



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

【Research report】

土壤物理因子對東方果蠅蛹族群之影響【研究報告】

劉玉章、李燕光

*通訊作者E-mail:

Received: Accepted: Available online: 1986/03/01

Abstract

摘要

在14-30°C定溫下，東方果蠅蛹期為9-14天。浸水、高土壤含水量及低溫皆能延長蛹期，高溫則能縮短蛹期。含水量增加不能終止蛹的滯育現象，但水能減弱低溫的致死效果。二日齡的蛹淹浸在水中72小時不會造成死率的增加，可知蛹對水的抗性甚高，但尚未完全進入蛹期的個體，即行浸水則會造成較高的死亡率。土壤黏粒的多寡也是影響死亡率的另一決定因子。東方果實蠅化蛹深度多集中在土表1-3公分間，土壤含水量可決定幼蟲選擇化蛹的深度，土壤愈乾燥化蛹之位置愈深。蛹在土中的朝向86%以上頭部向上及向側，向下的朝向會妨礙羽化的成蟲的鑽出，增加死亡率。以直線迴歸之X軸截距法求得在固定溫度下及網定變化溫度下東方果實蠅的發育臨界低溫為10.6及9.4°C。以最小差值法改良後寫成電腦程式，求得之發育臨界高溫及低溫為34.5C及9.7C。由臨界溫度可知在變化溫度下所求得者均較恆溫下為低，表示容忍範圍大；室內試驗結果蛹在變溫下較恆溫下發育為快。

Key words:

關鍵詞:

Full Text:  [PDF\(0.83 MB\)](#)

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

土壤物理因子對東方果實蠅蛹族群之影響

劉玉章 李燕光

國立中興大學昆蟲學研究所

摘 要

在 14~30°C 定溫下，東方果實蠅之蛹期為 9~14 天。浸水、高土壤含水量及低溫皆能延長蛹期，高溫則能縮短蛹期。含水量增加不能終止蛹的滯育現象，但水能減弱低溫的致死效果。二日齡的蛹淹浸在水中 72 小時不會造成死亡率的增加，可知蛹對水的抗性甚高，但尚未完全進入蛹期的個體，即行浸水則會造成較高的死亡率。土壤黏粒的多寡也是影響死亡率的另一決定因子。東方果實蠅化蛹深度多集中在土表 1~3 公分間，土壤含水量可決定幼蟲選擇化蛹的深度，土壤愈乾燥化蛹之位置愈深。蛹在土中的朝向 86% 以上頭部向上及向側，向下的朝向會妨礙羽化的成蟲的鑽出，增加死亡率。

以直線迴歸之 X 軸截距法求得在固定溫度下及網室變化溫度下東方果實蠅的發育臨界低溫為 10.6 及 9.4°C。以最小差值法改良後寫成電腦程式，求得之發育臨界高溫及低溫為 34.5°C 及 9.7°C。由臨界溫度可知在變化溫度下所求得者均較恆溫下為低，表示容忍範圍大；室內試驗結果蛹在變溫下較恆溫下發育為快。

前 言

東方果實蠅 (*Dacus dorsalis* Hendel)，為臺灣最常見之果實害蟲，其幼蟲在果實中為害，不易防治，成蟲又具分散性，常飛行於各種果園及林木間，防除不易，有關其防治研究及生態調查頗多報導，唯以族群生態為研究目標之論著尚甚缺乏。此蟲在本省終年發生，唯冬季族群數量顯著低落，是因成蟲延長壽命躲於隱蔽處不外出活動，抑或蛹於土壤中呈滯育現象而延遲發育... 等原因，不得而知。東方果實蠅之蛹期局限於土壤中，又不活動，若能針對其族群生態加以探討，對未來的防治工作上或會有所助益。但有關蛹期生態之研究，目前在本省及國外均感貧乏。本試驗即有鑑於此而從事蛹期之研究，以期能瞭解蛹對土壤中重要因子的各種反應，並藉積溫的各種方法探討如何將一些介量應用到田間的消長上。

田間族群的消長是一種隨時間的變化，除外在的溫度、濕度、雨量等影響外，昆蟲本身的內在潛能亦甚重要。本試驗即加入昆蟲本身數量的因子，以期能更符合生物圈中密不可分的相互關係。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

1. 使用土壤之分析

本研究所使用之土壤採自臺中、霧峯及中興新村等地之果園。三地試驗用土壤一般理化性分析如下：

代 號	採 集 地	酸 鹼 度	容 積 密 度	孔 隙 密 度	砂 粒	坩 粒	黏 粒
T01	臺 中	6.0			16.2%	65.2%	18.6%
W02	霧 峯	4.7	1.64	38.1%	15.3%	55.8%	28.9%
C01	中興新村	4.6	1.48	44.4%	16.3%	42.8%	40.9%

以下各試驗所用之土壤均以代號表示。

2. 試驗用蟲之飼養

將田間採得之被害果，携回實驗室，待老熟幼蟲跳出化蛹時，以水盤收集，作為室內試驗及網室試驗的材料，並經常加入田間採得之幼蟲，以防止馴化。成蟲飼育於成蟲飼育箱中，飼以成蟲飼料及洋菜凍。採卵時將黑色塑膠底片罐鑽以直徑 1 mm 之小孔，做為採卵器，其內放入蕃石榴一小塊，再置於飼育箱中，以引誘成蟲產卵。將所採得的卵移入幼蟲飼養盤上任其孵化，以幼蟲人工飼料（曾與邱，1980）加以飼養，供作試驗之用。

3. 指標之決定

為明瞭各種因子對蛹的影響，本研究選定蛹的朝向、化蛹的深度、蛹期長短及羽化率四項作為判別。

二、室內試驗

1. 浸水對蛹期及羽化率的影響

將化蛹 24 小時及 48 小時的蛹各 15 隻浸入水中，分別作 12、24、36、48、60 及 72 小時浸水處理，而於後置 C01 土壤中於 25°C 下，觀察其生存發育情形。對照組不浸水。作三重複，記錄其蛹期時間及羽化率。

2. 定溫下蛹的發育

於 14、16、20、25、26.5、27 及 30°C 定溫下分別在 W02 及 C01 土壤中放入老熟幼蟲各 30 隻，任其化蛹，土壤濕度 15%，觀察蛹之發育及其羽化率。

3. 變溫下蛹的發育

(1) 小幅度變溫

將 30 隻老熟幼蟲放入濕度 15% 之 W02 土壤中，置於每 6 小時變換溫度一次的定溫箱中，溫度上下限設定為 30°C 及 27°C，即兩種溫度每 6 小時變換一次，對照組則在 30°C 定溫箱中處理 5 天後移入 27°C 定溫箱中。作三重複，記錄其蛹期時間及羽化率。

(2) 大幅度變溫

將 30 隻老熟幼蟲放入濕度 15% 之 W02 土壤中，置於每小時變換溫度一次的定溫箱中，溫度上下限設定為 34.5°C 及 18.5°C，對照組固定為 26.5°C。作三重複。記錄其蛹期及羽化率。

