

溫度對茄葉上南黃薊馬生活史特徵之影響

黃莉欣^{1*} 陳秋男²

1 台中縣霧峰鄉 行政院農委會農業藥物毒物試驗所

2 台北市 國立台灣大學昆蟲學系所

(接受日期：中華民國 93 年 5 月 26 日)

摘 要

黃莉欣*、陳秋男 2004 溫度對茄葉上南黃薊馬生活史特徵之影響 植保會刊 46：99 - 111

南黃薊馬 (*Thrips palmi* Karny) 以茄葉飼養在 15、21、25、30、35°C 五種溫度下，觀察溫度對其生存、發育的影響，並據以估計其在台灣中部田間發生的世代數。結果顯示，飼養在 35°C 下的南黃薊馬從卵至成蟲的存活率僅有 4 - 8%，羽化的成蟲平均壽命僅有 2.8 - 2.9 日且不產卵。前四種溫度下，從卵至成蟲存活率分別為 62.3、42.1、80.3 及 55.8%，全期發育所需時間分別為 29.9、19.6、12.3 及 10.4 日。雌蟲壽命則隨溫度的升高而縮短，分別為 21.6、20.2、15.4 及 9.7 日。雌蟲總產卵數及產卵速率以飼養在 25°C 下者為最大，但其產卵期最短約 21 日，平均每隻雌蟲的產卵數為 57.1 粒。從發育時間、成蟲壽命及產卵數的結果顯示 25 - 30°C 為南黃薊馬發育生長最適的溫度。利用溫度與發育速率的直線關係模式估算發育臨界低溫為 $7.7 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ，而有效積溫為 $227.2 \pm 3.3^\circ\text{D}$ 。利用 1999 - 2002 年農業試驗所霧峰氣象站每日的平均氣溫估算南黃薊馬在台灣中部一年可能發生 25 - 26 代。

(關鍵詞：南黃薊馬、茄葉、溫度、發育臨界低溫、有效積溫、生活史特徵)

緒 言

南黃薊馬 (*Thrips palmi* Karny) 屬纓翅目 (Thysanoptera) 薊馬科 (Thripidae)，食性相當廣，舉凡蔬菜類、瓜果類、花卉，甚至雜草上均可見其為害痕跡。寄主植物從葉片、莖、花、果實等部位都會受到若

蟲及成蟲的為害，受害部位初期呈銀白色斑點或條斑，嚴重者呈褐色，果實則呈褐色疤痕，或造成果品畸形，嚴重影響商品價值及產量。另外，南黃薊馬也會傳播植物病毒，例如落花生芽斑病毒 (*Groundnut bud necrosis virus*, 簡稱 GBNV) 及西瓜銀斑病毒 (*Watermelon silvery mottle virus*, 簡

* 通訊作者。E-mail: lhhuang@tactri.gov.tw

稱 WSMV) (22, 24), 導致寄主植物萎凋、枯死, 造成很大的經濟損失。

1975 年南黃薊馬在中、南部瓜園普遍發生後, 引起農政單位的重視, 也使得南黃薊馬在蔬菜瓜果類害蟲上, 甚至花卉害蟲上, 具有舉足輕重的地位。國內對其相關的研究也有數篇, 包括有該蟲在瓜類及茄子上的發生為害及防治^(10, 11, 13); 對化學藥劑的感受性研究^(5, 9); 南黃薊馬的生殖機制^(3, 4, 6); 室內飼育的方法及在 25°C 下南黃薊馬各齡期的發育情形^(2, 12)。雖然王⁽¹⁾在其所著的專書中也有簡單報導各齡期在 15、20、25、30°C 四種溫度下之發育期, 但有鑑於溫度是影響昆蟲生活史特徵如體型大小、生長發育時間、繁殖率、產卵前期、產卵期、壽命、存活等的重要環境因子, 與田間族群數量的變動也有著密切的關係, 實有必要將溫度對南黃薊馬生長發育的影響情形做更詳細的探討, 以提供未來各項研究與防治該蟲的參考。本文就溫度對南黃薊馬發育時間、壽命、繁殖率、雌蟲產卵情形等生活史特徵進行探討, 並據以估算在臺灣中部的氣候條件下, 南黃薊馬在田間可能發生的代數, 俾能對南黃薊馬的發生生態有進一步的了解, 提供田間防治的參考。

材料與方法

供試茄株之培植

為保持茄株 (*Solanum melongena* L.) 在無蟲狀態, 以提供乾淨茄葉進行生活史觀察, 自種子發芽至茄苗栽植均在走入式培養箱 (27 ± 1°C, 16 L: 8 D, 70 - 85% RH) 內進行, 光源及光強度則使用含藍光及紅光之植物燈管 (Sylvania U. S. A. 40W)⁽¹²⁾。

供試薊馬之飼育觀察

將茄園採回的南黃薊馬 2 齡若蟲飼養在內置有小茄葉 (長 1.5 cm, 寬 1.5 cm) 之

玻璃管 (直徑 1.6 cm, 高 4.5 cm) 內, 以石臘膜 (Parafilm®, American National Can™) 二層封住管口, 待發育至成蟲時, 配對飼養, 並每日提供新鮮小茄葉供取食及產卵用 (該小葉片在供試前先以暗視野立體解剖顯微鏡 20X 檢視有否卵粒存在, 以確保供試材料的乾淨), 被產卵後的葉片簡稱為卵片。連續取第 2-4 天之卵片為室內第一代, 開始進行溫度對南黃薊馬生長發育的影響試驗。

