、展開葉、花等樣本回實驗室檢視害蟲蟎種類，鑑定至科級，部分鑑定至總科或亞科，並計數數量。再依口器分為咀嚼式 (chewer)、吸收式昆蟲 (sucking insects)、吸收式蟎類 (sucking mites) 及內吸收式昆蟲 (internal sucker) 等 4 類共食群 (feeding guild)。施藥區內未展開葉與展開葉上以吸收式蟎類為主，花及果萼則以吸收式昆蟲占最多。不施藥區未展開葉上以吸收式蟎類的豐量最高，吸收式昆蟲在展開葉、花及果萼上分布最多，而內吸收式昆蟲僅發生在展開葉上。以 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 2 種方法分析結果顯示，吸收式蟎類以逢機型分布為主，而吸收式昆蟲則為聚集型分布。利用 Taylor's power law 來估算各別族群及不同共食群在平均密度每葉 5 ~ 200 隻個體時的最適取樣數。當展開葉上平均密度達 10 隻時，調查薊馬時需取 257 片，蚜蟲需 649 片，粉蝨需 209 片；以共食群合計後，估算吸收式昆蟲密度的最適取樣數降為 123 片葉。從同時防治的角度來看，若以共食群為主要取樣依據，分類群 (taxa) 為輔，不僅減少鑑定害蟲至種的時間，在進行密度估算及評估防治時機時，亦可以減少取樣數，節省時間與人力。

關鍵詞：茄子、共食群、空間分布、取樣。

接受日期：2016 年 9 月 30 日

* 通訊作者。Email: lhhuang@tactri.gov.tw

¹ 臺中市 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

² 臺北市 國立臺灣大學昆蟲學系

緒言

生態系中具相同功能或結構相似的物種所組成的群體稱為功能群 (functional group)，依營養階層可分為植食者 (herbivores)、肉食者 (carnivores)、寄生者 (parasites) 及腐生者 (saprophytes) 等。與蟲害管理相關的功能群主要是植食者及肉食者，植食者可藉由取食導致作物受損，是蟲害防治的主要對象；肉食者包括捕食者 (predators) 及寄生取食者 (parasitoid)，這二類功能群常被應用在蟲害管理中生物防治的一環。同一功能群內的物種對資源利用的方式會因其形態結構或需求而異，Root⁽²³⁾ 將每一營養階層依其利用資源方式的不同，再以「共群」(guild) 來分群。“guild” 與 “functional group” 的基礎觀念是相同，但其內涵則略有差別，“guild” 著重在資源利用的方法，而 “functional group” 著重在資源本身的利用，二者均與物種的分類地位無關^(10, 16, 26, 30)。Root 認為以 “guild” 來研究群聚結構具有 4 個優點：(1) 不考慮物種分類群間的關係，只專注同一群聚內所有競爭的物種；(2) 可明確表達生態席位的觀念；(3) 可將特殊功能群者集中，以比較群聚的變化及組成；(4) 可以作為建構群聚組成的基礎，利於分析群聚的組織 (community organization)。

“Guild” 既然以使用相同資源的方式來歸類，其分類方式則可依研究的目的來訂定，例如依為害痕不同來訂定，造成孔洞者歸一類，吸食植物汁液為一類；或依為害部位來分類如葉、花、果，或依取食方

式亦即口器來分類如刺吸、咀嚼，或依食性如捕食、內寄生、外寄生等^(21, 23, 26)。由於 “guild” 觀念的引申，使得群聚生態學的研究更加靈活^(18, 26)。Hutchins *et al.*⁽¹⁴⁾ 為了訂定多種害蟲 (multiple-species) 同時防治的經濟為害水平 (economic injury level, EIL)，採用 “injury guild” 的分群方式來訂定之；Peeters⁽²¹⁾ 則以 “feeding guild” 來研究植物葉部構造與植食性昆蟲的相關性。

取樣的目的是希望藉由少數的樣本估計，可以獲得準確的密度資料，因此，在經濟效益的考量下，又能獲得具可靠的估計值，取樣數的多寡是決定因素之一，為此，有多位學者以樣本平均數及其變方的關係推导出各種空間分布型的指標^(12, 15, 19, 20, 27, 28, 29)，如變方及其平均數的比值 (s^2/m)、平均擁擠度 (Lloyd's mean crowding, m^*)、Iwao's m^*-m regression⁽¹⁵⁾ 及 Taylors' power law^(28, 29)，再依空間分布測定的各種數理模式，發展出不同的最適取樣數的計算方法。

傳統的蟲害防治或管理都是針對單一害蟲進行防治，在整合作物管理系統下，防治工作著重的是「面」的管理，一般防治害蟲的藥劑種類其互容性高，往往一種廣效藥劑可同時防治不同害蟲類。茄子 (*Solanum melongena* L.) 為臺灣重要蔬菜之一，其發生的害蟲有 6 目 11 科及蠅類 4 種^(1, 2, 4, 5)。其中以神澤氏葉蠅 (*Tetranychus kanzawai* Kishida)、二點葉蠅 (*Tetranychus urticae* (Koch))、赤葉蠅 (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval)、側多食細蠅 (*Polyphagotarsonemus latus* Banks)、南黃薊馬 (*Thrips*

palmi Karny) 及銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) 為主要的害蟲蟎類。由於這些害蟲蟎體型小，且尚無有效的天敵加以控制，目前茄園害蟲防治仍以化學藥劑為主，如何減少藥劑使用的次數，提高防治效力，本文嘗試以共食群 (feeding guild) 的分類方式，將茄園內發生的害蟲蟎類依其口器分為咀嚼式 (chewers)、刺吸式 (piercing suckers) 及內吸收式 (internal suckers) 3 大類，其中刺吸式者再分為昆蟲類及蟎類，探討不同共食群在茄園內的發生分布及最適取樣數，與單一族群的最適取樣數作一比較，期望能減少取樣數，以節省人力與時間，達到事半功倍的管理效果。

材料與方法

一、試驗田位置與規劃

2003 年於臺中市大里區 2 塊茄園 (品種為麻糬長茄) 進行試驗，面積分別為 0.2 ha 及 0.3 ha，前者試驗田有 9 畦，種植期間依蟲害發生情況，適時施藥防治，是為施藥區，後者有 17 畦，種植期間不施用任何藥劑，但栽培管理方式與施藥區完全相同。

二、茄株上蟲蟎種類調查

每週至試驗茄園取樣葉片、花及果實回室內檢視，並鑑定蟲蟎相種類與計數數量，昆蟲類以鑑定至科級 (family) 為主，蟎類則鑑定至總科 (superfamily) 或科級。葉片的調查僅採集未展開葉及展開葉二層。施

藥區每週逢機選 5 畦，不施藥區選 10 畦，每畦選 8 株，每株取 2 片葉 (未展開葉及展開葉各 1 片)。將葉片放入夾鏈袋內，攜回實驗室檢視及鑑定種類。花部的調查，施藥區選 5 畦，不施藥區選 10 畦，每畦採集 8 朵回室內檢視，檢視方法與葉片同。施藥區每週逢機選果實 40 條，不施藥區選 80 條，直接於立體顯微鏡下檢視及計數蟲相種類及數目。

三、空間分布之分析及取樣數之估算

本文採用下列 4 種模式來計算茄株未展開葉、展開葉及花上害蟲蟎類之空間分布指數。

(一) Variance-to-mean ratio (s^2/m): 樣本均方與樣本平均 (s^2/m) 之比值，當比值等於 1 時，該族群在空間上的分布屬逢機型，大於 1 為聚集型，小於 1 為均勻型分布^(11, 18)。

(二) Lloyd's mean crowding, m^* : 平均擁擠度 (mean crowding) 的計算式為 $x^* = \bar{x} + \frac{s^2}{\bar{x}} - 1$ ，再以 mean crowding 與平均數的比值 ($\frac{x^*}{\bar{x}}$) 作為空間分布指數，是為聚集指數 (index of patchiness)。當比值大於 1，表示聚集型分布，比值等於 1 表示逢機型，小於 1 則表示均勻型分布^(11, 17, 19)。

(三) Iwao's m^* - m regression: 平均擁擠度 (m^*) 對平均密度 (m) 作直線迴歸 ($m^* = \alpha + \beta m$)，斜率值 (β) 為空間分布型的判別指標，

當斜率值大於 1，表示該族群的分布屬聚集型，小於 1 係表示均勻型，等於 1 表示逢機型分布；截距值 (α) 用來觀察個體間是聚集或排斥的現象，當截距值等於 0，表示族群在空間上的組成單位是個體，當值大於 0 表示族群的組成單位是以聚落 (colony) 方式組成，若值小於 0 表示個體間具有排斥作用⁽¹⁹⁾。以 Statistica (Statsoft, 2004, v. 7.0) 統計軟體進行直線迴歸分析，再以 Student's *t*-test ($\alpha = 0.05$) 檢定斜率值是否與 1 有顯著差異，截距值與 0 是否有顯著差異。

(四) Taylor's power law：樣本平均數與變方之間是呈指數型的函數關係，即 $s^2 = a\bar{x}^b$ ^(28, 29)，經自然對數轉換後，呈直線迴歸模式 $\log(s^2) = \log(a) + b\log(\bar{x})$ ，其中 b 值為分散指數。該直線迴歸以 Statistica 統計軟體進行分析，再以 Student *t*-test ($\alpha = 0.05$) 檢定斜率值 (b) 是否與 1 有顯著差異。

本文僅分析薊馬科 (Thripidae)、蚜蟲科 (Aphididae)、粉蝨科 (Aleyrodidae)、小葉蟬亞科 (Typhlocybiinae)、葉蟻總科 (Tetranychidae) 及細蟻科 (Tarsonemidae) 植食性種類分別在未展開葉、展開葉及花上空空間分布的型態。傳統空間分布均針對單一族群加以探討，本文從群聚的角度進行研究，擬從共食群的分群角度，將害蟲蟻依口器整合後分為 chewers、sucking-insects 及 sucking-mites 3 群，進行空間分布的分析。

四、取樣數之估算

以 Taylor's power law 分析求得 a 與 b 值後，再依下列公式⁽²⁷⁾：

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2}}{D} \right)^2 a \bar{x}^{b-2}$$

估算每取樣單位 (未展開葉、展開葉及花) 上有 5、10、20、40、50、100 及 200 隻害蟲蟻時所需的樣本數，其中估計誤差 D 設為 0.2。

結果

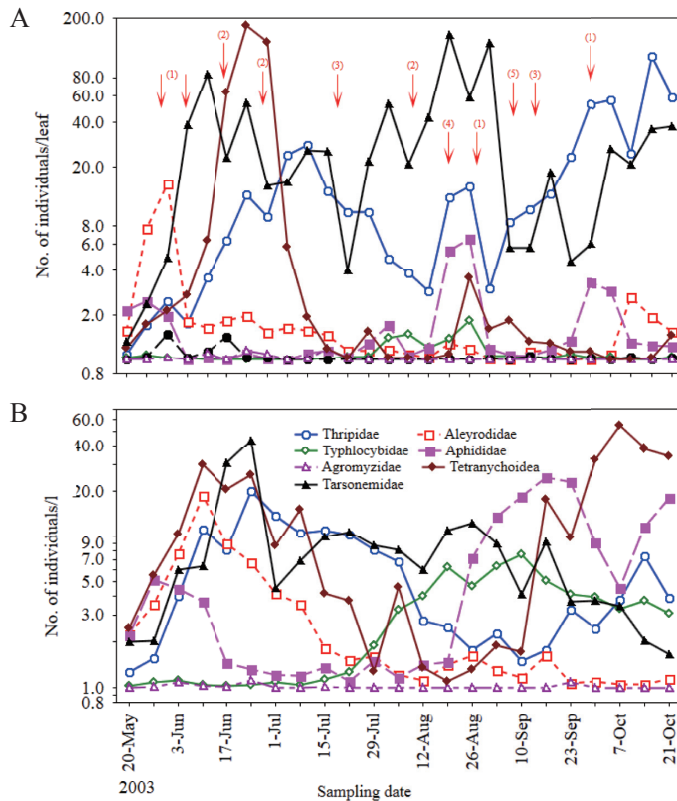
一、茄園施藥與不施藥管理對昆蟲蟻類密度的影響

茄園內發生的蟲相種類很多，隨著時間的變化及防治與否，各有其消長變化，本文僅比較發生頻度較高的薊馬科、蚜蟲科、粉蝨科、小葉蟬亞科、葉蟻總科及細蟻科等 6 類害蟲蟻之發生數量的變化；捕食性天敵則呈現捕植蟻科 (Phytoseiidae)、花椿象科 (Anthocoridae)、盲椿象科 (Miridae)、癭蚧科 (Cecidomyiidae) 及蜘蛛類 (Araneae) 的密度變動。

種植初期施藥區葉片上的粉蝨密度較高 (圖一 A)，連續施用 9.6% 益達胺溶液 2 次後，粉蝨密度被壓制下來，細蟻、葉蟻類及薊馬類的密度則取而代之，明顯上升，經施用 2.8% 賽洛寧乳劑 2 次，葉蟻密度明顯獲得抑制，平均密度由 7 月上旬的 200 隻/葉降為 1~2 隻/葉。細蟻在茄子上並無登記藥劑可用，從圖一 A 可看出賽洛寧藥劑的施用對細蟻族群密度也有所影響，但效果有限，隨後細蟻密度又上升，於 8 月