4. 低溫對蛹羽化延緩的影響

(1) 15°C 定溫下的影響

將老熟幼蟲 90 隻放入濕度 15% 之 W02 土壤中，置於 15°C 下，每隔一天移出 15 隻置於 18°C 中，每次當作一處理，共移出 5 次，對照組固定於 18°C 下。作三重複。記錄其蛹期及羽化率。

(2) 10°C 與 15°C 交互變溫下的影響

將老熟幼蟲將老熟幼蟲 105 隻放入濕度 15% 之 W02 土壤中，置於每日 6 點及 22 點變化一次的定溫箱中，溫度分別定為 15°C 及 10°C，每隔一天移出 15 隻置於 18°C 下，每次當作一處理，共移出 6 次，對照組固定為 18°C，作三重覆。記錄其蛹期及羽化率。

5. 噴水對蛹羽化延緩的影響

將老熟幼蟲置於濕度 15% 之 W02 土壤中，置於 10°C 及 15°C 每 12 小時變化一次的定溫箱中 6 天，移入 18°C 下作噴水試驗，噴水處理分為一天噴水二次，一天一次，二天一次及不噴水四組，一天噴水一次組又分為移入 18°C 後第 1 天，第 6 天，第 11 天及第 16 天四個處理組，每處理 30 隻蟲，每次噴水約為 15cc，共作七處理，每處理作三重覆，記錄其蛹期及羽化率。

三、網室試驗

1. 試驗方法

將同日跳出之老熟幼蟲 30 隻，置入盛有 15% 濕度 400 g 土壤之 250cc 燒杯中，於網室內使其化蛹，觀察並記錄蛹期時間及其羽化數量。羽化後之蛹殼自土中挖出，記錄其深度及朝向。每次作三重覆。並設置溫濕度自動記錄器，測定網室中溫濕度之變化。

2. 分析方法

果實蠅化蛹的深度大多集中於土表下 1 ~ 3 cm 處，根據地溫律，可以氣溫代表此層的地溫，利用記錄器上的記錄，每兩小時讀記一次，計算每次測定的平均溫度，利用相關表討論蛹的朝向、深度、羽化率、蛹期、羽化率與土壤類別及溫度間的關係。

利用均溫及發育速率（平均蛹期的倒數），使用截距法求其發育臨界低溫。再利用最小差值法（Arnold, 1959）配合 Seamen & Barnes (1984) 之方法，求其發育臨界低溫及高溫。根據積溫律，昆蟲在有效發育溫度範圍內無論在任何溫度下完成其某階段的生活史，所需的積溫是一定的。因此利用任意組合的臨界高低溫，代入網室試驗的氣象資料，可求得每次試驗的總積溫。這些總積溫有一平均偏差（Mean deviation），不同的臨界高低溫可得不同的平均偏差，造成最小平均偏差的高低溫，即為所求的臨界高溫與臨界低溫。

四、田間族群變動調查

1. 中興新村試驗園

本試驗園位於中興新村省訓團旁，面積約 4700m²，其中絲瓜園與蕃石榴園相緊鄰，其他尚毗連有柑桔及荔枝等雜果園，園之四周為水稻田。調查期間，一切農業操作照常。全園全年懸掛黃色誘殺器三個。自民國七十三年四月起至民國七十四年三月止，每週收蟲一次，計算成蟲數，並添加新藥。使用之藥劑為含毒甲基丁香油（Methyl eugenol+DDVP）。果實蠅蛹的分佈型態屬於聚集型（Clumped），多分佈於落果附近之土壤中，蛹的多少與果之大小無關，而與取樣的時間有關，故不採用挖得的蛹作為蛹數的指標，而以 Positive rate 作為蛹數的指標，其方法是先估計全園的可疑化蛹地（SP），以被害的落果為單位，取對數後除以 log 2，然後四捨五入（FIX）可得取樣的數目（SN），其中有蛹的取樣數佔總取樣數之比率稱為 Positive rate（若取樣中皆無蛹，則以 0.5 視之），再乘以可疑化蛹地，即為估計蛹數的指標。公式如下：

$$SN = FIX [\log (SP) / \log 2] \text{ when } SP > 0$$

$$SN = 0 \text{ when } SP = 0$$

	0	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024
SP	{	}	{	}	{	}	{	}	{	}	{
	1	3	7	15	31	63	127	255	511	1023	2047
SN	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

蛹數指標 Index = positive rate * SP

每個樣本面積為 $30 \times 30 \text{cm}^2$ ，土深 4 cm，每次調查時，同時記錄當時的氣溫、土溫、土濕、光度及時間。並利用南埔氣象站的氣象資料加以分析。

2. 霧峯試驗園

蕃石榴園位於霧峯神農廟旁，面積約為 2000m^2 ，四周無其他果園，近有竹林等雜樹叢，全園懸掛誘殺器 2 個，誘殺蟲數以二者之和計算。蛹的調查方法及氣象記錄同前項，分析用氣象資料採用省農試所氣象站的記錄。

3. 分析方法

先以串連檢定技術(葉與陳, 1977)檢定此時間數列的變動情形是否具有規律性, 抑或僅為隨機性, 以整個數列之中量數 (Median, Md) 為基準, 凡平均誘集指數大於 Md 之星期以 "E" (Eminence) 代表, 反之則以 "D" (Depression) 表示。將其比較之結果, 以時序排列, 串連數目 "R" 係指相同符號連續出現之次數。以 n_1 表示 "E" 之總數, 以 n_2 表示 "D" 之總數。當 $n_1, n_2 \leq 10$ 時, 需由統計表查得其相對串連 R 之機率值。若 $n_1, n_2 > 10$, 則依中央極限定理, 其分配近似常態, 以下列公式計算:

$$\mu = E(R) = \frac{2 n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$\sigma^2 = V(R) = \frac{(\mu - 1) \cdot (\mu - 2)}{n_1 + n_2 - 1}$$

$$Z = \frac{R - \mu}{\sqrt{\sigma^2}}$$

H_0 : E 與 D 之出現為隨機性

H_a : E 與 D 之出現非隨機性

以 $\alpha = 0.05$ 之顯著水平, Z 測驗之雙尾檢定 ($P = 1.96$) 來測定, 若 $|Z| < 1.96$, 則接受 H_0 , 即此一數列之變動為隨機性, 反之則接受 H_a , 表示此一變動為非隨機性, 可再用以下方法分析。

以每週的溫度、雨量、濕度及上週成蟲數, 前兩週蛹數指標之和, 對本週成蟲數作複迴歸分析, 求其複迴歸方程式, 作為初步評估氣象因子及前週成蟲數, 前兩週蛹數指標對族群數量之影響, 再以路徑分析法, 分析上述各自變數因子及未知因子 (未測項目) 對果實蠅族群密度之個別貢獻量與綜合貢獻量。

結 果 與 討 論

一、室內試驗

1. 浸水對蛹期及羽化率的影響

化蛹 24 小時與化蛹 48 小時之蛹經浸水處理後其羽化率有顯著差異 ($\alpha = 0.05$) (見表一)。48 小時齡蛹浸水後平均比 24 小時者羽化率高 18.29%, 在信賴區間 (.0293、.3364) 的機會有 95%。在開始化蛹後 24 小時內, 尚有局部未完全進入蛹期之蛹體, 浸水處理易導致較高的死亡率。而蛹期的長短以 t-test 作兩個蛹齡間的檢定, 則無顯著差異, 以化蛹 48 小時浸水一組作迴歸, 得到浸水時間 X 與蛹期 Y 的迴歸直線 ($r^2 = 97.4$), $\hat{Y} = 10.55 + 0.0412 X$ (圖一)。可知每浸水一天, 可延緩一天羽化, 而其羽化率在浸水 72 小時內無顯著差異, 唯田間自然的積水甚少有連續超過三天以上者, 故以淹水殺死土中的蛹似乎不甚可行。

表一 浸水對東方果實蠅蛹期及羽化率的影響

Table 1. Influence of drowning on the duration and emergence of *Dacus dorsalis* pupae.

