



溫度依變下旋花微刺薊馬 *Dendrothripoides innoxius* (Karny) (縷翅目:薊馬科) 在蕹菜 (*Ipomoca aquatica* Forsk) 上之生命表

陳文華、王嫻淳、張萃嫻*

國立屏東科技大學植物醫學系 91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

* 通訊作者 email: tychang@mail.npust.edu.tw

收件日期: 2016 年 2 月 18 日 接受日期: 2016 年 6 月 9 日 線上刊登日期: 2016 年 8 月 31 日

摘 要

旋花微刺薊馬 (*Dendrothripoides innoxius* (Karny)) 多分布於熱帶及亞熱帶地區，主要寄主作物為旋花科植物。本研究於 20、25、30°C 三種定溫，相對濕度 $70 \pm 10\%$ 及光週期 12D:12L 下，以蕹菜葉飼育觀察其生長發育情形。三種定溫下卵之孵化率分別為 86.3、85.2 及 96%；在 20°C 未成熟期發育所需時間為 54.1 天，30°C 下僅需 17.4 天，平均總發育日數隨溫度升高而縮短。壽命隨著溫度的升高而縮短，而產卵量則隨溫度升高而增加。產卵期會隨著溫度升高而縮短；每雌每日平均產卵以 30°C 之 1.23 粒為最高，一生總產卵量達 24.25 粒。30°C 下其族群介量內在增殖率 (r) 為 0.0996，淨生殖率 (R_0) 為 14.11，終極增殖率 (λ) 為 1.1047 均是最高值，而平均世代時間 (T) 26.58 天為最短。此研究結果未來可進一步模擬其田間族群增長模式，提供旋花微刺薊馬綜合管理策略擬定之參考。

關鍵詞：旋花微刺薊馬、蕹菜、生命表、族群介量。

前 言

蕹菜 (*Ipomoca aquatica* Forsk) 為屬旋花科 (Convolvulaceae) 蔬菜作物，英名 Water spinach，俗稱應菜、空心菜、甕菜、藤藤菜、葛菜、通菜、竹葉菜，為一年生或多年生蔓性植物 (Yang *et al.*, 1999; Liou and Lin, 2005)。台灣地區主要栽培地區為雲林縣，其次為嘉義縣、新北市及屏東縣 (Lin *et al.*, 2004a)。2014 年依據行政院農業委員會農業統計年報，全臺產量為 35,026 公噸，產值達 746,763,000 元 (Council of Agriculture, 2014)。

蕹菜主要害蟲包括鞘翅目之蕹菜小金花蟲 (*Chaetocnema confinis* Crotch)、大黑星龜金花蟲

(*Aspidomorpha miliaris* (Fabricius)) 及甘藷猿葉蟲 (*Chaetocnema confinis* Crotch)；鱗翅目之小白紋毒蛾 (*Orgyia postica* Walker)、斜紋夜盜 (*Spodoptera litura* Fabricius) 及潛葉蛾 (*Bedellia ferenodes* Meyrick)；半翅目之銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)、桃蚜 (*Myzus persicae* (Sulzer)) 及瘤緣椿象 (*Acanthocoris sordidus* (Thunberg))；縷翅目之旋花微刺薊馬 (*Dendrothripoides innoxius* (Karny))；蟎類則有神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) (Chiu *et al.*, 1978; Shih, 2000 a, b; Lin *et al.*, 2004b)。

旋花微刺薊馬分類地位為縷翅目、錐尾亞目

(Terebrantia)、薊馬科 (Thripidae)、微刺薊馬屬 (*Dendrothripoides*)，主要分布於巴西、巴拿馬、夏威夷、關島、印度、斯里蘭卡、馬來西亞、日本、中國及臺灣 (Kudo, 1992; Cecilia, 1994; Mound and Marullo, 1996; Yang, 2005; Chen *et al.*, 2006; Mound and Azidah, 2009; Mound and Ng, 2009; Mirab-balou *et al.*, 2011; Tillekaratne *et al.*, 2011; Goldarazena *et al.*, 2012; Wang, 1994, 2012)，其寄主植物廣泛，包含旋花科、木棉科 (Bombacaceae)、梧桐科 (Sterculiaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、玄參科 (Scrophulariaceae)、禾本科 (Gramineae)、茄科 (Solanaceae)、菊科 (Compositae) 及桑科 (Moraceae) 等 (Wang, 2012)，其中主要為害旋花科之甘藷 (*I. Batatas* (L.) Lam.)、牽牛花 (*I. nil* (L.) Roth.) 及蕹菜，其若蟲及成蟲於葉脈、葉柄及莖段上取食，造成葉片皺縮，葉柄及莖段上產生疤痕，其尾露會造成煤污影響其商品價值 (Shih, 2000a)。

