

棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之族群介量¹

余志儒^{2,4} 陳炳輝³

摘要

余志儒、陳炳輝。2010。棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之族群介量。台灣農業研究 60:1-10。

本試驗在4個定溫(15、20、25及30°C)下研究棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)取食甜瓜秋香品種(*Cucumis melo* L. cv. Autumn Favor)的族群介量。自出生至開始產子(非生殖期)在不同溫度的發育速率呈直線關係。30°C之發育最快也是此蟲期的發育最適溫。發育臨界低溫為2.22°C、有效積溫為143.05 degree-day。內在增殖率(r)與終極增殖率(λ)在20、25及30°C三個溫度之間無顯著差異,分別介於0.350-0.323 d⁻¹與1.419-1.381 d⁻¹。其中30°C下的淨增殖率(R_0)低於20與25°C。故棉蚜的族群增長最適溫應在20-30°C之間。

關鍵詞:棉蚜、甜瓜、生命表、族群介量、溫度。

前言

棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)廣佈於全世界,寄主植物範圍亦相當廣泛,在台灣已記錄者至少就有34科84種(Tao 1990),其中不乏葫蘆科、茄科、桃金娘科、桑科、芸香科、薔薇科等重要經濟農作物,是世界性的害蟲。其危害,除直接吸食植物汁液外,所分泌的蜜露會引發煤煙病,影響光合作用,同時也是植物病毒病的媒介昆蟲,造成寄主植物的生長不良,甚至死亡(Chang *et al.* 1987; Chan *et al.* 1991; Toper Kaygin *et al.* 2008)。棉蚜生活史短,繁殖力強,農作物生產期間若遭入侵,將對農作物的產量與品質形成重大損害。

掌握適當防治時機是害蟲防治重要的一

環,而適當時機的掌握有賴於對該害蟲族群動態的瞭解。生命表是族群生態學的基礎,相關理論與研究方法許多文獻中皆有討論(Birch 1948; Price 1997; Ricklefs & Miller 1999; Matis *et al.* 2008)。其內涵包括了發育、存活與繁殖等資訊,可以表現族群的質與量的發展潛能。而利用蟲齡-蟲期之兩性生命表(age-stage, two-sex life table)來評估害蟲族群,可以很正確而有理論基礎(Chi & Liu 1985; Chi 1988)。所得的資訊有助於害蟲族群動態的預估(McCornack *et al.* 2004)與防治時機的掌控(Chi 1990)。

甜瓜(*Cucumis melo* L.)在台灣地區幾乎全年都有栽植。依據統計,2009年栽植面積達3101 ha,年總產量約4萬公噸(Council of

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2445號。接受日期:99年12月27日。

2. 本所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

3. 行政院農業委員會技監。台灣 台北市。

4. 通訊作者:電子郵件:jzyu@tari.gov.tw;傳真機:(04)23317600。

Agriculture, Executive Yuan 2010)。棉蚜是甜瓜的主要害蟲之一，自發芽至採收完成都可能發現其蹤跡，欲達有效防治，可利用其溫度依變的生命表介量模擬防治規劃。雖然 Yu *et al.* (1997) 曾比較棉蚜在不同甜瓜品種上之生物學表現，但猶缺生命表資料。然而，棉蚜的發育與繁殖會因寄主植物、環境條件的不同而有差異 (Komazaki 1982; Liu & Perng 1987; Akey & Butler 1989; Aldyhim & Khalil 1993; Kocourek *et al.* 1994; van Steenis & El-Khawass 1995; Satar *et al.* 1998, 1999; Perng 2002)，引用其族群介量時必須謹慎。環境條件中，溫度是直接而且敏銳的關鍵影響因子之一 (Campbell *et al.* 1974)。本試驗即以甜瓜為寄主植物，測量棉蚜在不同定溫下的生命表介量，提供防治規劃之參考。

材料與方法

甜瓜栽植：用購自農友種子公司的甜瓜秋香品種 (Autumn Favor) 做為棉蚜之寄主植物。甜瓜播種於穴植盤置於恆溫生長箱中育苗，溫度為 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度 $75\% \pm 10\%$ ，光照週期 14 : 10 小時 (L : D)。瓜苗的第一片真葉完全展開時即移植於 6 吋塑膠植鉢內繼續栽培，俟生長有 10 片以上完全展開的真葉時即供作棉蚜的寄主植物。上述甜瓜育苗與植鉢用之栽種介質皆為 Potgrond H (Klasmann-Deilmann GmbH, Germany)，每日 1 次以水溶性複合肥料 (N : P : K = 20 : 20 : 20, The Scotts Co., USA) 的 1000 倍水稀釋液補充水份與肥份。