Age of pupae		Time of drowning (hrs)	12	24	36	48	60	72	0
		24 hrs after pupation	Duration (days)	11.2	11.9	12.4	12.3	13.0	13.8
	Emergence (%)	85	73	88	75	70	44	97	
48 hrs after pupation	Duration (days)	11.2	11.5	12.0	12.3	13.0	13.7	10.4	
	Emergence (%)	94	98	93	88	92	95	100	

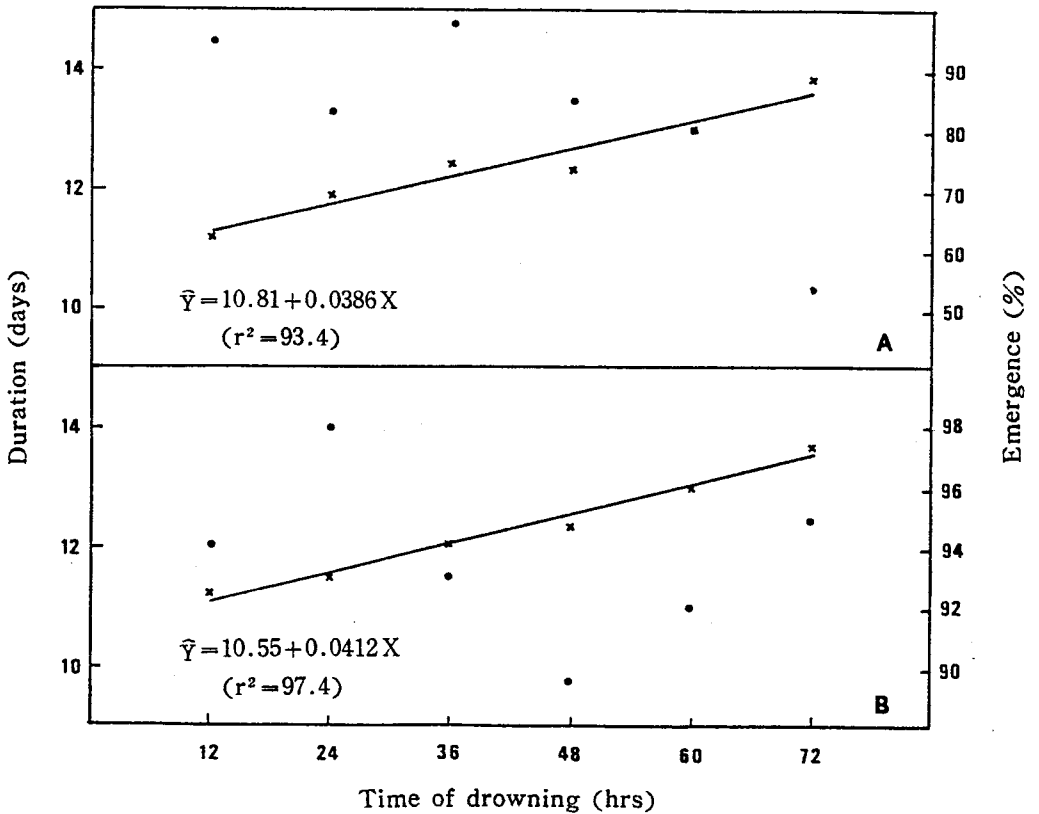


Fig. 1. Influence of drowning on the duration and emergence of *Dacus dorsalis* Hendel pupae. A. 24 hours after pupation, B. 48 hours after pupation. (linear regression of \hat{Y} based on duration of pupal stage)

- × duration of pupal stage
- percentage of emergence

2. 定溫下蛹的發育

在各定溫下所得蛹發育的結果，以 W02 土壤所作結果得迴歸式 I： $\hat{Y} = -0.061 + 0.0058X$ ($r^2 = 0.991$) 自變數 x 為溫度，應變數 Y 為發育速率。可知蛹在 30°C 下發育最快需時最短。溫度愈低，發育所需時間愈長。發育臨界低溫為 10.6°C 。不同溫度下羽化率均在 75% 以上 (圖二)。

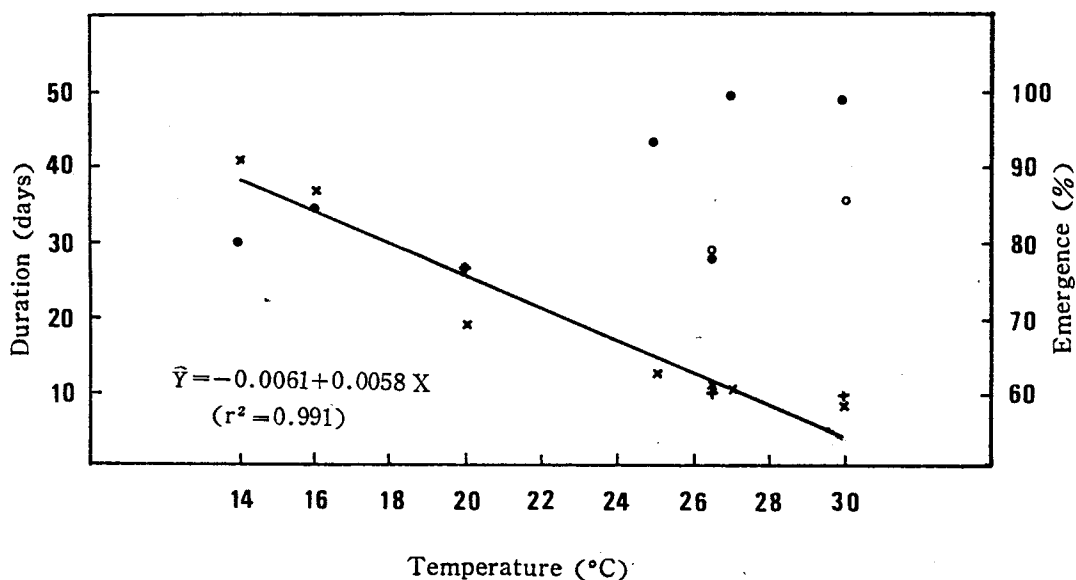


Fig. 2. Duration and emergence of *Dacus dorsalis* Hendel pupae at different temperatures. Linear regression of Y based on duration of pupae stage in soil W02. (Duration (*) and emergence (•) of pupal stage in soil W02. duration (+) and emergence (◦) of pupal stage in soil C01)

