

# 溫度對洋香瓜上銀葉粉蝨發育速率之影響

林鳳琪<sup>1\*</sup>、賴信順<sup>2</sup>、陳秋男<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組 41362 台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號

<sup>2</sup> 行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 83052 高雄市鳳山區文龍東路 530 號

<sup>3</sup> 國立台灣大學昆蟲系 10617 台北市大安區羅斯福路四段 1 號

## 摘 要

銀葉粉蝨為設施栽培洋香瓜之關鍵害蟲，本研究以洋香瓜（秋華二號）葉片飼育銀葉粉蝨，在不同溫度下觀察其生活史，分析溫度與其發育臨界等生活參數之關係，作為開發其綜合管理技術之參考依據。在 16~34°C 之 10 個定溫下，銀葉粉蝨未成熟蟲期的累積死亡率以 26 及 28°C 時最低，約為 6%。在 16~28°C 等定溫時，銀葉粉蝨由卵至成蟲的平均發育時間，依溫度升高而縮短，約 15.4~55.3 日。在 30~34°C 時，發育時間依溫度升高而增長，約 15.8~21.1 日。在 16~28°C 時估算卵發育至成蟲的發育速率 (D) 與溫度 (T) 之直線迴歸模式為  $D(T) = -0.044321 + 0.003849 T$ ，由此推算卵至成蟲的發育臨界低溫為 11.5°C，而其發育總積溫 259.807 日度 (degree-days)。以 16~34°C 觀察結果估算 Lactin-2 非線性迴歸模式中各參數之數值，其中致死溫度為 37.6°C，由卵發育為成蟲的發育最適溫度 (optimal temperature) 為 29.9°C，發育臨界低溫 (low temperature threshold) 為 9.1°C。

**關鍵詞：**銀葉粉蝨、洋香瓜、發育速率、溫度。

## 前 言

銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) 源自煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius) B 生理小種，為世界性重要的經濟害蟲，其寄主植物範圍包括蔬菜、花卉與雜草。對植物的危害主要是刺吸植物汁液造成植物衰弱，並且所分泌的蜜露造成葉片煤污間接

影響植物的光合作用 (Lin *et al.*, 1997)。銀葉粉蝨也是重要的病毒媒介昆蟲，在台灣主要媒介的病毒為番茄黃化捲葉病毒 (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV)、南瓜捲葉病毒 (*Squash leaf curl virus*, SqLCV) 和瓜類褪綠黃化病毒 (*Cucurbit chlorotic yellows virus*, CCYV)，對台灣葫蘆科與茄科產業造成嚴重的影響 (Lin *et al.*, 2011; Li and Huang,

\*論文聯繫人

Corresponding email: Fclin@tari.gov.tw

2011)。

昆蟲的發育及存活皆受到溫度的影響，在過去的研究中，以線性或非線性方程式描述昆蟲的發育速率與溫度之關係，並估算各種關鍵臨界溫度，如發育臨界低溫、發育致死高溫及發育最適溫度等。其中以直線迴歸模式描述溫度與生物的發育速率之關係最為普遍，因為其所需要的實驗觀察的定溫數較少，並且容易計算與應用。但是其所使用的溫度範圍只侷限於中間區段，因此在發育臨界低溫的估算可能僅依靠經驗所選取的實驗溫度範圍，而出現過低或過高的結果 (Campbell *et al.*, 1974; Honěk, 1999; Jarošík *et al.*, 2002)。另一方面，生物對於低溫和高溫的反應會有不同的生理現象，低溫會限制生物的生活及發育，但相對增高至某一範圍時也會限制其生長發育，故存在一致死溫度，且溫度與發育速率間的關係並非永遠呈直線關係。故以非線性模式來描述昆蟲的發育速率，會更逼近生物發育的實況 (Stinner *et al.*, 1974; Logan *et al.*, 1976; Sharpe and DeMichele, 1977; Lactin *et al.*, 1995; Briere *et al.*, 1999; Kontodimas *et al.*, 2004)。而 Lactin *et al.* (1995) 根據 Logan 模式改進版排除 1 個多餘的參數，而提出 Lactin-1 及 Lactin-2 二種模式 (Roy *et al.*, 2002)。

本試驗在 10 個定溫下，觀察銀葉粉蝨的發育及存活之情形，並以直線迴歸及 Lactin-2 非線性迴歸模式分析探討銀葉粉蝨發育與溫度之關係，進而估算出發育臨界低溫、發育最適溫度、發育致死高溫及有效積溫等參數，可以作為害蟲防治上的參考依據。

