

柑橘鳳蝶幼蟲之食葉量

歐陽盛芝¹、游書萍²、陳素瓊^{2*}

¹ 國立臺灣博物館

² 國立宜蘭大學園藝學系

摘要

本研究柑橘鳳蝶 (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus) (鱗翅目：鳳蝶科) 幼蟲的食葉量。在網室內採集試驗當日產下的柑橘鳳蝶卵粒，置於在 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $80 \pm 5\% \text{RH}$ ，光週期 14L：10D 條件的恆溫生長箱中，卵孵化後幼蟲以酸橘 (*Citrus sunki*) 葉片單隻飼育，試驗結果得知，幼蟲食葉量會隨著齡期增長而增加，幼蟲食葉量以第一齡幼蟲的 0.35 cm^2 (佔 0.23%) 為最小，第五齡幼蟲的 122.53 cm^2 (佔 80.38%) 為最大，第五齡幼蟲食葉量為第一齡的 350 倍，幼蟲期的總食葉量平均為 $152.43 \pm 7.11 \text{ cm}^2$ 。各齡幼蟲的食葉量常用對數隨齡期增長而呈直線迴歸關係增加，且大致隨齡期以 0.6076 倍呈等比增長。各齡期幼蟲的取食速率以第一齡幼蟲的 $0.09 \text{ cm}^2/\text{day}$ 最慢，第五齡幼蟲的 $4.49 \text{ cm}^2/\text{day}$ 最快，取食速率隨齡期增長而增加，且各齡期幼蟲的取食速率常用對數和齡期間呈直線迴歸關係。

關鍵詞：柑橘鳳蝶、食葉量、取食速率、酸橘

*通訊作者。E-mail: scchen@niu.edu.tw

Larval Leaf Consumption of Chinese Yellow Swallowtail (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus)

Sheng-Chih Ou-Yang¹, Shu-Ping You², and Su-Chiung Chen^{2*}

¹National Taiwan Museum

²Department of Horticulture, National Ilan University

Abstract

This paper studied leaf consumption of each larval instar of Chinese yellow swallowtail, *Papilio xuthus xuthus* Linnaeus. Eggs of Chinese yellow swallowtail were collected from the host plant in the net house and placed in the growth chamber with conditions of $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $80 \pm 5\%$ RH, and in a photoperiod of 14 hr light and 10 hr darkness. The newly hatching larvae were individually reared on leaves of *Citrus sunki* for investigation of larval leaf consumption. Results showed that the increment of larval leaf consumption were in accordance with the increase in larval instar stage. The smallest leaf consumption was 0.35 cm^2 (0.23%) of the first instar larval stage. And the greatest leaf consumption was 122.53 cm^2 (80.38%) which occurred at the fifth instar larval stage. Furthermore, leaf consumption of the fifth instar larva divided by the first instar larva was 350 times. The total leaf areas consumed was $152.43 \pm 7.11 \text{ cm}^2$ in average during larval stage. A linear regression relationship was existed between the common logarithms of leaf consumption and the larval instar stages. The increment of the common logarithms of leaf consumption was in accordance with the increase in the larval instar stage, and it maintained a ratio of 0.6076 times. The slowest leaf consumption rate was $0.09 \text{ cm}^2/\text{day}$ of the first instar larval stage. Relatively, the fastest was $4.49 \text{ cm}^2/\text{day}$ of the fifth instar larval stage. Leaf consumption rate increased as the larval instar stages grew. A linear regression relationship was existed between the common logarithms of leaf consumption rate and the larval instar stages.

Keywords: *Papilio xuthus xuthus* Linnaeus, leaf consumption, leaf consumption rate, *Citrus sunki*.

*Corresponding author. E-mail: scchen@niu.edu.tw

壹、前言

柑橘鳳蝶 (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus) 為中小型的鱗翅目 (Lepidoptera) 鳳蝶科 (Papilionidae) 蝴蝶，分布範圍很廣，除了臺灣外，還包括日本、韓國、中國各地、海南島、緬甸北部、菲律賓呂宋島、印度、越南、馬來西亞、寮國、關島等 (陳，1974；易，1985；李和張，1988；蕭，1992；張和蔡，1993；楊等，1994；李和王，1995；趙和王，1996；1997；何，1997；白和王，1998；徐，2002)。本種主要分布於平地到 2,500 公尺山區 (李和王，1995；白和王，1998)，以平地至 1,000 公尺左右的山區較多 (張和蔡，1993)，常見於臺灣本島中北部 (何和張，1998)，南部較少，也分布於金門、馬祖地區、綠島、蘭嶼 (陳，1974；李和王，1995) 及臺東的低海拔山區，但數量皆不多 (趙和方，2002)。