3. 變溫下蛹的發育

(1) 小幅度變溫

採用以 10.6°C 為基溫 (Base temperature) 以比較在固定溫度下與固定變化溫度下，蛹期的長短，發現在小幅度變化溫度 (27°C 至 30°C) 下，蛹的發育需 164.36 degree-days 比固定溫度 27°C ， 30°C 下之 167.08 degree-days 略快，而兩者之羽化率皆為 98%。但用 Tukey's test 在 $\alpha = 0.05$ 下無顯著差異，與 Eubank *et al.* (1973) 認為在適溫下小幅變化與定溫相似的報告相符合。

(2) 大幅度變溫

為測試溫差較大之溫度變化及變溫時間較驟的情況對蛹之影響。將溫差擴大為 34.5°C 至 18.5°C ，變溫時間縮短為一小時，結果顯示，蛹在變溫 18.5°C 至 34.5°C 下仍然比固定溫度 (26.5°C) 下發育為快，其發育期分別為 10.43 天及 10.58 天。其間的差異在 $\alpha = 0.05$ ，以 Tukey's test 檢驗為不顯著。溫度變化幅度雖增大，但仍在該蟲能發育的區間，所以影響並未如 Eubank *et al.* (1973) 所描述的顯著。而蛹之羽化率在變溫下為 99%，較固定溫度之 95% 為高。

4. 低溫對蛹羽化延緩的影響

(1) 15°C 下的影響

蛹在低溫下，一般發育皆會減慢，為測試此種減慢是否具有一定的關係式，及其是否符合 $\sum R(T(t)) = 1$ 的公式，將此公式設定為(1)式，以測定其在變溫中之適用性。模式 I 應用於本項試驗得 $\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 = 1$ ，其中 β_1 、 β_2 分別為在 18°C 及 15°C 下的發育速率，單位為 1/days， X_1 、 X_2 分別為在 18°C 及 15°C 下所佔的天數。移項得 $X_1 = \frac{1}{\beta_1} - \frac{\beta_2}{\beta_1} X_2$ ，設定為(2)式，用本次試驗數據代入(2)式，迴歸得 $X_1 = 24.47 - 0.734 X_2$ ($r^2 = 0.998$)，可求出 $\beta_1 = 0.0409$ ， $\beta_2 = 0.0299$ ，頗符合由迴歸式 I 所估計於 18°C 及 15°C 下的發育率，故模式 I 在變溫時仍可適用。本試驗結果各處理間的羽化率，於 $\alpha = 0.05$ 下，用 Tukey's test 無顯著差異，表示 15°C 低溫處理 6 天，仍對羽化率無影響。

(2) 10°C 與 15°C 交互變溫下的影響

由模式 I 仿照上例也可以導出 $X_1 = \frac{1}{\beta_1} - \frac{\beta_2}{\beta_1} X_2 - \frac{\beta_3}{\beta_1} X_3$ ，設是為(3)式， X_1 、 X_2 、 X_3 分別為 18°C、15°C、10°C 下處理的時間 (days)， β_1 、 β_2 、 β_3 則分別為 18°C、15°C、10°C 下的發育速率，單位為 1/days，將此次數據代入後迴歸而得 $X_1 = 25.7 - 0.899 X_2 - 0.00 X_3$ ($r^2 = 0.984$)， $\beta_1 = 0.039$ ， $\beta_2 = 0.035$ 、 $\beta_3 = 0$ ，與模式 II 導出的結果類似，但能看出在 10°C 時無發育，合於迴歸式 I 所得的臨界發育低溫 10.6°C。羽化率在 $X = 0.05$ ，以 Tukey's test 無顯著差異，此因在低溫下處理的時間並不長。

5. 噴水對蛹羽化延緩的影響

由表二，一天噴水一次中知道噴水時間的先後對蛹期並無影響，可知水對低溫時的滯育並無終止 (Terminate) 的能力，但水量 (噴水次數) 的多寡則對蛹期具有影響，每日噴水二次之蛹期用 Tukey's test， $\alpha = 0.05$ 下有顯著的延後，此或因水份可降低土壤溫度所致，有待進一步探討。在羽化率方面，各噴水處理間均無顯著差異，僅不噴水之一項偏低，可見低溫的致死效果會因適當的濕度而減弱。

表二 噴水對東方果實蠅蛹期及羽化率的影響

Table 5. Influence of soil watering on the duration and emergence of *D. dorsalis* pupae. (under fluctuating temperatures (10°C ⇌ 15°C) pretreated.)

Treatment	Duration (days)	Emergence (%)
2 times/day	29.08 ± 0.51	72
1 time/day(6)*	27.70 ± 0.67	75
1 time/day(11)	26.91 ± 0.54	74
1 time/day(16)	26.97 ± 0.76	72
1 time/day(21)	26.69 ± 0.83	76
1 time/2 days	27.89 ± 0.80	73
Control	27.43 ± 0.41	66

* Days after pupation.

二、網室試驗

共分 23 組於全年十個月中進行。每一重複的土壤深度及蛹期求平均值，將三次重複所得的蛹期、蛹期標準偏差、深度、深度標準偏差及羽化率經 Bartlett' test 測驗，若無顯著差異，則取其平均值為標示量，以蛹期標準偏差表示羽化的不整齊度，以深度標準偏差表示深度的差異度。蛹的朝向則不分重複混合計算。

1. 不同土壤，溫度對蛹期、化蛹深度、羽化率及蛹朝向之影響

蛹期皆隨平均溫度上升而縮短(圖三)，但蛹期均較徐與徐(1973)所作者為長。羽化的不整齊度及深度的差異度皆隨均溫降低而變大(圖四、圖六)。深度大多在 1~3 cm 間(圖五)，較朱與陳(1985)報導的 1~2 cm 為深。羽化率隨溫度增加而增加，但不甚明顯(圖七)，羽化率除第 15 組外，均在 83% 以上，在均溫 14.8°C 下仍有 88.7% 的羽化率，較徐與徐(1973)報導在 15°C 下羽化率為 82% 者為高，可能在變溫下較定溫下發育更為良好之故(Hagstrum & Hagstrum, 1970)，蛹的朝向以向上及向側者居多(圖八)，佔 88.8% 以上，此與朱與陳(1985)之結果 88.75% 相似。由田間挖蛹的經驗可知，蛹的朝向在化蛹時即已固定，羽化時並不改變其方向，故向下的蛹往往需更多的時間才能鑽出土來，此由室內試驗中可以證明。朱與陳(1985)亦報導向下的蛹，羽化時並無負趨地性，故會往下鑽。室內試驗中所發現向下朝向的蛹有羽化不完全者，亦有在土壤深處土壤空隙中羽化者，可能皆為此原因。