南黃薊馬卵期在 25°C 下為 4 - 5 天, 在低溫下為期更久, 為使卵片能放置更久, 以觀察其孵化時間, 於培養皿底層放置吸水樹脂, 將卵片放在樹脂上, 可使卵片保持較長時間的觀察⁽¹²⁾。蒐集的卵片每日以立體解剖顯微鏡 10 - 20X 觀察, 孵化之若蟲隨機挑取 30 - 60 隻, 以上述之玻璃管單隻飼育, 每日觀察記錄齡期之變化。羽化後的雌蟲當日即單獨配對, 若缺雄蟲時, 則從同一世代的蟲源中提供。由於薊馬的卵是產在葉肉組織內, 不易觀察, 故在成蟲期時每日更換新鮮的小茄葉供其產卵, 當日蒐集的卵片以暗視野立體解剖顯微鏡 (20X) 檢視及計數卵粒數, 並每天觀察挑取孵化的若蟲, 單隻飼育在玻璃管內。由於卵粒呈透明或半透明狀, 為避免顯微鏡觀察的疏漏而影響卵數的計數, 15 及 21°C 下卵片觀察 14 日, 25 及 30°C 觀察 7 日, 之後, 將卵片浸泡在 1% 洋紅中, 於 4°C 下染色 4 - 5 日, 再取出以暗視野立體顯微鏡檢視有否卵粒存在, 若有卵粒存在者視為沒有孵化的卵。

溫度對南黃薊馬發育影響試驗是從室內飼育第一代卵期開始觀察, 連續觀察三代。試驗溫度為 15、21、25、30、35°C 共 5 組溫度, 光照為 16 L: 8 D, 相對濕度 65 - 75% RH。每組溫度每一世代觀察的卵粒數均在 350 粒以上。

南黃薊馬第 2 齡若蟲脫皮進入第 3 齡時, 則有翅芽的產生, 其翅芽長不及腹部,

又稱為前蛹 (prepupa)，再脫皮後，翅芽則增長至腹部，是為第 4 齡若蟲，亦稱為蛹 (pupa)。由於前蛹期短，發育時間不易記錄，資料分析時將前蛹期與蛹期的發育時間合併統稱為蛹期。卵孵化率及性比的資料是採用當代所產的總卵數及其孵化存活至成蟲的總數進行計算。不同溫度下卵孵化率與各蟲期之存活率的比較是將三代資料視為三重覆進行變方分析 (ANOVA)，分析前數據先以 $\text{Arc sin } \sqrt{x}$ 作數值轉換。不同溫度下平均發育時間經變方分析後有顯著差異時，再採用 Fisher's LSD 在 5% 顯著水準下進行各組的顯著性差異比較。雌、雄成蟲壽命則以學生氏 t-test 在 5% 顯著水準下檢驗其差異性。

有效積溫 (cumulated effective temperature) 及發育臨界低溫 (lower developmental threshold) 之估算

在有效溫度範圍內，昆蟲生長發育所需的熱量總和稱之為有效積溫 (cumulated effective temperature)，其一般計算式為

$$D(T - T_0) = K \quad (1)$$

其中 D : duration of development

T_0 : lower threshold of development

T : average temperature during development

K : constant, cumulated effective temperature

本試驗觀察時間是以“日”為單位，故有效積溫單位為度日 (degree-day)。

為解公式 (1) 中的 T_0 及 K 二變數值，將公式 (1) 移項分解為發育速率 Y ($1/D$) 與溫度 (T) 的線性關係，模式為

$$\frac{1}{D} = \frac{T - T_0}{K}$$

$$Y = bT + a \quad (2)$$

藉由該線性方程式來計算有效積溫 (K) 及發育臨界低溫 (T_0)。本研究將四種溫度下的平均發育日數之倒數 (即發育速率) 與溫度進行簡單直線迴歸分析，利用斜率與截距求得有效積溫 ($K=1/b$) 及發育臨界低溫 ($T_0 = -a/b$)。

K 及 T_0 是利用估計式中斜率及截距項所估計而得，有變異性存在。利用 Campbell 等人⁽²⁰⁾ 在 1974 年推導出 T_0 及 K 的標準誤差 (standard error) 式來求得 K 及 T_0 的標準誤差。 T_0 的標準誤差式為

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

， K 的標準誤差式為

$$\frac{\text{S. E. of } b}{b^2}$$

其中 S^2 : the residual mean square of y , MSE

\bar{y} : the sample mean, i.e. mean of developmental rate

b : slope of regression model

N : the sample size

南黃薊馬在田間年發生代數之估算

利用室內觀察試驗所計算求得之發育臨界低溫資料及田間每日平均氣溫，來計算南黃薊馬在田間之發育累積積溫。利用 1999 年 1 月 - 2002 年 12 月農業試驗所霧峰農業氣象站每日平均溫度之資料計算田間的有效積溫 (degree-day)，由於最高溫度少有超過 35°C (圖一)，該溫度應在發育臨界高溫之下⁽²³⁾，故以 single sine-wave 的方法計算南黃薊馬在田間之發育累積溫度⁽¹⁸⁾，並利用從卵至成蟲羽化所需的有效積溫資料，估計南黃薊馬在田間一年可能發生的代數。

