

黃裳鳳蝶對不同生長環境之港口馬兜鈴利用 研究

墾丁國家公園管理處自行研究報告

中華民國九十八年十二月

098-301020100G2-001

黃裳鳳蝶對不同生長環境之港口馬兜鈴利用
研究

研究人員：謝桂禎

墾丁國家公園管理處自行研究報告

中華民國九十八年十二月

MINISTRY OF INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**Study on The Structural Exploitation of
Aristolochia zolligeriana by *Troides aeacus*
formasanus in Different Habitats**

BY
KUEI JEN HSIEH

December 20, 2009

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究目的.....	4
第二章 材料與方法.....	5
第一節 試驗地概述.....	5
第二節 港口馬兜鈴植株性狀.....	7
第三節 棲地環境特性.....	7
第四節 母蝶產卵利用選擇.....	11
第五節 母蝶產卵利用頻度.....	13
第六節 不同棲地類型港口馬兜鈴栽植實驗.....	13
第七節 野外黃裳鳳蝶族群動態監測.....	15
第八節 資料分析方法.....	15
第三章 結果與討論.....	17
第一節 黃裳鳳蝶產卵棲地選擇.....	17
第二節 黃裳鳳蝶於個別食草上之產卵頻度.....	25
第三節 不同棲地類型港口馬兜鈴栽植實驗.....	28
第四節 野外黃裳鳳蝶族群動態監測.....	30
第四章 結論與建議.....	33
第一節 結論.....	33
第二節 建議.....	34
附錄 各環境因子間皮爾森相關係數表.....	37
誌謝.....	39
參考書目.....	41

表次

表 3-1 黃裳鳳蝶母蝶產卵棲地選擇環境因子差異性分析 (GLM)	18
表 3-2 食草分層因子差異性分析 (ANOVA)	18
表 3-3 棲地類型環境因子差異性分析 (ANOVA)	20
表 3-4 黃裳鳳蝶母蝶族群產卵頻度環境因子差異分析 (GLM)	27

圖次

圖 1-1	黃裳鳳蝶雌、雄成蝶	3
圖 2-1	研究區位	6
圖 2-2	本研究環境因子之棲地類型分類	10
圖 2-3	黃裳鳳蝶母蝶對港口馬兜鈴之產卵利用調查方法	12
圖 2-4	實驗用之港口馬兜鈴培育場及栽植實驗用之植株	14
圖 2-5	栽植港口馬兜鈴之鬱閉樹林及林緣環境	14
圖 3-1	研究區內黃裳鳳蝶食草垂直分層比例	19
圖 3-2	研究區內各棲地類型比例	19
圖 3-3	各類型棲地地面及地上 1m 植生覆蓋度	22
圖 3-4	黃裳鳳蝶卵、幼蟲及蛹	24
圖 3-5	紅紋鳳蝶與大紅紋鳳蝶幼蟲	25
圖 3-6	黃裳鳳蝶母蝶於 3 項環境因子上的產卵株次比例	27
圖 3-7	鬱閉樹林內港口馬兜鈴豐量及黃裳鳳蝶卵、幼蟲數變化.....	29
圖 3-8	樹林邊緣的港口馬兜鈴豐量及黃裳鳳蝶卵、幼蟲數變化.....	29
圖 3-9	墾丁野外黃裳鳳蝶族群數量及港口馬兜鈴豐量動態變化.....	31

摘 要

關鍵詞：墾丁國家公園、黃裳鳳蝶、港口馬兜鈴、產卵選擇、族群動態

一、研究緣起

黃裳鳳蝶為台灣保育類野生動物，亦是墾丁國家公園內極具觀賞價值的稀有蝶種。墾丁國家公園管理處自 1984 年成立以來，即對黃裳鳳蝶保育頗為關注，並曾進行食草港口馬兜鈴的野外栽植計畫，但有關黃裳鳳蝶的野外基礎調查資料卻一直缺乏，為保育所需，有必要建立黃裳鳳蝶的野外基礎資料，尤其是其母蝶對食草港口馬兜鈴的產卵利用偏好。而為掌握園區內黃裳鳳蝶族群動態，以適時執行保育策略，本研究亦進行野外黃裳鳳蝶族群動態監測調查。

