

五種不同寄主植物對柑橘鳳蝶生長發育的影響

歐陽盛芝¹ 游書萍² 陳素瓊^{2*}

¹國立臺灣博物館

²宜蘭大學園藝學系

摘要

本篇探討五種不同寄主植物對柑橘鳳蝶 (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus) (鱗翅目：鳳蝶科) 生長發育的影響，瞭解以人工飼養時應選用的最佳寄主植物。將柑橘鳳蝶的卵放入 25°C，80 ± 5%RH，14L:10D (5:00 開燈，19:00 關燈) 的恆溫恆濕生長箱，取剛孵化幼蟲分別以酸橘 (*Citrus sunki*)、四季橘 (*C. microcarpa*)、長實金柑 (*Fortunella margarita*)、食茱萸 (*Zanthoxylum ailanthoides*) 及賊仔樹 (*Tetradium glabrifolium*) 等五種寄主植物葉片單隻飼養至羽化為成蝶，每日觀察和記錄各蟲期的生物特性。結果顯示，五種寄主植物均可讓柑橘鳳蝶由第一齡幼蟲發育至羽化為成蝶，且存活率為 3.6-52.0%，發育所需日數為 34.0-45.5 日，幼蟲頭殼寬度隨齡期以平均 1.35-1.51 倍呈等比增加，幼蟲的體長隨齡期以平均 1.53-1.72 倍呈等比增長，幼蟲頭殼寬度和體長的常用對數皆與齡期間呈迴歸直線關係，兩者均符合戴爾法則。綜合評估這些生物特性，以人工飼養柑橘鳳蝶時應選用賊仔樹和酸橘為寄主植物。

關鍵詞：柑橘鳳蝶 (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus)、不同寄主植物、生物特性

*通訊作者。E-mail: scchen@niu.edu.tw

Performance of Chinese Yellow Swallowtail (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus) Reared with Five Different Host Plants

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

¹ National Taiwan Museum

² Department of Horticulture, National Ilan University

Abstract

This paper focuses on the performance of Chinese yellow swallowtail (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus) (Lepidoptera: Papilionidae) reared with five different host plants. Then we can understand the best host plants to be used for artificial rearing this species. Fresh eggs of the Chinese yellow swallowtail were placed in a growth chamber under conditions of 25°C, with 80 ± 5% RH, and a photoperiod of 14 h light and 10 h darkness. Hatching larvae were individually reared with leaves of jinkyool (*Citrus sunki*), calamondin (*C. microcarpa*), oval kumquat (*Fortunella margarita*), Japanese prickly ash (*Zanthoxylum ailanthoides*), and Japanese evodia (*Tetradium glabrifolium*) for a series of observations and recording their development data and other biological characteristics till adults. Results indicated five host plants all could provide Chinese yellow swallowtail completed development from the first instar larvae to adult emergence. The survival rates from the first instar larvae to adult emergence were 3.6-52.0%, and the average developmental periods were 34.0-45.5 days. The increment of the head capsule width of the larva was in accordance with the increase in the larval instar stage, it maintained a ratio of 1.35-1.51 times. Also, as the larval instar increased, the body length increased at the same time from 1.53-1.72 times. A linear regression relationship was existed between the common logarithms of head capsule width of larva and the larval instar stages. The common logarithms of body length of larvae and the larval instar stages also had a linear regression relationship. Both fitted with the Dyar's law. According to these biological characteristics of Chinese yellow swallowtail, Japanese evodia and jinkyool are the best host plants to be choose for artificial rearing this butterfly.

Keywords: Chinese yellow swallowtail (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus), different host plants, biological characteristics

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

壹、前言

柑橘鳳蝶 (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus) 是臺灣中北部常見的鳳蝶，主要分布於平地到 2,500 公尺山區，幼蟲屬於植食性昆蟲，會從取食寄主中獲得生長所需的營養物質，而在產卵寄主上繁衍後代 (陸等, 2008)，其寄主植物包括柑橘屬 (*Citrus*)、黃皮屬 (*Clausena*)、金橘屬 (*Fortunella*)、黃蘗屬 (*Phellodendron*)、烏柑屬 (*Severinia*)、臭辣樹屬 (*Tetradium*)、飛龍掌血屬 (*Toddalia*)、花椒屬 (*Zanthoxylum*) (含已改為崖椒亞屬的崖椒屬 *Fagara*) 等芸香科 (*Rutaceae*) 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; 徐, 2013; 林, 2005; 沈, 2005)。

在長期的進化過程中，植食性昆蟲對於識別以及選擇寄主與非寄主植物，形成系列特殊的行為機制，有的非寄主植物含有一些特殊揮發性物質，對植食性昆蟲表現出強烈的驅避作用；而另一些植物則對昆蟲沒有明顯的驅避效應，但卻因缺乏引誘物質或含有取食、產卵抑制物質而被昆蟲放棄；即使對於不同的寄主植物，植食性昆蟲表現出的喜好程度也不盡相同 (陸等, 2008)。因此本試驗選擇酸橘 (*Citrus sunki*)、四季橘 (*C. microcarpa*)、長實金柑 (*Fortunella margarita*)、食茱萸 (*Zanthoxylum ailanthoides*) 和賊仔樹 (*Tetradium glabrifolium*) 等五種寄主植物葉片飼養，探討五種不同寄主植物對柑橘鳳蝶生長發育的影響。

這五種供試的柑橘鳳蝶寄主植物，都是宜蘭常見且容易取得的物種。酸橘又名酸桔，栽植容易，普遍作為四季橘、椪柑及柳橙等柑橘類果樹的砧木，果實用來製作客家橘醬。四季橘又名金柑，是金柑屬與柑橘屬的雜交種，常作為盆栽、景觀庭園樹或柑橘類的矮性砧木，果實用來製作橘餅和清涼飲料。長實金柑為長實金柑屬的果樹，普遍栽種於宜蘭，可做觀賞盆栽，果實常用來製作蜜餞、果醬、果汁、長實金柑酒、長實金柑糕等。食茱萸又稱為紅刺蔥或鳥不踏，賊仔樹別名臭辣樹或山漆，這兩種植物都普遍分布於低海拔至高海拔森林邊緣地區或道路兩側，皆是多種蝴蝶在野外的寄主植物和蜜源植物。其中酸橘、四季橘及長實金柑為人工栽培的經濟性果樹，食茱萸和賊仔樹則是戶外常見的野生植物，供試的五種寄主植物分別屬於芸香科的四個不同屬，藉此試驗可瞭解以人工飼養柑橘鳳蝶幼蟲時，應優先選用的最佳寄主植物。

