



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Estimation of the Damage Rate of Guava Fruits by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera:Tephritidae) Based on Ovipositional Punctures 【Research report】

以果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) (雙翅目：果實蠅科) 產卵孔數估算番石榴果實受害率 【研究報告】

Li-Hsin Huang* and Mei-Chieh Lin Chiou-Nan Chen
黃莉欣*、林美雀 陳秋男

*通訊作者E-mail: lhhuang@tactri.gov.tw

Received: 2002/11/15 Accepted: 2003/01/07 Available online: 2003/03/01

Abstract

A weighted method for the estimation of the damage rate of guava fruits by the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), based on ovipositional punctures was developed. A guava fruit was considered as damaged by the fruit fly when larvae were present inside the fruit. Our survey data showed that a high correlation existed between either the presence or absence of ovipositional punctures or their numbers on the fruit surface and fruit damage by the fruit fly (i.e., larval presence in the fruit). Ovipositional punctures on fruits with different ripeness were grouped into classes at five-puncture intervals. Thus those on the 2nd grade of guava fruit and the 3rd grade (riper fruit) were grouped as classes 0-4. A logistic model was fitted to the data relating class of ovipositional punctures on both grades of guava fruits and probability of larval presence in the fruits. A weighting factor for each ovipositional puncture class was assigned according to the expected probability of larval presence derived from the logistic model. For the 2nd grade of fruit, the probability of larval presence in the 3rd (11-15 punctures) and 4th classes (16-20 punctures) of ovipositional punctures was 0.9774 and 0.9982, respectively. Therefore, the weighting factor was set to 1.0 when the number of ovipositional punctures was greater than 10. For the 3rd grade of fruit, the probability of larval presence in the 2nd class of ovipositional punctures was 0.996; thus the weighting factor was also 1.0 when the number of ovipositional punctures was greater than 5. After further simplification, the weighting factors for classes 0-3 of ovipositional punctures on the 2nd grade of fruit were set to 0.02, 0.21, 0.78, and 1.0, respectively; and for classes 0-2 on the 3rd grade of fruit to 0.03, 0.73, and 1.0. Stratified random samples were taken to estimate the rate of fruit damage. These confirmed that the estimated rate of fruit damage based on the weighted method did not significantly differ from the actual rate of fruit damage based on actual counts of larval presence in the fruits. The estimation model is valid for a quick estimation of the rate of guava fruit damage in orchards, and it is currently applicable to the cultivars "Century" and "Pear-shaped".

摘要

果實受果實蠅為害是因其雌蟲產卵於果皮內，孵化幼蟲取食果肉所致，從調查資料中顯示，果皮上產卵孔之有無或數量之多寡與果實受害與否（亦即果內是否有幼蟲出現）之間具有明顯相關性。將雌蟲可產卵的果實按其成熟度分成兩級（II與III）將產卵孔數以5個為1組級進行分組，果實II及果實III分別分為0-4級，共5個組級，再與其果內幼蟲出現的機率進行統計分析，結果顯示，二者的關係可以logistic model來描述。將模式所推估的各產卵孔數等級中其幼蟲出現的機率值設為加權值（weighting factor）。果實II在產卵孔數第三級（11-15個產卵孔）時其幼蟲出現機率為0.9774；而果實III在第二級（6-10個產卵孔）時已達0.996。因此，設定果實II上產卵孔數大於10個者，果實III在5個以上者，其果實受害的加權值為1.0。為簡化起見，果實II之產卵孔數等級僅取0-3級，加權值分別為0.02、0.21、0.78、0.98，果實III則取0-2級，加權值為0.03、0.73、1.0。以分層取樣的理論估計果實受害率的結果顯示，由估算模式所得的果實受害率估值與實際受害果率間並無顯著差異，證實所建立的估算模式具有實用性，可提供田間快速估算果實受害率之用，而此模式目前僅適用於“世紀拔”及“梨仔拔”二種番石榴品種。

Key words: Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, guava fruit, ovipositional puncture, rate of fruit damage, damage estimation model.

關鍵詞: 東方果實蠅、番石榴、產卵孔數、果實受害率、受害果率估算式

Full Text: [PDF\(0.96 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

以果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) (雙翅目：果實蠅科) 產卵孔數估算番石榴果實受害率

黃莉欣* 林美雀 行政院農委會農業藥物毒物試驗所 臺中縣 413 霧峰鄉舊正村光明路 11 號
陳秋男 國立台灣大學昆蟲學系 台北市 106 羅斯福路四段 113 巷 27 號

摘 要

果實受果實蠅為害是因其雌蟲產卵於果皮內，孵化幼蟲取食果肉所致，從調查資料中顯示，果皮上產卵孔之有無或數量之多寡與果實受害與否（亦即果肉是否有幼蟲出現）之間具有明顯相關性。將雌蟲可產卵的果實按其成熟度分成兩級（II 與 III）將產卵孔數以 5 個為 1 組級進行分組，果實 II 及果實 III 分別分為 0-4 級，共 5 個組級，再與其果內幼蟲出現的機率進行統計分析，結果顯示，二者的關係可以 logistic model 來描述。將模式所推估的各產卵孔數等級中其幼蟲出現的機率值設為加權值 (weighting factor)。果實 II 在產卵孔數第三級 (11-15 個產卵孔) 時其幼蟲出現機率為 0.9774；而果實 III 在第二級 (6-10 個產卵孔) 時已達 0.996。因此，設定果實 II 上產卵孔數大於 10 個者，果實 III 在 5 個以上者，其果實受害的加權值為 1.0。為簡化起見，果實 II 之產卵孔數等級僅取 0-3 級，加權值分別為 0.02、0.21、0.78、0.98，果實 III 則取 0-2 級，加權值為 0.03、0.73、1.0。以分層取樣的理論估計果實受害率的結果顯示，由估算模式所得的果實受害率估值與實際受害果率間並無顯著差異，證實所建立的估算模式具有實用性，可提供田間快速估算果實受害率之用，而此模式目前僅適用於“世紀拔”及“梨仔拔”二種番石榴品種。