臺灣全年可見到柑橘鳳蝶成蝶及各蟲期 (徐，2002)，成蝶發生期為 3-11 月 (白和王，1998；何和張，1998)。幼蟲寄主植物包括芸香科 (Rutaceae) 的柑橘屬 (*Citrus*)、黃蘗屬 (*Phellodendron*)、花椒屬 (*Zanthoxylum*) (含已改為崖椒亞屬的崖椒屬 *Fagara*)、臭辣樹屬 (*Tetradium*)、飛龍掌血屬 (*Toddalia*) 等 5 個屬植物 (陳，1988；蕭，1992；Honda and Hayashi, 1995；白等，1996；趙和王，1996；何，1997；白和王，1998；李和王，1999；遲和嚴，2001；徐，2003；林，2005；沈，2005)。

由於許多種柑橘屬植物為人工大量栽植的經濟性果樹，因此幼蟲的寄主植物相對容易取得，但以往本種也屬經濟害蟲之一，農民為提高果實產量和增加經濟收益多加以防治。但近年來國人已普遍有自然生態保育和生物多樣性觀念，因此許多休閒觀光產業會刻意種植蝴蝶的寄主植物和蜜源植物，吸引蝴蝶族群前來訪花吸蜜和自然繁殖，進而推廣賞蝶活動，使柑橘鳳蝶搖身一變成為被保護或復育繁殖的觀賞蝴蝶。

雖然有關本種幼蟲的食葉量在日本的研究報告曾被提及，重點卻是探討柑橘鳳蝶存在日本的小型春季型 (spring-form) 和大型夏季型 (summer-form) 之季節雙態型 (seasonal dimorphism) 原因，Tanaka and Tsubaki (1984) 試驗結果認為本種幼蟲期受光週期的強烈影響，短日照誘發蛹滯育和春季型成蝶，長日照則產生非滯育蛹和夏季型成蝶。這種體型差異源自短日照時會消耗較少食物 (食葉量較低) 和滯育蛹需要較長蛹期才會羽化，得耗費較多能量並流失較多蛹重等兩個重要原因，因此幼蟲期的食葉量較少和蛹期較長導致成蝶體型較小。然而在臺灣有關本種的學術性基礎生物學研究較少，尤其缺乏與人工飼養技術有關的幼蟲食葉量資料，因此本研究針對柑橘鳳蝶幼蟲食葉量和取食速率，

以便建立本種生物學基本資料，並概估以人工飼育時所需準備的寄主植物葉片數量，以達最佳飼養效益，日後運用於休閒觀光產業或教學研究領域。

貳、材料與方法

一、供試蟲源及飼養方法

採用游等（2017）相同方式，即自宜蘭縣龍潭國小採集柑橘鳳蝶（*P. xuthus xuthus* Linnaeus）雌、雄蝶各 8 隻，攜回國立宜蘭大學，放入以鍍鋅管搭建外覆百吉網的簡易網室（長 6.1 m、寬 2.5 m、高 1.9 m）中，網室內栽種四季橘（金桔，*C. microcarpa*）、酸橘（酸桔，*C. sunki*）、金棗（*Fortunella margarita*）、賊仔樹（*Tetradium glabrifolium*）及食茱萸（*Zanthoxylum ailanthoides*）等幼蟲寄主植物，並放入日日春（*Catharanthus roseus*）、非洲鳳仙花（*Impatiens wallerana*）、馬纓丹（*Lantana camara*）、繁星花（*Pentstemon lanceolate*）、長穗木（*Stachytarpheta jamaicensis*）等成蟲蜜源植物及樟樹（*Cinnamomum camphora*）等植株，供成蝶活動、吸蜜、求偶、交配、產卵、停棲及遮陰避雨等用途。

每日以目視法檢查網室內的寄主植物葉片，收集此蝶產卵之葉片帶回實驗室處理，葉柄以含水棉花裹住，然後放於圓形飼育盒（盒口直徑 9.2 cm、底部直徑 8 cm、高 5.88 cm、容量 250 cc），盒蓋以針刺小孔，利於盒內通風，每飼育盒 20 粒卵。每日以毛筆將剛孵化幼蟲移至前述飼育盒內飼養，且更換新鮮酸橘葉片和清除幼蟲糞便，待幼蟲發育至三齡後，再移入透明壓克力飼育箱（30 x 30 x 30 cm），飼養至羽化為成蝶，每飼育箱飼養 30 隻幼蟲。當成蝶羽化即放入簡易網室內交配產卵，俟供試蟲源飼養繁殖至第三代時即可進行後續試驗。