## 材料與方法

### 一、供試植物與蟲源

本試驗以洋香瓜 (秋華二號) 為寄主植物飼養銀葉粉蝨，所有供試洋香瓜以培養土 (BVB, No. 2) 介質栽種於塑膠盆，置於尼龍網 (32 目) 罩內以防止粉蝨進入。試驗時，選擇長寬約 10 cm 大的洋香瓜葉片，連葉帶柄以解剖刀切下，葉柄傷口塗抹矽藻土避免腐爛及加速傷口癒合。葉片放置約 1 小時後，將葉柄由瓶蓋圓孔放入保鮮管 (直徑 1 cm，長 7 cm) 中，蓋上瓶口，並加入蒸餾水供葉柄吸水以防止葉片萎凋，第三天後每天施用一次液肥 (Peter's 20-20-20) 供作葉片生長的養分，該扦插葉片供銀葉粉蝨成蟲產卵觀察發育及產卵所用。

試驗母群採集自行政院農委會農業試驗所之網室內洋香瓜上的銀葉粉蝨成蟲，飼養於養蟲室 ( $28 \pm 2^\circ\text{C}$ ) 內，以壓克力箱 (30 × 30 × 45 cm) 罩住的洋香瓜植株上，並定期更換乾淨無蟲的洋香瓜植株，為試驗用的蟲源。該蟲源經送台灣大學昆蟲分類研究室確認為銀葉粉蝨。

### 二、不同定溫下的發育及存活率

由供試蟲源以指型瓶挑出粉蝨成蟲，轉接入上端封有尼龍網的壓克力圓筒 (直徑 7.5 cm，高 15 cm) 內，每個圓筒內分別約有 10 對成蟲，並將先前準備好的扦插葉片一片放入壓克力圓筒內，任其產卵 4 小時後，將葉片移出，於解剖顯微鏡下檢查，以蟲針將多餘的卵挑除，使葉片保留 10 個卵粒以內，再將葉片置入壓克力圓筒內，另一端以 7.5 cm 的塑膠蓋封好。在 16、18、20、22、24、26、28、30、32 及 34°C 的恆溫生長箱中，每個溫度移入 10 片已處理過的葉片。恆溫箱以 120 l 冰

箱改裝而成，試驗前生長箱溫度以水銀溫度計及電子溫溼度紀錄器校正溫度 (HOBO Pro H08)，試驗進行中亦利用電子溫溼度紀錄器全程監測溫度和濕度，其個別溫度誤差範圍均在 0.5°C 內，相對濕度維持在 70 ± 5% RH，光週期 12 : 12 (L : D) 小時。每日定時取出葉片，於立體顯微鏡下觀察並紀錄個別銀葉粉蝨發育情形，計算 10 種定溫下卵期、各若齡蟲的發育所需時間及存活蟲數。

### 三、統計分析

#### 1. 溫度與發育速率模式分析

選擇直線及 Lactin-2 非線性之數學迴歸模式，分析溫度與銀葉粉蝨發育速率兩者之關係，其中發育速率 (D) 為發育所需時間之倒數。

直線迴歸模式 (Campbell *et al.*, 1974)，定義為： $D(T) = a + bT$

其中 T 為飼養粉蝨的定溫 (°C)，a 為溫度等於 0°C 時的發育速率，b 為該直線迴歸方程式中的斜率。由估算所得迴歸方程式，計算粉蝨的發育總積溫 (thermal summation,  $K = 1 / b$ ) 及發育臨界低溫 (low temperature threshold,  $T_0 = -a / b$ )。其中發育總積溫 (K) 的標準誤差 (standard error) 由下列公式計算：

$$\text{S.E. of } b$$

及發育臨界低溫 ( $T_0$ ) 的標準誤差則以下列公式計算：

$$\frac{\bar{y}}{b} \sqrt{\frac{S^2}{N \bar{y}^2} + \left[ \frac{\text{S.E. of } b}{b} \right]^2}$$

其中  $\bar{y}$  是樣本平均，N 是樣本數量， $S^2$  是樣本的殘差平均平方和 (residual mean square)。

Lactin-2 非線性迴歸模式 (Lactin *et al.*,

1995)，定義為：

$$D(T) = e^{\rho T} - e^{\rho T_L - \frac{T_L - T}{\Delta T}} + \lambda$$

其中 T 是飼養的溫度 (°C)， $T_L$  是致死溫度 (lethal temperature)， $\Delta T$  為最適發育溫度 (即為發育速率最大時的溫度) 與致死溫度兩者之差值， $\rho$  和  $\lambda$  是估算介量。藉此非線性迴歸模式估算最適發育溫度 (optimal temperature,  $T_L - \Delta T$ ) 和發育臨界低溫 (low temperature threshold,  $D(T) = 0$ ) (Roy *et al.*, 2002)。另一方面，利用迴歸方程式計算  $D(T) = 0$  時為致死溫度及  $dD(T) / dT = 0$  時為最適發育溫度。

溫度對發育速率直線迴歸與非線性迴歸模式均利用 SPSS 統計軟體進行分析 (SPSS 10.0 for Windows; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)，圖則以 Sigmaplot 繪製 (Systat Software, San Jose, CA)。