二、研究方法及過程

研究方法包括：1. 搜尋墾丁地區黃裳鳳蝶幼蟲食草港口馬兜鈴植株，並設立調查樣點；2. 發現港口馬兜鈴植株後，測量植株大小、基徑、葉片數及生長於森林中之分層等食草性狀，以及生長處棲地類型、立地基質、林型、東北季風影響、海拔高度、所攀附林木的高度、有無食草競爭者、地面覆蓋度，以及地上 1 m 的植生密度等環境因子特性；3. 定期檢視各港口馬兜鈴的葉片數量和植株分層，調查食草及攀附植物上的黃裳鳳蝶卵、幼蟲，以及競爭者的數量；4. 記錄每一株港口馬兜鈴被不同世代的母蝶產卵利用的次數，做為母蝶產卵利用頻度指標；5. 於鬱閉樹林中及樹林邊緣兩種棲地類型種植港口馬兜鈴驗證研究結果；6. 定期進行墾丁地區野外黃裳鳳蝶動態監測；7. 以一般線性模型（GLM，General Linear Model）、卡方檢定（Chi-square test）及皮爾森相關係數檢定（Pearson Correlation Coefficients analysis）進行統計分析。

三、重要發現

研究結果發現，在研究區內 83 處黃裳鳳蝶可利用棲地中，有 70% 為黃裳鳳蝶實際利用。分析食草港口馬兜鈴植株及棲地環境性狀，發現母蝶產卵與未產卵之港口馬兜鈴在植株大小、垂直分層、棲地類型、地上灌叢密度等環境因子上均有顯著差異，整體而言，母蝶產卵偏好利用生長至森林上層的大型食草植株，以及林冠相連、林下

灌叢密度較低的棲地。野外觀察並發現，有些港口馬兜鈴植株被不同世代的黃裳鳳蝶母蝶重覆利用來產卵的頻度較高，其中植株大小、植株分層、葉片數及棲地類型 4 項因子與母蝶在 1 株食草上的產卵次數有顯著相關，不同世代的母蝶在葉片數較多、生長至森林上層的大型食草植株上，以及有小徑穿越的森林類型棲地產卵頻度較高。墾丁野外黃裳鳳蝶週年動態以 2 至 5 月族群數量較高，族群數量的變化隨葉片豐量而波動，此蝶族群數量的波動甚大，因食草資源豐富而呈 J 字形成長後，均因幼蟲消耗掉大部分的食草資源而致使族群量快速降至低點，其後需長時期的發展才能讓族群數量再升高。

四、主要建議事項

立即可行之建議

主辦機關：內政部營建署墾丁國家公園管理處

保護黃裳鳳蝶現存棲地為首要之保育工作，社頂、鵝鑾鼻公園等重要棲地應加強巡邏保護森林，以免森林受人為破壞。顧工整理公園環境時，應避免砍斷食草港口馬兜鈴。保育研究課可與社頂社區合作，建立夥伴關係，以在地優勢巡查保護黃裳鳳蝶棲地，並藉以落實社區保育。另外，可依據研究結果，在野外限定的區域內以實驗方式復植適當的食草港口馬兜鈴植株，進行黃裳鳳蝶野外棲地重建，並配合持續進行監測。

長期性建議

主辦機關：內政部營建署墾丁國家公園管理處

昆蟲之族群數量受環境因子影響波動極大，為掌握墾丁地區黃裳鳳蝶之族群動態，以便適時執行保育動作及調整保育策略，建議墾管處長期進行黃裳鳳蝶野外族群監測。而對於墾丁地區黃裳鳳蝶與港口馬兜鈴的保育而言，基礎生態學研究仍不足夠，要獲得完整的保育知識並可運用於實務上，還需管理處和學術機構繼續對黃裳鳳蝶與港口馬兜鈴的生態學相關領域做更深入的研究，方可求得有效的保育策略。

ABSTRACT

keywords : Kenting National Park, *Troides aeacus formosanus*, *Aristolochia zolligeriana*, oviposition choice, population dynamics.