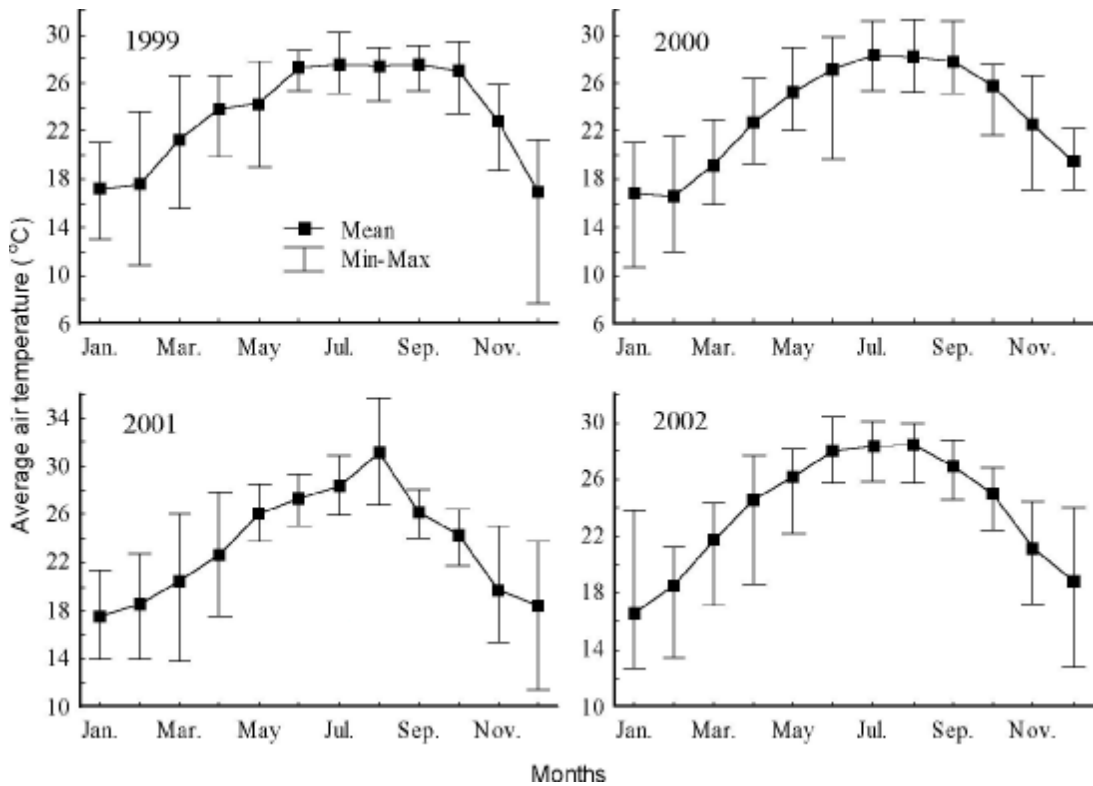


圖 1. 1999-2002 年農業試驗所台中縣霧峰農業氣象站每月最高、最低及平均氣溫之變化。
Fig. 1. Monthly maximum, minimum, and average air temperatures of an agrometeorological station of ARI, at Wufeng, Taichung from 1999 to 2002.

結 果

不同溫度下各齡期之存活率與發育時間

在所有試驗溫度中，本薊馬在 35°C 下的存活率及生長發育最差。第一齡若蟲的存活率還能維持在 48 - 62%，隨著齡期增加，存活率則下降，發育至成蟲期時僅剩 4 - 8% 的存活率，即使羽化為成蟲的蟲體，其壽命也相當短，雌蟲平均 2.9 日 (SE = 0.6, n = 12)，最長為 6 日，雄蟲平均為 2.8 日 (SE = 0.5, n = 8)，最長為 7 日。成蟲存活期間僅有 2 隻雌蟲產出極少數的卵粒，但均未孵化，由此推測 35°C 的溫度可能不適合南黃薊馬的生存。至於 35°C 是否為發育臨界高溫，由於缺乏進一步熱處理觀察，尚無法下定論，但可確定南黃薊馬長期處在高溫下，

對其生長發育均有不利的影響。

在 15、21、25、30°C 四種溫度下以茄葉連續飼養南黃薊馬三代，卵孵化率及各齡期存活率的高低並不完全隨著溫度的升降而作有規律的變化 (表一)。四種溫度下卵孵化率以 21°C 平均 68.1% 為最低，與另三種溫度間有顯著差異，30°C 平均 86.7% 為最高，與 15、25°C 間無顯著差異。就此四種溫度來看，三代各齡期平均存活率以 21°C 低於 75% 為最低，25°C 則最高，均維持在 80% 以上，其中第一齡若蟲高於第二齡，從表二觀察各齡期的蟲數可計算得南黃薊馬從卵發育至羽化為成蟲之存活率，由低溫至高溫分別為 62.3 (106 / 170)、42.1 (72 / 171)、80.3 (94 / 117) 及 55.8% (106 / 190)。成蟲羽化率在 21°C 為 66.2%，另三種溫度下

之羽化率平均都在 75%以上，其中 21°C 僅與 25°C 有差異顯著。其性比並沒有隨溫度的高低呈直線關係，四種溫度中以 21 與 30°C 產雌率較高，雌雄性比分別為 2.4 : 1 及 2.6 : 1，25°C 下則為 1.8 : 1 (表一)。

不同溫度下以茄葉連續飼養南黃薊馬三代，各蟲期發育所需的時間均隨著溫度的上升而縮短，不同溫度間具有顯著差異 ($p \leq 0.05$) (表二)。卵期在 15°C 下所需時間最長，三代平均需時 10 日，而 30°C 時平均只需 3.5 日，二者相差近三倍。第二若

蟲期稍長於第一若蟲期，15、21、25、30°C 四種溫度之第一若蟲期分別為 3.6、3.1、2.0、1.4 日；第二若蟲期則為 7.2、4.4、2.5、2.3 日，經 Fisher's LSD 分析顯示 25 與 30°C 間差異不顯著。蛹期所需發育日數各溫度間有顯著差異，由低溫至高溫分別為 9.1、5.8、3.5、3.1 日。由以上結果顯示，25 - 30°C 為南黃薊馬發育生長最適的溫度。就全期來看，從卵發育至成蟲所需時間，由低溫至高溫分別為 29.9、19.6、12.3、10.4 日 (表二)。

表一、不同溫度下連續飼養南黃薊馬三代其各齡期平均存活率及其性比

Table 1. Mean survival rate and sex ratio of *Thrips palmi* continuously reared for 3 generations on eggplant leaf at different temperatures

Temperature (°C)	No. of eggs	Hatching rate		Nymphal survival rate				Emergence rate		Sex ratio (F/M)
		%	95% CL	1 st - instar		2 nd - instar		%	95% CL	
				%	95% CL	%	95% CL			
15	964	75.0 ab ¹⁾	69.4-80.6	88.3 a	63.0-100	72.1 ab	60.7-83.5	76.9 ab	41.0-100	1.2
21	1442	68.1 b	56.2-80.0	75.6 a	42.6-100	62.7 b	24.0-100	66.2 b	27.0-100	2.4
25	1425	80.1 a	72.7-87.1	92.2 a	78.0-100	83.5 a	75.3-91.6	95.5 a	83.8-100	1.8
30	1089	86.7 a	80.3-93.0	78.5 a	67.5-89.5	65.9 b	46.5-85.3	84.5 ab	65.7-100	2.6

¹⁾ Means in a column followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level according to Fisher's LSD test.