關鍵詞：東方果實蠅、番石榴、產卵孔數、果實受害率、受害果率估算式

前 言

東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) 是太平洋地區果樹的重要害蟲，其繁殖力強且寄主範圍廣，地處亞熱帶的台灣，終年可見其為害。果實蠅為害方式主要是雌蟲

產卵於寄主果實之表皮組織中，孵化幼蟲蛀入果肉內取食為害，引起果實腐爛、落果，嚴重影響果品品質及產量。若針對幼蟲期進行防治，很難收到防治成效，因此，各地均以果實套袋防止雌蟲產卵或針對成蟲來防治。成蟲的防治方法主要有二種，一為不孕性昆蟲技術

*論文聯繫人
e-mail:lhhuang@tactri.gov.tw

(sterile insect technique) 防治法，另一為誘引劑誘殺法，又可分為滅雄處理法(male annihilation) 及食物誘殺法(food lure)。不孕性昆蟲技術及滅雄處理法均有成功撲滅果實蠅的例證(Steiner *et al.*, 1970; Nakamori *et al.*, 1991; Shiga, 1991)。

台灣目前防治果實蠅的方法主要是利用含毒甲基丁香油大量誘殺雄蟲進行全面性的共同防治(Chiu and Yang, 1998; Hwang *et al.*, 1998)，目的在降低雄蟲族群密度，減少雌蟲交尾機率，以減少有效卵的產出率，故防治成效應以雌蟲之有效產卵數或交尾率的資料進行評估，然而此類資料在田間蒐集不易，且在現行可用的誘捕雌蟲的技術之效率不如誘捕雄蟲的情況下，目前仍以誘殺雄蟲數之多寡為主要評估依據，而以受害果率之調查為輔(Chiu and Chu, 1988; Lee, 1988; Hwang *et al.*, 1998)。事實上，果實受害率可能是唯一能直接反映田間雌蟲的發生狀態及防治成效的指標。然而，果實受害率之調查不易以外觀正確判定，必須留置果實至幼蟲老熟要化蛹時或逐果剖開進行檢查，才能確定，故較耗費人力、時間及佔用空間，因此，開發快速判定果實是否受害的方法，更顯得迫切需要。

東方果實蠅雌蟲對果實種類的選擇性有不同程度的偏好，其中尤喜番石榴果實(Liu and Huang, 1990)。成熟的果實較未成熟的果實對雌蟲具有明顯的產卵誘引力，Chiu and Chu (1987) 及 Liu and Huang (1990) 的報導顯示東方果實蠅的雌蟲偏好產卵在成熟度第二級及第三級之番石榴果實上，尤其是第三級的果實。雌蟲產卵時會先以口器碰觸果實表面，並以產卵管刺探，此種刺探動作可能造成果實表面有孔洞的產生，然此孔洞內未必有卵的產下(Chiu and Chu, 1987)，即使有

卵的存在，是否會孵化，只有靜待數日後解剖果實方能知曉，若僅檢視果實表皮上的孔洞，無法確定為受害果，事實上，受害果應以不具有商品價值者為定義，即指有果實蠅幼蟲取食為害的果實。雌蟲在果實上的產卵次數、產卵孔數與產卵粒數也均隨果實趨近成熟而增加(Seo *et al.*, 1982; Chiu and Chu, 1987; Liu and Huang, 1990)，因此，若從果實外觀來看，產卵孔數及產卵粒數或許可作為判斷果實是否受害的參考；然而產卵粒數之計數及觀察有其困難度及誤差，相較之下產卵孔數顯得較為簡易。但是產卵孔之有無或數量之多寡，能否作為判斷果實是否受害，將是本文探討的重點。

由於番石榴果實為東方果實蠅雌蟲最偏好產卵的果實種類，且其一年產果季頗長，應可作為區域防治成效的指標果樹，故本研究以番石榴果實來探討產卵孔數與受害果間的關係，期能應用於快速判斷受害果實上，使防治效果之評估工作更具經濟性及時效性，並期待未來的研究中可借由果實受害率的資料，來瞭解田間雌蟲的發生情形。

材料與方法

調查品種之田間布局、栽培管理及取樣調查

選擇“世紀拔”及“梨仔拔”二種品種進行番石榴果實受東方果實蠅為害率的調查。果農對二種品種管理方式稍有不同，前者果實發育初期即行套袋，後者則無。番石榴果實生長發育可分為三級(Yang, 1996; Mercado-Silva, 1998)，“世紀拔”於第一級後期至第二級初期間進行套袋，其成熟果之果型較“梨仔拔”大，顏色也較淡。由於二品種之生長發育曲線相同，均為雙S曲線(Huang, 1988; Yang, 1996; Mercado-Silva, 1998)，

表一 番石榴果實（世紀拔及梨仔拔）成熟度之分級標準

Table 1. Grading criteria of fruit ripeness for the guava cultivars "Century" and "Pear-shaped"

Ripening grade	Diameter ¹	Length ¹	Color ^{2,3}
I	≤ 35 mm	≤ 45 mm	Dark green (judged by color chart 4/4-3/4)
II	35~45 mm	45~55 mm	Green (by color chart 4/6-5/6; or less than 1/2 of the surface area was green by chart 5/8-5/10)
III	≥ 45 mm	≥ 55 mm	Yellow green (by chart 5/8-7/10; or more than 1/3 of the surface area was yellow green by chart 5/8-5/10)

¹⁾ Fruit callipers (made by Cranston Machinery Co.) were used to measure the size of the fruit

²⁾ According to color chart 5GY in the *Munsell Color Charts for Plant Tissues* to determine the grade of fruit ripeness.

³⁾ It was categorized as grade III when the size of the fruit belonged to grade II but more than 1/2 of the surface area was between green and yellow green by chart 5/6-5/8.

