

台灣南部長豇豆園內薊馬類 (Thysanoptera: Thripidae) 的取樣計畫

賴信順^{1,*} 林鳳琪²

摘要

賴信順、林鳳琪。2021。台灣南部長豇豆園內薊馬類 (Thysanoptera: Thripidae) 的取樣計畫。
台灣農業研究 70(3):217–229。

長豇豆 (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*, yardlong bean) 為台灣重要的豆科蔬菜之一，薊馬類 (Thysanoptera: Thripidae) 是長豇豆的主要害蟲。為決定何時噴施農藥，因此需建立長豇豆園內薊馬類的取樣計畫，以掌握施藥防治薊馬的時機。本研究調查台灣南部長豇豆園中長豇豆花朵內的薊馬種類為豆花薊馬 [*Megalurothrips usitatus* (Bagnall)] 與台灣花薊馬 [*Frankliniella intonsa* (Trybom)]。在美濃地區以豆花薊馬為優勢種，而在里港地區則是以台灣花薊馬為優勢種。測試長豇豆田區內薊馬類的顏色偏好，結果顯示，薊馬偏好藍色黏板，其次是黃色黏板。評估藍色黏板與黃色黏板的誘捕效能，藍色黏板所誘得的蟲數明顯多於黃色黏板，因此藍色黏板可做為長豇豆園內薊馬類的監測工具。以 Taylor's power law 分析 6 處長豇豆園內以黏板所誘集的薊馬成蟲數量，黏板上薊馬類在長豇豆園的空間分布屬於聚集型。估算 6 處長豇豆園內在薊馬管理時所需要的黏板數量，在符合蟲害管理需求下，若以每週每張黏板誘得 30 隻薊馬作為防治時機，6 處長豇豆園僅需懸掛藍色黏板為 4–10 張即具有可信度。綜合而言，長豇豆園內薊馬類取樣計畫以藍色黏板作為工具，能夠監測薊馬的早期入侵，並且掌握施用化學農藥防治薊馬的時機。

關鍵詞：長豇豆、薊馬、顏色偏好、空間分布、樣本數量。

前言

長豇豆 (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*, yardlong bean) 為豆科豇豆屬 (*Vigna*) 的一年生蔓性草本植物，莢長 50–60 cm，呈長筒狀。性喜溫暖及日照充足的氣候，耐熱性強，為台灣各地在夏季皆可栽培的重要蔬菜之一，而長豇豆耐寒性弱，僅台灣南部能全年生產 (Chiu & Lin 2015; Chang *et al.* 2018)。台灣長豇豆田間常見的害蟲有黑豆蚜 (*Aphis craccivora* Koch)、豆莢螟 [*Maruca vitrata* (Fabricius)]、薊馬類與蠕類等，但在台灣僅黑豆蚜與豆莢螟有以長豇豆為寄主的研究報告 (Liao & Lin 2000; Kuo & Chen 2004)，而長豇豆上薊

馬的種類則無正式調查紀錄，僅於防治資料上提到有花薊馬 [*Thrips hawaiiensis* (Morgan)]、南黃薊馬 (*Thrips palmi* Karny) 與豆花薊馬 [*Megalurothrips usitatus* (Bagnall)] 等。相較於其他長豇豆害蟲可在發生初期就被察覺，薊馬的危害通常是農民在採收長豇豆時發現豆莢外表皮褐化且粗糙，才察覺長豇豆被薊馬危害，因此農民常採取高頻度的藥劑防治，希望能降低薊馬的危害風險。如此不但提高了農藥的使用量，也增加薊馬發生抗藥性的風險，所以建立長豇豆上薊馬類的綜合管理 (integrated pest management; IPM) 有其必要性。

IPM 是目前農業生產中減少化學農藥使用的核心工作，主要目的是當蟲害密度到達經濟

投稿日期：2020 年 9 月 9 日；接受日期：2021 年 6 月 7 日。

* 通訊作者：hslai@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所助理研究員。台灣 高雄市。

² 農委會農業試驗所應用動物組研究員。台灣 台中市。

閾值 (economic threshold) 時才進行害蟲化學農藥防治，進而減少農藥的使用 (Silva *et al.* 2017)。取樣計畫 (sampling plan) 是 IPM 重要的組成，利用取樣計畫能早期發現且持續監測有害生物族群變動 (Abdullah *et al.* 2015; Espinoza *et al.* 2016)。一個標準化的取樣計畫須包括取樣單位、取樣技術與固定數量的樣本 (Silva *et al.* 2017)。

薊馬具個體小、善躲藏於緊密縫隙與族群高度聚集等特點，這些特點會影響取樣技術的準確度 (accuracy) 與精密度 (precision)，因此使用者應取決於取樣目的、可用資源與所需要的精密度來選擇薊馬的取樣計畫 (Sutherland & Parrella 2011)。常見於薊馬絕對族群密度估算的取樣技術有液體清洗法、敲擊法與驅除收集法等，在薊馬相對族群密度估算則有利用掃網取樣或顏色黏板誘集取樣 (Lewis 1973; Southwood 1995)。絕對族群密度估算可以計算薊馬若蟲與成蟲的數量，作為整體防治決策研究的依據，但是取樣時會容易造成植物損傷，甚至影響產量，因此在商業上使用需針對不同作物分別考量 (Cho *et al.* 1998; Allan & Gillett-Kaufman 2018)，且絕對族群估算在田間實際執行非常耗費時間與人力，因此並不廣泛使用於田間害蟲管理上 (Pedigo 1999)。利用黏板誘集薊馬則不會造成植物損傷，但黏板上的薊馬數量僅能代表調查時間內薊馬成蟲的數量，因此適合作為監測薊馬早期入侵與施藥時機的指標 (Lewis 1997; Allan & Gillett-Kaufman 2018)。

為改善目前長豇豆園內高頻度施藥防治薊馬類的情形，因此須建立取樣計畫以提供農民施藥防治薊馬類的依據。本研究目的在於利用黏板建立長豇豆園內薊馬類取樣計畫，以提供農民監測薊馬早期入侵與判斷施用藥劑防治薊馬的時機。第一調查台灣南部長豇豆園內花朵中薊馬的種類。第二為了降低農民對採花或採葉可能影響長豇豆產量的疑慮，所以選擇黏板誘集作為長豇豆園內薊馬類的取樣技術，為評估適合作為調查薊馬類數量的顏色黏板，因此測試長豇豆園內薊馬類對不同顏色的偏好。第三以薊馬偏好的顏色黏板大面積調查長豇豆園內的薊馬類成蟲，評估其分散情形。第四估算

出長豇豆園內利用黏板調查薊馬成蟲所需要的黏板數量，完成長豇豆園內薊馬標準化取樣計畫。希冀未來能提供作為判斷長豇豆園內以藥劑防治薊馬類的時機，成為建構長豇豆上薊馬綜合管理的基礎。

材料與方法

長豇豆花內薊馬種類與數量

2013 年 4 月分別選擇屏東縣里港鄉與高雄市美濃區各一處長豇豆田區，在長豇豆開花期進行採花調查，每隔 7 d 採樣一次，連續採樣 3 次。每次於田區內隨機採 60 朵長豇豆花朵，分別以封口袋攜回實驗室。將薊馬浸泡於 75% 的酒精中保存，製作簡易玻片標本於光學顯微鏡下鑑定薊馬成蟲種類，並計算每朵花內的不同薊馬種類成蟲數量。以 SPSS 10.0 for Windows 統計軟體進行非成對學生氏 *t* 檢定 (unpaired Student's *t*-test)，檢定每次取樣同一田區每朵花內兩種薊馬成蟲數量是否有顯著性差異 ($P < 0.05$)。