表二、不同溫度下以茄葉連續飼養南黃薊馬三代，其各蟲期之平均發育時間

Table 2. Mean duration of developmental stages of *Thrips palmi* continuously reared for 3 generations on eggplant leaf at different temperatures

Temperature (°C)	Developmental duration (days)				
	Egg	1 st -instar nymph	2 nd -instar nymph	Prepupa and Pupa	Total duration
15	10.0 (0.1) d ¹⁾ <170> ²⁾	3.6 (0.1) d <151>	7.2 (0.2) c <123>	9.1 (0.1) d <106>	29.9 (0.2) d <106>
21	6.7 (0.1) c <171>	3.1 (0.1) c <128>	4.4 (0.1) b <105>	5.8 (0.1) c <72>	19.6 (0.2) c <72>
25	4.3 (0.0) b <117>	2.0 (0.0) b <107>	2.5 (0.1) a <98>	3.5 (0.1) b <94>	12.3 (0.1) b <94>
30	3.5 (0.0) a <190>	1.4 (0.0) a <149>	2.3 (0.1) a <125>	3.1 (0.1) a <106>	10.4 (0.1) a <106>

¹⁾ Mean, with standard error in parentheses. Means in a column followed by the same letter do not significantly differ.

²⁾ <> designates sample size.

表三、不同溫度下以茄葉連續飼育南黃薊馬三代，成蟲平均壽命、雌蟲產卵前期及產卵數
Table 3. Adult longevity, duration of pre-oviposition, and fecundity of *Thrips palmi* females reared for 3 generations at different temperatures

Temperature (°C)	Longevity (day)		Duration of pre-oviposition (day)	Fecundity (No. eggs/female)
	Female	Male		
15	21.6 (2.0) a ¹⁾ <43> ²⁾	16.8 (1.6) ab <63>	7.1(0.5) a <21>	18.1 (3.2) c <32>
21	20.2 (2.9) a <36>	21.5 (2.7) a <36>	6.8 (0.8) a <21>	37.5 (7.6) b <24>
25	15.4 (0.7) b <65>	13.0 (1.2) b <29>	2.0 (0.1) b <24>	57.1 (4.9) a <25>
30	9.7 (1.0) c* <73>	6.1 (0.9) c <30>	2.3 (0.2) b <21>	52.7 (7.7) ab <21>

1) and 2) Footnotes are the same as those of Table 2.

* Denotes a significant difference at the 5% level by Student's *t*-test for adult longevity.

不同溫度下成蟲壽命及雌蟲產卵能力

從表三結果顯示，雌成蟲的平均壽命稍高於雄成蟲，在 30°C 下雌雄蟲壽命有顯著差異 (*t*-test, $p = 0.04$)。雌蟲壽命隨著溫度的升高而縮短，21°C 下平均 21.6 日，30°C 下則僅有 9.7 日，二者相差二倍之多，與 15、21、25°C 間有顯著差異。雄蟲壽命大致上也隨著溫度的上升而縮短，在 30°C 下平均壽命為 6.1 日為最低，其次為 25°C 的 13.0 日，15°C 則稍低於 21°C 者，但二者差異不顯著。

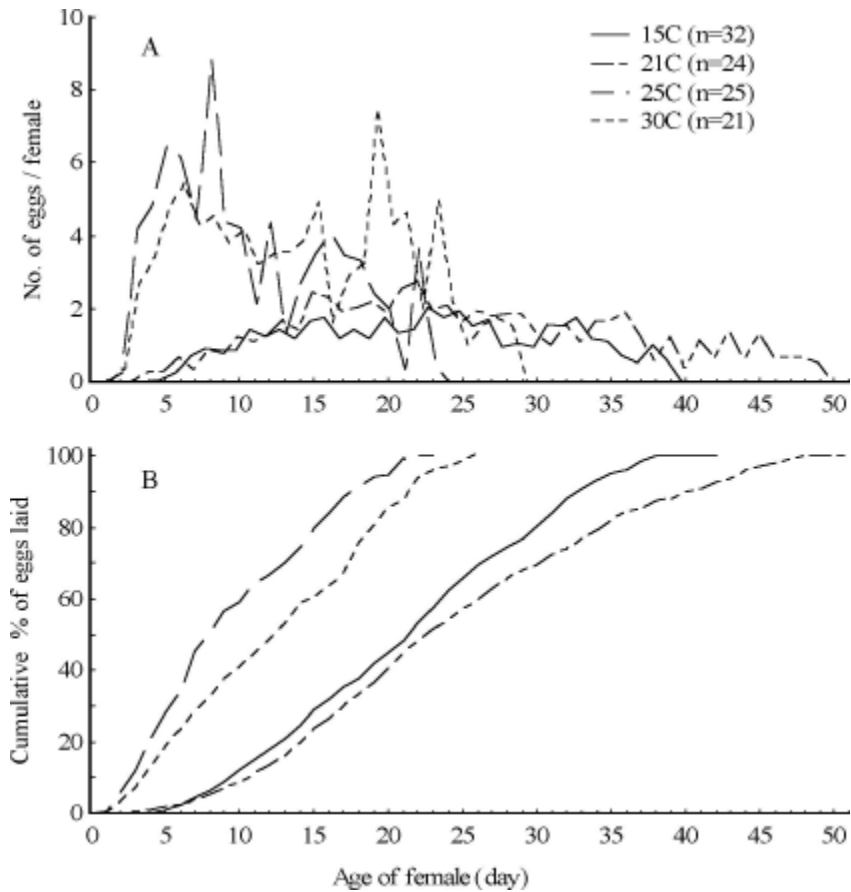
雌蟲產卵前期在 25°C 下最短，平均 2.0 日，在 15°C 下最長，平均需時 7.1 日。總產卵數以飼養在 25°C 下者為最多，一隻雌蟲一生平均可產下 57.1 粒卵，30°C 下也有 51.9 粒卵，在 15°C 下所產下的卵粒數最少（表三）。