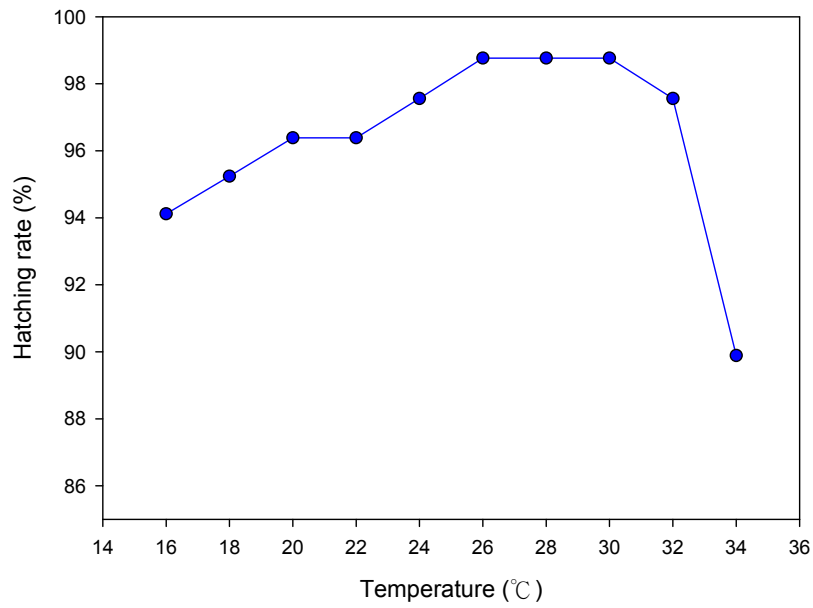
## 結 果

### 一、孵化率與死亡率

在 16~34°C 等 10 個定溫，依序分別各觀察 85、84、83、83、82、81、81、81、82 和 89 個銀葉粉蝨卵粒，計算其卵孵化率在 16~32°C 各定溫下為 94.1~98.8%，在 34°C 時，卵孵化率降至 89.9% (圖一)。未成熟的各蟲期的累積死亡率如圖二，一齡若蟲累積死亡率在 34°C 時最高為 8%，16°C 時次之為 6%。二至四齡蟲在 16 及 34°C 時累積死亡率分別為 33% 及 31%，其餘觀察溫度下粉蝨若蟲至四齡累積死亡率低於 20%，以 26 及 28°C 時最低，累積死亡率為 6%。

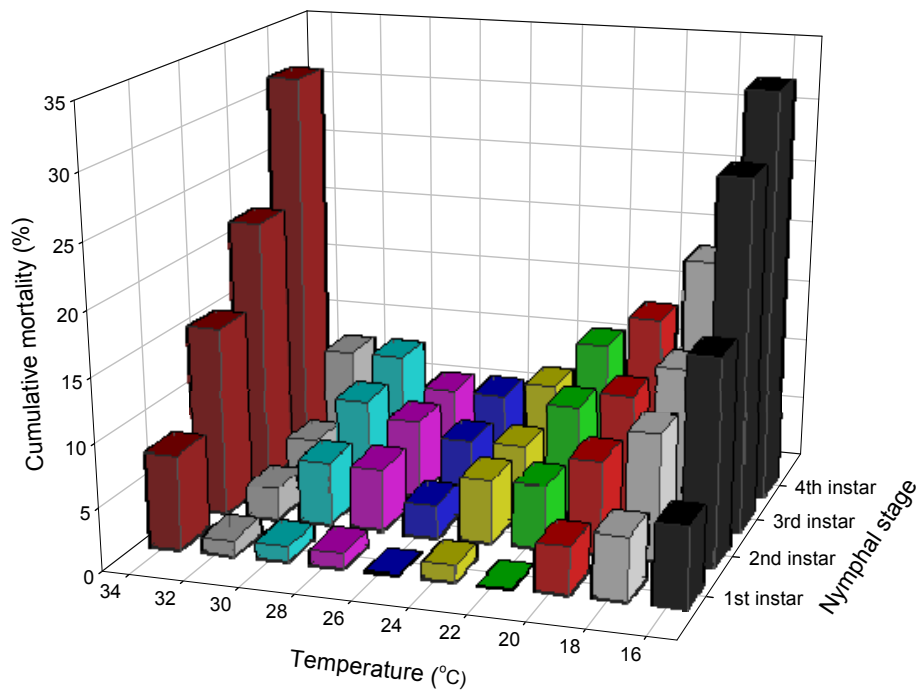
### 二、未成熟期發育所需時間

銀葉粉蝨各齡期的平均發育所需時間如



圖一 不同定溫下銀葉粉蝨卵在洋香瓜上之孵化率 (%)。

Fig. 1. The effect of temperature on hatching rate (%) from egg to adult of *Bemisia argentifolii*, on cantaloupe.