旋花微刺薊馬之基本生物學及生態學研究資料甚少，本研究由基礎之生活史研究著手，藉以了解其生活習性，並建立其基本生物學資料，以供未來田間管理上之參考。

材料與方法

一、供試蟲源

自屏東縣內埔鄉國立屏東科技大學溫室 (22°38'37.4"N 120°36'44.8"E) 之甘藷採集蟲源，以插有裝水指形管之蕹菜為其食物進行飼育，置於 20、25、30°C 三種定溫，相對濕度為 70 ± 10% 及光週期 12D:12L 之植物生長箱中，連續繼代飼養三代以上，作為供試蟲源族群。

二、不同定溫下對旋花微刺薊馬各齡期之發育影響

取單隻飼育於 25°C 生長箱中之旋花微刺薊馬各齡期，置於具有微尺 (micrometer) 之解剖顯微鏡 (Ziess Discovery V8, Wetzlar, Germany) 進行量測，測量其蛻皮後各蟲期體長及體寬，體長測量範圍自頭部至腹部末端，體寬則測量其胸部最寬處。

選取已成長之蕹菜葉基部裁剪成 3 × 3 cm，周圍包覆吸濕之化妝棉，置於直徑 6 cm 塑膠培養皿中。自試驗蟲源族群中挑取初孵化之一齡若蟲進行單隻飼育，並分別飼育於 20、25、30°C 三種定溫，相對濕度為 70 ± 10% 及光週期 12D:12L 之生長箱內，每 24 h 觀察紀錄發育齡期與存活情形。

三、不同定溫下旋花微刺薊馬成蟲之產卵及其壽命

將 20、25、30°C 單隻飼育後之雌成蟲放入生長箱內以蕹菜葉片供其產卵，每 24 h 觀察一次並更換葉片，待卵孵化後，計算其孵化率；為了確認未孵化卵數，將各溫度之產卵後葉片分別於 7、12、15 d 後浸泡於 75% 酒精內使葉片透化，於 24 h 後計數其未孵化卵數，並記錄其產卵前期、產卵期、產卵後期、成蟲壽命、每日產卵量及一生總產卵量。

四、統計分析

取得旋花微刺薊馬在三種定溫下由卵至成蟲之發育日數，試驗資料以 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 軟體進行變異分析，再以 Tukey's 檢定法分析於不同定溫下各發育期、壽命及產卵量於不同定溫下是否具顯著性差異 ($P \leq 0.05$)。

五、生命表分析

各定溫下飼育之生活史資料以 Chi and Liu (1985) 及 Chi (1988) 之齡別-齡期兩性生命表理論及方法 (Huang and Chi, 2013)，以 TWSEX-MSChart 軟體 (<http://140.120.197.173/Ecology/Download/TwoSEX.rar>) (Chi, 2015) 進行分析，求得各齡期平均發育時間及計算族群參數，包含齡別存活率 (age-specific survival rate, l_x ; x 為蟲齡)、齡別繁殖率 (age-specific fecundity, m_x)、齡別齡期繁殖值 (age-stage specific reproductive value, V_{xj})，並利用拔靴法 (bootstrap) 重複取樣 10,000 次分析 TWSEX-MSChart 估算生命表族群參量 (population parameter) (Polat Akköprü *et al.*, 2015)，包括內在增殖率 r (Intrinsic rate of increase)、淨繁殖率 R_0 (Net reproductive rate)、終極增殖率 λ (Finite rate of increase) 及一代所需平均世代時間 T (Mean generation time) 等的平均值 (mean) 及其標準差 (standard error of mean)。其計算公式如下所示：

$$l_x = \sum_{j=1}^k S_{xj}$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k S_{xj}}$$

$$1 = \sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x$$

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

$$\lambda = e^r$$

$$T = \frac{\ln(R_0)}{r}$$

結 果

一、旋花微刺薊馬之生活史與形態

旋花微刺薊馬生活史分為卵、若蟲及成蟲三個階段，若蟲又分為四個齡期。卵為灰白色，腎形；一齡若蟲為白色透明，此時期之若蟲為了取食，行動較活潑好動；二齡若蟲甫蛻皮時呈白色，取食後會逐漸轉為黃綠色，蛻皮前體色轉呈橘紅色；進入三齡若蟲時，其背方會出現一對翅芽，觸角向前延伸；四齡若蟲翅芽會長至腹部第 5~6 節，觸角此時會向後延伸；再蛻皮後進入成蟲，成蟲體色為黃褐色，翅的亞基部及翅中央有一對褐斑，並於腹部背

板第 2~8 節密生微刺。25°C 定溫下飼育之旋花微刺薊馬量測其各齡期體型之大小，結果如表一，其體長隨著齡期增加而增長，而體寬自三齡若蟲後已鮮少改變。

二、不同定溫下旋花微刺薊馬發育

於 20、25 及 30°C 三種定溫下，旋花微刺薊馬卵孵化率分別為 86.3、85.2 及 96%，顯示其卵於此溫度範圍內孵化率頗高，且於 30°C 定溫時更高達 96%。於 20、25 及 30°C 下，卵期分別為 13.5、9.9 及 5.8 日；以 20°C 最長，30°C 最短，二者相差 2.32 倍之多。若蟲期以二齡所需時間最長，四齡次之，三齡若蟲期最短；若蟲期發育日數皆以 20°C 最長，30°C 最短。在三種定溫下，由卵發育至成蟲所需時間分別為 54.1、30.1 及 17.4 日，經 Tukey's 檢定法分析後顯示各溫度間之發育時間具顯著性差異，其發育日數隨著溫度上升而有縮短的趨勢（表二）。