27日及9月24日分別施用賽洛寧乳劑及密滅汀防治，密度才稍獲得控制。7月中旬至11月底所防治的對象以薊馬為主，分別於8月2日、9月10日施用2.8%第滅寧乳劑及9月20日、11月2日施用益達胺溶液防治，此期間，當細蟻密度維持較高時，薊馬族群有受抑制的趨勢，9月中旬後，細蟻

密度下降，薊馬密度逐漸增加，即使施以藥劑，密度似乎不受影響。9月初由於蚜蟲密度增加，施用25%丁基加保扶可濕性粉劑防治蚜蟲。種植初期若不施以藥劑防治（圖一B），粉蝨、葉蟻、細蟻、薊馬及蚜蟲的密度逐漸增加，6月中旬後，粉蝨及蚜蟲的密度下降，隨後粉蝨族群維持在低密度，

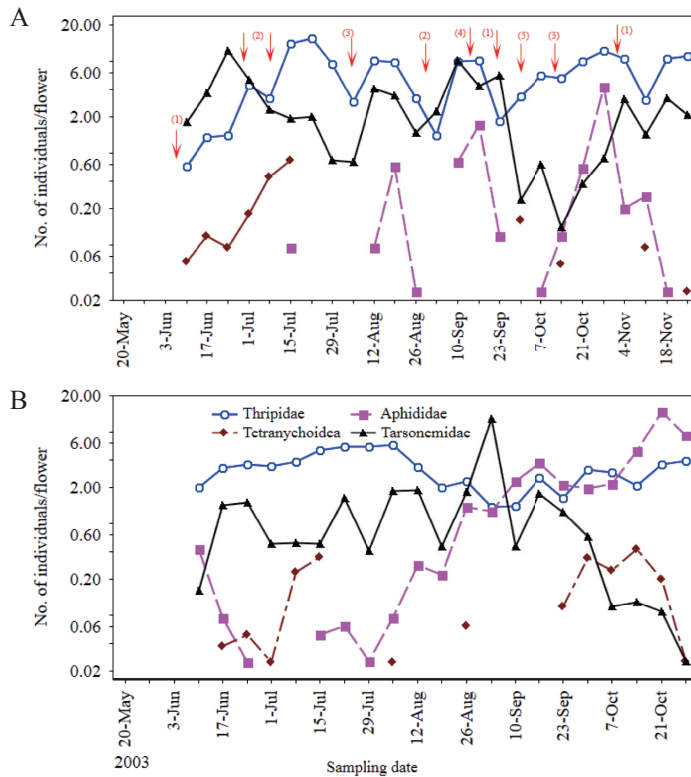


圖一、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥 (B) 管理其重要植食性種類在葉部隨時間之消長變化。箭頭表示施藥日，數字表示藥劑種類，(1) 益達胺、(2) 賽洛寧、(3) 第滅寧、(4) 丁基加保扶、(5) 密滅汀。

Fig. 1. Fluctuation of herbivore family density on eggplant leaves in plots that (A) had been and (B) had not been treated with various kinds of pesticides. Arrows denote application date, and numerals indicate the kind of pesticide that was applied, as follow: (1) imidacloprid, (2) λ -cyhalothrin, (3) deltamethin, (4) carbosulfan, and (5) milbemectin.

蚜蟲則於 8 月中旬後出現一個明顯的高峰；細蟻、葉蟻及薊馬在不施藥區則互有消長，以細蟻的密度維持較高，葉蟻及薊馬於茄子生長中期密度有明顯下降，此時葉蟻的密度卻明顯上升，9 月中旬葉蟻的密度再度上升，至 10 月初達高峰，平均每葉有 60 隻，然而葉蟻及細蟻的密度則明顯下降，薊馬

密度雖稍有上揚，但幅度不大，約在 3 ~ 5 隻間波動。從圖二可看出，施藥區內茄花上重要害蟲蟻的密度消長波動較不施藥區稍大，且花上的害蟲蟻密度受藥劑防治的影響較葉片為小，其密度均維持在一定的密度上下波動；二區均以薊馬的密度為最高，其次為細蟻及蚜蟲。

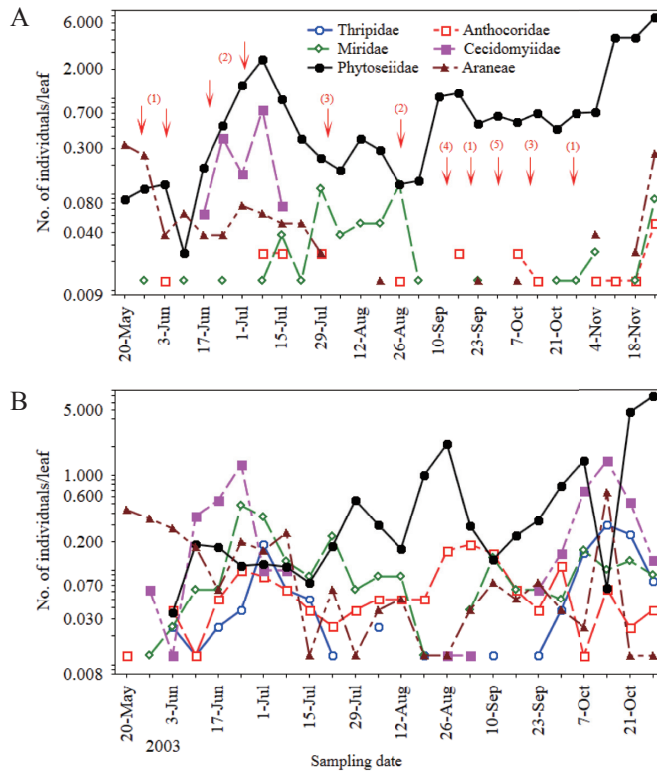


圖二、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥 (B) 管理其重要植食性種類在花部隨時間之消長變化。箭頭表示施藥日，數字表示藥劑種類，(1) 益達胺、(2) 賽洛寧、(3) 第滅寧、(4) 丁基加保扶、(5) 密滅汀。

Fig. 2. Fluctuation of herbivore family density on eggplant flowers in plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides. Arrows denote pesticide application date and numerals indicate the kind of pesticide that was applied, as follows: (1) imidacloprid, (2) λ-cyhalothrin, (3) deltamethin, (4) carbosulfan, and (5) milbemectin.

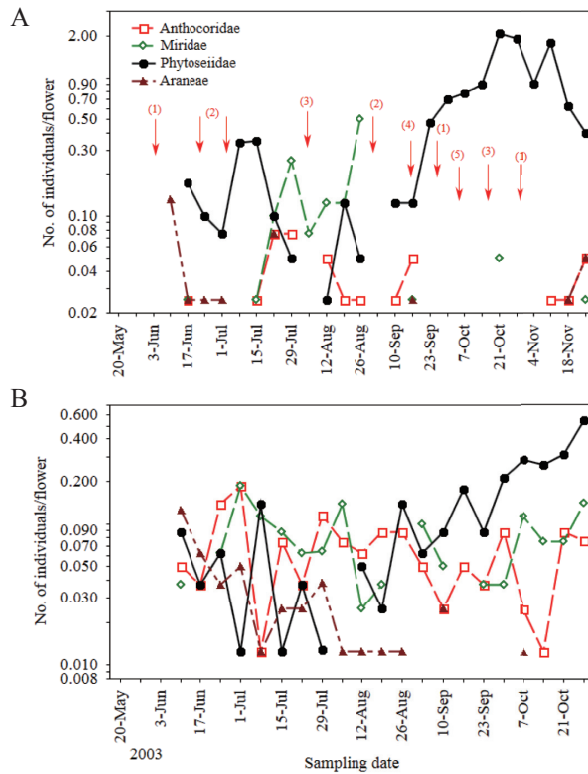
捕食性天敵在葉部發生種類較花上為多(圖三及圖四)，種植初期以蜘蛛類的密度較高，捕植蟎科、瘿蚧科及盲椿象科隨後增加，施藥區於7月中旬前以捕植蟎科及瘿蚧科為主，之後，盲椿象科取代瘿蚧科，而薊馬科有二個高峰期，分別在7月前及10月間，該捕食性薊馬為印度食蟎薊

馬(*Scolothrips indicus* Priesner)，這些捕食性天敵發生時間與葉部葉蟎及薊馬密度的消長可能有關，至8月時，施藥區以捕植蟎科為主。不施藥區因沒有受到藥劑因子的干擾，害蟲蟎類及捕食天敵的種類及密度的變化較施藥區為小。捕植蟎科雖為主要捕食性天敵，但與其他種類的天敵仍維持



圖三、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥 (B) 管理其重要捕食性種類在葉部隨時間之消長變化。箭頭表示施藥日，數字表示藥劑種類，(1) 益達胺、(2) 賽洛寧、(3) 第滅寧、(4) 丁基加保扶、(5) 密滅汀。

Fig. 3. Fluctuation of predator family density on eggplant leaves in plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides. Arrows denote pesticide application date and numerals indicate the kind of pesticide that was applied, as follows: (1) imidacloprid, (2) λ -cyhalothrin, (3) deltamethin, (4) carbosulfan, and (5) milbemectin.



圖四、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥 (B) 管理其重要捕食性種類在花部隨時間之消長變化。箭頭表示施藥日，數字表示藥劑種類，(1) 益達胺、(2) 賽洛寧、(3) 第滅寧、(4) 丁基加保扶、(5) 密滅汀。

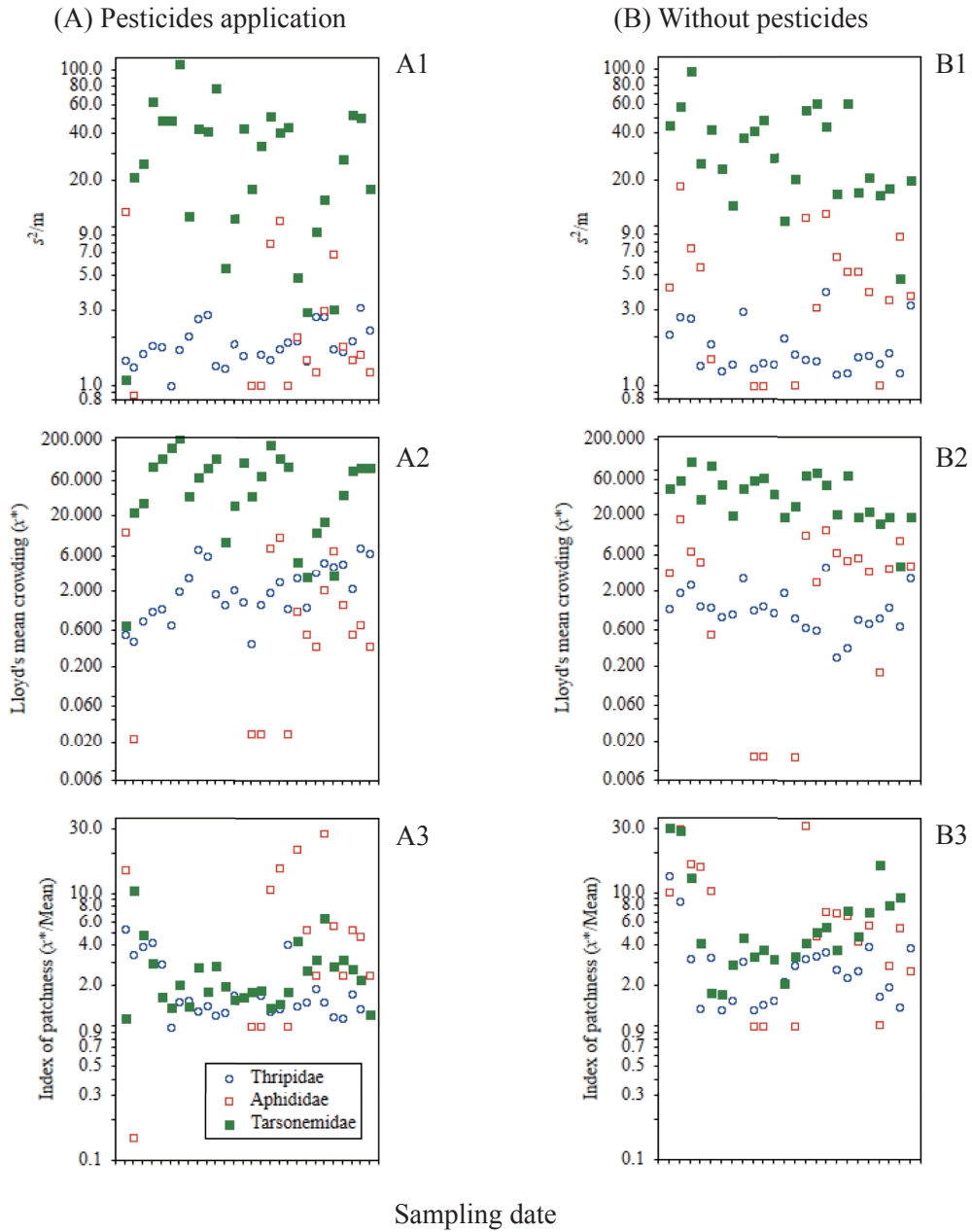
Fig. 4. Fluctuation of predator family density on eggplant flowers in plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides. Arrows denote pesticide application date and numerals indicate the kind of pesticide that was applied, as follows: (1) imidacloprid, (2) λ -cyhalothrin, (3) deltamethin, (4) carbosulfan, and (5) milbemectin.