故田間在判斷果實成熟等級時，採用相同的標準，以果色為主要判斷標準，大小其次，分級標準見表一，此分級標準是於田間實際採樣、測量所訂定的。本研究為了調查果實受害率，於南投縣草屯鎮“世紀拔”番石榴園租用 30 株果樹，且全期完全不套袋，另於彰化縣社頭鄉“梨仔拔”番石榴園也租用 30 株果樹，每週定期調查一次。

果實的取樣及檢視果內有無幼蟲出現

“世紀拔”品種於 1997 年 3 月 12 日至 1998 年 3 月 31 日為第一階段的調查，目的在探討產卵孔數與幼蟲出現機率間之關係。1998 年 4 月至 2001 年 5 月為第二階段的資料蒐集，目的在印證產卵孔數與幼蟲出現機率間之關係模式的適用性。“梨仔拔”品種的資料蒐集則自 1998 年 3 月 6 日至 2001 年 12 月 31 日止。由於果實成熟度的判斷標準相同，故應用“世紀拔”建立之估算模式來擬合其適用性。每週分別隨機選擇 8 株“世紀拔”及 12 株“梨仔拔”進行調查，計數每株樹上果不同成熟度果實的數量。由於田間番石榴不斷地開花結果，其果實數一直在變動，故以當次每株

樹上果各成熟度之 10% 果實為取樣數，逢機選取第二級（果實 II）及第三級（果實 III）的果實攜回室內，若某一階段的樹上果少於 10 個，則只採 1 個以利觀察。攜回的果實以 10 倍放大鏡檢視並計數果實上產卵孔數，再單個放置於紙湯杯（D 9.5 cm x H 7.5 cm）中，約 7-10 日後取出果實剖開檢查有否幼蟲出現。

為保留部分果實於下次調查時取樣之用，故只取樹上果的 10%，此取樣標準是否合理，另外取樣 5%、20% 的樹上果與 10% 作比較，以了解取樣 10% 的樣本數是否為可被接受的取樣比例。

統計分析

以 SAS 軟體分析果皮上產卵孔數與果內幼蟲有無之機率是否符合 logistic model (SAS Institute, 8.01 Release, 2001)，並利用 Statistica 軟體 (StatSoft, Inc., 2001)，使用 Chi-square 及 Student's *t*-test 比較估算受害果實數與實際受害果實數間是否有顯著差異 ($p \leq 0.05$)。

表二 番石榴果實上產卵孔數之有無與果實是否受害之關係

Table 2. Presence or absence of ovipositional punctures on guava fruit (cultivar "Century") in relation to fruit damage by Oriental fruit fly larvae (20 Aug. 1997- 31 Mar. 1998)

Ripening ¹ grade	Total no. of fruit	Fruit without ovipositional punctures			Fruit with ovipositional punctures		
		undamaged	damaged	total	undamaged	damaged	total
II	315	230 (98.7%)	3 (1.3%)	233 (100%)	50 (61.0%)	32 (39.0%)	82 (100%)
III	180	72 (97.3%)	2 (2.7%)	74 (100%)	14 (13.2%)	92 (86.8%)	106 (100%)
Total	495	302 (98.4%)	5 (1.6%)	307 (100%)	64 (34.0%)	124 (66.0%)	188 (100%)

¹ Grades II and III refer to the ripeness of the fruit; III is riper than II.