貳、材料與方法

一、供試蟲源及飼養方法

試驗用的柑橘鳳蝶 (*Papilio xuthus xuthus* Linnaeus) 來源與游等 (2017) 相同，係採集自宜蘭縣龍潭國小的雌、雄成蝶活體，攜回宜蘭大學的簡易網室內飼養繁殖，並且每日檢查網室內的寄主植物並採摘含卵葉片，攜回實驗室內以酸橘葉片人工飼養至成蝶時，再放飛至簡易網室內交配產卵，接著再採摘含卵葉片至室內飼養，俟累代飼養繁殖三代以上，族群維持穩定且數量足夠時，即可進行相關試驗。

二、供試用寄主植物

本試驗所用柑橘鳳蝶寄主植物為芸香科的酸橘、四季橘、長實金柑、食茱萸及賊仔樹五種，栽植方式和游等 (2017) 相同，即將樹苗種植於已放置介質(N2 培養土) 10 吋膠盆中，使成為單株之寄主植物盆栽 (圖 1)，種植後放置於戶外環境中，每日澆水且不定期施肥促進生長。當植株高度達約 100-120 cm，並具有 50-60 片葉時，即就進行相關試驗。



圖 1. 柑橘鳳蝶的寄主植物 (A、酸橘；B、四季橘；C、長實金柑；D、食茱萸；E、賊仔樹)。

Fig. 1. Host plants of *Papilio xuthus xuthus* (A. *Citrus sunki*; B. *C. microcarpa*; C. *Fortunella margarita*; D. *Zanthoxylum ailanthoides*; E. *Tetradium glabrifolium*).

三、幼蟲對不同寄主植物的偏好

試驗當天將盆栽搬入簡易網室內供柑橘鳳蝶雌蝶產卵，隔日採摘含卵葉片至實驗室，在葉柄包覆濕棉花保鮮，放入 25°C，80 ± 5%RH，14L:10D（5:00 開燈，19:00 關燈）的恆溫恆濕生長箱，每日維持葉片新鮮並觀察卵粒，俟卵孵化時，以毛筆將第一齡幼蟲放入盒蓋密佈針刺小孔的透明小型塑膠盒（盒口直徑 9.2 cm、底部直徑 8 cm、高 5.88 cm、容量 250 cc），分別提供 A. 酸橘、B. 四季橘、C. 長實金柑、D. 食茱萸及 E. 賊仔樹等五種不同寄主植物嫩葉單隻飼養，並貼上標籤分組編號標識，再放入前述恆溫恆濕生長箱中飼育，每種寄主植物試驗的重覆數為 25-55 隻幼蟲。

每日觀察和記錄各試驗組幼蟲的生長發育情形，並依試驗組別放入足量新鮮乾淨的不同寄主植物葉片；當各組幼蟲發育至第二齡及之後齡期，供應的寄主植物由嫩葉更換為較成熟葉片。幼蟲發育至第三齡後，將飼育容器更換成盒蓋密佈針刺小孔的大型透明塑膠盒（盒口直徑 11 cm、底部直徑 9 cm、高 8 cm、容量約 500 cc）繼續飼養。當第五齡（終齡）幼蟲進入前蛹期時，會將體內水分和糞便排出而縮短身體，然後蛻皮化蛹，本試驗將前蛹期併入五齡幼蟲期計算。蛹期時在飼育容器內放入折成長條形的廚房紙巾，提供剛羽化成蝶攀附伸展和晾乾翅膀用。

每日以目視法觀察和記錄供試幼蟲的存活數、蛻皮時間、成蝶性別及數量等生物特性，剛孵化一齡幼蟲與剛蛻皮各齡幼蟲的體長及頭殼寬度、化蛹當天的蛹體長度和寬度、剛羽化成蝶的翅長和翅寬等使用電子式數位游標卡尺（ABSOLUTE Digimatic Caliper, 500-196 CD-6” CS, Mitutoyo Co. Japan）測量。蛹體重量則以電子天平（XS-625M-SCS, Precisa）測量。

四、資料分析方法

取食五種不同寄主植物所得柑橘鳳蝶各蟲期發育日數、各齡期幼蟲頭殼寬度、體長、蛹重、蛹長、蛹寬、成蝶翅長、翅寬等數據，採用 SAS System version 9.1 for windows 統計軟體（PROC MEANS, SAS Institute 2003）計算平均值（Mean）和標準誤差（Standard Error），並以最小顯著差異測驗（Least significant difference test，簡稱 LSD test）分析；使用迴歸分析（PROC REG）測驗各齡幼蟲頭殼寬度及體長與齡期間的相關性，以卡方（ X^2 ）適合性測驗（Chi-Square Test for Goodness of Fit）分析雌、雄蝶性比。。

參、結果與討論

一、存活率

柑橘鳳蝶在 25°C，80 ± 5%RH，14L:10D（5:00 開燈，19:00 關燈）恆溫恆濕條件，以五種不同寄主植物飼育所得結果，各蟲期存活率如表 1。各組第一齡幼蟲的存活率皆 100%，第二齡幼蟲除四季橘組外，均有幼蟲死亡，存活率皆超過 95%；但四季橘組幼蟲成長至第四齡時存活率驟降至 36.7%，發育到第五齡時降至 27.8%；第三齡幼蟲僅酸橘組和賊仔樹組的幼蟲全部存活，並且賊仔樹組幼蟲生長至第五齡時還有 97.0%的存活率；而長實金柑組幼蟲至第五齡時死亡率突然增高，存活率只有 33.3%。幼蟲期的存活率以賊仔樹組的 94.1%最高，酸橘組的 60.0%次之，四季橘組的 9.1%最低。蛹期的存活率以酸橘組的 86.7%最高，食茱萸的 59.1%次之，四季橘組的 40.0%最低。由第一齡幼蟲發育至蛹然後羽化為成蝶的存活率，只有酸橘組超過 50%，賊仔樹組為 44.1%，食茱萸組為 25.5%，而次低的長實金柑組只有 11.9%，最低的四季橘組為 3.6%，其中存活率最差的兩個試驗組相當於飼養 100 隻第一齡幼蟲只能分別獲得約 12 隻和 4 隻的成蝶，幾無實質效益。由此可知，柑橘鳳蝶取食五種不同寄主植物的存活率，由高至低依序為酸橘、賊仔樹、食茱萸、長實金柑、四季橘。

表 1. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各蟲期存活率

Table 1. The survival rate (%) of various development stage of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Life stage	Survival rate (%) (n) ¹⁾				
	A ²⁾	B	C	D	E
1st instar larva	100.0 (25)	100.0 (55)	100.0 (42)	100.0 (51)	100.0 (34)
2nd instar larva	96.0 (24)	100.0 (55)	95.2 (40)	96.1 (49)	97.1 (33)
3rd instar larva	100.0 (24)	89.1 (49)	92.5 (37)	91.8 (45)	100.0 (33)
4th instar larva	91.7 (22)	36.7 (18)	81.1 (30)	73.3 (33)	100.0 (33)
5th instar larva	68.2 (15)	27.8 (5)	33.3 (10)	66.7 (22)	97.0 (32)
Larva	60.0 (15)	9.1 (5)	23.8 (10)	43.1 (22)	94.1 (32)
Pupa	86.7 (13)	40.0 (2)	50.0 (5)	59.1 (13)	46.9 (15)
Larva to Pupa	52.0 (13)	3.6 (2)	11.9 (5)	25.5 (13)	44.1 (15)

1) n in parentheses is the number of observed.

