

東方果實蠅生態調查技術之研究 (一) 田間密度快速監測技術¹

鄭允² 蘇文瀛³ 黃毓斌^{2,4} 江明耀² 高靜華²

摘 要

鄭允、蘇文瀛、黃毓斌、江明耀、高靜華。2004。東方果實蠅生態調查技術之研究(一) 田間密度快速監測技術。中華農業研究 53:155-164。

東方果實蠅共同防治體系目前採用「旬密度」方法監測，本研究目的旨在發展迅速且正確的快速監測技術，其原則為(1)時間不超過 30-60 分鐘，(2)所得資料與現行「旬密度」具相關性。進行試驗之期間為 92 年 7 月至 12 月，屬東方果實蠅正常活動季節，不受低溫的影響，試驗區涵蓋霧峰、芬園及草屯三個鄉鎮，全區共佈設 68 個測定點。快速監測資材採用傘式誘殺器，內裝含乃力松之甲基丁香油藥液棉片，下置錐型網收集蟲體，網下方之地面鋪設白色塑膠布。調查時間為上午 9:00 至下午 2:00，以每一「旬密度」測定點為中心，在半徑 100 公尺之外圍，以 120 度角區分三處檢定點，每點調查 10 分鐘，3 處合計 30 分鐘。凡落入網內及塑膠布上之蟲體均合併計算，所得蟲數與該測定點之旬密度蟲數為同一筆資料之 A 組與 B 組。試驗分 4 組進行，含三組單人組及一組雙人組，各收得 280、136、146 及 229 筆資料。調查資料經自然對數(ln)轉換後，進行「旬密度」及「快速監測密度」之相關分析，結果顯示雙人組之兩種監測資料的相關係數(r)超過 0.7，較三組單人組之 r 值 0.24-0.42 為高，惟考量理論上「旬密度為零時，30 分鐘所監測之密度亦應為零」，因此選擇雙人組 100 隻以內的資料建立截距歸零後之迴歸方程式，其判定係數(R²)超過 0.93，資料轉換後所發展之直線迴歸模式為 $Y = 0.411X$ 。依此一模式估算，現有「旬密度」四級密度指標綠燈、黃燈、藍燈及紅燈之蟲數分界為 64 隻、256 隻與 1024 隻，而相對在「快速監測」之分界標準則為 6 隻、11 隻及 19 隻。田間實際應用時，需以雙人組方式進行，並需為適合東方果實蠅活動的季節，且無其他外來干擾因子如農藥等，即可快速檢定東方果實蠅的密度。

關鍵詞：快速密度監測、東方果實蠅。

前 言

害蟲密度監測可及時瞭解害蟲族群動態，有助於決定防治時機與防治資材用量(陳等 1996；黃等 1998；Steiner & Lee 1955)，並能藉此預估經濟損失，為蟲害防治之重要工作(鄭等 2003；蘇等 2003)。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2200 號。接受日期：93 年 7 月 8 日。
2. 本所應用動物組研究員、助理研究員、計畫助理及副研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所農藥應用組組長兼研究員。
4. 通訊作者，電子郵件：ybhuan@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23309097。

東方果實蠅(Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel)為本省果樹之首要害蟲，嚴重影響水果品質及產量，也是水果外銷檢疫之瓶頸。此蠅寄主種類多，且移動能力強，防治時惟有採取共同防治方能奏效。農業試驗所自 1994 年接手辦理共同防治以來，已建立果實蠅密度監測系統，全島共設置 61 個監測站，每站在果園、廢園及非栽培區各懸掛 3 個密度調查器，每月 3、13、23 日彙整監測站回報蟲數為「旬密度」資料，並劃分為綠、藍、黃及紅四級預警指標，分別為 0-64 隻、65-256 隻、257-1024 隻及 1025 隻以上，作為判斷果實蠅防治之密度基準。然若遇到突發之果實蠅疫情時，此方式不易應用，乃著手研發較為迅速簡便，且能與現行密度監測具相關之快速監測法，以彌補現行技術之不足。擬發展之新技術以能符合(1)工時不超過 30-60 分鐘，(2)所獲得資料與現行「旬密度」具相關性兩項條件為原則。