圖二 洋香瓜上銀葉粉蝨在不同定溫下若蟲期之累積死亡率。

Fig. 2. Effect of temperature on the cumulative mortality of *Bemisia argentifolii* in the nymphal stage on cantaloupe.

表一 不同定溫下銀葉粉蝨在洋香瓜上之各未成熟期平均發育所需時間

Table 1. Mean developmental times (days, mean  $\pm$  S.E.) of the immature stages of *Bemisia argentifolii* for 10 temperatures on cantaloupe

Temp. °C	Duration (days)					
	Egg	1 <sup>st</sup> instar	2 <sup>nd</sup> instar	3 <sup>rd</sup> instar	4 <sup>th</sup> instar	Egg-Adult
16	19.3 $\pm$ 0.15 (80)	8.3 $\pm$ 0.10 (75)	5.9 $\pm$ 0.11 (67)	7.0 $\pm$ 0.18 (58)	15.5 $\pm$ 0.16 (54)	55.3 $\pm$ 0.35 (54)
18	12.9 $\pm$ 0.16 (80)	6.0 $\pm$ 0.21 (76)	4.7 $\pm$ 0.13 (72)	4.9 $\pm$ 0.13 (70)	12.4 $\pm$ 0.15 (65)	40.7 $\pm$ 0.33 (65)
20	9.1 $\pm$ 0.07 (80)	4.7 $\pm$ 0.10 (77)	3.1 $\pm$ 0.06 (74)	3.6 $\pm$ 0.08 (72)	8.9 $\pm$ 0.11 (69)	29.3 $\pm$ 0.18 (69)
22	7.9 $\pm$ 0.09 (80)	4.6 $\pm$ 0.09 (80)	3.1 $\pm$ 0.06 (76)	3.2 $\pm$ 0.09 (73)	8.0 $\pm$ 0.10 (71)	26.6 $\pm$ 0.18 (71)
24	6.4 $\pm$ 0.05 (80)	3.2 $\pm$ 0.07 (79)	2.0 $\pm$ 0.06 (76)	2.8 $\pm$ 0.07 (76)	6.3 $\pm$ 0.07 (74)	20.7 $\pm$ 0.13 (74)
26	5.2 $\pm$ 0.08 (80)	3.3 $\pm$ 0.07 (80)	2.0 $\pm$ 0.07 (78)	2.4 $\pm$ 0.08 (76)	5.2 $\pm$ 0.09 (75)	18.2 $\pm$ 0.16 (75)
28	4.1 $\pm$ 0.06 (80)	3.2 $\pm$ 0.09 (79)	1.6 $\pm$ 0.07 (76)	1.8 $\pm$ 0.07 (75)	4.8 $\pm$ 0.09 (75)	15.4 $\pm$ 0.11 (75)
30	4.1 $\pm$ 0.05 (80)	3.4 $\pm$ 0.08 (79)	1.6 $\pm$ 0.07 (7.6)	1.8 $\pm$ 0.07 (74)	4.8 $\pm$ 0.09 (73)	15.8 $\pm$ 0.14 (73)
32	4.2 $\pm$ 0.07 (80)	3.8 $\pm$ 0.08 (79)	2.1 $\pm$ 0.08 (78)	2.0 $\pm$ 0.07 (77)	5.0 $\pm$ 0.10 (73)	17.3 $\pm$ 0.15 (73)
34	4.4 $\pm$ 0.07 (80)	4.3 $\pm$ 0.09 (74)	2.8 $\pm$ 0.08 (68)	2.9 $\pm$ 0.09 (63)	6.6 $\pm$ 0.12 (55)	21.1 $\pm$ 0.20 (55)

表一，試驗結果顯示，在 16~28°C 等定溫時，各齡期若蟲的平均發育時間依溫度的升高而縮短：卵需 4.1~19.3 日，一齡若蟲需 3.2~8.3 日，二齡若蟲需 1.6~5.9 日，三齡若蟲需 1.8~7.0 日，四齡若蟲需 4.8~15.5 日，由卵發育到成蟲需 15.4~55.3 日。在 30~34°C 定溫時，發育時間有依溫度升高而增長的趨勢 (表一)，各齡蟲平均發育所需時間：卵需 4.1~4.4 日；一齡若蟲需 3.4~4.3 日；二齡若蟲需 1.6~2.8 日；三齡若蟲需 1.8~2.9 日；四齡若蟲需 4.8~6.6 日；卵發育到成蟲需 15.8~21.1 日。