二、各齡期幼蟲的食葉量和取食速率

先從宜蘭縣青果合作社購買 50 株酸橘（*C. sunki*）實生苗，種植在 10 吋盆鉢中並置放室外，每日澆水，間隔 1-2 週，以花寶稀釋噴施一次，待植株生長至高約 120 cm（約 50-80 片葉片）即可供試驗用。

試驗前須檢查供試的酸橘盆栽植株葉片，確無蟲卵、幼蟲及蜘蛛等生物並摘除不良葉片後，再將酸橘盆栽搬入網室內供柑橘鳳蝶雌蝶產卵，採集此蝶當日再酸橘葉片上的卵共 54 粒卵攜回實驗室，將葉柄以含水棉花裹住，放置於前述圓形透明飼育盒中並貼上標籤區辨，再移至 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $80 \pm 5\% \text{RH}$ ，光週期 14L：10D（5：00 開燈，19：00 關燈）條件的生長箱中，待卵孵化再置於較大透明圓型飼育盒（盒口直徑 11 cm、底部直徑 9 cm、高 8 cm、容量約 500 cc）中單隻飼養，盒外標註產卵、孵化日期及編號，每日

更換新鮮酸橘葉片並清理飼養容器。本試驗供試蟲：分別為一齡幼蟲為 34 隻，二至四齡幼蟲為 33 隻及五齡幼蟲為 32 隻。

食葉量的測定方法係參考陳和歐陽（2005）之方法，每日從供試酸橘植株採摘厚薄相近的葉片，先將葉片的形狀以鉛筆描繪於方格紙，再用含水棉花包住葉柄以保持葉片新鮮後餵食幼蟲，隔日更換新鮮葉片，取出已餵食的葉片，依相同方式在相對應的葉片方格紙上以鉛筆再描繪被取食的部分，完成該葉片取食紙樣，然後用剪刀剪下被食的紙樣，再以葉面積測定儀（Delta-T Devices Area Measurement System：MODEL LI-3100 AREA METER；LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska USA.）測量被食葉片紙樣面積，得到各供試幼蟲每日的食葉量，再依據每隻幼蟲蛻皮時間記錄，可得到供試幼蟲各齡期的食葉量；並以直線迴歸分析各齡期幼蟲食葉量與齡期間的相關性，然後將各齡期幼蟲的食葉量除以食葉量總和，計算食葉量百分比而得到各齡期幼蟲的食葉量分布。此外，根據李等（2011）方法，將各齡期幼蟲食葉量除以該齡期幼蟲的發育日數（數據取自游等，2017），算出各齡期幼蟲的取食速率，再用直線迴歸分析各齡期幼蟲取食速率與齡期間的相關性。

參、結果與討論

一、各齡期幼蟲的食葉量

柑橘鳳蝶飼養於 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $80 \pm 5\%RH$ ，14L：10D 的恆溫條件下，第一齡至第五齡幼蟲取食酸橘葉片的面積結果如表 1。顯示各齡幼蟲的食葉量依序分別為 0.35 ± 0.05 、 2.19 ± 0.29 、 6.05 ± 0.58 、 21.31 ± 1.19 及 $122.53 \pm 6.48 \text{ cm}^2$ ，從卵孵化為第一齡幼蟲開始取食至化蛹羽化成蟲、完成一個世代，需要取食 152.43 cm^2 酸橘葉片。幼蟲隨著齡期增加其食葉量增加，尤其是末齡（第五齡末）幼蟲的食葉量增加最多達 $122.53 \pm 6.48 \text{ cm}^2$ ，經換算得知第五齡幼蟲之食葉量為第一齡幼蟲的 350 倍。

陳和歐陽（2007）在室溫（ $25-32^\circ\text{C}$ ）條件下，以酸橘葉片飼養玉帶鳳蝶（*Papilio polytes pasikrates* Fruhstorfer），第五齡幼蟲之食葉量為 $139.24 \pm 4.28 \text{ cm}^2$ 較第一齡幼蟲之 $1.36 \pm 0.38 \text{ cm}^2$ 高，達 102 倍；鄭和陳（2007）在 25°C 條件下以菲律賓饅頭果（*Glochidion philippicum* (Cav.) C. B. Rob.）葉片飼養白三線蝶（*Athya perius perius*），第五齡幼蟲食葉量 $258.6 \pm 46.6 \text{ cm}^2$ 較第一齡幼蟲 $0.6 \pm 0.1 \text{ cm}^2$ 高，達 431 倍，此兩者文獻均與本試驗結果有相同趨勢。