結 果

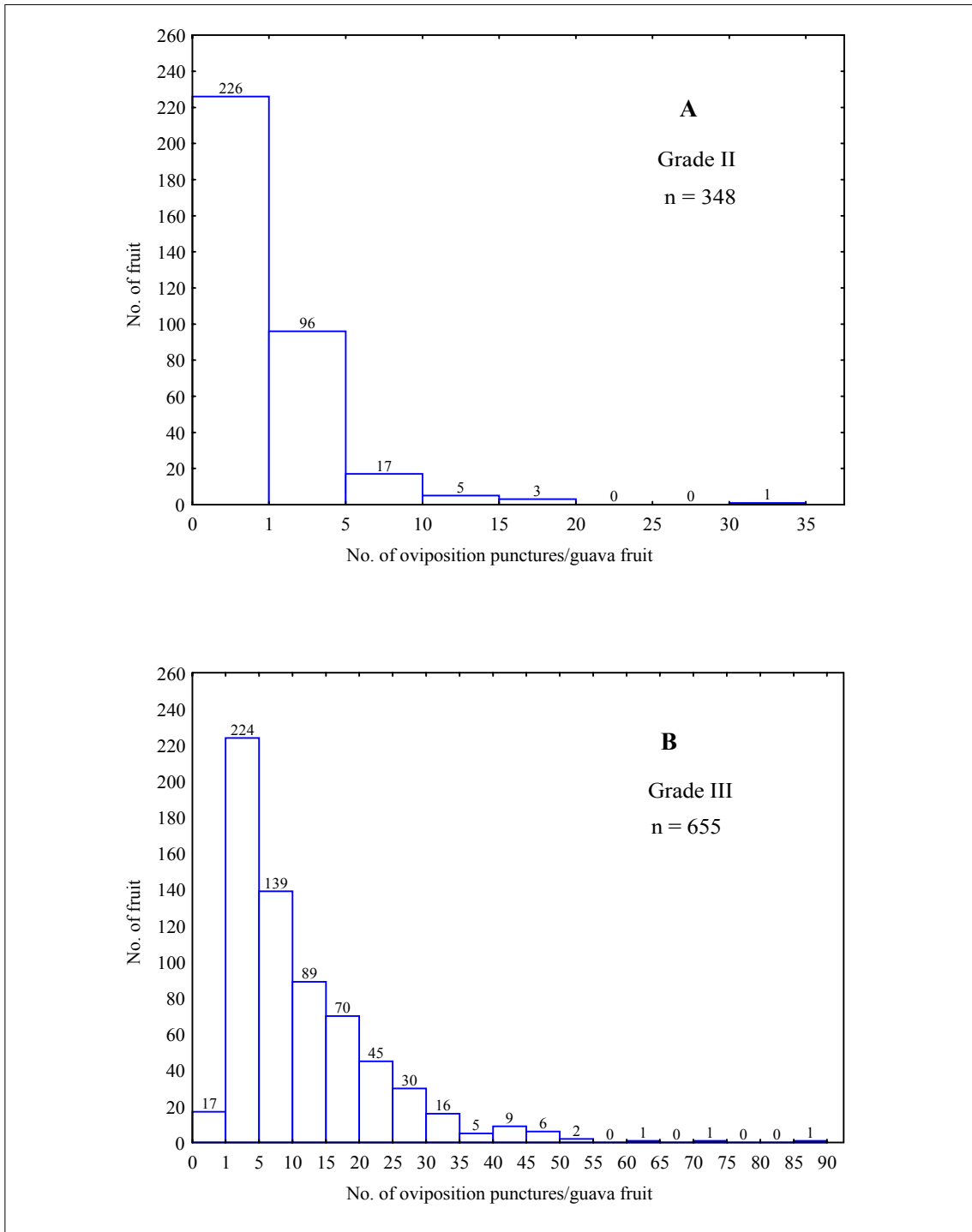
產卵孔數與受害果的關係

從初步調查“世紀拔”果實受害率的資料顯示(表二),有產卵孔的果實(含果實 II 及 III)中有 66% (124/188) 的果實內有幼蟲存在,而沒有發現產卵孔的果實中僅有 1.6% (5/307) 的果實內有幼蟲出現,此一結果顯示,果實表面上的產卵孔之有無或許可作為判斷是否為受害果的參考。在 495 個取樣果中,有產卵孔的果實數為 188 個,如果以有產卵孔者視為受害果,則受害果率為 38.0% (188/495),但事實上,實際有幼蟲存在的果實數為 124 個,其受害果率為 25.1%。因此,僅看有否產卵孔存在可能會高估受害果率。但就 495 個取樣果中實際受害果率為 26.1% (129/495),與有產卵孔者之實際受害果率間相較僅差 1% (表二)。由此結果來看,我們認為僅視果實表面上有否產卵孔的痕跡,是無法正確地直接判斷果實是否受害。

“世紀拔”自 1997 年 3 月 12 日開始取樣調查至 1998 年 3 月 31 日止共取果實 II 348 個,果實 III 655 個。就果實 II 而言,在 348 個取樣果中發現沒有產卵孔者有 226 個果實;有 1-5 個產卵孔者有 96 個果實,6-10 個

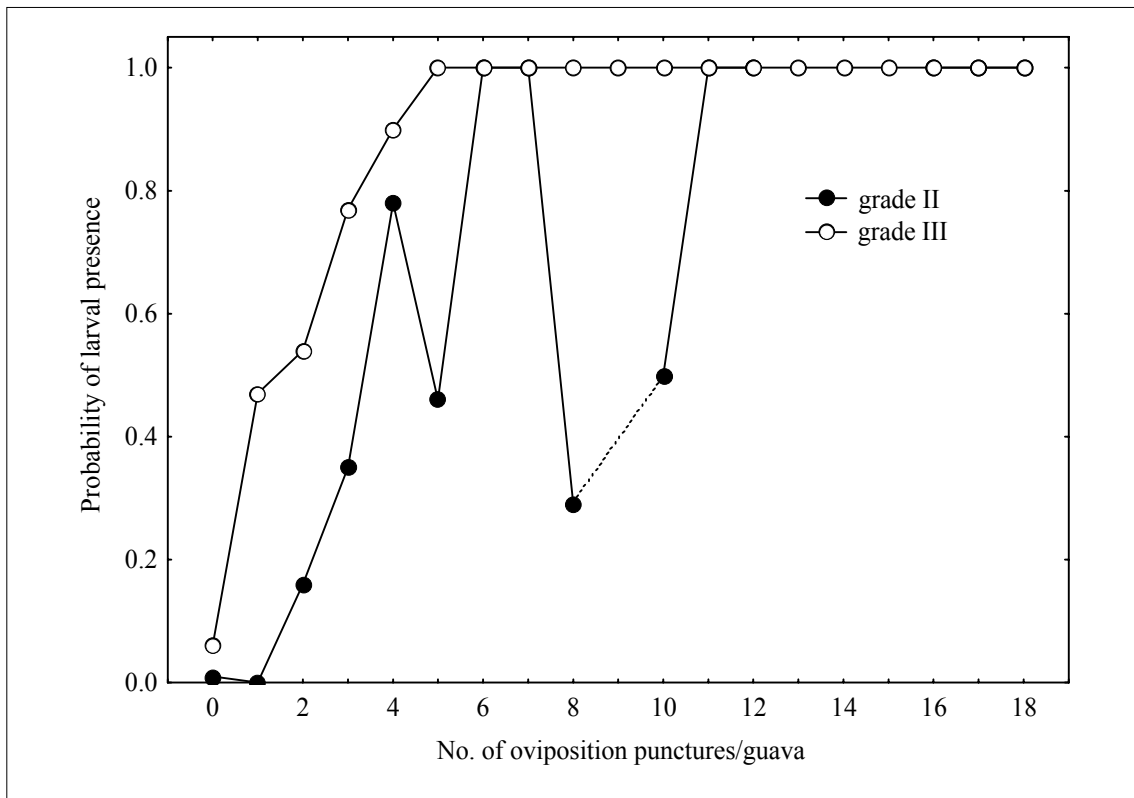
產卵孔者有 17 個,一個果實上至多出現 31 個產卵孔(圖一, A)。在 655 個果實 III 中有 17 個果實沒有發現產卵孔,有 1-5 個產卵孔者佔 224 個,出現 6-10 個產卵孔者有 139 個,11-20 個產卵孔者有 159 個果實,而一個果實上最高產卵孔數可達 85 個之多(圖一, B)。從以上產卵孔數的出現頻度可發現果實蠅雌蟲較偏好在較成熟的番石榴(第三級果實)上產卵。

取回的果實經逐個檢視並計數其上產卵孔數及其內的幼蟲數,凡有發現幼蟲的果實,不論有多少隻幼蟲,均記錄為 1,無幼蟲者記為 0,將有無產卵孔數之果實及其幼蟲出現機率間的關係繪製成圖二。圖中顯示,不論是果實 II 或果實 III,其幼蟲出現的機率隨著產卵孔數的增加而增加,其中無產卵孔者,發現有幼蟲出現的機率分別為 0.095 及 0.011。此結果顯示,果實 II 無產卵孔者較果實 III 易錯估其是否受害。就果實 II 而言,產卵孔數與幼蟲出現機率間的曲線則稍有起伏變化,可能與果實 II 的成熟度較不均一有關。因為愈不成熟的果實其單寧酸含量愈多 (Yang, 1996),可能此一原因造成有些孵化的幼蟲死亡,使得果實內幼蟲出現的機率有所差異,導致有部分產卵孔數較多者其幼蟲出現機率卻反而降低的現象。當果實 II 上的產卵孔數大於 11 個以上,



圖一 不同成熟度番石榴果實上產卵孔數的分布頻度。

Fig. 1. Relative frequencies of the number of ovipositional punctures on guava fruit of different ripening grades. (III is riper than II.)