### 三、溫度與發育速率模式

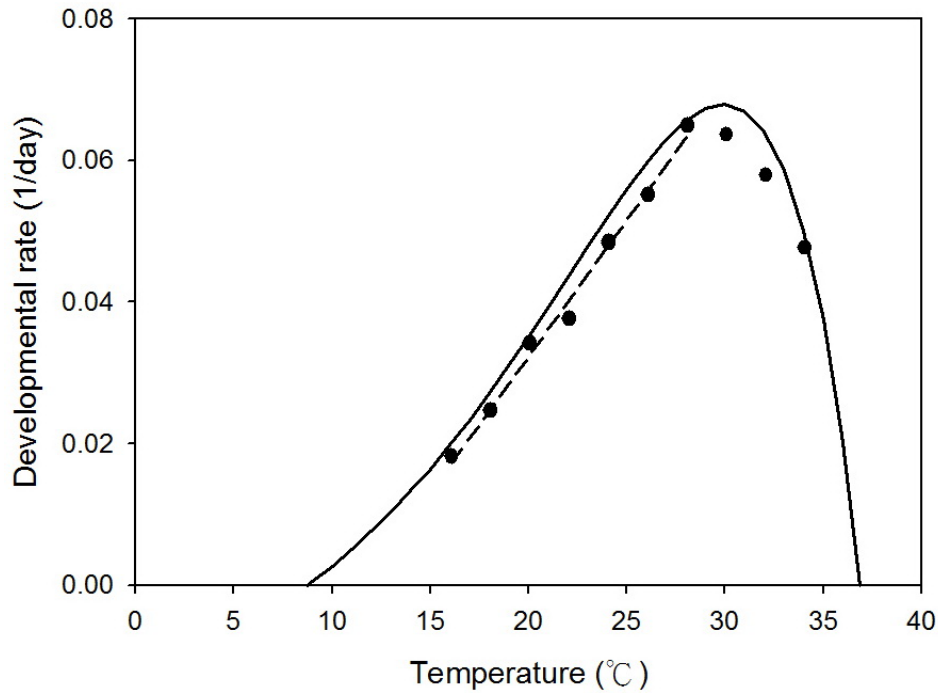
#### 1. 直線迴歸模式

依試驗結果，溫度超過 28°C 時，卵發育為成蟲所需時間增長，與直線迴歸之前提不符，故以 16~28°C 時的試驗結果，估算卵發育至成蟲的直線迴歸模式，為  $D = -0.044321 + 0.003849T$  ( $R^2 = 0.992$ ,  $p < 0001$ )，線性關係成立，其關係見圖三，由該直線迴歸方程式推算卵-成蟲的發育臨界低溫為  $11.5 \pm 0.31$  °C，而自卵發育為成蟲所需的發育總積溫為  $259.8 \pm 6.75$  日度 (degree-day)。

#### 2. Lactin-2 非線性迴歸模式

以 16~34°C 觀察之結果估算卵發育至成蟲的 Lactin-2 非線性迴歸模式

$$(D(T) = e^{\rho T} - e^{\rho T_L - \frac{T_L - T}{\Delta T}} + \lambda)$$



圖三 銀葉粉蝨在洋香瓜上於 16 至 34°C 下的發育速率與溫度的關係。配合曲線：直線模式溫度範圍 16~28°C (---) 和 Lactin 模式溫度範圍 16~34°C (——)。

Fig. 3. The relationship between temperature and developmental rate of *Bemisia argentifolii* at 16-34°C on cantaloupe. Fitted curves: the linear model within the temperature range of 16-28°C (---) and the Lactin-2 model within the temperature range of 16-34°C (——).

中各參數之數值，其中致死溫度 ( $T_L$ ) =  $37.6 \pm 1.01^\circ\text{C}$ ， $\Delta T = 7.7 \pm 1.15$ ，兩個估算介量  $\rho = 0.1294 \pm 0.01954$  及  $\lambda = -0.02155 \pm 0.0154$ ， $R^2 = 0.987$ ，其發育速率與溫度之關係如圖三。依模式推算出銀葉粉蝨由卵發育為成蟲的發育最適溫度 (optimal temperature) 為  $29.9^\circ\text{C}$ ，其發育臨界低溫 (low temperature threshold) 為  $9.1^\circ\text{C}$ 。

## 討 論

### 一、未成熟期的孵化與存活

根據試驗觀察結果，銀葉粉蝨卵之孵化與

發育，在  $16\sim 32^\circ\text{C}$  的 9 個處理溫度下，孵化率隨著溫度增加而逐漸增高，但在  $34^\circ\text{C}$  時則降低為 89.9% (圖一)，顯示卵亦受高溫之影響而不孵化。卵發育至成蟲的累積死亡率在  $16^\circ\text{C}$  和  $34^\circ\text{C}$  時均超過 30%， $18\sim 32^\circ\text{C}$  等觀察定溫下之累積死亡率均低於 20% (圖二)，顯示溫度過高或太低均不利其未成熟期之發育。Nava-Camberos *et al.* (2001) 在  $20\sim 32^\circ\text{C}$  時 5 個定溫下，觀察以洋香瓜飼育銀葉粉蝨從卵發育為成蟲的死亡率為 0~22%，而在  $35^\circ\text{C}$  下卵雖可孵化，但無法完成發育，與本試驗之結果相似。

