

國立台東大學生命科學研究所

碩士論文

紅紋鳳蝶取食港口馬兜鈴不同生長期葉片之
生活史特性比較

Comparisons of the larval life history traits of
Pachliopa aristochiae fed with *Aristolochia zollingeriana* leaves
at different stages

研 究 生：吳尚澄 撰

指導教授：彭仁君 博士

中華民國九十六年七月

博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立臺東大學 生命科學 系(所)
組 九十五 學年度第 二 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：紅紋鳳蝶取食港口馬兜鈴不同生長期葉片之生活史特性比較

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予下列單位：

同意	不同意	單 位
☒	☐	國家圖書館
☒	☐	本人畢業學校圖書館

得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或其他各種數位化方式重製後散布發行或上載網站，藉由網路傳輸，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，請將全文資料延後半年再公開。

公開時程

立即公開	一年後公開	二年後公開	三年後公開
			☒

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：胡仁君 (親筆簽名)

研究生簽名：吳尚澄 (親筆正楷)

學 號：9300805 (務必填寫)

日 期：中華民國 96 年 7 月 30 日

1. 本授權書 (得自 <http://www.lib.nttu.edu.tw/theses/> 下載) 請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。

2. 依據 91 學年度第一學期一次教務會議決議: 研究生畢業論文「至少需授權學校圖書館數位化，並至遲於三年後上載網路供各界使用及校內瀏覽。」

國立台東大學
學位論文考試委員審定書
系所別：生命科學研究所

本班 吳尚澄 君

所提之論文 紅紋鳳蝶取食港口馬兜鈴不同生長期葉片之
生活史特性比較

業經本委員會通過合於 ☒ 碩士學位論文 條件
☐ 博士學位論文

論文學位考試委員會：鄧耀綸
(學位考試委員會主席)

李仁昌

(指導教授)

論文學位考試日期： 年 月 日

國立台東大學

- 附註：1. 本表一式二份經學位考試委員會簽後，送交系所辦公室及註冊組或進修部存查。
2. 本表為日夜學制通用，請依個人學制分送教務處或進修部辦理。

致謝

能夠畢業拿到學位，真的很感謝我的指導老師 彭仁君 博士，沒有老師的收留與幫忙，我就沒有今天這本論文的完成，早已離開學校，帶著失望及遺憾，這些經歷或許是我人生中很好的磨練，感觸很深也很難得。

感謝我的指導老師 彭仁君 博士，從論文的方向、題材、實驗設計到撰寫、審閱及最後的口試，老師總是不厭其煩的督促我。雖然我總是常常鬧失蹤記，總是火燒屁股了，才又終於出現，在給老師指導的過程中，老師被我氣到、折磨到接近快瘋了！真的很對不起。

此外，非常感謝國立屏東科技大學森林系 郭耀綸 博士以及國立中興大學昆蟲系 葉文斌 博士兩位口試委員特別抽空遠道而來，並給予我寶貴的指教與建議，讓我受益匪淺。

研究期間特別感謝淳信的經驗指教，讓我能順利快速進入紅紋鳳蝶的研究，及日以繼夜的情義相挺陪伴我趕論文。感謝所上的惠嵐小姐，從就讀到畢業這段時間給我許多關照與方便，常常幫我留意賺錢機會，為了我的事情犧牲自己的假期與精神，真的很感謝妳。很感謝蘇俊榮老師、何源興大哥、楊惠春大姐、宏彥及詩韻，在我研究最徬徨時，適時給我關心與鼓勵。很感謝佳蓮、育峰、旭昇、士慶、俊偉、宗憲、怡蓁、雅靖、智翔、揆廷、婉瑜及佩珊等，讓我有很快樂的學校生活，有可以宣洩舒壓的管道，時時給我課業上的協助與生活上照顧。再次

感謝協助口試各項事宜的惠嵐小姐、淳信及文楷，有妳們的幫忙讓我口試得以順利。

在台東生活的日子，特別感謝大學同學誌剛、誌剛全家人(爸爸、媽媽、大姐及二姐)、王信棟先生、許育文先生、邱耀鋒先生、張品澤先生等，在台東生活上的照顧與幫忙，讓我感到溫暖，真的很感謝。

最後感謝我親愛的家人，感謝爸爸吳福春、媽媽吳春花、外公吳添喜及外婆羅鳳娥，在經濟上的支援，讓我無後顧之憂，時時給我關心與鼓勵，感謝妹妹吳姍真及吳少華的支持與包容，感謝你們大家。感謝一直陪伴我的女友劉虹伶，不時為我加油打氣與安慰，雖然妳我之間有許多起伏與挫折，真的要謝謝妳的體諒與包容，我會更珍惜這份感情。
謹將這得來不易的論文獻給～我最愛的家人！

感謝我的指導老師 彭仁君博士，謹致上無限的感激與謝意！

紅紋鳳蝶取食港口馬兜鈴不同生長期葉片之 生活史特性比較

吳尚澄

國立台東大學生命科學研究所

摘要

紅紋鳳蝶(*Pachliopta aristolochiae interposita* Fruhstorfer)在台灣低海拔為全年常見的鳳蝶，港口馬兜鈴(*Aristolochia zollingeriana* Mig.)為其寄主食草植物之一，紅紋鳳蝶雌蝶產卵偏好嫩葉與嫩莖部位，而紅紋鳳蝶的產卵數高、生活史短與發育速率快，當港口馬兜鈴嫩葉葉片不足或被吃完，幼蟲必須轉而取食老熟的葉片，在取食不同生長期葉片情況下，幼蟲的生長、發育與存活將形成何種差異，是本論文所要探討之主題。本研究使用嫩、熟及老三種不同生長程度的港口馬兜鈴葉片，供紅紋鳳蝶幼蟲取食，以比較紅紋鳳蝶在此三種葉片取食之各齡蟲大小、體重、發育時間及存活等生活史特性之差異，並探討此對其族群發展之影響。研究結果發現，取食不同生長期葉片之各齡期幼蟲，其發育時間與存活率都有顯著差異；第五齡期幼蟲之化蛹率與羽化率也都有極顯著差異，以取食老葉之幼蟲所需發育時間最長。不同生長期葉片之成份比較，以嫩葉所含的水分最高，粗纖維最低；熟

葉所含的總氮及葉綠素最高；老葉相對葉片最硬，總氮及葉綠素也最少。第二齡至第五齡期之幼蟲，皆以取食老葉之食葉面積是最少。在幼蟲期餵食不同生長期的葉片，對其平均發育時間、幼蟲存活率、化蛹率、羽化率與下一代的產卵量等，皆造成有顯著差異影響。相較於取食老葉之幼蟲，取食嫩葉與熟葉之幼蟲，其發育時間較短且幼蟲存活率、化蛹率與羽化率相對較高，而其各齡幼蟲的食葉面積和下一代的產卵量則較多。本研究推論食草的品質優劣與幼蟲的取食消化能力，可能是影響幼蟲個體發育表現的重要因子，並會進一步影響到其族群的增長潛力，其長期對於紅紋鳳蝶族群動態之影響，是值得進一步探討之課題。

關鍵字：紅紋鳳蝶、港口馬兜鈴、生活史特性、葉片生長期

Comparisons of the life history traits of
Pachliopta aristolochiae* fed with *Aristolochia zollingeriana
leaves of different developmental stages

Shang-Cheng Wu

Abstract

Pachliopta aristolochiae interposita Fruhstorfer is one common butterfly distributing at low elevation area in Taiwan. The females prefer to lay their eggs on young leaves and young stems of one of its foodplant *Aristolochia zollingeriana* Miq.. They have high fecundity, short life history and high development rate. When the young leave of foodplant were insufficient or were eaten up by larvae in turn, they must feed on old leave. Hence, this study focused on the variations of the life history traits fed with the leaves of *A. zollingeriana* at different stages. We investigated the variation of growth, development, survival and fecundity at each instar fed with young, mature and old leaves, and discussed their influences on their population growth. The results showed that developmental times ($P < 0.0001$), survival rates ($P < 0.05$), pupation rate and emergence rate

($P < 0.0001$) were significantly different among groups fed with different stages of leaves. The larvae had longest developmental time from egg to eclosion fed with old leaves. The leaf qualities had distinct differences between different leaves. In young leaves, the moisture content was highest, and the content of crude fibre was lowest. The total nitrogen and chlorophyll were highest in mature leaves and lowest in old one. The hardness was highest in old leaves. The result shows that leaf consumption and offspring fecundity were significantly higher for larvae fed with young and mature leaves than that fed with old leaves. We suggest foodplant quality and larval feeding ability are the key factors influencing life history traits. Consequently, these factors will determine its population growth capacity. Therefore, these long term effects on its population dynamics are important topics for future study.

Keywords : *Pachliopta aristolochiae interpositas*, *Aristolochia zollingeriana*, life history traits, leaves of different developmental stages.

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	iii
目 錄.....	v
附表目錄.....	vii
附圖目錄.....	iX
壹、前言.....	1
貳、材料及方法.....	4
I、材料.....	4
II、試驗方法.....	6
III、資料分析.....	9
參、結果.....	11
一、供試驗用卵粒生活史特性.....	11
二、嫩葉餵食一齡期幼蟲生活史特性.....	11
三、不同生長期葉片飼育之幼蟲生活史特性.....	11
四、一齡後幼蟲供給不同生長期葉片之食葉面積.....	19
五、不同生長期葉片之成份與發育生長的關係.....	19
六、子代紅紋鳳蝶產卵量.....	20

七、在不同起始齡期進行不同生長期葉片飼育幼蟲之生活史特性.....	21
肆、討論.....	22
一、不同生長期葉片飼育之幼蟲生活史特性.....	22
二、不同生長期葉片飼育之幼蟲對葉片之取食面積.....	22
三、在不同齡期開始飼育不同生長期葉片對其生活史特性之影響.....	23
伍、結論.....	25
陸、引用文獻.....	26



附表目錄

表 1. 取食不同生長期葉片試驗之台東三樣區試驗雌蝶之幼蟲分配.....	35
表 2. 不同起始齡期進行不同生長期葉片飼育幼蟲個體分配.....	35
表 3. 台東三樣區試驗雌蝶產卵數、卵粒徑、卵粒高、卵期發育時間與孵化率.....	36
表 4. 台東三樣區試驗雌蝶之第一齡期幼蟲的頭殼寬、頭殼長、體重、發育時間與存活率.....	36
表 5. 取食不同生長期葉片之幼蟲期生活史特性差異顯著性比較.....	37
表 6. 取食不同生長期葉片之各齡期幼蟲之體形質重與齡期之線性迴歸.....	39
表 7. 取食不同生長期葉片之蛹期生活史特性差異顯著性比較.....	40
表 8. 不同生長期葉片飼育下之成蟲生活史特性差異顯著性比較.....	41
表 9. 幼蟲取食不同生長期葉片之食葉面積差異顯著性比	

較.....	42
表 10. 不同生長期葉片之成份比較.....	42
表 11. 幼蟲取食不同生長期葉片之食葉面積差異顯著性比較.....	43
表 12. 幼第三齡開始，進行不同生長期葉片飼育之幼蟲存活率、化蛹 率及羽化率.....	43



附圖目錄

圖 1. 取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶二至五齡期幼蟲齡期(X)與頭殼寬(Y)之線性迴歸.....	30
圖 2. 取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶二至五齡期幼蟲齡期(X)與頭殼長(Y)之線性迴歸.....	31
圖 3. 取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶二至五齡期幼蟲齡期(X)與體重(Y)之線性迴歸.....	32
圖 4. 取食不同生長期葉片之雌雄蝶壽命.....	33
圖 5. 第二齡至第五齡期幼蟲，取食不同生長期葉片之食葉總面積.....	33
圖 6. 第二齡至第五齡期幼蟲，取食不同生長期葉片之食葉面積.....	34