以直線迴歸分析各齡期幼蟲的食葉量常用對數 (Y) 和齡期 (X) 之關係如圖 1，得到 $Y = -1.0063 + 0.6076 X$ ($R^2 = 0.9908^{**}$) 的直線迴歸方程式，相關係數的平方 (R^2) 為 0.9908，經 t 測驗 (t -test) 分析結果存在極顯著之正相關關係 ($p < 0.01$)，故確實存在此迴歸直線關係，表示柑橘鳳蝶各齡幼蟲的食葉量常用對數確隨齡期增加而呈直線關係增加，且大致隨齡期以 0.6076 倍呈等比增長。

表1. 柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的食葉量

Table 1. Leaf consumption of each instar larvae of *Papilio xuthus xuthus*

Larval stage	$n^{1)}$	Leaf consumption area (mean \pm SE, cm ²) of each larval stage
1st instar larva	34	0.35 \pm 0.05
2nd instar larva	33	2.19 \pm 0.29
3rd instar larva	33	6.05 \pm 0.58
4th instar larva	33	21.31 \pm 1.19
5th instar larva	32	122.53 \pm 6.48
Total	32	152.43 \pm 7.11

1)n is the number of observed.

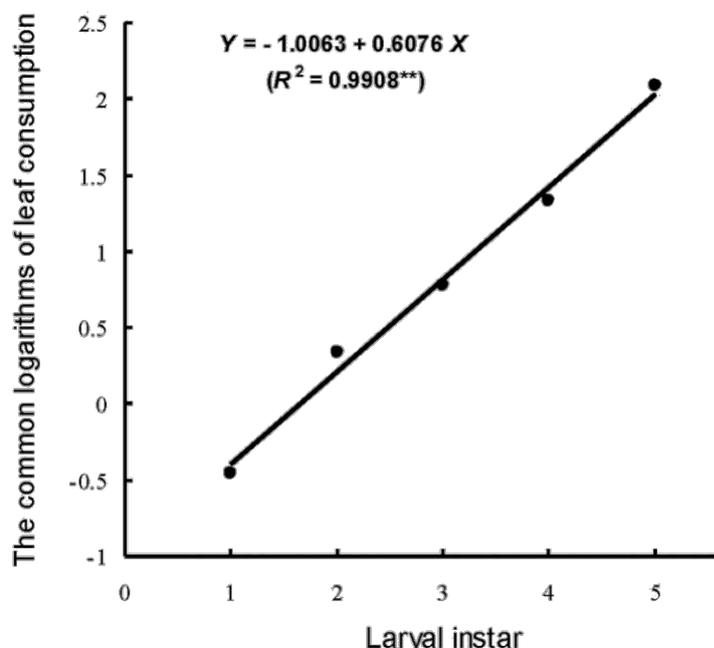


圖 1. 柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的食葉量常用對數 (Y) 和齡期 (X) 之關係。

Fig. 1. The relationship between the common logarithms of leaf consumption of larval stage and each instar larvae of *Papilio xuthus xuthus*.

表 1 的幼蟲總食葉量平均 152.43 cm^2 雖近似各齡期食葉量總和 152.44 cm^2 ，仍有些微誤差需校正，故將每一齡幼蟲的食葉量分別除以幼蟲期食葉量總和計算食葉量百分比，據此得到本種各齡期幼蟲的食葉量分布（圖 2）。本種自第一齡至第五齡幼蟲的食葉量百分比依序各為 0.23、1.44、3.97、13.98 及 80.38%，由此可知，第一齡幼蟲的食葉量非常低，僅佔總食葉量的 0.23%，食葉量百分比隨齡期增加而增大，至第五齡幼蟲的食葉量最高達 80.38%；即使將第一至第三齡幼蟲的食葉量加總僅佔 5.64%，最後兩齡幼蟲的食葉量則佔幼蟲期食葉量總和的 94.36%，表示在柑橘鳳蝶，第四齡和第五齡幼蟲時，會消耗大量的寄主植物葉片，當攝取足夠的營養後，才會化蛹羽化為成蝶。

昆蟲的幼蟲期在生長發育過程中是相當重要的取食階段，由圖 2 得知，雖然第一齡幼蟲的食葉量只佔 0.23% 的極低比例，卻奠定生長發育最重要的基礎，若營養不良可能會使體型變小、延長發育期、或增加蛻皮次數，甚至導致死亡。第五齡幼蟲的食葉量達到八成總食葉量，不僅是相當重要的取食階段，也是幼蟲得到所需營養的最後機會，直接影響後續蛹和成蟲的發育，故人工飼養時應提供足夠的寄主植物葉片。依據陳和歐陽（2007）在室內飼育玉帶鳳蝶幼蟲，測量 40 片酸橘葉片的食葉量為 $17.63 \pm 0.72 \text{ cm}^2$ ，本次試驗結果亦以酸橘葉片餵食柑橘鳳蝶幼蟲總食葉量為 152.43 cm^2 ，所以若要飼養 1 隻柑橘鳳蝶至少需要 8.65 片葉片，假如要飼養 50 隻柑橘鳳蝶，則必須準備超過 432 片酸橘葉片，才足以供應本種幼蟲生長發育至成蝶。