在適合銀葉粉蝨發育的溫度範圍內，與其

他寄主植物上的存活率試驗結果比較，Nava-Camberos *et al.* (2001)，在 20~32°C 時飼養在棉葉上的存活率為 37~64%，飼養於甜椒則在各觀察溫度下均無法完成發育。以棉及南瓜飼育銀葉粉蝨，其卵發育至成蟲的死亡率分別為 12.5% 及 38.7% (Yee and Toscano, 1996)。Pai and Chen (1998) 在 28°C 下以洋香瓜、胡瓜和花椰菜飼養銀葉粉蝨，其未成熟期的存活率在洋香瓜上最高，花椰菜次之，而胡瓜上最低。Tsai and Wang (1996) 在 25°C 時將銀葉粉蝨飼育於 5 種不同作物上，其卵發育為成蟲之存活率，以茄子上最高為 88.7%，於甘藷上次之為 67.5%，而番茄上為 60.2%，在胡瓜及四季豆上的存活率均低於 50%。Chen *et al.* (2003) 報導在 28°C 時以四種豆科栽培品種飼育銀葉粉蝨，其卵發育至成蟲的死亡率均高於 22.5%。以上之試驗結果，與本試驗於 26°C 及 28°C 時之銀葉粉蝨卵發育為成蟲之累積死亡率為 6% (存活率為 94%) 相較，顯示未成熟蟲的存活率在洋香瓜與茄子上者相當，而高於棉、甘藷、番茄、南瓜、胡瓜、花椰菜、甜椒、菜豆及其他豆科植物等的存活率，顯示洋香瓜較其他多種作物更適合銀葉粉蝨的發育與生存。

## 二、溫度對發育所需時間之影響

本試驗結果，卵發育為成蟲所需時間，亦隨溫度增加而縮短，且溫度超過 28°C 以上時其平均發育所需日數有增長之趨勢 (表一)。關於銀葉粉蝨在洋香瓜上發育之相關研究，Pai and Chen (1998) 在 28°C 時銀葉粉蝨在洋香瓜上由卵發育為成蟲所需時間為 14.5 日，與本研究之結果 28°C 時需 15.4 日相似。Nava-Camberos *et al.* (2001) 在 20°C、25°C、30°C 及 32°C 等定溫下，觀察銀葉粉蝨兩個不同品系 (Tam Sun 及 Gold Rush) 的洋

香瓜，其卵發育為成蟲所需時間為 14.6~36.0 日，品系間發育所需時間並無差異。本研究觀察結果，在 20~32°C 定溫下，觀察銀葉粉蝨由卵孵化為若蟲所需時間，平均為 17.3~29.3 日，兩研究之結果亦相近。

在其他葫蘆科作物上的研究，Powell and Bellows (1992) 將採自美國加州 Coachella 及 Imperial valley 的菸草粉蝨飼育於胡瓜上，在 20°C 及 32°C 觀察其自卵發育為成蟲所需時間分別為 38.2 及 17.4 日。另外 Tasi and Wang (1996) 觀察在 25°C 定溫下，銀葉粉蝨在胡瓜上由卵發育為成蟲需 19.3 日。Pai and Chen (1998) 於 28°C 飼育於胡瓜上，由卵發育為成蟲需 18.6 日。與本研究以洋香瓜飼養的結果相較，顯示在溫度 20°C 時，銀葉粉蝨未成熟蟲在洋香瓜上發育所需時間較在胡瓜上短。在溫度較高時 24~32°C 時各研究結果數值相近。在苦瓜上於 28°C 時，由卵發育為成蟲所需時間為 25.2 日 (Chou, 2000)，明顯較本試驗之結果長。

## 三、溫度對發育速率之影響

以直線迴歸模式推估溫度與洋香瓜上銀葉粉蝨發育之關係，顯示在溫度 16~28°C 時，溫度與發育速率呈正相關，藉由該方程式推估其由卵發育至成蟲之臨界低溫為 11.5°C，有效積溫為 259.8 日度。根據 Nava-Camberos *et al.* (2001) 以直線迴歸方程式，估算銀葉粉蝨在洋香瓜上的發育速率與溫度之關係，其結果發育臨界低溫為 13.2°C，所估算之有效積溫為 250.0 日度。

在其他作物上，以直線關係推估卵發育至成蟲的臨界低溫及有效積溫相關研究之結果，在甜椒上之發育臨界低溫為 8.68°C，有效積溫為 388.37 日度 (Muniz and Nombela, 2001)，在茄子上其發育臨界低溫為 12.5°C