三、不同溫度對旋花微刺薊馬成蟲壽命及繁殖力之影響

在 20、25 及 30°C 三種定溫下，旋花微刺薊馬之產卵前期以 20°C (32.13 日) 為最長，與 25°C

表一 25°C 定溫下旋花微刺薊馬於各齡期體型之大小

Table 1. Body sizes (mean ± SE) of *Dendrothripoides innoxius* at various developmental stages at 25°C

Stage	N	Length (mm) (Mean ± SE)	Width (mm) (Mean ± SE)
1 st nymph	84	0.52 ± 0.058	0.13 ± 0.027
2 nd nymph	64	0.75 ± 0.061	0.20 ± 0.014
3 rd nymph	38	0.96 ± 0.047	0.22 ± 0.018
4 th nymph	36	1.00 ± 0.035	0.22 ± 0.019
Adult	33	1.05 ± 0.048	0.22 ± 0.019

表二 不同溫度對旋花微刺薊馬未成熟期發育時間之影響

Table 2. The developmental durations (days, mean ± SE) of the immature stages of *Dendrothripoides innoxius* at various constant temperatures

Temp. (°C)	Developmental duration (days)(mean ± SE)					
	Egg	1 st instar	2 nd instar	3 rd instar	4 th instar	Total
20	13.5 ± 1.5a*	8.0 ± 2.0a	19.3 ± 5.9a	4.5 ± 0.9a	8.5 ± 2.1a	54.1 ± 5.3a
25	9.9 ± 1.5b	3.9 ± 1.5b	9.6 ± 3.2b	2.3 ± 0.8b	4.3 ± 1.3b	30.1 ± 4.1b
30	5.8 ± 0.5c	2.7 ± 0.7c	3.9 ± 0.6c	1.9 ± 0.5b	2.9 ± 0.7c	17.4 ± 1.2c

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% significance level according to Tukey's studentized range test.

表三 不同定溫下旋花微刺薊馬之產卵期及成蟲壽命

Table 3. Oviposition periods and adult longevity (days, mean \pm SE) of *Dendrothripoides innoxius* at various constant temperatures

Temp. (°C)	n	Preoviposition	Oviposition	Postoviposition	Longevity
20	30	32.13 \pm 16.37a*	10.78 \pm 13.55a	11.97 \pm 11.71a	52.10 \pm 26.59a
25	33	6.44 \pm 2.81b	19.52 \pm 3.33b	8.93 \pm 3.21b	29.85 \pm 12.42b
30	32	5.22 \pm 3.33b	11.56 \pm 5.81a	1.66 \pm 1.43c	18.44 \pm 4.68c

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% significance level according to Tukey's studentized range tests.

表四 不同定溫下對旋花微刺薊馬之產卵量影響

Table 4. The fecundity (mean \pm SE) of *Dendrothripoides innoxius* at various constant temperatures

Temp. (°C)	n	No. eggs / female / day	Total no. eggs / female
20	30	0.04 \pm 0.04a*	3.10 \pm 3.13a
25	33	0.44 \pm 0.15b	10.26 \pm 2.67b
30	32	1.23 \pm 0.61c	24.25 \pm 12.03c

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% significance according to Tukey's studentized range tests.

表五 旋花微刺薊馬於不同定溫下之族群介量

Table 5. The population parameters of *Dendrothripoides innoxius* at various constant temperatures

Temp. (°C)	r	R_0	λ	T
20	0.0063	1.79	1.0063	92.30
	(0.0025)*	(0.39)	(0.0025)	(4.28)
25	0.0299	3.75	1.0304	44.07
	(0.0052)	(0.61)	(0.0054)	(0.95)
30	0.0996	14.11	1.1047	26.58
	(0.0058)	(2.11)	(0.0064)	(0.32)

r : Intrinsic rate of increase. R_0 : Net reproductive rate.