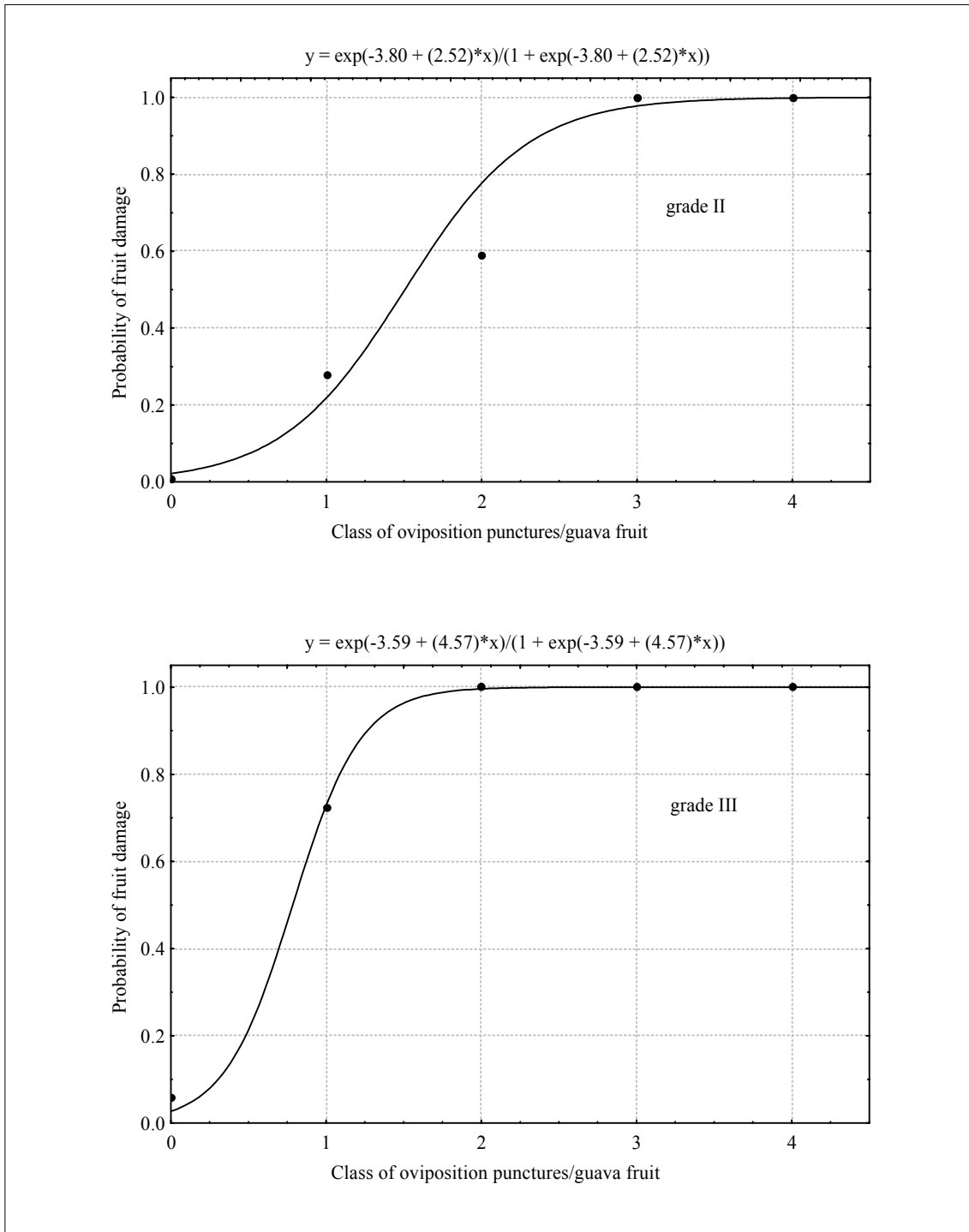
圖二 果實 II 及 III 上不同產卵孔數內幼蟲存在機率。

Fig. 2. Probability of larval presence in grade II and III guava fruit with different numbers of ovipositional punctures. (Sampling date: 3/12/1997-3/31/1998).

其幼蟲出現機率已達 1.0，由此初判，產卵孔數達 11 個以上時，幾乎可以百分之百的把握確定此一果實業已受害。在果實 III，產卵孔數與幼蟲出現機率間明顯的符合 logistic model，隨著產卵孔數的增加，幼蟲出現機率也增加，當產卵孔數達 5 個以上，其幼蟲出現機率達 1.0，同樣也可以百分之百確定其為受害果。

從以上結果顯示，幼蟲出現機率似乎與產卵孔數間存在一些關係；雖然之前的結果顯示，利用有無產卵孔存在的情形來判斷果實是否受害的方法，並非可靠的辦法，但若利用產卵孔數與幼蟲出現機率間的相關性，訂出加權

值，以估算受害果率，或許是一可行的方法。考慮未來田間應用時的便利性，我們嘗試將產卵孔數以 5 個為一組級 (class)，與幼蟲出現的機率進行統計分析。將果實 II 及果實 III 上之產卵孔數分為 0、1-5、6-10、11-15 及大於 16 個等 5 個組級。從圖二的結果顯示，果實表面上的產卵孔數與其幼蟲出現機率間呈現近似 logistic model，故以 SAS 軟體分別測試果實 II 及果實 III 分為 5 個組級後的產卵孔數與幼蟲出現機率間是否符合 logistic model，若符合該模式，擬藉由此模式分別求出各果實期各組級產卵孔數下之幼蟲出現的可能機率，再將各機率值設為加權值，以估算取樣果



圖三 果實 II 及 III 上不同等級之產卵孔數對果實受害機率之 Logistic 擬合模式 (不同產卵孔數等級的表示同表三)。

Fig. 3. Logistic curve fitting to the probability of fruit damage (i.e., fruits with larval presence) in different classes of ovipositional punctures for grade II and III guava fruit. (The class of ovipositional punctures are the same as those of Table 3.)