依不同土壤所作各項相關性之結果分別討論如下：

(1)在 W02 土壤中，各標示量間之相關關係如表三，以蛹期的倒數當作發育率 R，對均溫 T 作迴歸，得迴歸方程式 $R = -0.05195 + 0.005519 T$ ($r^2 = 0.997$)。以截距法求得發育臨界低溫為 9.41°C，羽化的不整齊度受均溫及朝向所影響，相關係數分別為 -0.772 及 -0.529。而深度影響深度的差異度(0.692)，也就是幼蟲鑽得平均深度愈深，所在深度的差距愈大。而且均溫與深度的差異度相關也有 -0.345，表示均溫較低時幼蟲較為不適合，會跳躍或鑽得更深以尋覓更適合的場所，故其差異度較大。羽化率主要受均溫(0.337)、蛹期長短(0.480)及朝向(0.247)所決定。與朝向比較有直接影響的可能為均溫，其彼此的相關為 0.463。

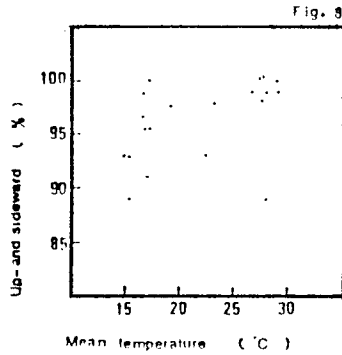
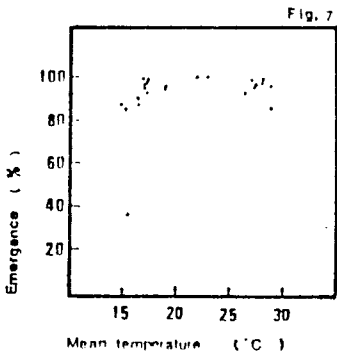
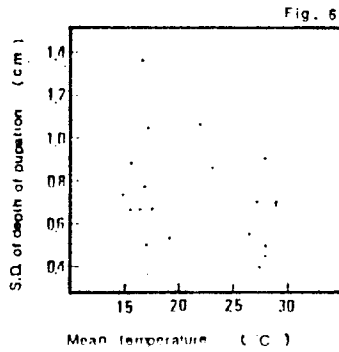
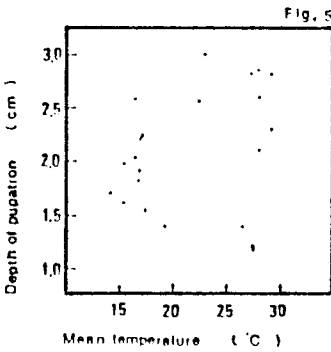
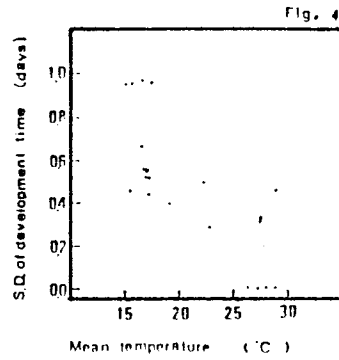
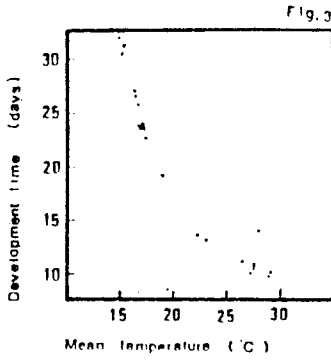
表三 於 W 02 土壤中東方果實蠅蛹標示量相關表

Table 3. Correlation matrix of screen house experiments for *D. dorsalis* pupae in soil type W02.

(X 2)	-0.961					
(X 3)	-0.772	0.740				
(X 4)	0.046	-0.102	0.148			
(X 5)	-0.345	0.292	0.180	0.692		
(X 6)	0.337	-0.480	-0.069	0.121	-0.121	
(X 7)	0.463	-0.402	-0.529	0.029	-0.221	0.247
	(X 1)	(X 2)	(X 3)	(X 4)	(X 5)	(X 6)

- (X 1)—Mean temperature.
 (X 2)—Development time.
 (X 3)—S. D. of development time.
 (X 4)—Depth of pupation.
 (X 5)—S. D. of depth of pupation.
 (X 6)—Emergence.
 (X 7)—Percent of up- and sideward.

(2)在 C01 土壤中，各相關如表四。因蛹在平均溫度 28.13°C 時有延後羽化的現象，與溫度不呈直線



圖三 東方果實蠅蛹期與溫度之關係

Fig. 3. Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) vs. development time (days) of *D. dorsalis* pupae.

圖四 東方果實蠅羽化不整齊度與溫度之關係

Fig. 4. Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) vs. S. D. development time (days) of *D. dorsalis* pupae.

圖五 東方果實蠅化蛹深度與溫度之關係

Fig. 5. Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) vs. depth of pupation (cm) of *D. dorsalis* pupae.

圖六 東方果實蠅深度之差異與溫度之關係

Fig. 6. Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) vs. S. D. of depth of pupation (cm) of *D. dorsalis* pupae.

圖七 東方果實蠅羽化率與溫度之關係

Fig. 7. Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) vs. emergence (%) of *D. dorsalis* pupae.

圖八 東方果實蠅頭部朝上及朝側之百分率與溫度之關係

Fig. 8. Mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) vs. % of up- and sideward in *D. dorsalis* pupae.

關係，用直線迴歸並不理想，此與 Stinner *et al.* (1974) 所述相符合，即溫度過高時，發育率並非直線增加，反而有延後的趨勢，故試驗點包括兩極時，不宜作直線迴歸，需用曲線解釋發育率與溫度的關係。羽化的不整齊度與均溫相關達 -0.870 ，表示越低的均溫造成羽化時刻的差異變大；深度的差異度因平均深度加深而增大，相關也達 0.927 ；對羽化率影響較大者除均溫 (0.651) 及蛹期長短 (-0.754) 外，朝向也有相當的關係 (0.297)。

表四 於 C 01 土壤中東方果實蠅蛹標示量相關表

Table 4. Correlation matrix of screen house experiments for *D. dorsalis* pupae in soil type C01.

(X 2)	-0.952					
(X 3)	-0.870	0.859				
(X 4)	0.271	-0.094	-0.580			
(X 5)	-0.104	0.254	-0.281	0.927		
(X 6)	0.651	-0.754	-0.856	0.430	0.132	
(X 7)	0.166	-0.441	-0.109	-0.632	-0.665	0.297
	(X 1)	(X 2)	(X 3)	(X 4)	(X 5)	(X 6)

Footnotes: same as Table 12.