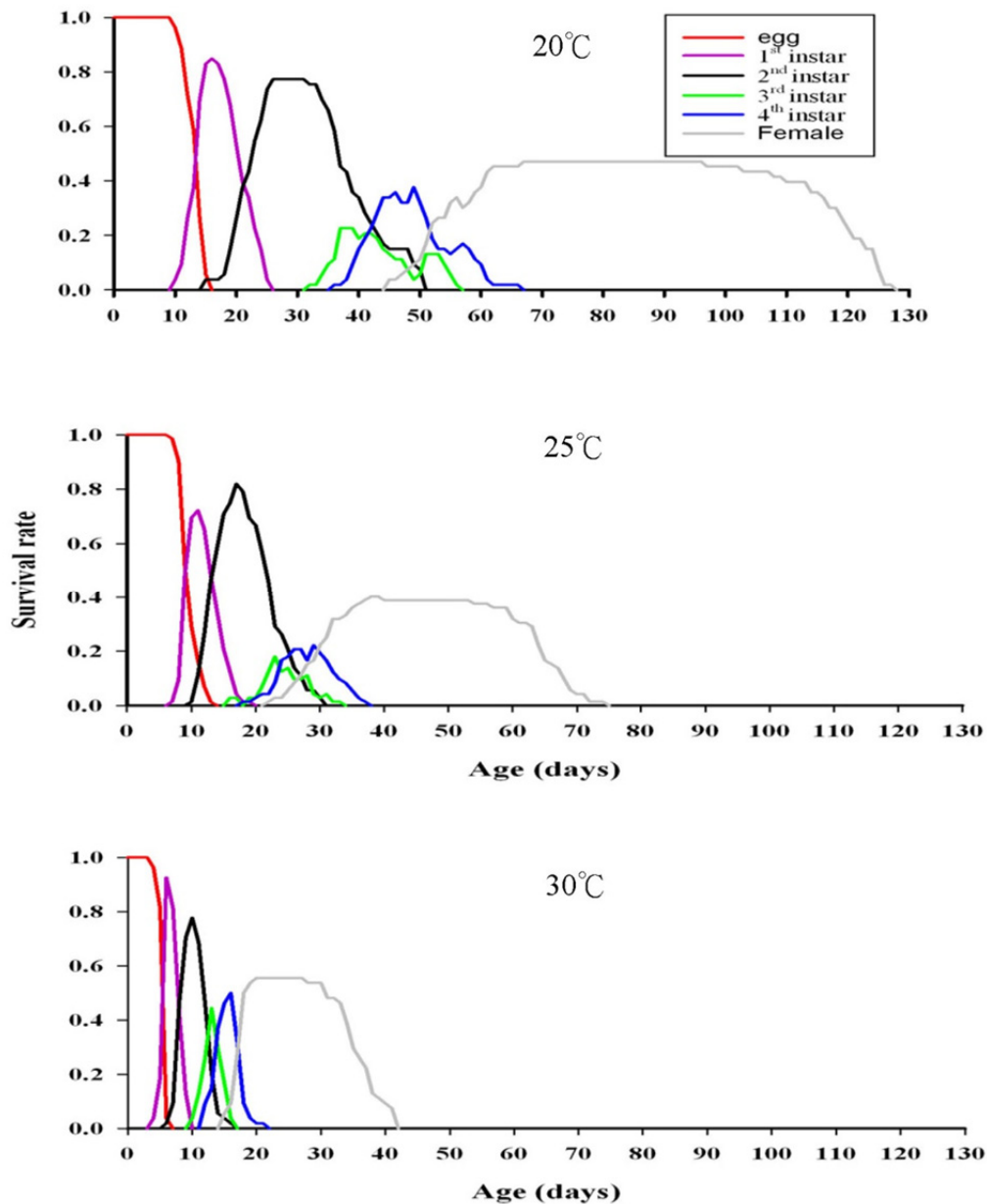
λ : Finite rate of increase. T : Mean generation time.

* SE (standard error) is estimated by using Bootstrap method.

(6.44 日) 及 30°C (5.22 日) 間具顯著性差異; 產卵期以 25°C 之 19.52 日最長, 與 20 及 25°C 間具顯著性差異; 產卵後期分別為 11.97、8.93 及 1.66 日; 雌蟲壽命以 20°C 之 52.10 日為最長, 30°C 之 18.44 日為最短, 顯示其壽命則會隨著溫度的升高而有縮短的趨勢 (表三)。每隻雌蟲每日平均產卵量以 30°C 之 1.23 粒為最高, 20°C 僅日產 0.04 粒; 每雌一生總產卵量亦以 30°C 之 24.25 粒為最多, 而 20°C 一生僅產下 3.1 粒, 二者相差近 8 倍之多, 25°C 一生則產下 10.26 粒, 經 Tukey's 檢定法分析 ($\alpha = 0.05$), 各溫度間皆具有顯著性差異, 顯示隨著溫度升高產卵量會有增加的趨勢 (表四)。

四、生命表分析及其族群介量

生長發育資料經由兩性生命表程式分析, 求得旋花微刺薊馬之各齡期齡別存活率 (L_x)、齡別繁殖率 (m_x)、繁殖淨值 (V_x)、內在增殖率 (r)、淨繁殖率 (R_0)、終極增殖率 (λ) 及一世代所需平均世代時間 (T)。由齡期齡別存活率曲線 (圖一) 可知, 旋花微刺薊馬於 20、25 和 30°C 分別在第 10、7 和 4 日之卵期及一齡若蟲期出現重疊的現象; 於 25°C 第 10 日時, 卵、一齡及二齡若蟲有重疊的現象; 於 30°C 第 10 日時其二齡及三齡若蟲有重疊的現象, 顯示隨著溫度升高各蟲期的齡期重疊更明顯, 其發育速率越快。