材料與方法

每日密度測定之最適時段

依據 Steiner(1952)及李(1978)記載，果實蠅主要活動時間為上午 10:00 起至傍晚時分。為再確認果實蠅密度測定之最適時段，先於三處地點分五個時段，分別為上午 9:00 至 11:00、上午 11:00 至下午 1:00、下午 1:00 至 3:00、3:00 至 5:00 及下午 5:00 至翌日上午 9:00，以傘式誘蟲器進行誘集試驗，每時段誘集蟲體均分別計算。

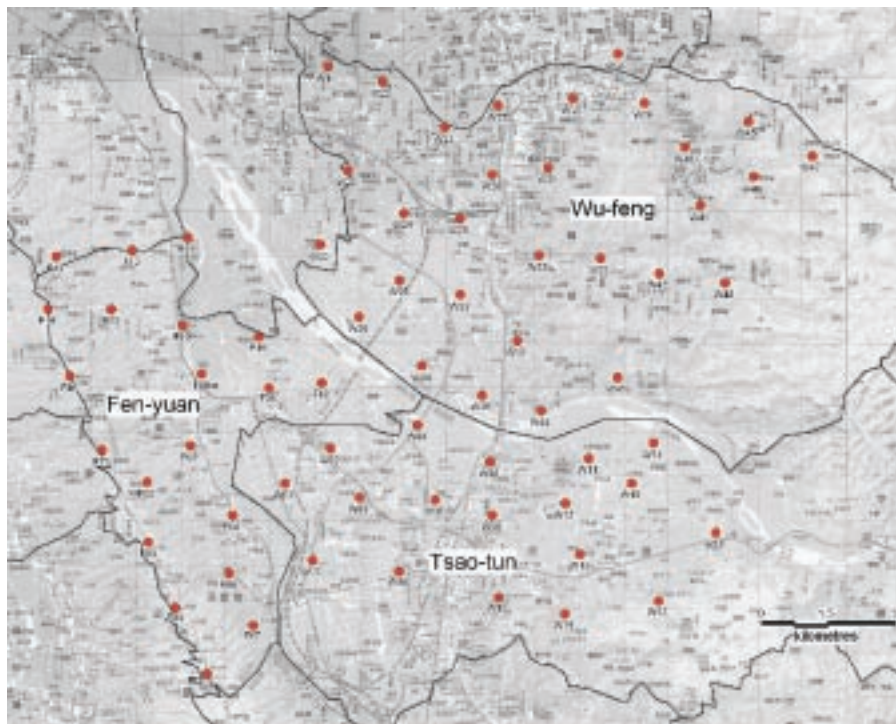


圖 1. 經 GPS 標定之密度測定點分布圖(農業試驗所鄰近之霧峰鄉、芬園鄉及草屯鎮)。

Fig. 1. Testing area for developing a rapid density detection technique for the oriental fruit fly (in Wu-feng, Fen-yuan and Tsoo-tun areas adjacent to Agricultural Research Institute).

兩種密度監測技術相關性測試

試驗期間為 92 年 7 月至 12 月，試驗區約 17,500 公頃，範圍涵蓋霧峰、芬園及草屯三個鄉鎮，環境溫度最高溫為 35°C，最低溫約 20°C，全期平均氣溫約 25~27°C。全區共佈設 68 個測定點，以衛星定位(Global Position System, GPS)標定位置，兩點相距至少 1 公里以上，其分佈位置如圖 1。

每一測定點均同時進行「旬密度」及「快速密度監測」。「旬密度」監測仍採用現行之資材及方法，使用中改式性費洛蒙誘蟲盒下接保特瓶(圖 2a)，調查方法為定點懸掛，誘蟲盒內之誘殺劑為含 90% 甲基丁香油及 5% 乃力松之誘餌，每月更換一次，每 10 天計算蟲數一次，所得為 A 組資料。