2) A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

二、發育期

以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各蟲期發育日數如表 2。以酸橘、四季橘、長實金柑、食茱萸及賊仔樹組飼養的第一齡幼蟲所需發育日數分別為 2.88 ± 0.16 、 3.51 ± 0.09 、 3.02 ± 0.11 、 3.22 ± 0.17 及 3.82 ± 0.18 日，第二齡幼蟲分別為 3.00 ± 0.13 、 3.25 ± 0.10 、 4.15 ± 0.17 、 3.43 ± 0.17 及 4.21 ± 0.26 日，第三齡幼蟲分別為 3.00 ± 0.23 、 4.67 ± 0.18 、 5.30 ± 0.19 、 3.84 ± 0.21 及 4.33 ± 0.11 日，第四齡幼蟲分別 4.00 ± 0.16 、 8.50 ± 1.11 、 6.80 ± 0.25 、 5.09 ± 0.19 及 5.09 ± 0.16 日，第五齡幼蟲則為 9.33 ± 0.61 、 13.80 ± 1.98 、 10.90 ± 1.60 、 8.82 ± 0.23 及 9.84 ± 0.39 日。整個幼蟲期的發育日數依序為 22.27 ± 1.02 、 31.40 ± 1.60 、 28.60 ± 1.67 、 22.45 ± 0.44 及 27.31 ± 0.62 日，以酸橘組最短，四季橘組最長，兩者相差約 9 日；再以最小顯著差異測驗 (LSD test) 分析結果，得知酸橘和食茱萸組幼蟲發育日數最短，且與其他三組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。白和王 (1998)、李和張 (1988) 曾報導本種幼蟲期約 21 日，均較本試驗的五種寄主植物組短，至於李和王 (1995) 則指出其幼蟲期為 24 日，較本試驗所得的酸橘組和食茱萸組長，卻較本試驗的四季橘組、長實金柑組和賊仔樹組短。

蛹期的發育日數依取食寄主植物種類分別為 11.31 ± 0.13 、 12.50 ± 0.50 、 12.00 ± 0.00 、 11.77 ± 0.17 及 11.80 ± 0.20 日，仍以酸橘組最短，四季橘組最長，兩者相差約 1 日；再用最小顯著差異測驗分析結果，顯示酸橘組和四季橘組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)，但與其他各組間無顯著性差異 ($p \geq 0.05$)。李和張 (1988) 曾提出柑橘鳳蝶的非越冬蛹期為 15 日，均較本試驗結果長。由第一齡幼蟲發育至蛹然後羽化為成蝶的發育日數各為 34.00 ± 1.25 、 45.50 ± 1.50 、 41.80 ± 0.97 、 36.00 ± 0.65 及 40.53 ± 0.98 日，發育日數由短至長之各組，依序為酸橘、食茱萸、賊仔樹、長實金柑和四季橘組，最短的酸橘組和最長的四季橘組差距將近 12 日；再以最小顯著差異測驗分析結果，顯示酸橘組與四季橘、長實金柑、賊仔樹組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。因此，柑橘鳳蝶取食酸橘和食茱萸所需的發育日數較短，其次為賊仔樹和長實金柑，發育日數最長者為四季橘。

綜合考量存活率和發育期結果，顯示以酸橘為飼養柑橘鳳蝶的最佳寄主植物。雖然飼養至成蝶的發育日數以食茱萸居次，但存活率僅 25.5%，而賊仔樹的平均發育期較食茱萸長 4.5 日，其存活率卻有 44.1%。因此，實質效益而言，賊仔樹亦是適合飼養本蝶的寄主植物。

表 2. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各蟲期發育日數

Table 2. The developmental periods of various development stage of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Life stage	Developmental period (Mean \pm SE, days) ¹⁾ (n) ²⁾				
	A ³⁾	B	C	D	E
1st instar larva	2.88 \pm 0.16c (25)	3.51 \pm 0.09ab (55)	3.02 \pm 0.11bc (42)	3.22 \pm 0.17bc (51)	3.82 \pm 0.18a (34)
2nd instar larva	3.00 \pm 0.13b (24)	3.25 \pm 0.10b (55)	4.15 \pm 0.17a (40)	3.43 \pm 0.12b (49)	4.21 \pm 0.26a (33)
3rd instar larva	3.00 \pm 0.23d (24)	4.67 \pm 0.18ab (49)	5.30 \pm 0.19a (37)	3.84 \pm 0.21c (45)	4.33 \pm 0.11bc (33)
4th instar larva	4.00 \pm 0.16c (22)	8.50 \pm 1.11a (18)	6.80 \pm 0.25b (30)	5.09 \pm 0.19c (33)	5.09 \pm 0.16c (33)
5th instar larva	9.33 \pm 0.61b (15)	13.80 \pm 1.98a (5)	10.90 \pm 1.60ab (10)	8.82 \pm 0.23b (22)	9.84 \pm 0.39b (32)
Larva	22.27 \pm 1.02b (15)	31.40 \pm 1.60a (5)	28.60 \pm 1.67a (10)	22.45 \pm 0.44b (22)	27.31 \pm 0.62a (32)
Pupa	11.31 \pm 0.13b (13)	12.50 \pm 0.50a (2)	12.00 \pm 0.00ab (5)	11.77 \pm 0.17ab (13)	11.80 \pm 0.20ab (15)
Larva to Pupa	34.00 \pm 1.25c (13)	45.50 \pm 1.50a (2)	41.80 \pm 0.97ab (5)	36.00 \pm 0.65bc (13)	40.53 \pm 0.98ab (15)

1) Means within a row followed by the same letter are not significantly different at 5% confidence level according to LSD.

2) n in parentheses is the number of observed.

