

小黃薊馬在蓮田之空間分布及其最適 取樣數估算¹

陳盈丞、黃美靜²

摘 要

陳盈丞、黃美靜。2022。小黃薊馬在蓮田之空間分布及其最適取樣數估算。臺南區農業改良場研究彙報 80：52-67。

為提高蓮花小黃薊馬防治管理決策之有效性，本試驗自 2021 年 4 月 16 日～9 月 16 日於雲林縣林內鄉之蓮花田，調查蓮葉及黃色黏板上之小黃薊馬成若蟲數量，並利用分散係數 (S^2/m)、平均擁擠度 (mean crowding, m^*) 與樣本平均的比值 (m^*/m)、Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 等方法分析成、若蟲空間分布類型並估算最適取樣數。結果顯示成蟲個體間於蓮花種植初期呈現均勻分布，自第 9 次調查之後，則呈聚集型，若蟲均為聚集型分布。利用 Iwao's m^*-m regression 及 Taylor's power law 所得之數值估算最適取樣數，顯示當小黃薊馬若蟲平均密度達 50 隻時，最適取樣數分別為 275 及 210 片葉。因此欲於蓮花田調查小黃薊馬數量，最適取樣數至少為隨機選取 210 片葉。另估算蓮田於薊馬管理時所需要的黏板數量，若以每周 50 隻時，最適取樣數為 43 及 30 張黏板。本研究建議，基於防治之考量並減低人力之需求，應可逢機調查 30 張黃色黏板作為田間小黃薊馬監測之方法。

現有技術：已運用黃色黏板進行小黃薊馬族群監測工作，但未確定合理取樣數。

創新內容：應用蓮花小黃薊馬族群數量於蓮田空間分布變動估算出蓮花小黃薊馬之最適取樣數。

對產業影響：提供蓮農蓮花小黃薊馬調查數量之參考，建構維持精準度且又具省工成效之最佳取樣數及分析方法。

關鍵字：蓮花、小黃薊馬、族群動態、空間分布、最適取樣數

接受日期：2022 年 11 月 17 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 551 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場助理研究員、約聘人員。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

蓮花 (*Nelumbo nucifera* Gaertn) 主要產區為臺南市白河區，以種植湘蓮及石蓮為主，每年約 7 ~ 10 月為蓮花主要結藕期⁽⁴⁾，蓮藕產值可達 113,075 千元⁽⁹⁾。然而近年來，白河地區蓮花廣受小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 危害，嚴重時可造成蓮子減產二分之一以上，蓮藕之產量僅達平常產量三分之一⁽⁵⁾。小黃薊馬屬纓翅目 (Thysanoptera) 薊馬科 (Thripidae)，體型極為細小，體長不到 1 mm。小黃薊馬若蟲及成蟲以刺吸式口器，刺傷蓮花葉片及花苞並吸食汁液，導致葉片皺縮捲曲、花苞變色⁽²³⁾，受傷部位會癒合形成結痂的銹斑，發生初期危害徵狀不明顯，待危害徵狀明顯時，族群密度已甚高，錯失關鍵防治時機。為解決小黃薊馬在蓮花產業危害的問題，應掌握小黃薊馬發生的時機及田間的分布情形，以確保正確的防治時間，建立蓮花上小黃薊馬的綜合管理 (integrated pest management, IPM)。

綜合管理主要為運用多種防治方法，並擬定一套防治策略，進行有效的作物防治，使其低於經濟危害水平 (Economic injury level, EIL) 之下，進而降低作物的損失⁽¹⁵⁾。經濟危害水平為採取防治措施的害蟲密度臨界點，在這個密度實施人工防治的成本剛好等於因防治而得到的經濟效益，此時的作物損失量稱為經濟損害 (Economic damage)。因此害物的監測調查即是執行 IPM 的核心工作，透過適當的調查方法掌握作物上的病蟲害發生情形及數量，同時作為採取防治措施時機的決策資料。目前應用於薊馬的監測方法有多種，如採葉或花直接調查薊馬數量或是運用有色黏板進行誘殺調查。其中直接調查法，調查過程中容易造成植物受損，而可能影響產量，且非常耗費時間與人力。因此目前大都還是以有色黏板進行調查，如黃色黏板及藍色黏板，作為監測薊馬早期入侵與施藥時機的決策指標^(11,12)。

本研究調查小黃薊馬於蓮花田之空間分布及估測田間最適取樣數，同時運用黏板建立蓮花田區小黃薊馬的取樣計畫，取得取樣數及結果可靠性之間的平衡，並提供農民監測薊馬早期入侵的時機點，啟動關鍵防治工作，達到綜合管理之目的。

材料與方法

一、小黃薊馬於蓮花田區之空間分布

(一) 調查地點與樣區規劃

2021 年 4 月在雲林縣林內鄉選擇 1 處蓮田，蓮田面積約 0.3 公頃，於蓮花立葉期進行蓮花小黃薊馬族群調查，每周調查一次，連續 23 次。試驗田區分成 9 個區域，在各個區域內設置立板固定正反 2 張黃色黏板 (215 mm × 150 mm，高冠牌)，共 18 張，懸掛高度離水面約 1 m，每周調查時更換並帶回黏板，黏板帶回實驗室後，以解剖顯微鏡 (Carl Zeiss: Stemi DV4) 鏡檢且計算小黃薊馬數量，並記錄之。另隨機挑選完全展開且立於水面上之蓮葉 (立葉) 60 片進行調查，以不驚擾的翻葉方法且利用計數器快速調查葉片上小黃薊馬成、若蟲數量。

(二) 空間分布之分析

所收集的 23 次薊馬調查數據進行統計分析，分別為取樣數 (n)、平均值 (m)、樣品變方 (S^2)、變異係數 (CV) 等。同時運用以上資料進行分散係數 (indices of

dispersion, ID)、平均擁擠度 (m^*) 之計算, 並估算 Taylor's power law 及 Iwao's patchiness regression 兩種指數, 分析薊馬在蓮花田區的空間分布型式。分散係數為樣品變方 (S^2) 與平均值 (m) 之比值 ($ID = \frac{S^2}{m}$), 可用來進行簡易空間分布判定, 當 $ID = 1$, 表示族群分布呈逢機型分布; 當 $ID > 1$, 為聚集型分布; 當 $ID < 1$, 為均勻型分布⁽¹³⁾。平均擁擠度則是 ID 值公式的延伸, 主要定義為每單位面積下, 每個個體的相鄰個體數, 值越高就代表擁擠程度越高, 其計算公式為 $m^* = m + (ID - 1)$, 並藉由平均擁擠度與平均數之比值 $\frac{m^*}{m}$, 稱為小聚落指數 (index of patchiness), 可得知空間分布類型。當 $\frac{m^*}{m} = 1$, 表示族群分布呈逢機型分布; 當 $\frac{m^*}{m} > 1$, 為聚集型分布; $\frac{m^*}{m} < 1$, 則為均勻型分布⁽¹⁸⁾。多位學者均藉由取樣變方及平均數間的關係, 推導出各式空間分布的指標, 其中以 Taylor's power law 及 Iwao's patchiness regression 兩式為多數研究人員評估族群分布指標的迴歸模式。