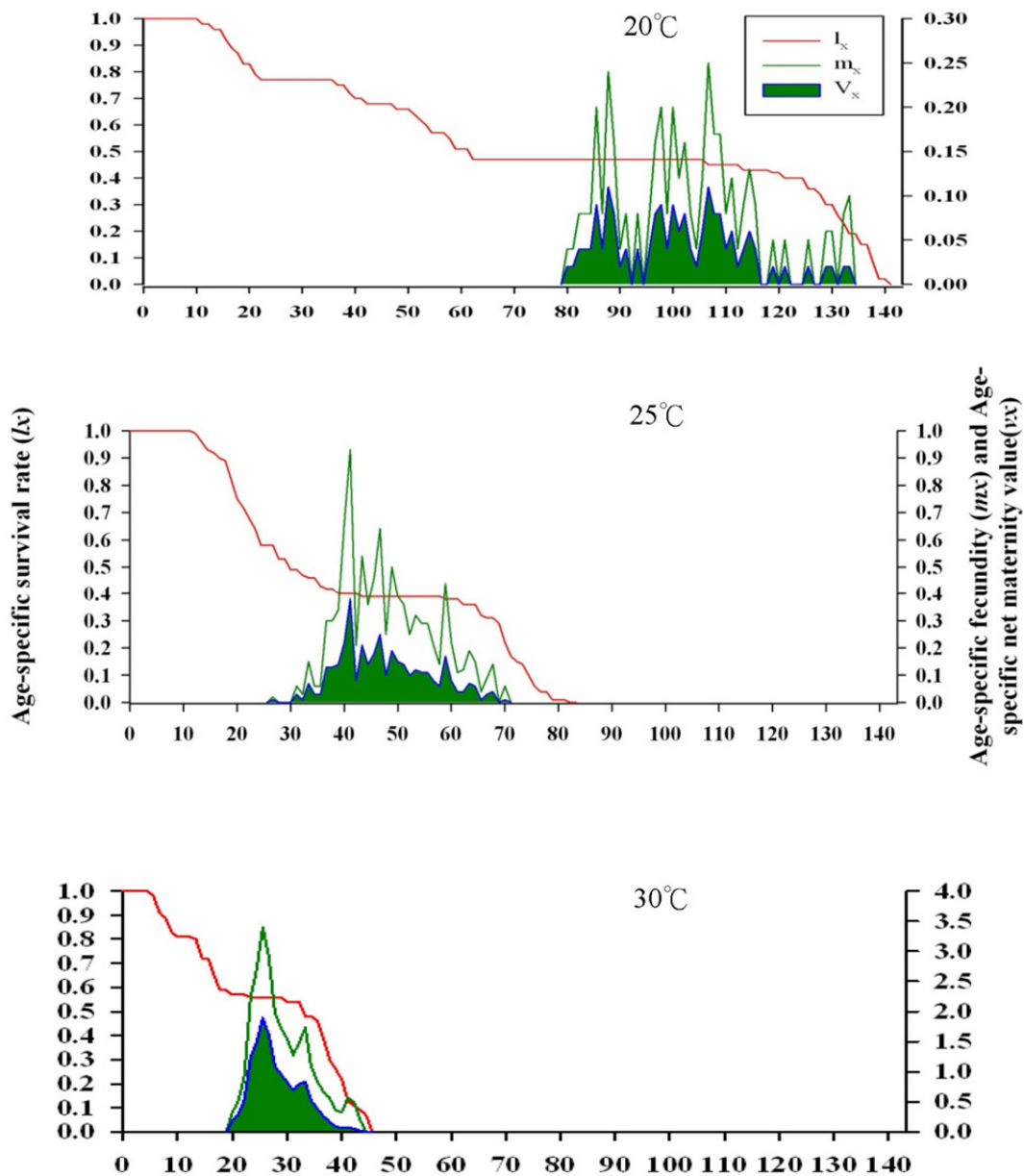
圖一 不同定溫下旋花微刺薊馬各齡期齡別存活率。

Fig. 1. Age-stage specific survival rate of *Dendrothripoides innoxius* at various constant temperatures.

由齡別存活率 (l_x) 之曲線 (圖二) 可知旋花微刺薊馬於 20、25 及 30°C 下，分別於 53、28 及 31 日達到族群半數自然死亡率；由齡別繁殖率 (m_x) 之曲線得知 20°C 下在於 73 日開始進入繁殖期，第 80 及 97 日分別達到繁殖高峰，第 121 日結束產卵；25°C 在 25 日已進入繁殖期，38 日達到繁殖高峰；當溫度升高至 30°C 時，在 19 日即已開始繁殖，22 日達到繁殖高峰，由此可知旋花微刺薊馬隨著溫度升高，其開始繁殖期、產卵高峰期均有提早的現象，但壽命則明顯縮短。由齡別存活率 (l_x) 乘於齡別繁殖 (m_x) 可以得到繁殖淨值 (V_x) 面積，以 30°C 面