3) A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

三、幼蟲頭殼寬度

以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶時，各齡期幼蟲的平均頭殼寬度如表 3。以酸橘、四季橘、長實金柑、食茱萸及賊仔樹飼養的第一齡幼蟲頭殼寬度依序為 0.76 ± 0.01 、 1.06 ± 0.01 、 0.91 ± 0.02 、 0.85 ± 0.04 及 0.81 ± 0.02 mm；第二齡幼蟲分別為 1.23 ± 0.02 、 1.33 ± 0.01 、 1.28 ± 0.01 、 1.26 ± 0.01 及 1.26 ± 0.01 mm；第三齡幼蟲分別為 1.84 ± 0.03 、 1.98 ± 0.02 、 1.84 ± 0.02 、 1.87 ± 0.02 及 1.85 ± 0.02 mm；第四齡幼蟲分別為 2.64 ± 0.03 、 2.72 ± 0.07 、 2.55 ± 0.03 、 2.71 ± 0.03 及 2.57 ± 0.04 mm；第五齡幼蟲分別為 3.96 ± 0.09 、 3.59 ± 0.39 、 3.73 ± 0.13 、 4.00 ± 0.04 及 4.11 ± 0.05 mm，即取食五種寄主植物的本蝶幼蟲頭殼寬度皆隨著齡期增加而增長，第一齡至第四齡幼蟲的頭殼寬度均以四季橘組最寬，最窄者為第一齡和第二齡幼蟲之酸橘組，第三齡幼蟲為酸橘組和長實金柑組，第四齡幼蟲為長實金柑組，而第五齡幼蟲則以賊仔樹組最寬，四季橘組最窄。

採用最小顯著差異測驗分析結果，第一齡幼蟲的頭殼寬度，以在四季橘組和另外四種寄主植物組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。第二齡幼蟲的頭殼寬度，以在四季橘和酸橘組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)，而此兩組與其他三種寄主植物組間均無顯著性差異 ($p \geq 0.05$)。第三齡幼蟲的頭殼寬度，四季橘組和另外四種寄主植物組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)，但四組寄主植物組間彼此無顯著性差異 ($p \geq 0.05$)。第四齡幼蟲的頭殼寬度僅四季橘組和長實金柑組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)，而四季橘組和另外三種寄主植物組間，以及長實金柑組和另外三種寄主植物組間均無顯著性差異 ($p \geq 0.05$)。第五齡幼蟲的頭殼寬度，僅賊仔樹組和四季橘組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。由此得知，以四季橘組第一齡至第四齡幼蟲的頭殼寬度，在各處理組中為最寬者，而生長至第五齡時頭殼寬度變為最窄者，但以賊仔樹組為最寬者。

由表 3 可知，以五種不同寄主植物飼養本蝶種的第一齡幼蟲頭殼寬度，必須大於 0.76 mm 方能蛻變成第二齡幼蟲，第二齡至第四齡幼蟲的頭殼寬度得分別超過 1.23、1.84 和 2.55 mm，才能蛻變為次一齡蟲，第五齡幼蟲的頭殼寬度達到 3.59 mm 以上才能化蛹。由此可知，柑橘鳳蝶幼蟲的頭殼寬度依齡期有一定的寬度。符合 Morita 和 Tojo (1985) 報導鱗翅目斜紋夜盜蛾 (*Spodoptera litura*) 於不同齡期絕食結果會增加其蛻皮次數，但是頭殼寬度超過 1.65 mm 的個體，於下一齡期必定成為末齡幼蟲，而低於此閾值下幼蟲會反覆蛻皮，以達此閾值為止；此數據雖然較游等 (2017) 及陳等 (2018) 報導本種幼蟲頭殼寬度各超過 4.11 及 3.83 mm 的閾值即可進入化蛹階段略低，但結論相符。

將柑橘鳳蝶各齡幼蟲連續齡期的次一齡期與前一齡期的頭殼寬度相除所得比值如表 4，其中酸橘組分別為 1.62、1.50、1.43、1.50，平均為 1.51 ± 0.04 ；四季橘組分別為 1.25、1.47、1.37、1.32，平均為 1.35 ± 0.04 ；長實金柑組分別為 1.41、1.44、1.39、1.46，平均為 1.42 ± 0.02 ；食茱萸組分別為 1.48、1.48、1.45、1.48，平均為 1.47 ± 0.01 ；賊仔樹組分別為 1.56、1.47、1.39、1.60，平均為 1.50 ± 0.05 ；因各寄主植物組的比值介於 1.25-1.60 間，可知取食五種不同寄主植物時，本蝶種幼蟲的頭殼寬度隨齡期以平均 1.35-1.51 倍呈等比增加，其中增長最快的是酸橘組，最慢的為四季橘組。

Dyar (1890) 曾測試許多種鱗翅目幼蟲，在兩個連續齡期間，其幼蟲頭殼寬度常呈現一定比率增加，也呈幾何級數而增長，簡稱戴爾法則 (Dyar's law or Dyar's rule)，假使以幼蟲齡期為橫座標和各齡期頭殼寬度的對數為縱座標，所示各點連接而呈現一直線 (關, 1987)。本種幼蟲頭殼寬度隨齡期以 1.25-1.6 倍增長，平均為 1.35-1.51 倍，即幼蟲頭殼寬度確隨齡期增加以平均約 1.35-1.51 倍之等比增長，符合戴爾法則。

表 3. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各齡期幼蟲頭殼寬度

Table 3. The head capsule width of each instar larva of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Larval stage	Head capsule width (Mean \pm SE, mm) ¹⁾ (n) ²⁾				
	A ³⁾	B	C	D	E
1st instar larva	0.76 \pm 0.01c (26)	1.06 \pm 0.01a (55)	0.91 \pm 0.02b (42)	0.85 \pm 0.04bc (51)	0.81 \pm 0.02c (34)
2nd instar larva	1.23 \pm 0.02b (25)	1.33 \pm 0.01a (55)	1.28 \pm 0.01ab (39)	1.26 \pm 0.01ab (49)	1.26 \pm 0.03ab (33)
3rd instar larva	1.84 \pm 0.03b (24)	1.98 \pm 0.02a (55)	1.84 \pm 0.02b (36)	1.87 \pm 0.02b (46)	1.85 \pm 0.02b (33)
4th instar larva	2.64 \pm 0.03ab (24)	2.72 \pm 0.07a (49)	2.55 \pm 0.03b (29)	2.71 \pm 0.03ab (33)	2.57 \pm 0.04ab (33)
5th instar larva	3.96 \pm 0.09ab (22)	3.59 \pm 0.39b (18)	3.73 \pm 0.13ab (9)	4.00 \pm 0.04ab (18)	4.11 \pm 0.05a (22)

1) Means within a row followed by the same letter are not significantly different at 5% confidence level according to LSD.