壹、前言

植食性昆蟲大半的時間與寄主植物密不可分，許多種類並對不同的寄主植物具有很高的偏好差異(Sezer and Butlin, 1998)。植食性昆蟲對寄主植物的攝食偏好與適應包括 (1) 雌蟲的產卵偏好 (2) 幼蟲的攝食傾向 (3) 幼蟲的生理消化功能等有關方面 (Bush, 1974)。其中，幼蟲對寄主植物的適應能力，常常伴隨雌蟲的產卵偏好而改變(Smilely, 1978)，植物的部位對於產卵偏好也會產生影響(Papaj and Rausher, 1987)。產卵位置的分布呈現同種間的資源分配型式，此將影響同種個體彼此間的競爭與存活，因此雌蝶產卵位置的分布決定了未來生活史特性與所受到的環境壓力(Resetrarits, 1996)。物種能生存並成功繁衍下一代需要很多有利的構成要件，植食性昆蟲對食草的選擇對其演化結果將有重要影響，此乃因由卵發育至成蟲羽化之過程中，會受到食物、氣候、同種及異種生物等外在因子的影響，這些影響將表現在個體發育速率的快慢、繁殖力的大小及死亡率的高低等，進而限制了族群的數量、存活和分佈上的發展。

紅紋鳳蝶(*Pachliopta aristolochiae interposita* Fruhstorfer)為台灣常見的鳳蝶科(Papilionidae)種類(陳，1987；白 & 王，1998)，此屬與金鳳蝶屬(*Troides*)、麝香鳳蝶屬(*Byasa*)關係密切，幼蟲均食馬兜鈴科植物(Raushcr, 1981)。

紅紋鳳蝶在世界上主要分佈西達印度半島；南到印尼群島；北至中國大陸華南地區，東到菲律賓群島(白水，1960)。台灣分布由平地到海拔 1000 公尺地區，也包括離島之蘭嶼和綠島(山中，1971)，紅紋鳳蝶在台灣南部為全年可見，北部則除冬季低溫外，全年皆有成蝶的蹤跡(陳，1990)。

此蝶之幼蟲寄主植物以馬兜鈴科(Aristolochiaceae)的植物為食，在台灣之食草

植物包括台灣馬兜鈴(*Aristolochia shimadai* Hayata)、港口馬兜鈴(*Aristolochia zollingeriana* Miq.)、卵葉馬兜鈴(*Aristolochia tagala* Champ)、瓜葉馬兜鈴(*Aristolochia cucurbitifolia* Hayata)、高氏馬兜鈴(*Aristolochia kaoi* Liu and Lai)及琉球馬兜鈴(*Aristolochia liukiuensis* Hatusima)等(廖, 1977; 李, 1984; 吳, 1994)。

許多昆蟲能分泌具有毒性及忌避作用的警戒性費洛蒙 (alarm pheromone), 用以保護自己防禦敵人, 而寄主植物體所含的化學成份, 可能扮演蝴蝶天敵忌避物 (deterrent)、雌蝶產卵誘導劑 (ovipositing attractants) 及幼蟲攝食誘導劑 (feeding attractants) 等 (Ohsugi et al., 1985; Nishida and Fukami, 1989b)。取食馬兜鈴科之蝶類幼蟲也須受植物中的馬兜鈴酸刺激後才會取食, 幼蟲取食後體內堆積此刺激物, 以避免被天敵掠食的機會 (Nishida and Fukami, 1989a)。而這些刺激物與寄主植物中所含的化學成份, 有直接或間接的關係存在 (關, 1987; Nishida and Fukami, 1989a; 盧, 1989)。另葉片的形狀和大小與寄主植物所表現出不同的生理狀況, 也會影響蝴蝶產卵 (Ilse, 1937; Stanton, 1982; Rausher, 1987)。

在野外觀察發現, 於人工種植的港口馬兜鈴植株上, 紅紋鳳蝶產卵較偏好嫩葉與嫩莖部分。又因紅紋鳳蝶生活史短、發育速率快、生殖力強 (陳, 1990), 當族群密度升高時, 往往造成寄主植物嫩葉部分較早被其幼蟲啃食殆盡, 進而再取食成熟及枯老黃化的葉片, 甚至有老熟幼蟲將寄主植物莖部環狀剝皮 (照片 1), 加速植物的死亡 (何 & 張, 1997)。

當港口馬兜鈴嫩葉葉片不足或被吃完時, 幼蟲只能改取食條件較差之老熟黃化的葉片, 在取食不同生長葉片情況下, 對其生長、發育、存活與繁殖將造成何種差異? 本研究以實驗室內人工飼育的方式, 使用嫩、熟及老三種不同生長程度葉片, 供紅紋鳳蝶幼蟲取食, 以比較分析不同生長期葉片對紅紋鳳蝶生長發育、

存活與繁殖等生活史特性，並探討對其族群發展之影響。



貳、材料與方法

I、材料

一、研究蝶源採集

本研究在台東縣卑南鄉、鹿野鄉及延平鄉境內，人工種植馬兜鈴科植物及紅紋鳳蝶活動數量較多之地點，將當日交尾後的紅紋鳳蝶成蝶，使用捕蟲網進行採集，攜回溫室內飼養與產卵。每日早晚各餵食一次 10% 蜂蜜水，提供港口馬兜鈴食草讓其產卵，直到不再產卵。

二、蝶源樣區描述

本研究蝶源的採集地點，在台東縣卑南鄉東興村、鹿野鄉龍田村及延平鄉鸞山村（照片 2），以下分別敘述各樣區之周邊環境條件。

（一）台東縣卑南鄉東興村（T-BD）

台東縣卑南鄉東興村，位於台東平原邊緣的丘陵地帶，在大南南溪和大南北溪匯流（兩溪匯流後，始稱為利嘉溪）處旁，西倚中央山脈。此樣區（T-BD）共有二個區塊，在大南國小校園內，區塊 T-BD-A 內，約有 102 棵港口馬兜鈴植株，攀附生長於高約 180 公分之鐵絲網（照片 3）；區塊 T-BD-B 內，約有 82 棵港口馬兜鈴植株，攀附生長於高約 150 公分之鐵絲網（照片 4），鄰近有竹林及水稻田等環境。

於 2006 年 12 月 4 日採集到交尾之紅紋鳳蝶雌蝶 2 隻，分別加以編號為：T-BD-1 及 T-BD-2。當日上午十時均溫在 24.3°C 至 28.6°C 之間，相對濕度在 72% 至 86.5% 之間；又於 2007 年 3 月 8 日採集到剛交尾後之紅紋鳳蝶雌蝶 2 隻，

分別加以編號為：T-BD-3 及 T-BD-4。當日上午十時均溫在 28.3℃ 至 30.5℃ 之間，相對濕度在 68% 至 84.5% 之間。

（二）台東縣鹿野鄉龍田村（T-LL）

台東縣鹿野鄉龍田村，位於台東縱谷南段，海拔約 170~220 公尺，有鹿野斷層經過。東臨卑南溪、遠眺海岸山脈都蘭山，西倚中央山脈，北有高台屏障，南臨鹿野溪。此樣區（T-LL）共有二個區塊，位在果園內，區塊 T-LL-A 內，約有 28 棵港口馬兜鈴植株及 43 棵台灣馬兜鈴植株，攀附生長於高約 150 公分之鐵絲網（照片 5）；區塊 T-LL-B 內，約有 194 棵港口馬兜鈴植株，攀附生長於高約 250 公分之鐵絲網（照片 6），鄰近皆為果園環境。

於 2007 年 3 月 9 日採集到剛交尾後之紅紋鳳蝶雌蝶 2 隻，分別加以編號為：T-LL-1 及 T-LL-2。當日上午十時均溫在 29.5℃ 至 31.8℃ 之間，相對濕度在 66.5% 至 82% 之間。

（三）台東縣延平鄉鸞山村（T-YL）

台東縣延平鄉鸞山村，位於都蘭山西麓，東倚海岸山脈、西臨卑南溪。此樣區（T-YL）位在鸞山國小校園內，區塊 T-YL-A 內，約有 48 棵港口馬兜鈴植株，攀附生長於高約 200 公分之鐵絲網（照片 7），鄰近為果園環境。

於 2007 年 3 月 9 日採集到剛交尾後之紅紋鳳蝶雌蝶 1 隻，分別加以編號為：T-YL-1。當日中午十二時均溫在 30.2℃ 至 32.8℃ 之間，相對濕度在 54.5% 至 68% 之間。

三、試驗用葉片來源

台東市區網室內，人工栽種 15 棵港口馬兜鈴植株，攀附生長於高約 300 公分之鐵絲網，種植時間超過半年以上，期間無噴灑任何農藥，每日傍晚澆水一次，每三週固定施放一次速效複合肥(花寶二號：均衡氮磷鉀配方)。但於進行試驗前六週停止施放速效複合肥，並標記頂芽下的葉片生長天數，以供往後各項試驗之所需。

I I、試驗方法

一、 供試驗用卵粒之處理

本研究自 2006 年 12 月初至 2007 年 5 月底，期間每日觀察記錄至少兩次，從上午八時至晚上八時，於實驗室內室溫在 22℃ 至 28℃ 之間，相對濕度在 62% 至 94% 之間，在 12L:12D 的條件環境下，於野外三地所採集到之紅紋鳳蝶雌蝶，分別置於實驗室內人工栽種的港口馬兜鈴植株之網套盆栽中，待其產卵（照片 8），產下之卵粒進行後續各項試驗。

將各雌蝶於不同時間所產下之卵粒，共 260 粒，分別給予編號，置於直徑 9 cm，高 1.5 cm 之透明培養皿中，待其孵化。每兩天利用 Nikon 解剖顯微鏡，觀察卵粒之外部形態。以日製 Mitutoyo 電子游標尺（準確至 0.01mm）量測卵的直徑及高度，並記錄其卵期發育時間與孵化率（順利孵化的幼蟲數/卵數）。

卵粒呈球形，為橙紅色，頂端有突起，突起之經線方向有 20 條縱列至底部之黃色線狀（照片 9）。

二、 第一齡期幼蟲之嫩葉餵食處理

在實驗室內環境下，將剛孵化後之第一齡幼蟲，共 242 隻，分別移置直徑 11

cm，高 8.5 cm 之飼養紙盒中，紙盒上部有 0.1×0.1 cm 孔洞大小的綠色沙網覆蓋，以單隻飼養方式，每日摘取新鮮且足夠之港口馬兜鈴嫩葉（生長 10～20 日的淡黃綠色嫩葉，相當於頂芽下第 4～8 片葉）（照片 10）供其取食。每兩天利用 Nikon 解剖顯微鏡，觀察一齡幼蟲之外部形態變化及取食與蛻皮情形。以電子游標尺（準確至 0.01mm）量測一齡幼蟲的頭殼寬及頭殼長。以日製 ANDER-182A 電子天平（準確至 0.0001g）量測一齡幼蟲的體重，並記錄其第一齡期發育時間與存活率（順利蛻皮成功進入二齡的幼蟲數/一齡的幼蟲數）。

一齡幼蟲頭部為黑褐色具光澤且有黑色毛，臭角為黃色，亞背線上之肉質突起在第 2～3 胸節為淺紅色、第 1～2 腹節為暗紅色、第 3 腹節為白色、第 4 腹節為淡黃色、第 5～6 腹節為暗紅色、第 7～9 腹節為淡黃色，而此肉質突起末端皆具有黑色毛（照片 11）。