「快速密度監測」之資材則採用傘式誘殺器(圖 2b)，內裝 2.5 cc 含乃力松之甲基丁香油藥液棉片。於「旬密度」監測收集蟲體當日，進行快速監測，調查時段為上午 9:00 至下午 2:00 之間完成。以「旬密度」測定點為中心，每隔 120 度向外延伸出 3 個調查點，調查點與中心相距半徑 100 公尺(圖 3)，每點調查 10 分鐘，3 處合計 30 分鐘，以直徑 40 公分，高為 60 公分之錐型網收集蟲體，網下地面鋪設白色塑膠布(大小為 100 公分×100 公分)，凡落入網內及塑膠布上之蟲體均合併計算，所得為 B 組資料。自 7 月至 12 月，全區共調查 15 次，同一調查點同時建立 A 組與 B 組資料。工作人員分 4 組進行，其中三組為單人，一組為雙人。

分析方法

單人組及雙人組之原始資料經數值轉換後，進行相關係數分析，由具相關關係之資料進行迴歸分析後，以迴歸方程式探討模式之可行性。本試驗以 Excel 2000 及 Sigmaplot 8.0 (SPSS Inc. 2002)軟體先行分組製圖，再利用 SAS (SAS Institute 1992)套裝軟體進行迴歸分析，迴歸線之信賴界限(confidence limit)為±99%。

結 果

測定密度之最適時段

圖 4 為每日五個時段之誘殺蟲數頻度，分別為 7、21、38、26 及 9%，其中，上午 9:00 至下午 3:00 間六小時之誘集蟲數占全天之 85%，與李(1978)及劉(1981)提及果實蠅活動時間相符，因此劃定上午 9:00 至下午 2:00 為快速密度測定方法之測試時間。



圖 2. 旬密度監測(a)及快速密度監測(b)用資材。

Fig. 2. Set-up for oriental fruit fly density monitoring: (a) 10-day monitoring trap; (b) umbrella trap for 30-min rapid density monitoring.

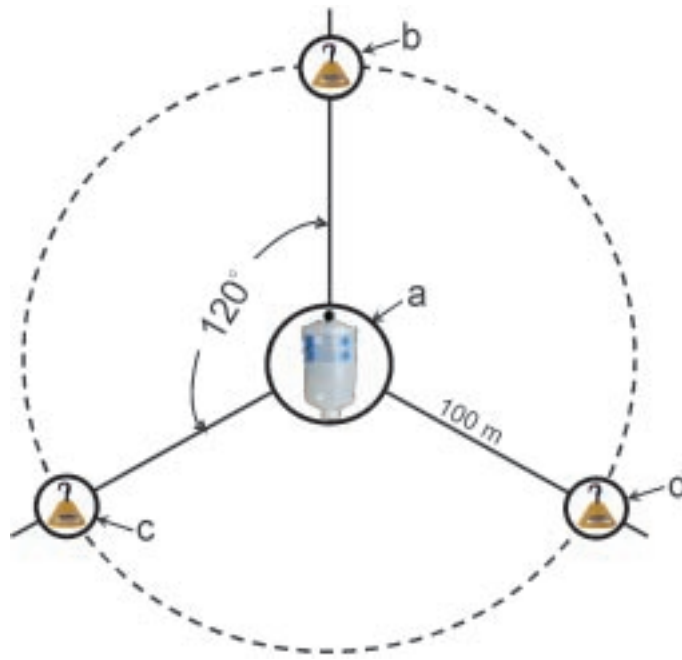


圖 3. 快速監測定位圖：勻密度調查點(a)、快速監測調查點(b-d)。

Fig. 3. Relative location of the 10-day monitoring trap (a) and 30-min rapid density monitoring (b-d).