棉蚜飼養：棉蚜於 1992 年採自彰化縣秋香品種的甜瓜田，其後於養蟲室以相同甜瓜品種進行飼養，飼養方法如 Yu *et al.* (1997) 所述。將前述甜瓜植鉢置入 60 cm × 120 cm × 90 cm 的養蟲箱內進行族群之建立與維持。溫度約為 25–30°C，相對濕度為 $80\% \pm 15\%$ ，光照週期 14 : 10 小時 (L : D)。

族群介量研究：本試驗於 2007 年 10–12 月進行。當甜瓜生長至 10 片以上真葉展開時，每株選取較完整的葉片 7–8 片供試。用羊毫小楷毛筆挑取前述飼養所得之無翅型成蟲 3–5 隻，置於 clip-cage 內，並固定於葉片背面 (Yu *et al.* 1997)，每葉片 1 個 clip-cage。隨即移入 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 生長箱中。共接 50 葉片，經 24 小時後，各 clip-cage 僅留 1 隻子代蚜，移除 clip-cage 及其餘蚜蟲。每日記錄蚜蟲存活與產子數，有產子者每日移至新葉片上繼續取食產子，直至死亡。族群之齡別存活率 [age specific survival rate (l_x)] 與齡別生殖率 [age specific fecundity (m_x)] 可由計算式 (1) 與 (2) 算得 (Chi & Liu 1985)。式中 s_{xj} 與 f_{jx} 分別是蟲齡—蟲期別存活率 [(age-stage specific survival rate)] 與蟲齡—蟲期別生殖率 (age-stage specific fecundity)， x 為蟲齡 (age)，起始蟲齡為 0， j 為蟲期 (stage)， k 指齡期數。本試驗將棉蚜的蟲期以產子首日為界，分為非生殖期 (non-reproductive stage) 與生殖期 (reproductive stage)，故 $k = 2$ 。

$$l_x = \sum_{j=1}^k s_{xj} \quad (1)$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k s_{xj} f_{jx}}{\sum_{j=1}^k s_{xj}} \quad (2)$$

另分別於 15、20 及 30°C 的生長箱中進行相同試驗。相對濕度與光照週期與 25°C 相同。

族群介量分析：依據 Arnold (1959) 與 Campbell *et al.* (1974) 之方法，將棉蚜在各溫度 (x) 下完成非生殖期發育所需天數 (d) 轉換成發育速率 y ($y = 1/d$)，以直線迴歸 (linear regression) 估算發育速率隨溫度之變化， $y = bx + a$ ，並計算發育臨界低溫 (T_0 , the lower developmental threshold) 與有效積溫 (K , thermal summation)， $T_0 = -a/b$ ， $K = 1/b$ (Sokal & Rohlf 1995)。

另將所記錄的發育與繁殖率資料依據齡-期兩性生命表 (age-stage, two-sex life table) 理論 (Chi & Liu 1985; Chi 1988)，利用 TWOSEX-MSChart (<http://140.120.197.173>) 計算生命表介量，包括淨增殖率 (R_0 , net reproductive rate)、內在增殖率 (r , intrinsic rate of natural increase)、終極增殖率 (λ , finite rate of increase)、平均世代時間 (T , mean generation time)。各計算公式如下：

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad (3)$$

$$\lambda = e^r \quad (4)$$

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \quad (5)$$

$$T = \frac{\ln(R_0)}{r} \quad (6)$$

統計分析：利用 Jackknife 法 (Meyer *et al.* 1986) 估量 TWOSEX-MSChart 所得生命表各介量的平均值 (mean) 及其標準差 (standard error of mean, SEM)。

結 果

棉蚜在甜瓜葉上完成未成熟期發育所需時間隨溫度升高而減短，15、20、25 及 30°C 下分別為 12.4、7.2、6.5 及 5.2 日，各溫度之間有顯

著差異 (表 1)。發育速率與溫度的直線迴歸，迴歸式為 $y = 0.00699x - 0.01552$ ，其中 y 為發育速率， x 為溫度，決定係數 $R^2 = 0.9468$ (圖 1)、發育臨界低溫約為 2.22°C、有效積溫約為 143.05 度日 (degree-day)。