薊馬對顏色的偏好

分別於 2013 年 8 月至 9 月與 2013 年 11 月至 2014 年 1 月在里港長豇豆田區，以及 2014 年 1 月至 3 月與 2015 年 3 月至 5 月在美濃長豇豆田區進行試驗。在長豇豆開花初期即於田區隨機選擇 4 個試驗點，即為 4 重複。於每一個試驗點棚架頂部之尼龍網分別懸掛黃色、藍色、綠色與白色黏板 (高冠企業股份有限公司，台灣南投市) 各一張，每張黏板大小為 10.7 cm × 15.0 cm，黏板間距離為 35 cm，圍成一正方形。每隔 7 d 收集與更換黏板，黏板以封口袋固定攜回實驗室，於實體顯微鏡下鏡檢，並計算每張黏板上薊馬數量。若各處理的變方 (S^2) 遠大於平均值 ($\bar{x}$)，則將不同顏色黏板所誘集到的薊馬數據做平方根轉換 ($\sqrt{x + 0.5}$)，以穩定數據的變方 (Wang *et al.* 2011)。之後進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，若有顯著性差異 ($P < 0.05$)，則再以最小顯著差異性測驗 (least significant difference test; LSD) 進行事後檢定，分析各處理間的差異顯著性 ($P < 0.05$)，並以 SigmaPlot 10.0 軟體繪圖。

誘捕薊馬效能

分別於 2015 年 3 月至 5 月 (A 區)、5 月至 6 月 (B 區)、6 月至 7 月 (C 區) 與 10 月至 11 月 (D 區) 在高雄市美濃區的長豇豆田區進行試驗。在長豇豆開花初期懸掛黏板，每張黏板大小為 $10.7\text{ cm} \times 15.0\text{ cm}$ ，每張黏板間距離 10 m，將前項顏色偏好試驗中薊馬最偏好的兩種顏色 (藍色和黃色) 分別隔行懸掛，A 區兩種顏色黏板各懸掛 28 張，B 區各懸掛 18 張，C 區各懸掛 18 張，D 區各懸掛 14 張。每隔 7 d 收集與更換黏板，黏板以封口袋固定攜回實驗室，於實體顯微鏡下計算每張黏板上的薊馬數量。以 SPSS 10.0 for Windows 統計軟體進行非成對學生氏 t 檢定，檢定每次試驗兩種顏色黏板所誘得的蟲數是否有顯著性差異 ($P < 0.05$)，圖則是以 SigmaPlot 10.0 軟體繪製。

黏板上薊馬的空間分布

於長豇豆開花初期在棚架頂端之尼龍網懸掛藍色黏板，每張黏板大小為 $10.7\text{ cm} \times 15.0\text{ cm}$ ，每張黏板間距離為 10 m，每隔兩行懸掛黏板。每隔 7 d 收集並更換黏板，直至採收期結束。2013 年 3 月至 5 月於屏東縣里港鄉 A1 田區 ($2,100\text{ m}^2$) 懸掛 35 張黏板，6 月至 7 月於屏東縣里港鄉 A2 田區 ($1,260\text{ m}^2$) 懸掛 21 張黏板，8 月至 9 月於屏東縣里港鄉 A3 田區 ($1,500\text{ m}^2$) 懸掛 25 張黏板，2015 年 5 月至 6 月於高雄市美濃區 B1 田區 ($1,080\text{ m}^2$) 懸掛 18 張黏板，6 月至 7 月於高雄市美濃區 B2 田區 ($1,080\text{ m}^2$) 懸掛 18 張黏板，10 月至 11 月於高雄市美濃區 B3 田區 (840 m^2) 懸掛 14 張黏板。黏板以封口袋固定後攜回實驗室，於實體顯微鏡下計算每張黏板上薊馬數量，所收集的薊馬數據以 Taylor's power law 分析黏板誘捕薊馬在 6 處長豇豆園內的空間分布。

Taylor (1961) 提出 Taylor's power law 來說明昆蟲與其他動物物種在空間的分布型式，方程式為： $S^2 = am^b$ 。 S^2 為樣本變方， m 為樣本均值， a 值是與樣本大小有關的尺度因子， b 值為物種聚集指數。 b 值大於 1 表示物種為聚集型 (clumped)， b 值小於 1 為均勻型 (uniform)， b 值等於 1 為隨機型 (random)。通過對數轉換，以 $\log(S^2) = \log(a) + b \log(m)$ 線性

迴歸來估算上述係數。藉由雙尾學生氏 t 檢定檢測分散指數 (b) 是否為 1， $t = (b - 1)/SE_b$ ，其中 SE_b 為斜率的標準誤差。計算出來的 t 值在自由度 $n - 2$ 及 $\alpha = 0.05$ 的 t 臨界值相比較，如果計算的 $t < t$ 臨界值，則將接受虛無假設 ($b = 1$)，表示空間分布為隨機型。若計算出的 $t > t$ 臨界值，則虛無假設被拒絕；若 $b > 1$ ，則為聚集型，而 $b < 1$ ，則為均勻型 (Tesfaye *et al.* 2016)。

最適設置之黏板數

最適取樣之樣本數是指可以滿足取樣目的並達到估算精密度期望值的樣本數，其精密度 (precision level; D) 以相對變異 (relative variation) 來表示，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 (Sutherland & Parrella 2011)。利用 Taylor's power law 導出的需求樣本數的算式為： $N = \frac{am^{b-2}}{D^2}$ ，其中 N 為所需要的樣本數， m 為平均值， a 和 b 則是來自 Taylor's power law 的迴歸方程式 (Cochran 1977)。

將 Taylor's power law 分析 6 處長豇豆田區所得的 a 值與 b 值，分別代入需求樣本數公式，估算 D 值分別為 0.10、0.15 與 0.25 時所需的最適設置之黏板數，利用 SigmaPlot 10.0 軟體分別繪製 6 處長豇豆田區在每週每張黏板不同薊馬數量與所需黏板數量的關係曲線圖。考慮可接受的誤差與實際取樣工作量，田間取樣估算時 D 值多數設為 0.25 (Southwood 1995)，因此當 D 值為 0.25，將每週每張黏板上薊馬平均數量設為 10、20 與 30 隻時，估算 6 處長豇豆田區所需黏板數量。

結果

長豇豆花內薊馬種類與數量

於里港與高雄美濃所採到的長豇豆花內薊馬種類，經鑑定為豆花薊馬 [*Megalurothrips usitatus* (Bagnall)] 與台灣花薊馬 [*Frankliniella intonsa* (Trybom)]。數量調查結果如表 1，里港的長豇豆田區第一次採花所得薊馬平均數量為 3.3

± 3.7 隻，其中台灣花薊馬 3.2 ± 3.6 隻顯著多於豆花薊馬 0.1 ± 0.2 隻 ($t = -6.79$, $df = 118$, $P < 0.05$)。第二次採花的薊馬平均數量為 6.4 ± 5.6 隻，其中台灣花薊馬 6.4 ± 4.6 隻顯著多於豆花薊馬 0.2 ± 0.5 隻 ($t = -10.23$, $df = 118$, $P < 0.05$)。第三次採花的薊馬平均數量為 6.4 ± 4.9 隻，其中台灣花薊馬 5.9 ± 4.6 隻顯著多於豆花薊馬 0.5 ± 0.8 隻 ($t = -8.88$, $df = 118$, $P < 0.05$)。美濃第一次採花的薊馬平均數量為 1.3 ± 1.5 隻，台灣花薊馬 0.6 ± 1.1 隻與豆花薊馬 0.7 ± 0.9 隻上沒有顯著差異 ($t = 0.37$, $df = 118$, $P = 0.71$)。第二次採花的薊馬平均數量為 1.3 ± 2.0 隻，其中豆花薊馬 0.9 ± 1.7 隻顯著多於台灣花薊馬 0.4 ± 0.7 隻 ($t = 2.52$, $df = 118$, $P < 0.05$)。第三次採花的薊馬平均數量為 1.5 ± 1.6 隻，其中豆花薊馬 1.2 ± 1.3 隻顯著多於台灣花薊馬 0.4 ± 0.6 隻 ($t = 4.41$, $df = 118$, $P < 0.05$)。