1. Taylor's power law: 計算族群平均數與變方之間的冪方方程式, 並利用方程式斜率判斷空間分布型式, 公式為 $S^2 = am^b$ 。 S^2 為樣本變方, m 為樣本平均值。再將公式進行對數轉換, 換算成 $\text{Log}(S^2) = \log(a) + b \log(m)$, 藉此求得 a (變方與平均值線性迴歸關係中的截距) 與 b (變方與平均值線性迴歸關係中的斜率) 值, 可由 b 值判斷該蟲之聚集特性, $b = 1$ 為逢機分布; $b > 1$ 為聚集分布; $b < 1$ 為均勻分布⁽²⁰⁾。而一旦取樣到空間上無個體發生的樣態, 將會造成平均密度降低, 影響到族群分布型態的分析。
2. Iwao's patchiness regression: $m^* = \alpha + \beta m$ 。透過平均擁擠度 (m^*) 與平均密度 (m) 求出直線迴歸方程式, 可由 α 及 β 值判斷該蟲之空間分布模式, 然當平均值過大時, 變異數 (Variance) 的估值偏差 (Bias) 會變大。
 - (1) $\alpha = 0, \beta > 1$: 族群之基本組成單位為個體, 各單位間有聚集分布之現象。
 - (2) $\alpha = 0, \beta < 1$: 族群之基本組成單位為個體, 各單位為均勻分布。
 - (3) $\alpha > 0, \beta > 1$: 族群之基本組成單位為小聚落 (Patchy), 各小聚落為聚集分布。
 - (4) $\alpha > 0, \beta = 1$: 族群之基本組成單位為小聚落, 各小聚落為逢機分布。
 - (5) $0 > \alpha \geq -1, \beta = 1$: 族群為均勻分布, 且取樣單位有一隻個體存在時, 會減少另一個體出現的機會⁽¹⁷⁾。

(三) 最適取樣數

透過 Taylor's power law 及 Iwao's patchiness regression 導出的公式參數, 進行最適取樣數之決定, 並應達到估算精密度期望值的樣本數。精密度 (precision level; D) 算式為: $D = \frac{SE}{m}$, m 為平均值, SE 為平均值的標準誤差。D 值為可接受的誤差, 通常以小數表示, 數值越小表示取樣的誤差越小, 精密度就越高。Southwood 指出應用於節肢動物的族群取樣研究, 可設定 $D = 0.25$ ⁽²¹⁾。

1. $n = \left(\frac{1}{D}\right)^2 \times am^{b-2}$, 利用 Taylor's power law 分析求得 a 與 b 值後, 依上述公式估算 D 值分別為 0.1、0.2 與 0.25 時所需的最適取樣葉片數及最適設置之黏板數⁽²⁴⁾。
2. $n = \left(\frac{1}{D}\right)^2 \frac{\alpha + 1}{m} \times \beta - 1$, 利用 Iwao's patchiness regression 分析求得 α 與 β 值後, 依上述公式估算 D 值分別為 0.1、0.2 與 0.25 時所需的最適取樣葉片數及最適設置之黏板數⁽²¹⁾。

結果與討論

一、小黃薊馬於蓮花田區之族群動態

蓮花小黃薊馬族群動態調查自蓮花種植後兩周起開始調查，自 2021 年 4 月至同年 9 月，共計調查 23 次。每周進行黃色黏板更換及逢機調查蓮葉上的小黃薊馬成、若蟲數量。試驗田每周平均溫度於 5 月中旬~ 9 月中旬調查結束皆維持在 26.5°C 以上，7、8 月每周平均溫度更高，時常在 28.5°C 以上。6 月開始降雨漸多，每周累積降雨量時常超過 50 mm 以上 (圖 1)，雖然溫度升高使蓮葉生長速度快且多，但經常性的降雨使小黃薊馬成蟲不利於飛行移動，造成黏板上成蟲數量低，直至 7 月初降雨量少時，小黃薊馬成蟲數量隨即上升，黏板上誘得數量為平均 140 隻小黃薊馬成蟲 (圖 1)。而隨著 7 月中下旬降雨量增加後，黏板上的小黃薊馬成蟲數量又下降至平均 32 隻，可見降雨量確實會干擾成蟲的移動及族群生長，進而影響黏板上所誘集到小黃薊馬成蟲數量。計算試驗田收集之黃色黏板上的小黃薊馬成蟲數量，結果顯示小黃薊馬於 4 月的第一次調查，就可於黃色黏板上發現成蟲個體，惟隨後連續調查 8 次，誘引密度均偏低，平均在 3 隻 / 蓮葉以下。直至 6 月下旬，誘引密度才逐漸上升，7 月中旬達到最高平均密度 140 隻 / 蓮葉。蓮葉上的調查結果顯示會先觀察到小黃薊馬成蟲於蓮葉上危害後，才觀察到小黃薊馬若蟲發生，成蟲密度自 6 月中旬起逐漸上升，7 月上旬至下旬時最高密度為平均 8.18 隻 / 蓮葉，隨後持續下降。直至 8 月下旬過後，族群密度驟然上升，最高密度可達平均 38.52 隻 / 蓮葉。而小黃薊馬若蟲則是自 6 月中旬發生，7 月上旬至中旬達到族群高峰，最高密度可達平均 551.8 隻 / 蓮葉，隨後密度便逐漸下降，直至 9 月中旬，密度驟減為平均 47.87 隻 / 蓮葉。

二、小黃薊馬於蓮花田區之空間分布

將田間調查 23 次資料進行整理，並個別計算蓮葉上的小黃薊馬成、若蟲及黏板上的小黃薊馬成蟲之分散係數 (indices of dispersion, ID)、平均擁擠度 (m^*) (表 1 及表 2)，結果顯示蓮葉上的小黃薊馬若蟲數據所得之 ID 值均 > 1 ，表示若蟲的族群呈現聚集性分布。而成蟲則是在第一次調查數據之 ID 值 = 1，表示成蟲入侵初期，族群為逢機分布，隨後 ID 值均 > 1 ，族群隨即呈現聚集性分布，且隨著成蟲密度變高，ID 值亦呈上升趨勢。聚集指數 (index of patchiness) 亦呈現同樣的結果，若蟲均為聚集性分布，初期的聚集指數高達 9，而在蓮花立葉開花期時，聚集指數則下降至 3 以下，隨後到蓮花結藕期又呈現上升趨勢。成蟲的分布模式則與 ID 值判讀結果相同。