三、 取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶幼蟲生活史

將台東三樣區野外不同雌蝶同時進入第二齡之子代幼蟲，平均分配於試驗之三組不同生長期之港口馬兜鈴葉片（表 1），供其取食，以做為不同之實驗處理：第一組—供給與剛孵出的一齡幼蟲所食相同之嫩葉，共 82 隻；第二組—供給熟葉（生長 21～40 日的深綠色熟葉，相當於頂芽下第 11～15 片葉）（照片 12），共 78 隻；第三組—供給黃化尚未乾枯之老化葉片（生長 45 日以後的黃色老葉）（照片 13），共 82 隻。三組實驗的幼蟲皆取食足夠且新鮮的葉片，直至其準備化蛹不再繼續取食為止。以目視法直接觀察二齡至五齡幼蟲期及蛹期其各階段形態變化及取食、蛻皮、化蛹與羽化情形，以電子游標尺（準確至 0.01mm）及電子天平（準確至 0.0001g），分別量測各齡期幼蟲的頭殼寬與長，各個蛹體的蛹背面長、腹面

寬、側面高與蛹濕重，成蝶的前翅長（沿前翅前緣自翅基量至翅頂）、體長（頭部頂端量至腹部末端）與當日死亡之蝶的死體濕重。並記錄各齡期幼蟲發育所需的時間、存活率（順利蛻皮成功進入下一齡期的幼蟲數/前一齡期的幼蟲數）、化蛹率（順利化蛹成功的蛹數/五齡期的幼蟲數）及蛹的羽化率（順利羽化成功的成蝶數/蛹數）。並觀察羽化後之成蝶，於室外網室自行吸食蜜源植物，直到成蝶死亡，記錄其壽命。

四、 幼蟲取食不同生長期葉片面積之比較

參考（楊，1989；吳，1994）報告，每天採取新鮮之港口馬兜鈴葉片，分別給予各幼蟲取食足夠之不同生長期葉片，取食嫩葉幼蟲共 82 隻；取食熟葉幼蟲共 78 隻；取食老葉幼蟲共 82 隻。利用方格紙粗略估算葉片的面積，置於飼養盒中供其取食，隔日再測量取食後剩餘的葉片面積，兩者相減，粗估出各幼蟲每天之食葉面積，並記錄其蛻皮的時間，加以累計二齡至五齡幼蟲期的食葉面積。

五、 不同生長期葉片內成份之測定

不同生長期葉片內成份之測定，委託財團法人食品工業發展研究所檢測。平均採集每株港口馬兜鈴上之不同生長期葉片，皆於 2007 年 5 月 13 日中午進行，並分別將其分裝，各葉片皆濕重 250 公克，當日以冷藏方式寄送，進行分析與檢驗，檢驗項目有：各葉片水分、灰分、粗纖維、總氮及葉綠素。檢驗這些項目主要的目的是要了解各葉片摘後的情況，因葉片水分含量、柔軟度及營養源等，皆會影響被供給之幼蟲的生長發育（Doak et. al., 2006）。

六、取食不同生長期葉片之子代紅紋鳳蝶產卵數比較

於室外網室內以目視法直接觀察，取食不同生長期葉片之子代紅紋鳳蝶交尾的情形（照片 14），並記錄其成功交尾的雌蝶隻數及產卵量。

七、在不同起始齡期進行不同生長期葉片飼育幼蟲之生活史特性

改變幼蟲取食不同生長期葉片之齡期，將同時進入第三齡之野外雌蝶子代幼蟲，分別平均分配於試驗之三組不同生長期之港口馬兜鈴葉片（表 2），供其取食，以做為不同之實驗處理：第一組—供給與剛孵出的一齡幼蟲所食相同之嫩葉，共 14 隻；第二組—供給熟葉（生長 21~40 日的深綠色熟葉，相當於頂芽下第 11~15 片葉），共 14 隻；第三組—供給黃色老化葉片，共 13 隻。三組實驗的幼蟲皆取食足夠且新鮮的葉片，直至其準備化蛹不再繼續取食為止。以目視法直接觀察三齡至五齡幼蟲期及蛹期其各階段形態變化及取食、蛻皮、化蛹與羽化情形。並記錄各齡期幼蟲發育所需的時間、存活率（順利蛻皮成功進入下一齡期的幼蟲數/前一齡期的幼蟲數）、化蛹率（順利化蛹成功的蛹數/五齡期的幼蟲數）及蛹的羽化率（順利羽化成功的成蝶數/蛹數）。

III、資料分析

以 SAS(1989)統計軟體進行下列各類型資料之分析。

（一）卡方檢定（Chi-square Test）

1. 台東三樣區不同試驗雌蝶的孵化率差異。
2. 不同生長期葉片飼育幼蟲之第二齡期至第五齡期幼蟲存活率差異。
3. 不同生長期葉片飼育幼蟲之蛹期化蛹率及羽化率差異。
4. 不同生長期葉片飼育幼蟲之子代雌蝶孵化率差異。

(二) 以單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 分別檢驗，再以 LSD Test

比較組間差異之顯著性，顯著水準設定為 $P < 0.05$ 。

1. 台東三樣區的卵期與第一齡期發育時間差異。
2. 不同生長期葉片飼育幼蟲之第二齡期至第五齡期幼蟲、蛹期與卵期至羽化的發育時間差異。
3. 不同生長期葉片飼育幼蟲之第二齡期至第五齡期幼蟲的食葉面積差異。
4. 台東三樣區不同試驗雌蝶的卵直徑寬與卵高差異。
5. 台東三樣區不同試驗雌蝶的第一齡期幼蟲頭殼寬與頭殼長差異。
6. 不同生長期葉片飼育幼蟲之第二齡期至第五齡期幼蟲頭殼寬與頭殼長差異。
7. 不同生長期葉片飼育幼蟲之蛹體背面長、腹面寬、側面高與蛹體濕重差異。
8. 不同生長期葉片飼育幼蟲之成蝶翅長、體長與成蝶濕重差異。
9. 不同生長期葉片飼育幼蟲之子代雌蝶的卵直徑寬與卵高差異。

參、結果

一、供試驗用卵粒生活史特性

各樣區試驗雌蝶在實驗室內所產下之卵粒大小，卵粒平均直徑為 1.21 ± 0.07 mm，卵粒平均高為 1.34 ± 0.04 mm ($N=260$)。卵期平均發育時間為 4.41 ± 0.39 天 ($N=242$)，平均孵化率達 93.08 % ($N=260$) (表 3)。

二、嫩葉餵食一齡期幼蟲生活史特性

以嫩葉飼育不同樣區之一齡幼蟲，其平均頭殼寬為 0.74 ± 0.01 mm，平均頭殼長為 0.57 ± 0.02 mm，平均體重為 31.7 ± 4.8 mg ($N=242$)。第一齡期幼蟲平均發育時間為 3.74 ± 0.38 天 ($N=242$)，平均存活率皆高達 100 % ($N=242$) (表 4)，並無幼蟲生病或死亡現象，皆成功蛻皮進入下一個齡期。

三、不同生長期葉片飼育之幼蟲生活史特性

(一) 第二齡幼蟲

在體色上，吃老葉之幼蟲體色與肉質突起的顏色較為淺淡，其體色呈淡紫紅色，臭角為黃色，取食不同生長期葉片之二齡幼蟲體色有明顯之區別。

取食三種不同生長期葉片之幼蟲，其頭殼寬 ($F_{2,211}=413.94$, $P<0.0001$)、與頭殼長 ($F_{2,211}=616.87$, $P<0.0001$)，在取食老葉之幼蟲與取食嫩葉及熟葉之幼蟲上有極顯著差異，而取食嫩葉之幼蟲與取食熟葉之幼蟲上則無顯著差異；其體重 ($F_{2,211}=1025.22$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食嫩葉、熟葉及老葉

之幼蟲三者間皆有極顯著差異。取食嫩葉之幼蟲頭殼寬平均為 1.13 ± 0.03 mm，頭殼長平均為 1.06 ± 0.02 mm，體重平均為 0.1377 ± 0.0114 g (N=82)；取食熟葉之幼蟲頭殼寬平均為 1.12 ± 0.03 mm，頭殼長平均為 1.06 ± 0.02 mm，體重平均為 0.1200 ± 0.0068 g (N=78)；取食老葉之幼蟲頭殼寬平均為 0.99 ± 0.03 mm，頭殼長平均為 0.92 ± 0.04 mm，體重平均為 0.0668 ± 0.0079 g (N=54) (表 5)。以取食老葉之幼蟲頭殼寬與長顯著較窄小，體重顯著較輕。

取食不同生長期葉片之幼蟲，其發育時間 ($F_{2,211}=977.80$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異，存活率 ($X^2=45.44$, $d.f.=2$, $P<0.0001$) 也有極顯著差異。取食嫩葉之平均發育時間為 4.01 ± 0.17 天，其平均存活率高達 100 % (N=82)；取食熟葉之平均發育時間為 5.01 ± 0.38 天，其平均存活率也高達 100 % (N=78)；取食老葉之平均發育時間為 6.28 ± 0.29 天，其平均存活率僅為 66 % (N=54) (表 5)。以取食老葉之幼蟲所需之發育時間較長，存活率較低。取食老葉存活率偏低之幼蟲，在準備進入下一個齡期時，往往無法蛻皮或蛻皮失敗，造成幼蟲死亡之現象。

(二) 第三齡幼蟲

取食老葉之第三齡幼蟲的體色與肉質突起顏色也皆為較淺淡色，體色呈淡紫紅色，臭角為黃色，但三者頭殼之寬與長及體型皆較第二齡幼蟲大。

取食不同生長期葉片之第三齡幼蟲，其頭殼寬 ($F_{2,211}=268.21$, $P<0.0001$) 與體重 ($F_{2,201}=4760.92$, $P<0.0001$)，在取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異；其頭殼長 ($F_{2,211}=341.21$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食老葉之幼蟲與取食嫩葉及熟葉之幼蟲上有極顯著差異，而取食嫩葉之幼蟲與取食

熟葉之幼蟲上則無顯著差異。取食嫩葉之幼蟲頭殼寬平均為 1.81 ± 0.05 mm，頭殼長平均為 1.68 ± 0.04 mm，體重平均為 0.4505 ± 0.0164 g (N=82)；取食熟葉之幼蟲頭殼寬平均為 1.79 ± 0.03 mm，頭殼長平均為 1.67 ± 0.03 mm，體重平均為 0.5484 ± 0.0229 g (N=75)；取食老葉之幼蟲頭殼寬平均為 1.41 ± 0.04 mm，頭殼長平均為 1.32 ± 0.02 mm，體重平均為 0.2141 ± 0.0145 g (N=49) (表 6)。在供給不同生長期葉片，經過兩個齡期後，取食老葉之幼蟲頭殼寬與頭殼長顯著較取食其它葉片之幼蟲來得窄小，甚皆不及 1.50 mm；取食熟葉之幼蟲體重相較為重，是取食老葉之幼蟲者體重的 2 倍以上。

取食不同生長期葉片之幼蟲，其發育時間 ($F_{2,203}=1074.53$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異，存活率 ($X^2=7.10$, $d.f.=2$, $P=0.0288$) (表 5) 也有顯著差異。取食嫩葉之平均發育時間為 3.6 ± 0.23 天，其平均存活率高達 100 % (N=82)；取食熟葉之平均發育時間為 4.13 ± 0.16 天，其平均存活率也高達 96 % (N=75)；取食老葉之平均發育時間為 6.18 ± 0.54 天，其平均存活率為 91 % (N=49) (表 5)。以取食老葉之幼蟲所需之發育時間較長，至少需 5.5 天以上，其幼蟲的存活率也較其他取食嫩、熟葉的幼蟲低，但相較於取食老葉之第二齡幼蟲之存活率，其死亡比率已明顯下降。

(三) 第四齡幼蟲

取食嫩、熟葉之四齡幼蟲體色更為暗呈深紫紅色，取食老葉之幼蟲體色與肉質突起顏色依然較為淺淡，體色呈淡紫紅色，臭角為黃色，活動力也較差。在外部形態及體型上，取食不同生長期葉片之四齡幼蟲已有明顯之區別。