實數中有多少的果實是有可能受果實蠅雌蟲產卵為害，進而求取受害果率。統計分析結果顯示，分組後的產卵孔數與幼蟲出現機率間的關係的確符合 logistic model (Chi-square, $p < 0.001$) (圖三)。果實 III 的曲線斜率為 4.572 較果實 II 的 2.522 為大，顯示果實 III 上只要少數的產卵孔數即可被判斷為受害果，此結果的表現可能與果實成熟度及雌蟲對果實偏好產卵有關。依據所求得的 logistic model，計算各組有幼蟲存在的可能機率，將該機率值設為加權指數，以進一步估算可能受害的果實數。果實 II 之產卵孔數等級在第 3 級(11-15 孔)時其機率為 0.9774，第四級為 0.9982，已接近 1.0；而果實 III 之產卵孔數等級在第 1 級(1-5 孔)時，有 0.728 的機率被判斷為受害果，第 2 級(6-10 孔)的機率更達 0.9962，也接近 1.0，因此加權指數的設定，在果實 II 取至產卵孔數等級第 3 級，果實 III 則取至第 2 級，各產卵孔數等級所對應的加權指數列於表三。

受害果實率的估算模式

由於果實成熟度可分為三級，在本文中僅取果實 II 及果實 III 進行調查。將田間取樣攜回的果實一一檢視計數各個果實上之產卵孔

數，再依果實成熟等級及其產卵孔數等級分類，由於是分為果實 II 及果實 III 二層取樣，故該取樣方式應屬分層取樣 (stratified sampling) 的一種 (Scheaffer *et al.*, 1996)。以分層取樣觀念為基礎，依據表三的加權值來計算所取樣的果實數中有多少的果實為受害果，再估算其受害果率，估算式如下：

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=0}^3 n_{ij} w_{ij}$$

= $\frac{\text{sum of estimated number of damaged fruit in each maturity grade}}{\text{total fruit in the sample}}$

式中 P = overall rate of fruit damage;

N = total number of fruit sampled (i.e. $N_1 + N_2$);

n_{ij} = number of fruits in each grade ($i=1, 2$) with various classes of ovipositional punctures ($j=0, 1, 2, 3$); and

w_{ij} = weighting factor as shown in Table 3.

依據上述公式所求得的受害果率為一估值，利用 Chi-square test criterion 分別檢定果實 II 及果實 III 之受害果實數估值與實際受害果實數間是否擬合。“世紀拔”以第二階段調查資料代入公式中計算受害果實數之估值，結果顯示，所得的受害果實數估值與實際受害果實數間沒有顯著差異 ($df = 161$; $p_{II} = 0.379$; $p_{III} = 0.681$)。此估算式是從“世紀拔”的資料而來，是否可應用於另一品種“梨仔拔”，同樣地，也以 Chi-square 進行檢定，

表三 不同產卵孔數等級下之果實受害機率及其加權值 (95%信賴區間示於括號內)

Table 3. Weighting factors (WFs) and probability of guava fruits being damaged by Oriental fruit fly larvae in different classes of ovipositional punctures (95% C.I. shown in parentheses)

Ripening grade	Probability of damage in each class ¹				
	0	1	2	3	4
II	0.02 (0.010, 0.045)	0.21 (0.158, 0.294)	0.78 (0.602, 0.889)	0.98 (0.908, 0.995)	1 (0.998, 1.000)
WF	0.02	0.21	0.78	1.0	
III	0.03 (0.004, 0.169)	0.73 (0.667, 0.782)	0.99 (0.973, 0.999)	1.0 (0.999, 1.000)	
WF	0.03	0.73	1.0		

¹ 0, no oviposition puncture; 1, 1-5 oviposition punctures; 2, 6-10 oviposition punctures; 3, 11-15 oviposition punctures; 4, ≥ 16 oviposition punctures.

結果也顯示估算的受害果實數與實際受害果實數間沒有顯著差異 ($df = 140$, $p_{II} = 0.894$, $p_{III} = 0.999$)。因此所建立的受害果率的估算模式應可推廣應用於田間，以快速取得受害果率估值。

所建立的公式既為一估算式 (estimator)，應有其變異性存在，由於取樣方法屬於分層取樣，故以分層取樣的理論為基礎來求取點估值的變方 (variance) (Scheaffer *et al.*, 1996)，其估算式為：

$$\bar{V}(\bar{P}) = \frac{1}{N^2} [N_1^2 \bar{V}(p_1) + N_2^2 \bar{V}(p_2)] = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^2 N_i^2 \bar{V}(p_i)$$

式中 $\bar{p}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=0}^3 n_{ij} w_{ij}$

p_i = estimated rate of fruit damage in each grade; $i=1$ or 2 for grade II and grade III, respectively;
 N_i = number of sampled fruit categorized as grade II or grade III, respectively

$V(P)$ = variance of overall rate of fruit damage; and
 $V(p_i)$ = variance of estimated rate of fruit damage at grade II or grade III, respectively.

三種取樣比例下之受害果率及其變方

每一株果樹之果實數量會隨季節及時間的不同而改變，因此，每次取樣時無法給予固定的取樣數，本研究乃以“株”為單位，依調查時樹上果實數之 10% 進行取樣，但是，10% 之取樣比例是否合理，另外以 5% 及 20% 之取樣比例做一比較。此調查工作是在“梨仔拔”園進行。一般而言，取樣數愈多，所得的估值愈接近期望值，利用此觀念，將 5% 及 10% 之取樣比例下所得的受害果數估值與 20% 取樣比例下之實際受害果數以 Student's *t*-test 檢定是否存有顯著差異，結果顯示，5% 取樣比例與 20% 取樣比例間有顯著差異 ($t = -2.26$, $p = 0.034$, $df = 23$)，而 10% 與 20% 取樣比例則無顯著差異 ($t = -1.16$, $p = 0.257$, $df = 23$)。

從表四可以看出，三種取樣比例下之受害果率之標準機差 (standard error) 介於 0.004-0.05 間，顯示其變異性小。由此推論，以 10% 為取樣比例，所得的受害果率估值是可被接受的。

討 論

在果實蠅防治效果的評估中果實受害率是一項重要的指標。所謂「受害果」應指不具有商品價值的果實，而果實蠅對果實產卵為害的判斷，首先應從果皮的產卵孔痕跡，其次再看果肉內有無幼蟲取食為害，故不具有商品價值者實際上係指果實表面上因雌蟲產卵所造成的孔洞或係指果實內有幼蟲出現者，應首先加以釐清。有些果實表面上雖有產卵孔的痕跡，但可能因沒有產卵或無幼蟲孵化，使該孔洞隨著果實的生長而有癒合的現象。我們認為凡果實內有果實蠅幼蟲為害者，才應被視為「受害果」。從調查結果中發現產卵孔數與幼蟲出現機率間確有相關，隨產卵孔數的增加，幼蟲出現機率愈高，至某一產卵孔數時其幼蟲出現機率已達 1.0 (圖二)。此結果有助我們僅憑產卵孔數之多寡等級，來推估果實內含有果實蠅幼蟲的機率，進而估計取樣果實數之受害果率。

真正「受害果」的判定需視果實內有否幼蟲存在，但是要判斷果實內有否幼蟲出現，往往需等待數日後有老熟幼蟲離開果實或經解剖後方能確定，此種作法費時且佔空間。既然產卵孔數與幼蟲出現機率間有相關性存在，應可利用此一相關性，嘗試從產卵孔數的多寡來判斷果實是否受害，從調查中，每一產卵孔數值皆可得到一個幼蟲出現機率值，藉由此機率值計算可得受害果實數，然而在田間實際應用時，每一產卵孔數以一個機率值來計算是頗為

繁瑣的，考慮田間應用的方便性，故將產卵孔數分組討論。

從圖三的結果顯示，果實 II 的曲線斜率較果實 III 為小，表示其到達最高點的速率較果實 III 為慢，也就是說，果實 III 上只要有少數的產卵孔數存在，被發現其內有幼蟲出現的機率就很高，亦即被判斷為受害果的機會也大；此結果可能是因果實蠅雌蟲特別偏好在番石榴熟果上產卵，且熟果內的幼蟲存活率較高所致 (Chiu and Chu, 1987; Liu and Huang, 1990)。

從產卵孔數等級與幼蟲出現機率間的 logistic model 中可得各產卵孔數等級下其可能為受害果的機率，將這些機率值設為加權值 (weighting factor)，進一步可得取樣果實中可能受害的果實數。從圖三及表三中顯示，在無產卵孔情形下，果實 II 被認為有可能受害的機率為 0.02，果實 III 為 0.03，此可能是果皮表面上的產卵孔數少且孔徑小而不易被發現所致，由此可見，若將沒有發現產卵孔者視為非受害果，將會造成些微的誤判。果實 III 內有幼蟲出現的機率稍高於果實 II，此係因果實 III 內幼蟲存活率高於果實 II，即使果實 II 內有卵存在，但生存環境不利於幼蟲時，可能因而致死，被判定為受害的機率自然就低，也因此果實 III 在無產卵孔的情形下，被判定為受害果的機率則稍高於果實 II，故果實 III 在產卵孔數第 0 級時其可能受害的機率高於果實 II。果實 II 之產卵孔數等級在第三級時的機率為 0.9774，第四級為 0.9982，已接近 1.0 的機率，故計算受害率時僅需取至第三級，亦即果皮上產卵孔數大於 10 者，給予加權值 1.0；果實 III 的第二級為 0.9962，第三級為 0.9996，第四級為 0.9999 均接近 1.0，果實 III 之產卵孔數等級取至第二級，亦即產卵孔數大於 5 個時其加權值設為 1.0。各產卵孔數

等級所對應的加權值列於表三。

由於番石榴果實之不同成熟度對果實蠅雌蟲產卵有不同程度的誘引力，也就有不同程度的受害機率，因此，在取樣時必須分別考慮各成熟度果實的受害率，再加總為一總受害果率，此屬分層取樣，利用分層取樣估算族群比例 (population proportion, p) 的觀念及模式 (Scheaffer *et al.*, 1996) 來建立估算受害果率的模式，以求得受害果率及其變方。藉由此模式所得的受害果率與實際觀察的受害果率間並沒有顯著差異，由此可見，所建立的受害果率估算模式應可成立，並可提供應用於田間，在不破壞果實情形下，快速得到受害果率資料，以利在最短時間內評估果實蠅的防治成效，以便採取進一步的防治措施。然而，此模式是在番石榴果實下才能成立，至於其他種類的果實，由於其生長發育情形不同，且雌蟲的偏好程度也不同，模式理當不同，此一型式模式還能應用在那些種類的果實上，需進一步研究獲知。

果實受害率調查時，由於受害果率之估係依被害果實數及取樣果實數來決定，而樹上總果實數會隨著時間的改變而有所不同，將影響取樣果實數之決定，為保留部分果實以方便調查工作的持續進行，以樹上果的 10% 為取樣數進行取樣，但此取樣比例是否可行，另外取 5% 及 20% 的取樣比例比較之。經 Student's *t*-test 檢定結果，5% 與 20% 之取樣比例間有顯著差異，10% 則無，再從 5%、10% 及 20% 取樣比例所得的受害果率及其變方來看，10% 的取樣比例是可被接受的。然而，對一個果園而言，取 10% 的樣本數是否足以反映田間果實受害率，又田間果實數相當少時，應如何取樣，也有待進一步的研究探討。

誌 謝

本研究承農委會 86 科技-1.2-糧-11(2)、87 科技-1.2-糧-11(2)及 88 科技-1.3-檢-01(14)經費補助，試驗期間蒙蘇文瀛組長指導及鼓勵，又蒙果農林國清先生及謝萬維先生慷慨租借果樹，並得郭雪、陳連絲、江永傳等同仁不辭辛勞的協助調查工作，使試驗得以順利進行、完成；稿成後又承審稿委員悉心指正及提供寶貴的意見，謹此一併致謝。

引用文獻

- Chiu, H. T., and Y. I. Chu.** 1987. Oviposition behavior of *Dacus dorsalis* Hendel. (I) On the oviposition potential. Chinese J. Entomol. 7: 119-126. (in Chinese).
- Chiu, H. H., and L. C. Yang.** 1998. Current situation and prospect of controlling fruit fly in Taiwan. Proceeding of Symposium on Control of Fruit Fly in Taiwan. pp. 1-8. National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan. (in Chinese).
- Huang, L. H.** 1988. Life table, oviposition preference, population fluctuation of *Dacus dorsalis* Hendel based on the host fruits factor effects. Master Thesis. Research Institute of Entomology, National Chung Hsing University. 123 pp. (in Chinese).
- Hwang, Y. B., C. H. Kao, and E. Y. Cheng.** 1998. The control strategy and prospect for the Oriental fruit fly in Taiwan. Proceeding of Symposium on Control of Fruit Fly in Taiwan. pp. 9-25. (in Chinese).
- Lee, W. Y.** 1988. The control programme of the Oriental fruit fly in Taiwan. Chinese J. Entomol. Special Publ. 2: 51-60. (in Chinese).
- Liu, Y. C., and L. H. Huang.** 1990. The oviposition preference of the Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel. Chinese J. Entomol. 10: 159-168. (in Chinese).
- Mercado-Silva, E., P. Benito-Bautista, and M. de los A. García-Velasco.** 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. Postharvest Biol. and Technol. 13: 143-150.
- Nakamori, H., M. Nishimura, and H. Kakinohana.** 1991. Eradication of the Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae), from Miyako and Yaeyama Islands by the male annihilation method. Proc. First International Symposium on Fruit Fly in the Tropics. pp. 220-231
- Scheaffer, R. L., W. Mendenhall III, and L. Ott.** 1996. Elementary survey sampling. 5th ed. Duxbury Press, Belmont, California. 501 pp.
- Seo, S. T., G. J. Farias, and E. J. Harris.** 1982. Oriental fruit fly: ripening of fruit and its effect on index of infestation of Hawaiian papayas. J. Econ. Entomol. 75: 173-178.
- Shiga, M.** 1991. Future prospect of

- eradication of fruit flies. Proc. Symp. Biol. Contr. Fruit Flies. pp. 126-136.
- Steiner, L. F., W. G. Hart, E. J. Harris, R. T. Cunningham, K. Ohinata, and D. C. Kamakahi.** 1970. Eradication of the Oriental fruit fly from the Mariana Islands by the methods of male annihilation and sterile insect release. J. Econ. Entomol. 63: 131-135.
- Yang, T. H.** 1996. Studies on the development of 'Shihchi' guava (*Psidium guajava* L.) fruit. Master Thesis. Department of Horticulture, National Chung Hsing University. 82 pp. (in Chinese).

收件日期：2002年11月15日

接受日期：2003年1月7日

Estimation of the Damage Rate of Guava Fruits by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera:Tephritidae) Based on Ovipositional Punctures

Li-Hsin Huang* and Mei-Chieh Lin Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, 11 Kuang-Ming Rd., Wufeng, Taichung 413, Taiwan, R. O. C.

Chiou-Nan Chen Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, 106 Taiwan, R. O. C.

ABSTRACT

A weighted method for the estimation of the damage rate of guava fruits by the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), based on ovipositional punctures was developed. A guava fruit was considered as damaged by the fruit fly when larvae were present inside the fruit. Our survey data showed that a high correlation existed between either the presence or absence of ovipositional punctures or their numbers on the fruit surface and fruit damage by the fruit fly (i.e., larval presence in the fruit). Ovipositional punctures on fruits with different ripeness were grouped into classes at five-puncture intervals. Thus those on the 2nd grade of guava fruit and the 3rd grade (riper fruit) were grouped as classes 0-4. A logistic model was fitted to the data relating class of ovipositional punctures on both grades of guava fruits and probability of larval presence in the fruits. A weighting factor for each ovipositional puncture class was assigned according to the expected probability of larval presence derived from the logistic model. For the 2nd grade of fruit, the probability of larval presence in the 3rd (11-15 punctures) and 4th classes (16-20 punctures) of ovipositional punctures was 0.9774 and 0.9982, respectively. Therefore, the weighting factor was set to 1.0 when the number of ovipositional punctures was greater than 10. For the 3rd grade of fruit, the probability of larval presence in the 2nd class of ovipositional punctures was 0.996; thus the weighting factor was also 1.0 when the number of ovipositional punctures was greater than 5. After further simplification, the weighting factors for classes 0-3 of ovipositional punctures on the 2nd grade of fruit were set to 0.02, 0.21, 0.78, and 1.0, respectively; and for classes 0-2 on the 3rd grade of fruit to 0.03, 0.73, and 1.0. Stratified random samples were taken to estimate the rate of fruit damage. These confirmed that the estimated rate of fruit damage based on the weighted method did not significantly differ from the actual rate of fruit damage based on actual counts of larval presence in the fruits. The estimation model is valid for a quick estimation of the rate of guava fruit damage in orchards, and it is currently applicable to the cultivars "Century" and "Pear-shaped".

Key words: Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, guava fruit, ovipositional puncture, rate of fruit damage, damage estimation model.