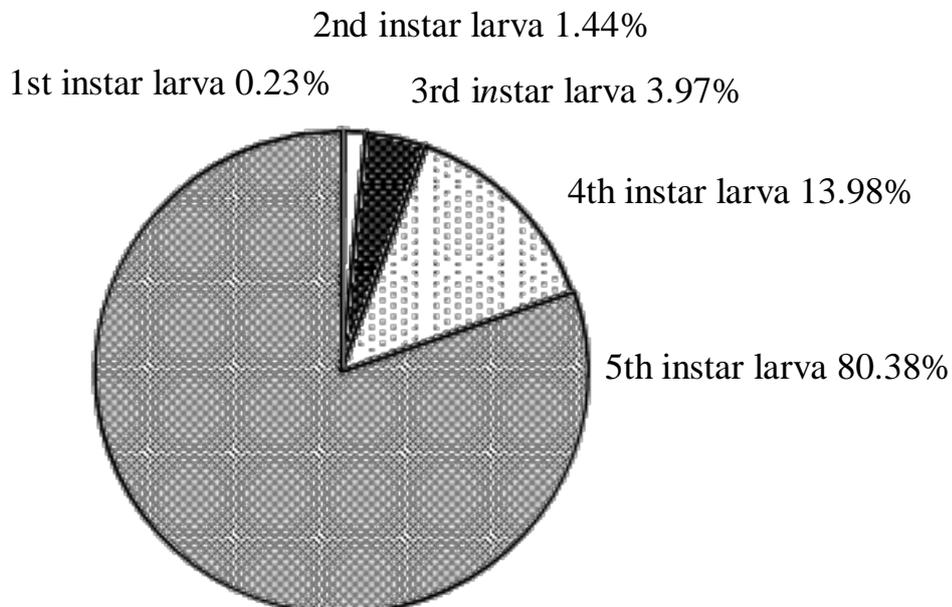


圖 2. 柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的食葉量分布（食葉量百分比是由各齡期幼蟲的食葉量除以食葉量總和）。

Fig. 2. Distribution of leaf consumption of each instar larvae of *Papilio xuthus xuthu* (Percentage of leaf consumption is leaf consumption of each larval stage divided by sum of leaf consumption).

考量本種剛孵化一齡幼蟲僅能吃幼嫩葉片，幼蟲取食時並非每片葉片都吃完，而是會剩下一些葉片、葉脈就改吃其他新鮮完整葉片，因此大量飼育時必須多估算約 4-5 倍的葉片量，相當於至少要為每隻幼蟲準備 35-43 片葉片，而本試驗採用每株酸橘盆栽含約 50-80 片葉片，若忽略植株長出的新葉，一株酸橘盆栽只能勉強供應約 2 隻柑橘鳳蝶完成其生活史，若想飼養 500 隻柑橘鳳蝶幼蟲，至少需要準備 250 株酸橘盆栽才夠，並且必須依幼蟲實際存活率來估算最後羽化的成蝶數量。故在大量飼養此蝶時，可依所需成蝶數量，按飼育時程反推所要準備的寄主植物量。

二、各齡期幼蟲的取食速率

柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的取食速率，係依據李等（2011），採取游等（2017）餵食酸橘所得第一齡至第五齡幼蟲的發育日數，分別為 3.82 ± 0.18 、 4.21 ± 0.26 、 4.33 ± 0.11 、 5.09 ± 0.16 及 8.84 ± 0.39 日，幼蟲期的發育日數平均 27.31 ± 0.62 日。將本試驗各齡期幼蟲食葉量(表 1)除以相同齡期幼蟲的發育日數，計算各齡期幼蟲的取食速率如圖 3。自第一齡至第五齡幼蟲的取食速率依序為 0.09、0.52、1.40、4.19 及 4.49 cm^2/day ，幼蟲期的平均取食速率為 5.58 cm^2/day 。由此可知，柑橘鳳蝶幼蟲的取食速率以第一齡幼蟲最慢，末齡（第五齡）幼蟲最快，其取食速率隨著齡期增長而增加；其中第五齡幼蟲的取食速率，分別為第一齡至第四齡幼蟲的 49.89、8.63、3.21 及 1.07 倍。因此，大量飼育時可據此結果，由飼養幼蟲齡期和數量較精確推估每日所需準備的寄主植物葉片量。