取食不同生長期葉片之第四齡幼蟲，其頭殼寬 ($F_{2,211}=193.13$, $P<0.0001$)

與頭殼長 ($F_{2,211}=218.78$, $P<0.0001$)，在取食老葉之幼蟲與取食嫩葉及熟葉之幼蟲上有極顯著差異，而取食嫩葉之幼蟲與取食熟葉之幼蟲上則無顯著差異；體重 ($F_{2,201}=2566.40$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異。取食嫩葉之幼蟲頭殼寬平均為 2.8 ± 0.06 mm，頭殼長平均為 2.66 ± 0.05 mm，體重平均為 0.9913 ± 0.0555 g ($N=82$)；取食熟葉之幼蟲頭殼寬平均為 2.85 ± 0.05 mm，頭殼長平均為 2.72 ± 0.04 mm，體重平均為 1.0768 ± 0.0467 g ($N=75$)；取食老葉之幼蟲頭殼寬平均為 2.06 ± 0.07 mm，頭殼長平均為 1.94 ± 0.04 mm，體重平均為 0.4771 ± 0.0309 g ($N=49$) (表 5)。在供給不同生長期葉片，經過三個齡期後，取食熟葉幼蟲頭殼的寬與長，更明顯超過取食嫩葉之幼蟲頭殼寬與長，外觀體型上也較為大，取食老葉之幼蟲頭殼的寬與長仍明顯較窄小，皆不及 2.0 mm；取食熟葉之幼蟲體重相較為重，是取食老葉之幼蟲者體重的 2 倍以上。

取食不同生長期葉片之幼蟲，其發育時間 ($F_{2,203}=437.55$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異。取食嫩葉之平均發育時間為 4.7 ± 0.33 天 ($N=82$)；取食熟葉之平均發育時間為 5.12 ± 0.15 天 ($N=75$)；取食老葉之平均發育時間為 6.17 ± 0.32 天 ($N=49$)，以取食老葉之幼蟲所需之發育時間最長，三者之平均存活率則皆達 100 % (表 5)。

(四) 第五齡幼蟲

外部形態與第四齡幼蟲相似，取食嫩、熟葉之五齡幼蟲體色為呈暗深紫紅色，取食老葉之幼蟲體色與肉質突起顏色依然較為淺淡，體色呈淡紫黑色，臭角為黃色，活動力更差。在體型上，取食不同生長期葉片之五齡幼蟲已有

非常明顯之差異。

取食不同生長期葉片之第五齡幼蟲，其頭殼寬 ($F_{2,211}=248.46$, $P<0.0001$) 與頭殼長 ($F_{2,211}=268.24$, $P<0.0001$)，在取食老葉之幼蟲與取食嫩葉及熟葉之幼蟲上有極顯著差異，而取食嫩葉之幼蟲與取食熟葉之幼蟲上則無顯著差異；體重 ($F_{2,201}=1600.70$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異。取食嫩葉之幼蟲頭殼寬平均為 4.23 ± 0.06 mm，頭殼長平均為 4.21 ± 0.05 mm，體重平均為 1.8728 ± 0.093 g ($N=82$)；取食熟葉之幼蟲頭殼寬平均為 4.32 ± 0.07 mm，頭殼長平均為 4.23 ± 0.04 mm，體重平均為 2.1647 ± 0.1174 g ($N=75$)；取食老葉之幼蟲頭殼寬平均為 2.74 ± 0.1 mm，頭殼長平均為 2.68 ± 0.07 mm，體重平均為 1.1375 ± 0.0745 g ($N=49$) (表 5)。在供給不同生長期葉片，至幼蟲末期時發現，特別在取食嫩、熟葉之五齡幼蟲在體型上，很明顯較第四齡幼蟲來的大，但取食老葉之五齡幼蟲幼蟲，則沒有明顯體型增大，只相當於取食嫩、熟葉之四齡幼蟲。取食嫩、熟葉之五齡幼蟲頭殼寬與長，都較取食老葉之幼蟲者大 1.5 mm 以上；取食熟葉之幼蟲體重相較為重。

取食不同生長期葉片之幼蟲，發育時間 ($F_{2,187}=723.82$, $P<0.0001$) (表 5)，在取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異。取食嫩葉之平均發育時間為 6.9 ± 0.29 天 ($N=82$)；取食熟葉之平均發育時間為 7.22 ± 0.2 天 ($N=75$)；取食老葉之平均發育時間為 10.28 ± 0.92 天 ($N=49$)，三者平均存活率也皆達 100 % (表 5)。以取食老葉之幼蟲所需之發育時間仍為較長，至少需 9.2 天以上。

再將取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶幼蟲二至五齡期為 X 軸，幼蟲頭殼

寬取自然對數(In)為 Y 軸，做直線迴歸 (圖 1)，得 $\ln Y = -0.7418 + 0.4396X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9991$ (取食嫩葉之幼蟲)、 $\ln Y = -0.7787 + 0.4515X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9992$ (取食熟葉之幼蟲)、 $\ln Y = -0.6855 + 0.3433X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9968$ (取食老葉之幼蟲)；幼蟲頭殼長取自然對數(In)為 Y 軸，做直線迴歸 (圖 2)，得 $\ln Y = -0.4011 + 0.4597X$ ，判定係數 $r^2 = 1.0000$ (取食嫩葉之幼蟲)、 $\ln Y = -0.4064 + 0.4640X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9997$ (取食熟葉之幼蟲)、 $\ln Y = -0.4375 + 0.3593X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9989$ (取食老葉之幼蟲)；幼蟲體重取自然對數(In)為 Y 軸，做直線迴歸 (圖 3)，得 $\ln Y = -2.6951 + 0.8619X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9793$ (取食嫩葉之幼蟲)、 $\ln Y = -2.8068 + 0.9352X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9550$ (取食熟葉之幼蟲)、 $\ln Y = -3.5411 + 0.9306X$ ，判定係數 $r^2 = 0.9929$ (取食老葉之幼蟲)(表 6)。得取食不同生長期葉片之幼蟲，在其幼蟲頭殼寬、幼蟲頭殼長及幼蟲體重，三者與齡期皆呈正相關。故幼蟲體型上，自第二齡至第五齡，均以取食嫩、熟葉之幼蟲較取食老葉之幼蟲大及重。

(五) 蛹

取食嫩、熟葉之蛹體的顏色呈茶褐色，而取老葉之蛹體的顏色則為黑褐色，三者蛹體頭部二側有一對突起，蛹體腹部向下彎曲，側面看起來呈 S 型，第 3 胸節到第 3 腹節向二側呈圓弧擴張，第 4 到第 7 腹節之亞背線上具山狀突起。

取食不同生長期葉片之蛹體，在蛹背面長 ($F_{2,187} = 4949.52$, $P < 0.0001$)、蛹腹面寬 ($F_{2,187} = 7462.50$, $P < 0.0001$)、蛹側面高 ($F_{2,187} = 13952.60$, $P < 0.0001$)與蛹之濕重 ($F_{2,211} = 7596.11$, $P < 0.0001$)(表 7)取食嫩葉、熟葉及老葉之蛹

體三者間皆有極顯著差異。取食嫩葉之蛹體平均蛹背面長、蛹腹面寬、蛹側面高與蛹之濕重為 31.67 ± 0.35 mm、 14.21 ± 0.23 mm、 11.61 ± 0.10 mm 及 0.8087 ± 0.0130 g (N=82)；取食熟葉之蛹體平均蛹背面長、蛹腹面寬、蛹側面高與蛹之濕重為 32.20 ± 0.47 mm、 14.52 ± 0.21 mm、 11.93 ± 0.19 mm 及 0.8237 ± 0.0117 g (N=75)；取食老葉之蛹體平均蛹背面長、蛹腹面寬、蛹側面高與蛹之濕重為 21.81 ± 0.92 mm、 8.72 ± 0.31 mm、 7.22 ± 0.11 mm 及 0.5086 ± 0.0158 g (N=33) (表 7)。就蛹體大小與濕重量而言，取食老葉之蛹體平均蛹背面長、腹面寬、側面高與濕重皆為最小。

取食不同生長期葉片之蛹期，在發育時間 ($F_{2,177}=1853.07$, $P<0.0001$) (表 7) 取食嫩葉、熟葉及老葉之蛹期三者間皆有極顯著差異；在化蛹率 ($X^2=41.65$, $d.f.=2$, $P<0.0001$) 與羽化率 ($X^2=30.35$, $d.f.=2$, $P<0.0001$) (表 7) 也有極顯著差異。取食嫩葉之蛹期平均發育時間為 12.16 ± 0.48 天 (N=82)，其平均化蛹率及羽化率皆達 100 % (N=82)；取食熟葉之蛹期平均發育時間為 14.18 ± 0.24 天 (N=75)，其平均化蛹率達 100 % (N=75)、羽化率為 99 % (N=74)；取食老葉之蛹期平均發育時間為 17.33 ± 0.31 天 (N=33)，其平均化蛹率為 67.35 % (N=33)、羽化率為 72.73 % (N=24) (表 7)。以取食老葉之蛹期所需發育時間最長，至少需 17 天。其化蛹率及羽化率皆為最低，主要原因是取食老葉的幼蟲，常在準備進入蛹期蛻皮前就已死亡，或者無法順利蛻皮成功，造成化蛹率及羽化率偏低。

(六) 卵至羽化之總發育時間

由二齡幼蟲開始進行不同生長期葉片飼育之幼蟲試驗中，其由卵至羽化

完成一代所需的發育時間 ($F_{2,177}=5265.02$, $P<0.0001$) (表 7) 在取食嫩葉、熟葉及老葉三者間皆有極顯著差異。取食嫩葉之卵至羽化之總發育時間為 41.57 ± 0.68 天 ($N=82$) ; 取食熟葉之卵至羽化之總發育時間為 45.75 ± 0.56 天 ($N=74$) ; 取食老葉之卵至羽化之總發育時間為 56.17 ± 0.17 天 ($N=24$) (表 7), 仍以取食老葉之幼蟲所需之發育時間最長。

(七) 成蟲體型與壽命

於不同生長期葉片飼育下之成蟲, 以 One-way ANOVA 檢驗, 其前翅長 ($F_{2,177}=8875.63$, $P<0.0001$) 與體長 ($F_{2,177}=150.34$, $P<0.0001$) 於飼育嫩葉、熟葉及老葉之成蟲三者間皆有極顯著差異; 在蝶的死體濕重 ($F_{2,177}=0.87$, $P=0.4202$) 則無顯著差異 (表 8)。取食嫩葉之成蟲前翅長平均為 64.1 ± 0.67 mm, 體長平均為 32.53 ± 0.76 mm, 死體濕重平均為 0.9041 ± 0.0210 g ($N=82$) ; 取食熟葉之成蟲前翅長平均為 66.77 ± 0.68 mm, 體長平均為 33.54 ± 0.49 mm, 死體濕重平均為 0.9233 ± 0.0124 g ($N=74$) ; 取食老葉之成蟲前翅長平均為 45.13 ± 0.88 mm, 體長平均為 23.70 ± 0.38 mm, 死體濕重平均為 0.6434 ± 0.0081 g ($N=24$) (表 8)。取食老葉之成蟲的前翅長及體長明顯較小; 取食熟葉之成蟲的死體濕重相較為重。