2) n in parentheses is the number of observed.

3) A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

表 4. 柑橘鳳蝶取食五種不同寄主植物時的各齡期幼蟲次一齡期和前一齡期平均頭殼寬度比

Table 4. The average ratio of head capsule width of the subsequent divided by this instar larva of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Larval stage	Average ratio of head capsule width of next and current instar				
	A ¹⁾	B	C	D	E
2nd / 1st instar	1.62	1.25	1.41	1.48	1.56
3rd / 2nd instar	1.50	1.47	1.44	1.48	1.47
4th / 3rd instar	1.43	1.37	1.39	1.45	1.39
5th / 4th instar	1.50	1.32	1.46	1.48	1.60
Average (Mean \pm SE)	1.51 \pm 0.04	1.35 \pm 0.04	1.42 \pm 0.02	1.47 \pm 0.01	1.50 \pm 0.05

1)A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

將柑橘鳳蝶幼蟲頭殼寬度常用對數 (Y) 與齡期 (X) 的關係以直線迴歸分析結果如圖 2, 可知在酸橘、四季橘、長實金柑、食茱萸和賊仔樹組的直線迴歸方程式依序為 $Y=-0.2787+0.1765X$ 、 $Y=-0.1240+0.1370X$ 、 $Y=-0.1955+0.1525X$ 、 $Y=-0.2360+0.1678X$ 、 $Y=-0.2561+0.1720X$, 迴歸係數 R^2 分別為 0.9974、0.9943、0.9996、0.9999、0.9972, 經

相關性分析，皆有極顯著性差異 ($p < 0.01$) 且呈正相關關係，表示這五條迴歸直線都存在，即本種在取食五種不同寄主植物時的幼蟲頭殼寬度常用對數確實隨齡期增加而呈直線關係增大，均符合戴爾法則。

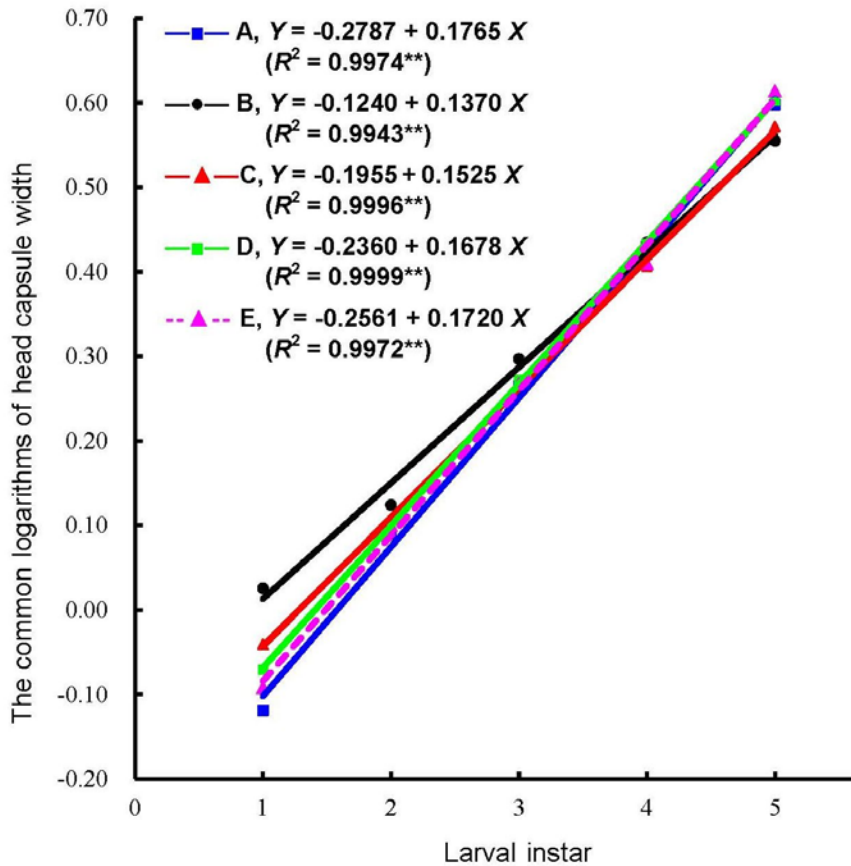


圖2. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各齡期幼蟲頭殼寬度常用對數(Y)與齡期(X)之關係 (A. 酸橘; B. 四季橘; C. 長實金柑; D. 食茱萸; E. 賊仔樹)。

Fig 2. The relationship between the common logarithms of head capsule width of each instar larva of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants (A. *Citrus sunki*; B. *C. microcarpa*; C. *Fortunella margarita*; D. *Zanthoxylum ailanthoides*; E. *Tetradium glabrifolium*).

四、幼蟲體長

頭殼寬度的測量方式是取自各齡幼蟲蛻皮完成後所蛻下的頭殼，但體長則是測量剛孵化和剛蛻皮的各齡幼蟲，因此相同齡期的幼蟲體長會與頭殼寬度的樣本數相同或略多。

表 5 為以五種不同寄主植物飼育本蝶種時，各齡期幼蟲的平均體長。取食酸橘、四季橘、長實金柑、食茱萸及賊仔樹的第一齡幼蟲體長依序為 3.04 ± 0.03 、 3.91 ± 0.03 、 3.06 ± 0.01 、 3.00 ± 0.03 及 3.97 ± 0.03 mm；第二齡幼蟲分別為 5.78 ± 0.12 、 $6.26 \pm$

0.05、5.08 ± 0.07、4.43 ± 0.08 及 6.35 ± 0.09 mm；第三齡幼蟲分別為 9.16 ± 0.22、8.42 ± 0.10、9.02 ± 0.10、8.89 ± 0.16 及 8.81 ± 0.17 mm；第四齡幼蟲分別為 15.83 ± 0.35、13.76 ± 0.18、13.78 ± 0.24、14.86 ± 0.20 及 15.38 ± 0.23 mm；第五齡幼蟲則為 24.07 ± 0.51、21.07 ± 0.62、21.76 ± 0.61、25.41 ± 0.34 及 24.57 ± 0.34 mm。