2. 發育溫度之研究

果實蠅因其一年中世代重疊現象很普遍，故總積溫量較無預測的功用。我們所感興趣乃是最低及最高發育臨界溫度，在此範圍之外，不適合果實蠅生存，也即達其致死溫度。用定溫箱中的數據以截距法求其臨界低溫所得者為 10.6°C ，但用網室變動溫度下的均溫所求得者為 9.41°C ；最小差值法求出臨界發育低溫及高溫，分別為 9.7°C 及 34.5°C (表五)，其間造成差別的原因除實驗誤差及儀器誤差外，應有下列原因：(1)有效積溫本身理論的誤差：發育率隨溫度上升的過程不是單純的直線甚或曲線所能代表。但有效積溫正值係於直線的變化上，也就是假設只要在臨界發育低溫以上，每一度的溫度均可累加於昆蟲的發育上。但就酵素在生化、代謝上所扮演的角色而言，雖在適溫時可視為直線變化，但在高溫及低溫都有抑制現象產生，並非如直線般的交 X 軸於一點，故以直線求得的臨界值皆會偏高，(Wagner, Wu, Sharpe, Schoolfield & Coulson, 1984)，在本試驗中發現羽化率受蛹期的影響要比受溫度還大，顯示在低溫時，即使已積存足量的溫度，但因所需之時間過長，也不一定會羽化成功。以此觀點，臨界值偏高當有可能，尤其作低溫試驗時，時間往往拖得很長，也許溫度已超過真正的臨界低溫，但時間太長，使體內缺氧或聚集之毒素不能排出而致死，並非不發育而致死。(2)生物個體的變異，在族群生態學以族群生態為單位的觀念上，發育臨界低溫也非一成不變的，其每個個體間亦有差異。近年來學者已較少提到臨界低溫，而對發育最適溫度較感興趣，可能此為原因之一 (Stinner *et al.*, 1974; Logan *et al.*, 1976; Dallwitz, 1984)。(3)溫與變溫下的差距，用最小差值法求得臨界高溫及臨界低溫，分別為 34.5°C 及 9.7°C ，其中在變溫下臨界低溫低於定溫下的求得點，可知在變溫下的容忍度要比在定溫下者為大。而臨界高溫 34.5°C 也不無置疑之處，與徐與徐 (1973) 作得的 35°C 下仍有 62% 尚能存活者有異，這也是有效積溫將頭尾的變化視為與中段相同，而作截頭的結果。雖然有效積溫本身有所缺點，但其計算方便，加以對昆蟲等變溫動物在溫度關係上解釋的便利，仍有採用的必要，況且在害蟲管理的預測上仍不失為目前較好的方法。本試驗結果所得結論為：果實蠅在 10.6°C 下即開始進入低溫不發育的可能區間，在 34.5°C 以上則進入高溫不發育的可能區間。

表五 以最小差值法求東方果實蠅之發育臨界高溫及低溫簡示表

Table 5. Determination of low and high developmental threshold temperature for *D. dorsalis* pupae by the least variability method.

M. D.	Low threshold (°C)							
	9.1	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.5
32.9	11.13	9.32	7.79	■7.34	7.36	7.68	8.28	(9.49)
33.1	10.56	8.76	7.15	■6.55	6.69	7.06	(8.00)	9.88
33.3	10.27	8.47	6.82	■6.15	6.37	(6.93)	8.27	10.15
33.5	9.98	8.31	7.07	■6.32	6.61	7.16	8.54	10.44
33.7	9.98	8.31	7.07	■6.32	6.61	7.16	8.82	10.44
33.9	9.68	7.98	6.74	■5.95	(6.37)	7.40	8.82	10.75
34.1	9.48	8.23	6.99	■6.16	6.57	7.68	9.11	11.07
34.3	9.48	8.23	6.99	■6.16	6.57	7.68	9.11	11.07
34.5	9.13	7.89	6.68	■(5.79)	6.78	7.97	9.39	11.40
34.7	9.39	8.15	6.68	■6.06	6.99	8.26	9.68	11.73
34.9	9.39	8.15	6.98	■6.06	6.99	8.26	9.68	11.73
35.1	9.39	8.15	6.98	■6.06	6.99	8.26	9.68	11.73
35.3	9.04	7.81	(6.67)	■6.26	7.24	8.56	10.02	12.06
35.5	9.04	7.81	(6.67)	■6.26	7.24	8.56	10.02	12.06
35.7	9.04	7.81	(6.67)	■6.26	7.24	8.56	10.02	12.06
35.9	9.04	7.81	(6.67)	■6.26	7.24	8.56	10.02	12.06
36.1	8.67	(7.49)	6.85	■6.53	7.51	8.87	10.37	12.41
36.3	(8.30)	7.67	7.12	■6.80	7.78	9.18	10.73	12.76

M. D. — Mean deviation.

■ — The least within row.

() — The least within column.

三、田間族群變動調查

分別將霧峯及中興新村果園之族群調查作隨機性測試，結果(表六)皆非隨機變化，而為時序的變化。昆蟲族群的豐度，乃受內在及外在因子的影響，前者以上週成蟲數及前二週蛹指數為代表，後者則以溫度、濕度及雨量為代表。以各因子對豐度變化作迴歸，唯其中前二週蛹的指標與上週成蟲數之間可能有交互作用，故以成蟲數與前二週蛹指標之乘積作為交互作用項，一併迴歸，迴歸之結果列於表七及圖九、圖十，果實蠅在霧峯及中興新村所得的決定係數分別為 0.539 及 0.555，若刪除交互作用項，決定係數為 0.188 及 0.555。在霧峯果園的果實蠅，因為刪除了交互作用項，決定係數銳減，但中興新村果實蠅經刪除交互作用項後，決定係數相差不多，可以看出霧峯的族群其成蟲與蛹之間有相當的關係存在。在田間採集時也發現霧峯的落果管理較差，土中挖到的蛹數也較多，且附近多為稻

表六 霧峯及中興新村果園東方果實蠅族群的隨機性測定

Table 6. Testing for randomness for the population fluctuation of *D. dorsalis* in Wufeng (W.F.) and Chungshing New Village (C.H.) orchards.

Location	Md	Weekly catches of adult ve Md	Z	Remarks
W.F.	54.5	EE	6.00	NR
C.H.	13	DEEDEDDEEE	3.71	NR

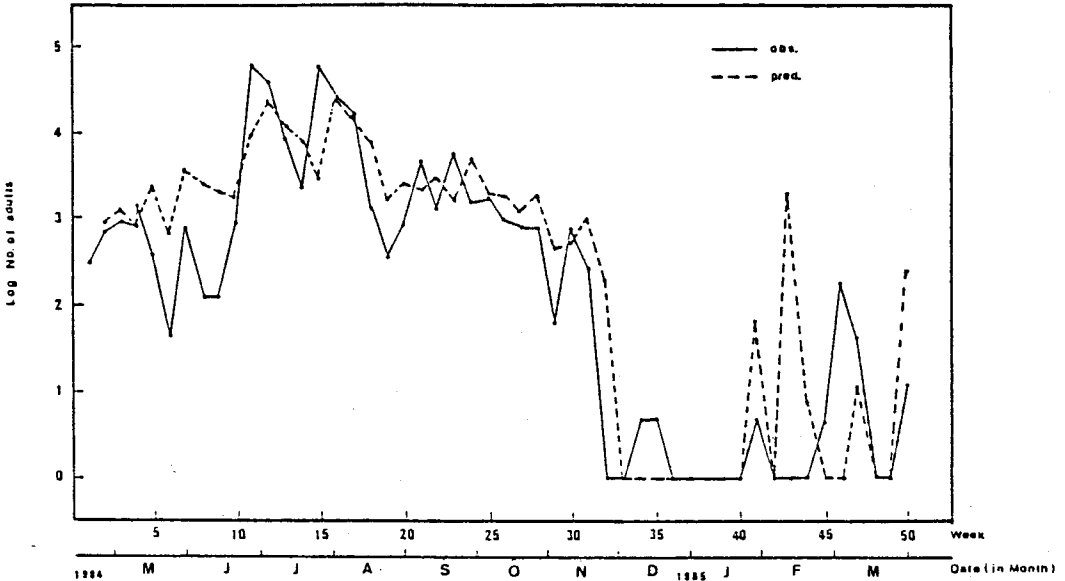
Md—Median.
 E—No. of collected >Md.
 D—No. of collected <Md.
 NR—Not random.