取食不同生長期葉片之成蟲, 在其雌蝶壽命 ($F_{2,28}=24.15$, $P<0.0001$)、雄蝶壽命 ($F_{2,146}=21.30$, $P<0.0001$)、平均成蝶壽命 ($F_{2,177}=8.00$, $P<0.0005$) (表 8) 取食老葉之成蟲與取食嫩葉及熟葉之成蟲上有極顯著差異, 而取食嫩葉之幼蟲與取食熟葉之成蟲上則無顯著差異。取食嫩葉之成蟲壽命為 7.3 ± 0.42 天 ($N=82$) ; 取食熟葉之成蟲壽命為 7.25 ± 0.40 天 ($N=74$) ; 取食老葉之成

蟲壽命為 6.93 ± 0.36 天 ($N=24$) (表 8)，其中，雌蝶之壽命較雄蝶之壽命長 (圖 4)。

四、一齡後幼蟲供給不同生長期葉片之食葉面積

紅紋鳳蝶幼蟲期第二齡至第五齡之各齡期食葉面積及食葉總面積，在第二齡食葉面積 ($F_{2,211}=3521.61$, $P<0.0001$)；在第三齡食葉面積 ($F_{2,203}=34478.4$, $P<0.0001$)；在第四齡食葉面積 ($F_{2,203}=10981.00$, $P<0.0001$)；在第五齡食葉面積 ($F_{2,187}=15554.3$, $P<0.0001$)；在第二齡至第五齡之食葉總面積 ($F_{2,187}=38687.5$, $P<0.0001$) (表 9) 取食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲三者間皆有極顯著差異。取食不同生長期葉片之食葉總面積分別為：取食嫩葉 323.81 ± 3.57 cm^2 ；取食熟葉 292.40 ± 2.59 cm^2 ；取食老葉 154.17 ± 2.09 cm^2 (圖 5 及表 9)，幼蟲取食老葉之食葉面積為三者中之最低。而在取食不同生長期葉片之第二齡至第五齡幼蟲，其食葉面積均呈增加趨勢，取食量最多皆為第五齡期 (圖 6)。其中又以取食嫩葉之第五齡期最多，為取食老葉之第五齡期的 2.1 倍。

五、不同生長期葉片之成份與發育生長的關係

不同生長期葉片成份之測定，委託財團法人食品工業發展研究所，進行各葉片水分、灰分、粗纖維、總氮及葉綠素之分析與檢驗 (表 10)。

檢驗之數據顯示，嫩葉所含的水分最高，灰分及粗纖維最低，則葉片最柔軟，幼蟲啃食容易，所以第二齡期至第五齡期幼蟲食葉面積較其它葉片多；熟葉所含的總氮及葉綠素最高，則葉片行光合作用的能力是最高，能供給幼蟲的營養源也

最多，所以幼蟲體型較取食其它葉片的幼蟲大；老葉所含的灰分及粗纖維最高，則葉片最硬，幼蟲啃食不易，造成幼蟲食葉面積為最少，另由於此葉片含磷量最高，且含水量最低，使得葉片有嚴重枯黃老化現象，所以葉綠素最低，相對營養源也最少，因此對於幼蟲之生長發育造成阻礙。

六、子代紅紋鳳蝶產卵量

將經不同生長期葉片飼育幼蟲試驗後的羽化成蝶，分別使其以自然交尾的方式，以目視法直接觀察交尾情形（照片 15）。交尾成功的雌蝶有取食嫩葉 8 隻；取食熟葉 8 隻及取食老葉 4 隻。以 One-way ANOVA 檢驗，其產卵數（ $F_{2,17}=29.93$ ， $P<0.0001$ ），在取食老葉與取食嫩葉及熟葉之子代紅紋鳳蝶產卵量上有極顯著差異，而取食嫩葉與取食熟葉之子代紅紋鳳蝶產卵量上則無顯著差異；其卵直徑（ $F_{2,551}=3.42$ ， $P=0.0334$ ），在取食老葉與取食嫩葉及熟葉之子代紅紋鳳蝶所產的卵粒直徑有顯著差異，而取食嫩葉與取食熟葉之子代紅紋鳳蝶所產的卵粒直徑則無顯著差異；其卵高（ $F_{2,551}=1.32$ ， $P=0.2670$ ）在取食嫩葉、熟葉及老葉之子代紅紋鳳蝶所產的卵粒高，三者間皆無顯著差異。

在不同生長期葉片飼育幼蟲試驗後之子代紅紋鳳蝶，其孵化率（ $X^2=3.63$ ， $d.f.=2$ ， $P=0.1628$ ）（表 11）也無顯著差異。取食嫩葉之雌蝶平均產 28.25 ± 2.44 粒（ $N=8$ ）；取食熟葉之雌蝶平均產 31.13 ± 2.23 粒（ $N=8$ ）；取食老葉之雌蝶平均產 19.75 ± 2.75 粒（ $N=4$ ）。以取食熟葉之雌蝶所產下的卵粒數較多，而取食老葉之雌蝶為最少，孵化率也最低（表 11）。

七、在不同起始齡期進行不同生長期葉片飼育幼蟲之生活史特性

從第三齡開始，進行不同生長期葉片飼育之幼蟲，分別平均分配於試驗之三組不同生長期之港口馬兜鈴葉片，供其取食，三組實驗的幼蟲皆取食足夠且新鮮的葉片，直至其準備化蛹不再繼續取食為止。其卵期之平均發育時間為 4.21 ± 0.29 天 ($N=41$)，孵化率為 100 %。在一齡及二齡幼蟲之嫩葉飼育下，幼蟲第一齡之期平均發育時間為 3.47 ± 0.20 天 ($N=41$)；第二齡期之平均發育時間為 4.40 ± 0.28 天 ($N=41$)。其第一齡及第二齡幼蟲存活率為 100 %。

同時進入第三齡之幼蟲，分別餵食嫩葉、熟葉及老葉之幼蟲，其第三齡之平均發育時間分別為： 4.10 ± 0.15 天 ($N=14$)、 4.02 ± 0.08 天 ($N=14$)、 5.49 ± 0.11 天 ($N=13$)。此齡期幼蟲之存活率分別為：100 %、100 %、93.75 %。其中，在餵食老葉之幼蟲存活率部分，發現有下降的現象，而幼蟲死亡的原因是蛻皮失敗。

第四齡之平均發育時間分別為： 4.62 ± 0.18 天 ($N=14$)、 4.65 ± 0.14 天 ($N=14$)、 5.64 ± 0.23 天 ($N=12$)。此齡期幼蟲之存活率皆為 100 %。

第五齡之平均發育時間分別為： 7.72 ± 0.27 天 ($N=14$)、 7.89 ± 0.25 天 ($N=14$)、 9.98 ± 0.22 天 ($N=12$)。此齡期幼蟲之存活率、化蛹率及蛹的羽化率亦皆為 100 % (表 12)。

四、討論

一、不同生長期葉片飼育之幼蟲生活史特性

本研究之結果顯示，當幼蟲以不同生長期葉片飼育時，其體色與肉質突起的顏色會隨著不同的葉片，有深淺上明顯的區別。在葉片生長期對生活史特性之影響方面：第二齡至第五齡期幼蟲之平均頭殼寬與頭殼長、發育時間、食葉面積與存活率，以及蛹期之蛹體平均背面長、腹面寬、側面高、濕重、化蛹率與羽化率等，皆以取食老葉之表現較差。其中，會對族群增長產生影響之介量方面：首先是幼蟲第二齡期之存活率較低，其次在幼蟲第五齡期之化蛹率與蛹期成功羽化率也較低，最後是其子代雌蝶繁殖力也相對較低，此顯示在雌蝶對食物的選擇中，食物的品質會影響到發育速率的快慢、繁殖力的大小及存活率的高低等，並進而影響其族群之發展。

二、不同生長期葉片飼育之幼蟲對葉片之取食面積

紅紋鳳蝶第二齡至第五齡之幼蟲，其取食不同生長期葉片之食葉總面積，以取食老葉之幼蟲為三者中最低，取食嫩葉之幼蟲取食量明顯較多。原因可能是嫩葉葉片最為柔軟，所含的水分也最多。幼蟲食葉面積均隨蟲齡增加而呈增加趨勢，取食量最多者皆為第五齡期蟲。其中取食嫩葉之第五齡期蟲取食量最大，為取食老葉之第五齡期蟲的 2.1 倍。第五齡期幼蟲食葉面積大增的原因，可能是因為化蛹所需之影響結果 (Slansky, 1993)。

葉片之不同成份與品質對幼蟲生活史特性有相當不同的影響，嫩葉葉片所含的粗纖維最低，幼蟲啃食較為容易，所以幼蟲食葉面積較其它葉片多；

熟葉葉片所含的總氮及葉綠素最高，能供給幼蟲的營養源也最多，所以幼蟲生長外觀體型為最大；老葉葉片最硬，幼蟲啃食不易，且營養源最低，所以對於幼蟲之生長發育會造成阻礙（Niklas, 2005；Doak et al., 2006），使其在生活史特性上表現最差。

整體而言，幼蟲在外觀體型及各階段之發育速率與存活率上，皆以取食老葉者明顯較差；相對的，取食嫩葉與熟葉者都顯著較佳。所以，食草的品質優劣可能是影響幼蟲個體發育表現的重要因子。

三、在不同齡期開始飼育不同生長期葉片對其生活史特性之影響

本研究之資料顯示，當幼蟲在第二齡期開始飼育不同生長期葉片，與第三齡期才開始飼育不同生長期葉片，其生活史特性方面有顯著差異。相較從第三齡期才開始改變不同生長期葉片之幼蟲，以第二齡期開始改變不同生長期葉片之幼蟲，在幼蟲存活率、化蛹率與成功羽化率皆較低。此顯示，早齡的幼蟲受葉片生長期影響較大，紅紋鳳蝶從第三齡期起所受的影響就明顯降低，可知早齡幼蟲對嫩葉的需求是必要的，但隨著幼蟲齡期增加，較多的老熟葉，則將可提供協助其完成發育期，並減低不利其發育與存活之影響。

本研究推論：由於第三齡期幼蟲在咀嚼與消化能力上，相較第二齡期幼蟲較為成熟，食草品質優劣對其後續發育之影響較低。所以，不同齡期之幼蟲在啃食與生理消化能力之差異，也將呈現不同生長期葉片品質之差異，並表現在幼蟲生長發育及存活等特性上。

綜合以上我們推論：當食草品質較優時，將促使紋鳳蝶發育、存活與繁

殖有較佳表現，此則會增進族群增長潛能，因此，若紅紋雌蝶個體在產卵時，有選擇嫩葉等優良食草部位之能力。則在此食草質量相關之天擇選汰作用下，紅紋族群將增加具有選擇嫩葉部位之能力，以提升其適合度(fitness)，使其族群得以維持與發展。

根據相關研究顯示，馬兜鈴科植物為食草的 *Atrophaneura alcinous* 鳳蝶產卵刺激物，已知為 sequoyitol (Nishida and Fukami, 1989a)，*Battus philenor* 鳳蝶之產卵刺激物 D-(+)-pinitol (Feeny et al., 1992)，這些產卵刺激物可幫助成蝶選擇適當的產卵場所，進而對子代的存活率及族群繁衍上有很大的影響 (Deithier, 1941；Ehrlich and Raven, 1964)。此類鳳蝶會受馬兜鈴科植物中所含的馬兜鈴酸(Aristolochic acid)之刺激，雌蝶利用前足肘節之化學感受器 (Chemoreceptor) 感受其刺激後，才將卵產於寄主植物馬兜鈴上 (Ehrlich et. al., 1964；Feeny and Carter, 1983；Chew and Kobbins, 1984；Nishida and Fukami, 1989a)。這是特定植物化學成份引導雌蝶搜尋而決定產卵所致 (Nishida and Fukami, 1989a)，紅紋鳳蝶具有感受馬兜鈴酸之作用 (Nishida and Fukami, 1989a；呂，2000) 我們認為嫩葉或許可能含有較高量之馬兜鈴酸，以刺激提高雌蝶產卵，使紅紋雌蝶子代得以在較好品質之嫩葉取食，並有更佳之生長發育及存活表現。