(Wang and Tsai, 1996)。在聖誕紅上 Enkegarrrd (1993) 以加權直線迴歸，估算之發育臨界低溫為 13.9°C，有效積溫為 327 日度，而 Lin *et al.* (1997) 以直線迴歸估算發育低溫為 13.3°C 及有效積溫 333.3 日度。除在甜椒上的發育臨界低溫較洋香瓜者低，在其他作物上的發育臨界低溫均較高。但本試驗銀葉粉蝨在洋香瓜之發育有效積溫均較其他試驗結果短，顯示銀葉粉蝨在洋香瓜的發育速率較其他作物上快，全年發生的世代數亦較其他作物上發生更多。

本研究以 Lactin-2 非線性迴歸模式之介量，估算銀葉粉蝨在洋香瓜上由卵發育臨界低溫為 9.1°C，較直線模式推估之  $11.5 \pm 0.31$ °C 低。而致死高溫為 37.6°C，在 95% 信賴區間，致死高溫的範圍為 35.2~40.1°C。發育最適溫度為 29.9°C。目前尚無其他研究報告以相同非線性模式估算銀葉粉蝨在洋香瓜上之發育參數。在其他作物上 Muniz and Nombela (2001) 以 Lactin-2 非線性模式，估算銀葉粉蝨在棉葉上發育臨界低溫為 9.7°C，最適發育溫度為 31.4°C，致死高溫為 39.4°C。其結果與本試驗之結果相較各參數之數值均相近，顯示銀葉粉蝨在洋香瓜上的發育速率與棉葉上較相近。

利用其他非線性模式估算銀葉粉蝨溫度與發育數率之關係之研究結果，(Nava-Camberos *et al.*, 2001) 以 Stinner (1974) 的演算法，估算在發育速率最大時的溫度為 29°C。Wang and Tsai (1996) 另以生物物理模式估算其由卵發育為成蟲的最適溫度為 29°C，在這個溫度發育為成蟲需 14.7 日。與本試驗以 Lactin-2 估算之發育臨界適溫相近。

根據 Drost *et al.* (1998)，綜合以往研究菸草粉蝨複合種在不同溫度及寄主植物上的溫度與發育速率關係試驗結果，利用 Logan

非線性模式之參數，推估銀葉粉蝨未成熟期在棉花、茄子及聖誕紅上發育最適溫度在 30~33°C 之間，本試驗估算結果與之相近。而多數研究報導在試驗溫度 35°C 時，銀葉粉蝨無法完成發育，例如 Lin *et al.* (1997) 研究在 35°C 時以聖誕紅飼養銀葉粉蝨，結果其三齡若蟲無法完成發育。本研究在前試驗中，也曾在 36 及 35°C 時以洋香瓜葉飼養銀葉粉蝨，其結果若蟲也無法完成發育，亦驗證本試驗估算致死高溫在 35.2~40.1°C 之結果。

綜合溫度對存活率和發育速率的影響，就銀葉粉蝨而言，依照 Lactin-2 模式推算其最適發育溫度在 29.9°C 左右，亦即為其發育速率最快時溫度，但試驗結果在 30°C 時，死亡率有增加且發育速率有減緩之趨勢。顯示溫度與發育速率模式僅止於描述這兩者的關係，發育速率最快的溫度不一定適合其族群的增長，因此無法完全藉由溫度對發育速率的影響來說明溫度對於族群增長的影響。然而，若更進一步加入繁殖量的數據以分析其生命表，求得各族群介量，由最大內在增殖率 (intrinsic rate of increase,  $r_m$ ) 來判斷，當可更精確描述溫度對族群增長的影響。

## 引用文獻

- Briere JF, Pracros P, Le Roux AY, Pierre JS. 1999. A novel rate model of temperature-dependent development for arthropods. *Environ. Entomol.* 28: 22-29.
- Campbell A, Frazer BD, Gilbert N, Gutierrez AP, Mackauer M. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11: 431-438.