一定的消長變化，此結果顯示，藥劑防治的確影響茄園內捕食性天敵的活動。

二、茄園內重要害蟲蟎類在茄株上之空間分布

未展開葉上薊馬科、蚜蟲科及細蟎科每週所得 s^2/m 比值均大於 1 (圖五 A1 及

B1)，表示此三類害蟲蟎在未展開葉上之分布型屬聚集型，其中以細蟎科的聚集程度最高，其次為蚜蟲科，此二類害蟲蟎之 s^2/m 值在施藥區的變化較不施藥區為大，但薊馬科之 s^2/m 值在施藥區及不施藥區均維持在 1 ~ 3 之間，呈穩定的波動。施藥區內細蟎科的平均擁擠度最大，其次為薊馬科，再其次為蚜蟲科，但不施藥區蚜蟲科則高



圖五、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類在未展開葉上的空間分散指數隨時間的變化。

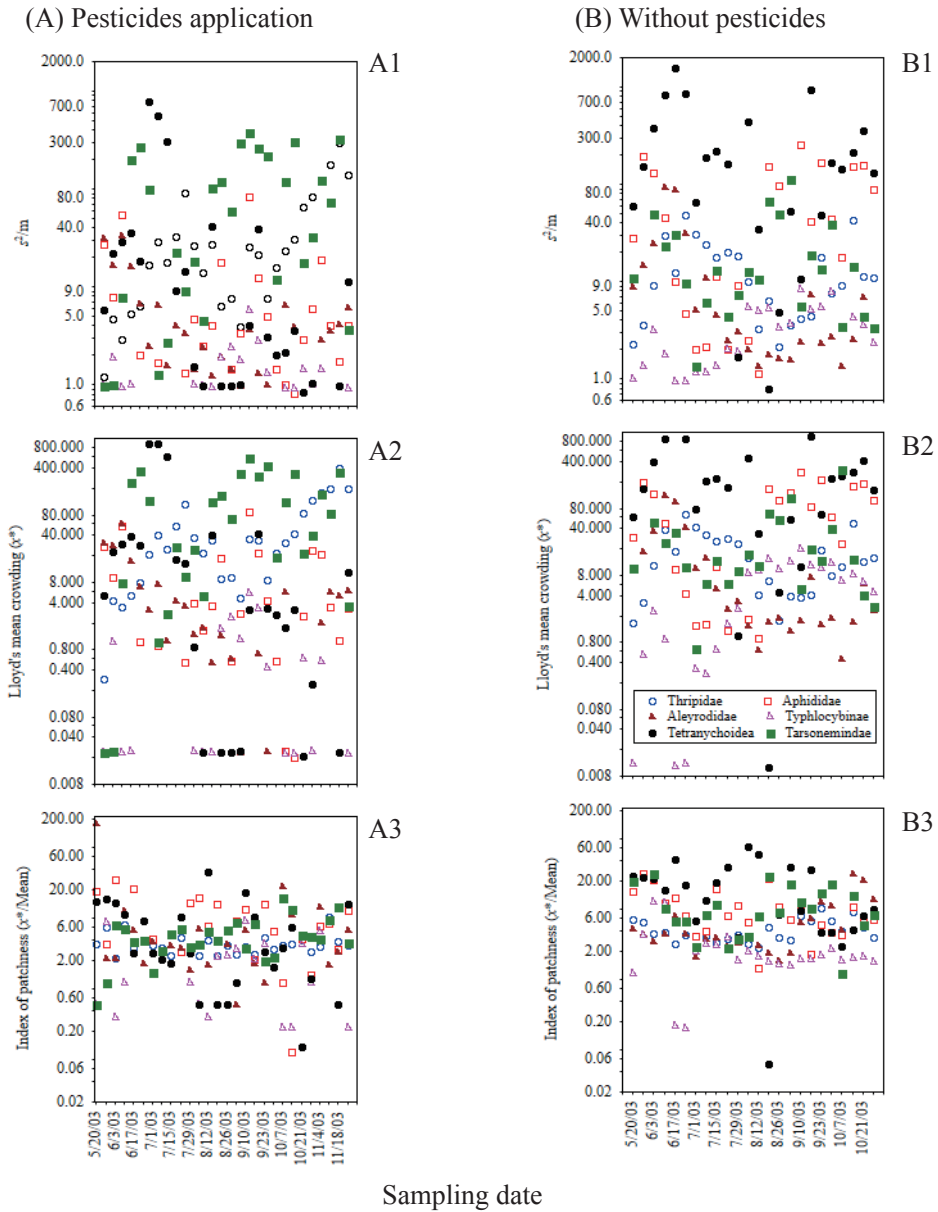
Fig. 5. Change in dispersion indexes for herbivores on spire leaves in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides.

於薊馬科。施藥區未展開葉上細蟻科的平均擁擠度變化極大，最低為 0.6，最高則可達 200，不施藥區主要在 40~90 之間波動；薊馬科在施藥區與不施藥區之平均擁擠度走勢相仿，蚜蟲科則不施藥區高於施藥區（圖五 A2 及 B2）。index of patchiness 的變化圖（圖五 A3 及 B3）呈現薊馬科、蚜蟲科及細蟻科在未展開葉上的分布形式仍屬於聚集型；施藥區細蟻科與薊馬科在未展開葉上聚集程度相仿，調查後期蚜蟲科則稍高於細蟻科與薊馬科；不施藥區細蟻科在未展開葉上的聚集程度大於薊馬科，蚜蟲科在主要發生時間內其聚集程度也高於薊馬科。不施藥區與施藥區未展開葉上害蟲蟻類之 index of patchiness 的指數值相仿，全年指數值在 1.0~10.0 間波動。以 s^2/m 比值、mean crowding 及 index of patchiness 等 3 種空間分布指數分析薊馬科、蚜蟲科及細蟻科在未展開葉上隨時間的變化，結果顯示薊馬科的指數值最為穩定，其聚集程度受施藥管理的影響最小。

展開葉上害蟲蟻類僅就薊馬科、蚜蟲科、小葉蟬亞科、粉蝨科、葉蟻總科及細蟻科等進行空間分布的分析。圖六 (A1 及 B1) 顯示茄株生長期間各害蟲蟻在展開葉上之 s^2/m 值大於 1 者占極大多數，惟小葉蟬亞科在不施藥區種植初期有低於數值 1 外，其他時期亦均大於 1，顯示各害蟲蟻在展開葉上的分布也屬於聚集型。施藥區細蟻科 s^2/m 值表現最高，葉蟻總科在種植初期 s^2/m 值較高，經 2 次藥劑防治後，其比值則明顯下降至 4.0 以下 (7 月 29 日之後)；種植初期至

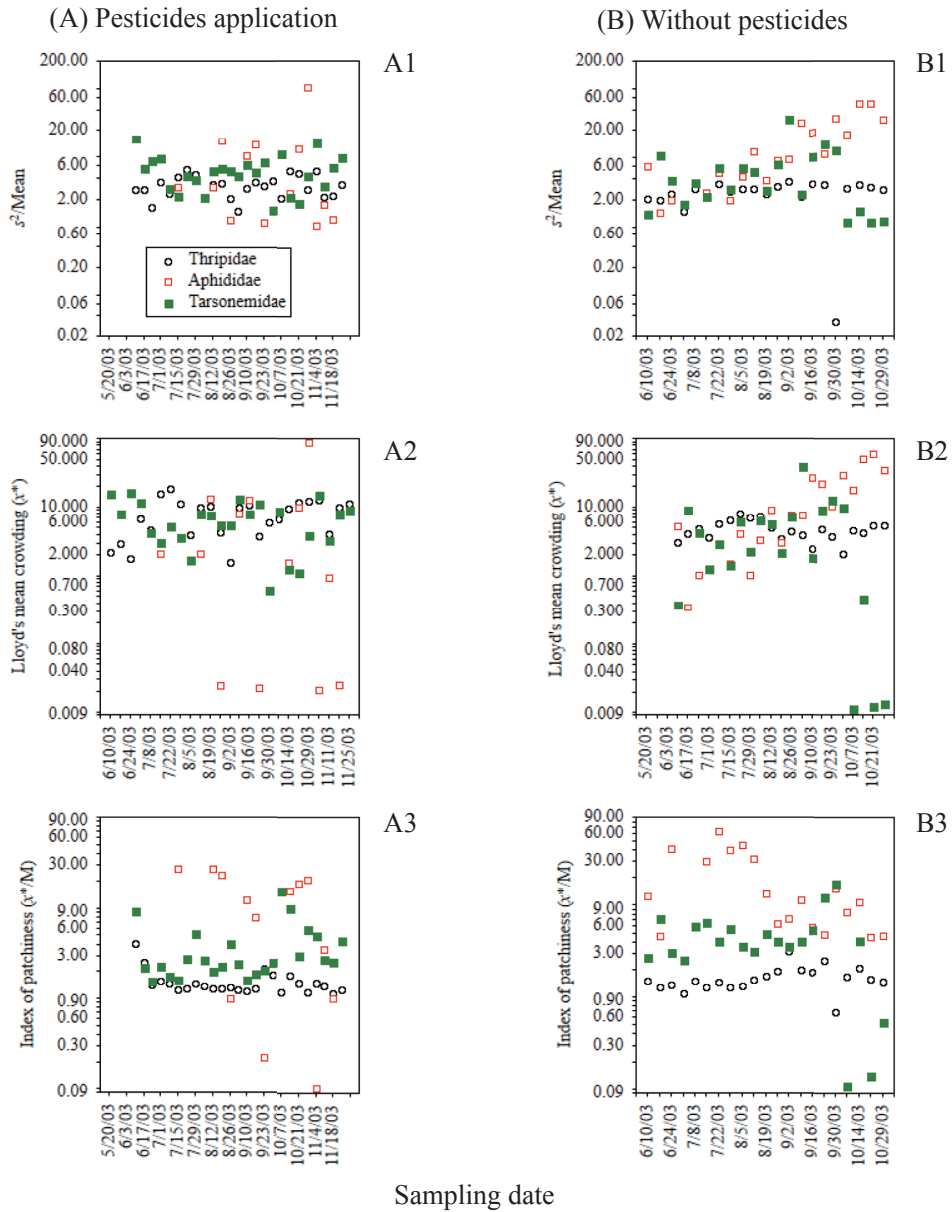
中期薊馬科 s^2/m 值的變化在 10~40 之間，9 月底之後則一路上升至 400，顯示薊馬科在展開葉上的密度分布變異極大；粉蝨科在種植初期 s^2/m 值較高，之後則逐漸降低，蚜蟲科則與粉蝨科相反，比值在種植中、後期的表現較高，小葉蟬亞科在施藥區的 s^2/m 值變化較小。不施藥區全年以葉蟻總科之 s^2/m 值最高，蚜蟲科在種植初期及後期之比值明顯偏高外，其餘時間均維持在 9.0 以下變動，小葉蟬亞科 s^2/m 值較施藥區為高，隨著時間則逐漸增加；薊馬科及細蟻科 s^2/m 值則較施藥區為小，且隨時間的變化，其波動也較施藥區為小。不論是在施藥區或不施藥區，各害蟲蟻類在展開葉上的平均擁擠度隨時間變化的走勢與 s^2/m 值的變化相仿（圖六 A2 及 B2）。依 index of patchiness 的分析結果顯示，施藥區內蚜蟲科在展開葉上的聚集程度高於其他害蟲蟻，不施藥區則以葉蟻總科的聚集度最高，其次為細蟻科及蚜蟲科，其他害蟲在展開葉上的聚集程度則略為相同（圖六 A3 及 B3）。

施藥區內薊馬科、蚜蟲科及細蟻科在茄花上之 s^2/m 值變化互有消長，但蚜蟲科隨時間的變化並無一定的走勢；雖有藥劑的干擾，薊馬科及細蟻科在種植中期其 s^2/m 值走勢略有上升。不施藥區此 3 類害蟲蟻的 s^2/m 值變化均隨時間而增加，至 9 月 23 日之後，細蟻科及薊馬科則有下降趨勢，蚜蟲科仍繼續上升（圖七 A1 及 B1）。薊馬科、蚜蟲科及細蟻科在茄花上之平均擁擠度相仿，但蚜蟲科在不施藥區種植後期的平均擁擠度高於薊馬科及細蟻科（圖七 A2



圖六、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類在展開葉上的空間分散指數隨時間的變化。

Fig. 6. Changes in dispersion indexes over time for herbivores on expanded leaves in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides.



圖七、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類在茄株花上的空間分散指數隨時間的變化。

Fig. 7. Changes in dispersion indexes over time for herbivores on flowers in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides.