未成熟期的存活率在各溫度下分別為 50、78、100 及 90%，以 25°C 最高，其次為 30°C，15°C 最低；生殖期的壽命分別為 31.8、23.9、19.0 及 7.2 日，隨溫度升高而減短；每雌一生總產子數分別為 80.1、78.6、66.5 及 9.6 隻，30°C 的最少 (表 1)。

圖 2 為棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之存活率曲線 (l_x)，非生殖期與生殖期有蟲期重疊現象。圖 3 為蟲齡別生殖率 (m_x) 與雌蟲齡別淨生殖率 ($l_x m_x$)，開始生殖的蟲齡分別為 9、6、5、4 日齡，以 30°C 的最早。表 2 是棉蚜不同溫度下的生命表介量。內在增殖率 (r) 與終極增殖率 (λ) 皆以 15°C 的 0.184 與 1.201 d^{-1} 最低，其餘 3 個溫度分別為 0.350、0.334、0.323 d^{-1} 與 1.419、1.297、1.281 d^{-1} 。淨增殖率 (R_0) 則以 30°C 的 8.7 offspring 最低，其次為 15°C，20 與 25°C 最高，分別有 61.3 與 66.5 offspring。平均世代時間 (T) 以 15°C 的 20.1 日最長，長於 20 與 25°C 的 11.8 與 12.6 日，而以 30°C 的 6.7 日最短。

表 1. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之生育前期的發育所需時間與存活率生育期的壽命與產子數

Table 1. Development time, survival rate, longevity and fecundity of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures

| Temperature (°C) | Non-reproductive stage | | Reproductive stage | |
|------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Development time (d) | Survival rate (%) | Longevity (d) | Fecundity (No. offspring/♀) |
| 15 | 12.40 ± 0.41 a ^z | 50 | 31.8 ± 3.5 a | 80.1 ± 6.3 a |
| 20 | 7.15 ± 0.16 b | 78 | 23.9 ± 2.1 b | 78.6 ± 6.0 a |
| 25 | 6.48 ± 0.12 c | 100 | 19.0 ± 0.7 c | 66.5 ± 4.7 a |
| 30 | 5.20 ± 0.10 d | 90 | 7.2 ± 0.5 d | 9.6 ± 1.1 b |

^z Values are mean ± se. Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

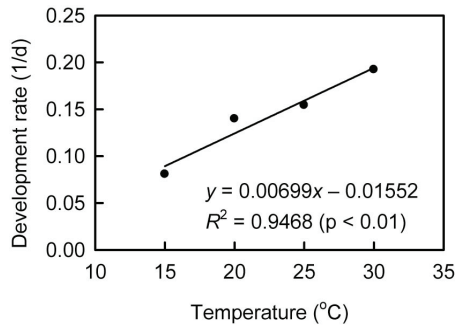


圖 1. 棉蚜生殖前期取食甜瓜之發育速率與溫度 (15–30°C) 之直線迴歸。由迴歸式 $y = 0.00699x - 0.01552$ 算得發育臨界低溫與有效積溫分別為 2.22°C 與 143.05 degree-day。

Fig. 1. The linear regression of development rates of *Aphis gossypii* non-reproductive stage fed on *Cucumis melo* vs. temperature (15–30°C). The lower threshold temperature and the thermal summation was 2.22°C and 143.05 degree-day, respectively, computed from $y = 0.00699x - 0.01552$.

討 論

本試驗棉蚜在甜瓜秋香品種上 25°C 下的非生殖期發育所需時間為 6.5 日，比 Yu *et al.* (1997) 的 5.5 日稍長，但後者成蟲期壽命與繁殖率分別為 7.0 日與 31.75 offspring，比本試驗的 19.0 日與 66.5 offspring 低。此可能與棉蚜在室內以該甜瓜品種累代飼養的時間不同有關，Ye *et al.* (1997) 為自田間採回後經飼養 40 日後便進行試驗，本試驗延用其族群，而於 2007 年進行。

棉蚜發育與溫度呈依變關係 (圖 1)。於 15–30°C 溫度範圍，自出生至產第一隻子代所需的時間隨所處溫度之升高而減短，從 15°C 的 12.4 日減至 30°C 的 5.2 日 (表 1)。以 30°C 下的發育最快，存活率亦達 90%，是為本發育最適