雌蟲每日產下的卵粒數會因溫度的高低而不同，25 及 30°C 下，羽化後第一天即有卵的產出，隨著雌蟲日齡的增加，產卵數也隨之增加，每日產下的卵粒數在 2 粒以上，其中 25°C 在第 7 日達產卵高峰（8.8 粒卵/雌蟲），而 30°C 則在第 14 日達高峰（6.7 粒卵/雌蟲），隨後產卵數降低。15 及 21°C 因溫度較低，可能卵巢發育較慢，故

開始產卵時間較 25°C 及 30°C 為晚，分別在第 3 日及第 4 日才開始產卵，隨著日齡的增加，產卵數也逐漸增加，但多維持在 2 粒卵或以下（圖二，A）。雌蟲在 25°C 下的產卵速率最快，其次為 30°C，21°C 則最慢。一隻雌蟲累積產卵數到達 50% 所需時間，從低溫至高溫分別為 21、22、7、12 日，而結束產卵的時間則分別為 38、48、21、27 日（圖二，B），顯示，產卵速率愈快，結束產卵的時間愈早。

各蟲期之發育臨界低溫及有效積溫

從表四直線迴歸分析結果顯示，第一及第二若蟲期所得之直線方程式的解釋能力分別為 58.6 及 66.8%，較其他蟲期為低，但各蟲期的發育速率與溫度的關係呈顯著的直線關係 ($p < 0.00$)，故可以進一步利用直線方程式中斜率及截距來估算各蟲期的發育臨界低溫及其有效積溫，如表四所列。卵的發育臨界低溫平均為 7.9°C，而其所需的有效積溫三代平均為 76.5°D；第一若蟲期發育臨界低溫為 8.2°C，但其有效積溫平均僅需 29.5°D；第二若蟲期及蛹期發育之臨界低溫及有效積溫分別為 8.6、7.8°C 及 44.6、65.1°D，綜觀卵至成蟲所需有



圖二、不同溫度下南黃薊馬雌蟲每日產卵數 (A) 及累積頻度 (B)。

Fig. 2. Daily egg-laying per female (A) and the cumulative frequency of egg-laying (B) by *Thrips palmi* at different temperatures.

表四、南黃薊馬各期發育之溫度需求 (連續三代茄葉飼養之混合數據)

Table 4. Thermal requirements for the development of *Thrips palmi* on eggplant leaf (pooled data of 3 continuous generations)

Immature stages	N	Slope	Intercept	p	R ²	Degree-days required		Lower threshold of development	
						°Days	95% CL	°C	95% CL
Egg	648	0.013	-0.103	<0.000	0.868	76.5 (1.2) ¹⁾	74.2-78.9	7.9 (0.2)	7.4-8.4
1 st - instar nymph	535	0.033	-0.267	<0.000	0.586	29.5 (1.1)	27.4-31.6	8.2 (0.6)	7.1-9.4
2 nd - instar nymph	451	0.023	-0.192	<0.000	0.668	44.6 (1.6)	41.5-47.7	8.6 (0.5)	7.5-9.6
Pupa	376	0.015	-0.117	<0.000	0.765	65.1 (2.0)	61.2-69.0	7.8 (0.5)	6.8-8.7
Egg to Adult	349	0.004	-0.033	<0.000	0.933	227.2 (3.3)	220.7-233.6	7.7 (0.2)	7.2-8.1

¹⁾ Mean, with standard error in parentheses.

效積溫平均為 227.2°D，而其發育臨界低溫則較各蟲期為低，僅有 7.7°C。

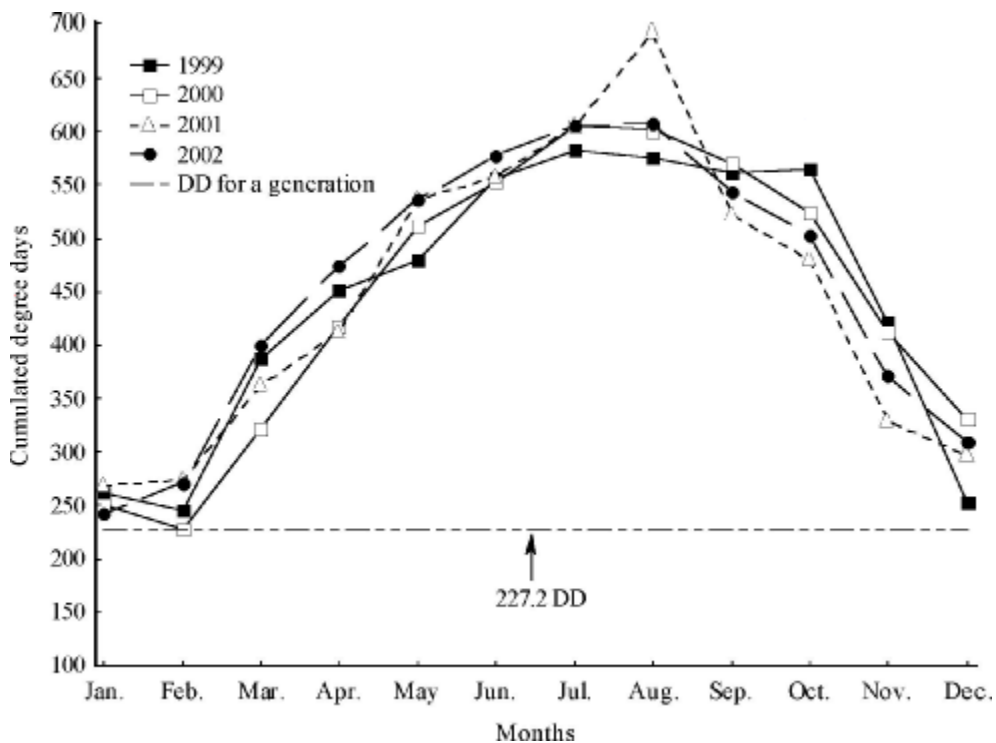
以三個世代的平均發育臨界低溫 7.7°C 及有效積溫 227.2°D 為準則，推測南黃薊馬在田間年發生的可能代數。田間氣溫資料得自台中縣霧峰農試所農業氣象站