表 5. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各齡期幼蟲體長

Table 5. The body length of each instar larva of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Larval stage	Body length (Mean ± SE, mm) ¹⁾ (n) ²⁾				
	A ³⁾	B	C	D	E
1st instar larva	3.04 ± 0.03b (26)	3.91 ± 0.03a (55)	3.06 ± 0.01b (48)	3.00 ± 0.03b (51)	3.97 ± 0.03a (36)
2nd instar larva	5.78 ± 0.12b (25)	6.26 ± 0.05a (55)	5.08 ± 0.07c (42)	4.43 ± 0.08d (51)	6.35 ± 0.09a (34)
3rd instar larva	9.16 ± 0.22a (24)	8.42 ± 0.10b (55)	9.02 ± 0.10a (40)	8.89 ± 0.16ab (49)	8.81 ± 0.17ab (33)
4th instar larva	15.83 ± 0.35a (24)	13.76 ± 0.18c (49)	13.78 ± 0.24bc (37)	14.86 ± 0.20b (45)	15.38 ± 0.23ab (33)
5th instar larva	24.07 ± 0.51a (22)	21.07 ± 0.62b (18)	21.76 ± 0.61b (30)	25.41 ± 0.34a (33)	24.57 ± 0.34a (33)

1) Means within a row followed by the same letter are not significantly different at 5% confidence level according to LSD.

2) n in parentheses is the number of observed.

3) A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

以最小顯著差異測驗分析結果，第一齡幼蟲的體長以四季橘和賊仔樹組間最長，且和食茱萸、酸橘、長實金柑組存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。第二齡幼蟲的體長以四季橘和賊仔樹最長，且與另外三組間均存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。第三齡幼蟲的體長以在酸橘組和四季橘最長，且與四季橘組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。第四齡幼蟲的體長以酸橘和賊仔樹組最長，且與其他三組間均存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。第五齡幼蟲的體長以食茱萸和酸橘和賊仔樹組最長，且與其他二組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。由此得知，即取食五種寄主植物的幼蟲體長皆隨著齡期增加而增長，其中體長最長者在第一齡和第二齡幼蟲均為賊仔樹組，第三齡和第四齡幼蟲皆是酸橘組，第五齡幼蟲則為食茱萸組。

採用與幼蟲頭殼寬度相同方式，將柑橘鳳蝶各齡幼蟲連續齡期的次一齡期與前一齡

期的體長相除所得比值如表 6，其中酸橘組分別為 1.90、1.58、1.73、1.52，平均為 1.68 ± 0.08 ；四季橘組分別為 1.60、1.35、1.63、1.53，平均為 1.53 ± 0.06 ；長實金柑組分別為 1.66、1.78、1.53、1.58，平均為 1.64 ± 0.05 ；食茱萸組分別為 1.48、2.01、1.67、1.71，平均為 1.72 ± 0.11 ；賊仔樹組分別為 1.60、1.39、1.75、1.60，平均為 1.58 ± 0.07 ；因各寄主植物組的比值介於 1.35-2.01 間，可知本蝶種取食五種不同寄主植物時，其體長隨齡期以平均 1.35-2.01 倍呈等比增長，其中增長最快的是食茱萸組，最慢的為四季橘組。

表 6. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各齡期幼蟲次一齡期和前一齡期平均體長比
Table 6. The average ratio of body length of the subsequent divided by this instar larva of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Larval stage	Average ratio of body length of next and current instar				
	A ¹⁾	B	C	D	E
2nd / 1st instar	1.90	1.60	1.66	1.48	1.60
3rd / 2nd instar	1.58	1.35	1.78	2.01	1.39
4th / 3rd instar	1.73	1.63	1.53	1.67	1.75
5th / 4th instar	1.52	1.53	1.58	1.71	1.60
Average (Mean \pm SE)	1.68 ± 0.08	1.53 ± 0.06	1.64 ± 0.05	1.72 ± 0.11	1.58 ± 0.07

1)A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

將柑橘鳳蝶幼蟲體長常用對數 (Y) 與齡期 (X) 的關係以直線迴歸分析結果如圖 3，可知在酸橘、四季橘、長實金柑、食茱萸和賊仔樹組的直線迴歸方程式依序為 $Y=0.2871+0.2235X$ 、 $Y=0.4138+0.1805X$ 、 $Y=0.2836+0.2137X$ 、 $Y=0.2155+0.2381X$ 、 $Y=0.3946+0.1987X$ ，迴歸係數 R^2 分別是 0.9952、0.9956、0.9972、0.9948、0.9948，經相關性分析，皆有極顯著性差異 ($p < 0.01$) 且呈正相關關係，表示這五條迴歸直線都存在，即本種在取食五種不同寄主植物時的幼蟲體長常用對數確實隨齡期增加而呈直線關係增大，均符合戴爾法則。

根據本蝶種第五齡幼蟲的頭殼寬度和體長而言，以賊仔樹、食茱萸、酸橘三種植物較適合飼養本蝶種幼蟲的寄主植物。

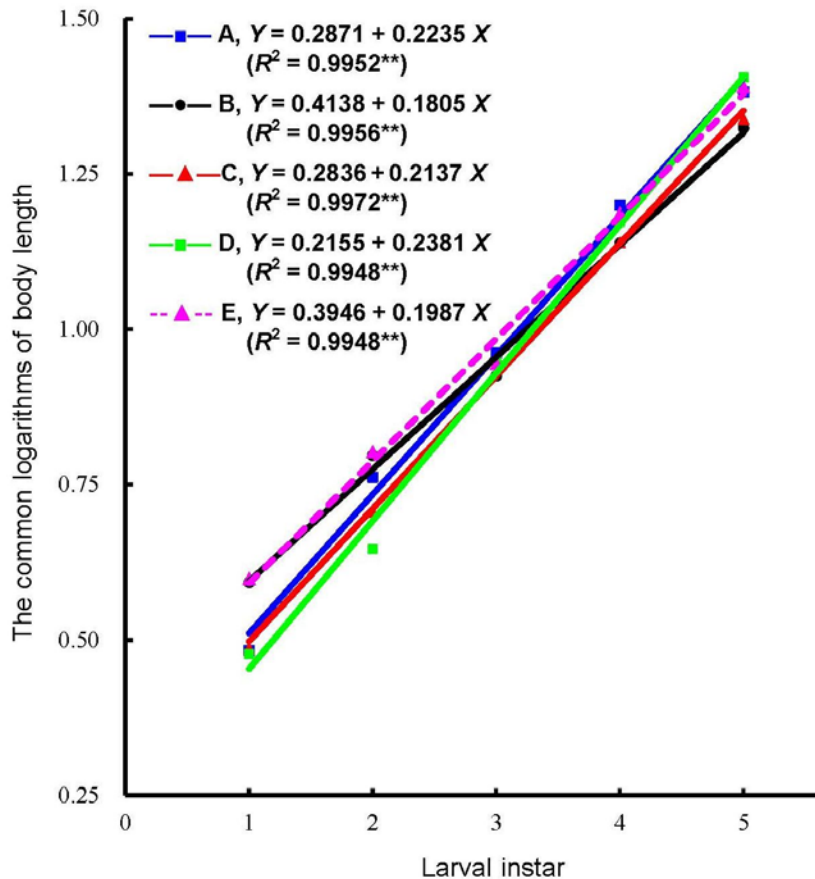


圖3. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的各齡期幼蟲體長常用對數 (Y) 與齡期 (X) 之關係 (A. 酸橘; B. 四季橘; C. 長實金柑; D. 食茱萸; E. 賊仔樹)。

Fig 3. The relationship between the common logarithms of body length of each instar larva of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants (A. *Citrus sunki*; B. *C. microcarpa*; C. *Fortunella margarita*; D. *Zanthoxylum ailanthoides*; E. *Tetradium glabrifolium*).