及 B2)。不論在施藥區或不施藥區，蚜蟲科的聚集度 (index of patchiness) 最高，其次為細蟻科，薊馬科則最小 (圖七 A3 及 B3)。

族群在空間上的分布型式除可利用上述 s^2/m 及 index of patchiness 的空間分布指數來判定外，也可使用迴歸分析來評估族群之空間分布型式，最常用的方法有 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 2 種。本文採用此 2 種分析方法來評估茄園內各害蟲蟻在茄株不同部位上的分布型式，結果列於表一及表二。

不施藥區薊馬科在未展開葉上 Iwao's m^*-m regression 的斜率值 (β) 為 2.009，經 Student's t -test ($\alpha = 0.05$) 檢定結果與 $\beta = 1$ 有顯著差異，而截距值 (α) 為 0.267，經 t -test ($\alpha = 0.05$) 檢定結果與 $\alpha = 0$ 有顯著差異 (表一)，依此分析結果顯示，薊馬科在未展開葉上的組成單位為個體，且呈聚集型分布，但以 Taylor's power law 分析所得斜率值 (b) 為 1.131，經 t -test ($\alpha = 0.05$) 檢定結果與 $b = 1$ 無顯著差異，故判定為逢機型分布；蚜蟲科及細蟻科在未展開葉上以 Iwao's m^*-m regression 分析呈逢機型分布，但以 Taylor's power law 分析結果則呈聚集型分布。展開葉上薊馬科、蚜蟲科、粉蝨科及小葉蟬亞科經 2 種方法分析所得結果均呈聚集型分布；葉蟻總科的斜率值經 Student's t -test 檢定結果與 $b = 1$ 有顯著性差異，因 b 值小於 1，故呈均勻型分布，細蟻科以 Iwao's m^*-m regression 分析則呈聚集型分布，以 Taylor's power law 分析則為逢機型分布。薊馬科在花上以 Iwao's m^*-m regression 及

Taylor's power law 的分析結果其斜率值分別為 0.985 及 0.913，經 t -test ($\alpha = 0.05$) 檢定結果分別與 $\beta = 1$ 及 $b = 1$ 有顯著差異，由於其值小於 1，故判定薊馬科在花上的分布是屬於均勻型分布；蚜蟲科及細蟻科在茄花上的斜率值均大於 1，且與斜率值 1 有顯著差異，故其空間分布是呈聚集型。依 Iwao's m^*-m regression 的截距值來看，細蟻科在未展開葉及展開葉上是以小聚落 (colony) 為組成單位，蚜蟲科在茄花上也是以小聚落為族群的組成單位，其餘害蟲蟻族群在葉及花上的組成單位均以個體為主。施藥區葉片及花上各種害蟲蟻依 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 的分析結果顯示 (表二)，除展開葉上的蚜蟲科及花上的細蟻科外，2 種分析方法所得結果均相同，均呈聚集型分布。各害蟲蟻類在茄株不同部位上之族群組成單位以個體占多數，細蟻科在未展開葉、展開葉及花上，薊馬科於未展開葉及花上，及粉蝨科於展開葉上均以小聚落為基本組成單位。

三、茄園內植食性種類不同共食群 (Feeding Guild) 在茄株上之垂直分布

2003 年於臺中市大里茄園內進行蟲蟻相的調查，經鑑定有 12 科 20 種，可分別棲息於葉、花、果萼內取食為害，其中以展開葉上之害蟲蟻種類最多，若依共食群來分類，則可分為刺吸式 (piercing suckers)、內吸收式 (internal suckers) 及咀嚼式 (chew-

表一、臺中市大里茄園不施藥區植食性種類在茄葉及花上之 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 的係數值

Table 1. Parameters of Iwao's m^*-m and Taylor's power law for the analysis of herbivores found on leaves and flowers in an eggplant plot that had not been treated with pesticides

Herbivore family	n	Iwao's m^*-m regression				Taylor's power law			
		α	β	R^2	P	Log(a)	b	R^2	P
Spire leaf									
Thripidae	24	0.267 (0.281) ¹⁾	2.009 (0.457)** ²⁾	0.468	0.000	0.637 (0.106)**	1.131 (0.093)	0.870	0.000
Aphididae	19	2.575 (1.536)	3.873 (1.680)	0.238	0.034	1.844 (0.167)**	1.419 (0.083)**	0.945	0.000
Tarsonemidae	24	29.396 (6.145)**	1.408 (0.401)	0.359	0.002	2.859 (0.226)**	1.270 (0.105)**	0.870	0.000
Expanded leaf									
Thripidae	24	2.053 (1.962)	3.277 (0.137)**	0.859	0.000	1.545 (0.106)**	1.708 (0.067)**	0.966	0.000
Aphididae	24	32.264 (16.400)	4.270 (0.583)**	0.510	0.000	2.055 (0.210)**	1.888 (0.094)**	0.949	0.000
Aleyrodidae	24	-0.069 (2.376)	3.903 (0.266)**	0.908	0.000	1.574 (0.143)**	1.605 (0.084)**	0.943	0.000
Typhlocybinae	24	0.628 (0.362)	1.454 (0.068)**	0.955	0.000	0.958 (0.066)**	1.295 (0.032)**	0.986	0.000
Tetranychoidae	24	170.572 (100.700)	5.777 (2.676)	0.174	0.042	-0.090 (0.236)**	0.484 (0.031)**	0.920	0.000
Tarsonemidae	23	22.225 (5.763)**	0.944 (0.089)**	0.841	0.000	2.401 (0.257)**	1.197 (0.163)	0.721	0.000
Flower									
Thripidae	21	1.661 (0.477)	0.985 (0.137)**	0.731	0.000	0.869 (0.580)	0.913 (0.498)	0.151	0.082
Aphididae	19	5.443 (2.306)**	4.706 (0.583)**	0.794	0.000	2.443 (0.108)**	1.508 (0.053)**	0.980	0.000
Tarsonemidae	21	1.402 (0.693)	3.493 (0.261)**	0.904	0.000	1.649 (0.104)**	1.611 (0.070)**	0.966	0.000

¹⁾ Standard error values are listed in parentheses.

²⁾ ** denotes significant difference in Student- t test results at a level of $\alpha = 0.05$. Null hypothesis of α and $\log(a)$ parameters are 0; β and b are 1.

表二、臺中市大里茄園施藥區植食性種類在茄葉及花上之 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 的係數值

Table 2. Parameters of Iwao's m^*-m and Taylor's power law for the analysis of herbivores found on leaves and flowers in an eggplant plot that had been treated with pesticides

Herbivore family	n	Iwao's m^*-m regression				Taylor's power law			
		α	β	R^2	P	Log(a)	b	r	P
Spire leaf									
Thripidae	28	0.403 (0.109)** ¹⁾	1.224 (0.044)** ²⁾	0.968	0.000	0.541 (0.045)**	1.148 (0.040)**	0.968	0.000
Aphididae	16	-0.156 (0.795)	9.469 (1.669)**	0.697	0.000	1.837 (0.265)**	1.554 (0.117)**	0.927	0.000
Tarsonemi- dae	28	14.880 (5.273)**	1.464 (0.101)**	0.889	0.000	1.419 (0.227)**	1.592 (0.070)**	0.951	0.000
Expanded leaf									
Thripidae	28	-0.250 (6.228)	3.615 (0.215)**	0.916	0.000	1.378 (0.142)**	1.819 (0.056)**	0.976	0.000
Aphididae	24	7.392 (4.317)	2.277 (0.878)**	0.234	0.017	1.880 (0.177)**	1.566 (0.100)**	0.918	0.000
Aleyrodi- dae	25	3.156 (1.434)**	2.018 (0.224)**	0.778	0.000	1.489 (0.167)**	1.403 (0.107)**	0.882	0.000
Typhlocy- bidnae	19	0.066 (0.256)	2.804 (0.511)**	0.638	0.000	0.974 (0.129)**	1.324 (0.055)**	0.972	0.000
Tetranych- oidea	26	20.664 (25.173)	2.695 (0.275)**	0.801	0.000	1.991 (0.164)**	1.723 (0.065)**	0.968	0.000
Tarsonemi- dae	28	60.033 (20.407)**	2.542 (0.335)**	0.689	0.000	1.872 (0.184)**	1.821 (0.061)**	0.972	0.000
Flower									
Thripidae	25	1.119 (0.352)**	1.179 (0.050)**	0.960	0.000	0.715 (0.127)**	1.252 (0.073)**	0.927	0.000
Aphididae	13	-2.219 (1.834)	19.775 (1.425)**	0.947	0.000	2.517 (0.292)**	1.776 (0.137)**	0.939	0.000
Tarsonemi- dae	25	3.467 (0.975)**	1.381 (0.262)	0.548	0.000	1.357 (0.112)**	1.328 (0.092)**	0.901	0.000

¹⁾ Standard error values are listed in parentheses.

²⁾ ** denotes significant difference in Student-*t* test results at a level of $\alpha = 0.05$. Null hypothesis of α and log(a) parameters are 0; β and b are 1.

ers) 3 大類 (表三)。刺吸式者有蚜蟲科、小葉蟬亞科、薊馬科、葉蟪科、偽葉蟪科 (Tenuipalpidae)、細蟪科之若蟲與成蟲及粉蝨科若蟲，內吸收式僅潛蠅科 (Agromyzidae) 幼蟲 1 類，咀嚼式 (chewer) 有夜蛾科 (Noctuidae)、毒蛾科 (Lymantriidae)、螟科 (Pyralidae)、瓢蟲科 (Coccinellidae) 的幼蟲。

一般而言，防治害蟲的藥劑種類大部分屬廣效性，但與蟪類之防治藥劑種類則極為不同，目前茄子害蟲防治仍以化學藥劑為主，考量共食群及防治藥劑的特性，將刺吸式口器者再分為 sucking-insects 及 sucking-mites 2 類。施藥區內未展開葉與展開葉上以 sucking-mites 為主，花及果萼上則以 sucking-insects 占最多。不施藥區未展開葉上以 sucking-mites 的豐量最高，sucking-insects 在展開葉、花及果萼上分布最多。施藥區或不施藥區 internal sucker 僅發生在展開葉上，chewers 在施藥區並未於果實上發現，但不施藥區則發生較多 (圖八)。

不同共食群之害蟲蟪類在未展開葉上之密度消長變化如圖九所示，從圖中可發現 chewers 在未展開葉上的分布屬偶發生者，主要發生在種植初期。施藥區與不施藥區均以 sucking-mites 的密度最高，6 月中旬連施 2 次賽洛寧防治，sucking-mites 的密度稍有下降，但 sucking-insects 的密度則逐漸上升，至 7 月中旬密度逐漸下降，從施藥區與不施藥區 2 種 suckers 的消長圖可看出，施藥區因藥劑的防治，2 種 suckers 的密度波動互有消長，波動起伏較不施藥區高，其密度發生也較不施藥區為高。不

施藥區 2 種 suckers 的密度變化走勢極為相同，但 sucking-insects 其密度高峰的時間較 sucking-mites 約延遲 1 ~ 2 wk。

圖十為三種共食群在展開葉上之密度消長圖，剛種植時，施藥區與不施藥區均以 sucking-insects 的密度較高，經藥劑防治後，sucking-mites 的密度明顯增加，隨著藥劑的施用，2 種 suckers 的密度隨時間的變化，互有消長變化，10 月中旬後，sucking-insects 密度一路增加，且高於 sucking-mites。不施藥區 sucking-mites 與 sucking-insects 的消長，在 8 月 12 日前屬同步消長，之後，sucking-insects 的密度則高於 sucking-mites。從 chewers 密度消長圖顯示，chewers 在施藥區及不施藥區主要發生在種植初期，7 月後，呈現零星的發生。sucking-insects 在花上的發生分布高於 sucking-mites，在不施藥區的消長幅度較施藥區稍為穩定 (圖十一)。

四、茄園內植食性種類不同共食群在茄株上之空間分布

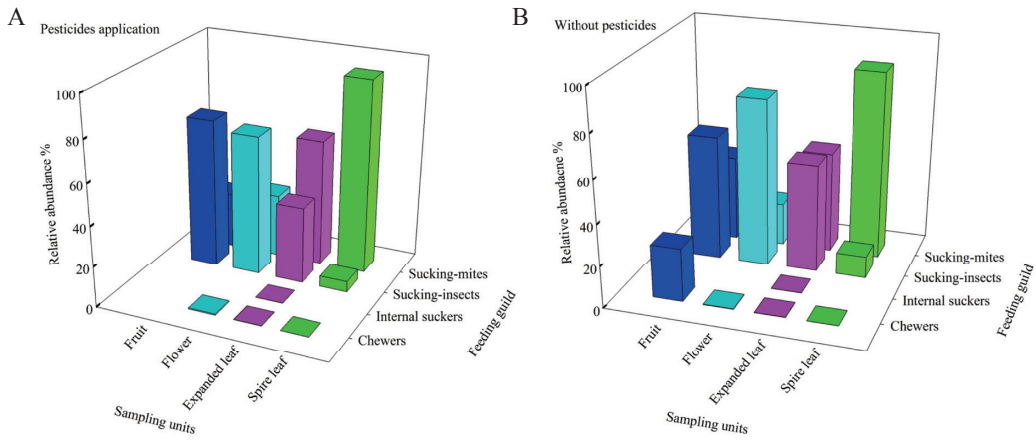
茄株未展開葉及花上以 sucking-mites 及 sucking-insects 2 種共食群的發生豐量較高 (圖八)，故僅就這 2 種共食群分析其在空間上分散的情形；展開葉則分析 sucking-mites、sucking-insects 及 chewers 3 種共食群的空間分布。