1999 年 1 月至 2002 年 12 月之每日平均氣溫。1999-2002 年全年的累積溫度值如表五所示，依據田間累積溫度值推估南黃薊馬在田間一年發生 25-26 代。從每月累積溫度資料顯示 5-10 月間南黃薊馬每月至少可完成 2-3 代（圖三），年平均一個月發生 2

代五、以台中縣霧峰農試所農業氣象站之每月平均氣溫估測南黃薊馬在臺灣中部一年可能發生的世代數

Table 5. Estimation of the number of generations of *Thrips palmi* in central Taiwan (based on agrometeorological data of ARI at Wufeng, Taichung during 1999 to 2002; and $T_0 = 7.7^\circ\text{C}$, $K = 227.2^\circ\text{D}$)

Items	1999	2000	2001	2002
Annual cumulated effective temperature (degree-days)	5743.6	5731.2	5741.0	5845.8
Estimated number of generations per year	25.3	25.2	25.3	25.7
Cumulated effective temperature (degree-days) from Apr. to Nov.	4885.5	4822.3	4802.5	4923.4
Estimated number of generations from Apr. to Nov.	21.5	21.2	21.1	21.7



圖三、台灣中部每月累積可供南黃薊馬成蟲前期發育所需的有效積溫估測值 (1999-2002)。
Fig. 3. Monthly cumulative degree-days available for the pre-adult stage of *Thrips palmi* in central Taiwan during 1999 to 2002.

代。從月平均氣溫顯示(圖一),每年從3月起氣溫明顯增高,除2000年3月外,每年3至11月的月平均氣溫均可維持在20°C以上,而南黃薊馬發育生長最適的溫度是在25-30°C之間,故推測3-11月可能是南黃薊馬主要活動的期間。利用3-11月的累積溫度估算南黃薊馬在此期間內可能發生的代數約21代,此結果表示一年之中有85%的蟲體多在此一期間內活動,也正是作物遭受為害的主要時期。

討 論

南黃薊馬在不同溫度下飼養時,各蟲期的存活率以第二齡若蟲的存活率最低(表一),南黃薊馬喜在潮濕、黑暗、多孔隙場所化蛹^(2, 14),本研究為便於觀察,並沒有刻意提供特別的化蛹場所,可能是造成死亡率較高的原因。南黃薊馬卵在35°C下僅有4-8%的機會可存活發育至成蟲,存活下來的成蟲不僅壽命極短,平均僅2.8-2.9日,而且無法產下任何卵粒以延續族群,由此推測35°C已接近其發育臨界高溫。河合⁽¹⁵⁾曾報導卵在35°C以上,若蟲在27.5°C以上,前蛹與蛹在30°C以上的溫度下發育明顯延遲。McDonald等人⁽²¹⁾的報告指出若蟲在35°C下是無法完成發育至成蟲期,他們認為33-35°C可能是南黃薊馬發育的上限溫度。吳等⁽⁸⁾也發現溫度在36°C時,卵期的發育時間與34°C間無顯著差異,溫度達38°C時,卵無法孵化,若蟲也不能完成發育,他們認為南黃薊馬發育上限溫度應為36°C。野中等⁽¹⁶⁾以熱處理來觀察南黃薊馬耐熱情形,結果顯示,在40°C下成蟲及若蟲分別經19及23 min後死亡,55°C下經5-7 min後死亡;Tsai等人⁽²³⁾發現南黃薊馬成蟲在40°C下,4 h後死亡率僅有12.2%,8 h後死亡率提高至50%,15 h後死亡率達100%。本研究的結果與以上幾位學者所得的結果不謀而合,

綜合以上研究結果推測南黃薊馬的發育臨界高溫應在34-36°C間。

南黃薊馬未成熟各期的發育時間以卵期最長(表二),此結果與已知的研究結果相同^(1, 2, 7, 8, 15, 21, 23),但本報告的卵期從低溫至高溫為10日至3.5日較其他學者的報告18.3日至3.5日為短。在15、21、25、30°C四種溫度下,本研究所完成成蟲前期的發育時間及發育臨界低溫依序為29.9、19.6、12.3、10.4日及7.7°C,而其他學者在15、20、25、30°C四種溫度下之研究結果,如野中等人⁽¹⁷⁾與河合⁽¹⁵⁾以胡瓜葉飼養分別為44.9、24.5、14.3、10.8日及10.7°C與53.7、23.8、13.6、12.9日及11.6°C,貝等人⁽⁷⁾以紅茄葉飼養為45.2、30.0、15.8、11.4日及11.7°C,McDonald等人⁽²¹⁾以豆葉飼養分別為40.2、16.6、15.2、10.1日及10.1°C,王⁽¹⁾以茄葉飼養則為43.5、22.7、13.5、9.0日,顯示在各種定溫下本結果之發育時間均為最短,其中在15°C時與其他學者的研究結果相差在10日以上,20°C以上的發育時間則較為相近。成蟲壽命也隨著溫度的升高而縮短,不同溫度下成蟲之平均壽命與吳等人⁽⁸⁾及河合⁽¹⁵⁾較為相近,而王⁽¹⁾所報導的雌蟲壽命則較長,在15°C下可活 71.3 ± 5.3 日。從以上結果顯示,不同學者的觀察方法不同或寄主植物的不同所得的結果則不同,本試驗的飼養觀察是連續三代的觀察結果,每代從卵開始觀察的樣本數在35粒以上,所得每代的標準誤差均在0.2以下,三代平均值之標準誤差在0.1以下,顯示本結果在說明母族群的發育時間時應具有很高的代表性。