T. aeacus formosanus (Rothschild 1899) is listed as protected by the Council of Agriculture, Executive Yuan due to its rarity and importance to ecosystems in Taiwan. During 1989~1993, attempts were made by the KTNP Headquarters to plant *Aristolochia zolligeriana* in the Kenting area to increase the population of *T. a. formosanus*. However, the result was not successful due to the vines failing to survive after planting. This failure might have been caused in part by insufficient knowledge of the interaction between a species and its habitats, resulting in the failure of a conservation effort. The purpose of this study is to collect the basic information of the population dynamics and habitat requirements of *T. a. formosanus*, which is necessary but unavailable for future management and conservation.

Methods used on this study including : 1) visual surveys by walking through the study site in search of the habitats of the host plant *A. zolligeriana*; 2) measurements of the plant characteristics such as plant size, ground stem diameter, leaf abundance, vertical stratification, and environment characteristics like habitat type, ground substrate, forest type, winter monsoon, altitude, tree height, competitor, ground cover, 1 m densing; 3) data taken once every 10 days on the number of eggs, larvae, and pupae of *T. a. formosanus* and its competitors. Besides, leaf amount of an individual plant found in the study site was also recorded at different stratification at the same time; 4) a comparison of utilization frequency index (i.e. times of individual plant used by *A. zolligeriana* in a year between forest interior and forest edge habitat types; 5) GLM, Chi-square test, and Pearson Correlation Coefficients statistical assessments for above variables of the habitats.

We found that 70% of 83 habitats were utilized by *T. a. formosanus*. A GLM for the significance of difference of the variables between utilized and un-utilized habitat are bigger plant size, higher vertical stratification, habitat type, and 1-m densing. In general, the females prefer to utilize habitats with large host plants that extending to consecutive forest canopy, which also shows low vegetation density.

A. zolligeriana with bigger plant size, higher vertical stratification, higher leaf amount, and habitat type, is inclined to be repeated using by different generations of butterflies. Besides, plants that extending to forest canopy, higher leaf numbers, and forest with trail habitat type facilitate the frequency of oviposition choice.

In Kenting, population numbers of *T. a. formosanus* typically show great fluctuation according to the leaf number of *A. zolligeriana*, giving the characteristic ‘boom and bust’ cycles of some insects. In spring, the population of *T. a. formosanus* usually increases rapidly in a J-shaped form, but then drops abruptly as leaf exhausted by their larvae. The recovery of *T. a. formosanus* takes a long time and sometimes depending on rainfall.

Thus, in developing a better conservation strategy, a proper consideration of the habitats specifically preferred by *T. a. formosanus* was necessary before planting *A. zolligeriana*. However, protection of the existing habitats with locals at the Sheding and Eluanbi area, which holds the highest population of *A. zolligeriana*, is considered the most critical, important task to the survival of *A. zolligeriana*, thus to the survival of *T. a. formosanus*. In addition, a small scale restoration experiment, follow-up monitoring, and further study for the basic ecology of *T. a. formosanus* and *A. zolligeriana*. are recommended.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

鳳蝶科 (Papilionidae) 烏翼蝶屬 (Troidine) 的黃裳鳳蝶 (*Troides aeacus formosanus* Rothschild 1899) 大型而美麗 (圖 1-1), 屬台灣特有亞種, 早期台灣低海拔山區到處可見其蹤跡 (吳和楊 2006), 但由於環境的變化及採集壓力, 使得黃裳鳳蝶的數量在 1970 年代開始大量減少, 有些地方甚至消失不見 (Yen and Yang 2001)。1974 年大英昆蟲供應者協會 (The Entomological Supplier Association of Great Britain) 將其列為禁止交易的物種 (Collins and Morris 1985), 1989 年行政院農委會將其列為珍貴稀有的台灣保育類昆蟲, 目前主要分布於台灣東南部低山地區, 墾丁一帶數量較多 (楊 2004)。

依據楊和吳 (2006) 對黃裳鳳蝶基因多樣性所做的研究顯示, 墾丁地區應是黃裳鳳蝶母族群的分布地。在墾丁地區, 黃裳鳳蝶的主要食草為多年生藤本植物港口馬兜鈴 (*Aristolochia zollingeriana* Miq.) (Hsieh et al. 2008), 而此藤已被列為野外瀕危的植物 (Lu and Chiou 1997), 對野外的黃裳鳳蝶族群必然造成衝擊。墾丁國家公園管理處自 1984 年成立以來, 即對黃裳鳳蝶保育頗為關注, 並曾進行食草港口馬兜鈴的野外栽植計畫 (Hsieh et al. 2008), 但有關黃裳鳳蝶的野外基礎調查資料卻一直缺乏, 為保育所需, 有必要建立黃裳鳳蝶的野外基礎資料, 並瞭解其生態特性。