積較大且集中，顯示 30°C 對其族群貢獻度較高。

30°C 定溫下旋花微刺薊馬之內在繁殖率、淨繁殖率及終極繁殖率分別為 0.0996、14.11 及 1.1047，均為各溫度之最高，而一代所需平均世代時間僅需時 26.58 日為最短，顯示隨著溫度的升高其內在繁殖率、淨繁殖率及終極繁殖率有增高的趨勢，而一代所需時間則反之，會隨著溫度升高而縮短 (表五)。



圖二 不同定溫下旋花微刺薊馬齡別存活率 (l_x)，齡別繁殖率 (m_x) 及繁殖淨值 (v_x)。

Fig. 2. Age-specific survivorship (l_x), fecundity (m_x) and net maternity value (v_x) of *Dendrothripoides innoxius* at various constant temperatures.

討 論

旋花微刺薊馬為旋花科作物上之新興害蟲 (Kudo, 1992; Cecilia, 1994; Mound and Azidah, 2009; Mirab-balou *et al.*, 2011; Tillekaratne *et al.*, 2011; Goldarazena *et al.*, 2012)，在熱帶及亞熱帶地區逐漸擴大分布，其生活史分為卵、一齡若蟲、二齡若蟲、三齡若蟲、四齡若蟲及成蟲。由本研究可知其體長會隨著齡期的增加而增長，但體寬自三齡若蟲至成蟲的差異極微。於 20、25 及 30°C 三種定溫下，其卵孵化率分別為 86.3、85.2 及 96%，

顯示旋花微刺薊馬在設施栽培之蔬菜上如溫度在此範圍內，其卵孵化率均高達 85% 以上，當食物充足時其數量勢必增加，對蔬菜之為害亦可能加遽；而小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 在 20~28 °C 定溫下取食檬果 (*Mangifera indica* Linn.) 之卵孵化率在 86.4~100% (Chen *et al.*, 2013)，與本薊馬相類似，顯示隨著溫度的升高，孵化率有增加的趨勢。但不同寄主植物飼育小黃薊馬時其卵孵化率則截然不同，Shibao (1996) 以葡萄 (*Vitis vinifera* L.) 葉飼育小黃薊馬其卵孵化率僅 42.6~50.0%，Tatara (1994) 在不同定溫以珊瑚樹

(*Viburnum odoratissimum* Ker.) 葉飼育小黃薊馬時其卵孵化率達 80% (33°C) 以上，但無法完成發育，當溫度升高至 36°C 時全部的卵均無法孵化。在 20~30°C 定溫下旋花微刺薊馬的未成熟期發育日數隨著溫度的升高而縮短，30°C 由卵發育至成蟲僅需時 17.4 日，比 20°C 快 3 倍以上；小黃薊馬無論取食印度棗 (*Ziziphus mauritiana* Lam.)、椪果或葡萄均有相類似之結果 (Tatara, 1994; Shibao, 1996; Li, 2010)；而南黃薊馬 (*Thrips palmi* Kanry) 取食茄子 (*Solanum melongena* L.) 也得到相同的結果 (Huang and Chen, 2004; Yadav and Chang, 2012)。

雌蟲產卵前期之長短與卵巢之發育有密切的關係，而卵巢之發育亦會受溫度高低之影響，因此溫度低時產卵前期較長。旋花微刺薊馬在 20°C 定溫下產卵前期長達 32.13 日，當溫度升高至 25°C 時，其產卵前期縮短至 6.44 日，與 30°C 之 5.22 日間則無顯著差異。南黃薊馬於 15 及 21°C 之產卵前期分別為 7.1 及 6.8 日 (Huang and Chen, 2004)，顯然較旋花微刺薊馬為短，也比 Wang (2012) 在 15、20、25、30°C 所觀察記錄之 37.0、10.0、6.5、3.0 日還長，顯示旋花微刺薊馬取食蔬菜需較長之產卵前期。旋花微刺薊馬在三種定溫下，每雌每日產卵量分別為 0.04、0.44 及 1.23 粒，一生總產卵量分別為 3.0、10.26 及 24.25 粒，均隨溫度之升高而增加；小黃薊馬在 20、25 及 30°C 取食印度棗之一生總產卵量介於 23~47.8 粒之間，而於 20~32°C 間取食椪果之一生總產卵量為 37.3~74.0 粒之間，顯見小黃薊馬之繁殖力高於旋花微刺薊馬，且兩者一生產卵量均隨溫度升高而增加。南黃薊馬於 15~25°C 間產卵量隨溫度升高而增加，但溫度再升高至 30°C 時產卵量反而下降 (Huang and Chen, 2004; Yadav and Chang, 2012)，溫度對南黃薊馬繁殖的影響也有相類似的結果，當溫度升高至 31°C 其產卵量呈下降現象。旋花微刺薊馬成蟲之壽命隨著溫度的升高而縮短，20°C 之壽命長達 52.1 日，而溫度升高至 30°C 時壽命僅 18.4 日，而小黃薊馬及南黃薊馬之壽命也有相似之結果，顯示旋花微刺薊馬與此二種薊馬之成蟲壽命均隨著溫度升高而有縮短之現象 (Huang and Chen, 2004; Li, 2010; Chen *et al.*, 2013)。