從 s^2/m 值的分布圖顯示施藥區及不施藥區內未展開葉及展開葉上 sucking-mites 及 sucking-insects 是呈現聚集型的分布，

表三、臺中市大里茄園內植食性種類共食群 (feeding guild) 之分類

Table 3. Species composition of herbivorous feeding guilds

Guild category	Family	Species	Leaf		Flower	Fruit
			Spire	Expand		
Piercing sucker	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> Glover		✓	✓	✓
		<i>Myzus persicae</i> Sulzer		✓		
	Typhlocybinæ	<i>Amrasca biguttula biguttula</i> (Ishida)	✓		✓	
	Aleyrodidae	<i>Bemisia argentifolii</i> Bel- lows & Perring	✓	✓		✓
		<i>Aleurodicus disperses</i> Rus- sell		✓		
	Tetranychoidæ	<i>Tetranychus</i> spp.	✓	✓		✓
	Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus</i> spp.		✓		✓
	Tarsonemidae	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> Banks	✓	✓	✓	✓
	Thripidae	<i>Thrips palmi</i> Karny	✓	✓	✓	✓
		<i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood	✓	✓		
<i>Frankliniella intonsa</i> (Try- bom)				✓		
<i>Thrips hawaiiensis</i> (Mor- gan)				✓		
		<i>Hoplandrothrips</i> sp.		✓	✓	
Internal sucker	Agromyzidae	<i>Liriomyza</i> spp.		✓		
Chewer	Noctuidæ	<i>Spodoptera litura</i> Fabricius		✓		✓
		<i>Trichoplusia ni</i> Hubner		✓		
	Lymantriidae	<i>Orgyia postica</i> (Walker)		✓		
		<i>Euproctis taiwana</i> Shiraki		✓		
	Pyrallidae	<i>Leucinodes orbonalis</i> Gue- nee				✓
Coccinellidae	<i>Henosepilachna vigintioct- topunctata</i> Fabricius		✓			



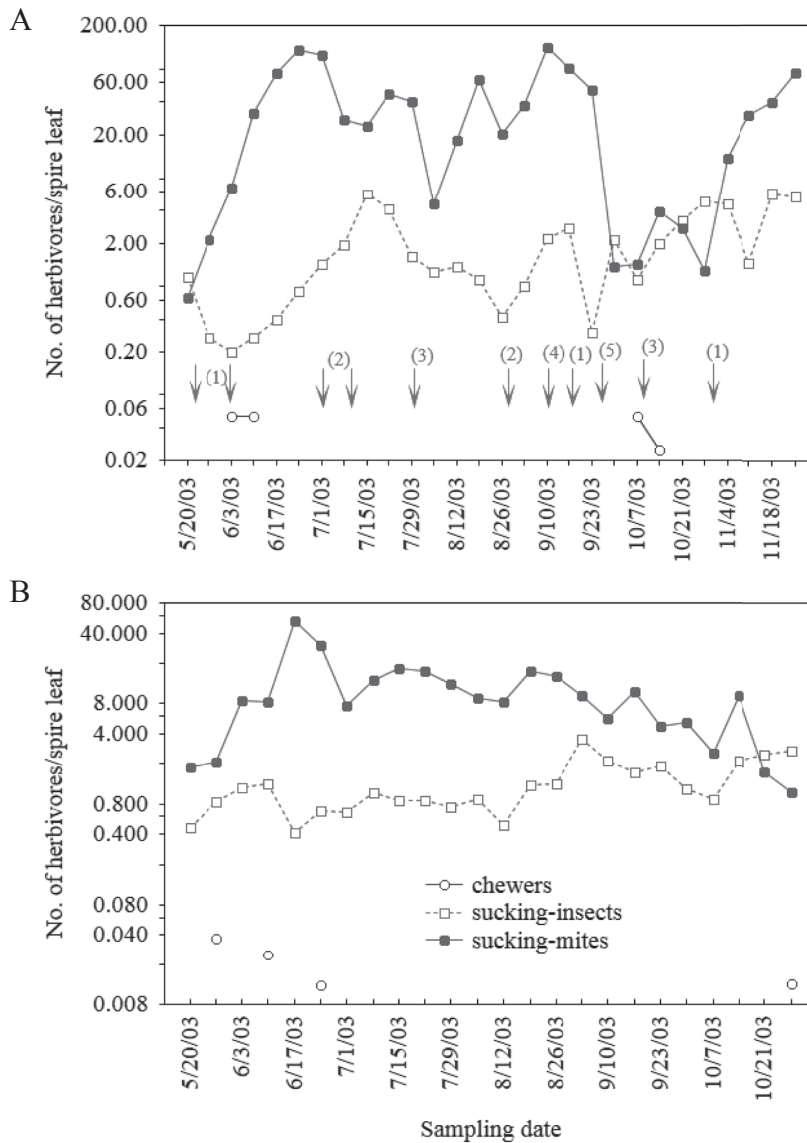
圖八、臺中市大里茄園施藥區 (A) 及不施藥區 (B) 植食性種類不同共食群在茄株不同部位上之相對豐量。

Fig. 8. Relative abundance of different herbivorous feeding guilds on different parts of eggplant in plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides.

chewers 在展開葉上的分布雖屬聚集型，但其 s^2/m 值明顯較 sucking-mites 及 sucking-insects 為低。施藥區未展開葉上 sucking-mites 的擁擠度明顯較不施藥區為高，在展開葉上則互有消長，仍以 sucking-mites 的擁擠度表現稍高；sucking-insects 在花上的平均擁擠度則高於 sucking-mites。從 index of patchiness 的變化圖來看，施藥區 sucking-mites 與 sucking-insects 的聚集程度相仿，不施藥區 sucking-mites 則稍大於 sucking-insects (圖十二、十三、十四)。

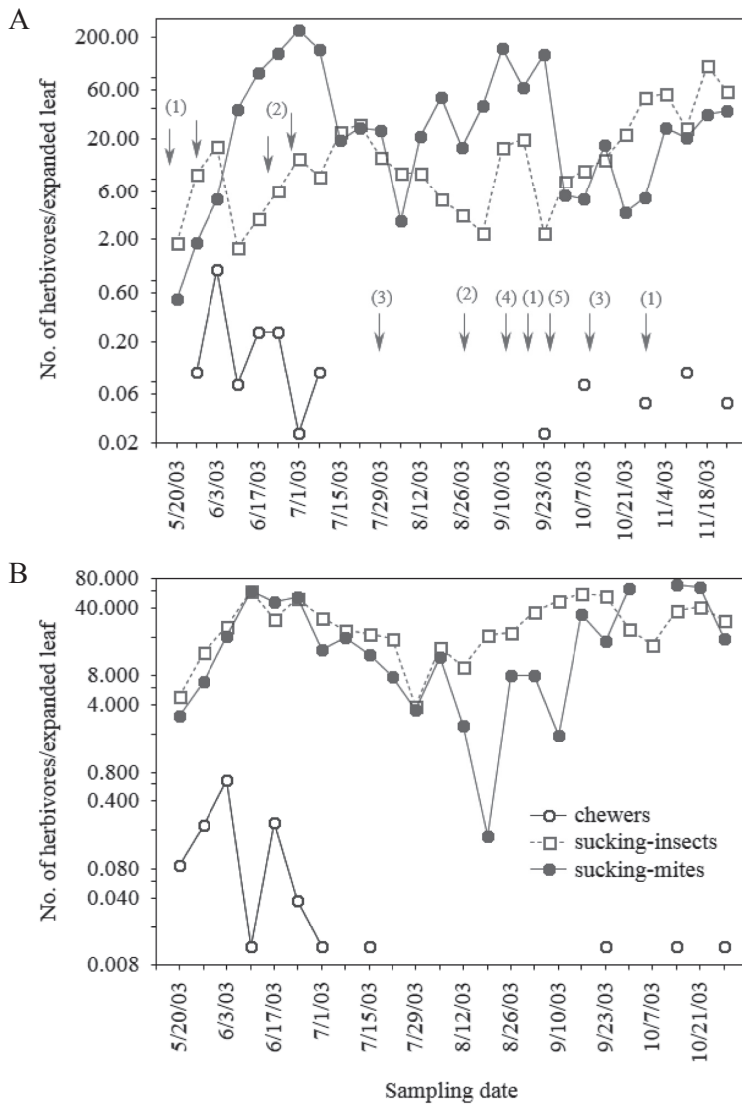
不施藥區 sucking-insects、sucking-mites 及 chewers 3 種共食群以 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 2 種方法分析其空間分布的型式，列於表四。sucking-insects 及 sucking-mites 在未開展葉上的 β 值分別

為 2.307 及 1.311，經 Student's t -test ($\alpha = 0.5$) 檢定結果與 $\beta = 1$ 無顯著差異，故判定其在未展開葉上呈逢機型分布，sucking-insects 在展開葉及花上其 β 值均大於 1，故為聚集型分布。sucking-mites 在展開葉上 β 值為 4.18，但經 t -test 檢定與 $\beta = 1$ 無顯著差異，乃因發生密度變異大所致，仍判定呈逢機型分布，但在花上則呈聚集型分布；chewers 在展開葉上呈現聚集型分布。以 Taylor's power law 的分析結果顯示，sucking-insects 在未展開葉、展開葉及花上的分布屬聚集型分布，sucking-mites 僅在花上屬聚集型分布，在未展開葉及展開葉均呈逢機型分布；chewers 在展開葉上的分析結果與 Iwao's m^*-m regression 的分析結果相同，屬聚集型分布。



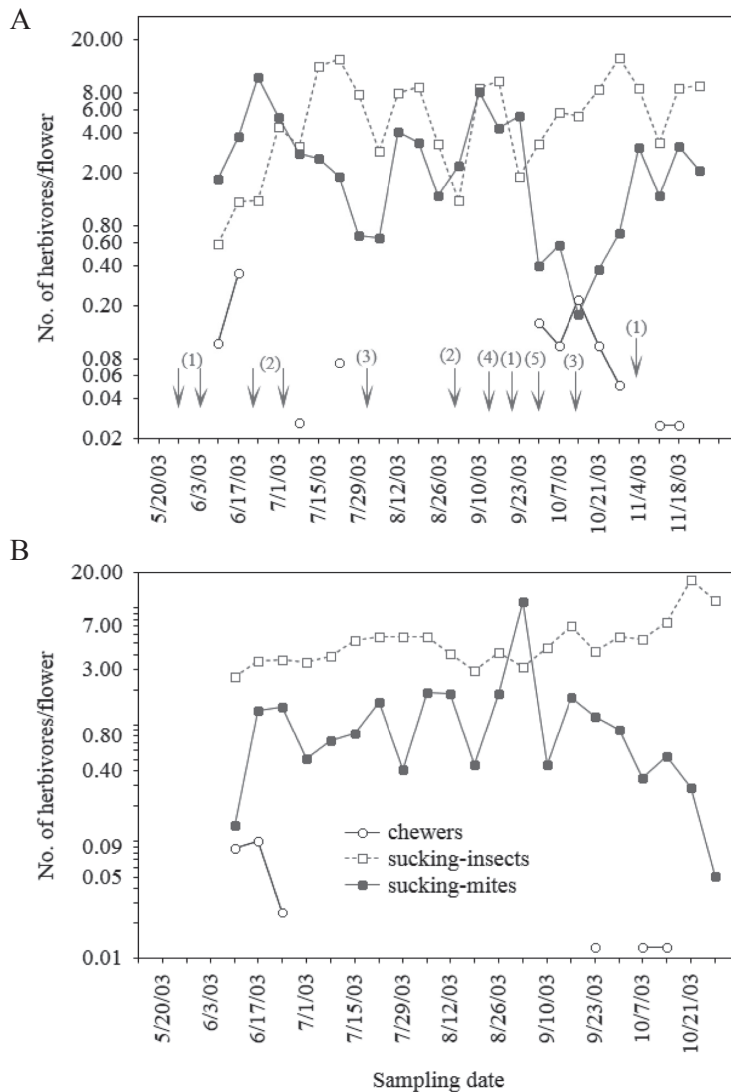
圖九、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類不同取食同功群在未展開葉上隨時間之消長變化。箭頭表示施藥日，數字表示藥劑種類，(1) 益達胺、(2) 賽洛寧、(3) 第滅寧、(4) 丁基加保扶、(5) 密滅汀。

Fig. 9. Fluctuation of various herbivorous feeding guild density on spire leaf in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides. Arrows denote pesticide application date and numerals indicate the kinds of pesticides that was applied. (1) imiacloprid, (2) λ -cyhalothrin, (3) deltamethin, (4) carbosulfan, and (5) milbemectin.