昆蟲與植物之間的關係相當密切 (林, 1984), 雌蟲產卵位置的選擇性, 通常提供了昆蟲族群出現在不同植物種類上歧異性的基礎, 這也驅使了植物在防禦上的演化, 產卵行為亦促成昆蟲對植物種類偏好與專一性的演化 (Thompson and Pellmyr 1991), 翼蝶屬的黃裳鳳蝶幼蟲即專食富含馬兜鈴酸 (Aristolochic acid) 的馬兜鈴科 (Aristolochiaceae) 植物 (Morais and Brown Jr. 1991, Wu et al. 2001, Huang et al. 2007)。在墾丁國家公園區內, 馬兜鈴屬植物有港口馬兜鈴、異葉馬兜鈴 (*Aristolochia heterophylla* Hay.) 及瓜葉馬兜鈴 (*Aristolochia cucurbitifolia* Hay.)

(呂和邱 1997, 1998)，依據 Hsieh et al. (2008) 於墾丁地區進行的調查，發現黃裳鳳蝶主要是利用港口馬兜鈴，而港口馬兜鈴同時也是紅紋鳳蝶 (*Pachliopta aristolochiae interpositus* Fruhstorfer) 及大紅紋鳳蝶 (*Byasa polyeuctes termessus* Fruhstorfer) 的幼蟲食草，唯大紅紋鳳蝶主要利用異葉馬兜鈴，對港口馬兜鈴利用比率頗低，故紅紋鳳蝶為黃裳鳳蝶主要的食草競爭蝶種。

昆蟲的產卵行為，也促成其對同種植物族群中不同植株具不同偏好的演化，當有一定數量的潛在食草可供利用時，母蝶會將大部分的卵產在它最偏好的棲地 (Thompson and Pellmyr 1991)。不同種類的母蝶對不同生育環境的食草有不同的產卵偏好 (Konvička and Kuras 1999, Bergström 2005)，母蝶不同的產卵行為與偏好，可能降低幼蟲孵化後的種內、種間競爭及天敵捕食的強度 (Thompson and Pellmyr 1991, Hsieh et al. 2008)。母蝶也可能選擇可以躲避捕食者或提供蜜源食物的地方產卵以提高本身的存活 (Thompson 1988, Doak et al. 2006)。此外，地面植被的覆蓋度、植被結構及灌叢的密度亦對母蝶產卵具有影響 (Morais and Brown Jr. 1991, Beccaloni 1997, Anthes 2003, Bergström 2005)，而在變動的自然環境中，環境條件穩定的處所也可能最常吸引母蝶產卵 (William and Resetarits 1996)。透過母蝶的產卵點辨識，也可以減少其卵和幼蟲經歷捕食、寄生及種內或種間競爭等好處 (Rausher 1979, Thompson and Pellmyr 1991, Doak et al. 2006)。

前人研究顯示，有些種類的母蝶偏好選擇陽光充足的開闊棲地產卵 (Rausher 1979, Konvička and Kuras 1999, Bergström 2005)，然而亦有部分種類偏好選擇遮陰棲地產卵 (Rausher 1979)。Hsieh et al. (2008) 於墾丁地區的研究顯示，黃裳鳳蝶利用林冠鬱閉的棲地比率較高，而在此類型棲地中，其食草港口馬兜鈴多屬大型株植，且葉片主要分布於森林上層。母蝶的飛行高度與其食草的高度具有正相關性，食草葉片在森林中的垂直分層亦會影響成蝶的活動高度 (Beccaloni 1997)。

植食性昆蟲的幼蟲多無法如成蟲般自由移動尋找生長在不同地點的食草，牠們通常只能在孵化處取食生長 (Rausher 1979, Grossmueller and Lederhouse 1985, Morais and Brawn Jr. 1991, Konvička and Kuras 1999, Bergström 2005, Doak et al. 2006)，故雌性成蟲的產卵選擇可視為對其食草利用 (Hsieh et al. 2008)、本身族