雌蟲產卵前期之長短與卵巢發育的成熟時間有密切的關係⁽¹⁹⁾,而卵巢的發育又會受到溫度的影響⁽¹⁷⁾,因此,溫度愈低,卵巢發育慢,產卵前期則較長。雌蟲在25及30°C下羽化後第一日即有卵的產出,隨著日齡的增加而增加,平均產卵前期分別為2.0與2.3日;15及21°C則在第三日才陸續零星的產卵,隨著日齡的增加,產卵

數沒有明顯的增加，平均產卵前期分別為 7.1 與 6.8 日（表三、圖二）。與王⁽¹⁾ 在 15、20、25、30°C 下得 37.0、10.0、6.5、3.0 日的觀察結果相比較，本結果是明顯的縮短許多，此差異可能係卵的觀察方法不同所致，二者均有利用暗視野立體顯微鏡檢視葉肉內的卵粒，但南黃薊馬的卵為半透明或透明狀，可能會有造成觀察上的誤差，爲了降低誤差，本試驗的卵片在觀察到最後時，均將卵片浸泡在 1% 洋紅中染色，以確認是否仍有卵粒的存在，檢視結果有些卵片仍有卵粒的存在，此結果說明了僅使用暗視野顯微鏡檢視卵粒仍有遺漏的現象。此方法所獲得雌蟲一生的產卵數也較王⁽¹⁾、吳等人⁽⁸⁾ 爲多，與河合⁽¹⁵⁾ 之結果較爲相近，其中以 25°C 下所得總產卵數及單日產卵數爲最高，15°C 下則最低。25、30°C 下之產卵速率較 15、21°C 爲快，但產卵時則縮短，此現象可能與生物在生殖與發育時能量消耗必須作一權衡（trade-off）的結果有關，也顯示南黃薊馬族群增長的可塑性極高，也難怪能在世界各地之蔬果、花卉害蟲中佔有相當重要的席位。

發育臨界低溫是從溫度與發育速率的直線方程式中取得的，本結果在 15°C 下的發育速率較其他研究的結果爲快，使得直線方程式中截距項的數值較其他學者的研究結果爲高，斜率值則較低，所推算出的發育臨界低溫爲 7.2 - 8.1°C（表四），較其他學者的 10 - 11°C 爲低，因此，進一步探討南黃薊馬在 10°C 下的存活情形（黃莉欣，未發表），以探討估出的發育臨界低溫的適切性，結果顯示 99% 的蟲體無法自卵發育至成蟲期，但有 5% 蟲體可完成發育至蛹期，此結果僅能表示南黃薊馬發育臨界低溫接近 10°C，但無法確定爲 10°C，故本文所估出的發育臨界低溫雖低於 10°C，仍可視爲一個可接受的參考值。每一蟲期對溫度的感受度不同，故所得的發育臨界低溫也不同，可能因此在估算發育臨界低溫

時有高估或低估的現象，由於各學者並沒有提供其估算誤差值，無法確知本結果之平均值是否有落在其他學者所得的範圍內。審酌各學者在試驗時所提供的寄主植物種類不同，飼養方法也不相同，可能是造成結果不同的原因之一。爲了確認本試驗觀察方法所使用的玻璃管內外溫度是否有差異，也進行管內外溫度的測試，結果顯示管內與管外溫度相差約 0.2°C，可見本試驗方法所得結果與其他學者不同的原因，不是因管內外溫度誤差所致。

本試驗卵至成蟲發育所需累積的有效溫度爲 227.2°D (95% CL 爲 221 - 234°D)，貝等人⁽⁷⁾、河合⁽¹⁵⁾、野中等人⁽¹⁷⁾ 及 McDonald 等人⁽²¹⁾ 的結果分別爲 209.9、189.1、208.9、194.2°D，均較本結果爲低。利用該有效積溫資料估算田間可能發生的代數，在中國杭州市爲 11.1 代⁽⁷⁾，英國 Birmingham 地區則更少，一年僅發生 3 - 4 代⁽²¹⁾，而台灣地區年發生代數高於此二地區有 10 代以上，該二地區的冬季溫度均有下降至零度以下的情形，故發生代數較台灣地區少。台灣中部平地冬季的日平均氣溫少有低於 10°C 者（圖一），故台灣中部平地的氣溫對南黃薊馬的生長發育應不會構成太大的限制。若以河合⁽¹⁵⁾ 及 McDonald 等人⁽²¹⁾ 的臨界低溫及有效積溫資料估算南黃薊馬在台灣中部平地一年可發生代數分別爲 25.1 及 22.8 代，與本試驗所估的 25 代亦極爲相近，由此推測南黃薊馬在台灣中部平地的氣候條件下一年發生 25 - 26 代應可接受的。此結果也顯示南黃薊馬在台灣地區具有很高的發生潛能，應該也是牠會被列入農作物重大害蟲之列的原因之一。由於南黃薊馬的繁殖能力強，發育速率快，世代重疊現象明顯，很難以田間調查資料來估算田間年發生的代數，故以室內資料來估算。再者田間溫度並非定溫，且是利用日平均氣溫進行估算，事實上，每日的溫度變化多，高低也不同，尤其在

冬季的溫差更大，故成蟲前期的發育時間可能較室內者為長，另外，有效積溫僅考慮成蟲前期的發育時間，並未考慮成蟲的產卵前期及壽命，因此，有可能高估了田間的世代數。但至少對南黃薊馬在田間發生的概況有多一層的認識，也可作為發生預測及防治時機應用上的參考。

謝 辭

本研究由行政院農委會農業藥物毒物試驗所科技計畫 92 農科-1.8.1-藥 -P1(3) 經費補助，試驗期間蒙本所林美雀、林淑慈、陳連絲、林青怡、郭雪等五位小姐的協助與蘇文瀛組長的鼓勵，使本文得以順利完成。資料分析時承蒙台灣大學數學系江金倉副教授指導 K 及 T_0 標準誤差公式的驗證推導，完稿後又蒙二位審查者提供意見及斧正，謹此一併誌謝。