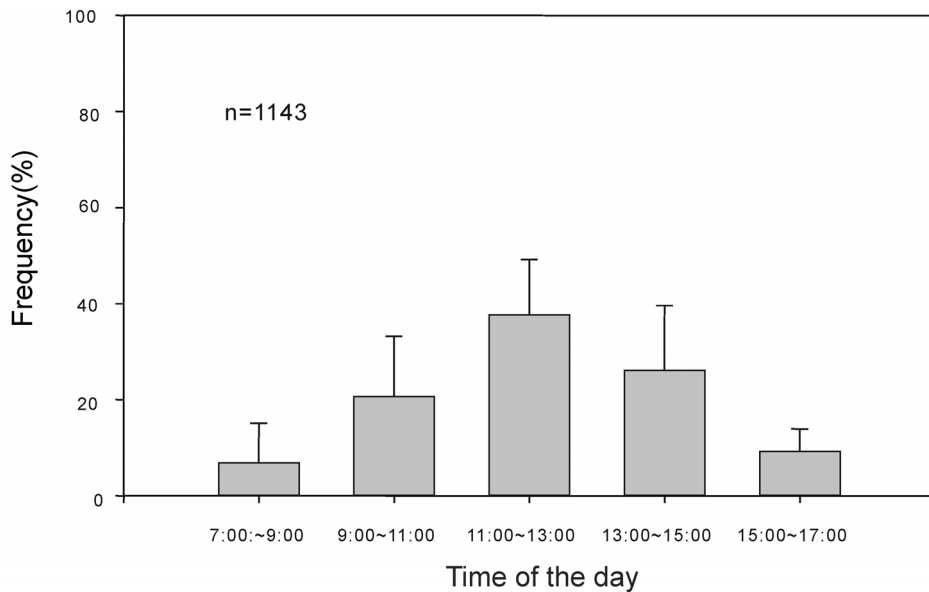


圖 4. 每日不同時段甲基丁香油誘殺雄蠅之頻度分布(n = 1143 隻)。

Fig. 4. Daily activity of the male oriental fruit fly trapped by methyl eugenol in different time intervals of the day (n = 1143 flies).

快速監測與旬監測之試驗資料處理

單人觀測分為 a、b 及 c 三組，所得資料各有 280、136 及 146 筆，雙人觀測組之資料為 229 筆。為進行相關性分析，先試行將原始資料進行資料轉換分析，比較自然對數 (ln) 和 $x^{0.2}$ 轉換，進而求取與原始資料之相關係數分析如表 1。經檢視原始資料與轉換後兩者之相關係數分析結果，在 $p < 0.05$ 之顯著水準情況下，兩種轉換資料間之相關係數均達 0.70 以上，其 Root mean squared error 差異甚小，為求資料處理方便乃採用自然對數轉換，再進行相關分析。

三組單人組及一組雙人組之資料經自然對數轉換，並以旬密度為自變數，30 分鐘密度為應變數，進行迴歸分析後各組之截距、斜率及 R^2 值均詳列於表 2。表 2 資料顯示，三組單人組之迴歸 R^2 值極為接近且均低於 0.2，遠低於雙人組之 R^2 值 0.49，顯示雙人觀察資料對於解釋迴歸式變異量較佳。此外，誘得蟲數之多寡可能也會影響短時間內觀察計數的正確性，因而再將資料依照蟲數予以區分為 1-60 隻、1-80 隻、1-100 隻，以及全部觀察值四組加以分析與比較(表 3)。由表 3 得知，四種不同蟲數密度區間的 r 值差異不大，但雙人組的相關 r 值穩定地介於 0.73 與 0.70 之間，遠高於單人組，r 值介於 0.24 與 0.42 之間。

表 1. 旬密度監測(x_1)與快速監測 30 分鐘資料(x_2)相關係數分析($p < 0.05$)

Table 1. Correlation matrix between data sets collected at 10-day-interval(x_1) and 30-min rapid monitoring (x_2)