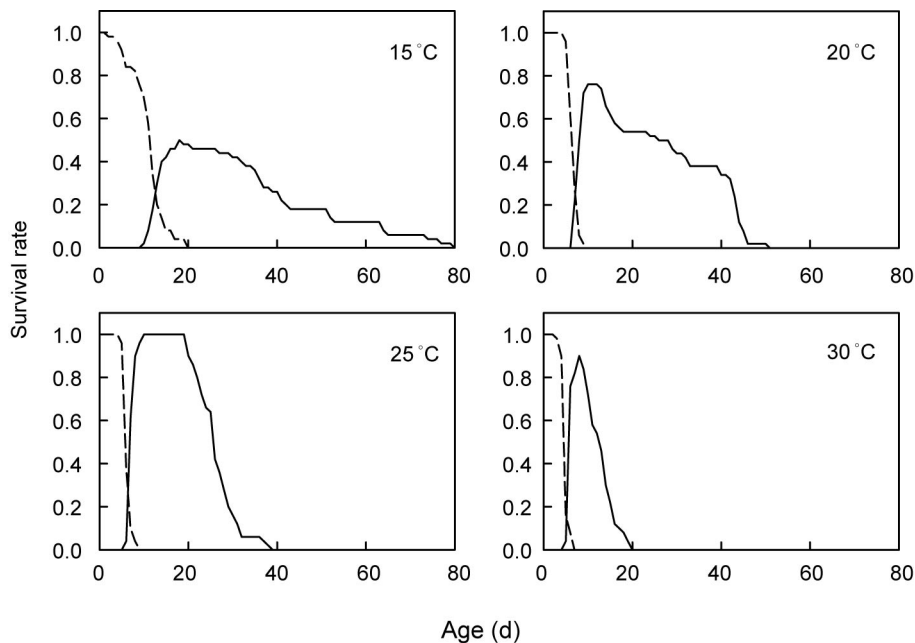


圖 2. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之存活率 (l_x)。

Fig. 2. Survival rate (l_x) of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures. ----- non-reproductive stage; ——— reproductive stage

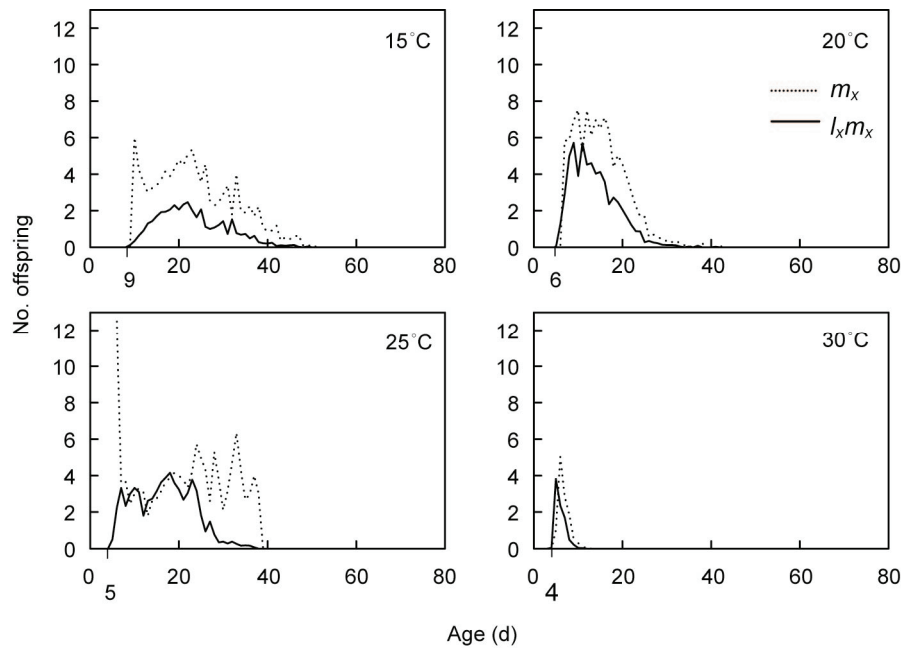


圖 3. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之齡別生殖率 (m_x) 與雌蟲齡別淨生殖率 ($l_x m_x$)。15、20、25 及 30°C 下開始生殖的蟲齡分別為第 9、6、5 及 4 日。

Fig. 3. The age specific fecundity (m_x) and age specific net maternity ($l_x m_x$) of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures. The onset of reproduction occurred on age 9, 6, 5, and 4 day at 15, 20, 25 and 30°C, respectively.