伍、結論

在嫩、熟及老三種不同生長期港口馬兜鈴葉片對紅紋鳳蝶發育期各齡蟲的發育時間與存活等生活史特性都有明顯的差異，顯示食草的品質在幼蟲外觀體型及各階段之發育速率與存活率上，是會影響幼蟲個體發育與表現。幼蟲在外觀體型及各階段之發育速率與存活率上，取食老葉者都相對明顯較差；相對的，取食嫩葉與熟葉者都顯著較佳。食草的品質較劣者，極可能就是因為食物營養不足，造成個體發育表現上較為差。

我們認為幼蟲的咀嚼與消化能力，是個體發育與繁殖上的重要影響原因之一。隨著幼蟲齡期增加，較多的老熟葉，將可提供協助其完成發育期，並減低不利其發育與存活之影響。則在食草質量相關之天擇選汰作用下，對於同蝶種間或相同利用港口馬兜鈴之其它蝶種在相互競爭方面，族群彼此間的共存與發展，值得在深入研究探討的方向。

陸、引用文獻

- 山中正夫。1971。台灣產蝶類の分布(1)。日本鱗翅學會特別報告。
- 白水隆。1960。原色台灣蝶類大圖鑑。保育社株式會社。
- 白九維、王效岳。1998。台灣的鳳蝶與中國大陸種類的綜述。淑馨出版社，台北。
- 李俊延。1984。台灣蝶類圖說(二)。省立博物館印行。
- 呂彥禮。2000。台灣產馬兜鈴屬植物與紅紋鳳蝶之成份研究。國立成功大學化學研究所碩士論文。
- 何健鎔、張連浩。1997。台灣產金鳳蝶族蝶類的生態與保育。自然保育季刊 19: 34。
- 吳欣怡。1994。大紅紋鳳蝶與紅紋鳳蝶之生物學比較。國立台灣大學植物病蟲害研究所碩士論文。
- 陳維壽。1987。臺灣昆蟲名錄－蝴蝶。中華昆蟲 7: 143-159。
- 陳建志。1990。蝶館老大－紅紋鳳蝶。動物園雜誌 10(3): 38-41。
- 張保信、蔡百峻。1984。台灣的蝶館世界。台灣自然系列(9)。渡假出版社。
- 楊平世。1989。陽明山國家公園主要蝶種飼養及青斑蝶類行為之研究。國立台灣大學植物病蟲害學系。內政部營建署陽明山國家公園印行。
- 廖日京。1977。台灣植物與蝴蝶之關係。國立台灣大學實驗林研究報告 119: 136-200。
- 盧秀琴。1989。無尾鳳蝶臭腺之形態與分泌物成份之研究。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。
- 關崇智。1987。昆蟲生理學。國立編譯館。
- Bush, G. L. 1974. The mechanism of sympatric host race formation in the true fruit

- flies(Tephritidae), In M. J. D. White (ed.), Genetic Mechanisms of Speciation in Insects, pp. 3-23.
- Chew F.S., and Robbins, R. 1984. Egg-laying in butterflies. In RI Vane-Wright , PR Ackery eds. The biology of butterflies.GB-London: Academic Press, pp. 65-79.
- Deithier, V. G. 1941. Chemical factors determining the choice of food plant in *Papilio* larvae. American Naturalist, 75: 61-73.
- Doak, P., Kareiva, P. and Kingsolver, J. 2006. Fitness consequences of choosy oviposition for a time-limited butterfly. Ecology 87(2): 395-408.
- Ehrlich, P.R., and Raven, P. H. 1964. Butterflies and plants: A study in coevolution. Evolution 18: 586-608.
- Feeny, P., Rosenberry, L., and Carter, M. 1983. Chemical aspects of oviposition behavior in butterflies, pp. 27-76, in S. Ahmad(ed.). Herbivorous Insects: Hostseeking behavior and mechanisms. Academic press, New York. 257 pp.
- Feeny, P., Sachde-Gupta, K., and Rosenberry, L. 1992. D-(+)-Pinitol oviposition stimulant for the pipevine swallowtail butterfly, *Battus philenor* J. Chem. Ecol. 18: 799-815.
- Ilse, D. 1937. New observations on responses to colors in egg laying butterflies. Nature 140: 544-545.
- Janz, N. 2005. The relationship between habitat selection and preference for adult and larval food resources in the polyphagous butterfly *Vanessa cardui* (Lepidoptera: Nymphalidae) Journal of Insect Behavior 18: 767-780.
- Rausher, M. D. 1981. Host plant selection *Battus philenor* butterflies: the roles of predation nutrition, and plant chemistry. pp.1-20.
- Nishida, R. and Fukami, H. 1989a. Ecological adaptation of an Aristolochiaceae-feeding

- swallowtail butterfly, *Atrophaneura alcinous*, to aristolochic acids. J. Chem. Ecol. 15: 2549–2563.
- Nishida, R. and Fukami, H. 1989b. Oviposition stimulant of an Aristolochiaceae-feeding swallowtail butterfly, *Atrophaneura alcinous*. J. Chem. Ecol. 15: 2565–2575.
- Ohsugi, T., Nishida, R., and Fukami, H. 1985. oviposition stimulant of *Papilio xuthus*, a citrus feeding swallowtail butterfly. Agric. Biol. Chem. 49: 1897-1900.
- Papaj, D. R. and Rausher, M. D. 1987. Genetic differences and phenotype plasticity as causes of variation in oviposition preference in *Battus philenor*. Oecologia 74: 24–30.
- Rausher, M. D. 1980 Host abundance, juvenile survival, and oviposition preference in *Battus philenor*. Evolution 34: 342–355.
- Rausher, M. D. 1987. Search image for leaf shape in a butterfly. Science 200: 1071-1073.
- Smiley, J. 1978. Plant chemistry and the evolution of host specificity: new evidence from *Heliconius* and *Passiflora*. Science 201: 745-747.
- Stanton, M. L. 1982. Searching in a patchy environment: Food plant selection by *Colias p. eriphyle*. Ecology 63: 839-853.
- Slansky, F. Jr. 1993. Nutritional ecology: the fundamental quest for nutrients. pp. 29-91. In: Stamp, N. E. and Casey, T. M. (eds.), Caterpillars, ecological and evolutionary constraints on foraging. Routledge Chapman & Hall Inc. 587pp.
- Sezer, M. and Butlin, R.K. 1998. The genetic basis of oviposition preference differences between sympatric host races of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*). Proc. R. Soc. London B Biol. Sci. 265: 2399–2405.

Willian J. and Resetarits, J. R. 1996. Oviposition site choice and life history evolution.
Amer. Zool.36: 205-215.



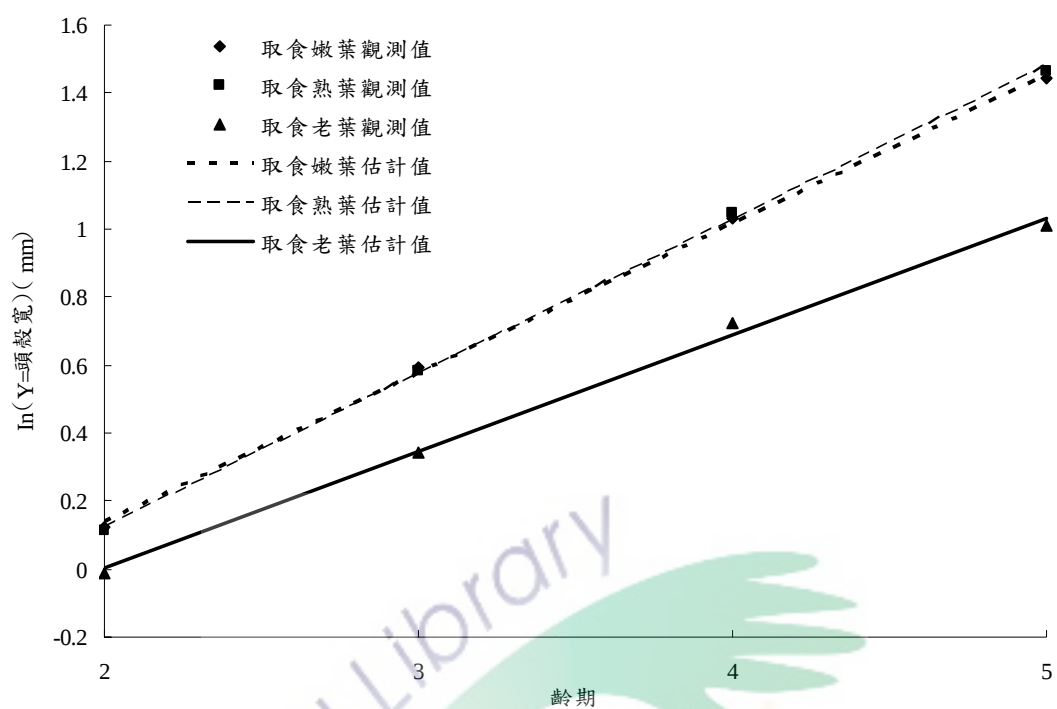


圖 1. 取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶二至五齡期幼蟲齡期(X)與頭殼寬(Y)之線性迴歸

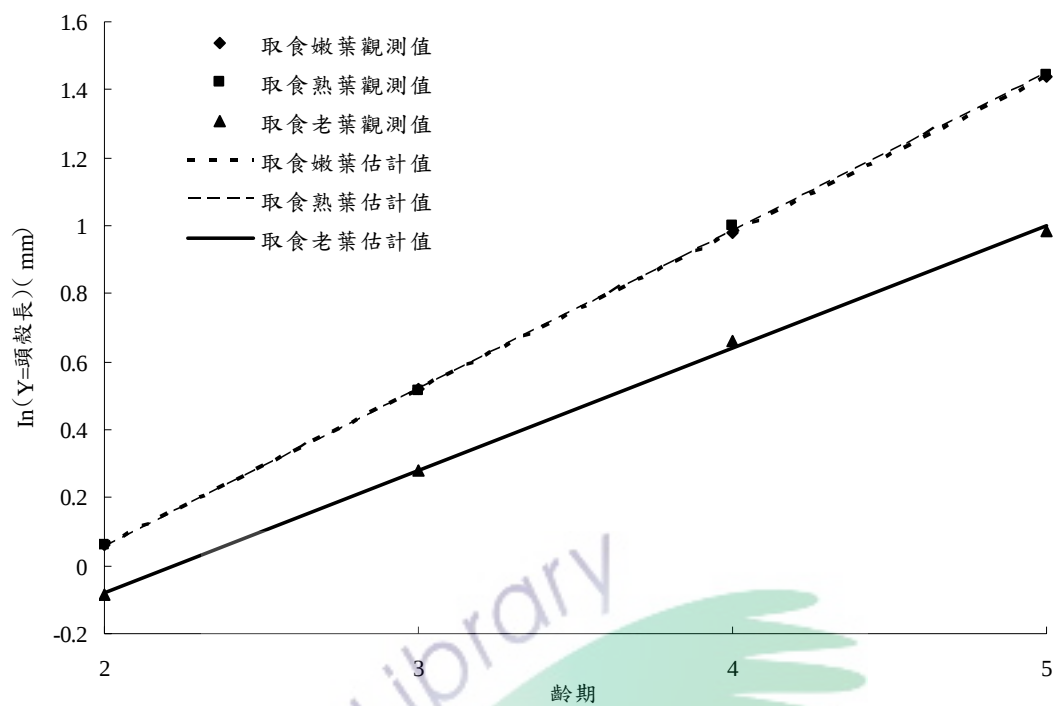


圖 2. 取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶二至五齡期幼蟲齡期(X)與頭殼長(Y)之線