群 (Doak et al. 2006) 及幼蟲適合度 (fitness) 的重要指標 (William and Resetarits 1996)。由於蝴蝶幼蟲在棲地間的移動力低，一棲地可提供的食草量更是幼蟲生長的重要棲地品質參數 (Brommer and Fred 1999, Fred and Brommer 2003, Biedermann, 2004)，然而同一棲地的食草量常會因幼蟲的啃食而在時間上產生極大的變化，在短時間內可能即由繁茂而枯竭，故母蝶族群會隨食草量的變化而輪番利用不同的棲地產卵 (Hsieh et al. 2008)。

為提供較佳的保育策略，本文將探討以下 2 個問題：1. 黃裳鳳蝶母蝶產卵偏好選擇的食草性狀與棲地環境特色為何？2. 不同食草植株和棲地環境特色是否影響母蝶產卵選擇的次數？並設計實驗驗證「黃裳鳳蝶對林冠鬱閉 (closed canopy) 棲地的利用顯著高於林冠破空 (open canopy) 棲地」的假說。



A. 黃裳鳳蝶雌蝶



B. 黃裳鳳蝶雄蝶

圖 1-1 黃裳鳳蝶雌、雄成蝶

(資料來源：本研究)

第二節 研究目的

本研究的目的是為建立墾丁地區黃裳鳳蝶的生態學基礎資料，瞭解黃裳鳳蝶母蝶產卵較偏好利用何種食草性狀及棲地環境？以及掌握墾丁國家公園內野外黃裳鳳蝶的族群動態，期使有助於黃裳鳳蝶保育成效。並依研究結果提出墾丁地區黃裳鳳蝶的保育建議，以供墾丁國家公園管理處做為黃裳鳳蝶野外棲地重之經營管理參考。

第二章 材料與方法

第一節 試驗地概述

本研究的野外調查涵括恒春半島墾丁國家公園內 (21°57' N and 120°49' E) 高位珊瑚礁保留區及社頂以南至鵝鑾鼻海岸地區，研究區總面積約 2303.3 公頃 (圖 2-1)。，含龜仔角台地、香蕉灣熱帶海岸林、砂島、鵝鑾鼻區，以及墾丁東海岸佳鵝公路沿線等區域 (Hsieh et al. 2008)。依據中央氣象局恒春氣象站的資料，1999~2008 年此區年平均降雨量為 2,114 mm，每年 10 月至翌年 4 月為東北季風旺盛的乾季，5~9 月則為西南季風及颱風盛行的雨季，乾濕季明顯。本區氣溫以 1 月最低 (19.1°C)，7 月份最高 (27.2°C) (Lu et al. 2004)。

研究區域海拔高約 10~300 m，區內多為隆起珊瑚礁地型，植被類型主要為珊瑚礁植物社會 (Karst forest)，受季節風影響，生長在珊瑚礁岩頂部的樹木呈低匍匐狀，岩塊間窪地生長的樹木相對呈高大直立狀，植物社會的分布與微地貌間有明顯的相關性存在 (Su and Su 1998, Wang et al. 2004)，在人為干擾較多處則以次生林和人造林為主。