五、蛹重、蛹長、蛹寬和蛹色

柑橘鳳蝶在五種不同寄主植物飼養下的蛹長、蛹寬和蛹重如表 7。其中食茱萸組的蛹重 0.76 ± 0.03 g、蛹長 27.19 ± 0.36 mm、蛹寬 9.19 ± 0.09 mm 皆最大，四季橘組的蛹重 0.44 ± 0.03 g 和蛹寬 8.41 ± 0.24 mm 最輕和最窄，蛹長最短則是長實金柑組的 23.26 ± 1.05 mm。

以最小顯著差異測驗分析結果，蛹重以食茱萸組和長實金柑組最重、且與賊仔樹、酸橘和四季橘組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。蛹長以食茱萸和賊仔樹組最長且與長實金柑組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。蛹寬以在食茱萸組最寬且與長實金柑組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。因此就蛹而言，食茱萸為最適合飼養本蝶種的寄主植物，其次為賊仔樹，再次為酸橘。

柑橘鳳蝶經五種不同寄主植物飼養所得的蛹色皆為綠色，並未出現褐色蛹。此結果與游等（2017）所述相同，但卻與李和張（1988）、徐（2002）、李和楊（2005）報導本蝶種蛹色有綠色和褐色兩型相異，亦與陳等（2018）在不同溫度飼養下產生綠色、褐色和紅棕色三種蛹色的試驗結果不同。雖然許多報告曾提及鳳蝶類在自然界的蛹為同種異色，分為綠色或褐色，可能用來躲避天敵，這是由環境因子暗示蛹體所致（Hazel, 1977；Hazel and West, 1982；Sims and Shapiro, 1983；West and Hazel, 1985）。日高等（1959）更指出本蝶種的蛹可明顯區分為綠色和褐色（包含橘色）兩種型式，這種蛹雙色性（dichroism）在自然界棲地有顯著的保護作用，也是蝴蝶用來躲避靠視覺捕食的日行性食蟲鳥類等天敵的存活機制（日高等，1959；Hazel, 1977）。但本試驗在恆定條件下，即使採用五種不同寄主植物飼養，得到的蛹色皆相同，此與 Honda（1979）試驗黑鳳蝶（*Papilio protenor demetrius*）幼蟲置於 25°C，60 ± 5%RH，16L:8D 中飼養，化蛹後移至全黑暗，其寄主植物氣味不會影響蛹色變化之結果相符。

表 7. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的蛹重、蛹長及蛹寬

Table 7. The pupal weight, length, and width of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Host plant ¹⁾	Measurement data (Mean ± SE) ²⁾ (n) ³⁾		
	Pupal weight (g)	Pupal length (mm)	Pupal width (mm)
A	0.56 ± 0.03bc (13)	25.50 ± 0.57ab (13)	8.57 ± 0.14ab (13)
B	0.44 ± 0.03c (4)	24.84 ± 1.61ab (4)	8.41 ± 0.24b (4)
C	0.65 ± 0.05ab (7)	23.26 ± 1.05b (7)	8.44 ± 0.18b (7)
D	0.76 ± 0.03a (18)	27.19 ± 0.36a (18)	9.19 ± 0.09a (18)
E	0.57 ± 0.02bc (23)	26.31 ± 0.33a (23)	9.04 ± 0.12ab (23)

1) A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

2) Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% confidence level according to LSD.

3) n in parentheses is the number of observed.

六、成蝶翅長、翅寬、雌雄蝶數和性比色

以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶之成蝶翅長、翅寬、雌雄蝶數和性比如表 8。其中食茱萸組的翅長 41.73 ± 0.68 mm 最長，其次為賊仔樹組的 40.92 ± 0.73 mm；翅寬最寬的是賊仔樹組的 28.00 ± 0.77 mm，其次為食茱萸組的 24.82 ± 0.70 mm，而四季橘組的翅長 31.92 ± 4.27 mm 和翅寬 16.60 ± 7.53 mm 皆為五種寄主植物組中之最短和最

窄者。

以最小顯著差異測驗分析結果，翅長以食茱萸、賊仔樹、酸橘及長實金柑組最長且與四季橘組間存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。翅寬以賊仔樹組、食茱萸組、長實金柑組和酸桔組間皆存在顯著性差異 ($p < 0.05$)。因此綜合成蝶的翅長和翅寬數據，翅型最大為餵飼食茱萸和賊仔樹葉片者，最小是取食四季橘葉片者。

表 8. 以五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶的成蝶翅長、翅寬、雌雄蝶數及性比

Table 8. The wing length, wing width, number of male and female, and sex ratio of *Papilio xuthus xuthus* reared with five different host plants

Host plant ¹⁾	Adult wings (Mean \pm SE, mm) ²⁾ (n) ³⁾		No. of male	No. of female	Sex ratio ⁴⁾
	Length	Width			
A	36.68 \pm 0.92ab (13)	23.11 \pm 0.71a (13)	9	4	1:1
B	31.92 \pm 4.27b (2)	16.60 \pm 7.53b (2)	2	0	1:1
C	37.38 \pm 1.11a (5)	23.10 \pm 0.88a (5)	4	1	1:1
D	41.73 \pm 0.68a (11)	24.82 \pm 0.70a (11)	12	1	-
E	40.92 \pm 0.73a (15)	28.00 \pm 0.77a (15)	11	4	1:1

1) A: *Citrus sunki*; B: *C. microcarpa*; C: *Fortunella margarita*; D: *Zanthoxylum ailanthoides*; E: *Tetradium glabrifolium*.

2) Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% confidence level according to LSD.

3) n in parentheses is the number of observed.