再來進行 Iwao's patchiness regression 及 Taylor's power law 兩種迴歸方程式分析。小黃薊馬若蟲在蓮葉上的 Iwao's patchiness regression 的斜率值 (β) 為 1.5423，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 99.791，經 t-test ($\alpha = 0.05$) 檢定結果與 $\alpha = 0$ 有顯著差異；小黃薊馬成蟲在蓮葉上的 Iwao's patchiness regression 的斜率值 (β) 為 1.9017，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 9.7488，經 t-test ($\alpha = 0.05$) 檢定結果與 $\alpha = 0$ 有顯著差異 (圖 2 及圖 3)。小黃薊馬若蟲經 Taylor's power law 分析所得線性迴歸方程式 $\text{Log}(S^2) = 1.5787 \text{Log}(m) + 1.0062$ ， $R^2 = 0.9809$ ；小黃薊馬成蟲的線性迴歸方程式為 $\text{Log}(S^2) = 1.6456 \text{Log}(m) + 0.7043$ ， $R^2 = 0.9705$ ，兩個方程式截距 ($\text{Log}(a)$) 及斜率 (b) 均大於 1，且經 t-test ($\alpha = 0.05$) 檢定結果與 $b = 1$ 有顯著差異，故判定族群為聚集性分布 (圖 4 及圖 5)。小黃薊馬成蟲

及若蟲經 2 種方法分析所得結果均呈聚集型分布。

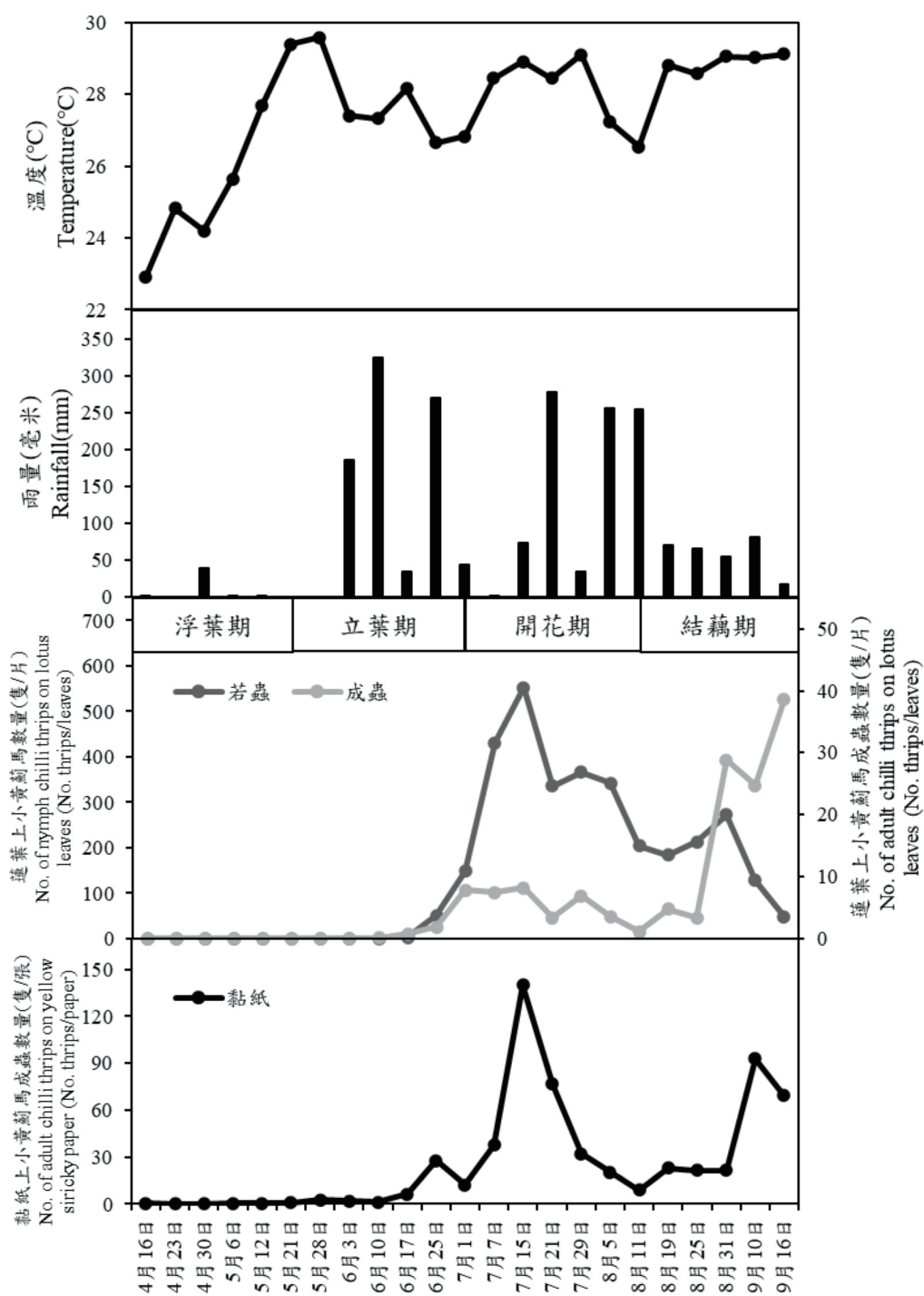


圖 1. 蓮葉、黏紙上小黃薊馬之族群變動

Fig. 1. Population dynamic of *Scirtothrips dorsalis* Hood on lotus leaves and yellow sticky paper

表 1. 小黃薊馬若蟲於田間蓮葉上密度調查之基本統計資料

Table 1. Basic statistics of nymph chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves

日期 Date	平均值 m	變方 S ²	變異係數 CV%	分散係數 S ² /m	平均擁擠度 m*	小聚落指數 patchiness (m*/m)
4/16	0.00	0.00	—	—	—	—
4/23	0.00	0.00	—	—	—	—
4/30	0.00	0.00	—	—	—	—
5/06	0.00	0.00	—	—	—	—
5/12	0.00	0.00	—	—	—	—
5/21	0.00	0.00	—	—	—	—
5/28	0.00	0.00	—	—	—	—
6/03	0.00	0.00	—	—	—	—
6/10	0.18	0.46	368.88	2.49	1.68	9.15
6/17	2.97	70.10	282.22	23.63	25.60	8.63
6/25	50.95	5,877.37	150.47	115.36	165.31	3.24
7/01	148.17	19,659.02	94.63	132.68	279.85	1.89
7/07	430.27	121,812.67	81.12	283.11	712.38	1.66
7/15	551.80	220,424.23	85.08	399.46	950.26	1.72
7/21	335.97	83,808.88	86.17	249.46	584.42	1.74
7/29	365.82	72,027.03	73.36	196.89	561.71	1.54
8/05	342.70	70,523.13	77.49	205.79	547.49	1.60
8/11	204.48	21,142.66	71.11	103.40	306.88	1.50
8/19	183.77	43,295.54	113.23	235.60	418.37	2.28
8/25	213.12	45,289.26	99.86	212.51	424.63	1.99
8/31	272.60	176,769.91	154.23	648.46	920.06	3.38
9/10	127.88	30,530.85	136.63	238.74	365.62	2.86
9/16	47.87	11,602.35	225.03	242.39	289.26	6.04

m, mean (平均值); S², variance (變方); CV%, coefficient of variation (變異係數) (%); m*, mean crowding (平均擁擠度)。

表 2. 小黃薊馬成蟲於田間蓮葉上密度調查之基本統計資料

Table 2. Basic statistics of adult chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves

日期 Date	平均值 m	變方 S ²	變異係數 CV%	分散係數 S ² /m	平均擁擠度 m*	小聚落指數 patchiness (m*/m)
4/16	0.00	0.00	—	—	—	—
4/23	0.00	0.00	—	—	—	—
4/30	0.00	0.00	—	—	—	—
5/06	0.03	0.03	547.72	1.00	0.03	1.00
5/12	0.00	0.00	—	—	—	—
5/21	0.00	0.00	—	—	—	—
5/28	0.00	0.00	—	—	—	—

表 2. 小黃薊馬成蟲於田間蓮葉上密度調查之基本統計資料 (續)

Table 2. Basic statistics of adult chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves (continued)

日期 Date	平均值 m	變方 S ²	變異係數 CV%	分散係數 S ² /m	平均擁擠度 m*	小聚落指數 patchiness (m*/m)
6/03	0.00	0.00	—	—	—	—
6/10	0.10	0.13	354.15	1.25	0.35	3.54
6/17	0.73	1.62	173.70	2.21	1.95	2.65
6/25	1.87	9.44	164.59	5.06	5.92	3.17
7/01	7.87	120.25	139.40	15.29	22.15	2.82
7/07	7.47	229.20	202.76	30.70	37.16	4.98
7/15	8.18	255.64	195.38	31.24	38.42	4.70
7/21	3.37	37.90	182.85	11.26	13.62	4.05
7/29	6.88	240.00	225.07	34.87	40.75	5.92
8/05	3.60	88.21	260.89	24.50	27.10	7.53
8/11	1.15	8.03	246.38	6.98	7.13	6.20
8/19	4.72	42.99	139.00	9.11	12.83	2.72
8/25	3.40	27.26	153.56	8.02	10.42	3.06
8/31	28.77	1,204.05	120.62	41.86	69.62	2.42
9/10	24.77	717.47	108.15	28.97	52.74	2.13
9/16	38.52	1,441.00	98.56	37.41	74.93	1.95

m, mean (平均值); S², variance (變方); CV%, coefficient of variation (變異係數) (%); m*, mean crowding (平均擁擠度)。

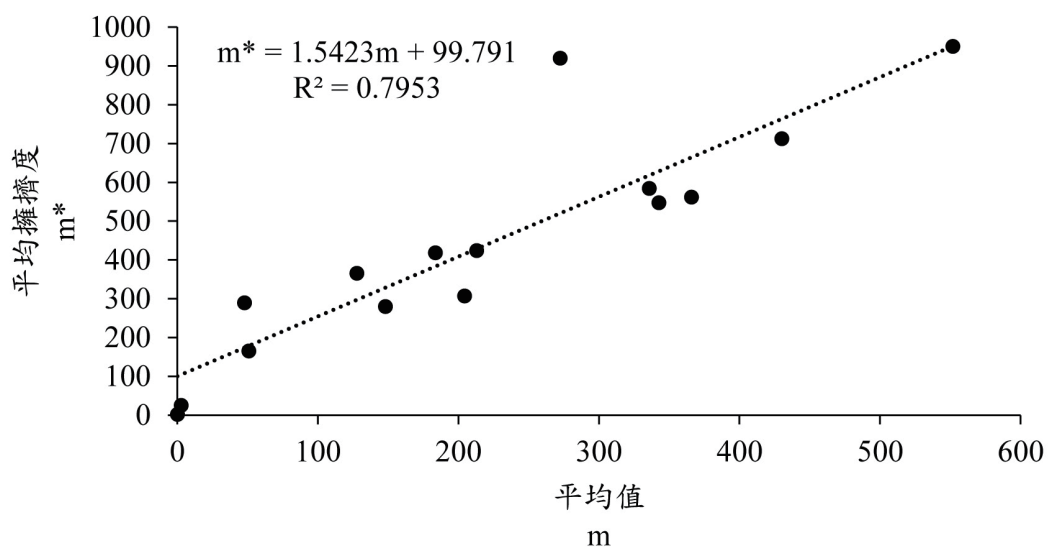


圖 2. 蓮花小黃薊馬若蟲族群在蓮葉之 Iwao's patchiness 迴歸

Fig. 2. Iwao's patchiness regression ($m^* = \alpha + \beta m$) of nymph chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves

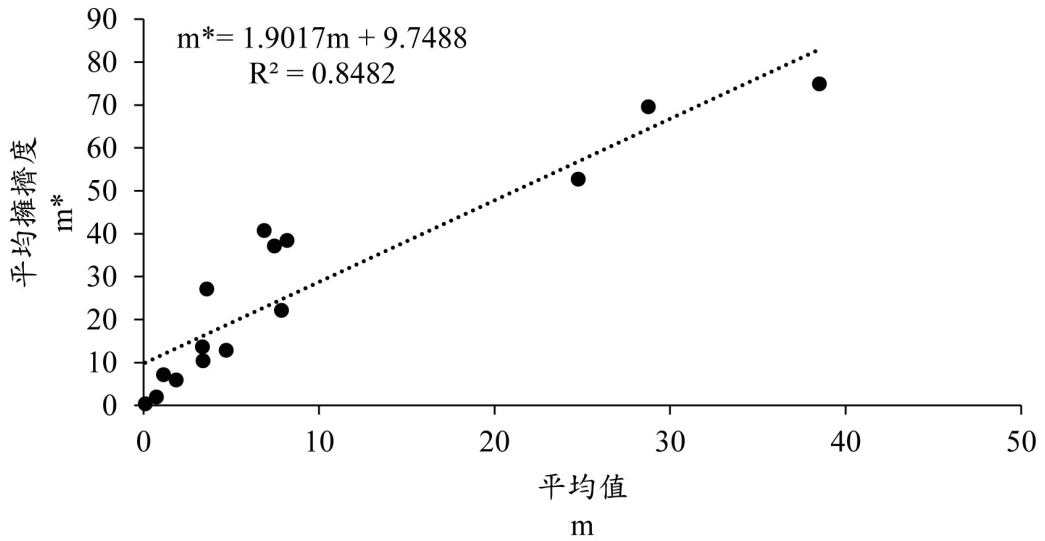


圖 3. 蓮花小黃薊馬成蟲族群在蓮葉之 Iwao's patchiness 迴歸

Fig. 3. Iwao's patchiness regression ($m^* = \alpha + \beta m$) of adult chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves

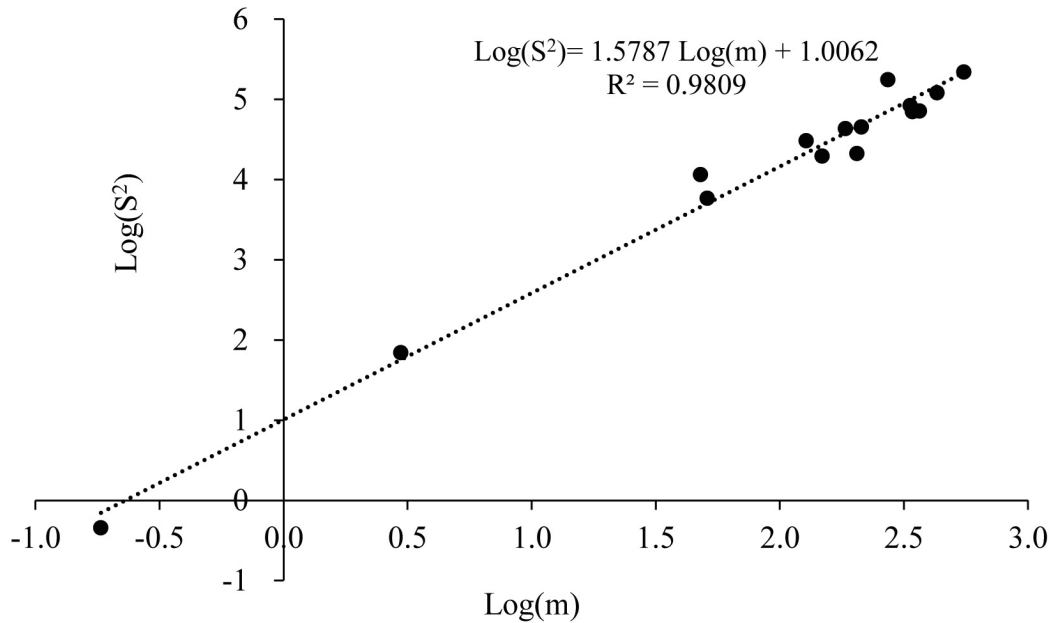


圖 4. 蓮花小黃薊馬若蟲族群在蓮葉之 Taylor's power law 迴歸

Fig. 4. Taylor's power regression ($\text{Log}(S^2) = \text{Log}(a) + b\text{Log}(m)$) of nymph chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves

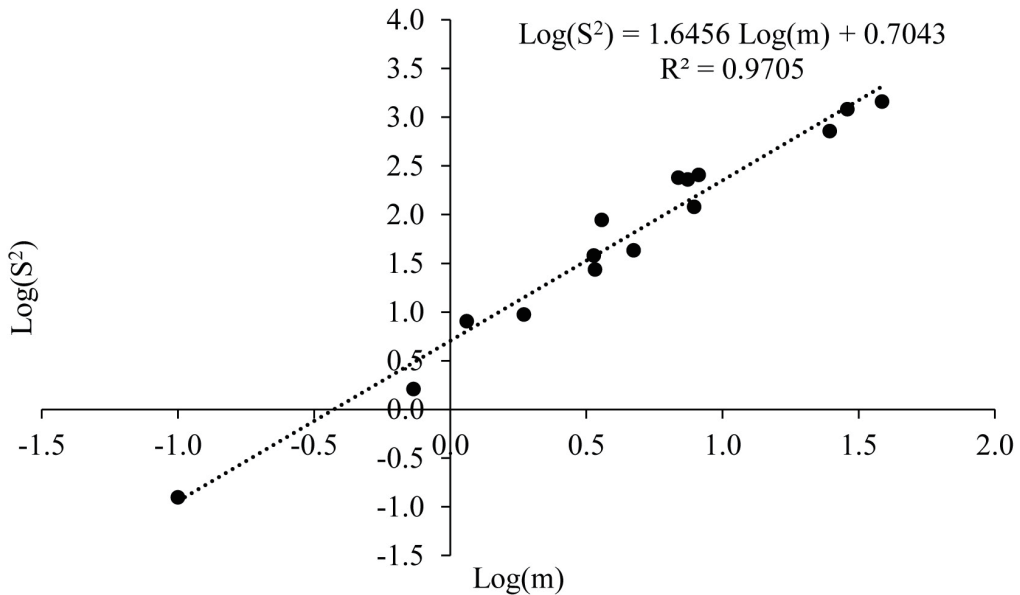


圖 5. 蓮花小黃薊馬成蟲族群在蓮葉之 Taylor's power law 迴歸

Fig. 5. Taylor's power regression ($\text{Log}(S^2) = \text{Log}(a) + b\text{Log}(m)$) of adult chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves

由以上結果，可觀察小黃薊馬在蓮田中的分布主要都為聚集性分布。然而蓮花的生育階段可分為浮葉期、立葉期、開花期、結藕期及休眠期等 5 個時期^(3,4)。蓮花立葉期時，葉片側向內捲，斜立於葉柄，同時挺出水面，隨後展開成至少有 25 條葉脈之葉片，此階段的葉片稱之為嫩葉⁽¹⁴⁾。小黃薊馬田間主要入侵時間為蓮花立葉期至開花期，此時立葉所在田間的位置會影響到小黃薊馬成蟲發生的位置，而導致逢機分布的現象。然而等到大量立葉均被小黃薊馬入侵危害後，隨即小黃薊馬雌蟲產卵已大量孵化為若蟲，而快速成長羽化成成蟲。此時蓮田內的嫩葉就容易吸引成蟲聚集，而呈現聚集性分布。當隨著田間小黃薊馬若蟲密度越高時，聚集指數卻反而有下降的趨勢。何和陳(1993) 研究中指出，南黃薊馬在茄園中同樣呈現聚集指數隨密度上升而漸降的趨勢⁽¹⁾。可見當蓮田中的小黃薊馬族群量變多時，嫩葉被危害取食的機會就呈現均等的現象，然而嫩葉的發生位置是隨機，並不是均勻分布，而導致族群分布會漸漸趨向逢機型分布。另外前人研究小黃薊馬在甜椒上的分布情形，指出小黃薊馬主要分布的位置位在甜椒的頂部，該頂部位置屬於嫩葉，且明顯為聚集分布⁽²⁰⁾，本試驗獲得相似的結果，可見嫩葉的發生位置，為小黃薊馬初期可能入侵的地方，未來應可針對蓮花嫩葉發生處進行防治或作為蓮花小黃薊馬預警判斷的要素之一。

另外，小黃薊馬的 Iwao's patchiness regression 結果顯示族群之基本組成單位為小聚落 (Patchy)，各小聚落為聚集分布。以 $m = 1$ 代入此線性迴歸算式，可算出小黃薊馬成蟲聚落數為 11 ~ 12 隻個體、若蟲聚落數為 101 ~ 102 隻，而葉片上可能有數個小黃薊馬成若蟲聚落。而小黃薊馬雌蟲一生總產卵量約在 33 ~ 74 粒卵^(7,23)。以一片蓮花嫩葉上停棲 11 隻小黃薊馬雌蟲來計算，將可產下 363 ~ 814 粒卵。前人研究指出小黃薊馬卵孵化率約為 80 ~ 100%^(7,20)，孵化率若設定為 80%，將會有 290 ~ 651 隻若蟲孵出，

於葉片上形成多個聚落，聚集取食後將會造成蓮花嚴重的損害，影響產量。

透過黏板上收集的小黃薊馬成蟲數量結果(表3)，蓮花種植初期的小黃薊馬成蟲ID值均在2以下，聚集指數則是在4以下，其中4月30日及5月6日的ID值及聚集指數則是 < 1 ，為均勻型分布，其餘則是呈現聚集型分布。直至6月下旬過後，ID值逐漸升高，於7月中旬時ID值達到69.47，8月下旬更是高達98.26。而聚集指數則是穩定於1~3之間，僅於8月下旬達到5.22。依據黏板誘引小黃薊馬結果顯示，小黃薊馬初期入侵時，會由某個方向入侵，通常會順著風向或是周遭其他小黃薊馬寄主作物位置，而造成該區黏板呈現聚集效應，然而隨著入侵的小黃薊馬數量逐漸變多時，黏板上所誘集的狀況就會呈現均勻分布。最後直至田區小黃薊馬密度變高後，隨即又形成聚集型分布。由於黃色黏板自蓮花立葉期初期就設置於田間，此時蓮田的立葉數量不多，而

表3. 小黃薊馬成蟲於黃色黏板上密度調查之基本統計資料

Table 3. Basic statistics of adult chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on yellow stick papers

日期 Date	平均值 m	變方 S ²	變異係數 CV%	分散係數 S ² /m	平均擁擠度 m*	小聚落指數 patchiness (m*/m)
4/16	0.44	0.73	192.51	1.65	1.09	2.46
4/23	0.28	0.45	240.88	1.61	0.89	3.20
4/30	0.22	0.18	192.51	0.82	0.05	0.21
5/06	0.44	0.38	138.53	0.85	0.30	0.67
5/12	0.56	1.08	187.49	1.95	1.51	2.72
5/21	1.00	1.18	108.47	1.18	1.18	1.18
5/28	2.72	4.68	79.49	1.72	3.44	1.26
6/03	2.17	5.09	104.11	2.35	3.52	1.62
6/10	1.33	3.65	143.23	2.74	3.07	2.30
6/17	6.50	19.91	68.65	3.06	8.56	1.32
6/25	27.61	456.25	77.36	16.52	43.14	1.56
7/01	12.28	83.62	74.48	6.81	18.09	1.47
7/07	37.67	542.12	61.81	14.39	51.06	1.36
7/15	140.00	9,725.29	70.44	69.47	208.47	1.49
7/21	76.78	800.77	36.86	10.43	86.21	1.12
7/29	32.33	360.47	58.72	11.15	42.48	1.31
8/05	20.44	127.44	55.22	6.23	25.68	1.26
8/11	8.94	95.35	109.17	10.66	18.60	2.08
8/19	10.39	46.96	65.96	4.52	13.91	1.34
8/25	23.06	2,265.35	206.44	98.26	120.31	5.22
8/31	21.44	62.03	36.73	2.89	23.34	1.09
9/10	92.78	1,062.42	35.13	11.45	103.23	1.11
9/16	69.39	338.13	26.50	4.87	73.26	1.06

m, mean (平均值); S², variance (變方); CV%, coefficient of variation (變異係數) (%); m*, mean crowding (平均擁擠度)。

黃色黏板反應出的波長 (波長 > 542 nm) 具有吸引小黃薊馬之效果⁽¹⁰⁾，加上視覺的可視性，相較於數量偏少的立葉，更容易吸引到小黃薊馬成蟲。依據田間調查結果顯示黃色黏板上觀察到小黃薊馬的發生時間也早於蓮葉，可見黃色黏板的確可作為小黃薊馬田間監測的工具，達到提前預警的作用。