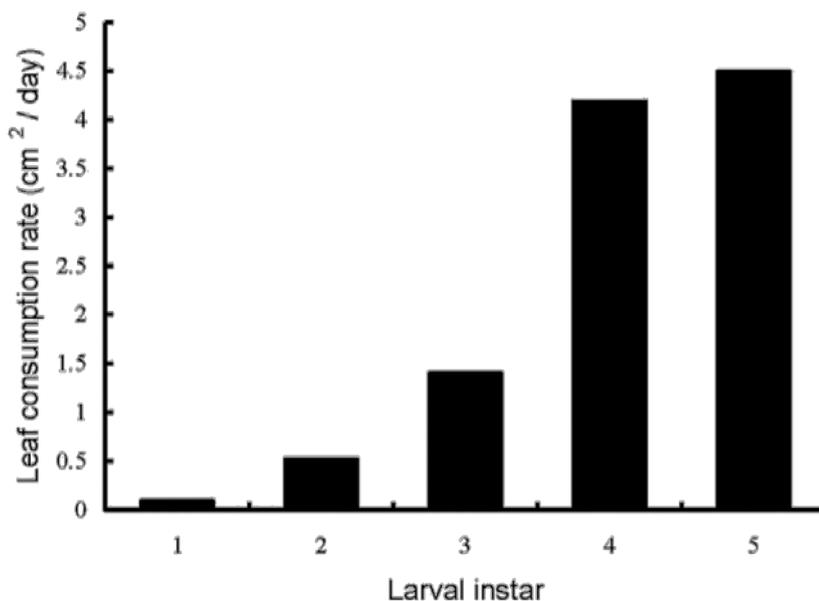


圖 3. 柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的取食速率。

Fig. 3. Leaf consumption rate of each instar larvae of *Papilio xuthus xuthus*.

以直線迴歸分析柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的取食速率常用對數 (Y) 和齡期 (X) 之關係，結果如圖 4，得到 $Y = -1.2725 + 0.4302 X$ ($R^2 = 0.9224^{**}$) 的直線迴歸方程式，相關係數的平方 (R^2) 為 0.9224，經 t 測驗分析得知存在極顯著之正相關關係 ($p \ll 0.01$)，表示柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的取食速率常用對數確隨齡期增加而呈直線關係增加，且大致隨齡期以 0.4302 倍呈等比增長。

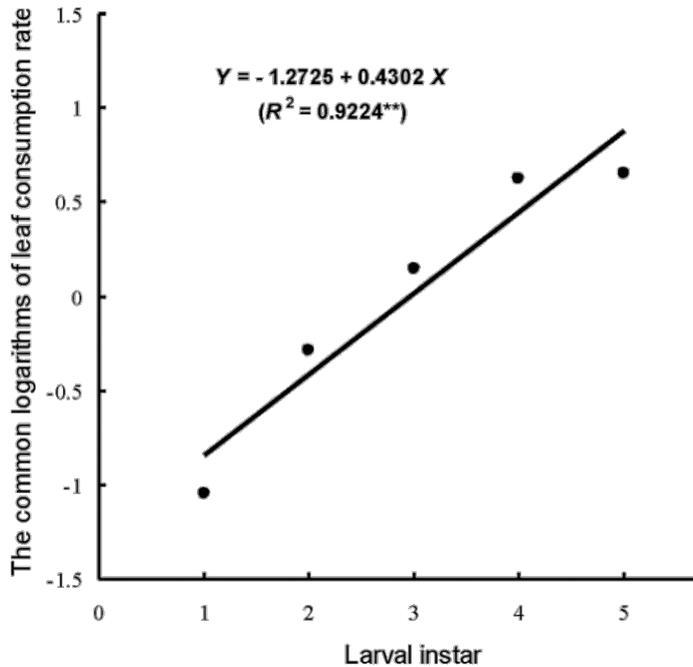


圖 4. 柑橘鳳蝶各齡期幼蟲的取食速率常用對數 (Y) 和齡期 (X) 之關係。

Fig. 4. The relationship between the common logarithms of leaf consumption rate of larval stage and each instar larvae of *Papilio xuthus xuthus*.