- Cardoza YJ, Mcauslane HJ, Webb SE.** 2000. Effect of leaf age and silverleaf symptoms on oviposition site selection and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on zucchini. *Environ. Entomol.* 29: 220-225.
- Chen YM, Chen CN, Chen WS.** 2003. Population parameters of the silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) on four legume cultivars. *Formosan Entomol.* 23: 249-261. (in Chinese)
- Chou FI.** 2000. Rapid identification of the silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) and its population parameters. MS. Thesis, National Taiwan University. 134 pp. (in Chinese)
- Drost YC, van Lenteren JC, van Roermund HJW.** 1998. Life-history parameters of different biotypes of *Bemisia tabaci* in relation to temperature and host plant: a selective review. *Bull. Entomol. Res.* 88: 219-229.
- Enkegaard A.** 1993. The poinsettia strain of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae), biological and demographic parameters on poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) in relation to temperature. *Bull. Entomol. Res.* 83: 535-546.
- Honěk A.** 1999. Constraints on thermal requirements for insect development. *Entomol. Sci.* 2: 615-621.
- Jarošik V, Honěk A, Dixon AFG.** 2002. Developmental rate isomorphy in insects and mites. *Am. Nat.* 160: 497-510.
- Kontodimas DC, Eliopoulos PA, Stathas GJ, Economou LP.** 2004. Comparative temperature-dependent development of *Nephus includens* (Kirsch) and *Nephus bisignatus* (Boheman) (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae): Evaluation of a linear and various nonlinear models using specific criteria. *Environ. Entomol.* 33: 1-11.
- Lactin DJ, Holliday NJ, Johnson DL, Craigen R.** 1995. Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environ. Entomol.* 24: 68-75.
- Li JT, Huang LH.** 2011. Biology of whitefly-transmitted criniviruses and tactics of whitefly control. pp. 205-222. In: Shih HT, Chang CJ (eds) *Proceedings of the Symposium on Integrated Management Technology of Insect Vectors and Insect-Borne Diseases.* TARI, Taichung. (in Chinese)
- Lin FC, Su TH, Wang CL.** 1997. Effect of temperature on development and reproduction of silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) and its population fluctuation on poinsettia. *Chinese J. Entomol.* 17: 66-79. (in Chinese)
- Lin FC, Chang SC, Cheng YH, Wang CL,**

- Hu CC.** 2011. Silverleaf whitefly vector for geminiviruses on vegetables and their control. pp. 193-203. In: Shih HT, Chang CJ (eds) Proceedings of the Symposium on Integrated Management Technology of Insect Vectors and Insect-Borne Diseases. TARI, Taichung. (in Chinese)
- Logan JA, Wolkind DJ, Hoyt SC, Tanigoshi LK.** 1976. An analytical model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environ. Entomol.* 5: 1133-1140.
- Muniz M, Nombela G.** 2001. Differential variation in development of the B- and Q-biotype of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on sweet pepper at constant temperatures. *Environ. Entomol.* 30: 720-727.
- Nava-Camberos U, Riley DG, Harris MK.** 2001. Temperature and host plant effects on development, survival, and fecundity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 30: 55-63.
- Pai KF, Chen CC.** 1998. Biology of silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on three host plants. *Res. Bull. Taichung DARES* 58: 33-41. (in Chinese)
- Powell DA, Bellows TSJ.** 1992. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. *Environ. Entomol.* 21: 359-363.
- Roy M, Brodeur J, Cloutier C.** 2002. Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdaniali* (Acarina: Tetranychidae). *Environ. Entomol.* 31: 177-187.
- Sharpe PJH, DeMichele DW.** 1977. Reaction kinetics of poikilotherm development. *J. Theor. Biol.* 66: 649-670.
- Stinner RE, Gutierrez AP, Butler GD, Jr.** 1974. An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. *Can. Entomol.* 106: 519-524.
- Tsai JH, Wang K.** 1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on five host plants. *Environ. Entomol.* 25: 810-816.
- Wang K, Tsai JH.** 1996. Temperature effect on development and reproduction of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 89: 375-384.
- Yee WL, Toscano NC.** 1996. Ovipositional preference and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in relation to alfalfa. *J. Econ. Entomol.* 89: 870-876.

收件日期：2015年3月3日

接受日期：2015年4月8日

# Temperature-dependent Development of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae) on Cantaloupe

Feng-Chyi Lin<sup>1\*</sup>, Hsin-Shun Lai<sup>2</sup>, and Chiu-Nan Chen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Taichung City, Taiwan

<sup>2</sup> Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Kaohsiung City, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei City, Taiwan

## ABSTRACT

*Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring) is a major pest of cantaloupe when cultivated in a net house. We measured its life history at the constant temperatures of 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32 and 34°C on cantaloupe, in order to evaluate the effect of temperature on development of *B. argentifolii*. The results showed that the lowest mortality of *B. argentifolii* from egg to adult was 6% at 26°C and 28°C. The whole life cycle lasted from 15.4 to 55.3 days at 16-28°C on cantaloupe. The developmental rate (D) was increased with the increase in temperature (T), as shown in the linear regression equation:  $D = -0.044321 + 0.003849 T$ . However, when the temperature reached approximately 30 to 34°C the developmental rate was slowed down and the life cycle lasted 15.8 to 21.1 days. The lowest developmental threshold temperature and degree-day (DD) requirements from egg to adult were 11.5°C and 259.807 DD, respectively. A nonlinear temperature-dependent model (Lactin-2) fitted well to the data for 16 to 34°C. Accordingly, the lethal upper temperature was estimated to be 37.6°C, and the optimal temperature and developmental temperature threshold of *B. argentifolii* from egg to adult was estimated to be 29.9°C and 9.1°C, respectively.

**Key words:** *Bemisia argentifolii*, cantaloupe, developmental rate, temperature

\* Corresponding email: Fclin@tari.gov.tw