Variables	Density					
	x_2	x_1	$\ln x_2$	$\ln x_1$	$x_2^{0.2}$	$x_1^{0.2}$
x_2	1.00					
x_1	0.36	1.00				
$\ln x_2$	0.71	0.44	1.00			
$\ln x_1$	0.32	0.78	0.48	1.00		
$x_2^{0.2}$	0.80	0.45	0.99	0.48	1.00	
$x_1^{0.2}$	0.35	0.86	0.50	0.99	0.49	1.00

表 2. 旬密度($\ln x_1$)與 30 分鐘密度($\ln x_2$)迴歸分析

Table 2. Regression analysis of 10-day interval data ($\ln x_1$) and 30-min data ($\ln x_2$)

Data collected by	Intercept (S.E.) ^z	t-value (p)	Slope (S.E.)	t-value (p)	R^2
Two-person team (n = 229)	-0.54 (0.218)	-2.49 ($p > 0.01$)	0.49 (0.03)	14.81 ($p < 0.01$)	0.49
Single person - a (n = 280)	0.96 (0.264)	3.64 ($p < 0.01$)	0.26 (0.042)	6.07 ($p < 0.01$)	0.12
Single person - b (n = 136)	-0.21 (0.329)	-0.63 ($p > 0.01$)	0.32 (0.059)	5.36 ($p < 0.01$)	0.18
Single person - c (n = 146)	0.79 (0.486)	1.63 ($p > 0.01$)	0.23 (0.07)	3.15 ($p < 0.01$)	0.07

^z Standard error.

討 論

單人組之資料分析結果顯示兩種密度調查方法相關性甚低，較不宜採用；但雙人組資料之旬密度與 30 分鐘密度調查結果具高相關性，因此可以試行發展此兩種調查方法間的相關模式。然分析所得之方程式截距為-0.54，對照 Student's t 表則呈現不顯著($p>0.01$)，與理論上「田間無蟲時，兩種方法的觀察值均應為 0 隻」的假設可謂一致。因此，試以 $y=bx$ 求其迴歸，結果如表 4，所得 R^2 顯著提升到 0.93 以上(R^2 為解釋原點位置變異之能力)。進行此一校正時，1-60 隻、1-100 隻及全部資料等三組分析資料的截距呈不顯著，故可校正為通過原點，迴歸方程式對於原點位置之變異解釋能力均達 93% 以上，惟 1-80 隻之迴歸截距與零之間差異呈顯著，故不予採用。圖 5a、b 為 1-100 隻資料經校正後結果之比較。所有資料經校正所得之方程式可優先作為旬密度估測 30 分鐘密度之模式(其中 $Y = \ln x_2$ ， $X = \ln x_1$)。

表 3. 不同資料使用條件下，旬密度監測($\ln x_1$)與 30 分鐘快速監測($\ln x_2$)資料之相關係數(n =樣本數)

Table 3. Correlation coefficients between 10-day interval and 30 min monitoring data based on different ranges of fly numbers (n = sample size)

Working team	Range of fly numbers			
	1-60 flies	1-80 flies	1-100 flies	All data
Two-person team	0.73 ($n = 217$)	0.73 ($n = 222$)	0.70 ($n = 228$)	0.70 ($n = 229$)
Single person - a	0.28 ($n = 257$)	0.31 ($n = 268$)	0.33 ($n = 274$)	0.35 ($n = 280$)
Single person - b	0.42 ($n = 136$)	0.42 ($n = 136$)	0.42 ($n = 136$)	0.42 ($n = 136$)
Single person - c	0.24 ($n = 138$)	0.28 ($n = 140$)	0.26 ($n = 142$)	0.26 ($n = 146$)

表 4. 雙人組之旬密度監測($\ln x_1$)與 30 分鐘快速監測($\ln x_2$)迴歸方程式分析表

Table 4. Regression analysis of 10-day interval ($\ln x_1$) data and 30-min ($\ln x_2$) based on data collected by the two-person team.