表 2. 棉蚜在 4 個定溫下取食甜瓜之生命表介量

Table 2. The life table parameters of *Aphis gossypii* fed on *Cucumis melo* at four constant temperatures

| Temperature (°C) | Parameter ^z | | | |
|------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | R_0 | r | λ | T (d) |
| 15 | 40.0 ± 6.5 b ^y | 0.184 ± 0.010 b | 1.201 ± 0.012 b | 20.1 ± 0.6 a |
| 20 | 61.3 ± 6.6 a | 0.350 ± 0.011 a | 1.419 ± 0.016 a | 11.8 ± 0.3 b |
| 25 | 66.5 ± 4.7 a | 0.334 ± 0.010 a | 1.397 ± 0.014 a | 12.6 ± 0.3 b |
| 30 | 8.7 ± 1.1 c | 0.323 ± 0.020 a | 1.381 ± 0.027 a | 6.7 ± 0.1 c |

^z R_0 , net reproductive rate; r , intrinsic rate of increase; λ , finite rate of natural increase; T , mean generation time.

^y The mean ± se estimated by the Jackknife method, and means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

溫 (the optimal temperature for development)。許多文獻指出棉蚜在不同寄主植物上也有類似的溫度依變關係。例如在棉花 (*Gossypium hirsutum* L.) 葉上, 棉蚜完成未成熟期發育所須的時間在 15–30°C 需 12.0–4.5 日 (Kersting *et al.*

1999); 在胡瓜 (*C. sativa*) 葉上, Satar *et al.* (2005) 測得由 15–32.5°C 需 10.8–4.1 日, Zamani *et al.* (2006) 則測得從 10–30°C 需 20.70–3.81 日, 並據此而認為棉蚜的發育最適溫分別為 30°C; 27.5–32.5°C、30°C。

發育臨界低溫為假設不同溫度下之發育速率呈直線時發育速率為 0 時的溫度，並未考慮昆蟲在低溫時有滯育現象，其所利用外插法推算的發育臨界低溫都只是參考值，不宜過份強調其意義。本試驗測試的溫度範圍為 15°C 至 30°C，棉蚜非生殖期的存活率 $\geq 50\%$ (表 1)，皆非致死溫度，且內在增殖率 (r) 皆 > 0 (表 2)。在此溫度範圍內，直線迴歸的決定係數 (R^2) 達 0.9468 (圖 3)，顯示適用直線迴歸。利用其迴歸式計算得棉蚜非生殖期的發育臨界低溫為 2.22°C，自出生至生子所需的有效積溫為 143.05 度日 (圖 1)。Kocourek *et al.* (1994) 亦曾以自出生至開始產子的發育速率為基礎測得棉蚜在胡瓜上分別為 5.8°C 與 113.6 度日，但與未成熟期 (immature stage) 為基礎算得的 6.9°C 與 90.1 度日有異。此顯示蟲期 (stage) 的含蓋範圍不同，會影響該蟲期發育時間與溫度的依變關係，而得到不同的發育臨界低溫。

蟲齡-蟲期之兩性生育表的精神主要在納入個體間發育速率的差異與雄性在族群中的地位。雖然棉蚜屬孤雌產雌生殖，親代與子代皆為雌性，而將雌雄比視為 1:0，仍可利用兩性生命表來運算生命表介量，並基於族群在蟲齡-蟲期穩定分佈 (stable age-stage distribution) 的狀態下闡釋這些介量。淨增殖率 (R_0) 為一個同生族群中每個個體能繁衍的子代個體數，其所需時間稱為平均世代時間 (mean generation time, T) [計算式 (4) 與 (6)]。依據 Yang & Chi (2006)、Tsai & Chi (2007) 等所述，淨增率 (R_0) 與繁殖率 [每雌能繁衍的子代個體數 (fecundity, F)] 的關係為 $R_0 = F(N_f/N)$ ，其中 N 為試驗起始時的總蟲數， N_f 為雌成蟲數， N_f/N 即為雌性成蟲前期的存活率。本試驗棉蚜的繁殖率在 15、20、25°C 溫度之間無顯著差異 (表 1)，但淨增殖率在 15°C 時卻比另 2 個溫度的低 (表 2)，確實是受雌蟲存活率較低 (表 1) 的影響。