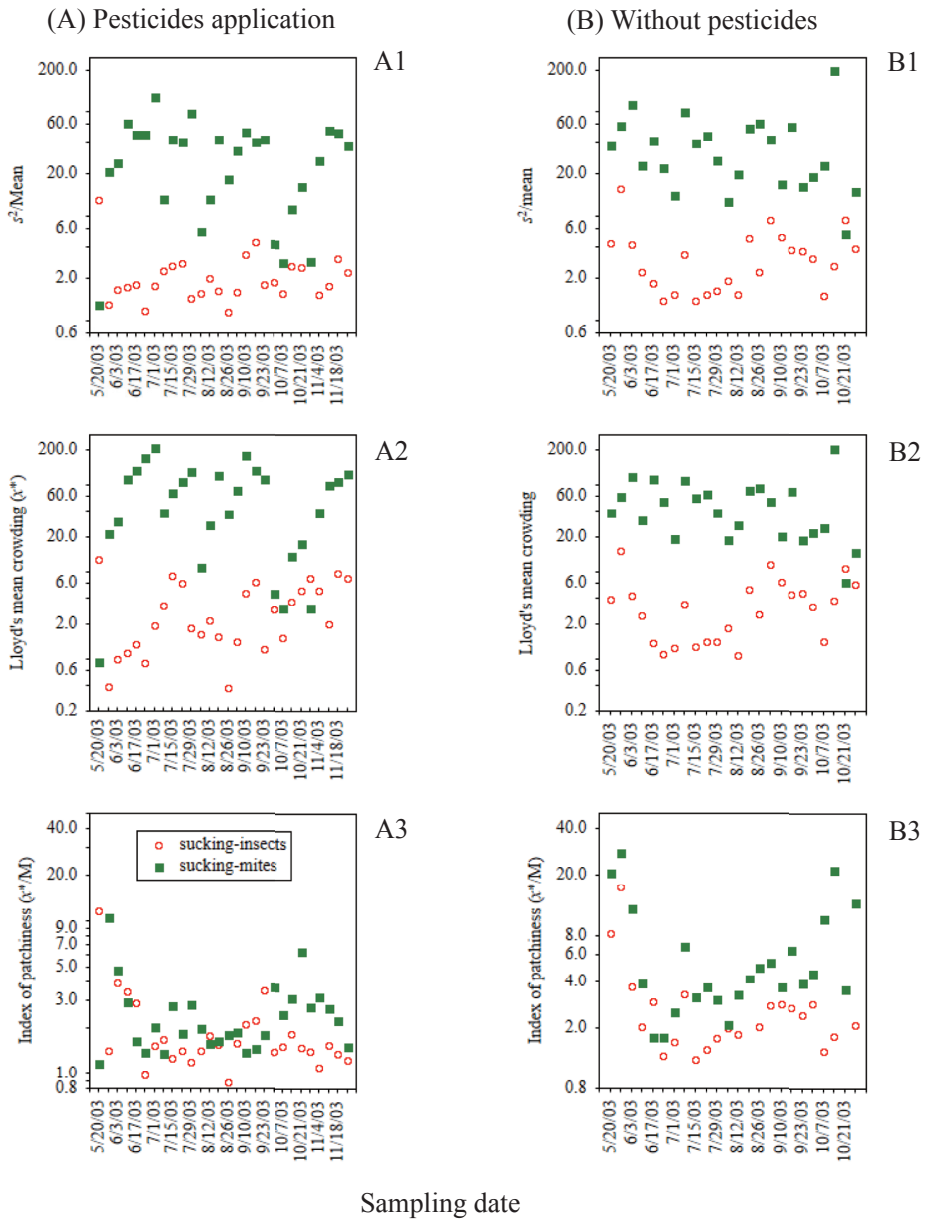
圖十、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類不同取食同功群在展開葉上隨時間之消長變化。箭頭表示施藥日，數字表示藥劑種類，(1) 益達胺、(2) 賽洛寧、(3) 第滅寧、(4) 丁基加保扶、(5) 密滅汀。

Fig. 10. Fluctuation of various herbivorous feeding guild density on expanded leaf in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides. Arrows denote pesticide application date and numerals indicate the kinds of pesticides that was applied, as follows: (1) imiacloprid, (2) λ -cyhalothrin, (3) deltamethin, (4) carbosulfan, and (5) milbemectin.



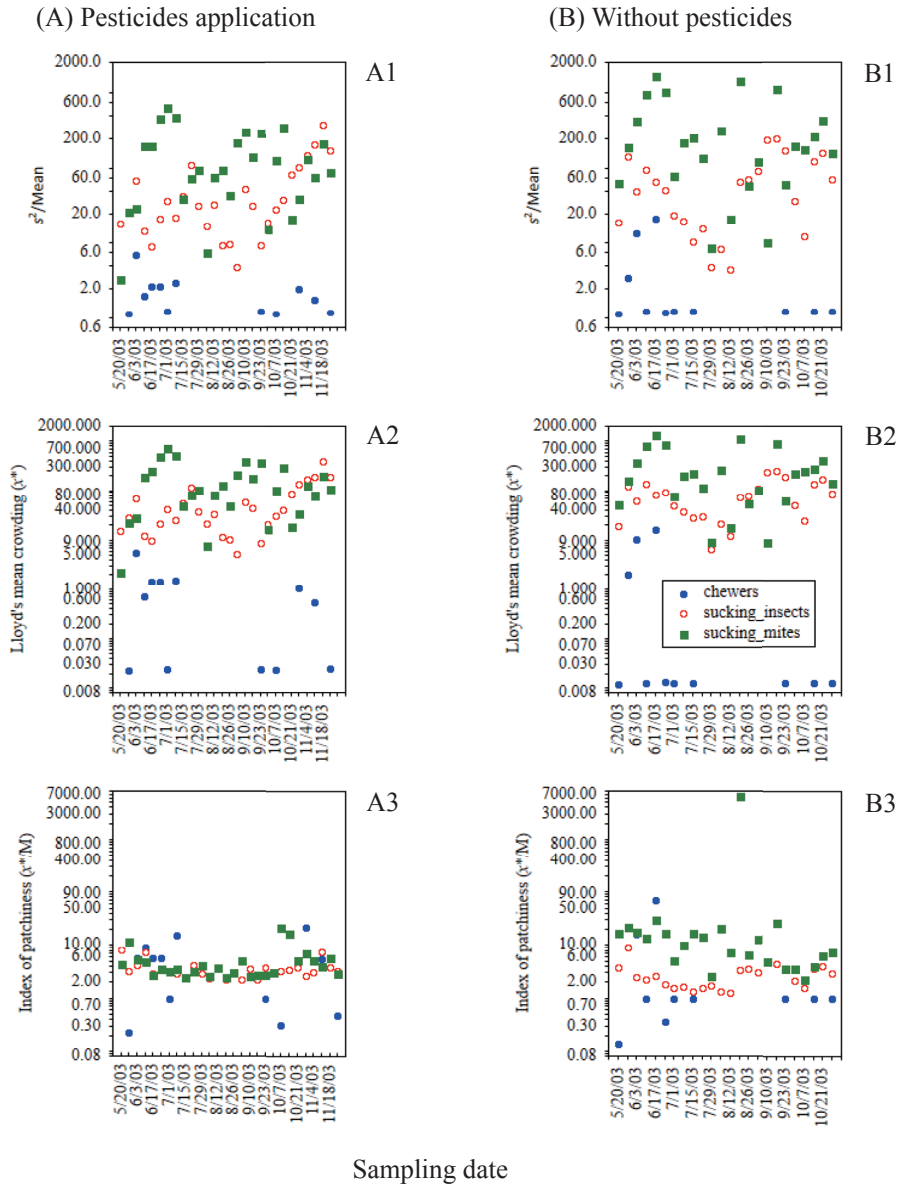
圖十一、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類不同取食同功群在花上隨時間之消長變化。箭頭表示施藥日，數字表示藥劑種類，(1) 益達胺、(2) 賽洛寧、(3) 第滅寧、(4) 丁基加保扶、(5) 密滅汀。

Fig. 11. Fluctuation of various herbivorous feeding guild density on flower in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides. Arrows denote pesticide application date and numerals indicate the kinds of pesticides that was applied, as follow: (1) imiacloprid, (2) λ -cyhalothrin, (3) deltamethin, (4) carbosulfan, and (5) milbemectin.



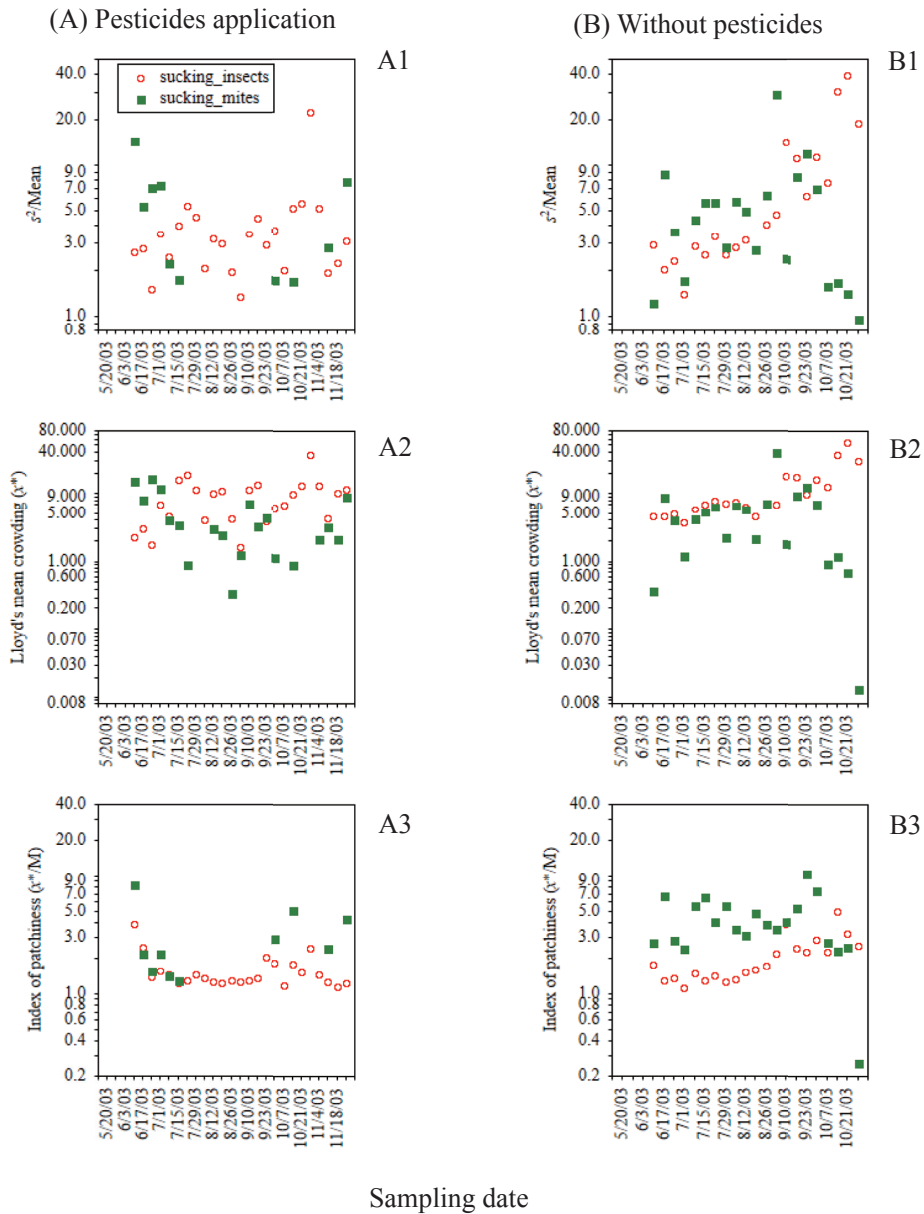
圖十二、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類不同共食群在未展開葉上的空間分散指數隨時間的變化。

Fig. 12. Changes in dispersion index over time for various herbivorous feeding guilds on spire leaves in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides.



圖十三、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類不同共食群在展開葉上的空間分散指數隨時間的變化。

Fig. 13. Changes in dispersion index over time for various herbivorous feeding guilds on expanded leaves in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides.



圖十四、臺中市大里茄園施藥 (A) 及不施藥區 (B) 內植食性種類不同共食群在花上的空間分散指數隨時間的變化

Fig. 14. Changes in dispersion index over time for various herbivorous feeding guilds on flowers in eggplant plots that (A) had been and (B) had not been treated with pesticides.

表四、臺中市大里茄園不施藥區植食性種類不同共食群 (feeding guild) 在茄葉及花上之 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 的係數值

Table 4. Parameters of Iwao's m^*-m regression and Taylor's power law for the analysis of different herbivorous feeding guilds found on leaves and flowers in an eggplant plot that had not been treated with pesticides

Feeding guilds	n	Iwao's m^*-m regression				Taylor's power law			
		α	β	R^2	P	Log(a)	b	R^2	P
Spire leaf									
Sucking-insects	24	0.861 (1.103) ¹⁾	2.307 (0.722)	0.317	0.004	0.980 (0.118)**	1.609 (0.207)**	0.734	0.000
Sucking-mites	24	38.524 (12.162)** ²⁾	1.311 (0.773)	0.116	0.104	2.762 (0.374)**	1.337 (0.167)	0.745	0.000
Expanded leaf									
Chewers	11	0.254 (1.459)	19.814 (6.491)**	0.508	0.014	2.460 (0.456)**	1.591 (0.130)**	0.943	0.000
Sucking-insects	24	-14.839 (17.988)	3.535 (0.545)**	0.656	0.000	-0.448 (0.798)	2.254 (0.245)**	0.696	0.000
Sucking-mites	24	225.969 (107.628)**	4.180 (2.736)	0.096	0.141	4.039 (0.572)**	1.360 (0.192)	0.794	0.000
Flower									
Sucking-insects	21	-6.703 (2.317)**	3.542 (0.358)**	0.933	0.000	-0.868 (0.506)	2.575 (0.305)**	0.960	0.000
Sucking-mites	21	1.125 (0.579)	3.516 (0.216)**	0.837	0.000	1.545 (0.087)**	1.689 (0.078)**	0.790	0.000

¹⁾ Standard error values are listed in parentheses.