昆蟲食性的形成既是適應的結果，也是演化的結果 (朱及古，2000)。昆蟲的取食量可反映其寄主偏好性和營養效應，但昆蟲的取食機制很複雜，由幾種不同部分組合而成的活動，每一部分均藉著專一神經通道的特異刺激所觸發和調節，在具咀嚼式口器的種類中包括咬、吞嚥及食物在消化道某些部分的暫時儲存經過；若停止取食，一般是吃飽的反映，是蟲體內部的抑制作用，飢餓則有取消這種抑制作用的效應 (欽，1980)。

Martin and Van't Hof (1988) 報導幼蟲的水分來源是食物，從代謝獲得水分的貢獻不大；雖然大量水分會因蒸散作用而喪失，但流失水分的主要途徑是排便。鄒 (1980) 指出在蝶蛾類幼蟲體內有 90-92% 含水量，而體內水分來源為寄主植物葉片。Scriber (1977) 以不同含水量的野黑櫻 (*Prunus serotina*) 葉片飼養刻克羅普斯蠶蛾 (*Hyalophora cecropia*) 結果，顯示取食含水量低葉片的幼蟲生長緩慢且利用植物生物量、能量及氮

的效率均較低，又認為相對濕度低時，葉片含水量可能會限制幼蟲的生長。Martin and Van't Hof (1988) 使用不同含水量的人工飼料飼養菸草天蛾 (*Manduca sexta*) 幼蟲，得知低含水量的飼料會限制蟲體合成新的水合組織 (hydrated tissue)，造成生長和消化食物轉換效率皆降低。因此本試驗供試用的酸橘葉片，均是當天採摘自活體植株新鮮葉片，且葉柄以含水棉花包覆，除避免葉片水分快速流失萎縮外，可維持柑橘鳳蝶幼蟲取食期間的葉片新鮮度。

事實上，以人工飼養柑橘鳳蝶，需要種植大量寄主植物，以供幼蟲之生長發育所需，且須持續累代飼育，才能維持此蝶種族群之繁衍，再釋放於休閒農場或觀光蝶園，而營造出蝶群訪花飛舞的悠然美景。因此，除了栽種易搬移此蝶的寄主植物盆栽外，建議在果園廣植半天然的柑橘類寄主植物，採用非農藥資材管理，以維持果園的此蝶數量與水果產量，除降低此蝶飼養成本外，所生產的水果亦能自用或販售增加收入，兼可為民眾提供環境教育和生態教學的場所，提昇產業收益。

肆、結論

柑橘鳳蝶為植食性昆蟲，雌、雄蝶交配後便開始尋找寄主植物產卵繁殖，卵孵化後幼蟲便開始取食寄主植物嫩芽或葉片直到化蛹，羽化為成蝶。

近年來，以人為方式飼養繁殖各種蝴蝶已漸普及化，最簡單的就是在住家種植蜜源植物和寄主植物盆栽，吸引野外活動的蝴蝶主動前來訪花吸蜜及產卵，孵化後幼蟲直接取食寄主植物，再經過各蟲期的生長發育完成其生活史，一般人可經由實際觀察而獲得各種蝶類的生物及生態等相關知識。當應用於休閒觀光產業時，得克服野外的季節性氣候變化，以及各種捕食和寄生性天敵的侵襲，以及網室或野外都要有充裕的寄主植物，才能長期維持蝴蝶族群數量，相對的成本效益亦須評估才能永續經營，因此有關蝴蝶的飼養繁殖技術就成為重要議題。

本研究得知，柑橘鳳蝶幼蟲的食葉量和取食速率均隨著齡期增長而增加，完成一個世代需要消耗 152.43 cm² 的酸橘葉片，以此估算一盆酸橘盆栽只能勉強約 2 隻此蝶完成其生活史。對遊客而言，若能看到的蝴蝶數量和種類愈多就會愈滿意，喜好昆蟲者更希望能觀察到蝴蝶各蟲期的發育階段。因此，業者為了大量飼育此蝶種，可依實際需求而調整栽培寄主植物的數量，甚至透過教育訓練和志工的解說，發展為兼具教育和休閒觀光的景點，不僅可提高柑橘鳳蝶的族群數量，同時亦增加其生存棲地。