內在增殖率 (r) 是重要的族群介量，由計算式 (3) 推算而得，其內涵包括族群中個體的存活率、發育時間、壽命、生殖力等訊息，有助於族群增長潛能的模擬或預測 (Birch 1948; Chi 1990; Roy *et al.* 2003)。Liu & Perng (1987) 曾調查棉蚜取食葫蘆瓜葉的族群動態，認為在 25°C 下最初 10 天族群密度接近指數增長 (exponential growth)。本試驗結果，15°C 下棉蚜的內在增殖率最低，淨增殖率 (R_0) 卻比 30°C 的顯著較高 (表 2)，雖然非生殖期的存活率比較低，但因為有較長的生殖期壽命 (表 1、圖 3) 以累積其增殖率，也延長了平均世代時間 (T)。此結果表示棉蚜取食甜瓜可在 15°C 下以較緩的增殖率達到高密度族群。其他 3 個溫度的 r 以 20°C 稍高，但三者之間差異不顯著 (表 2)。其中 30°C 下開始生殖的蟲齡最年輕 (圖 3)，但因為生殖期壽命最短、每雌產子數也最少 (表 1)，使得 R_0 顯著最低。由圖 3 中的雌蟲齡別生殖率 ($l_x m_x$) 即明顯可看出受影響的 R_0 。由以上結果顯示，棉蚜取食甜瓜 (秋香品種) 葉的族群增長最適溫 (optimal temperature) 應該在 20–30°C 之間。

影響棉蚜在族群介量的表現，除了溫度、光照週期 (Aldyhim & Khalil 1993) 等非生物因子之外，生物也是重要影響因子，其中的寄主植物就是常被討論的部份。與 Yu *et al.* (1997) 在相同甜瓜品種上的結果相較，除若蟲期的發育所需時間較接近外。成蟲期壽命與產子數皆比本試驗的結果少。此可能所用的棉蚜在室內用該甜瓜品種累代飼養的時間不同有關，Yu *et al.* (1997) 為用自田間採回後經飼養 40 日後的棉蚜，本試驗為延用其經 10 多年累代飼養的族群。在其他葫蘆科植物上，棉蚜表現最高 r 的溫度不盡相同。例如 Aldyhim & Khalil (1993) 測得棉蚜在南瓜 (*Cucubita pepo* L. var. Clarita) 上的 r 以 25°C 的 0.496 d^{-1} 為最高，20°C 居次，再次為 30°C，分別為 0.263、0.251 d^{-1} 。Van

Steenis & El-Khawass (1995) 與 Zamani *et al.* (2006) 分別以胡瓜 (*C. sativa*) 的 Sporu 與 Negin 品種為棉蚜的寄主植物時，其 r 亦皆以在 25°C 的最高，但 30°C 居次，再次為 20°C，前者分別為 0.556、0.510、0.426 d⁻¹，後者分別為 0.419、0.363、0.325 d⁻¹。固然不同種的寄主植物會影響棉蚜在族群介量的表現 (Satar *et al.* 1999; Du *et al.* 2004; Hao & Liu 2009)，即使是同一種，在不同品種 (系) 上也會有不同的表現。例如，Yu *et al.* (1997) 比較棉蚜在 3 個甜瓜品種 (TN 8、TN 9 及秋香) 上的發育與生殖力呈現顯著差異，而將此 3 個品種分屬感、抗及中抗品種。Klingler *et al.* (1998) 比較抗蚜與感蚜甜瓜品種 (AR 5 與 PMR 5) 上棉蚜的族群增長表現也是有差異。Garzo (2002) 也測得棉蚜在抗性甜瓜品種的內在增殖率顯著比對照的感性品種低。Van Steenis & El-Khawass (1995) 比較棉蚜取食 Sporu 與 Aramon 二個胡瓜品種時的生活史，指出取食前者的 r 比取食後者的高出 15%。因此，在引用生命表介量做不同族群間的比較或用於族群豐度動態的模擬與預測時，非生物因子與生物因子的影響都須詳加考量，使生命表的參考應用更能確切地發揮。