²⁾ ** denotes significant difference in Student- t test results at a level of $\alpha = 0.05$. Null hypothesis of α and log(a) parameters are 0; β and b are 1.

施藥區 3 種共食群以 Iwao's m^*-m regression 的 β 值來看, sucking-insects 在未展開葉上, sucking-mites 在花上的分布型式屬逢機型外, 此 3 種共食群在未展開葉、展開葉及花上均呈聚集型分布 (表五)。依 Taylor's power law 分析結果顯示此 3 種共食群在未展開葉、展開葉及花上均屬聚集型分布。

五、取樣數之估計

為了獲得準確的密度估計值, 取樣數的多寡是決定因素之一。本文採用不施藥區的調查資料, 以 Taylor's power law 的截距值 (a) 與斜率值 (b) 來估算單一族群及不同共食群在平均密度 5-200 隻時的最適取樣數, 結果

列於表六。針對單一種族群而言，調查展開葉上蟲蟎密度時所需的取樣數最多，以 feeding guild 分群者，也是以展開葉的取樣數最多。當展開葉上平均密度達 10 隻時，調查薊馬時需取 257 片的展開葉，蚜蟲則需 649 片為最多，粉蝨需 209 片、細蟎需 188 片，葉蟎僅需 3 片葉；當花上密度為 5 隻時，估計薊馬密度時需取 45 朵花、蚜蟲需 580 朵，細蟎則需 305 朵，此與空間分布呈聚集型或逢機型有關。以共食群整合各族群來

表五、臺中市大里茄園施藥區植食性種類不同共食群 (feeding guild) 在茄葉及花上之 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 的係數值

Table 5. Parameters of Iwao's m^*-m regression and Taylor's power law for the analysis of different herbivorous feeding guilds found on leaves and flowers in an eggplant plot treated with pesticides

Feeding guilds	n	Iwao's m^*-m regression				Taylor's power law			
		α	β	R^2	P	a	b	R^2	P
Spire leaf									
Sucking-insects	25	1.072 (0.565) ¹⁾	1.146 (0.209)	0.581	0.000	0.640 (0.091)**	1.220 (0.088)**	0.880	0.000
Sucking-mites	25	14.704 (05.019)** ²⁾	1.485 (0.096)**	0.903	0.000	1.358 (0.216)**	1.618 (0.067)**	0.956	0.000
Expanded leaf									
Chewers	12	0.066 (0.163)	5.588 (0.520)**	0.920	0.000	1.478 (0.246)**	1.430 (0.096)**	0.956	0.000
Sucking-insects	28	-0.484 (6.269)	3.533 (0.209)**	0.918	0.000	1.179 (0.206)**	1.892 (0.078)**	0.958	0.000
Sucking-mites	28	31.959 (14.942)**	2.961 (0.196)**	0.899	0.000	1.933 (0.259)**	1.759 (0.076)**	0.955	0.000
Flower									
Sucking-insects	25	-0.502 (1.229)	1.561 (0.164)**	0.797	0.000	0.580 (0.188)**	1.394 (0.106)**	0.884	0.000
Sucking-mites	25	0.292 (1.114)	1.288 (0.295)	0.453	0.000	1.317 (0.125)**	1.322 (0.104)**	0.874	0.000

¹⁾ Standard error values are listed in parentheses.

²⁾ ** denotes significant difference in Student- t test results at a level of $\alpha = 0.05$. Null hypothesis of α and $\log(a)$ parameters are 0; β and b are 1.

表六、依 Taylor's power law 模式估算比較大里茄園不施藥區重要害蟲蟎類及不同共食群之最適取樣數 ($D = 0.2$)¹⁾

Table 6. Optimal sample size for key herbivores and feeding guilds in an eggplant plot that was not treated with pesticide according to Taylor's power law ($D = 0.2$)¹⁾

Mean density	Sample size for herbivores families					Sample size for feeding guilds		
	Thripidae	Aphididae	Tarsonmidae	Tetranychidae	Aleyrodidae	Chewers	Sucking-insects	Sucking-mites
Spire leaf								
5	50	276	579	-	-	-	153	586
10	28	185	349	-	-	-	117	370
20	15	123	211	-	-	-	89	234
40	8	83	127	-	-	-	68	148
50	7	73	108	-	-	-	62	127
100	4	49	65	-	-	-	47	80
200	2	32	39	-	-	-	36	51
Expand leaf								
5	315	701	328	9	275	806	103	21,791
10	257	649	188	3	209	607	123	1,399
20	210	600	108	1	159	457	147	898
40	172	555	62	1	121	344	175	576
50	161	542	52	1	111	314	186	499
100	131	501	30	1	84	237	221	320
200	107	464	17	1	64	178	264	206
Flower								
5	45	580	305	-	-	-	116	311
10	21	413	233	-	-	-	173	251
20	10	293	177.6	-	-	-	257	202
40	5	209	136	-	-	-	383	163
50	4	187	124	-	-	-	440	152
100	2	133	95	-	-	-	649	127
200	1	95	73	-	-	-	967	99

¹⁾“D” denotes the predetermined half-width of the confidence limits for the estimation of the mean.

考量最適取樣數時，當平均密度為 10 隻時，未展開葉及展開葉最適取樣數分別是 117、123 片葉才能準確估算 sucking-insects 的密度，比單一族群者為少，若是花上平均有 5 隻 sucking-insects 時，則需取 116 朵花，較僅調查薊馬時為高。若 sucking-mites 在展開葉上的密度為 20 隻時，需取 898 片葉。

討論

一、茄園施藥與不施藥管理對昆蟲蟎類密度的影響

農業生態系是一個經常受到人為干擾的系統，例如修枝、剪葉、施肥、灌水及化學藥劑防治等，該系統內節肢動物群聚的基本性質與自然生態系統有所不同，多樣性的表現也極為複雜。利用化學藥劑防治作物田內的害蟲、蟎類，目的在快速有效地降低害蟲、蟎的族群密度，以減少作物生產量的損失。化學藥劑畢竟是有毒的物質，對標的生物有害，對非標的生物也具有不同程度的殺傷力，對作物系統內害蟲、蟎群聚結構的組成也有不同程度的影響^(6, 7, 8, 9)。

茄園內重要害蟲、蟎種類主要為薊馬類、葉蟎類、細蟎、粉蝨類、蚜蟲類及葉蟬類，施藥區化學藥劑的選擇主要是針對這幾類的害蟲蟎類且為登記的藥劑種類。茄株種植初期以粉蝨及蚜蟲的密度較高（圖一），尤其是粉蝨類，施以益達胺防治後，密度有明顯下降，但隨後興起的害蟲蟎有葉蟎類、細蟎及薊馬類，細蟎在茄子上尚

無任何登記藥劑可使用，葉蟎於 6 月中旬密度開始飆高，為壓制葉蟎的密度，連續施用 2 次賽洛寧，葉蟎的密度有獲得控制，細蟎的密度也略有下降，但防治效果卻有限，細蟎密度於 8 月又再度上揚，與薊馬互有消長。不施藥區初期也是以粉蝨及蚜蟲為主，隨著葉蟎、細蟎及薊馬密度的增加，此 2 類害蟲的密度逐漸降低，至茄株生長之中後期階段，蚜蟲、葉蟬及葉蟎的密度再度上升，細蟎及薊馬類則自 8 月初開始，密度一路下滑。圖一可明顯看出，不施藥區的害蟲蟎類的密度變化較小，且在一定密度的上下互有消長，不像施藥區，至茄子生長後期時，僅以薊馬及細蟎為主要植食性種類。從植食性種類在茄株上不同棲所之密度消長變化圖來看（圖一及二），再度顯示茄園內必需特別注意防治的植食性種類為薊馬及細蟎，其中主要的種類為南黃薊馬及側多食細蟎。

捕食性天敵各種類的密度消長與其食餌略有關係，如 6 ~ 7 月為葉蟎主要發生的時期，同時也是瘿蚧科主要發生的時間，該瘿蚧科經鑑定為小瘿蚧 (*Feltiella minuta* (Felt))；同樣地，盲椿象科、花椿象科主要捕食對象是薊馬，其主要的發生時間也與薊馬密度消長時間相仿；捕植蟎科是茄園內主要的捕食性天敵，由於沒有鑑定種類，無法確知其食餌種類，從族群密度消長圖來看，捕植蟎密度消長走勢與薊馬較為類似，猜測捕植蟎種類可能以捕食薊馬者為主。由於不施藥區未受藥劑的干擾，各蟲種間以自然的制衡力，互相牽制，故密度

互有消長，且數量均較施藥區為低，施藥區因標的害蟲蟎受藥劑的控制，使其他害蟲蟎有機會竄升，也因為藥劑的壓制，最後出線的害蟲種類較不施藥區單純。花部因藥劑較不易到達，其蟲蟎密度變化與不施藥區略為相似。由此可見，捕食性天敵對殺蟲劑作用的反應比害蟲類敏感。

茄園內施藥防治是可降低主要害蟲蟎的密度，然而，不施藥區因害蟲蟎的為害，使得茄株樹勢轉弱，種植中後期時，茄株因罹患青枯病 (*Bacterium solanacearum* E. F. Smith) 及枝枯病 (褐斑病) (*Phomopsis vexans* Sacc. Et Syd.)，導致全株枯死，其中以枝枯病發生比率最高，種植至 10 月底，全區僅剩約 20 株，施藥區茄株的生長勢則仍相當旺盛，此結果顯示農民為確保茄果的生產量，茄園內施藥防治是必要的管理措施，惟需適時適量的施用，以保育茄園內現有的捕食性天敵。

二、茄園內重要害蟲蟎類在茄株上之空間分布

任何一種生物在棲所內的分布型，可從取樣變方及其平均值的比值 (s^2/m) 大小作為判定準則，也是族群分散指標 (index of dispersion) 各學說的發展基礎^(20, 27)。從每週取樣變方與平均數比值消長圖來看 (圖五、六、七)，施藥區及不施藥區內的薊馬科、蚜蟲科、粉蝨科、小葉蟬亞科、葉蟎總科及細蟎科在茄子的未展開葉、展開葉及花上均大於 1，是為聚集型分布。若以 index

of patchiness 作為分散指標的判定準則，不施藥區內各蟲種每週的指標值除少數種類有小於 1 之外，其餘均大於 1，也是為聚集型分布；然而，這些蟲蟎種類的 index of patchiness 在施藥區的分布則略有不同，某些蟲蟎種類在某幾週呈現非聚集型分布，此結果顯示，施藥管理可壓制某些害蟲蟎的密度，也對其在空間上聚集的程度也有不同程度的影響。而 Index of patchiness 的分析結果與 s^2/m 比值不同，可能原因是施藥後有些害蟲蟎族群的密度獲得控制，平均密度雖降低，但其取樣變方值也改變，故造成 s^2/m 比值在施藥區與不施藥區變化不大的結果。平均擁擠度依變於族群的密度，當密度高時，個體間的擁擠度也高⁽¹¹⁾，施藥後平均密度降低，個體間的擁擠度也隨之下降，若平均密度減少較多者，對其平均擁擠度影響就較大，index of patchiness 是平均擁擠度對平均密度的比值，施藥區各害蟲蟎的密度及平均擁擠度均減少，也降低各族群小群聚的形成，故施藥區有呈現均勻型分布的情形。依 s^2/m 比值及 mean crowding 與 index of patchiness 的指數值來看，薊馬科的指數值在施藥區及不施藥區內的變化最小，其次是細蟎科，顯示薊馬科在茄株各部位的分布型最為穩定，其聚集程度受施藥管理的影響也較小。此結果說明薊馬在茄園內屬於主要害蟲蟎的地位。依 Iwao's m^*-m regression 分析結果顯示薊馬科在未展開葉、展開葉及花上均呈聚集型分布，蚜蟲科、粉蝨科及小葉蟬亞科在展開葉上也呈聚集型分布，然而葉蟎總科

及細蟎科在施藥區及不施藥區茄株的不同部位上則有不同的空間分布型(表一及二),其中葉蟎總科在不施藥區是呈逢機型分布,施藥區則呈聚集型分布,可能是不施藥區在種植中期之後,茄株陸續罹病,加上各害蟲蟎為害導致樹勢生長弱,葉片小,通風好,使得葉蟎類的密度降低,取樣變異較小,故呈逢機型分布,而施藥區因施藥防治不僅降低葉蟎族群密度,也降低其他害蟲蟎的密度,茄株受為害的程度減少,樹勢生長較為旺盛,通風程度較不施藥區低,加上各害蟲蟎類受藥劑影響的程度大小不一,致使葉片上的害蟲蟎類的密度分布不均,取樣變異較大,故施藥區各蟲蟎的空間分布多呈聚集型分布。另外,葉蟎總科在不施藥區的迴歸係數的變異數(standard error)較大(2.676),也是造成 *t*-test 檢定上差異不顯著的原因之一。Taylor's power law 分析顯示,施藥區各害蟲蟎類的表現均呈聚集型分布,不施藥區除薊馬科在未展開葉上呈逢機型分布,在花上呈均勻分布,葉蟎總科及細蟎科在展開葉上呈逢機型分布外,其餘蟲蟎種類則呈聚集型分布。以 Taylor's power law 的分析結果與 Iwao's m^* - m regression 分析結果不盡相同,與其模式的理論背景不同有關。Taylor's power law 是一個經驗模式,當平均值接近於 0 時,便無法藉由該模式來正確估計變異數(variance)為其最大的缺點^(24, 27), Davis⁽¹¹⁾ 也指出 Taylor's power law 經 log 數值轉換後,對大部分的資料雖具有很好的線性擬合度(fitness),但仍缺乏明確的理論背景為其缺點。Iwao's

m^* - m regression 則具有理論分布的模式,且其係數值具有生態的解釋意義,為其最大的優點,但當平均值太大時,變異數的估值偏差(bias)會加大,是最大的缺點⁽¹¹⁾。因此,該二函數在使用時應考慮取樣平均值的大小,小心選用。何及陳^(2, 3)以 s^2/m 比值、Green's coefficient、index of patchiness、Iwao's m^* - m regression 之 β 值及 Taylor's power law 之 b 值分析赤葉蟎及南黃薊馬在茄株老葉上的空間分布型,均屬於聚集型分布。該老葉與本研究展開葉的取樣部位略為相似,故本研究結果與之相符。