在族群介量估算上，旋花微刺薊馬之內在增殖率 ($r = 0.0996 \text{ day}^{-1}$)、淨繁殖率 ($R_0 = 14.11 \text{ offspring } \text{♀}^{-1}$) 及終極增殖率 ($\lambda = 1.1047 \text{ day}^{-1}$) 均以 30°C 為最高，平均世代所需時間為最短 ($T = 26.58 \text{ day}$)，顯示旋花微刺薊馬較為適應高溫環境；

而 30°C 定溫下小黃薊馬取食印度棗之內在增殖率 (0.1342 day^{-1})、淨繁殖率 ($10.5 \text{ offspring } \text{♀}^{-1}$) 及終極增殖率 (2.14 day^{-1}) 亦為最高 (Li, 2010)，但以茄葉飼育南黃薊馬之表現則有所不同，在 15~25°C 之間亦隨溫度升高而增加，當溫度再升高至 30°C 時就呈現下降之趨勢 (Huang and Chen, 2004)。從齡別存活率曲線中得知三種溫度下齡期皆有重疊的現象，隨著溫度升高重疊越明顯，顯示隨著溫度升高發育會有提早的現象；由齡別存活率 (l_x)、齡別繁殖率 (m_x) 之曲線得知於三種定溫下旋花為刺薊馬會隨著溫度的升高會提早進入繁殖期。而小黃薊馬與南黃薊馬也有相類似之趨勢 (Huang and Chen, 2004; Li, 2010; Chen *et al.*, 2013)，由此可知在 20~30°C 適溫範圍內，隨溫度之升高薊馬之發育速度增快，同時也提早進入繁殖期，進而縮短世代之時間，故對作物之為害也會趨於嚴重。本研究探討溫度對旋花微刺薊馬之生長、發育及繁殖之影響，同時以其所得生活史資料進行生命表分析，瞭解此薊馬之單位時間內之存活率、死亡率與繁殖量，更進一步估算其族群介量，此資訊未來可進一步模擬其田間族群增長模式，提供旋花微刺薊馬在田間防治適期及管理參考。

誌 謝

本研究承國立中興大學昆蟲學系 齊心教授提供兩性生命表程式，特申謝忱。感謝國立屏東科技大學農園系林文鑫助理教授於繪圖上之協助。

引用文獻

- Cecilia PR. 1994. Thysanoptera (Hexapoda) of the Philippine islands. *Raffles Bull Zool* 42: 197-198.
- Chen CZ, Liao CT, Pai KF, Wang WJ. 2006. Life cycle *Senodidea decorus* Konow (Hymenoptera: Tenthredinidae) on yam (*Dioscorea* spp.) and insecticides application trial. *Bull Taichung Dist Agric Improv Stat* 90: 51-57. (in Chinese)
- Chen YJ, Lin FC, Chiu YC, Shih HT. 2013. Effect of temperature on development and reproduction of *Scirtothrips dorsalis* Hood on mango. *J Taiwan Agric Res* 62: 351-359. (in Chinese)