結 論

蟲齡-蟲期之兩性生命表 (age-stage, two-sex life table) 因有納入個體間發育速率的差異與雄性在族群中的地位等考量，用來描述或預估害蟲族群的發展，可以更具理論基礎。但生命表介量會受生物或非生物因子的影響而有不同的表現，除了文獻上已指出的寄主植物、地域性以及溫度、濕度、光週期的環境條件等因子之外，本試驗亦驗證棉蚜在同一種寄主植物上持續飼養的時間不同，也會影響其部份族群介量的呈現，足見引用時務必審慎。

誌 謝

本研究承中興大學昆蟲學系齊心教授提供兩性生命表分析程式 (TWOSEX-MSChart) 的使用權與使用方法，並指正統計的應用與分析，由衷感謝。本所應用動物組同仁溫美貞、葉玉惠、張秀瑜、李思慧小姐等，協助棉蚜的飼養及其寄主植物的栽培等試驗相關工作，使本文得以順利完成，在此一併致謝。

引用文獻 (Literature cited)

- Akey, D. H. and G. G. Jr. Butler. 1989. Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*. *Southwest Entomol.* 14:295–299.
- Aldyhim, Y. N. and A. F. Khalil. 1993. Influence of temperature and daylength on population development of *Aphis gossypii* on *Cucurbita pepo*. *Entomol. Exp. Appl.* 67:167–172.
- Arnold, C. Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Am. Soc. Hort. Sci.* 74:430–445.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.* 17:15–26.
- Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierrez, and M. Makauer. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11:431–438.
- Chan, C. K., A. R. Forbes, and D. A. Raworth. 1991. Aphid-Transmitted Viruses and Their Vectors of the World. *Agric. Can. Res. Branch Tech. Bull.* 1991-3E. 216 pp.
- Chang, Y. M., C. H. Hsiao, W. Z. Yang, S. H. Hseu, Y. J. Chao, and C. H. Huang. 1987. The occurrence and distribution of five cucurbit viruses on melon and watermelon in Taiwan. *J. Agric. Res. China* 36: 389–397. (in Chinese with English abstract)
- Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ. Entomol.* 17:26–34.
- Chi, H. 1990. Timing of control based on the stage structure of pest population: a simulation approach. *J. Econ. Entomol.* 83:1143–1150.

- Chi, H. and H. Liu. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Acad. Sin. Bull. Inst. Zool.* 24:225–240.
- Council of Agriculture, Executive Yuan. 2010. Cantaloupes. p. 70–71. *in: Agricultural Statistics Yearbook 2009.* Council of Agriculture, Executive Yuan Pub. ROC.
- Du, L., F. Ge, S. Zhu, and M. N. Parajulee. 2004. Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Econ. Entomol.* 97:1278–1283.
- Garzo, E., C. Soria, M. L. Gómez-Guillamón, and A. Fereres. 2002. Feeding behavior of *Aphis gossypii* on resistant accessions of different melon genotypes (*Cucumis melo*). *Phytoparasitica* 30:1–12.
- Hao, H. H. and Y. C. Liu. 2009. The population parameters of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, on three host plants at various constant temperatures. *Formosan Entomol.* 29:239–249. (in Chinese with English abstract)
- Kersting, U., S. Satar, and N. Uygün. 1999. Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. *J. Appl. Entomol.* 123:23–27.
- Klingler, J., G. Powell, G. A. Thompson, and R. Isaacs. 1998. Phloem specific aphid resistance in *Cucumis melo* line AR5: effects on feeding behaviour and performance of *Aphis gossypii*. *Entomol. Exp. Appl.* 86:79–88.
- Kocourek, F., J. Havelka, J. Bera' nkova, and V. Jarosik. 1994. Effect of temperature on development rate and intrinsic rate of increase of *Aphis gossypii* reared on greenhouse cucumbers. *Entomol. Exp. Appl.* 71:59–64.
- Komazaki, S. 1982. Effects of constant temperature on population growth of three aphid species, *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy), *Aphis citricola* van der Goot and *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on citrus. *Appl. Entomol. Zool.* 17:75–81.
- Liu, Y. C. and J. J. Perng. 1987. Population growth and temperature dependent effect of cotton aphid *Aphis gossypii* Glover. *Chin. J. Entomol.* 7:95–112. (in Chinese with English abstract)
- Matis, J. H., T. R. Kiffe, T. I. Matis, J. A. Jackman, W. E. Grant, and H. Singh. 2008. On the use of growth rate parameters for projecting population sizes: Application to aphids. *Ecol. Modelling* 213:133–142.
- McCornack, B. P., D. W. Ragsdale, and R. C. Venette. 2004. Demography of soybean aphid (Hom., Aphididae) at summer temperatures. *J. Econ. Entomol.* 97:854–861.
- 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* 67:1156–1166.
- Perng, J. J. 2002. Life history traits of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on four widely distributed weeds. *J. Appl. Entomol.* 126:97–100.
- Price, P. W. 1997. *Insect Ecology.* 3rd ed. Wiley. New York. 874 pp.
- Ricklefs, R. E. and G. L. Miller. 1999. *Ecology.* 4th ed. W. H. Freeman. New York. 896 pp.
- Roy, M., J. Brodeur, and C. Cloutier. 2003. Effect of temperature on intrinsic rates of natural increase (r_m) of a coccinellid and its spider mite prey. *BioControl* 48:57–72.
- Satar, S., U. Kersting, and N. Uygün. 1998. Effect of different citrus host plants and temperatures on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Turk. Entomol. Derg.* 22:187–197.
- Satar, S., U. Kersting, and N. Uygün. 1999. Development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on three Malvaceae hosts. *Turk. J. Agric. For.* 23:637–643.
- Satar, S., U. Kersting, and N. Uygün. 2005. Effect of temperature on development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber. *J. Pest Sci.* 78:133–137.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry.* 3rd ed. W. H. Freeman. San Francisco, CA. 887 pp.
- Tao, C. C. 1990. *Aphis gossypii* Glover. p.176-177. *in: Aphid-Fauna of Taiwan Province, China.* (Tao, C. C., ed.). Taiwan museum. (in Chinese)
- Toper Kaygin, A., G. Görür, and F. Çota. 2008. Contribution to aphid (Homoptera: Aphididae) species damaging on woody plants in Bartın, Türkiye. *Int. Nat. Eng. Sci.* 2:83–96.