表七 霧峯及中興新村果園東方果實蠅族群之複迴歸方程

Table 7. Multiple regression of *D. dorsalis* in Wufeng (W.F.) and Chungshing New village (C.H.) orchards.

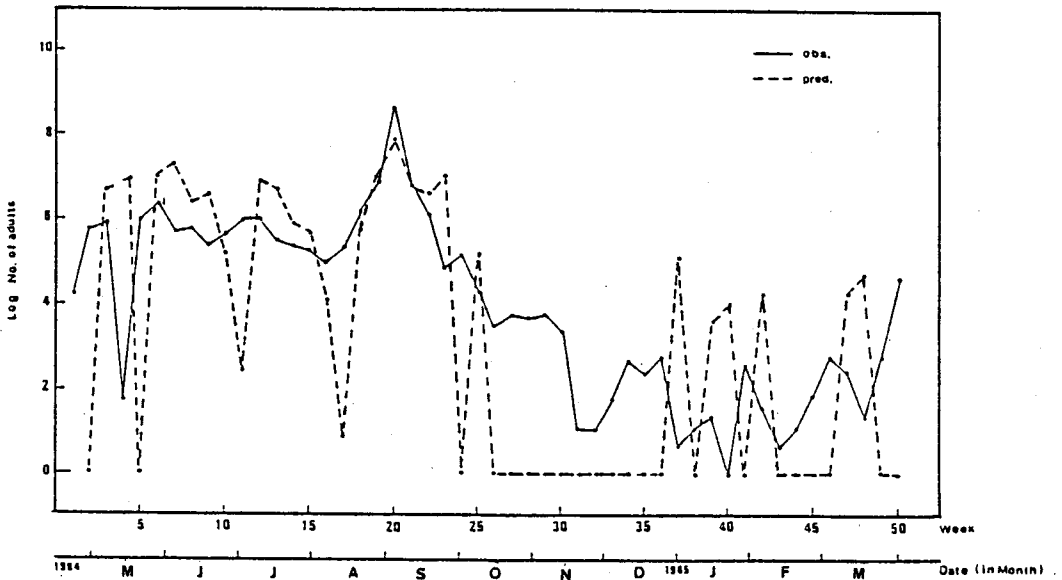
Location	Regression equation	r ²
W.F.	$Y = 710.642 - 44.523X_1 + 0.833X_2 - 1.775X_3 + 3.584X_4 + 0.117X_5 - 0.0004X_6$	0.539
C.H.	$Y = 13.696 + 1.279X_1 - 0.448X_2 + 0.135X_3 + 0.365X_4 - 0.031X_5 + 0.0022X_6$	0.555

Y: No. of adult, X₁: Temperature, X₂: Humidity, X₃: Rainfall, X₄: Adults caught in previous week, X₅: The index of pupae of previous 2 weeks, X₆: The interaction of X₄ and X₅, r²: The coefficient of multiple determination.



圖九 霧峯果園東方果蠅之族群變動。實線 — 利用甲基丁香油誘殺之蟲數；虛線 — 以複迴歸方程計算所得之預測值。

Fig. 9. The population fluctuation of *D. dorsalis* of observed (—) and predicted (---) (by multiple regression) in Wufeng orchard.



圖十 中興新村果園東方果蠅之族群變動。實線 — 利用甲基丁香油誘殺之蟲數；虛線 — 以複迴歸方程計算所得之預測值。

Fig. 10. The population fluctuation of *D. dorsalis* of observed (—) and predicted (---) (by multiple regression) in Chunghsing New Village orchard.

田，成蟲族群的遷出較少，大部份個體來自園中蛹體羽化的子代。中興新村試驗園的附近多山，雜果分佈普遍，加以土質堅硬又富鐵質，不宜化蛹，且黏度較高，遇雨水或灌溉容易形成堅實之土塊，羽化亦較困難，故田間很難找到化蛹的個體，園中成蟲應為外地遷入者居多。再作各自變數之偏相關係數得表八，由表中可見前一週成蟲數對豐度的影響都相當大，表示每一個時間單位是下一個時間族群變動的基礎。其他各貢獻量則差距均甚大，表示所列的因子只為其中之一部份，尚有許多未知因子之影響，所以未知因子的貢獻量都相當大，這些未知因子包括果實成熟期、風向、遷移、繁殖力等，尚待進一步探研。

表八 霧峯及中興新村果園東方果實蠅族群之偏相關係數

Table 8. The degree of determination of Y by X_i , and the total degree of determination of Y by X_i and U for *D. dorsalis* in Wufeng (M. F.) and Chunhsing New village (C. H.).

Location	$R_{0.1}$	$R_{0.2}$	$R_{0.3}$	$R_{0.4}$	$R_{0.5}$	$R_{0.6}$	R_0^2	U
W. F.	-0.086	0.00008	-0.005	1.063	0.044	-0.479	0.539	0.679
C. H.	0.155	0.048	0.103	0.239	-0.001	0.011	0.555	0.667

$R_{0.i}$ —The degree of determination of Y by X_i .

R_0^2 —The total degree of determination. [$R_0^2(123456)$]

U—The degree of determination of unknown.

參 考 文 獻

- 朱耀沂、陳建志 1985 東方果實蠅的化蛹及羽化行為 植保會刊 27:135~143
- 仲盛廣明、添盛 浩、垣花廣幸 1978 種種の溫度條件下におけるグリミバエ蛹の發育日數と羽化日の調整法 日本應動昆 22:56~59
- 青木淳一 1973 土壤動物學 北隆館 東京 814 PP.
- 柴田喜久雄 1941 潛土棲昆蟲の生態學的研究(Ⅲ)乾燥と蛹の生活力との關係 熱農誌 13:54~62
- 徐爾烈、徐世傑 1973 柑果蠅生物學的研究 II溫度、濕度對柑果蠅生物效應之研究 臺大植病學刊 3:59~85
- 陳雪惠 1984 東方果實蠅之族群介量及族群變動 國立中興大學碩士論文 59pp.
- 葉能啓、陳山火 1977 統計學 文笙書局 臺北 P.394~403
- 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、章加寶 1980 瓜蠅的實驗生態學 興大昆蟲學報 15:243~270
- 劉玉章、齊心、陳雪惠 1985a 溫度與食物對東方果實蠅族群介量之影響 中華昆蟲 5:1~10
- 劉玉章、齊心、陳雪惠 1985b 嘉義地區東方果實蠅之族群變動 中華昆蟲 5:79~84
- AliNiasee, M. T. 1975. Thermal unit requirements for determining adult emergence of the western cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the Willamette Valley of Oregon. Environ. Entomol. 5:397-402.
- Allen, J. C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. Environ. Entomol. 5:389-396.