- Chi H.** 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ Entomol* 17: 26-34.
- Chi H.** 2015. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis, <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MsChart.zip>.
- Chi H, Liu H.** 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull Inst Zool Academia Sinica* 24: 225-240.
- Chiu SC, Chou LY, Wu WJ.** 1978. Preliminary report on the parasitoids of lepidopterous insects of sweet potato in Taiwan. *J Agric Res China* 27: 61-66.
- Council of Agriculture.** 2014. Agricultural Statistics Yearbook. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei, Taiwan. (in Chinese)
- Goldarazena A, Gattesco F, Atencio R, Cheslavo K.** 2012. An updated checklist of the Thysanoptera of Panama with comments on host associations. *Check List* 8: 1232-1247.
- Huang LH, Chen CN.** 2004. Temperature effect on life history traits of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) on eggplant leaf. *Plant Prot Bull* 46: 99-111. (in Chinese with English Abstract)
- Huang, Y.B., Chi, H.** 2013. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): with an invalidation of the jackknife technique. *J Appl Entomol* 137: 327-339.
- Kudo I.** 1992. A new Malaysian thrips with notes on some species of *Dendrothripoides* and *Indusiothrips* (Thysanoptera, Thripidae). *Ins Matsum ns* 47: 91-101.
- Li YZ.** 2010. The population dynamic, life history and insecticide screening of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera, Thripidae). Master Theses, Pingtung: National Pingtung University of Science and Technology. 76 pp.
- Lin LY, Liou TD, Lin JN, Chen KS, Chiu M.** 2004a. Ipomea harvest seed cultivation. *Agricultural World* 254: 66-69. (in Chinese)
- Lin LY, Liou TD, Lin JN, Chen KS, Chiu M.** 2004b. Introduction of Ipomea pest and its control measures. *Agricultural World* 256: 48-51. (in Chinese)
- Liou JN, Lin LY.** 2005. Ipomoea p. 337-344. *Taiwan Agriculture Encyclopedia (crop edition-2)*. Harvest Publ Co., Taipei. (in Chinese)
- Mirab-balou M, Tong XI, Feng JN, Chen XX.** 2011. Thrips (Insecta: Thysanoptera) of China. *Check List* 7: 720-744.
- Mound LA, Azidah AA.** 2009. Species of the genus *Thrips* (Thysanoptera) from Peninsular Malaysia, with a checklist of recorded Thripidae. *Zootaxa* 2023: 55-68.
- Mound LA, Marullo R.** 1996. The Thrips of Central and South America: An Introduction. *Memoirs Entomol Internal* 6: 1-488.
- Mound LA, Ng YF.** 2009. An illustrated key to the genera of Thripinae (Thysanoptera) from South East Asia. *Zootaxa* 2265: 27-47.
- Polat Akköprü E, Atlihan R, Okut H, Chi H.** 2015. Demographic assessment of plant cultivar resistance to insect pests: A case study of the dusky-veined walnut aphid (Hemiptera: Callaphididae) on five walnut cultivars. *J Econ Entomol* 108: 378-387.
- Shibao M.** 1996. Effect of temperature on development of the chillie thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on grape. *Appl Entomol Zool* 31: 81-86.
- Shih HP.** 2000a. Pests control of water spinach (1). Taoyuan Dist Agric Res Ext. Stat Newsletter 33: 14-17. (in Chinese)
- Shih HP.** 2000b. Pests control of water spinach (2). Taoyuan Dist Agric Res Ext. Stat Newsletter 34: 14-16. (in Chinese)
- Tatara A.** 1994. Effect of temperature and host plant on the development, fertility and longevity of *Scirtothrips dorsalis* Hood

(Thysanoptera: Thripidae). Appl Entomol Zool 29: 31-37.

Tillekaratne K, Edirisinghe JP, Gunatilleke CVS, Karunaratne WAIP. 2011. Survey of thrips in Sri Lanka: A checklist of thrips species, their distribution and host plants. Ceylon J Sci (Bio. Sci.) 40: 89-108.

Wang CL. 1994. Thysanoptera of Taiwan (2). J Agric Res China 43: 228-259.

Wang CL. 2012. Thrips of Taiwan: Biology and Taxonomy (2nd ed.). Special Publication of TARI No. 99 472 pp. Taichung. (in Chinese) <http://ir.tari.gov.tw:8080/bitstream/345210000/5330/2/no99all-1.pdf>

Yadav R, Chang NT. 2012. Temperature-dependent development and life table parameters of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) on eggplant. Appl Entomol Zool 47: 301-310.

Yang DC. 2005. Study of incidences and control of major pests on yam, *Dioscorea* spp. in Hualien area. Bull Hualien Dist Agric Improv Stat 23: 25-29. (in Chinese)

Yang YP, Liu HY, Shih BL, Lu SY. 1999. Manual of Taiwan vascular plants. Vol. 4. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei, 432 pp. (in Chinese)

Temperature Dependence of the Life Table of *Dendrothripoides innoxius* (Karny) (Thysanoptera: Thripidae) on Water Spinach

Wen-Hua Chen, Pei-Chun Wang, and Tsui-Ying Chang*

Department of plant medicine, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

* Corresponding email: tychang@mail.npust.edu.tw

Received: 18 February 2016 Accepted: 9 June 2016 Available online: 31 August 2016

ABSTRACT

Dendrothripoides innoxius (Karny) (Thysanoptera: Thripidae) has become an important pest in Taiwan on Convolvulaceae crops such as sweet potato and water spinach, which are mainly distributed in tropical and subtropical regions. This study investigated the life history of *Dendrothripoides innoxius* on water spinach. At three constant temperatures (20, 25 and 30°C) under $70 \pm 10\%$ RH and a 12L:12D photoperiod. 86.3, 85.2 and 96% of the eggs hatched, respectively. The entire developmental period was 54.1 days at 20°C and it was only 17.4 days at 30°C. The developmental period shortened as the temperature increased. A female could produce at most an average of 1.23 eggs per day at 30°C and a maximum of 24.25 eggs over the entire oviposition period at 30°C. At 30°C, the intrinsic rate of increase (r) was 0.0996 day^{-1} , the net reproductive rate (R_0) was 14.11 offspring, the finite rate of increase (λ) was 1.1047 day^{-1} , and the mean generation time (T) was 26.58 days. The results obtained in this study could be used to simulate a population growth model in the field, and provide information for developing an IPM strategy to control *Dendrothripoides innoxius*.

Key words: *Dendrothripoides innoxius*, life table, water spinach, population parameter