性迴歸

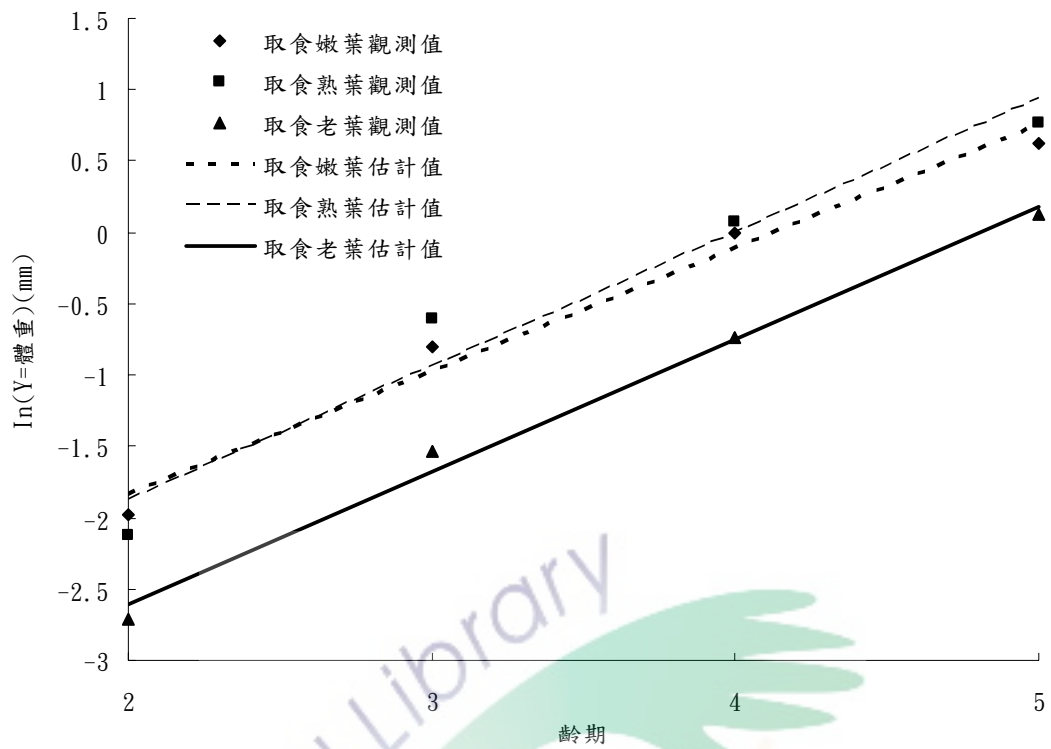


圖 3. 取食不同生長期葉片之紅紋鳳蝶二至五齡期幼蟲齡期(X)與體重(Y)之線性迴歸

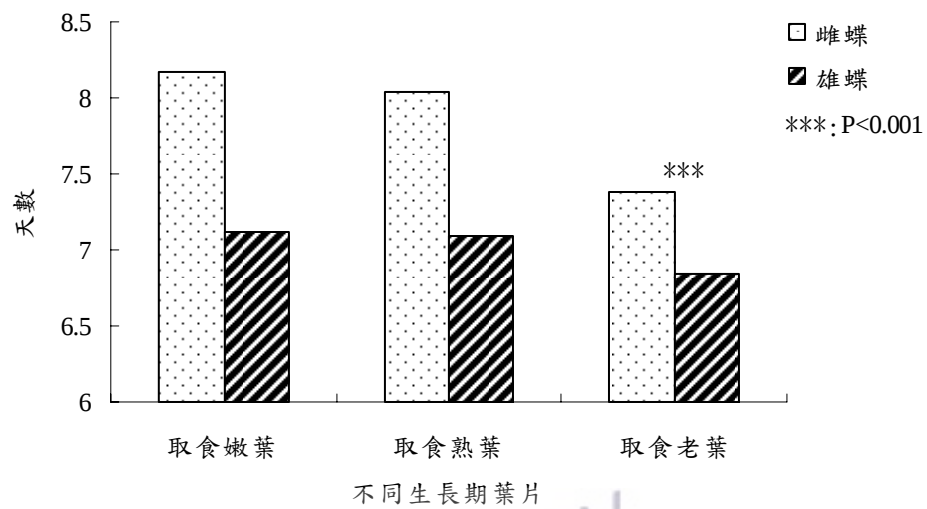


圖 4. 取食不同生長期葉片之雌雄蝶壽命

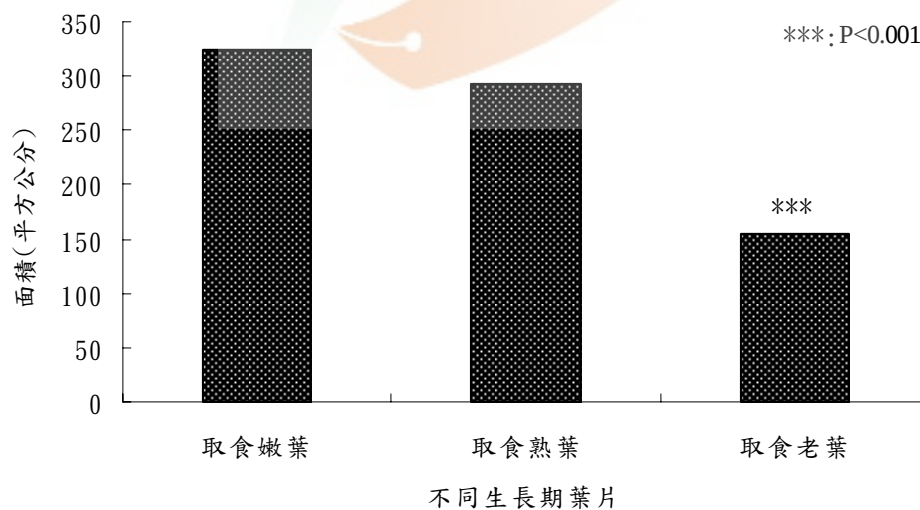


圖 5. 第二齡至第五齡期幼蟲，取食不同生長期葉片之食葉總面積

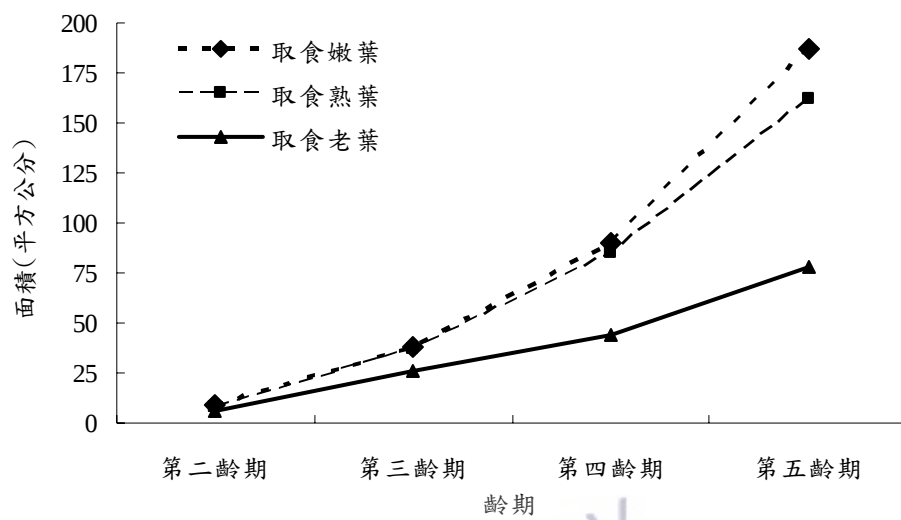


圖 6. 第二齡至第五齡期幼蟲，取食不同生長期葉片之食葉面積

表 1.取食不同生長期葉片試驗之台東三樣區試驗雌蝶之幼蟲分配

樣區雌蝶	進入第二齡之 幼蟲數 (隻)	取食嫩葉之 幼蟲數 (隻)	取食熟葉之 幼蟲數 (隻)	取食老葉之 幼蟲數 (隻)
T-BD-3	68	23	22	23
T-BD-4	57	19	19	19
T-LL-1	32	11	10	11
T-LL-2	41	14	13	14
T-YL-1	44	15	14	15
合計	242	82	78	82

表 2. 不同起始齡期進行不同生長期葉片飼育幼蟲個體分配

樣區雌蝶	進入第三齡之 幼蟲數 (隻)	取食嫩葉之 幼蟲數 (隻)	取食熟葉之 幼蟲數 (隻)	取食老葉之 幼蟲數 (隻)
T-BD-1	24	8	8	8
T-BD-2	17	6	6	5
合計	41	14	14	13

表 3. 台東三樣區試驗雌蝶產卵數、卵粒直徑、卵粒高、卵期發育時間與孵化率

樣區雌蝶	產卵數 (粒)	卵粒直徑 (mm)	卵粒高 (mm)	發育時間 (天)	孵化率 (%)
T-BD-3	73	1.22±0.06 (n=73)	1.35±0.05 (n=73)	4.43±0.43 (n=68)	93.15 (n=73)
T-BD-4	60	1.21±0.06 (n=60)	1.34±0.03 (n=60)	4.40±0.41 (n=57)	95 (n=60)
T-LL-1	32	1.23±0.06 (n=32)	1.34±0.03 (n=32)	4.46±0.29 (n=32)	100 (n=32)
T-LL-2	43	1.21±0.07 (n=43)	1.35±0.04 (n=43)	4.38±0.38 (n=41)	95.35 (n=43)
T-YL-1	52	1.20±0.07 (n=52)	1.33±0.05 (n=52)	4.41±0.36 (n=44)	84.62 (n=52)
平均	52	1.21±0.07 (n=260)	1.34±0.04 (n=260)	4.41±0.39 (n=242)	93.08 (n=260)

表 4. 台東三樣區試驗雌蝶之第一齡期幼蟲的頭殼寬、頭殼長、體重、發育時間與存活率

樣區雌蝶	頭殼寬 (mm)	頭殼長 (mm)	體重 (mg)	發育時間 (天)	存活率 (%)
T-BD-3	0.75±0.01 (n=68)	0.57±0.01 (n=68)	32.8±5.3 (n=68)	3.76±0.47 (n=68)	100 (n=68)
T-BD-4	0.74±0.02 (n=57)	0.57±0.02 (n=57)	33.0±6.4 (n=57)	3.74±0.41 (n=57)	100 (n=57)
T-LL-1	0.74±0.01 (n=32)	0.56±0.01 (n=32)	30.7±4.2 (n=32)	3.76±0.41 (n=32)	100 (n=32)
T-LL-2	0.74±0.01 (n=41)	0.57±0.02 (n=41)	30.1±4.1 (n=41)	3.80±0.25 (n=41)	100 (n=41)
T-YL-1	0.75±0.02 (n=44)	0.57±0.02 (n=44)	29.7±3.7 (n=44)	3.64±0.22 (n=44)	100 (n=44)
平均	0.74±0.01 (n=242)	0.57±0.02 (n=242)	31.7±4.8 (n=242)	3.74±0.38 (n=242)	100 (n=242)

表 5. 取食不同生長期葉片之幼蟲期生活史特性差異顯著性比較

生活史特性	取食嫩葉	取食熟葉	取食老葉	p value
二齡幼蟲頭殼寬 (mm) ¹	1.13±0.03 (n=82)	1.12±0.03 (n=78)	0.99±0.03 (n=54)	P<0.0001
三齡幼蟲頭殼寬 (mm) ¹	1.81±0.05 (n=82)	1.79±0.03 (n=75)	1.41±0.04 (n=49)	P<0.0001
四齡幼蟲頭殼寬 (mm) ¹	2.8±0.06 (n=82)	2.85±0.05 (n=75)	2.06±0.07 (n=49)	P<0.0001
五齡幼蟲頭殼寬 (mm) ¹	4.23±0.06 (n=82)	4.32±0.07 (n=75)	2.74±0.1 (n=49)	P<0.0001
二齡幼蟲頭殼長 (mm) ¹	1.06±0.02 (n=82)	1.06±0.02 (n=78)	0.92±0.04 (n=54)	P<0.0001
三齡幼蟲頭殼長 (mm) ¹	1.68±0.04 (n=82)	1.67±0.03 (n=75)	1.32±0.02 (n=49)	P<0.0001
四齡幼蟲頭殼長 (mm) ¹	2.66±0.05 (n=82)	2.72±0.04 (n=75)	1.94±0.04 (n=49)	P<0.0001
五齡幼蟲頭殼長 (mm) ¹	4.21±0.05 (n=82)	4.23±0.04 (n=75)	2.68±0.07 (n=49)	P<0.0001
二齡幼蟲體重 (g) ¹	0.1377±0.0114 (n=82)	0.1200±0.0068 (n=78)	0.0668±0.0079 (n=54)	P<0.0001
三齡幼蟲體重 (g) ¹	0.4505±0.0164 (n=82)	0.5484±0.0229 (n=75)	0.2141±0.0145 (n=49)	P<0.0001
四齡幼蟲體重 (g) ¹	0.9913±0.0555 (n=82)	1.0768±0.0467 (n=75)	0.4771±0.0309 (n=49)	P<0.0001
五齡幼蟲體重 (g) ¹	1.8728±0.093 (n=82)	2.1647±0.1174 (n=75)	1.1375±0.0745 (n=49)	P<0.0001

續表 5.