Independent variable and dependent variable	Intercept (S.E.)	t-value (p)	Slope (S.E.)	t-value (p)	R^2
A. 1-60 flies ($n = 217$)					
1. $\ln x_2 = a + b \ln x_1$	-0.521 (0.201)	-2.58 ($p>0.01$)	0.477 (0.03)	15.4 ($p<0.01$)	0.53
2. $\ln x_2 = b \ln x_1$			0.400 (0.006)	0.007 ($p<0.01$)	0.94
B. 1-80 flies ($n = 222$)					
1. $\ln x_2 = a + b \ln x_1$	-0.576 (0.204)	-2.82 ($p<0.01$)	0.489 (0.030)	15.7 ($p<0.01$)	0.53
2. $\ln x_2 = b \ln x_1$			0.404 (0.006)	58.2 ($p<0.01$)	0.94
C. 1-100 flies ($n = 228$)					
1. $\ln x_2 = a + b \ln x_1$	-0.544 (0.218)	-2.49 ($p>0.01$)	0.492 (0.033)	14.8 ($p<0.01$)	0.49
2. $\ln x_2 = b \ln x_1$			0.411 (0.007)	56.03 ($p<0.01$)	0.93
D. All data ($n = 229$)					
1. $\ln x_2 = a + b \ln x_1$	-0.536 (0.222)	-2.41 ($p>0.01$)	0.492 (0.033)	14.5 ($p<0.01$)	0.48
2. $\ln x_2 = b \ln x_1$			0.412 (0.007)	55.4 ($p<0.01$)	0.93

進一步由雙人組之 1-60 隻、1-100 隻及全部資料所得關係式 $Y = 0.400X$ 、 $Y = 0.411X$ 及 $Y = 0.412X$ 式中，估算旬密度相對於 30 分鐘密度(表 5)。以旬密度估計，紅與黃燈指標之分界 1024 隻/旬之相對 30 分鐘密度值為 16-17.3 隻，黃燈與藍燈指標之分界 256 隻/旬之相對值為 9.2-9.9 隻，藍燈與綠燈指標之分界 64 隻/旬之相對值則為 5.3-5.5 隻。考量雙人組的所有資料共計 229 筆，其中僅 1 筆資料超過 100 隻以上，未來作為實際應用之估算方程式，可採用 1-100 隻的資料。

此一東方果實蠅密度快速監測技術所得的試驗結果與現行旬密度監測具正相關，而雙人組所獲得資料之相關性遠高於單人組。全部資料經統計分析後，求取「30 分鐘密度監測」與「旬密度」兩者之間達到統計顯著水準之相關換算係數。此一模式在果實蠅活動適溫期均可適用，但冬季低溫影響果實蠅飛翔活動力時(Iwahashi 1972)，或果園噴灑過農藥後的 2-3 天內，活蟲數與鄰近地區有落差時，均會影響調查結果。