4) The sex ratio was calculated by Chi-Square Test for Goodness of Fit.

從表 8 可知，以五種不同寄主植物飼養幼蟲至成蝶的雌雄蝶數及性比，雖然各組飼養所得的成蝶數均以雄蝶較多，甚至四季橘組僅有 2 隻雄蝶並無雌蝶，然經卡方 (X^2) 適合性測驗分析結果，除了食茱萸組的性比不符合 1:1 外，其餘飼養四種寄主植物組的性比皆符合 1:1。

柑橘鳳蝶可歸類為寡食性昆蟲 (oligophagous)，然而如何在這些寄主植物中挑選最適合人工飼養的幼蟲食草，以便維持族群繁衍並生產足夠的成蝶供應，就得考慮許多因素和經濟效益。本次試驗所用的五種寄主植物包括酸橘、四季橘和長實金柑三種人工栽培的經濟性果樹，以及食茱萸和賊仔樹二種戶外常見的野生植物，均是宜蘭常見且容

易取得的物種。

依據試驗所得本蝶種生長發育的各項生物特性顯示，供試的五種寄主植物均可讓柑橘鳳蝶由第一齡幼蟲生長發育至成蝶，但是存活率和發育期在各組間卻存在明顯差異，綜合評估後的最佳寄主植物為酸橘，其次為賊仔樹，而取食食茱萸的發育期雖短，但因存活率太低則列於第三，至於長實金柑和四季橘為是不適合選用的寄主植物。此外，從幼蟲體型的頭殼寬度和體長評估，可知賊仔樹、食茱萸、酸橘三種植物皆適合飼養本蝶種的寄主植物。從蛹之長、寬及重量評估，最適合飼養本蝶種的寄主植物為食茱萸，其次為賊仔樹，再次為酸橘。從成蝶翅長、寬及性比評估，最適合飼養本蝶種的寄主植物為食茱萸和賊仔樹，然後是酸橘和長實金柑，最差的是四季橘。由此可知，在五種寄主植物中，以人工飼養柑橘鳳蝶時應優先選擇賊仔樹和酸橘為寄主植物。

肆、結論

柑橘鳳蝶原是臺灣地區最常見的鳳蝶之一，但近年來族群數量大幅減少而不再常見（徐，2013）。本蝶種幼蟲的寄主植物主要為芸香科植物，不僅分布於野外且許多物種經人工栽植成具有經濟價值的果園或園藝觀賞植栽，因此相對於其他蝴蝶種類，其寄主植物為常見且容易取得，雖然本蝶種名列果樹害蟲之一，卻因族群數量不高導致危害程度較輕且不明確，而成為適合發展休閒觀光用途的蝶種之一，因此開發人工飼養繁殖技術，以增加成蝶數量就成為重要議題與目標。

本試驗以酸橘、四季橘、長實金柑、食茱萸及賊仔樹等五種不同寄主植物飼養柑橘鳳蝶，依據生長發育得知各蟲期存活率、發育期、幼蟲頭殼寬度、體長、蛹重、蛹長、蛹寬、成蟲翅長、翅寬等生物特性，其中最適合用於人工飼養的寄主植物為賊仔樹和酸橘，其次為食茱萸，但不宜使用長實金柑和四季橘。當然，以人工栽種本蝶種的寄主植物，除了根據需求和成本估算種植面積；寄主植物數量也必須配合幼蟲取食量來調控寄主植物葉片的日產量，並調配所需成蝶收穫量、雌雄蝶交配量和日期、產卵數等各項變因，才能真正將柑橘鳳蝶推廣和運用於休閒觀光產業。

參考文獻

- 日高敏隆、木村武二、小野坂紀子。1959。アゲハチョウ (*Papilio xuthus* L.) の蛹色の保護色の意義。動物学雑誌，68: 6-10。
- 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。
- 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。p. 342。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。p. 142。臺灣省立博物館。臺北。臺灣。
- 李惠永、楊平世。2005。國有林蝶類重要棲地及資源—東部地區—。pp. 46-48。行政院農業委員會林務局。臺北。臺灣。
- 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。
- 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。
- 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。
- 徐埈峰。2002。臺灣蝶圖鑑第二卷。pp. 82-85。國立鳳凰谷鳥園。南投。臺灣。
- 徐埈峰。2013。臺灣蝴蝶圖鑑(上) 弄蝶、鳳蝶、粉蝶。pp. 248-250。晨星出版有限公司。臺中。臺灣。
- 陳昭明。1988。植物保護。pp. 379-380。五洲出版社。臺北。臺灣。
- 陸宴輝、張永軍、吳孔明。2008。植食性昆蟲的寄主選擇機理及行為調控策略。生態學報, 28: 5113-5122。
- 陳素瓊、游書萍、歐陽盛芝。2018。溫度對柑橘鳳蝶生長發育的影響。國立臺灣博物館學刊, 71(3): 1-18。
- 游書萍、歐陽盛芝、陳素瓊。2017。柑橘鳳蝶的生活史。宜蘭大學生物資源學刊, 13: 80-98。
- 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。
- 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。中國林業出版社, 北京, 中國, 第 172-173 頁。
- 關崇智。1987。昆蟲生理學。p. 692。國立編譯館主編。南山堂出版社發行。臺北。。

- Dyar, H. G. 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche*, 5: 420-422.
- Hazel, W. N. 1977. The genetic basis of pupal colour dimorphism and its maintenance by natural selection in *Papilio polyxenes* (Papilionidae: Lepidoptera). *Heredity*, 38: 227-236.
- Hazel, W. N., and D. A. West. 1982. Pupal colour dimorphism in swallowtail butterflies as a threshold trait: selection in *Eurytides marcellus* (Cramer). *Heredity*, 49: 295-301.
- Honda, K. 1979. Environmental effectors affecting the pupal coloration in *Papilio protenor demetrius* CR. (Lepidoptera: Papilionidae). I. Effect of chemical stimulus (odor). *Kontyu*, 47: 191-195.
- 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.
- Morita, M., and S. Tojo. 1985. Relationship between starvation and supernumerary ecdysis and recognition of the penultimate-larval instar in the common cutworm, *Spodoptera litura*. *Insect Physiol.*, 31: 307-313.
- Sims, S. R., and A. M. Shapiro. 1983. Pupal diapause in *Battus philenor* (Lepidoptera: Papilionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 76: 407-412.
- West, D. A., and W. N. Hazel. 1985. Pupal colour dimorphism in swallowtail butterflies: timing of the sensitive period and environmental control. *Physiol. Entomol.*, 10: 113-119.

108年 5月 10日 投稿
108年 7月 25日 接受