生活史特性	取食嫩葉	取食熟葉	取食老葉	p value
幼蟲第二齡期發育時間(天) ¹	4.01±0.17 (n=82)	5.01±0.38 (n=78)	6.28±0.29 (n=54)	P<0.0001
幼蟲第三齡期發育時間(天) ¹	3.6±0.23 (n=82)	4.13±0.16 (n=75)	6.18±0.54 (n=49)	P<0.0001
幼蟲第四齡期發育時間(天) ¹	4.7±0.33 (n=82)	5.12±0.15 (n=75)	6.17±0.32 (n=49)	P<0.0001
幼蟲第五齡期發育時間(天) ¹	6.9±0.29 (n=82)	7.22±0.2 (n=75)	10.28±0.92 (n=49)	P<0.0001
二齡幼蟲存活率(%) ²	100 (n=82)	100 (n=78)	66 (n=54)	P<0.0001
三齡幼蟲存活率(%) ²	100 (n=82)	96 (n=75)	91 (n=49)	P=0.0288
四齡幼蟲存活率(%) ²	100 (n=82)	100 (n=75)	100 (n=49)	-
五齡幼蟲存活率(%) ²	100 (n=82)	100 (n=75)	100 (n=49)	-

1. 各齡期幼蟲頭殼寬、幼蟲頭殼長、幼蟲體重及幼蟲各齡期發育時間在不同生長期葉片間使用 One-way ANOVA LSD 進行檢驗。
2. 幼蟲各齡期存活率在不同生長期葉片間使用 Chi-square Test 進行檢驗。

表 6. 取食不同生長期葉片之各齡期幼蟲之體形質重與齡期之線性迴歸

	取食嫩葉	取食熟葉	取食老葉
齡期(X)與頭殼寬(Y)迴歸	$\ln Y = -0.7418 + 0.4396X$ $r^2 = 0.9991$	$\ln Y = -0.7787 + 0.4515X$ $r^2 = 0.9992$	$\ln Y = -0.6855 + 0.3433X$ $r^2 = 0.9968$
齡期(X)與頭殼長(Y)迴歸	$\ln Y = -0.4011 + 0.4597X$ $r^2 = 1.0000$	$\ln Y = -0.4064 + 0.4640X$ $r^2 = 0.9997$	$\ln Y = -0.4375 + 0.3593X$ $r^2 = 0.9989$
齡期(X)與體重(Y)迴歸	$\ln Y = -2.6951 + 0.8619X$ $r^2 = 0.9793$	$\ln Y = -2.8068 + 0.9352X$ $r^2 = 0.9550$	$\ln Y = -3.5411 + 0.9306X$ $r^2 = 0.9929$



表 7. 取食不同生長期葉片之蛹期生活史特性差異顯著性比較

生活史特性	嫩葉	熟葉	老葉	p value
蛹背面長 (mm) ¹	31.67±0.35 (n=82)	32.20±0.47 (n=75)	21.81±0.92 (n=33)	P<0.0001
蛹腹面寬 (mm) ¹	14.21±0.23 (n=82)	14.52±0.21 (n=75)	8.72±0.31 (n=33)	P<0.0001
蛹側面高 (mm) ¹	11.61±0.10 (n=82)	11.93±0.19 (n=75)	7.22±0.11 (n=33)	P<0.0001
蛹體濕重(g) ¹	0.8087±0.0130 (n=82)	0.8237±0.0117 (n=75)	0.5086±0.0158 (n=33)	P<0.0001
蛹期發育時間 (天) ¹	12.16±0.48 (n=82)	14.18±0.24 (n=75)	17.33±0.31 (n=33)	P<0.0001
化蛹率(%) ²	100 (n=82)	100 (n=75)	67.35 (n=33)	P<0.0001
羽化率(%) ²	100 (n=82)	99 (n=74)	72.73 (n=24)	P<0.0001
卵至羽化之總 發育時間(天) ³	41.57±0.68 (n=82)	45.75±0.56 (n=74)	56.17±0.17 (n=24)	P<0.0001

1. 蛹期之蛹體背面長、蛹體腹面寬、蛹體側面高、蛹體濕重及蛹期發育時間在不同生長期葉片間使用 One-way ANOVA LSD 進行檢驗。
2. 化蛹率及羽化率在不同生長期葉片間使用 Chi-square Test 進行檢驗。
3. 卵至羽化之總發育時間在不同生長期葉片間使用 One-way ANOVA LSD 進行檢驗。

表 8. 不同生長期葉片飼育下之成蟲生活史特性差異顯著性比較

生活史特性	嫩葉	熟葉	老葉	p value
前翅長 (mm) ¹	64.1±0.67 (n=82)	66.77±0.68 (n=74)	45.13±0.88 (n=24)	P<0.0001
體長 (mm) ¹	32.53±0.76 (n=82)	33.54±0.49 (n=74)	23.70±0.38 (n=24)	P<0.0001
死體濕重 (g) ¹	0.9041±0.0210 (n=82)	0.9233±0.0124 (n=74)	0.6434±0.0081 (n=24)	P=0.4202
雌蝶壽命(天) ¹	8.17±0.13 (n=14)	8.04±0.17 (n=13)	7.38±0.44 (n=4)	P<0.0001
雄蝶壽命(天) ¹	7.12±0.15 (n=68)	7.09±0.15 (n=61)	6.84±0.28 (n=20)	P<0.0001
平均壽命(天) ¹	7.3±0.42 (n=82)	7.25±0.40 (n=74)	6.93±0.36 (n=24)	P<0.0005

1. 成蟲的前翅長、體長、死體濕重與壽命在不同生長期葉片間使用 One-way ANOVA LSD 進行檢驗。

表 9. 幼蟲取食不同生長期葉片之食葉面積差異顯著性比較

食葉面積	嫩葉	熟葉	老葉	p value
第 二 齡 期 (cm ²)	9.06±0.11 (n=82)	8.40±0.21 (n=78)	6.43±0.22 (n=54)	P<0.0001
第 三 齡 期 (cm ²)	38.49±0.17 (n=82)	37.11±0.22 (n=75)	26.34±0.43 (n=49)	P<0.0001
第 四 齡 期 (cm ²)	89.74±1.69 (n=82)	84.65±1.91 (n=75)	44.44±1.72 (n=49)	P<0.0001
第 五 齡 期 (cm ²)	186.54±3.41 (n=82)	162.23±2.92 (n=75)	77.55±1.94 (n=49)	P<0.0001
合計 (cm ²)	323.81±3.57	292.40±2.59	154.17±2.09	P<0.0001

表 10. 不同生長期葉片之成份比較

檢測項目	單位	嫩葉	熟葉	老葉
水分	g/100g	83.42	82.36	77.8
灰分	g/100g	1.38	2.08	3.93
粗纖維	g/100g	2.27	2.59	3.65
總氮	g/100g	0.65	0.7	0.33
葉綠素	g/100g	188.1	241.5	22.69

表 11. 取食不同生長期葉片之第二代紅紋鳳蝶雌蝶產卵數、卵粒直徑、卵粒高與孵化率

第二代紅紋鳳蝶雌蝶	取食嫩葉	取食熟葉	取食老葉	p value
產卵數 (粒)	28.25±2.44 (n=8)	31.13±2.23 (n=8)	19.75±2.75 (n=4)	P<0.0001
卵粒直徑 (mm)	1.23±0.05 (n=226)	1.22±0.06 (n=249)	1.23±0.05 (n=79)	P=0.0334
卵粒高 (mm)	1.35±0.03 (n=226)	1.34±0.04 (n=249)	1.35±0.03 (n=79)	P=0.2670
孵化率 (%)	93 (n=209)	94 (n=235)	87 (n=69)	P<0.0001

表 12. 第三齡開始，進行不同生長期葉片飼育之幼蟲存活率、化蛹率及羽化率

生活史特性	取食嫩葉	取食熟葉	取食老葉
三齡幼蟲存活率(%)	100 (n=14)	100 (n=14)	93.75 (n=13)
四齡幼蟲存活率(%)	100 (n=14)	100 (n=14)	100 (n=12)
五齡幼蟲存活率(%)	100 (n=14)	100 (n=14)	100 (n=12)
化蛹率(%)	100 (n=14)	100 (n=14)	100 (n=12)
羽化率(%)	100 (n=14)	100 (n=14)	100 (n=12)



照片 1. 寄主植物(港口馬兜鈴)遭紅紋鳳蝶老熟幼蟲環狀剝皮。



照片 2. 蝶源採集地理位置分布—台東縣卑南鄉東興村、鹿野鄉龍田村及延平鄉鸞山村三個樣區。此照片取自 Google Earth，是使用 WGS84 系統之經緯度。

1. T-BD—台東縣卑南鄉東興村樣區（東經 121°02'35.08"北緯 22°45'52.02"）。
2. T-LL—台東縣鹿野鄉龍田村樣區（東經 121°07'46.09"北緯 22°54'04.09"）。
3. T-YL—台東縣延平鄉鸞山村樣區（東經 121°08'58.09"北緯 22°53'52.06"）。



照片 3.台東縣卑南鄉東興村樣區 (T-BD)，蝶源採集之區塊 T-BD-A 環境。



照片 4. 台東縣卑南鄉東興村樣區 (T-BD)，蝶源採集之區塊 T-BD-B 環境。



照片 5. 台東縣鹿野鄉龍田村樣區（T-LL），蝶源採集之區塊 T-LL-A 環境。



照片 6. 台東縣鹿野鄉龍田村樣區 (T-LL)，蝶源採集之區塊 T-LL-B 環境。



照片 7. 台東縣延平鄉鸞山村樣區 (T-YL)，蝶源採集之區塊 T-YL-A 環境。



照片 8. 野外之紅紋鳳蝶在實驗室內港口馬兜鈴植株之網套盆栽中產卵。



照片 9.卵粒之外部形態。



照片 10. 港口馬兜鈴嫩葉。



照片 11.剛孵化之一齡幼蟲外部形態。



照片 12. 港口馬兜鈴熟葉。



照片 13. 港口馬兜鈴老葉。



照片 14. 經不同生長期葉片試驗後的成蝶自然交尾情形(左邊為雌蝶，右邊為雄蝶)。