三、最適取樣數

由 Iwao's patchiness regression 及 Taylor's power law 計算而得之小黃薊馬成蟲及若蟲之最適取樣數，精密度分別設定為 0.1、0.2 及 0.25 時，當蓮葉上小黃薊馬成蟲及若蟲之平均密度在 1、2、5、10、20、35、50、100 及 200 隻，所需取樣數結果列於表 4 及表 5，其最適取樣數依平均小黃薊馬平均密度增加而遞減。田間調查數據顯示若蟲樣本平均於第 11 周調查大幅上升，以該周調查之若蟲樣本平均約 50 隻作為最適取樣數估算，以一般田間調查將精密度設定為 0.2 時，顯示當小黃薊馬平均密度達 50 隻時，最適取樣數分別為 275 及 210 片蓮葉。小黃薊馬成蟲則是長時間調查數據均在 10 隻以下，故以成蟲樣本平均 10 隻作為最適取樣數估算，顯示當小黃薊馬成蟲平均密度達 10 隻時，最適取樣數分別為 212 及 240 片蓮葉。而陳與黃 (2022) 研究指出，蓮花小黃薊馬之經濟危害水平 (Economic injury level, EIL)，估算 EIL 為 36 隻小黃薊馬 / 蓮葉⁽⁶⁾，故以若蟲密度為平均 35 隻，計算最適取樣數結果為 367 及 243 片蓮葉。因此欲於蓮花田調查小黃薊馬數量，最適取樣數至少為隨機選取 200 片葉以上。黃等 (2016) 研究指出於茄園中，當展開茄葉上平均密度達 10 隻時，調查薊馬時需取 257 片葉⁽⁸⁾。另外李 (2010) 報告指出於印度棗上小黃薊馬的最適取樣數，當精密度設在 0.2 時，平均密度在 0.1、0.5 及 1 隻時，以 Taylor's power law 計算分別需採取 204、47 及 25 個樣品，而使用 Iwao's patchiness regression 計算之最適取樣數則需採取 3,372、3,064 及 3,026 個樣品

表 4. 經由 Iwao's patchiness regression 與 Taylor's power law 估算蓮花小黃薊馬若蟲最適取樣之蓮葉數量

Table 4. Optimal sample size of nymph chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves by Iwao's patchiness regression and Taylor's power law

若蟲 平均密度 Mean no./leaf	精密度 D (precision level)					
	0.1		0.2		0.25	
	Iwao's	Taylor's	Iwao's	Taylor's	Iwao's	Taylor's
1	43,420.31	4,346.52	10,855.08	1,086.63	6,947.25	695.44
2	21,826.34	3,245.77	5,456.58	811.44	3,492.21	519.32
5	8,869.96	2,206.30	2,217.49	551.58	1,419.19	353.01
10	4,551.16	1,647.56	1,137.79	411.89	728.19	263.61
20	2,391.77	1,230.32	597.94	307.58	382.68	196.85
35	1,466.31	971.91	366.58	242.98	234.61	155.51
50	1,096.13	836.31	274.03	209.08	175.38	133.81
100	664.25	624.51	166.06	156.13	106.28	99.92
200	448.31	466.36	112.08	116.59	71.73	74.62

(2)。可見若要進行薊馬類的取樣調查，若以 Iwao's patchiness regression 計算，所需的取樣數量多，將會造成人力資源的壓力，也會花費較長的調查時間。

表 5. 經由 Iwao's patchiness regression 與 Taylor's power law 估算蓮花小黃薊馬成蟲最適取樣之蓮葉數量

Table 5. Optimal sample size of adult chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on lotus leaves by Iwao's patchiness regression and Taylor's power law

若蟲 平均密度 Mean no./leaf	精密度 D (precision level)					
	0.1		0.2		0.25	
	Iwao's	Taylor's	Iwao's	Taylor's	Iwao's	Taylor's
1	4,992.12	2,168.90	1,248.03	542.23	798.74	347.02
2	2,689.25	1,696.51	672.31	424.13	430.28	271.44
5	1,307.52	1,226.10	326.88	306.52	209.20	196.18
10	846.94	959.05	211.74	239.76	135.51	153.45
20	616.66	750.16	154.16	187.54	98.67	120.03
35	517.96	615.21	129.49	153.80	82.87	98.43
50	478.48	542.16	119.62	135.54	76.56	86.75
100	432.43	424.07	108.11	106.02	69.19	67.85
200	409.40	331.71	102.35	82.93	65.50	74.62

表 6. 經由 Iwao's patchiness regression 與 Taylor's power law 估算蓮花小黃薊馬成蟲最適取樣之黏板數量

Table 6. Optimal sample size of adult chilli thrip (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on yellow stick paper by Iwao's patchiness regression and Taylor's power law

若蟲 平均密度 Mean no./leaf	精密度 D (precision level)					
	0.1		0.2		0.25	
	Iwao's	Taylor's	Iwao's	Taylor's	Iwao's	Taylor's
1	2,147.7	812.0	536.9	203.0	343.6	129.9
2	1,138.3	576.0	284.6	144.0	182.1	92.2
5	532.7	365.8	133.2	91.5	85.2	58.5
10	330.8	259.5	82.7	64.9	52.9	41.5
20	229.9	184.1	57.5	46.0	36.8	29.5
35	186.7	139.5	46.7	34.9	29.9	22.3
50	169.4	116.9	42.3	29.2	27.1	18.7
100	149.2	82.9	37.3	20.7	23.9	13.3
200	139.1	58.8	34.8	14.7	22.3	9.4

前人研究指出顏色黏板為有效監測薊馬族群之工具，同時黏板上的薊馬數量與植物上的薊馬族群數量存在顯著的正相關⁽¹⁹⁾，同時黏板上小黃薊馬數量增加比例與不同程度食痕之蓮葉所占比例亦呈現正相關性⁽⁶⁾。因此本試驗於田間設置黃色黏板來進行最適設置之黏板數估算，依照 Iwao's patchiness regression 及 Taylor's power law 數據，結果如表 6，精密度設定為 0.2 時，顯示當小黃薊馬平均密度達 50 隻時，最適取樣數分別為 42.3 及 29.2 張黏板。若平均密度達 35 隻時，最適取樣數則為 46.7 及 34.9 張黏板。其最適取樣數以 Taylor's power law 所需樣品數較少，每張黏板誘得的薊馬平均數量越多，所需要的黏板數量愈少。由於黏板的主要目標在於提早預警，因此以精密度設定為 0.2 及平均密度為 10 隻時，最適取樣數為 83 及 65 張黏板。

由上述結果顯示，本研究一開始所設定的蓮葉調查數量及黃色黏板設置數量均少於最後所估算之最適採樣數，然而所調查的數據經過 Taylor's power law 及 Iwao's patchiness regression 公式可估算出最適取樣數且經過檢定具有意義，可供未來參考應用的採樣數量。一般而言，取樣數愈大則機差越小，精密度也會提高，但取樣數提高後，會大大增加調查人力及時間。而在設定為同樣精密度下，Taylor's power law 所估算之最適採樣數大多低於 Iwao's patchiness regression，因此若要能準確且省工的調查取樣方式，應考慮採用 Taylor's power law 所估算之最適採樣數為依據，並作為 IPM 的決策因子。然而，不論在蓮葉的調查數量上及黃色黏板的設置數量均呈現較多的數量，可見於蓮花的小黃薊馬數量調查中，需思考其他監測方式，以能符合省工、省時之效率，提高農民進行整合型管理之意願。

結 論

害蟲整合管理技術中，監測工作為最關鍵的一環，小黃薊馬為近年來最為嚴重的蓮花害蟲，過往農民防治上往往無法找出最佳防治時機，導致蓮花小黃薊馬發生密度過高，危害嚴重進而影響蓮子收成。透過本研究分析蓮花小黃薊馬的分布情形及最適取樣數，能提供農民或是農業相關單位進行調查的取樣數量參考，進而達到節省人力成本。

致 謝

本研究感謝行政院農業委員會 111 農科 -8.3.2- 南 -N1 計畫經費支持，行政院農業委員會臺南區農業改良場植物保護研究室團隊執行小黃薊馬調查工作，屏東科技大學陳文華老師提供試驗建議與修改，一併致上衷心謝忱！

引用文獻

1. 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。
2. 李燕姿。2010。小黃薊馬之族群動態、生活史及藥劑篩選研究。國立屏東科技大學植物

醫學系碩士論文。屏東。

3. 胡唯昭。2016。「蓮」「荷」難分，「睡蓮」自成一家。臺南區農業改良場專訊 95：1-4。
4. 陳錦木。2009。蓮荷產業發展與蓮花栽培技術改進。水生植物多樣性開發與利用研討會專刊。14 P。
5. 陳文雄、陳昇寬、張煥英。2000。蓮花小黃薊馬之發生與緊急防治。臺南區農業改良場專訊 31：10-12。
6. 陳盈丞、黃美靜。2022。蓮花小黃薊馬族群變動趨勢與防治時機之探討。臺南區農業改良場研究彙報 79：23-34。
7. 陳怡如、林鳳琪、邱一中、石憲宗。2013。溫度對椪果小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 發育與繁殖之影響。臺灣農業研究 62(4)：351-359。
8. 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。
9. 農糧署農情報告資源網 http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp (下載日期：2021.11.03)。
10. 魏妙楹、羅久格、莊益源、張念臺。2011。黏板對椪果園內小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 誘捕效能評估。臺灣昆蟲 31(4)：339-349。
11. Allan, S. A., and J. L. Gillett-Kaufman. 2018. Attraction of thrips (Thysanoptera) to colored sticky traps in a Florida olive grove. Fla. Entomol. 101(1): 61-68.
12. Chu, C. C., Ciomperlik, M. A., Chang, N. T., Richards, M., and Henneberry, T. J. 2006. Developing and evaluating traps for monitoring *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). Florida Entomologist, 89(1): 47-55.
13. 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. London.
14. Hall, T. F. and Penfound, W. T. 1944. The biology of the American lotus, *Nelumbo lutea* (wild.) pers. American Midland Naturalist: 744-758.
15. Higley, L. G., and R. K. D. Peterson. 1996. The biological basis of the EIL. In: Higley, L.G., Pedigo, L.P. (eds.), Economic threshold for integrated pest management. University of Nebraska Press, Lincoln, p 22-40.
16. Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. Res. Popul. Ecol. 7: 1-20.
17. Iwao, S. 1977. Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding. Res. Popul. Ecol. 18: 243-260.
18. Lloyd, M. 1967. Mean crowding. J. Animal Ecol. 36: 1-30.
19. Muvea, A. M., M. M. Waiganjo, H. L. Kutima, Z. Osiemo, J. O. Nyasani, and S. Subramanian. 2014. Attraction of pest thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting French beans to coloured sticky traps with Lurem-TR and its utility for monitoring thrips populations. Int. J. Trop. Insect Sci. 34: 197-206.
20. Seal, D. R., Ciomperlik, M. A., Richards, M. L., and Klassen, W. 2006. Distribution of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae), in pepper fields and pepper plants on St.

- Vincent. Florida Entomologist 89(3): 311-320.
21. Southwood, T. R. E., 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Chapman & Hall, London, UK.
 22. Southwood, T. R. E., and Henderson, P. A. 2000. Ecological Methods. 3rd edn. 575 pp.
 23. Tatara, A. 1994. Effect of temperature and host plant on the development, fertility and longevity of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). Applied Entomology and Zoology. 29(1): 31-37.
 24. Taylor, L. R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. Ann. Rev. Entomol. 29: 321-357.

Spatial distribution and optimal sample size estimation of *Scirtothrips dorsalis* Hood on lotus¹

Chen, Y. C. and M. J. Huang²

Abstract

In order to improve the effectiveness of management decision-making on the management of chilli thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood), we carried out field surveys on lotus field in Linnei Township, Yunlin County from April 16 to September 16, 2021, to study the spatial distribution and population dynamics of *S. dorsalis*. The indices of dispersion ($ID = S^2/m$), the mean crowding of Lloyd (m^*), the patchiness index of Lloyd, β value of Iwao's patchiness regression ($m^* = \alpha + \beta m$), and b value of Taylor's power law ($\log S^2 = \log a + b \log m$) all indicated an aggregative dispersion of *S. dorsalis* on lotus. The results showed that parameters derived from Taylor's power law and Iwao's m^* - m regression were significantly greater than 1, indicating that the spatial distribution of *S. dorsalis* was aggregative. The adults are randomly distributed in the early stage of lotus planting. Using these parameters, we also estimated the optimal sample size to achieve a predetermined statistical precision. At the 0.2 precision level, estimates of the optimal sample size based on Iwao's regression and Taylor's power law were less than 275 leaves and 210 leaves, respectively. The density of *S. dorsalis* were 50 larva per leaf during this survey. Additionally, it was estimated by how many sticky traps are required for thrips management in lotus field. In pest management, if 50 thrips per sticky trap per week for the timing of control, only 43~30 yellow sticky traps are needed. This study suggested that, based on the consideration of control and reducing the demand for manpower, it's possible to survey 30 yellow sticky papers as a method of field monitoring for *S. dorsalis* on lotus.

What is already known on this subject?

The population of *Scirtothrips dorsalis* Hood monitoring work has been carried out using yellow sticky papers, but a reasonable number of samples have not been determined.

What are the new findings?

Estimation of the optimal sampling size of *Scirtothrips dorsalis* Hood by using the population numbers and spatial distribution of the lotus thrips.

What is the expected impact on this field?

Provide suggestions to lotus farmers for the number of lotus thrips surveyed, and construct an optimal sampling number and analysis method that makes accuracy and reduces the use of labors.

Key words: *Nelumbo nucifera* Gaertn, *Scirtothrips dorsalis* Hood, Population dynamics, Spatial distribution, Optimal sampling size

Accepted for publication: November 17, 2022

1. Contribution No. 551 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
2. Assistant Researcher, Research Assistant, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.