參考文獻

- 白九維、王效岳。1998。臺灣的鳳蝶與中國大陸種類的綜述。pp. 159-164。淑馨出版社。臺北。臺灣。
- 白九維、王效岳、陳小鈺。1996。中國珍稀與觀賞蝴蝶(I): 鳳蝶科、絹蝶科。pp. 115-117。淑馨出版社。臺北。臺灣。
- 朱麟、古德祥。2000。昆蟲對植物次生性物質的適應策略。生態學 雜誌 19: 36-45。
- 李俊延、王效岳。1995。臺灣蝴蝶圖說(三): 金門馬祖蝴蝶和臺灣地區蝴蝶之綜述。pp. 65-68。臺灣省立博物館。臺北。臺灣。
- 李俊延、王效岳。1999。蝴蝶花園。pp. 43-46。宜蘭縣自然史教育館。宜蘭。臺灣。
- 李俊延、張玉珍。1988。臺灣蝶類圖說。pp. 27-28。臺灣省立博物館。臺北。臺灣。
- 李家慧、盧庭啟、楊群芳、王慧。2011。紅珠鳳蝶小斑亞種幼蟲的生物學特性。中國農學通報 27: 203-206。
- 何健鎔。1997。烏石坑地區蝴蝶資源。p. 43。臺灣省特有生物研究保育中心。南投。臺灣。
- 何健鎔、張連浩。1998。南瀛彩蝶。pp. 59-60。臺南縣政府暨臺灣省特有生物研究保育中心。臺南。臺灣。
- 沈秀雀。2005。認識誘蝶植物。自然保育季刊 51: 17-24。
- 林春吉。2005。彩蝶生態全記錄。pp. 184-203。綠世界出版社。宜蘭。臺灣。
- 易希陶。1985。經濟昆蟲學(下篇各論)。pp. 213-214。國立編譯館，臺北，臺灣。
- 徐公天。2003。園林植物病蟲害防治原色圖譜。pp. 311-312。中國農業出版社。北京。中國。
- 徐堉峰。2002。臺灣蝶圖鑑第二卷。pp. 82-85。國立鳳凰谷鳥園。南投。臺灣。
- 張保信、蔡百峻。1993。臺灣的蝴蝶世界。p. 43。渡假出版社。臺北。臺灣。
- 陳昭明。1988。植物保護。pp. 379-380。五洲出版社。臺北。臺灣。
- 陳素瓊、歐陽盛芝。2005。大鳳蝶 (*Papilio memnon heronus* Fruhstorfer) 的生活史。國立臺灣博物館學刊 58: 47-58。
- 陳素瓊、歐陽盛芝。2007。玉帶鳳蝶 (*Papilio polytes pasikrates* Fruhstorfer) (鱗翅目: 鳳蝶科) 的生活史。台灣昆蟲, 27: 47-66。
- 陳維壽。1974。臺灣區蝶類大圖鑑。pp. 68-69。中國文化雜誌社。臺北。臺灣。

- 欽俊德。1980。植食性昆蟲食性的生理基礎。昆蟲學報 23: 106-122。
- 游書萍、陳素瓊、歐陽盛芝。2017。柑橘鳳蝶的生活史。國立宜蘭大學生物資源學刊 13: 80-98。
- 欽俊德。1980。植食性昆蟲食性的生理基礎。昆蟲學報 23: 106-122。
- 楊宏、王春浩、禹平。1994。北京蝶類原色圖鑑。p. 43、pp. 60-61。科學技術文獻出版社。北京。中國。
- 鄒鐘琳。1980。昆蟲生態學。p. 424。上海科學技術出版社。上海。中國。
- 趙力、王效岳。1996。中國鱗翅目 1：四川省蝴蝶。pp. 52-53。臺灣省立博物館。臺北。臺灣。
- 趙力、王效岳。1997。中國鱗翅目 3：鳳蝶科、斑蝶科、粉蝶科、環紋蝶科。pp. 97-101。臺灣省立博物館。臺北。臺灣。
- 趙仁方、方懷聖。2002。臺東縣蝴蝶。p. 86。臺東縣政府與行政院農業委員會特有生物研究保育中心。臺東。臺灣。
- 鄭秋玲、陳耕揮。2007。白三線蝶 (*Athyma perius perius*) (鱗翅目：蛺蝶科) 在菲律賓饅頭果葉上的生活史與食葉量調查。植物保護學會會刊 49: 81-90。
- 蕭剛柔。1992。中國森林昆蟲。pp. 1139-1140。中國林業出版社。北京。中國。
- 遲德富、嚴善春 (主編)。2001。城市綠地植物蟲害及其防治。pp. 172-173。中國林業出版社。北京。中國。
- Honda, K., and N. Hayashi. 1995. Chemical factors in rutaceous plants regulating host selection by two swallowtail butterflies, *Papilio protenor* and *P. xuthus* (Lepidoptera: Papilionidae). Appl. Entomol. Zool. 30: 327-334.
- Martin, M. M., and H. M. Van't Hof. 1988. The cause of reduced growth of *Manduca sexta* larvae on a low-water diet: increased metabolic processing costs or nutrient limitation? J. Insect Physiol. 34: 515-525.
- Scriber, J. M. 1977. Limiting effects of low leaf-water content on the nitrogen utilization, energy budget, and larval growth of *Hyalophora cecropia* (Lepidoptera: Saturniidae). Oecologia 28: 264-287.
- Tanaka, K., and Y. Tsubaki. 1984. Seasonal dimorphism, growth and food consumption in the swallowtail butterfly *Papilio xuthus* L. Kontyû, Tokyo 52: 390-398.

107年 5月 16日 投稿
107年 7月 22日 接受