- Arnold, C. Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 430-445.
- Bateman, M. A. 1972. The ecology of fruit flies. Ann. Rev. Entomol. 17: 493-518.
- Beck, S. D. 1983. Insect thermoperiodism. Ann. Rev. Entomol. 28: 91-108.
- Berryman, A. A., and L. V. Pienarr. 1974. Simulation: A powerful method of investigating the dynamics and management of insect populations. Environ. Entomol. 3: 199-207.
- Christenson, L. D., and R. H. Foote. 1960. Biology of fruit flies. Ann. Rev. Entomol. 5: 171-192.
- Clayton, T., and T. J. Henneberry. 1979. Pink bollworm biology: Effects of high soil temperature on larvae under laboratory and field conditions. Environ. Entomol. 8: 1165-1170.
- Dallwitz, R. 1984. The influence of constant and fluctuating temperatures on development rate and survival of pupae of the Australian sheep blowfly *Lucilia cuprina*. Entomol. Exp. Appl. 36: 89-95.
- Eubank, W. P., J. W. Atmar, and J. J. Ellington. 1973. The significance and thermodynamics of fluctuating versus static thermal environments on *Heliothis zea* egg development rates. Entomol. 2: 491-496.
- Ferrari, Th. J. 1978. Elements of system-dynamics simulation: A textbook, with exercises. John Wiley & Sons. New York. 89pp.
- Fitt, G. P. 1981. Pupal survival of two Northern Australian Tephritid species and its relationship to soil conditions. J. Aust. Ent. Soc. 20: 139-144.
- Hagstrum, D. W., and W. R. Hagstrum. 1970. A simple device for producing fluctuating temperatures, with an evaluation of the ecological significance of fluctuating temperatures. Ann. Entomol. Soc. Am. 63: 1385-1389.
- Logan, J. A., D. J. Wollkind, S. C. Hoyt, and L. K. Tanigoshi 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in Arthropods. Environ. Entomol. 5: 1133-1140.
- Maxwell, C. W., and E. C. Parsons. 1969. Relationships between hour-degree F soil temperature summations and apple maggot adult emergence. J. Econ. Entomol. 62: 1310-1313.
- Meats, A. 1984. Thermal constraints to successful development of the Queensland fruit fly in regimes of constant and fluctuating temperature. Entomol. Exp. Appl. 36: 55-59.
- Messenger, P. S., and N. E. Flitters. 1958. Effect of constant temperature environments on the egg stage of three species of Hawaiian fruit flies. Ann. Entomol. Soc. Am. 51: 109-119.
- Messenger, P. S., and N. E. Flitters. 1959. Effect of variable temperature environments on egg development of three species of fruit flies. Ann. Entomol. Soc. Am. 52: 191-204.
- Neuenschwander, P., S. Michelakis, and F. Bigler. 1981. Abiotic factors affecting mortality of *Dacus oleae* larvae and pupae in the soil. Entomol. Exp. Appl. 30: 1-9.
- Regniere, J. 1984. A method describing and using variability in development rates for the simulation of insect phenology. Can. Entomol. 116: 1367-1376.
- Roach, S. H. and A. R. Hopkins 1979. *Heliothis* spp: Behavior of prepupae and emergence of adults from different soils at different moisture levels. Environ. Entomol. 8: 388-391.
- Seaman, W. S., and M. M. Barnes. 1984. Thermal summation for the development of the navel orangeworm in almond (Lepidoptera: Pyralidae): Environ. Entomol. 13: 81-85.
- Stinner, R. E., A. P. Gutierrez, and G. D. Butler, Jr. 1974. An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. Can. Entomol. 106: 519-425.
- Stinner, R. E., G. D. Butler, Jr., J. S. Bachelier, and C. Tuttle. 1975. Simulation of temperature-dependent development in population dynamics models. Can. Entomol. 107: 1167-1174.
- Taylor, F. 1981. Ecology and evolution of physiological time in insects. Am. Nat. 117: 1-23.
- Van Kirk, J. R., and M. T. AliNiasee. 1981. Determining low-temperature threshold for pupal

- development of the western cherry fruit fly for use in phenology models. *Environ. Entomol.* 10: 968-971.
- Wagner, T. L., H. Wu, Peter J. H. Sharpe, and R. N. Coulson. 1984. Modeling distributions of insect development time: A literature review and application of the Weibull function. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 475-487.
- Wagner, T. L., H. Wu, Peter J. H. Sharpe, R. M. Schoolfield, and R. N. Coulson. 1984. Modeling insect development rates: A literature review and application of a biophysical model. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 208-225.
- Whitfield, G. H. 1984. Temperature threshold and degree-day accumulation required for development of postdiapause sugarbeet root maggots (Diptera: Otitidae). *Environ. Entomol.* 13: 1431-1435.

SOIL PHYSICAL FACTORS AFFECTING PUPAL POPULATION OF THE ORIENTAL FRUIT FLY, *DACUS DORSALIS* HENDEL

Yu-Chang Liu and Yen-Kuang Lee

*Research Institute of Entomology, National Chung Hsing University,
Taichung, Taiwan, R. O. C.*

The effects of temperature and soil water content on the pupae of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel, were studied in the laboratory and field. The emergence of adults from pupae was delayed due to submerge, high soil water content and low temperature; on the other hand, the pupal period was reduced at the high temperature. Submerge in water as long as 72 hours did not make any significantly increase on pupal mortality, on the contrary, the high soil water content can decrease the pupal mortality at low temperature. The vertical distribution of pupae in soil was between 1-3 cm from soil surface. More than 86% of pupae was upward and sideward in soil. The duration of pupal stage was between 9 days (at 30°C) and 41 days (at 14°C).

According to the least variability method, the low developmental temperature threshold was 9.7°C and the high developmental temperature threshold was 34.5°C. By X-intercept method, the low developmental temperature threshold at constant temperature and fluctuating temperature was 10.6°C and 9.4°C, respectively.

The population fluctuation of this fly was studied and analyzed in Wufeng and Chunghsing New Village guava orchards throughout the studied year. By using multiple regression analysis, the population data in Wufeng orchard showed that there was an interaction between the numbers of pupae and adults, this might be due to that the orchard was isolated and the adults were not immigrants; however, the data in Chunghsing New Village showed that most of the adults immigrated from the neighbor host plants instead of emerged from pupae in the orchard, might be due to that the soil in Chunghsing New Village contained more clay and is not suitable for pupation.