薊馬對顏色的偏好

2013 年 8 月至 9 月於里港調查結果如圖 1A，在 8 次調查中，8 月 8 日與 8 月 29 日所調查 4 種顏色黏板誘集的薊馬平均蟲數分別為 1.0–3.0 與 0.5–6.0 隻之間，經轉換後分析，4 種顏色間沒有顯著性差異，而其餘 6 次調查中，則是 4 種顏色所誘得薊馬數量經轉換後分析，均有顯著性差異。但是 8 月 15 日與 9 月 5 日藍色黏板與黃色黏板所誘得薊馬數量經轉換後分析，兩者沒有顯著差異。2013 年 11 月至 2014 年 1 月於里港調查結果如圖 1B，在 8 次調查中除了 12 月 4 日黃色黏板與藍色黏板所誘得薊馬數量經轉換後分析，兩者沒有顯著

性差異外，其他 7 次調查皆為藍色黏板誘集蟲數多於其他顏色黏板，經轉換後分析，與其他顏色間有顯著性差異。2014 年 1 月至 3 月於美濃調查結果如圖 1C，在 8 次調查中，4 種顏色所誘得薊馬數量經轉換後分析，均有顯著性差異，但是 1 月 29 日、2 月 26 日、3 月 5 日與 3 月 12 日藍色黏板與黃色黏板所誘得薊馬數量經轉換後分析，兩者沒有顯著性差異。2015 年 3 月至 5 月於美濃調查結果如圖 1D，在 8 次調查中，4 種顏色所誘得薊馬數量經轉換後分析，均有顯著性差異，但是 3 月 26 日與 4 月 2 日藍色黏板與黃色黏板所誘得薊馬數量經轉換後分析，兩者沒有顯著性差異。

誘捕薊馬效能

由前項顏色偏好試驗中得知，黃色黏板與藍色黏板為長豇豆園內薊馬類偏好的 2 種顏色，長豇豆 A 區調查結果如圖 2A，在 8 次調查中，藍色黏板的薊馬數量皆顯著高於黃色黏板，其中 4 月 15 日數量相差 2.5 倍為最少，5 月 6 日相差 53.6 倍為最多。長豇豆 B 區調查結果如圖 2B，6 次調查中藍色黏板的薊馬數量皆顯著高於黃色黏板，其中 5 月 20 日數量相差 2.4 倍為最少，5 月 28 日數量相差 18.4 倍為最多。長豇豆 C 區調查結果如圖 2C，5 次調查中藍色黏板的薊馬數量皆顯著高於黃色黏板，其中 7 月 1 日相差 3.6 倍為最少，6 月 17 日相差 7.0 倍為最多。長豇豆 D 區調查結果如圖 2D，7 次調查中，除了 10 月 7 日與 10 月 15 日 2 種顏色黏板誘得薊馬蟲數沒有差異 ($t = 1.78$, $df = 26$, $P > 0.05$, $t = 1.83$, $df = 26$, $P > 0.05$) 外，其餘 5 次

表 1. 2013 年 4 月分別於里港和美濃採集 3 次長豇豆花內豆花薊馬與台灣花薊馬的平均數量。

Table 1. Number of adult *Megalurothrips usitatus* and *Frankliniella intonsa* in the flower of yardlong bean collected for three times in Ligang, Pingtung County, and Meinong, Kaohsiung City in April 2013, respectively.

Taxa	Number of adult thrips in flower (Mean $\pm$ SD)					
	1 st		2 nd		3 rd	
	Ligang	Meinong	Ligang	Meinong	Ligang	Meinong
<i>Megalurothrips usitatus</i>	0.1 ± 0.2 b ^z	0.7 ± 0.9 a	0.2 ± 0.5 b	0.9 ± 1.7 a	0.5 ± 0.8 b	1.2 ± 1.3 a
<i>Frankliniella intonsa</i>	3.2 ± 3.6 a	0.6 ± 1.1 a	6.2 ± 4.6 a	0.4 ± 0.7 b	5.9 ± 4.6 a	0.4 ± 0.6 b
Total	3.3 ± 3.7	1.3 ± 1.5	6.4 ± 5.6	1.3 ± 2.0	6.4 ± 4.9	1.5 ± 1.6

^z Means following different letters in same column are significantly different (unpaired Student's *t*-test at $P < 0.05$).

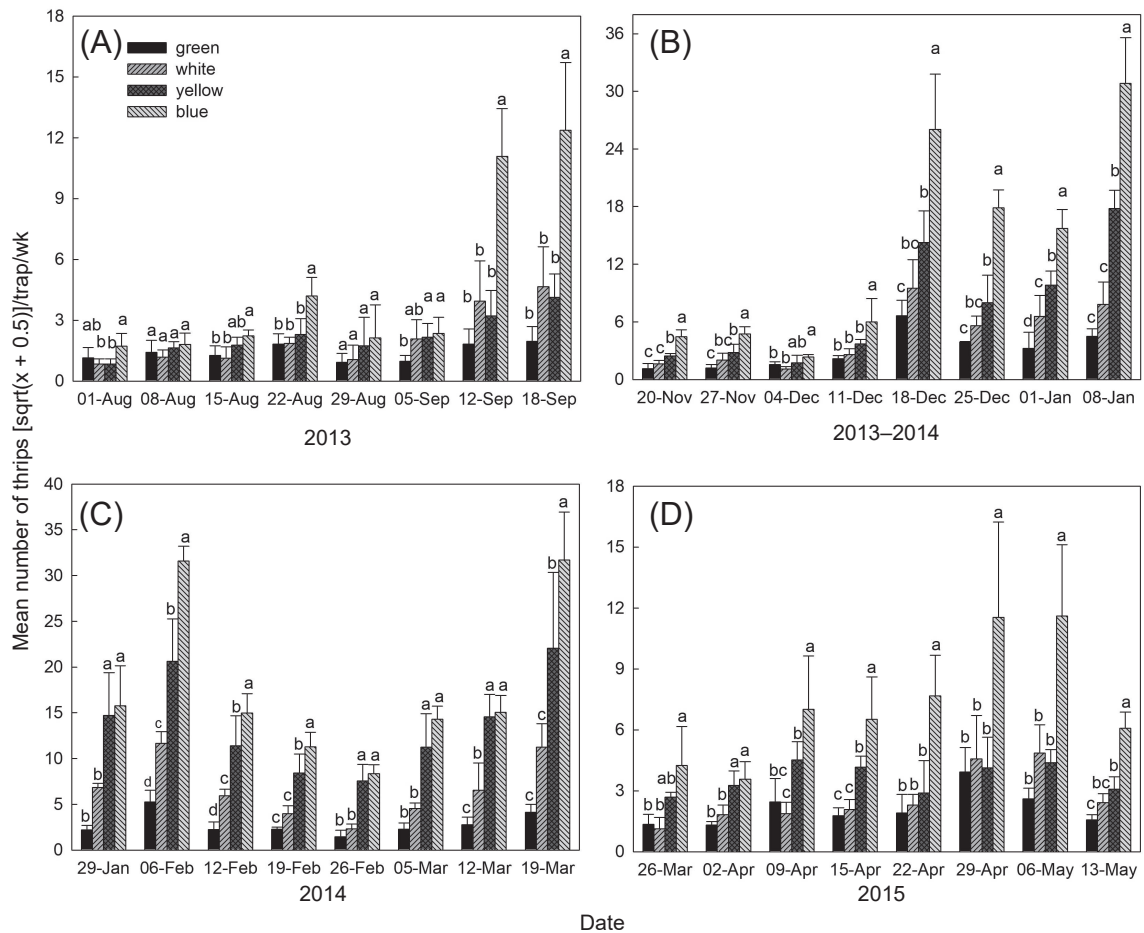


圖 1. 4 種顏色黏板在 4 處長豇豆園內薊馬的誘引能力。

Fig. 1. Attractiveness of four colors sticky trap to thrips in 4 yardlong bean farms.

Means within a panel with different letters are significantly different (least significant difference test at $P < 0.05$).

藍色黏板的薊馬數量皆顯著高於黃色黏板，其中 10 月 15 日相差 1.8 倍為最少，11 月 4 日相差 6.6 倍為最多，同時在 10 月 1 日的結果發現，當黃色黏板尚未誘集到任何薊馬成蟲時，藍色黏板已經誘捕到薊馬成蟲。

黏板上薊馬的空間分布

將 6 處長豇豆田區每週藍色黏板上所誘得薊馬數量，以對數形式的 Taylor's power law 進行迴歸，所得 a 值、 b 值與 R^2 值如表 2。里港 A1 區迴歸方程式為 $\log(S^2) = \log(0.79) + 1.67 \log(m)$ ， t 值為 $14.64 > t_{0.01/2,10} = 3.169$ 。里港 A2 區迴歸方程式為 $\log(S^2) = \log(1.54) + 1.63 \log(m)$ ，

t 值為 $4.15 > t_{0.01/2,5} = 4.032$ 。里港 A3 區迴歸方程式為 $\log(S^2) = \log(0.45) + 1.92 \log(m)$ ， t 值為 $8.81 > t_{0.01/2,5} = 4.032$ 。美濃 B1 區迴歸方程式為 $\log(S^2) = \log(1.13) + 1.73 \log(m)$ ， t 值為 $9.98 > t_{0.01/2,4} = 4.604$ 。美濃 B2 區迴歸方程式為 $\log(S^2) = \log(1.16) + 1.81 \log(m)$ ， t 值為 $10.48 > t_{0.01/2,3} = 5.841$ 。美濃 B3 區迴歸方程式為 $\log(S^2) = \log(1.29) + 1.75 \log(m)$ ， t 值為 $8.46 > t_{0.01/2,5} = 4.032$ 。6 處長豇豆田區經 Taylor's power law 分析後，黏板上薊馬在長豇豆田區內的空間分布皆為聚集型。

最適設置之黏板數

將 6 個田區利用 Taylor's power law 對數

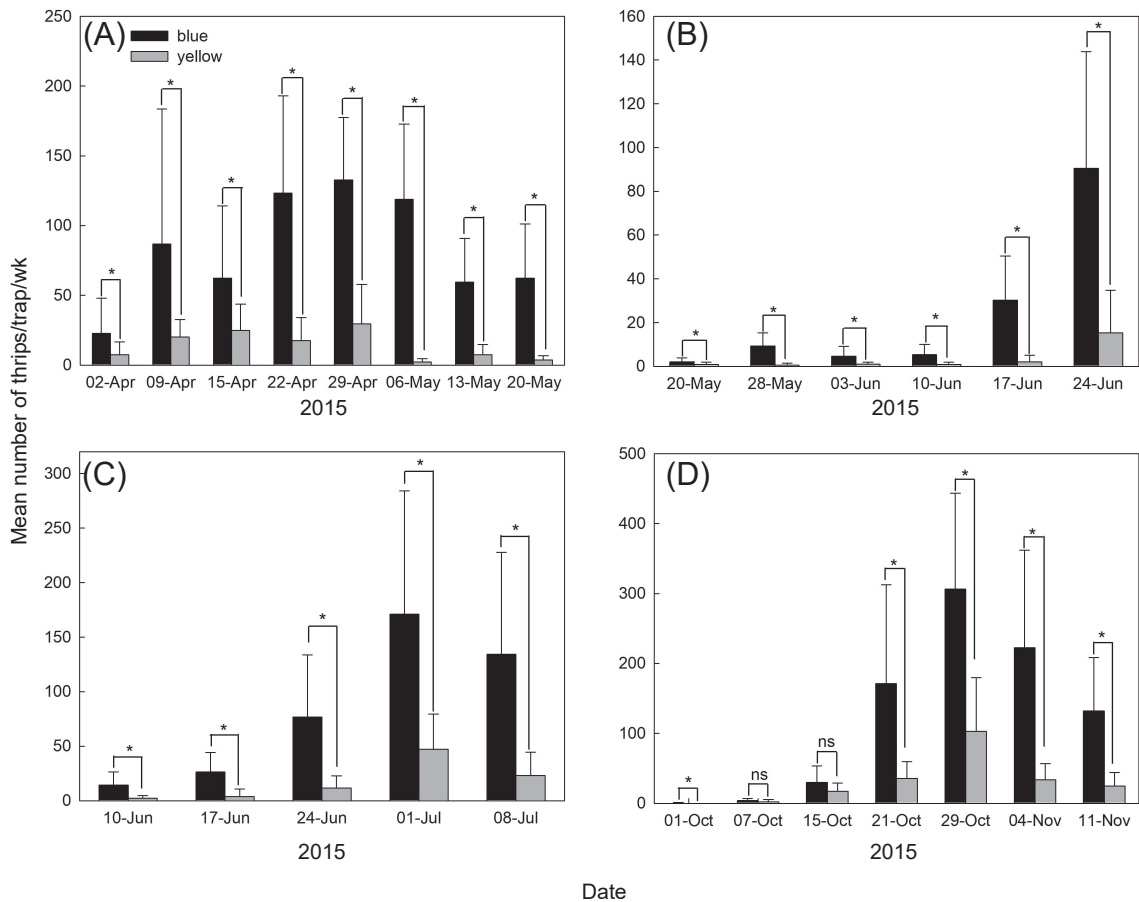


圖 2. 藍色黏板與黃色黏板在 4 處長豇豆園內對薊馬的平均捕獲數量。

Table 2. Mean captures of thrips on blue sticky traps and yellow sticky traps in 4 yardlong bean farms. Asterisks indicate significant differences (unpaired Student's *t*-test at $P < 0.05$); ns indicates no significant difference was detected.

表 2. 針對 6 處長豇豆園內藍色黏板上的薊馬數量估算 Taylor's power law 參數。

Table 2. The Taylor's power law parameters estimated for the number of thrips on the blue sticky trap derived from 6 yardlong bean farms^z.

Location [farm size (m ²)]	Traps/farm	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>SE_b</i>	<i>R</i> ²	<i>t</i>	<i>P</i>
Ligang A1 (2,100)	35	12	0.79	1.67	0.044	0.99	14.64	< 0.001
Ligang A2 (1,260)	21	7	1.54	1.63	0.153	0.96	4.15	< 0.001
Ligang A3 (1,500)	25	7	0.45	1.92	0.104	0.99	8.81	< 0.001
Meinong B1 (1,080)	18	6	1.13	1.73	0.073	0.99	9.98	< 0.001
Meinong B2 (1,080)	18	5	1.16	1.81	0.081	0.99	10.48	< 0.001
Meinong B3 (840)	14	7	1.29	1.75	0.089	0.99	8.46	< 0.001

^z *n* is number of data points, *b* is aggregation coefficient or slope, *R*² is regression coefficient of $\log(m)$ vs. $\log(s^2)$, *t* is *t* value calculated to test $H_0: b = 1$. All *b* values were significantly > 1 indicating aggregated dispersion patterns.

形式迴歸分析所得 a 值與 b 值，分別代入取樣數估算公式，精密度 (D) 設為 0.10、0.15 與 0.25。結果如圖 3，若以每週每張黏板上平均薊馬數量 10 隻為標準，在里港 A1 區分別需要 34.1、15.1 與 5.5 張黏板；在里港 A2 區分別需要 66.5、29.6 與 10.6 張黏板；在里港 A3 區則分別需要 36.9、16.4 與 5.9 張黏板；在美濃 B1 區分別需要 59.9、26.6 與 9.6 張黏板；在美濃 B2 區分別需要 75.2、33.4 與 12.0 張黏板；在美濃 B3 區則分別需要 72.7、32.3 與 11.6 張黏板。

當精密度設為 0.25，每週每張黏板誘得的薊馬平均數量分別為 10、20 與 30 隻時，所需黏板數量如表 3。里港 A1 區所需的黏板數依序分別為 5.5、4.2 與 3.7 張；里港 A2 區所需的黏板數依序分別為 10.6、8.3 與 7.1 張；里港 A3 區所需的黏板數依序分別為 5.9、5.6 與 5.4 張；美濃 B1 區所需的黏板數依序分別為 9.6、7.9 與 7.1 張；美濃 B2 區所需的黏板數依序分別為 12.0、10.5 與 9.8 張，美濃 B3 區所需的黏板數依序分別為 11.6、9.8 與 8.9 張。每週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。

討論

台灣南部的里港與美濃為長豇豆主要產地，常見以口字架作為其生長的支架，當春季至秋季所種植的長豇豆進入開花期，約 1–1.5 個月後長豇豆植株會布滿整個口字架，造成植株生長空間受到限制，而進入採收期後期。由於本研究未觀察到長豇豆葉片受到薊馬危害的情形，因此僅於開花高峰期 1 個月內每隔 7 d 連續採花調查 3 次，記錄每朵長豇豆花內的薊馬種類與數量。結果顯示台灣南部長豇豆花內常見的薊馬種類是台灣花薊馬與豆花薊馬，與其他國家在豇豆上的薊馬種類有所差異。Qiu *et al.* (2017) 指出中國海南豇豆園區內除了豆花薊馬為優勢薊馬種類，還有台灣花薊馬、南黃薊馬與花薊馬。在西非是以非洲豆

薊馬 [*Megalurothrips sjostedti* (Trybom)] 為主，其危害豇豆花芽與花朵造成壞死或脫落 (Ngakou *et al.* 2008)。在美國中南部則是菸草花薊馬 [*Frankliniella fusca* (Hinds)] 為主，其危害豇豆葉片導致葉片捲曲黃化影響豇豆產量 (Jones *et al.* 2009)。在印度部分地區則是蔥薊馬 (*Thrips tabaci* Lindeman) 導致豇豆大量減產 (Muchero *et al.* 2010)。

在里港與美濃的長豇豆田區內豆花薊馬與台灣花薊馬的數量多寡有差異，但隨著開花數量的增加，豆花薊馬的平均數量在美濃或里港地區都有上升的趨勢 (如表 1)。在里港的 3 次調查中，長豇豆花內台灣花薊馬的數量明顯高於豆花薊馬，推測可能與里港的長豇豆園區周圍通常為種絲瓜、胡瓜、苦瓜與茄子等作物有關，這些作物皆為台灣花薊馬的寄主，因此在台灣花薊馬遷移時容易擴散至長豇豆上，導致台灣花薊馬成為該地長豇豆花內主要的薊馬種類。相較之下，美濃的長豇豆花內則是豆花薊馬的數量高於台灣花薊馬，推測可能與美濃的長豇豆園周圍或前期作物通常是種植敏豆、紅豆或大豆等有關，這些作物皆為豆花薊馬的寄主，導致豆花薊馬成為該地長豇豆花內主要的薊馬種類。

本研究在台灣南部長豇豆田間僅調查到豆花薊馬與台灣花薊馬，但是由於其他國家的豇豆有被不同薊馬種類危害的情形，推測台灣的長豇豆可能有被其他薊馬種類危害的風險，尤其是取食葉片的薊馬類。如果危害花朵與危害葉片的薊馬同時發生時，農民在田間不容易分別取樣監測，因此本研究規劃適合於長豇豆園內薊馬類的取樣計畫以方便農民使用。評估薊馬存在與族群密度常用的方法是摘花取樣，與黏板誘集薊馬相比，摘花取樣更能估算薊馬密度，花朵樣本可以觀察到薊馬幼蟲與成蟲，而黏板只能採樣到薊馬成蟲，但摘花取樣的缺點在於作物未開花期不容易監測到薊馬，此時黏板可以在植物不同生長階段輔助監測薊馬數量 (Ugine *et al.* 2011)。薊馬在作物上的活動受到環境溫度影響，尤其是薊馬成蟲的活

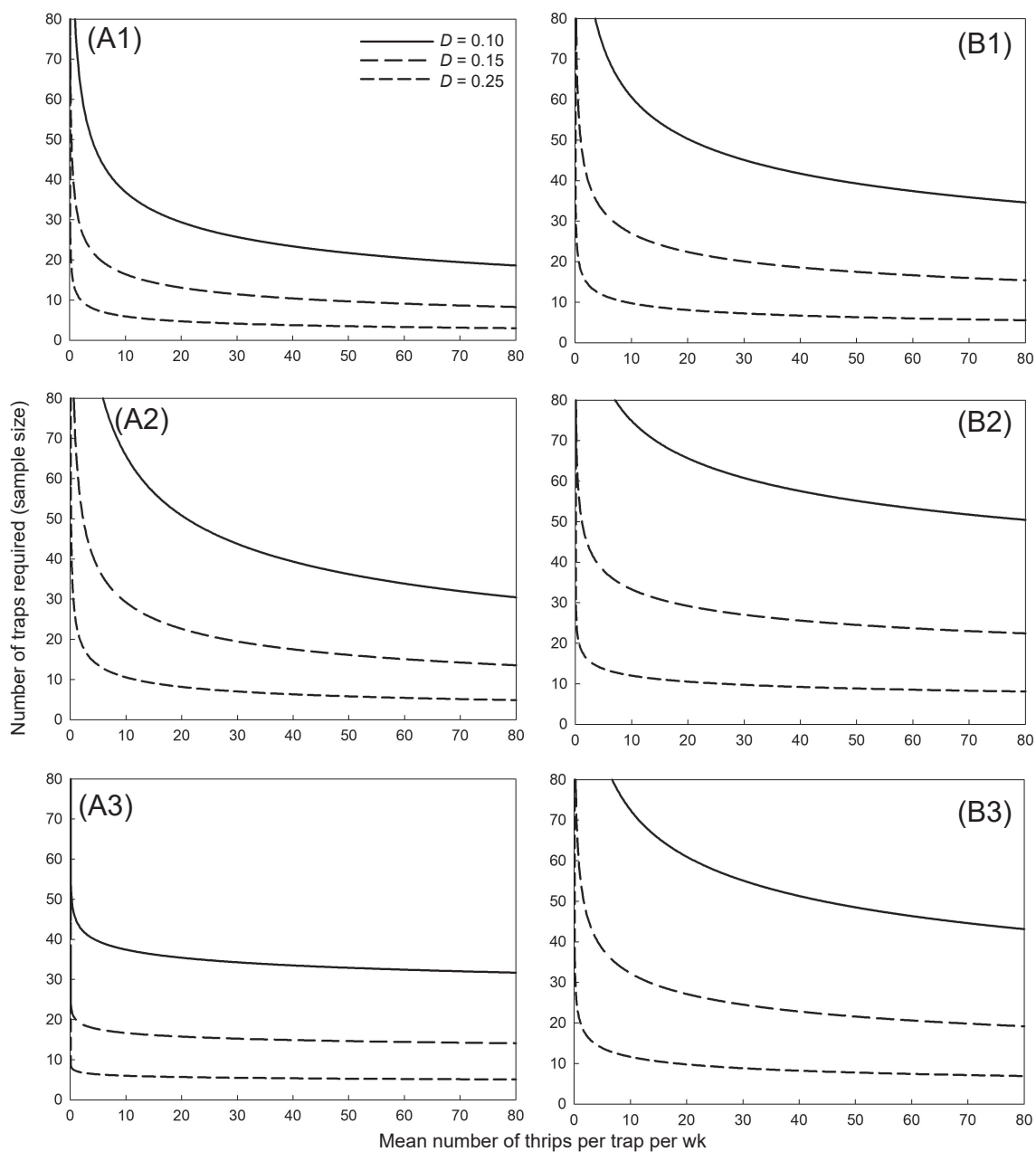


圖 3. 6 處長豇豆園中每週每張藍色黏板薊馬數量與在不同精密度下 (精密度 0.10、0.15 與 0.25) 所需的黏板數量之關係。

Fig. 3. Relationship between the mean number of thrips per blue sticky trap weekly and the number of traps required (sample size) for the precision level ($D = 0.10, 0.15$ and 0.25) in 6 yardlong bean farms.

動 (Aliakbarpour & Rawi 2010)，因此摘花或摘葉取樣調查薊馬族群可能會因當時環境條件的不同而差異，而黏板誘集是調查 1 wk 或是

更長時間內薊馬成蟲數量，誘引數量較不易受到短時間環境因子的影響 (Steiner & Goodwin 2005)。以往黏板昆蟲數量計算以人工計數為

表 3. 6 處長豇豆園內在每週每張黏板薊馬數量為 10、20 及 30 隻時所需黏板數量 (精密度 0.25)。

Table 3. Number of sticky traps required (sample size) at the precision level ($D = 0.25$) when the mean number of thrips per trap per week is 10, 20 and 30 in 6 yardlong bean farms.

Location [farm size (m ²)]	Estimated number of sticky traps hung when different number of thrips per trap weekly		
	10	20	30
Ligang A1 (2,100)	5.5	4.2	3.7
Ligang A2 (1,260)	10.6	8.3	7.1
Ligang A3 (1,500)	5.9	5.6	5.4
Meinong B1 (1,080)	9.6	7.9	7.1
Meinong B2 (1,080)	12.0	10.5	9.8
Meinong B3 (840)	11.6	9.8	8.9

主，雖然有提出各種替代計數策略來減少計數的工作量與時間，但是目前已經開發自動計數的有害生物辨識系統，將能大幅提升計算黏板害蟲數量的效率與提供非專業人員於田間運用 (Espinoza *et al.* 2016)。

有色黏板是一種快速且高經濟效率的監測薊馬族群工具，不同種類的薊馬會被不同顏色所誘集，而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，表明黏板對薊馬監測的有效性 (Muvea *et al.* 2014)。薊馬成蟲對不同顏色黏板的反應可能因薊馬種類、覓食行為、作物種類、懸掛高度與日光照射而有不同 (Allan & Gillett-Kaufman 2018)。本研究中，相較於黃色、白色與綠色，藍色在長豇豆園內誘捕的薊馬數量最多 (圖 1)，此結果與 Tang *et al.* (2016) 在中國海南長豇豆園的試驗相同。Chang (1990) 在屏東紅豆田以水盤調查指出豆花薊馬偏好藍色。台灣花薊馬在草莓、苦瓜、華南忍冬與豌豆上皆偏好藍色 (Seo *et al.* 2006; Ou *et al.* 2012; Chen *et al.* 2017; Pobozniak *et al.* 2020)，但是 Mao *et al.* (2018) 指出台灣花薊馬在種植於溫室內的豇豆上偏好白色黏板。其他國家的豇豆會被南黃薊馬或花薊馬 [*Thrips hawaiiensis* (Morgan)] 危害 (Qiu *et al.* 2017)，而南黃薊馬與花薊馬是在台灣作物上常見的薊馬種類，兩者皆是藍色黏板誘捕數量高於黃色黏板 (Chiu & Wu 1993; Chen 2000)。

由不同時間點進行 4 種顏色誘捕薊馬的結果中，發現有部分時段藍色黏板所誘得蟲數與黃色黏板差異不顯著 (圖 1)，因此選擇藍色黏

板與黃色黏板進行田間誘捕效果評估。為降低長豇豆種植時間、周圍作物種類或環境因子對長豇豆園內薊馬種類與數量的影響，造成長豇豆園內薊馬類對顏色的偏好有所差異，因此 2015 年選擇 4 個不同的田區與不同的開花時間點，評估黃色黏板與藍色黏板誘捕整個長豇豆園內薊馬數量的效果。發現不管長豇豆是在哪一個田區或哪一個時間點開花，以及薊馬的族群數量多寡，藍色黏板的誘捕效果顯著高於黃色黏板 (圖 2)。由此可知，藍色黏板是誘捕長豇豆園內薊馬類較佳的顏色。此結果與 Qiu *et al.* (2015) 在中國海南豇豆園內豆花薊馬顏色偏好試驗的結果相同，而 Tang *et al.* (2016) 的研究更指出藍色黏板所捕獲的薊馬數量與花朵解剖樣本中薊馬的數量具高度的相關性。黃色黏板是廣泛使用於田間害蟲監測的工具，包括粉蟲、蚜蟲、潛蠅、果實蠅類與部分薊馬等 (Pinto-Zevallos & Vanninen 2013)，但是在本研究中發現黃色黏板對台灣南部長豇豆園內薊馬的誘捕效率不高。Tang *et al.* (2016) 更指出黃色黏板對豇豆園內有益昆蟲的誘引能力更勝於藍色黏板，因此藍色黏板較適合用於誘殺與監測長豇豆園內薊馬類的工具。

空間分布是物種最典型的生態特性之一，通常以聚集指標來作為判斷的依據，聚集指標是以變方 (variance) 與平均值 (mean) 為基礎發展，Taylor's power law 為其中之一 (Taylor 1984)。本研究為降低種植時間、種植地點、種植面積與環境因子對薊馬空間分布的影響，選擇不同的 6 塊田區進行試驗調查。以 Taylor's power law 分析 6 處不同面積的長豇豆田

區利用藍色黏板誘集薊馬成蟲的數據，6 個迴歸方程式的 R^2 值皆達到 0.96 以上，表示 Taylor's power law 能描述 6 處長豇豆園內藍色黏板誘得薊馬數量經過統計後之變方與平均值的相關性。6 個迴歸方程式的 b 值皆顯著大於 1，表示以黏板誘得薊馬成蟲在長豇豆園內為聚集型 (表 2)，並且種植時間、地點、面積與環境因子等因素並未影響分布型式。Fan *et al.* (2013) 於中國海南長豇豆園內取花調查豆花薊馬的空間分布情形，指出無論是垂直空間或是水平空間薊馬均呈聚集分布，而 Chang (1992) 在紅豆開花期間豆花薊馬隨蟲數增加而呈聚集分布。

目前已有柑橘上亞洲柑橘木蝨、葡萄上葡萄粉介殼蟲與 grass pea 上豌豆蚜以黏板為主的取樣計畫 (Hall & Hentz 2010; Bahder *et al.* 2013; Tesfaye *et al.* 2016)。Steiner & Goodwin (2005) 指出黏板上的薊馬成蟲數量與前一週花朵內的成蟲數量有關，考慮決策可能出現嚴重的延遲，所以黏板須採取較少蟲數作為門檻。Tesfaye *et al.* (2016) 指出當取樣的基本單位是陷阱的數量，而不是植物或葉片的數量時，設置過多陷阱將不適合田間實際操作。使用黏板的目的是在於早期發現與持續監測 (Allan & Gillett-Kaufman 2018)，因此本研究先以之前田間實務經驗來估算早期發現與持續監測所需設置的黏板數量。若是將每週每張黏板上 10 隻薊馬做為早期發現的標準，而每週每張黏板 30 隻薊馬做為持續監測的標準。本研究中 6 處長豇豆田區在不同精密度下需要的黏板數估算如圖 3，6 處長豇豆園區的需要黏板數量曲線圖中，若所需每週每張黏板上的蟲數越少，則所需要的黏板數量就越多。當每週每張黏板上平均薊馬數量 10 隻，精密度 0.10 時 6 處長豇豆園區所需的黏板數量大約是精密度 0.25 時的 6 倍，因此在蟲害管理上精密度 0.25 為較能被農民所接受的工作負擔。在精密度 0.10 時，A1 區與 A3 區所需要的黏板數量低於另外 4 處，尤其在每週每張黏板上蟲數越少時越明顯，這可能與這兩處在 Taylor's power law 迴歸分析時 a 值小於 1 有關，其他 4 處則是大於 1 (表 2)。比較種植面積與需要的黏板數量，由表 3 可知，在精密度 0.25 與每週每

張黏板上 10 隻薊馬時，面積最大的 A1 區時，達到所需要的黏板數量為 5.5 張黏板，而面積最小的 B3 區卻高達 11.6 張黏板，面積相同的 B1 與 B2 田區則分別為 9.6 與 12.0 張黏板，表示田區面積與需要的黏板數並無明顯關係，薊馬在田間空間分布情形才是決定需要黏板數量的關鍵。

本研究中藍色黏板對於長豇豆園內薊馬類的誘捕能力高於其他顏色黏板，因此適合用於薊馬發生初期的監測以及長豇豆採收期誘殺薊馬成蟲。在美濃地區於冬季裡作種植紅豆與敏豆時，在長豇豆園外更需要懸掛藍色黏板以降低豆花薊馬初期入侵的蟲數，可延緩園內豆花薊馬嚴重發生的時間，降低化學農藥使用的頻率。在面積小於 2,000 m^2 的長豇豆園內，若以每週每張藍色黏板平均蟲數為 30 隻為藥劑防治施用標準，在精密度 0.25 時，則僅需在田區內隨機懸掛 10 張藍色黏板便足夠作為長豇豆園內薊馬類藥劑防治的依據。一個能被農民採用的取樣計畫須具有成本效益、時間效率、對使用者友善與準確度等特性 (Nansen *et al.* 2008; Ugine *et al.* 2011)。本研究利用少量的藍色黏板建立長豇豆園內薊馬類取樣計畫，不但具有監測薊馬成蟲族群變動的準確度，同時節省農民需要投入的成本與時間，而且收回黏板計算薊馬數量比大太陽下調查花朵內薊馬數量的操作，對農民更為友善，因此這個取樣計畫符合早期發現與持續監測的目的，以及農民田間實際使用的實用性。

引用文獻

- Abdullah, Z. S., B. P. Greenfield, K. J. Ficken, J. W. Taylor, M. Wood, and T. M. Butt. 2015. A new attractant for monitoring western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* in protected crops. SpringerPlus 4:89. doi:10.1186/s40064-015-0864-3
- Aliakbarpour, H. and C. S. M. Rawi. 2010. Diurnal activity of four species of thrips (Thysanoptera: Thripidae) and efficiencies of three nondestructive sampling techniques for thrips in mango inflorescences. J. Econ. Entomol. 103:631–640. doi:10.1603/ec09167
- Allan, S. A. and J. L. Gillett-Kaufman. 2018. Attraction of thrips (Thysanoptera) to colored sticky traps in

- a Florida olive grove. Fla. Entomol. 101:61–68. doi:10.1653/024.101.0112
- Bahder, B. W., R. A. Naidu, K. M. Daane, J. G. Millar, and D. B. Walsh. 2013. Pheromone-based monitoring of *Pseudococcus maritimus* (Hemiptera: Pseudococcidae) populations in Concord grape vineyards. J. Econ. Entomol. 106:482–490. doi:10.1603/ec12138
- Chang, C. M., F. J. Jan, and C. C. Su. 2018. Identification and characterization of phyllody phytoplasma associated with *Vigna sesquipedalis* in Taiwan. Taiwan Pestic. Sci. 4:53–67. (in Chinese with English abstract)
- Chang, N. T. 1990. Color preference of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in the adzuki bean field. Plant Prot. Bull. 32:307–316.
- Chang, N. T. 1992. Dispersion patterns of bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* (Bagnall), (Thysanoptera: Thripidae) on flowers of adzuki bean. Plant Prot. Bull. 34:41–53.
- Chen, J. Y., L. M. Niu, L. Li, D. Y. Han, F. P. Zhang, and Y. G. Fu. 2017. Field trapping effect of different colors sticky cards to *Frankliniella intonsa*. J. Environ. Entomol. 39:1169–1176. (in Chinese with English abstract) doi:10.3969/j.issn.1674–0858.2017.05.26
- Chen, M. C. 2000. Integrated pest management for *Thrips palmi* Karny on eggplant. Res. Bull. KDARES 11:9–21. (in Chinese with English abstract) doi:10.6958/RBKDAIS.200006.0009
- Chiu, H. L. and C. Y. Lin. 2015. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Germplasm Illustrations. Special Publication of TARI No. 190. Taichung, Taiwan. 95 pp. (in Chinese)
- Chiu, H. T. and M. Y. Wu. 1993. Attractiveness of color trap to *Thrips hawaiiensis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae) in the field. Formosan Entomol. 13:229–234. (in Chinese with English abstract) doi:10.6660/TESFE.1993022
- Cho, K., S. H. Kang, and J. O. Lee. 1998. Spatial distribution of thrips in greenhouse cucumber and development of a fixed-precision sampling plan for estimating population density. J. Asia-Pacific Entomol. 1:163–170. doi:10.1016/S1226-8615(08)60017-5
- Cochran W. G. 1977. Sampling Techniques. 3rd ed. John Wiley & Sons. New York, NY. 448 pp.
- Espinoza, K., D. L. Valera, J. A. Torres, A. López, and F. D. Molina-Aiz. 2016. Combination of image processing and artificial neural networks as a novel approach for the identification of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* on sticky traps in greenhouse agriculture. Comput. Electron. Agric. 127:495–505. doi:10.1016/j.compag.2016.07.008
- Fan, Y. M., X. L. Tong, L. J. Gao, M. Wang, Z. Q. Liu, Y. Zhang, and Y. Yang. 2013. The spatial aggregation pattern of dominant species of thrips on cowpea in Hainan. J. Environ. Entomol. 35:737–743. (in Chinese with English abstract)
- Hall, D. G. and M. G. Hentz. 2010. Sticky trap and stem-tap sampling protocols for the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). J. Econ. Entomol. 103:541–549. doi:10.1603/EC09360
- Jones, A. K., P. McLeod, and D. Steinkraus. 2009. Influence of cowpea planting date on tobacco thrips (Thysanoptera: Thripidae) abundance, within plant distribution, and foliar injury. J. Agric. Urban Entomol. 26:41–46. doi:10.3954/1523-5475-26.1.41
- Kuo, M. H. and C. Y. Chen. 2004. Development and population parameters of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae), at various constant temperatures. Formosan Entomol. 24:305–315. (in Chinese with English abstract) doi:10.6661/TESFE.2004027
- Lewis, T. 1973. Thrips: Their Biology, Ecology and Economic Importance. Academic. London, UK. 349 pp.
- Lewis, T. 1997. Pest thrips in perspective. p.1–13. in: Thrips as Crop Pests. (Lewis, T., ed.) CAB International. Wallingford, CT. 740 pp.
- Liao, C. T. and C. S. Lin. 2000. Occurrence of the legume pod borer, *Maruca testulalis* Geyer (Lepidoptera: Pyralidae) on cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) and its insecticides application trial. Plant Prot. Bull. 42:213–222.
- Mao, L., Y. Chang, F. Yang, L. Zhang, Y. Zhang, and H. Jiang. 2018. Attraction effect of different colored cards on thrips *Frankliniella intonsa* in cowpea greenhouses in China. Sci. Rep. 8:13603. doi:10.1038/s41598-018-32035-8
- Muchero, W., J. D. Ehlers, and P. A. Roberts. 2010. QTL analysis for resistance to foliar damage caused by *Thrips tabaci* and *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) feeding in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Mol. Breed. 25:47–56. doi:10.1007/s11032-009-9307-6
- Muvea, A. M., M. M. Waiganjo, H. L. Kutima, Z. Osie-mo, 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. doi:10.1017/S174275841400040X
- Nansen, C., W. G. Meikle, J. Campbell, T. W. Phillips, and B. Subramanyam. 2008. A binomial and species-independent approach to trap capture analysis of flying insects. J. Econ. Entomol. 101:1719–1728. doi:10.1603/0022-0493-101.6.1719

- Ngakou, A., M. Tamò, I. A. Parh, D. Nwaga, N. N. Ntonfor, S. Korie, and C. L. N. Nebane. 2008. Management of cowpea flower thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera: Thripidae), in Cameroon. *Crop Prot.* 27:481–488. doi:10.1016/j.cropro.2007.08.002
- Ou, S., F. Jian, G. Su, H. Shi, and X. Huang. 2012. Taxis of *Frankliniella intonsa* on *Lonicera confusa* to different colors and field control effect of sticky cards. *Plant Prot.* 38:174–177. (in Chinese with English abstract)
- Pedigo, L. P. 1999. *Entomology and Pest Management*. 3rd ed. Prentice-Hall Publishing. New York, NY. 691 pp.
- Pinto-Zevallos, D. M. and I. Vanninen. 2013. Yellow sticky traps for decision-making in whitefly management: What has been achieved? *Crop Prot.* 47:74–84. doi:10.1016/j.cropro.2013.01.009
- Pobozniak, M., K. Tokarz, and K. Musynov. 2020. Evaluation of sticky trap colour for thrips (Thysanoptera) monitoring in pea crops (*Pisum sativum* L.). *J. Plant Dis. Prot.* 127:307–321. doi:10.1007/s41348-020-00301-5
- Qiu H. Y., K. Liu, P. Li, B. L. Fu, and L. D. Tang. 2015. Comparison of attracting effect of cowpea flower thrips [*Megalurothrips usitatus* (Bagnall)] with yellow and blue sticky cards. *Chin. Horti. Abs.* 2015:50–52. (in Chinese with English abstract)
- Qiu, H. Y., B. L. Fu, L. D. Tang, J. Y. Chen, and K. Liu. 2017. Occurrence regularity of thrips in cowpea and evaluation of insecticides. *Chin. Agric. Sci. Bull.* 19:138–142. (in Chinese with English abstract) doi:10.11924/j.issn.1000-6850.casb16060144
- Seo, M. J., S. J. Kim, E. J. Kang, M. K. Kang, Y. M. Yu, M. H. Nam, S. G. Jeong, and Y. N. Youn. 2006. Attraction of the garden thrips, *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae), to colored sticky cards in a Nonsan strawberry greenhouse. *Korean J. Appl. Entomol.* 45:37–43. (in Korean with English abstract)
- Silva, A. R., N. Rodrigues-Silva, P. S. Pereira, R. A. Sarmiento, T. L. Costa, T. V. S. Galdino, and M. C. Picanço. 2017. Sampling plans for the thrips *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in three lettuce varieties. *J. Econ. Entomol.* 110:2490–2496. doi:10.1093/jee/tox288
- Southwood, T. R. E. 1995. *Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations*. 2nd ed. Chapman & Hall. London, UK. 524 pp.
- Steiner, M. Y. and S. Goodwin. 2005. Management of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), in hydroponic strawberry crops: Using yellow sticky traps to determine action thresholds. *Aust. J. Entomol.* 44:288–292. doi:10.1111/j.1440-6055.2005.00466.x
- Sutherland, A. M. and M. P. Parrella. 2011. Accuracy, precision, and economic efficiency for three methods of thrips (Thysanoptera: Thripidae) population density assessment. *J. Econ. Entomol.* 104:1323–1328. doi:10.1603/ec10415
- Tang, L. D., H. Y. Zhao, B. L. Fu, Y. Han, K. Liu, and J. H. Wu. 2016. Colored sticky traps to selectively survey thrips in cowpea ecosystem. *Neotrop. Entomol.* 45:96–101. doi:10.1007/s13744-015-0334-1
- Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189:732–735. doi:10.1038/189732a0
- Taylor, L. R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Ann. Rev. Entomol.* 29:321–357. doi:10.1146/annurev.en.29.010184.001541
- Tesfaye, A., M. Wale, and F. Azerefeagne. 2016. Dispersion patterns and sampling plans for the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), on grass pea, *Lathyrus sativus* L. *Int. J. Pest Manag.* 62:30–39. doi:10.1080/09670874.2015.1088593
- Ugine, T. A., J. P. Sanderson, S. P. Wraight, L. Shipp, K. Wang, and J. P. Nyrop. 2011. Binomial sampling of western flower thrips infesting flowering greenhouse crops using incidence-mean models. *Environ. Entomol.* 40:381–390. doi:10.1603/EN10085
- Wang, Y. W., S. L. Ou, C. C. Wang, and Y. M. Pong. 2011. A study of interval estimation for contrasts of treatment means based on the data under variance-stabilizing transformation. *Crop. Environ. Bioinform.* 8:15–27.

Sampling Plan for Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on Yardlong Bean in Southern Taiwan

Hsin-Shun Lai^{1,*} and Feng-Chyi Lin²

Abstract

Lai, H. S. and F. C. Lin. 2021. Sampling plan for thrips (Thysanoptera: Thripidae) on yardlong bean in southern Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 70(3):217–229.

Yardlong bean (*Vigna unguiculata ssp. sesquipedalis*) is one of the important legume vegetables in Taiwan. Thrips (Thysanoptera: Thripidae) is a group of the major pests of yardlong bean. To decide the best timing to use pesticides, it is necessary to establish a sampling plan for thrips in the yardlong bean farm and to gain an insight into the timing of pesticide application for controlling thrips. In this study, two thrips, *Megalothrips usitatus* (Bagnall) and *Frankliniella intonsa* (Trybom), were investigated in yardlong bean flowers in the farms in southern Taiwan. *M. usitatus* is the dominant species at Meinong, Kaohsiung City, whereas *F. intonsa* is the dominant species at Ligang, Pingtung County. Color preference for thrips in the yardlong bean farm was tested. The results showed that thrips preferred blue sticky traps, followed by yellow sticky traps. Comparing the attractive effectiveness of blue sticky traps and yellow sticky traps, the number of thrips attracted by blue sticky traps was significantly higher than those of yellow sticky traps. Therefore, blue sticky traps are better monitoring tools used for thrips in the yardlong bean farms. Taylor's power law was used to analyze the number of thrips trapped by sticky traps in 6 yardlong bean farms. The spatial distribution of thrips on the sticky traps in the yardlong bean farm was clumped. It was estimated by how many sticky traps are required for thrips management in 6 yardlong bean farms. In pest management, if 30 thrips are lured per sticky tarp per week as the timing of control, only 4–10 blue sticky traps are needed in each of these 6 farms of yardlong bean. In conclusion, the sampling plan for thrips on yardlong bean is recommended to use the blue sticky traps as a tool to monitor the early invasion of thrips. The results also provide better understanding of the best timing on chemical pesticide application to control thrips.

Key words: Yardlong bean, Thrips, Color preference, Spatial pattern, Sample size.

Received: September 9, 2020; Accepted: June 7, 2021.

* Corresponding author, e-mail: hslai@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

² Research Fellow, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Taichung City, Taiwan, ROC.