- Tsai, T. J. and H. Chi. 2007. Temperature-dependent demography of *Supella longipalpa* (Blattodea: Blattellidae). *J. Med. Entomol.* 44:772–778.
- van Steenis, M. J. and K. A. M. H. El-Khawass. 1995. Life history of *Aphis gossypii* on cucumber: influence of temperature, host plant and parasitism. *Entomol. Exp. Appl.* 76:121–131.
- Yang, T. C. and H. Chi. 2006. Life table and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. *J. Econ. Entomol.* 99: 691–698.
- Yu, J. Z., Y. C. Liu, and B. H. Chen. 1997. Resistance of three muskmelon cultivars to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Chinese J. Entomol.* 17:245–256. (in Chinese with English abstract)
- Zamani, A. A., A. A. Talebi, Y. Fathipour, and V. Baniamiri. 2006. Effect of temperature on biology and population growth parameters of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) on greenhouse cucumber. *J. Appl. Entomol.* 130:453–460.

Population Parameters of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) Fed on Melon at Different Temperature¹

Jih-Zu Yu^{2,4} and Bing-Huei Chen³

Abstract

Yu, J. Z. and B. H. Chen. 2010. Population parameters of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) fed on melon at different temperature. J. Taiwan Agric. Res. 60:1–10.

The population parameters of *Aphis gossypii* Glover on *Cucumis melo* L. cv. Autumn Favor leaf were estimated at four constant temperatures (15, 20, 25 and 30°C). Temperature-dependent of development rate from birth to the onset of reproduction (non-reproductive stage) fitted a linear regression, and with 30°C as the optimal temperature for development. The lower threshold temperature and thermal summation was 2.22°C and 143.05 degree days, respectively. No difference existed in the intrinsic (r) and finite (λ) rate of natural increase at 20, 25, 30°C, ranging 0.350–0.323 d⁻¹ and 1.419–1.381 d⁻¹, respectively. Therefore, the optimal temperature for its population growth should be in 20–30°C. However, the net reproductive rate (R_0) and time taken for double mass of a population (DT) at 30°C were lower than those at both 20 and 25°C.

Key words: *Aphis gossypii*, *Cucumis melo*, Life table, Population parameter, Temperature.

1. Contribution No. 2445 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture.
Accepted: December 27, 2010.

2. Assistant Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Counselor, Council of Agriculture, Taipei, Taiwan, ROC.

4. Corresponding author, e-mail: jzyu@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.