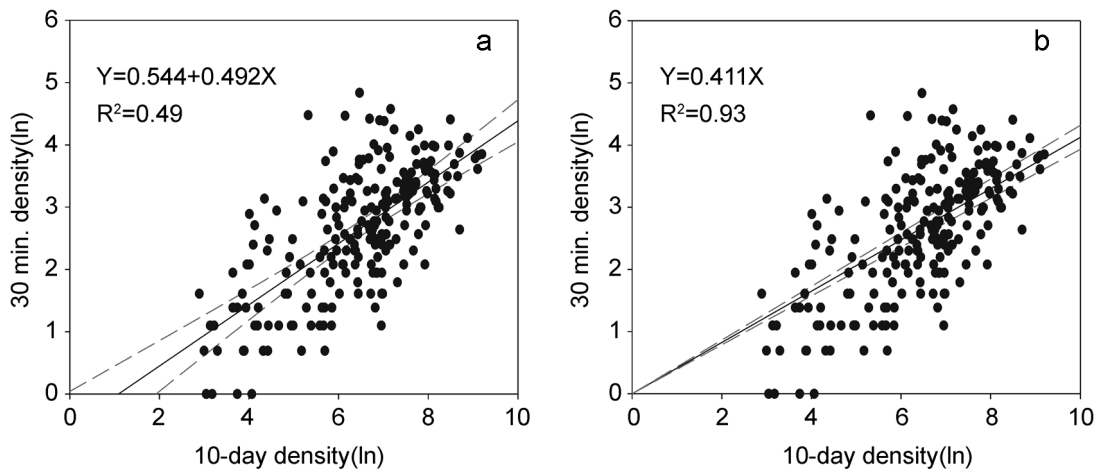


圖 5. 雙人組 1-100 隻之旬密度與 30 分鐘快速監測之迴歸分析圖(a:截距不為零； b:截距為零， $Y = \ln x_2$, $X = \ln x_1$)。
 Fig. 5. Regression line of 10-day interval vs. 30-min data from two-person counts (a: with intercept; b: intercept set to zero ; $Y = \ln x_2$, $X = \ln x_1$).

表 5. 旬密度與快速監測密度資料之估算對照表

Table 5. Estimation of 30 min counts from 10-day interval data by regression equation

Density Index ^z (no. flies /10 days)	No. of flies detected in 30-min ± S.E. (untransformed)		
	64 flies	256 flies	1024 flies
1-60 flies $Y = 0.400X^y$	5.3 ± 1.03	9.2 ± 1.04	16.0 ± 1.05
1-100 flies $Y = 0.411X$	5.5 ± 1.03	9.9 ± 1.04	17.3 ± 1.05
All data $Y = 0.412X$	5.5 ± 1.03	9.9 ± 1.04	17.3 ± 1.05

^z Density index (fly number per 10 days): green: 0-64 flies; blue: 65-256 flies; yellow: 257-1024 flies; red: above 1025 flies.

^y $Y = \ln x_2$; $X = \ln x_1$.

依本試驗結果，若需在一個選定地區測試東方果實蠅密度時，可遵循下列步驟進行監測：

1. 由擬調查之中心點算起半徑 100 公尺之外圍選取 3 處，於日間 9:00-14:00 進行調查。
2. 測試用資材為傘式誘殺器，內裝含乃力松及甲基丁香油藥液棉片。以錐型網收集蟲體，網下方之地面鋪設白色塑膠布。
3. 每處調查 10 分鐘，記錄觀察到之死活蟲數，以 3 處調查之總蟲數為密度調查結果。
4. 調查蟲數經換算後求得「旬密度」，蟲數在 6 隻以下相當於「旬密度」的綠燈指標，6-10 隻相當於藍燈指標，11-18 隻相當於黃燈指標，19 隻以上屬紅燈指標。

未來於田間進行東方果實蠅密度快速監測時，建議以每組兩人之雙人組進行估測，擬參與監測人員可洽農業試驗所安排講習訓練，確實瞭解調查步驟及判定標準，期能減少人為誤差，而獲致均一之監測基準。

誌 謝

本研究承蒙農委會動植物防疫檢疫局執行擴大就業服務方案-「動植物疫病蟲害共同防治及流浪犬收容管理計畫」經費補助，防檢局李木川先生協助人力配置規劃及提供寶貴意見，霧峰地區雇用人員李憲昇、林鋒明、王建鈴、李金火（已故）、林敏良及林福立等 6 員協助田間測試，謹致謝忱。

引用文獻

- 李文蓉。1978。東方果實蠅的生態與防治。p.19-26。中央研究院動物所專刊第三號。昆蟲生態與防治研討專輯。中央研究院。台北市。
- 陳秋男、鄭允、黃毓斌、高靜華、蘇文瀛。1996。東方果實蠅族群變動與寄主水果產量之關係。植物保護會刊 38:149-166。
- 黃毓斌、高靜華、鄭允。1998。本省東方果實蠅防治策略與展望。p.9-25。台灣果實蠅防治技術研討會專刊。國立中興大學昆蟲學系。台中市。
- 鄭允、高靜華、江明耀、黃毓斌。2003。東方果實蠅防治現代化-區域防治之策略與執行。p.49-66。植物保護學會特刊新 5 號 - 植物保護管理永續發展研討會專刊。中華植物保護學會。台中市。
- 蘇文瀛、陳秋男、鄭允、黃毓斌。2003。台灣東方果實蠅之地理分布及統計預測。p.67-110。植物保護學會特刊新 5 號 - 植物保護管理永續發展研討會專刊。中華植物保護學會。台中市。
- 劉玉章。1981。台灣東方果實蠅之研究。昆蟲學會會報 16:9-26。
- Iwahashi, O. 1972. Movement of oriental fruit fly adults among islets of Ogasawara island. *Environ. Entomol.* 1:176-179.
- SAS Institute. 1992. SAS / BASE Software: Applications Guide. Version 8.2, Cary, NC : SAS Institute, Inc., USA.
- SPSS Inc. 2002. Sigmaplot 8.0 user's guide. SPSS Inc., Chicago, IL., USA.
- Steiner, L. F. 1952. Methyl eugenol as an attractant for oriental fruit fly. *J. Econ. Entomol.* 45:241-248.
- Steiner, L. F. and R. K. S. Lee. 1955. Large area tests of a male-annihilation method for oriental fruit fly. *J. Econ. Entomol.* 62:4-7.

Study on the Ecological Methods for the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel. I. Developing a Rapid Technique for Density Monitoring¹

Edward Y. Cheng², Wen-Ying Su³, Yu-Bing Hwang^{2,4},
Ming-Yao Chiang² and Ching-Hua Kao²

Summary

Cheng, E. Y., W. Y. Su, Y. B. Hwang, M. Y. Chiang, and C. H. Kao. 2004. Study on the ecological methods for the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel. I. Developing a rapid technique for density monitoring. J. Agric. Res. China 53:155-164.

A 10-day density monitoring system for the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, has been used for the area-wide control program in Taiwan since 1994. This monitoring method records average catch of fruit flies over ten days, which can reduce the day to day variation and provides a stable report. However, the 10-day monitoring data can not be applied in an urgent situation, and a rapid monitoring technique to complement the existed system has been developed. Major criteria for the rapid monitoring technique are shortening the survey time to less than one hour, and the obtained data should be comparable to current 10-day monitoring data.

Field experiments had been performed from June to December of 2003, a period without low temperature that might hamper the activity of fruit flies. The testing field covering acreage of more than 17,500 hectares is located in Wufeng, Tsaotun and Fenyuan areas that crossing Taichung, Nantou and Changhua counties. Sixty-eight surveying spots were chosen to establish both 10-day and rapid density monitoring data, and the distance between any two surveying spots is more than one kilometer. Rapid density detection technique was tested in individual surveying spot on the 10th day by applying the umbrella-type trap baited with naled and methyl eugenol mixture. A collecting net (40 cm in diameter and 60 cm height) was hanging under the trap, and a 100 cm×100 cm white plastic cloth was placed on the ground to help visualizing the attracted fruit flies. Three observation traps, each is one hundred meter afar from the surveying spot, were arranged in right-angled triangle form. The observation time in each trap is ten minutes and the number of flies attracted/killed was recorded. Four observation teams, a two-person team and three single person teams, were dispatched for the field experiment. Accumulated 10-day and rapid density monitoring data were analyzed for possible correlations, and the results indicated that the coefficient of correlation (r) between data of two methods only ranged from 0.24 to 0.42 for single person

team, while is 0.7-0.73 for the two-person team. Consequently, the data obtained from the two-person team was used to develop the correlation model between the 10-day and the rapid density monitoring methods. The obtained data had gone through the log transformation for statistic analysis to establish a correlation equation , $Y = 0.41X$, and the determined coefficient (R^2) exceeds 0.93.

Key words: Rapid density detection technique, *Bactrocera dorsalis*.

-
1. Contribution No.2200 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: July 8, 2004.
 2. Respectively, Senior Entomologist, Assistant Entomologist, Project Assistant and Associate Entomologist. Applied Zoology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Senior Entomologist, Pesticide Application Division, Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: ybhuang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23309097.