三、茄園內重要害蟲蟎類不同共食群之空間分布及取樣數決定

大里茄園全年發生的害蟲蟎類有 12 科 20 種,依其口器可分為 chewers、piercing suckers 及 internal suckers 3 大類(表三),其中由刺吸式口器者分為昆蟲群及蟎類群 2 群,故共食群分為 4 群,包括 chewers、sucking-insects、sucking-mites 及 internal suckers。4 種共食群中以 sucking-insects 及 sucking-mites 在茄株上的分布最為普遍(common),chewers 在不施藥區的果實上發生較多,在施藥區並未發現(圖八),可見,施藥管理可以抑制 chewers 害蟲的密度。不施藥區內 sucking-insects 及 sucking-mites 密度消長走勢在種植中期前略為相同,後期則互有消長。施藥區使用的藥劑種類益達胺主要防治對象為粉蝨及薊馬,第滅寧為薊馬的防治藥劑,賽洛寧及密滅汀主要推

薦使用對象為葉蟎類，其中賽洛寧對薊馬及鱗翅目類幼蟲也有防治效果，丁基加保扶除可防治蚜蟲外，對薊馬也有推薦使用，從不同藥劑施用時間及 sucking-insects 及 sucking-mites 密度消長變化圖來看（圖九、十、十一），藥劑管理仍有發揮其抑制的效果。試驗期間防治藥劑的選擇主要是依害蟲種類來挑選，此結果也反映出若以共食群的分類方式來選擇藥劑進行防治工作是可行的用藥策略。

評估族群在某一區域範圍內之空間分布型，主要目的是能獲得最適取樣數，以估計該族群密度。傳統上都針對單一種群在某一作物上的空間分布進行評估，例如在茄園曾有何及陳研究赤葉蟎⁽²⁾與南黃薊馬⁽³⁾之分布及最適取樣數之估測。然而，一作物田內可同時發生不同種類的蟲蟎類，從生態席位重疊度的分析結果也顯示各蟲種共存於同一棲所的機率很高（黃莉欣未發表），從共同防治的角度來看，以共食群的角度整合害蟲蟎類，分析其在茄株上的空間分布型，進而做取樣數的估算及密度估計，嘗試提供作為防治基準的參考。不同共食群的 s^2/m 值及其隨時間變化的走勢與單一族群極為雷同，Lloyd's mean crowding 的分析結果也相同，不因以共食群分群後，平均擁擠度有所改變。但 index of patchiness 的分析結果則與單一族群略有不同，施藥區某些害蟲蟎類在展開葉上的指數值有小於 1 者，然而以共食群分群後，各群的聚集度均大於 1，但指數值卻較單一族群為低，以展開葉的分析結果最為明顯（圖

十二、十三、十四），由於展開葉上發生的蟲蟎類較未展開葉及花上為多，此結果或可說明不同物種間為了降低競爭而各聚集於空間的一角，以共享同一資源。從 Iwao's m^*-m regression 的 α 值來看（表四及五），sucking-mites 在未展開葉及展開葉上均大於 0，表示 sucking-mites 是以聚落為組成單位聚集在同一空間上，sucking-insects 則以個體為組成單位，聚集在葉片上；然而不施藥區花上 sucking-insects 之 β 值大於 1，表示該共食群呈聚集型分布，但因 α 值小於 0，顯示個體間有相互排斥的現象，此結果可能是因茄花小，害蟲蟎類密度高能占據的有效空間相當有限，而有排斥現象，另外，花上以薊馬為優勢種⁽¹³⁾，sucking-insects 的組成以薊馬占多數，同種競爭或許也是原因。施藥區花上 sucking-insects 則以個體為單位，呈聚集型分布，與不施藥區的結果不同，猜測是因用藥防治，花上的密度較不施藥區為低，資源競爭減少，故以個體為組成單位。

前面提及 Iwao's m^*-m regression 與 Taylor's power law 的模式各有其缺點，但後者缺乏生物學的理论背景，在密度低時會低估取樣數^(22, 27)，且 b 值受限必需小於 2，對於進行最適取樣數估算時可能有較大誤差⁽²⁵⁾，從表六結果顯示估計 sucking-insects 在展開葉及花上密度時其取樣數是隨密度的增加而增加，此乃因 $b > 2$ 所致。但若以 Iwao's m^*-m regression 的介量來估算取樣數，會因 α 與 β 值太小而出現負值，更不恰當，故本論文採用 Taylor's power law 來

估算最適取樣數。若僅考慮單一種族群的取樣時，估計葉片上薊馬、蚜蟲、粉蝨的密度所需取樣數大於 sucking-insects，此乃因這幾個單一種族群均呈聚集型分布，經以 sucking-insects 整合後，雖也呈聚集型分布，但因只看個體，不關心蟲種，故其取樣數少於單一種族群。然而，蟎類則不然，是因葉蟎總科與細蟎科單獨分析分別呈均勻型及聚集型分布，但經整合後，則呈聚集型分布，且 a 值相當大，故估出的取樣數較單一種族群為高。由於葉蟎總科主要為害展開葉，而細蟎主要棲息在未展開葉上，從防治角度來看，調查葉蟎類時建議僅取展開葉，可以減少取樣數，若是調查細蟎時，則僅調查未展開葉。至於調查展開葉上的害蟲時，因為害蟲種類較多，且均有必要防治，建議採取 sucking-insects 為密度估計單元來確定取樣數。由於薊馬是花上的關鍵性害蟲，建議調查花上的害蟲密度時，僅採取薊馬調查的取樣數即可。從田間推廣應用的角度來看，若以共食群為主要分類依據，分類群 (taxa) 的分類地位為輔，不僅可以減少鑑定害蟲種類的時間，在進行密度估算及評估防治時機時，也應依防治對象來建立取樣單位，以降低取樣數，節省時間與人力，同時也因整合害蟲蟎密度的關係，不僅減少用藥的次數亦可提早防治，減少農作物的損失。

謝辭

本研究由行政院農委會農業藥物毒物

試驗所科技計畫 92 農科 -1.8.1- 藥 -P1(3) 經費補助，試驗期間蒙本組林淑慈、陳連絲、蔡美惠等 3 位小姐的協助；文稿撰寫後承蒙 2 位審查委員提供寶貴意見，使本文得以順利完成，在此一併誌謝。

引用文獻

1. 何琦琛、陳文華。1992。茄園葉蟎種類調查及赤葉蟎、南黃薊馬、二點小綠葉蟬在茄園之季節消長。中華昆蟲 12: 259-268。
2. 何琦琛、陳文華。1993。赤葉蟎 (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval) 在茄園之分布及最適取樣數之估測。中華昆蟲 13: 125-140。
3. 何琦琛、陳文華。1993。南黃薊馬 (*Thrips palmi* Karny) 在茄園之分布及最適取樣數之估測。中華昆蟲 13: 293-303。
4. 何琦琛、陳文華。1993。茄子葉蟎之發生、分布及防治。蔬菜保護研討會專刊植保特刊 1: 117-134。
5. 呂鳳鳴、李錫山。1987。茄子之害蟲種類及發生消長。植保會刊 29: 61-70。
6. 金翠霞、吳亞。1992。稻田節肢動物的群聚結構及其穩定性的探討。中華昆蟲 12: 147-159。
7. 侯有明、龐雄飛、梁廣文、尤民生。2001。化學殺蟲劑對菜田節肢動物多樣性的影響。生態學報 21: 1262-1268。
8. 萬方浩、陳常銘。1986。綜防區和化防

- 區稻田害蟲——天敵群落組成及多樣性的研究。生態學報 6: 159-170。
9. 羅志義。1982。上海佘山地區棉田節肢動物群落多樣性分析及殺蟲劑對多樣性的影響。生態學報 2: 255-266。
 10. Blondel, J. 2003. Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos* 100: 223-231.
 11. Davis, P. M. 1994. Statistics for describing populations, pp. 33-54. *In*: L. P. Pedigo and G. D. Buntin [eds.], *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 714 pp.
 12. Green, R. H. 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Res. Popul. Ecol.* 8: 1-7.
 13. Huang, L. H., Lin, M. C., Su, W. Y., and Chen, C. N. 2006. Relationship between crop management and thrips composition and their occurrence on eggplants in central Taiwan. *Plant Prot. Bull. (Taiwan)* 48: 281-295.
 14. Hutchins, S. H., Higley, L. G., and Pedigo, L. P. 1988. Injury equivalency as a basis for developing multiple-species economic injury level. *J. Econ. Entomol.* 81: 1-8.
 15. Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.* 10: 1-20.
 16. Jaksic, F. M. 1981. Abuse and misuse of the term “guild” in ecological studies. *Oikos* 37: 397-400.
 17. Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*, 2nd ed. Addison Wesley Longman, Chicago, IL, USA. 620 pp.
 18. Krebs, C. J. 2001. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*, 5th ed. Benjamin Cummings, New York, NY, USA. 695 pp.
 19. Lloyd, M. 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* 36: 1-30.
 20. Pedigo, L. P., and Buntin, G. D. [eds.]. 1994. *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 736 pp.
 21. Peeters, P. J. 2002. Correlations between leaf structural traits and the densities of herbivorous insect guilds. *Biol. J. Linn. Soc.* 77: 43-65.
 22. Riddle, M. J. 1989. Precision of the mean and the design of benthos sampling. *Mar. Biol. (Berlin)* 103: 225-230.
 23. Root, R. B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* 37: 317-350.
 24. Routledge, R. D., and Swartz, T. B. 1991. Taylors power law re-examined. *Oikos* 60: 107-112.
 25. Shelton, A. M., and Trumble, J. T. 1991. Monitoring insect populations, pp. 45-62. *In*: D. Pimentel [ed.], *Handbook of pest management in agriculture*, volume II,

- 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 757 pp.
26. Simberloff, D., and Dayan, T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 22: 115-143.
27. Southwood, T. R. E., and Henderson, P. A. 2000. *Ecological methods*, 3rd ed. Blackwell Science. Malden, MA, USA. 575 pp.
28. Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189: 732-735.
29. Taylor, L. R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* 29: 321-357.
30. Wilson, J. B. 1999. Guilds, functional types and ecological groups. *Oikos* 86: 507-522.

Spatial Distribution Patterns and Optimal Sample Size of Arthropod Feeding Guilds on Eggplant

Li-Hsin Huang^{1*}, Mei-Chueh Lin¹, Wen-Ying Su¹, Chiou-Nan Chen²

Abstract

Huang, L. H., Lin, M. C., Su, W. Y., and Chen, C. N. 2016. Spatial distribution patterns and optimal sample size of arthropod feeding guilds on eggplant. *Taiwan Pestic. Sci.* 1: 143-177.

This study compared the composition of key pest communities in two eggplant fields: one that had been treated with pesticides and one that had not. We also sought to determine whether classifying pests according to feeding guild was useful for integrated pest management applications. Spire leaves, expanded leaves, and flowers were collected weekly, and the insects and mites they contained were inspected and classified in the laboratory. Specifically, we recorded the family and superfamily or subfamily. Insects and mites were then further classified into one of four feeding guilds according to mouthpart type, including chewers, sucking-insects, sucking-mites, and internal suckers. Results indicated that sucking-mites were most abundant on spire leaves; sucking-insects were usually found on expanded leaves, flowers and fruit calyxes; and internal suckers always occurred on expanded leaves. Results from Iwao's m^*-m regression and Taylor's power law showed that sucking-mites had a random distribution pattern and sucking-insects had a clustered distribution pattern. When calculating the optimal sample size that is sufficient for effective decision-making in pest management according to Taylor's power law, if an expanded leaf contains 10 individuals, then 257, 649, and 209 leaves are needed to sample for Thripidae, Aphididae, and Aleyrodidae, respectively. Conversely, when feeding guild is used, if there are 10 sucking-insects on an expanded leaf, then the estimated sample size is 123 leaves. These results indicate that the optimal sample size is lower for feeding guild than for single populations. This finding suggests that applications related to pest density monitoring and pest control decision making can use feeding guild in place of single pests.

Key words: eggplant, feeding guild, spatial distribution patterns, sampling.

Accepted: September 30, 2016.

* Corresponding author, Email: lhuang@tactri.gov.tw

¹ Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Taichung.

² Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei.