



# Formosan Entomologist

Journal Homepage: [entsocjournal.yabee.com.tw](http://entsocjournal.yabee.com.tw)

## 【Research report】

### 食物因子作用下之東方果實蠅族群統計學介量【研究報告】

劉玉章、黃莉欣<sup>1</sup>

\*通訊作者E-mail:

Received: Accepted: Available online: 1990/09/01

## Abstract

### 摘要

東方果實蠅 (*Dacus dorsalis* Hendel) 於不同食物及水份供試下，以柳橙汁組之全日供水處理所得成蟲壽命最長，而以人工飼料組全日供水之繁殖率最高，不供應任何食物及水分，成蟲僅可存活3天，僅餵食水分可存活5天。幼期各蟲期之發育，以檬果飼育下所需之時間最短；成蟲壽命以柑桔飼育者最長，其中雌蟲壽命以檬果飼育之93.90天為最短，雄蟲則以番石榴之117.30天為最短；雌蟲產卵量以檬果及番石榴飼育時明顯較柑桔者為高。成蟲以葡萄糖、果糖及蔗糖餵食下，雄蟲平均壽命各處理組間無差異，雌蟲則以果糖餵食時最長(113.53天)；雌蟲產卵量於各醣類處理間均極低。以人工飼料飼育之成蟲壽命與產卵量遠較僅取食10%糖水者為最。以多行矩陣法計算所得各族群介量，於不同果實飼育下之內在增殖率( $\gamma$ )及終極增殖率( $\lambda$ )均以檬果者為最大(分別為 $\gamma = 0.1276$ ,  $\lambda = 1.1361$ )，而以柑桔者為最小；淨增殖率( $R_0$ )以番石榴飼育時為最高；平均世代時間以柑桔飼育者最長( $T = 85.84$ 天)，而以檬果飼育者46.24天最短。不同醣類餵食下之內在增殖率及淨增殖率均分別小於0及1。族群統計學中之其他各介量，亦均於文中分別加以計算，並以圖示說明。

### Key words:

關鍵詞: 族群統計學、生命表、族群介量、東方果實蠅、寄主果實、食物因子。

Full Text:  [PDF\(0.9 MB\)](#)

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

# 食物因子作用下之東方果實蠅族羣統計學介量

劉 玉 章 黃 莉 欣<sup>1</sup>

國立中興大學昆蟲學研究所

(接受日期: 1990 年 6 月 22 日)

## 摘 要

東方果實蠅 (*Dacus dorsalis* Hendel) 於不同食物及水分供試下, 以柳橙汁組之全日供水處理所得成蟲壽命最長, 而以人工飼料組全日供水之繁殖率最高, 不供應任何食物及水分, 成蟲僅可存活 3 天, 僅餵食水分可存活 5 天。幼期各蟲期之發育, 以檸檬飼育下所需之時間最短; 成蟲壽命以柑桔飼育者最長, 其中雌蟲壽命以檸檬飼育之 93.90 天為最短, 雄蟲則以番石榴之 117.30 天為最短; 雌蟲產卵量以檸檬及番石榴飼育時明顯較柑桔者為高。成蟲以葡萄糖、果糖及蔗糖餵食下, 雄蟲平均壽命各處理組間無差異, 雌蟲則以果糖餵食時最長 (113.53 天); 雌蟲產卵量於各醣類處理間均極低。以人工飼料飼育之成蟲壽命與產卵量遠較僅取食 10% 糖水者為高。

以多行矩陣法計算所得各族羣介量, 於不同果實飼育下之內在增殖率 ( $r$ ) 及終極增殖率 ( $\lambda$ ) 均以檸檬者為最大 (分別為  $r=0.1276$ ,  $\lambda=1.1361$ ), 而以柑桔者為最小; 淨增殖率 ( $R_0$ ) 以番石榴飼育時為最高; 平均世代時間以柑桔飼育者最長 ( $T=85.84$  天), 而以檸檬飼育者 46.24 天最短。不同醣類餵食下之內在增殖率及淨增殖率均分別小於 0 及 1。

族羣統計學中之其他各介量, 亦均於文中分別加以計算, 並以圖示說明。

(關鍵詞: 族羣統計學、生命表、族羣介量、東方果實蠅、寄主果實、食物因子)

## 緒 言

果實蠅雌蟲產卵時恒選擇其所偏好之寄主果實, 以提供幼蟲優良之生存環境與食物營養, 幼蟲生長發育良好與否, 常有賴果實之營養品質與理化性質, 故寄主食物之適宜與否不但影響幼蟲之存活與成長, 更可影響成蟲之壽命與繁殖, 關係未來族羣之興衰。不同種類之食物所含營養成分各有不同, 對果實蠅各發育期、成蟲壽命及產卵量均有重大影響。醣類及水分可提供成蟲活力、增進存活率, 而蛋白質及胺基酸為性成熟及卵形成所必需之營養物質, 可增加成蟲之繁殖率。故不同的寄主食物對果實蠅之影響各自不同, 本文有鑑於此, 乃探求並比較在不同食物生長下東方果實蠅族羣增長之差異。唯此項工作頗為繁重, 且東方果實蠅之寄主種類又多, 故特選擇番石榴、檸檬及柑桔三種主要寄主果實及葡萄糖、果糖及蔗糖三種常用醣類為食物, 進行試驗、研究。

族羣之出生率與死亡率常為年齡應變及密度應變, 族羣統計學 (demography) 即主要在研究族羣中不同年齡結構下之族羣增長與變動, 包括族羣之存活與死亡、年齡結構、增長速率、世代時間、繁殖值及期望壽命等, 本文即借助於生命表 (life table)、族羣增長介量 (population growth

<sup>1</sup> 現址: 臺中霧峯, 臺灣省農業藥物毒物試驗所

parameters) 及其他相關族群發展之介量等, 以研求東方果實蠅在不同食物作用下之族群統計學介量。

族群增長早期學者多使用指數生長 (exponential growth) 及 logistic growth, 後相繼將年齡結構加入生命表而應用於昆蟲族群上, 然昔時生命表之研究皆以雌性個體為主, 未考慮雄性及個體間發育速率之差異, 故本文在作對東方果實蠅在不同食物處理下之生命表研究時特採用 Chi and Liu (1985) 及 Chi (1988) 之多行矩陣法 (multiple column matrix) 將雌雄兩性及個體間發育速率變異性同時列入考慮中, 以求符合昆蟲實際發育、增長情形, 並將此生命表納入族群統計學中。此外族群統計學所包涵之其他介量亦均在此一考慮原則下加以計算求出。

## 材 料 與 方 法

### 一、供試蟲之飼養

試驗用蟲採自田間之被害果, 經室內人工飼育繁殖後作為供試蟲源。成蟲飼養於成蟲飼育箱內, 以成蟲飼料及含水棉花供應食物及水分。採卵時將採卵器內置番石榴一小塊, 放入飼育箱內, 引誘成蟲產卵。將所採得之卵, 放於幼蟲飼育盤上, 以人工飼料飼養孵化之幼蟲。成蟲及幼蟲人工飼料配方依邱 (1978)、曾及邱 (1980) 之配方配製。

### 二、食料及水分對成蟲壽命及繁殖之影響

將所採得之卵, 以幼蟲人工飼料飼養於 12L:12D 光照之 20°C 定溫箱內, 俟幼蟲老熟後移入鋸木屑中任其化蛹, 記錄蛹期及羽化時間。初羽化的成蟲配對 10 對, 分別放入成蟲飼育器內, 飼育器高約 14 cm, 直徑約 8 cm, 以保持瓶切製而成, 器之兩端開口覆蓋尼龍紗網, 底部並墊以穿洞之培養皿, 器內放置食物及水, 器壁中央並開有一直徑約 3 cm 之孔洞, 用以插放採卵器。將飼育器置於 20°C 定溫箱中, 分別進行下列 10 項處理:

- (1) 不供應任何食物及水分。
- (2) 僅供應水分 (以棉花沾吸供水)。
- (3) 僅餵食成蟲飼料。
- (4) 餵食成蟲飼料, 並於早上 8:00~9:00 供水 1 小時。
- (5) 餵食成蟲飼料, 並於中午 12:00~1:00 供水 1 小時。
- (6) 餵食成蟲飼料, 並於晚上 6:00~7:00 供水 1 小時。
- (7) 餵食成蟲飼料, 24 小時全日供水。
- (8) 餵食柳橙汁及供水 1 小時 (供水時間為晚上 6:00~7:00)。
- (9) 僅餵食柳橙汁。
- (10) 餵食柳橙汁及 24 小時全日供水。

每處理作三重複, 每重複各 10 對成蟲, 羽化當日即開始進行餵食處理試驗, 每日記錄產卵數及死亡成蟲數, 直到壽命結束。

### 三、食物對族群介量之影響

#### 1. 食物對幼期各蟲期發育及存活之影響

##### (1) 不同寄主果實之影響

將檸檬、柑桔及番石榴鮮果切半, 置於成蟲飼育箱上以誘引雌蟲產卵, 經 2 小時後, 分別將所採得之卵各 100 粒置入含檸檬、柑桔及番石榴果汁的濾紙上, 放於培養皿中, 於 12L:12D 光照之 25°C 定溫箱中, 每隔 2 小時觀察一次, 記錄孵化卵數, 並將初孵化之幼蟲, 分別移於鮮果內飼育,

直至幼蟲老熟，以鋸木屑收集使其化蛹，每日記錄蛻變、存活及死亡數。初羽化的成蟲配對後，分別置入成蟲飼育器內，作單對飼養，共配對 20 對。飼以成蟲飼料及含水棉花。番石榴飼育的成蟲分二項試驗進行，各餵 10% 之糖水與水分或僅餵水分，每日更換置有一小塊番石榴的採卵器，逐日觀察記錄成蟲存活情形及其產卵量。

### (2) 不同醣類之影響

將產下 2 小時內的卵，分別各取 50 粒放入幼蟲飼料上，飼料中分別以葡萄糖 (D(+)-Glucose-Monohydrat,  $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$ )、果糖 (D(-)-Fructose,  $C_6H_{12}O_6$ ) 及蔗糖 (Sacchrose,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 替代砂糖飼育幼蟲。成蟲則餵食與幼蟲同一醣類之溶液，濃度均為 10%，觀察及記錄情形同(1)項。

### 2. 族羣介量之計算與生命表之分析

東方果實蠅之成蟲壽命長但其卵期短，在使用電腦作生命表分析時，將卵期併入幼蟲期內計算，並以電腦合併每 4 天為一年齡組 (age class) 為單位分析。

將記錄所得之各齡期發育時間、存活率及成蟲每日繁殖率等資料，依 Chi and Liu (1985) 及 Chi (1988) 之理論，求其生長、發育及繁殖矩陣，並考慮個體間發育速率之變異，進而計算求其在增殖率 (intrinsic rate of increase  $r$ )、淨增殖率 (net reproduction rate  $R_0$ )、終極增殖率 (finite rate of increase  $\lambda$ ) 及平均世代時間 (mean generation time  $T$ ) 等族羣介量 (公式請參照劉等 1985)。

同時為比較各試驗間之差異，利用 Jackknife 方法 (Sokal and Rohlf, 1981) 估計族羣介量之標準機差，其估算方法為先求得取樣中全部個體的  $r$  值 ( $r_{all}$ )，再自原始資料  $n$  個體中每次省略第  $i$  個體 ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ )，計算所剩餘  $n-1$  個體之  $r$  值 ( $r_i$ )，再利用 (1) 式求得假  $r$  值 (pseudo- $r$ ,  $r_i$ )，反覆計算求得  $n$  個假  $r$  值

$$r_i = n \cdot r_{all} - (n-1) r_i \quad (1)$$

代入 (2) 及 (3) 式中即可求得估算之  $r$  值 ( $r_j$ ) 及標準機差 ( $SE_{(r_j)}$ )

$$r_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n r_i \quad (2)$$

$$SE_{(r_j)} = \sqrt{S^2_{r_i}/n} \quad (3)$$

$S^2_{r_i}$ :  $n$  個  $r_i$  的變方

其他族羣介量之標準差估算方法亦同。

## 結果與討論

### 一、食物及水份對成蟲壽命及繁殖之影響

東方果實蠅之成蟲餵食於不同的食物及供水量下，結果顯示 (見表一)，在人工飼料組中，不同供水量以 24 小時全日供水者成蟲壽命較長，而供水 1 小時者，雄蟲之壽命無甚差異性，雌蟲壽命則以中午供水者較短，與早上及晚上供水者有差異性；僅餵食人工飼料而不供水之成蟲，由於缺乏水份其壽命平均僅能存活 15 天，與各處理組間有顯著差異；雌雄蟲之壽命在中午供水 1 小時及 24 小時全日供水下，經  $t$ -test 檢驗於  $\alpha=0.05$  下有顯著差異，皆以雄蟲的壽命較長。柳橙汁組中，雌雄蟲壽命與供水情形有明顯相關，其中以 24 小時全日供水下，雌雄蟲間壽命經  $t$ -test 檢驗 ( $\alpha=0.05$ ) 有顯著差異。不餵食任何食物及水份，成蟲僅能存活約 3 天，僅供應水份而不餵食食物時，成蟲可存活約 5 天，與 Keiser and Schneider (1969) 的報導認為糖及水份對果實蠅成蟲壽命至關重要的結果相吻合。

由表一中成蟲繁殖率結果顯示，果實蠅在缺乏水分或食物下即無法產卵繁衍後代。在各項食物處

表一 食物及水分對東方果實蠅成蟲壽命及產卵量之影響

Table 1. Effect of foods and water on the longevity and fecundity of *Dacus dorsalis* Hendel adult

Regiments	Longevity (days)		Fecundity (eggs/♀)
	Male	Female	
<b>Artificial diet</b>			
With water, provided:			
1 hr in the morning	54.10d* (6.31)**	57.12b (6.52)	455.95ab (91.34)
1 hr at noon	56.75d (6.68)	38.65c (3.52)	474.28ab (82.11)
1 hr in the evening	48.38d (6.61)	56.88b (6.18)	308.75b (59.97)
24 hrs daily	81.90c (9.49)	53.31b (6.09)	655.21a (149.76)
Without water	15.29e (0.37)	15.81d (0.33)	0
<b>Orange juice</b>			
With water, provided:			
1 hr daily	101.68b (10.98)	113.48a (7.32)	39.71c (20.69)
24 hrs daily	131.64a (6.97)	122.57a (1.78)	49.75c (4.49)
Without water	42.21d (3.78)	50.17bc (4.47)	10.88c (1.41)
Water	4.97e (0.20)	4.80de (0.17)	0
Nonfeending	2.93e (0.12)	2.90e (0.09)	0

\*: 同行中相同字母表示依鄧肯氏多變域分析時，在 5% 水平下無顯著差異

\*: Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's new multiple range test.

\*\*：標準機差

\*\*：Standard error.

理組中以取食人工飼料者產卵量均較高，其中尤以 24 小時全日供水者每雌平均可產下 655.2 粒卵為最高，與晚上供水 1 小時者間有明顯差異。取食柳橙汁之成蟲，產卵量遠較取食人工飼料者為低，其供水量多寡間則無差異性，可能是因果汁中本已含有多量水份之故。Bateman (1972) 與 Christenson and Foote (1960) 認為糖可供給成蟲活力，而水溶性蛋白質為性成熟及產卵所必需的營養，由本試驗結果顯示含有水溶性蛋白質的人工飼料可提供較佳的營養，其繁殖率甚高，而果汁中含蛋白質不多，繁殖率則偏低。但相對地以果汁餵食下的成蟲其活力與壽命遠較人工飼料下者為長。

果實蠅成蟲在田間之食物來源，學者們認為為鮮果果汁、同翅目昆蟲所分泌之蜜露、植物汁液及露水等 (Back and Pemberton, 1917; Marlowe, 1945; Hagen and Finney, 1950; Matsu-

moto and Nishida, 1962; 劉, 1981)。若僅取食砂糖或蜜露則卵巢發育不完全或不發育, 兼食果汁或酵母水解物有助於卵巢發育之促進 (Marlowe, 194g; Matsumoto and Nishida, 1962)。食物及水分對果實蠅的存活、繁殖及其族羣的發展具有重要的影響力, 然成蟲在田間究竟依賴那些食物來源, 除蜜露及果汁可增長壽命外, 尚有那些可以提高繁殖力的物質存在於何種主要食物中, 有待進一步的發掘。

## 二、食物對族羣介量之影響

### 1. 食物對幼期各蟲期發育及存活之影響

於 25°C 定溫下, 以番石榴、檸檬果及柑桔飼育之東方果實蠅, 其幼期各蟲期發育所需之時間如表二。由表中可知, 在柑桔飼育下之卵期及幼蟲期需時最長, 分別為 34.99 小時及 8.02 天, 以檸檬果飼育者為最短, 分別為 34.11 小時及 7.06 天, 二者間有顯著差異。蛹期以檸檬果飼育者需時最長, 10.07 天, 而以番石榴飼育的 9.51 天為最短。此與劉等 1985 年所作出柑桔飼育果實蠅之結果相近似, 唯其卵期 37.95 小時較本試驗略長。以不同食物飼育下之個體, 其各發育期間略有差異之結果, 於本試驗結果更得以證實。

表二 東方果實蠅於不同寄主果實中幼期各蟲期之發育時間

Table 2. The development time of each preadult stage of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various hostfruits

Fruits	Egg stage (hr)	Larval stage (day)	Pupal stage (day)
Guava	34.82a* (0.14)**	7.31b (0.06)	9.51b (0.09)
Mango	34.11b (0.21)	7.06c (0.04)	10.07a (0.08)
Citrus	34.99a (0.16)	8.02a (0.02)	9.98a (0.02)

\*, \*\*: 同表一

\*, \*\*: Footnotes same as Table 1.

### 2. 不同食物及醣類對成蟲壽命及繁殖之影響

#### (1) 不同寄主食物之影響

於番石榴、檸檬及柑桔三種不同寄主果實上飼育所得之成蟲壽命及產卵量列於表三。成蟲壽命均以柑桔飼育者最長, 其中雄蟲為 148.23 天, 雌蟲為 128.44 天。雄蟲壽命以番石榴飼育時為最短, 雌蟲則以檸檬果飼育時最短, 分別為 117.30 天及 93.90 天。雌雄性之間於三種不同果實下雄蟲壽命均較雌蟲為長。產卵量於番石榴及檸檬果飼育下分別為 1,599.0 粉卵 / ♀ 及 1,802.40 粒卵 / ♀, 二種果實間無顯著差異; 但以柑桔飼育時平均每隻雌蟲可產 1,096.75 粒卵最少, 且顯著低於前一種果實為食之產卵量, 亦較劉等於 1985 年所報導的 1,828 粒卵 / ♀ 為少。

#### (2) 不同醣類之影響

於葡萄糖、果糖及蔗糖三種不同醣類飼育下之結果 (表四), 雌蟲壽命以葡萄糖飼育者 72.02 天為最短, 而以果糖飼育之 113.53 天為最長, 二者間顯著差異 ( $p=0.05$ )。雄蟲壽命則於各醣類飼育下無顯著差異。雌蟲產卵量於各處理組下均甚低, 平均每隻產生不及 3 粒卵, 且各組間無甚差異, 唯其中之果糖飼育下所產 2 粒卵 / ♀ 略高於葡萄糖及蔗糖。綜觀在果糖飼育下之成蟲壽命最長均大於 100 天, 略長於其他二種醣類。Gray and Fraenkel (1954) 與 Chang *et al.* (1979) 分別分析

表三 東方果實蠅於不同寄主果實飼育下中之成蟲壽命及產卵量

Table 3. The longevity and fecundity of *Dacus dorsalis* Hendel adult reared on different hostfruits

Fruits	Longevity (day)		Fecundity (eggs/♀)
	Male	Female	
Guava	117.30b* (4.87)**	102.30b (4.03)	1,599.00a (40.42)
Mango	140.84a (5.11)	93.90b (6.63)	1,802.40a (88.46)
Citrus	148.23a (9.08)	128.44a (7.82)	1,096.75b (105.05)

\*, \*\*: 同表一

\*, \*\*: Footnotes same as Table 1.

表四 東方果實蠅於不同醣類飼育下中之成蟲壽命及產卵量

Table 4. The longevity and fecundity of *Dacus dorsalis* Hendel adult fed on different carbohydrates

Carbohydrates	Longevity (day)		Fecundity (eggs/♀)
	Male	Female	
Glucose	85.20a* (10.67)**	72.20b (10.15)	0.80a (0.62)
Fructose	112.33a (10.54)	113.53a (15.05)	2.00a (1.07)
Saccharose	99.80a (10.64)	99.20ab (12.38)	1.20a (0.64)

\*, \*\*: 同表一

\*, \*\*: Footnotes same as Table 1.

表五 番石榴飼育之東方果實蠅，其成蟲在不同食物飼育下之壽命及產卵量

Table 5. The longevity and fecundity of *Dacus dorsalis* Hendel adult fed on different foods while larvae reared from guava fruit

Foods	Longevity (day)		Fecundity (eggs/♀)
	Male	Female	
Artificial diet	117.30a* (4.87)**	102.30a (4.03)	1,599.00 (40.42)
10% Sugar solution	93.62a (11.38)	86.62a (9.47)	2.06 (1.07)
Water only	5.80b (0.17)	5.80b (0.17)	0

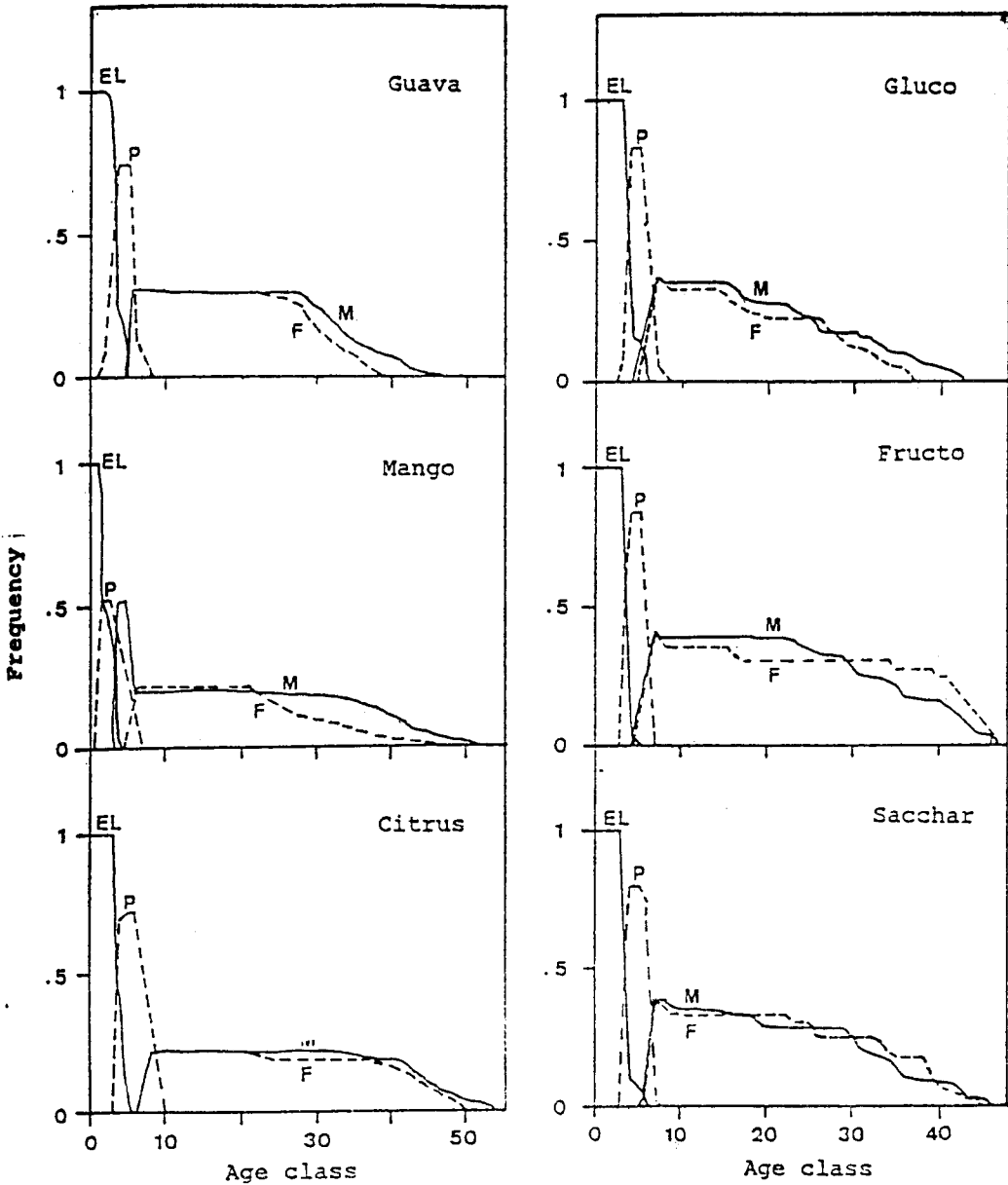
\*, \*\*: 同表一

\*, \*\*: Footnotes same as Table 1.

蜜露及果實蠅嚙囊 (crop) 中之醣成份, 均以果糖之含量較高, 可見果糖為果實蠅所需主要之醣類。糖份可以提供成蟲活力, 本試驗結果頗能證實此現象。

(8)不同食料之影響

以番石榴飼育所得之成蟲, 在不同食物餵食下, 以人工飼料飼育下之成蟲壽命最長 (表五), 其與取食 10% 糖水間則無顯著差異, 不餵食物僅供水份時, 平均壽命僅為 5.8 天。產卵量以取食含蛋白質之人工飼料者為最高。由以上結果再度證實糖分僅能提供成蟲活力, 對其繁殖力並無明顯促進作



圖一 不同果實及醣類飼育下之東方果實蠅齡期頻度分佈。

Fig. 1. Stage frequency distribution of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. EL: Egg+Larvae, P: Pupae, F: Female, M: Male. Age class=4 days.



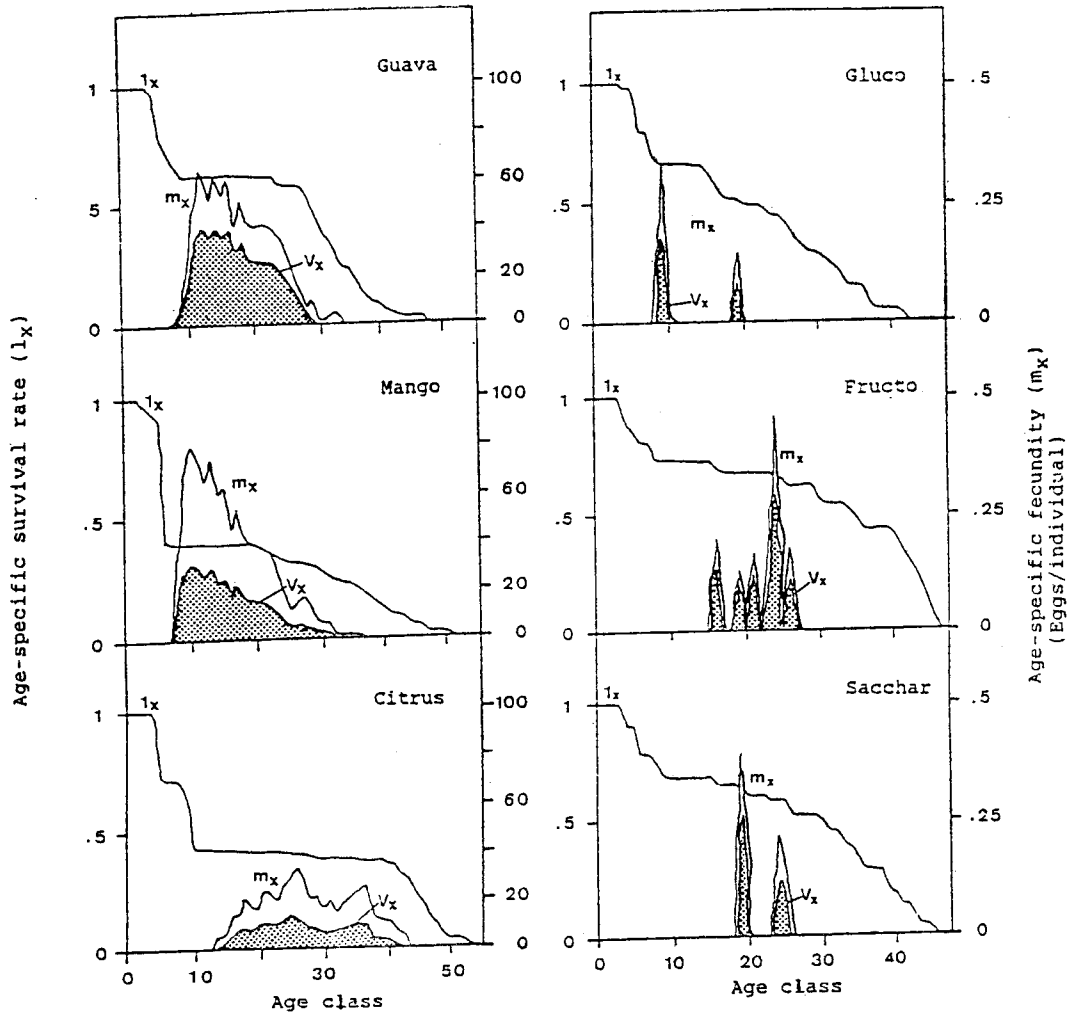
用。

由以上三項試驗結果顯示，縱使幼蟲期之營養條件良好，亦僅有利於幼蟲之生長發育並無法提供足夠能量以助羽化後成蟲之存活及繁殖，與 Keiser and Schneiaer (1969)、Fletcher and Kapatots (1983) 及 Manoukas (1983) 之結果相吻合。

3. 齡期分佈、齡別存活率及齡別繁殖率

由圖一及圖五之齡期頻度分佈曲線可知各齡期間之分佈有重疊現象，以檬果飼育時重疊現象較其他各處理間尤為明顯；三種不同醣類處理結果顯示齡期頻度分佈之變化相同，而在圖五成蟲餵食人工飼料及 10% 糖水之齡期頻度分佈也相仿。由於生物個體間具發育速率之差異性，故於具有年齡結構之族羣中，欲同時考慮發育速率及雌雄性之差異，本試驗乃採用 Chi and Liu (1985) 及 Chi (1988) 之方法，組成發育、生長及繁殖矩陣，再求出齡別存活率及齡別繁殖率。

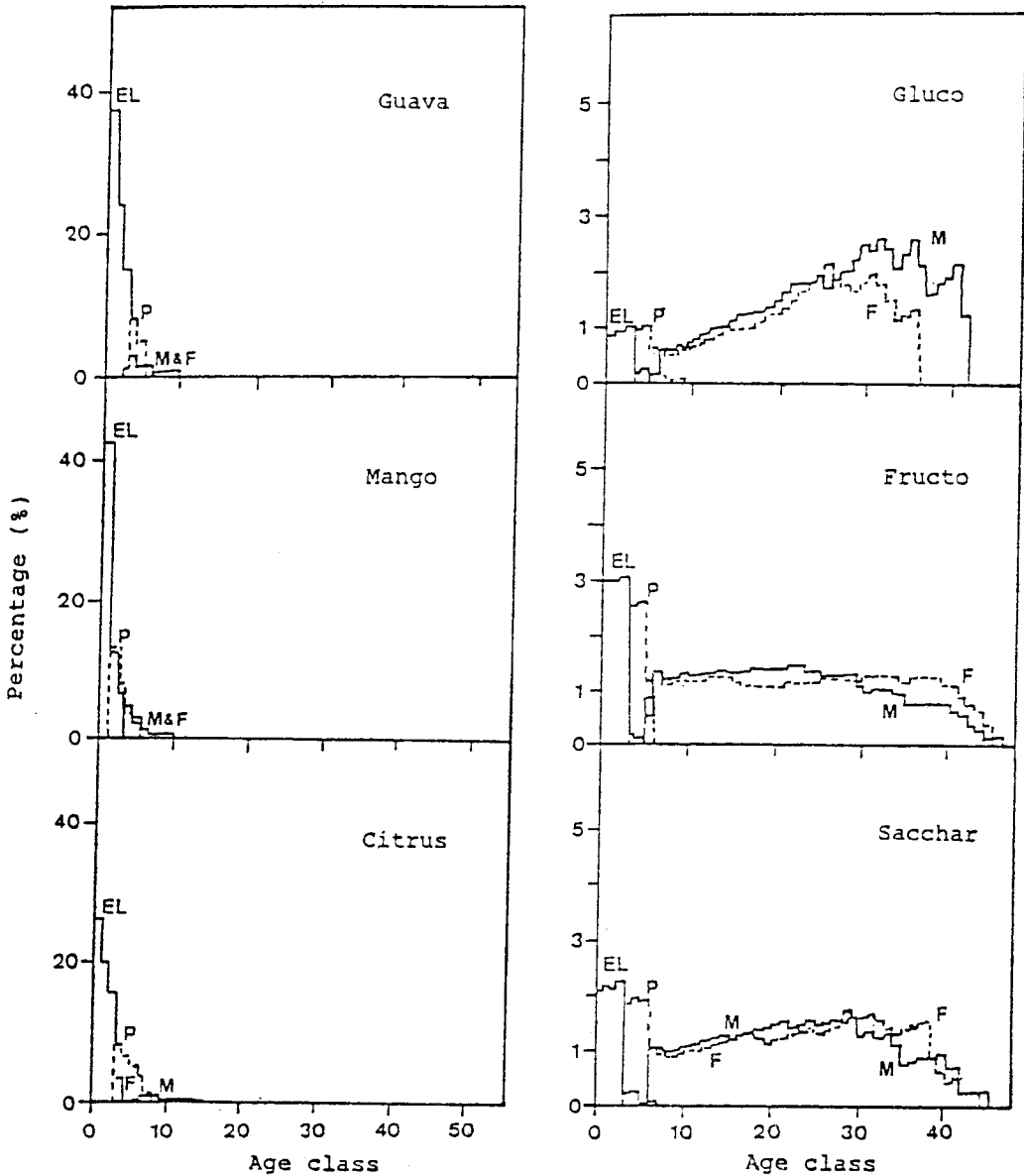
以不同食物飼育之果實蠅齡別存活率 ( $l_x$ ) 與齡別繁殖率 ( $m_x$ )，分別以圖形表現於圖二及圖五



圖二 不同果實及醣類飼育下之東方果實蠅齡別存活率、齡別繁殖率及繁殖淨值。

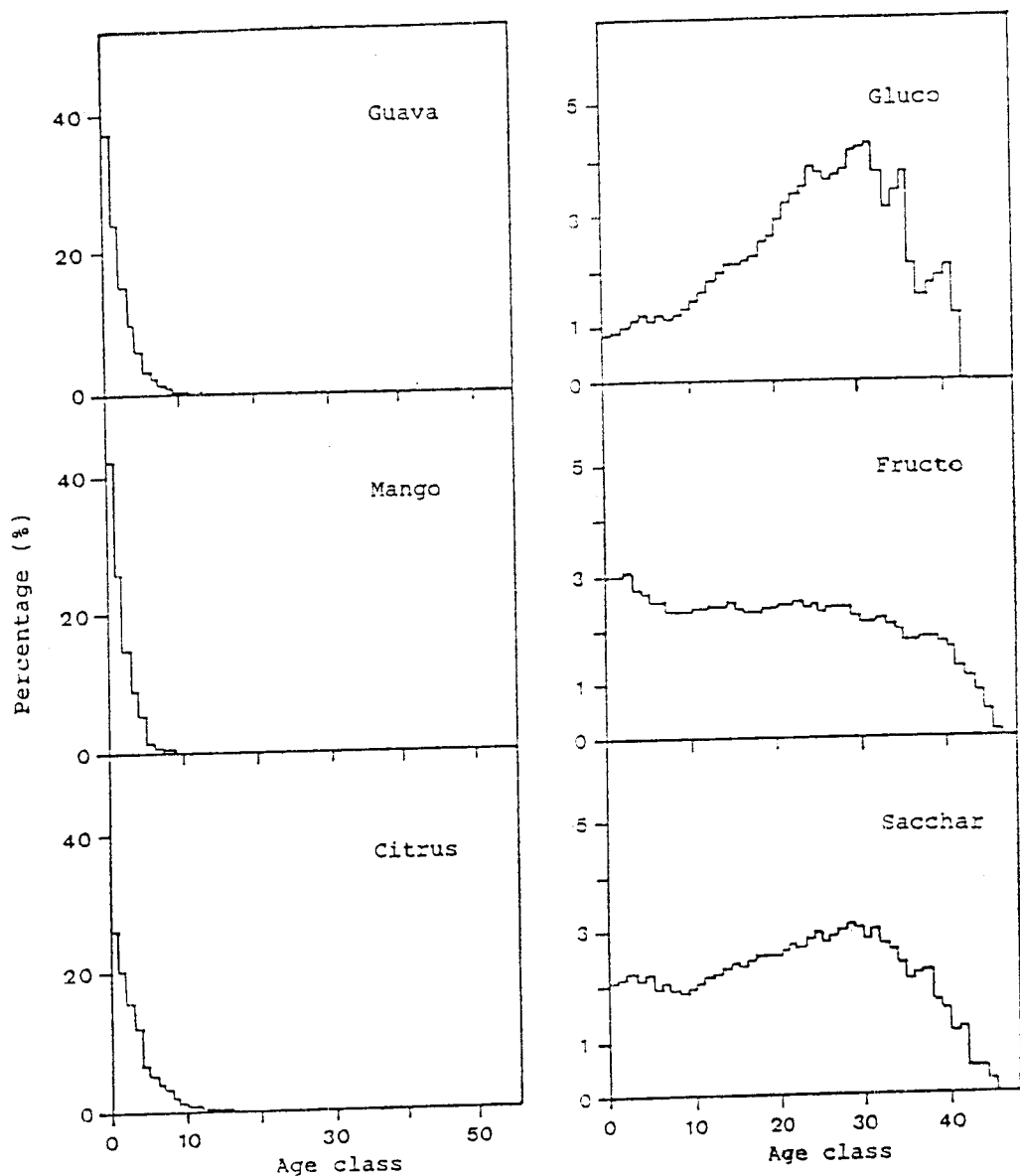
Fig. 2. Age-specific survival rate ( $l_x$ ), fecundity ( $m_x$ ) and net maternity value ( $V_x$ ) of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. Age class=4 days.

。圖中  $l_x$  曲線顯示各食物間的條件不同而呈現明顯差異，均以卵期—幼蟲期的存活率較高，隨後因食物營養條件的差異，坡度變化而有顯著不同，其中以柑桔飼育下之  $l_x$  曲線變化較為平穩，但其存活率低。幼蟲以鮮果飼育之果實蠅，其成蟲營養條件較佳者繁殖率較高，以檸檬飼育時平均每隻雌蟲每日可產 80.2 粒卵為最高，而以柑桔飼育者為最低；而以番石榴飼育時，取食人工飼料者因含較高的蛋白質，故其繁殖率高於取食 10% 糖水者 86 倍之多。成蟲餵以葡萄糖、果糖及蔗糖時， $m_x$  曲線呈明顯之階梯形，顯示雌蟲產卵量相當低，且每次產卵間隔長。由以上結果顯示，東方果實蠅凡能



圖三 不同果實及醣類飼育下之東方果實蠅穩定齡—齡期分佈。

Fig. 3. Stable age-stage distribution of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. EL: Egg+Larvae, P: Pupae, F: Female, M: Male. Age class=4 days.



圖四 不同果實及醣類飼育下東方果實蠅穩定年齡分佈。

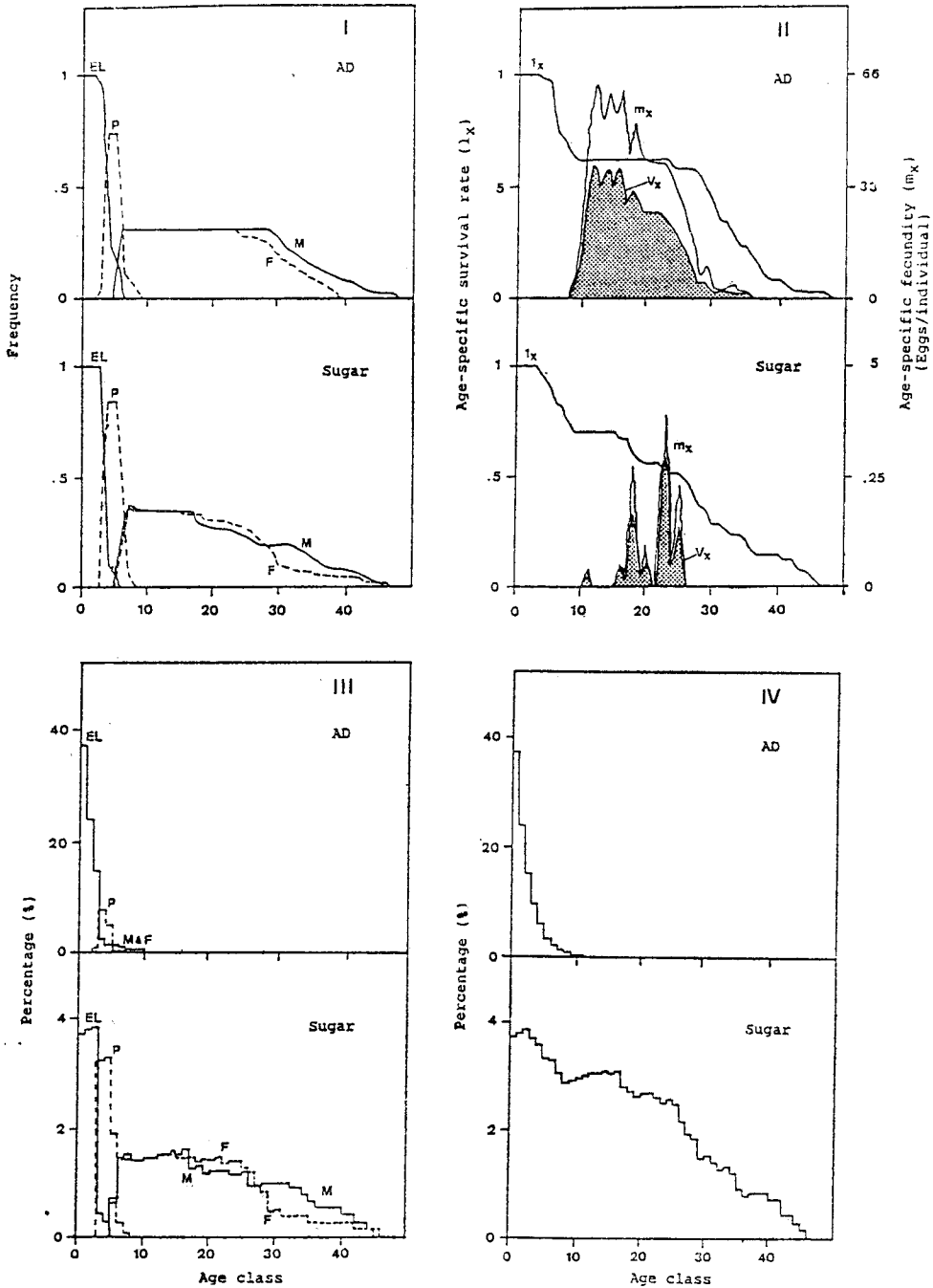
Fig. 4. Stable age distribution of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. Age class=4 days.

存活至成蟲期者，只要有能量來源便可延長壽命，若再能獲得提高繁殖率的食物時，對於族群未來的發展有相當大的助益。

將  $l_x$  與  $m_x$  之乘積組成繁殖淨值曲線 ( $V_x$ )，同時繪於圖二。以番石榴飼育所得之  $V_x$  較大，其所涵蓋之面積 (陰影部份) 即為淨增殖率 ( $R_0$ )。

#### 4. 族群介量

將東方果實蠅各齡期之發育速率、齡別存活率及齡別繁殖率，以 Chi and Liu (1985) 及 Chi (1988) 之理論，以及 Jackknife 之方法計算而得各族群介量及標準機差。族群介量之計算公式參



圖五 番石榴飼育之東方果實蠅，其成蟲以人工飼料及 10% 糖水餵食下之齡期頻度分佈 (I)，齡別存活率、齡別繁殖率及繁殖淨值 (II)，穩定年齡—齡期分佈 (III) 及穩定年齡分佈 (IV)。

Fig. 5. Stage frequency distribution (I), age-specific survival rate ( $l_x$ ) fecundity ( $m_x$ ) and net maternity value ( $V_x$ ) (II), stable age-stage distribution (III) and stable age distribution (IV) of *Dacus dorsalis* Hendel adult fed on artificial diet (AD) and 10% sugar solution while larvae reared from guava fruit. EL: Egg + Larvae, P: Pupae, F: Female, M: Male. Age class=4 days.

照劉等 1985。東方果實蠅以番石榴、檬果及柑桔飼育時，經分析結果各處理間有顯著差異（表六），其內在增殖率（ $r$ ）及終極增殖率（ $\lambda$ ）均以在檬果上之 0.1276 及 1.1361 為最大，淨增殖率（ $R_0$ ）以番石榴飼育時在一世代中能產下 492 粒卵為最高，其與檬果間無差異。而在檬果飼育下之發育速率較快，其平均世代時間（ $T$ ）最短（46.24 天），以柑桔飼育者為最長 85.84 天。

表六 不同寄主果實中東方果實蠅之族羣介量

Table 6. Population parameters of *Dacus dorsalis* Hendel reared on different hostfruits

Fruits	Intrinsic rate of increase $r$ (1/day)	Net reproductive rate $R_0$ (eggs/individual)	Mean generation time $T$ (day)	Finite rate of increase $\lambda$ (1/day)
Guava	0.1113b* (0.0046)**	492.00a (93.06)	55.84b (1.20)	1.1177b (0.0071)
Mango	0.1276a (0.0066)	360.48a (74.50)	46.24c (1.32)	1.1361a (0.0109)
Citrus	0.0634c (0.0036)	224.97b (54.66)	85.84a (2.76)	1.0654c (0.0064)

\*: 同行中相同字母表示依鄧肯氏多變域分析時，在 5% 水平下無顯著差異

\*: Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's new multiple range test.

\*\*：依 Jackknife 方法估算之標準機差

\*\*：Standard error estimated using Jackknife method.

於不同醣類飼育下所得各族羣介量經分析結果，各處理組間無差異（表七），以葡萄糖及蔗糖飼育時所得內在增殖率為負值；各組之淨增殖率均小於 1，其中以果糖之 0.81 粒卵為最大顯示該族羣增長呈負成長；平均世代時間以葡萄糖飼育時為最短（42.12 天）。不餵食物僅取食水份之果實蠅，無子代產生，無法求得各族羣介量；表八顯示，取食人工飼料者各族羣介量經  $t$ -test 檢驗（ $\alpha=0.05$ ）

表七 不同醣類飼育下東方果實蠅之族羣介量

Table 7. Population parameters of *Dacus dorsalis* Hendel fed on different carbohydrates

Carbohydrates	Intrinsic rate of increase $r$ (1/day)	Net reproductive rate $R_0$ (eggs/individual)	Mean generation time $T$ (day)	Finite rate of increase $\lambda$ (1/day)
Glucose	-0.0157 (0.0194)*	0.29 (0.23)	42.12 (29.08)	0.2339 (0.0171)
Fructose	0.0005 (0.0087)	0.81 (74.50)	89.60 (6.76)	1.0005 (0.0085)
Saccharose	-0.0069 (0.0078)	0.45 (0.26)	85.88 (6.16)	0.9931 (0.0750)

\*: 依 Jackknife 方法估算之標準機差

\*: Standard error estimated using Jackknife method.

表八 番石榴飼育之東方果實蠅，其成蟲在人工飼料及 10% 糖水餵食下之族羣介量  
 Table 8. Population parameters of *Dacus dorsalis* Hendel adult fed on artificial diet and 10% sugar solution while larvae reared from guava fruit

Foods	Intrinsic rate of increase $r$ (1/day)	Net reproductive rate $R_0$ (eggs/individual)	Mean generation time $T$ (day)	Finite rate of increase $\lambda$ (1/day)
Artificial diet	0.1113 (0.0046)*	492.00 (93.06)	55.84 (1.21)	1.1171 (0.0071)
10% sugar solution	-0.0014 (0.0065)	0.77 (0.38)	85.52 (5.44)	0.9986 (0.0064)

\*: 同表七

\*: Footnotes same as Table 7.

與取食 10% 糖水者有顯著差異，且取食糖水者之內在增殖率為負值，淨增殖率小於 1。

綜合以上結果，僅取醱類之果實蠅其族羣增長均呈負成長，而取食人工飼料者則呈正成長，顯示食物營養與果實蠅之族羣增長具有密切相關性。

#### 5. 穩定年齡一齡期分佈、年齡分佈及齡期分佈

根據內在增殖率的理論，唯有外在環境如溫度、濕度及食物等固定，且無空間、時間及食物等限制下，當時間趨近無限大時，族羣方能達到穩定年齡分佈。當考慮年齡及齡期結構時所得之分佈圖為穩定年齡一齡期分佈，僅考慮具年齡結構時，將族羣同年齡所佔之比例累加即得穩定年齡分佈，屬於不同年齡但同齡期之比例累加而為穩定齡期分佈。

本試驗依 Chi and Liu (1985) 及 Chi (1988) 之方法計算，得不同食物飼育下穩定年齡一齡期分佈（圖三及圖五）、穩定年齡分佈（圖四及圖五）及穩定齡期分佈（表九）。由圖及表中顯示，以番石榴、檬果及柑桔飼育時，均以卵期一幼蟲期所佔比例較多，與劉等 (1985) 之結果相吻合，可從  $r$  值大於 0 且  $R_0$  值大於 1 看出族羣是在增加；而取食不同醱類時，成蟲期所涵蓋面積較幼期各期為大，且由表九中顯示，其存活率較高，但出生率極低（小於 0.03），故為一趨向衰微的族羣，此亦

表九 不同食物飼育東方果實蠅，於穩定年齡分佈下之出生率、存活率及穩定齡期分佈

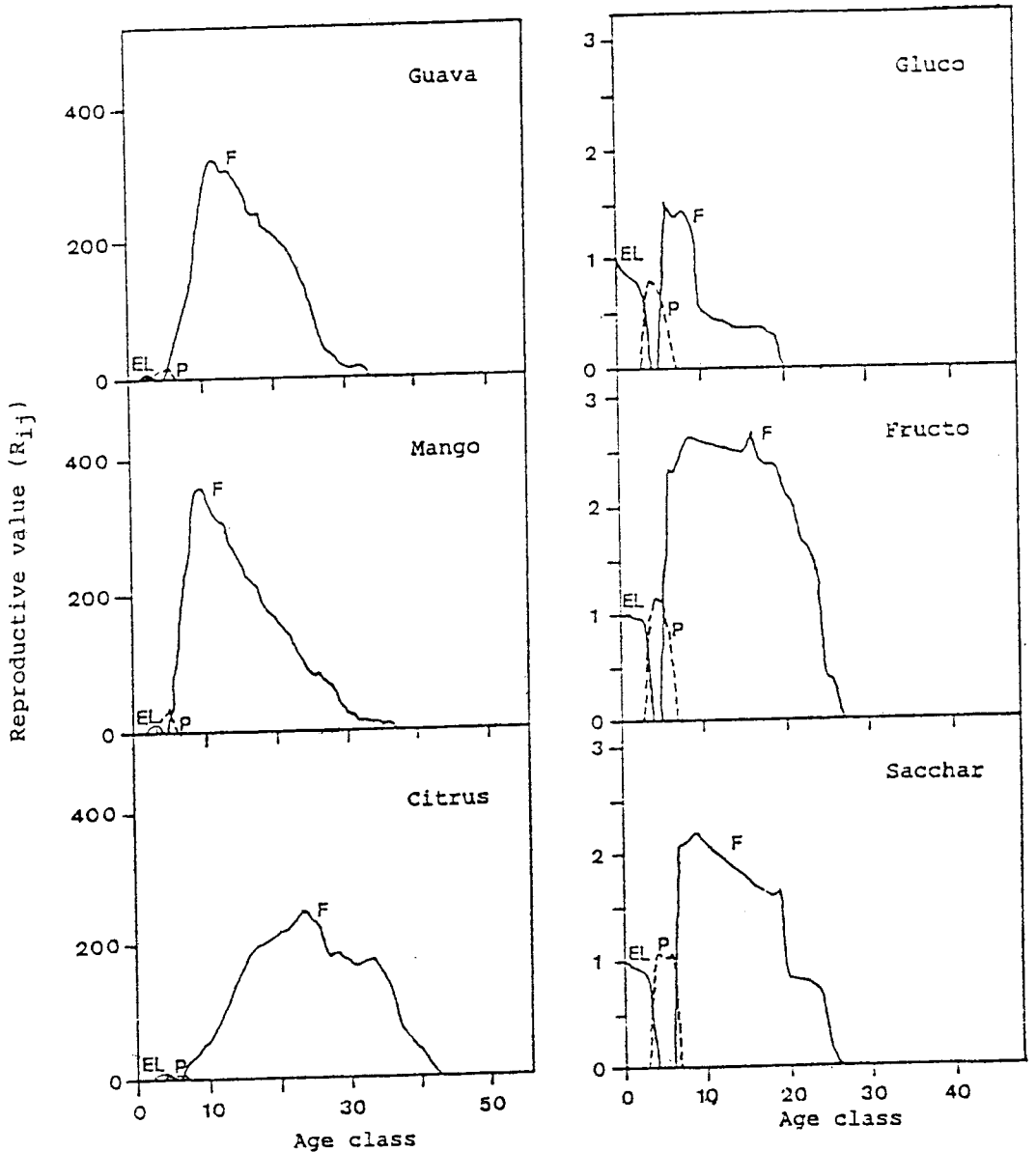
Table 9. Stable stage distribution, birth rate and survival rate of *Dacus dorsalis* Hendel fed on various foods at stable age-stage distribution

Foods	Stable stage distribution (%)				Birth rate (%)	Survival rate (%)
	Egg+Larva	Pupa	Male	Female		
Guava	79.28	13.76	3.48	3.48	0.579	0.979
Mango	61.75	27.26	1.68	9.31	0.705	0.956
Citrus	65.27	25.84	4.51	4.39	0.332	0.954
10% sugar solution	12.07	8.85	41.34	37.75	0.0037	0.951
Glucose	3.11	2.76	56.61	37.52	0.0007	0.899
Fructose	9.29	6.36	41.30	43.06	0.029	0.961
Saccharose	7.00	5.77	43.15	44.08	0.0202	0.943

可由  $r$  值及  $R_0$  值小於 0 及 1 得知，因此，僅取食醴類的固體雖可存活，但因繁殖率低，對整個族羣之發展則貢獻不大，然若一旦獲得含蛋白質食物時，繁殖率即迅速增大，族羣之擴展當大幅增加，而田間含蛋白質之鮮果類食物四季供應不絕，可能是果實蠅蟻踞世界重要害蟲之一的原因。

6. 繁殖值及期望壽命

Fisher (1958) 將齡別存活率與齡別繁殖率 ( $l_x$ ) 代入 ( $m_x$ )  $R_x = (l/e^{-rx} l_x) \sum_{y=x}^{\infty} e^{-ry} l_y m_y$ ，計算可得不同食物飼育下各族羣之繁殖值，即為  $R_x$  (reproductive value)，依此觀念，利用 Chi

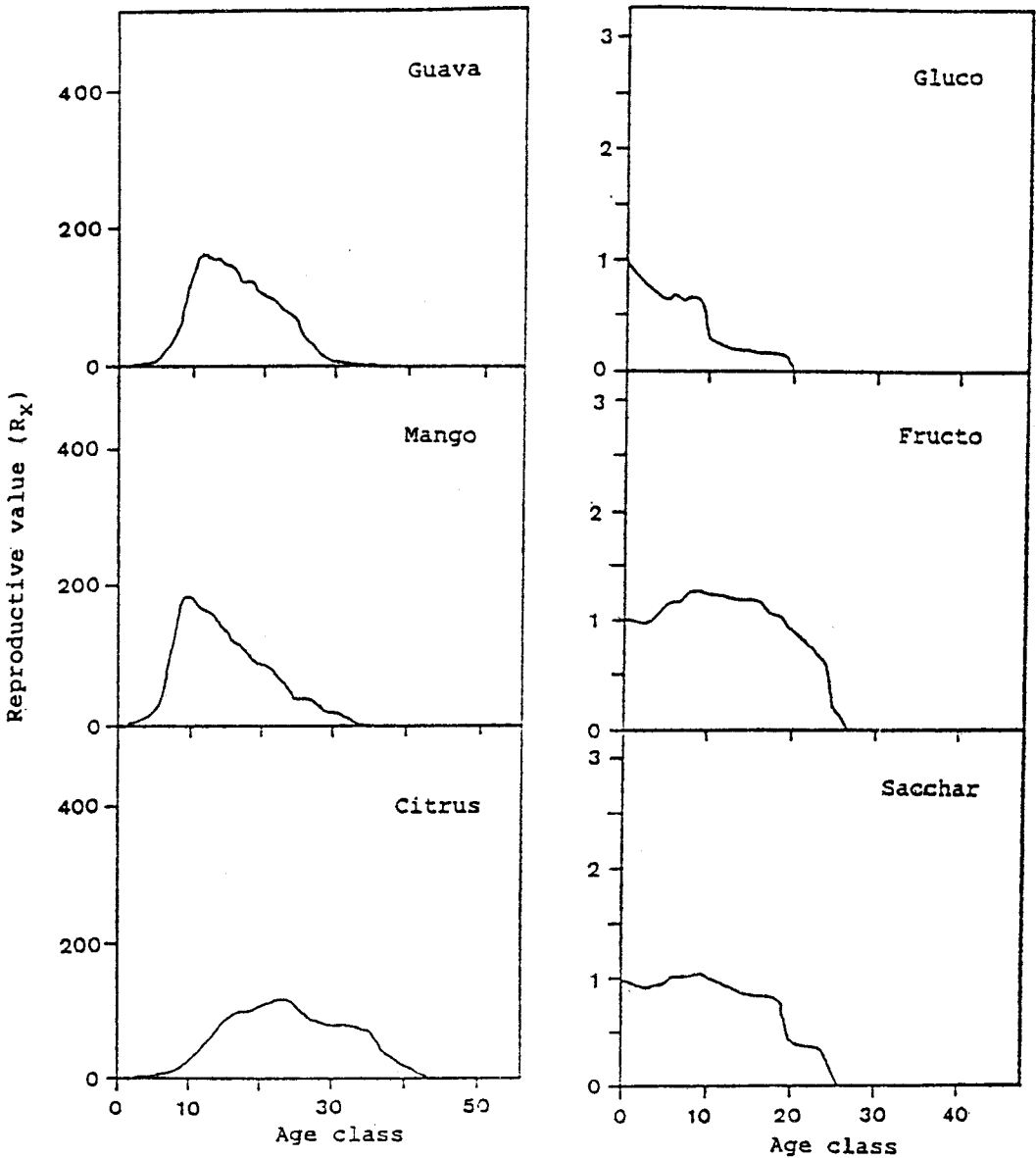


圖六 不同果實及醴類飼育下之東方果實蠅年齡—齡期別繁殖值。

Fig. 6. Age-stage specific reproductive value ( $R_{ij}$ ) of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. EL: Egg + Larvae, P: Pupae, F: Female, M: Male. Age class=4 days.

and Liu (1985) 之理論，進而求得年齡一齡期繁殖值 ( $R_{ij}$ ) 及齡別繁殖值 ( $R_x$ )，分別以圖形表現於圖六、圖七及圖十中。由圖中可知以檬果飼育所得之繁殖值最高，其繁殖高峯期的發生在 30~50 日齡之成蟲，番石榴之繁殖值亦高，但高峯期稍為延後，而柑桔則發生最遲在 80~100 日齡間。在取食醴類之各處理組中因營養本身條件之不足，各繁殖值均不高，其中尤以葡萄糖組最低。

當昆蟲存活至  $x$  年齡時，期望其未來仍能存活的時間，即為期望壽命 (expectation of life,  $E_x$ )。期望壽命僅考慮各年齡之存活率，因此，將齡別存活率 ( $l_x$ ) 代入  $E_x = \sum_{y=x}^{\infty} l_y/l_x$  中，並依之

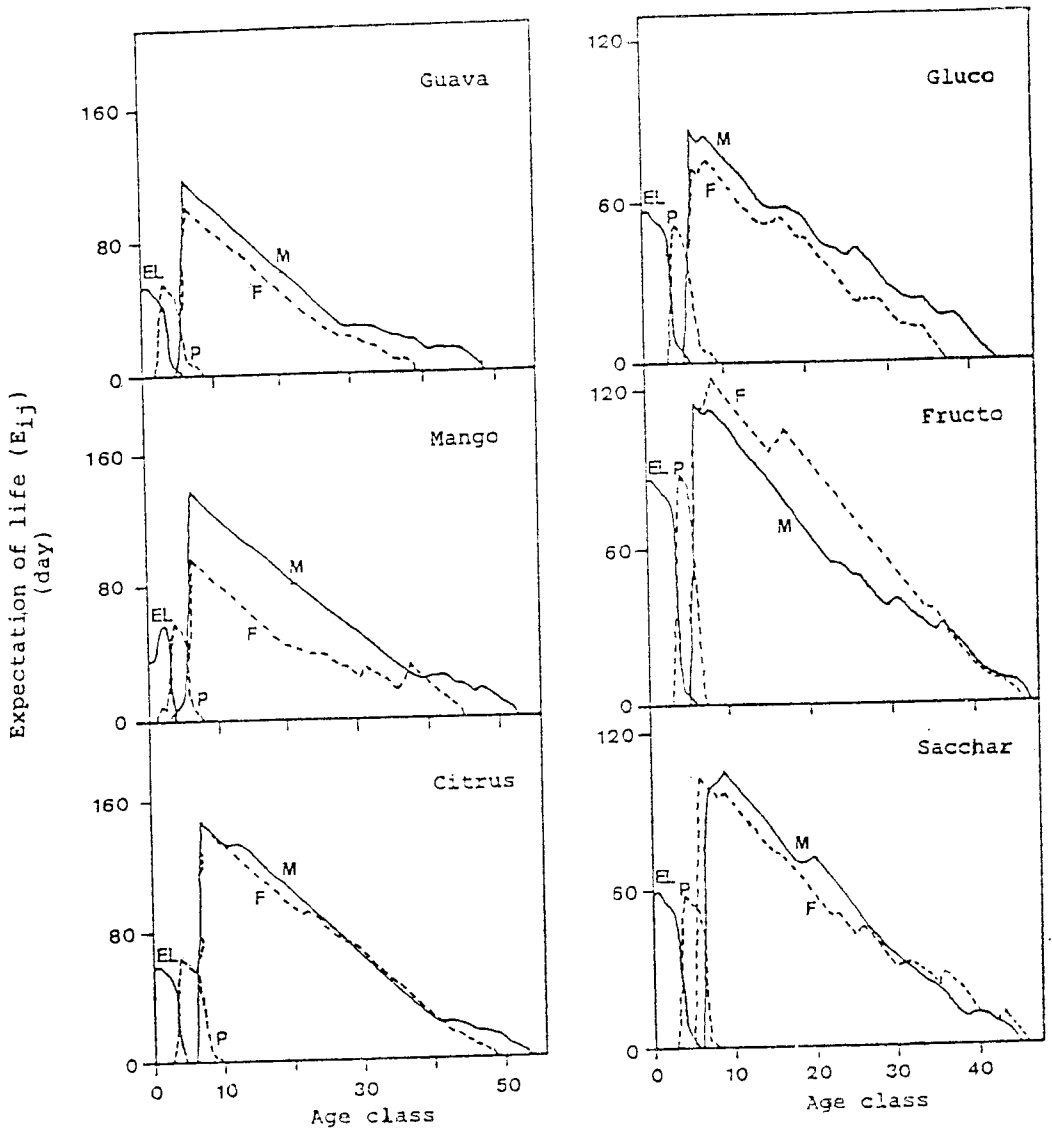


圖七 不同果實及醴類飼育下之東方果實蠅齡別繁殖值。

Fig. 7. The age-specific reproductive value ( $R_x$ ) of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. Age class=4 days.

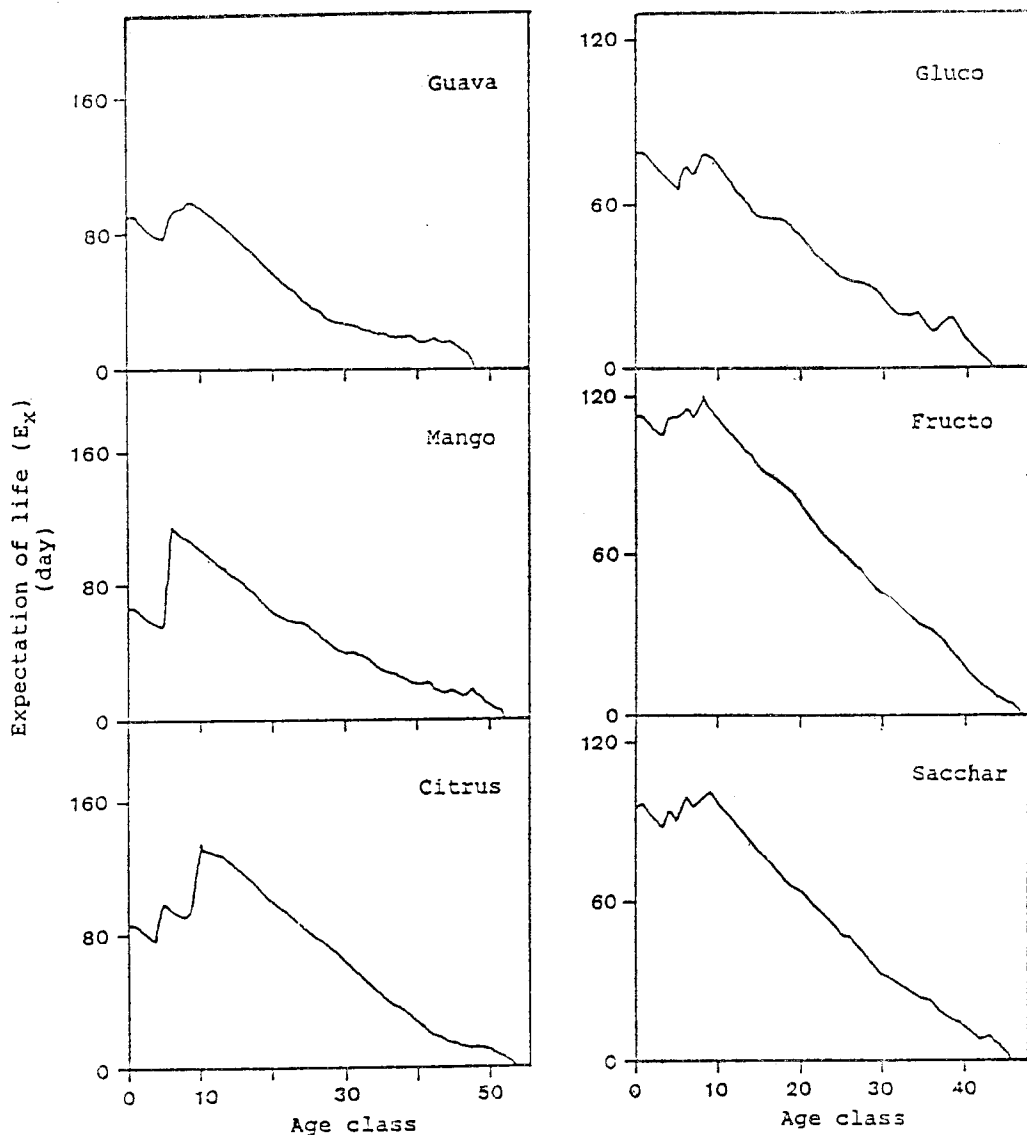


Chi and Liu (1985) 理論，考慮年齡及齡期結構，計算求得年齡一齡期期望壽命及齡別期望壽命，分別繪於圖八、圖九及圖十。由於僅考慮存活率，故有死亡率發生時所得期望壽命偏低。試驗結果顯示，各處理組間之幼期各蟲期均有死亡率的發生，因此，無論年齡一齡期期望壽命或齡別期望壽命所得曲線均於成蟲初期或 30~40 日齡時達最高峯，高峯之高度則因食物種類而異，隨後因成蟲壽命之長短，期望壽命始逐漸下降。由年齡一齡期期望壽命（圖八及圖十）亦可顯示雌雄性別間期望壽命曲線略有不同，除以果糖飼育時所得雌性期望壽命高於雄性外，其餘食物飼育下之雌性期望壽命均高於雄性。



圖八 不同果實及醣類飼育下之東方果實蠅年齡一齡期別期望壽命。

Fig. 8. Age-stage specific expectation of life of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. EL: Egg+Larvae, P: Pupae, F: Female, M: Male. Age class=4 days.

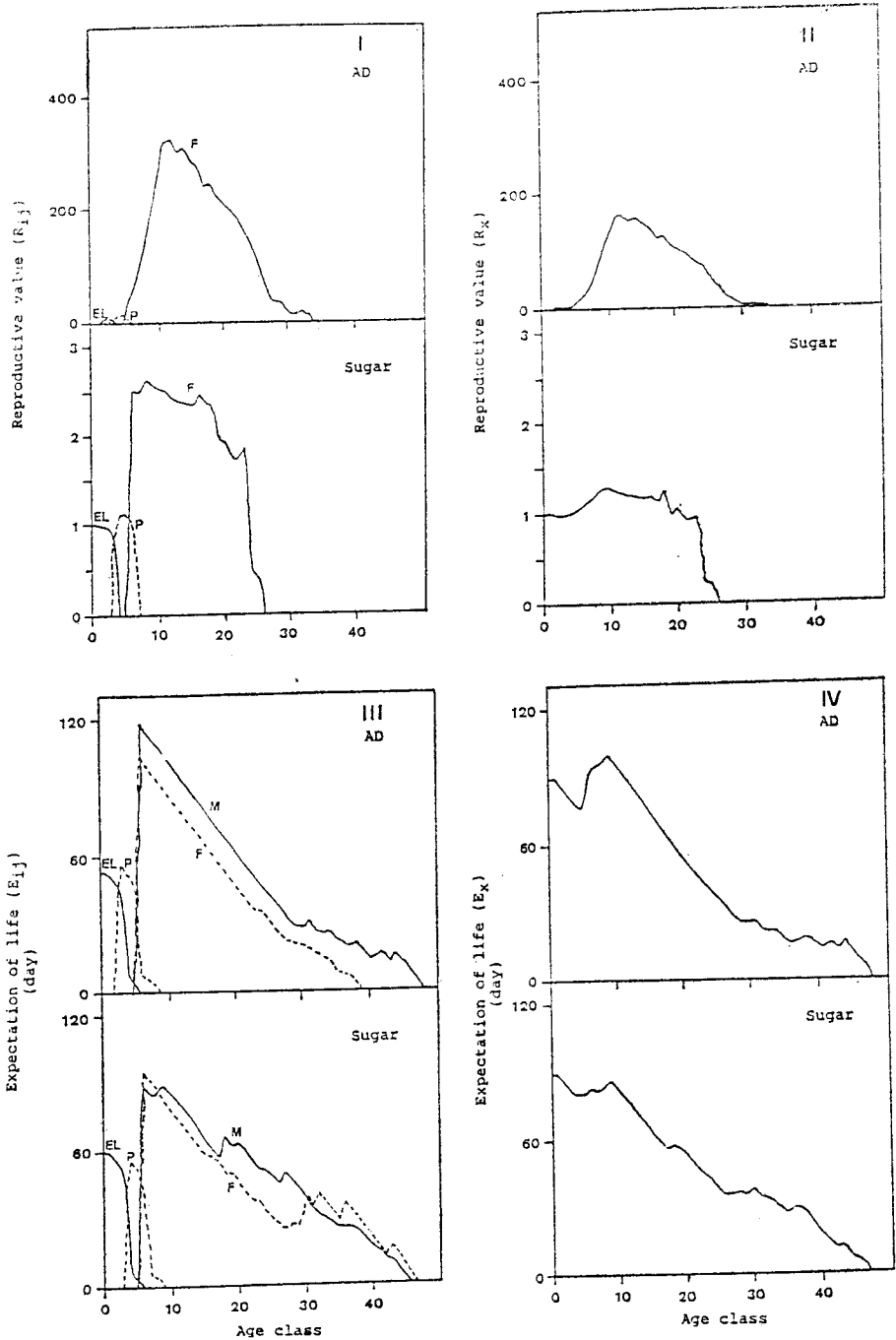


圖九 不同果實及醣類飼育下之東方果實蠅齡別期望壽命。

Fig. 9. The age-specific expectation of life of *Dacus dorsalis* Hendel reared on various fruits and saccharides. Age class=4 days.

參 考 文 獻

一戶文彦、仲宗根早苗 1979 ウソミパエとミカニミパエの室内における内的自然増加率 日本應用動物昆蟲會誌 23(1): 43-43。  
 邱輝宗 1978 東方果實蠅大量飼育法之改進試驗 植保會刊 20: 87-92。  
 曾信光、邱輝宗 1980 臺灣目前東方果實蠅之大量繁殖 屏東農專植保會報 3: 21-26。  
 劉玉章 1981 臺灣東方果實蠅之研究 中興大學昆蟲學會會報 16: 9-26。  
 劉玉章、齊心、陳雪惠 1985 溫度與食物對東方果實蠅族羣介量之影響 中華昆蟲 5: 1-10。



圖十 番石榴飼育之東方果實蠅，其成蟲以人工飼料及 10% 糖水餵食下之年齡—齡期別繁殖值 (I)，齡別繁殖值 (II)，年齡—齡期別期望壽命 (III) 及齡別期望壽命 (IV)。

Fig. 10. Age-stage specific reproductive value ( $R_{ij}$ ) (I), age-specific reproductive value ( $R_x$ ) (II), age-stage specific expectation of life ( $E_{ij}$ ) (III) and age-specific expectation of life ( $E_x$ ) (IV) of *Dacus dorsalis* Hendel adult fed on artificial diet (AD) and 10% sugar solution while larvae reared from guava fruit. EL: Egg+Larvae, P: Pupae, F: Female, M: Male. Age class=4 days.

- Back, E. A. and C. E. Pemberton. 1917. The melon fly in Hawaii, U. S. Dept. Agric. Bull. pp. 491. Quoted by Matsumoto and Nishida, 1962.
- Bateman, M. A. 1972. The ecology of fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.* 17: 493-518.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17: 15-26.
- Carey, J. R. 1982. Demography and population dynamics of the Mediterranean fruit fly. *Ecol. Model* 16: 125-150.
- Carey, J. R. 1984. Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ecol. Entomol.* 9: 261-270.
- Carey, J. R., E. J. Harris and D. O. McInnis. 1985. Demography of a native strain of the melon fly, *Dacus cucurbitae*, from Hawaii. *Entomol. Exp. & Appl.* 38: 195-199.
- Carey, J. R. and R. I. Vargas. 1985. Demographic analysis of insect mass rearing: A case study of three tephritids. *J. Econ. Entomol.* 78: 523-527.
- Chang, R., R. N. Winters and R. I. Vargas. 1977. An analysis of crop sugars in the oriental fruit fly *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae), in Hawaii, and correlation with possible food sources. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 22(3): 461-468.
- Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ. Entomol.* 17(1): 26-34.
- Chi, H. and W. M. Getz. 1988. Mass rearing and harvesting based on an age-stage, two-sex life table: A potato tuberworm (Lepidoptera: Gelechiidae) case study. *Environ. Entomol.* 17: 18-25.
- Chi, H. and H. Liu. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica* 24(2): 225-240.
- Christenson, L. D. and R. H. Foote. 1960. Biology of fruit flies. *Ann. Rev. Entomol.* 5: 171-192.
- Fisher, R. A. 1958. The genetical theory of natural selection. Dover, New York, New York.
- Fletcher, B. S. and E. T. Kapatos. 1983. The influence of temperature, diet and olive fruits on the maturation rates of female olive flies at different times of the year. *Entomol. Exp. & Appl.* 33: 244-252.
- Gray, H. E. and G. Fraenkel. 1954. The carbohydrate components of honeydew. *Physiol. Zool.* 27: 56-65.
- Gutierrez, A. P. and J. U. Baumgaertner. 1984. A realistic model of plant-herbivore-parasitoid-predator interactions. *Can. Ent.* 116: 933-949.
- Hagen, K. S. and G. L. Finney. 1950. A food supplement for effectively increasing the fecundity of certain tephritid species. *J. Econ. Entomol.* 43(5): 735.
- Keiser, I. and E. L. Schneider. 1969. Need for immediate sugar and ability to withstand thirst by newly emerged oriental fruit flies, melon flies, and Mediterranean fruit flies untreated or sexually sterilized with gamma radiation. *J. Econ. Entomol.* 62: 539-540.

- Keyfitz, N. 1977. Introduction to the mathematics of populations (with revisions). Addison- Wesley, Reading, Massachusetts, USA. Quoted in Meyer, *et al.* 1986.
- Lenski, R. E. and P. M. Service. 1982. The statistical analysis of population growth rates calculated from schedules of survivorship and fecundity. *Ecology* 63: 655-662.
- Leslie, P. E. 1945. On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika* 33: 183-212.
- Leslie, P. E. 1948. Some further notes on the use of matrices in population mathematics. *Biometrika* 35: 213-245.
- Lotka, A. J. 1922. The stability of stable age distribution. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 8: 339-345.
- Lewis, E. G. 1942. On the generation and growth of a population. *Sankhya* 6: 93-96.
- Manoukas, A. G. 1983. Biological and biochemical parameters of the olive fruit fly with reference to larval nutritional ecology. *Fruit Flies of Economic Importance, CEO/IOBC symp., Athens, 1982. Rotterdam: Balkema pp. 410-415.*
- Marlowe, R. H. 1945. Effect of foods on ovarian development in the melon fly. *J. Econ. Entomol.* 38(3): 339-340.
- Matsumoto, B. and T. Nishida. 1962. Food preference and ovarian development of the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett, as influenced by diet. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 18(1): 137-144.
- Meyer, J. S., C. G. Ingersoll, L. L. McDonald and M. S. Boyce. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology* 67(5): 1156-1166.
- Plant, R. E. and L. T. Wilson. 1986. Models for age structured populations with distributed maturation rates. *J. Math. Biol.* 23: 247-262.
- Rago, P. J. and R. M. Dorazio. 1984. Statistical inference in life-table experiments: the finite rate of increase. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* 41: 1361-1374.
- Service, P. M. and R. E. Lenski. 1982. Aphid genotypes, plant phenotypes, and genetic diversity: a demographic analysis of experimental data. *Evolution* 36: 1276-1282. Quoted in Meyer, *et al.* 1986.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1981. *Biometry*. Second edition. W. H. Freeman, San Francisco, California, USA.
- Vargas, R. I., D. Miyshita and T. Nishida. 1984. Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 651-656.
- Vargas, R. I. and T. Nishida. 1985. Life history and demographic parameters of *Dacus latifrons* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 78: 1242-1244.

## THE DEMOGRAPHIC PARAMETERS OF *DACUS DORSALIS* HENDEL BASED ON THE HOSTFOODS FACTOR EFFECTS

Yu-Chang Liu and Li-Hsin Huang

*Research Institute of Entomology,  
National Chung Hsing University*

Ten different regiments including artificial diet, orange juice, water supplies, their combinations, and nonfeeding effect on the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel, were tested in the laboratory. It was showed that the longest longevity of adults was obtained from those feeding on orange juice with full water supply and the highest fecundity was from those on artificial diet. Flies survived only 3 days when supplied without any food and water, and lived 5 days while supplied with only water. The development durations of larvae reared on different fruits including guava, mango and citrus showed significant difference, the fastest was found reared on mangoes, while the longest longevity of both female and male were found reared from citrus. However, the fecundity of female reared on citrus was apparently lower than those on guavae and mangoes. There were no significant difference between the longevity of males that fed on glucose, fructose and saccharose, but for females it was the longest on fructose. However, the fecundity of female was extremely low when they fed on these low protein-contained foods. Both the longevity and fecundity of adults that fed on artificial diet were much better than that on 10% sugar solution. Therefore, nutrition and water are considered the major factors in determining the longevity and fecundity of this fly.

The population growth parameters of the oriental fruit fly reared on guava, mango and citrus were calculated by using Chi's multiple column matrix (1985, 1988) with which the sexes of adults and the variable development rates among individuals were taken into account. Both the intrinsic rate of increase ( $r$ ) and the finite rate of increase ( $\lambda$ ) were the highest ( $r=0.1276$ ,  $\lambda=1.1361$ ) when reared on mangoes, while the lowest were on citrus. The highest net reproductive rate ( $R_0=492$ ) was those reared on guavae.

The longest mean generation time ( $T=85.84$  days) was found on citrus, while the shortest one was on mangoes. The population parameters were showed no significant difference among those feeding on glucose, fructose and sacchase. Furthermore,  $r<0$  and  $R_0<1$  when fed on glucose and saccharose, indicated that the population growth trend predictable toward down decline under such condition of low nutrient foods.

The other parameters use for the demographic measures of this fly were also calculated and illustrated in this paper.

(Key words: Demography, Life table, Population parameter, *Dacus dorsalis* Hendel, Host fruits, Food factor)