引 用 文 獻

- 王清玲。2002。台灣薊馬生態與種類：縷翅目錐尾亞目。農業試驗所特刊第 99 號。行政院農業委員會農業試驗所編印。臺中。328 頁。
- 王清玲、朱耀沂。1986。南黃薊馬 (*Thrips palmi* Karny) 之室內飼育方法。植保會刊 28：407-411。
- 王清玲、朱耀沂。1990。南黃薊馬之生殖機制。III. 孤雌與兩性生殖所產蟲體之發育與性比。中華昆蟲 10：125-132。
- 王清玲、朱耀沂、羅幹成。1989。南黃薊馬之生殖機制。I. 雌蟲之產卵。中華昆蟲 9：251-261。
- 王順成。1993。南黃薊馬之抗藥性。農藥世界 120：29-31。
- 朱耀沂、王清玲。1990。南黃薊馬之生殖機制。II. 孤雌與兩性生殖產雄蟲之比較。中華昆蟲 10：79-87。
- 貝亞維、顧秀慧、高春先、陳華平。1996。溫度對棕櫚薊馬生長發育的影響。浙江農業學報 8：312-315。
- 吳佳教、張維球、梁廣文。1995。溫度對節瓜薊馬發育及產卵力的影響。華南農業大學學報 16：14-19。
- 許如君、馮海東、黃育仁。2002。台灣地區南黃薊馬 (*Thrips palmi* Karny) (Thysanoptera: Thripidae) 對現行推薦藥劑之感受性調查。台灣昆蟲 22：83-93。
- 溫宏治、李錫山。1982。淡色薊馬 (*Thrips flavus* Schrank) 為害瓜類調查及其防治試驗。中華農業研究 31：89-96。
- 黃金助。1989。南黃薊馬在冬瓜上之族群消長及其誘引調查。台中區農業改良場研究彙報 25：35-41。
- 黃莉欣、蘇文瀛。1997。南黃薊馬 (*Thrips palmi* Karny) 繼代飼育方法之改進。植保會刊 39：281-287。
- 蘇智勇、邱天生、林宜貞。1985。南方黃色薊馬之棲群變動及其藥劑防治。中華昆蟲 5：101-118。
- 池田二三高、久保田榮、石川 毅。1984。メロン温室におけるミナミキイロアザミウマの蛹化場所。関東山病害蟲研究會年報。31：143-144。
- 河合 章。1985。ミナミキイロアザミウマ個体群の生態学的研究 VII. 増殖能力に及ぼす温度の影響。日本応用動物昆蟲学会誌 29：140-143。
- 野中耕次、永井清文、山本榮一。1982。果菜類を加害するアザミウマ類の生態と防治に関する研究 第 4 報 ミナミキイロアザミウマの耐熱及び耐寒性。九州農業研究 44：119。
- 野中耕次、寺本 敏、永井清文。1982。果菜類加害するアザミウマ類の生態と防治に関する研究 第 5 報 ミナミキイロアザミウマの發育速度。九州病蟲研會報 28：126-127。

18. Allen, J. C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. *Environ. Entomol.* 5: 388-396.
19. Ananthakrishnan, T. N. 1984. *Bioecology of thrips*. Indian Publishing House, USA. 333 pp.
20. Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, A. P., and Mackauer, M. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11: 431-438.
21. McDonald, J. R., Bale, J. S., and Walters, K. F. A. 1999. Temperature, development and establishment potential of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) in the United Kingdom. *Eur. J. Entomol.* 96: 169-173.
22. Peters, D., Wijkamp, I., van de Wetering, F., and Goldboch, R. 1996. Vector relation in the transmission and epidemiology of tospoviruses. *Acta Hort. (ISHS)* 431: 29-43.
23. Tsai, J. H., Yue, B., Webb, S. E., Funderburk, J. E., and Hsu, H. T. 1995. Effects of host plant and temperature on growth and reproduction of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). *Environ. Entomol.* 24: 1598-1603.
24. Ullman, D. E., Sherwood, J. L., and German, T. L. 1997. Thrips as vectors of plant pathogens. pp. 539-565. *In*: T. Lewis [ed.], *Thrips as crop pests*. CAB International, Wallingford. 740 pp.

ABSTRACT

Huang, L. H.^{1*}, and Chen, C. N.² 2004. Temperature effect on the life history traits of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) on eggplant leaf. Plant Prot. Bull. 46: 99-111. (¹Pesticide Application Division, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC; ²Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan 106, ROC)

Cohorts of *Thrips palmi* Karny were reared on eggplant leaf at 15, 21, 25, 30, and 35 °C in growth chambers for 3 generations to study the life history traits of these thrips. The results showed that the survival rate of *T. palmi* from egg to adult was only 4%-8% at 35 °C, and the adult females and males lived only 2.9 and 2.8 days, respectively, without laying any eggs. Under the first 4 temperature conditions, the pre-adult stage took respectively 29.9, 19.6, 12.3, and 10.4 days to complete development. The longevity of adult females became shorter as the rearing temperature increased, being 21.6, 20.2, 15.4, and 9.7 days, at the respective temperatures. Females had the highest fecundity (57.1 eggs/female) at 25 °C, but the oviposition period was the shortest (ca. 21 days). Based upon the developmental period of immature stages, adult longevity, and fecundity, we concluded that 25-30 °C is optimal for population growth of *T. palmi* on eggplant. A simple linear regression of the developmental rate on temperature ranging from 15 to 30 °C showed that the lower developmental threshold (T_0) was 7.7 °C (SE = 0.2 °C) and the cumulative effective temperature (K) was 227.2 degree-days (SE = 3.3 degree-days) for *T. palmi* to complete development from eggs to adults. Based on the above values of T_0 and K, and meteorological data of ARI at Wufeng during 1999 to 2002, we estimated that this thrips could complete 25 to 26 generations per year in central Taiwan.

(Key words: *Thrips palmi*, eggplant leaf, temperature, lower developmental threshold, cumulative effective temperature, life history traits)

*Corresponding author. E-mail: lhhuang@tactri.gov.tw