於鬱閉森林中及森林邊緣兩種類型棲地種植港口馬兜鈴驗證研究結果之實驗，則於墾丁國家公園管理處周邊森林進行，植被類型為次生林和人造林。

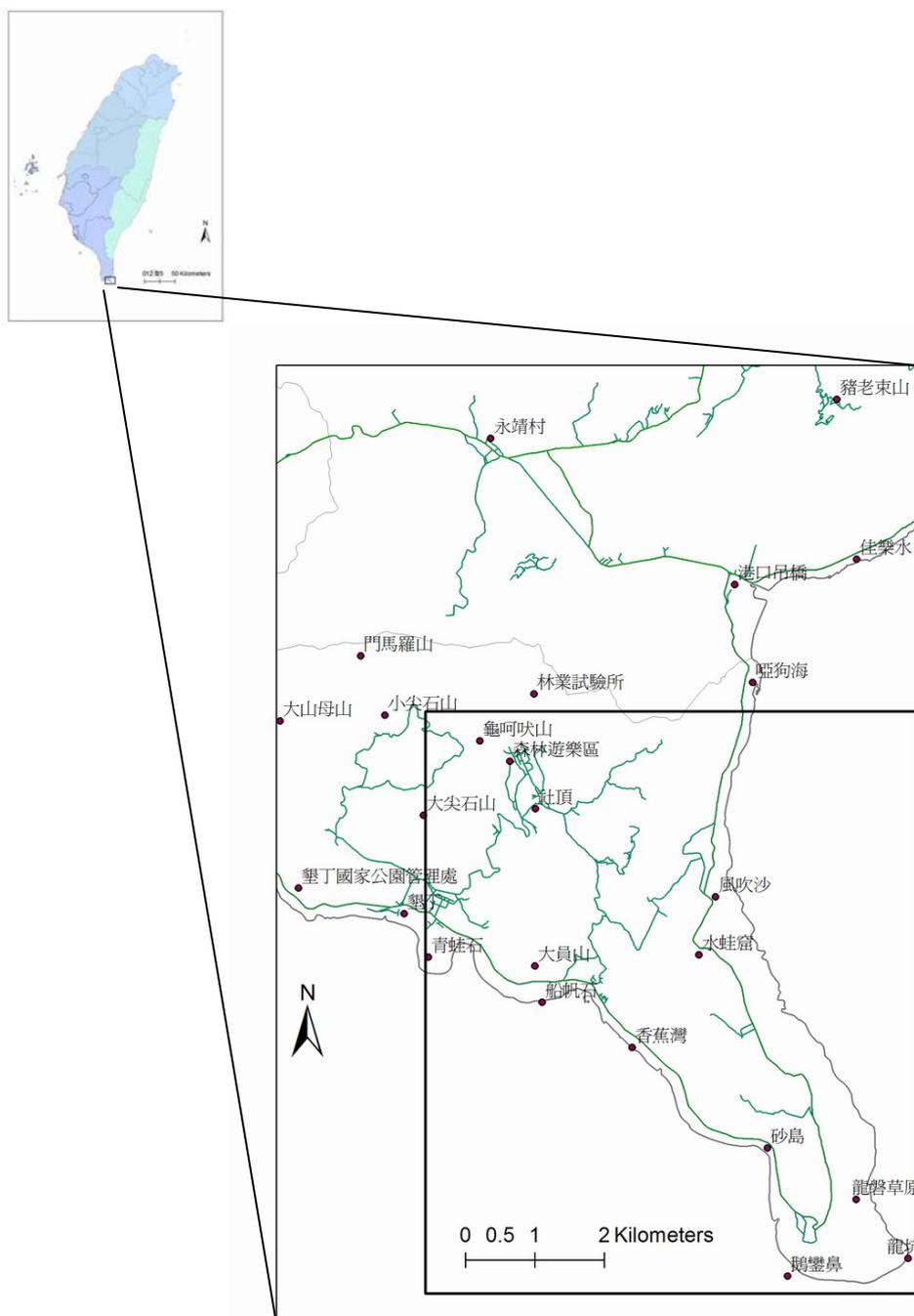


圖 2-1 研究區位

(資料來源：謝，2006)

第二節 港口馬兜鈴植株性狀

本研究自 2004 年 2 月至 2006 年 1 月，徒步搜尋調查區域內的黃裳鳳蝶幼蟲食草港口馬兜鈴植株，並量測植株大小 (plant size)、離地面 5 cm 處的主莖直徑 (基徑 ground diameter)、葉片數 (leaf abundance) 及生長於森林中之分層 (vertical stratification) 等食草性狀，共於研究區設立 83 個調查樣點。本研究以下所提的「食草」若無特別解釋皆指港口馬兜鈴，各食草植株生長處即是研究調查樣點；黃裳鳳蝶棲地則包含食草、攀附植物及其周邊環境。

所發現的野生港口馬兜鈴植株大小依莖的長度分為 >2 m (大株) 及 <2 m (小株) 2 個級別；依港口馬兜鈴植株生長於森林中的垂直高度區分為上 (canopy)、中 (midstory)、下 (understory) 3 個分層，上層定義為離樹冠 1 m 以內，下層定義為離地上 1 m 以內，其他範圍則屬中層 (表 2-1)。並於每次調查時，依其被幼食啃食及受自然或人為傷害的狀況而調整分層及葉片數。

第三節 棲地環境特性

發現的港口馬兜鈴除測量植株性狀，並記錄生長處棲地類型 (habitat type)、立地基質 (substrate)、林型 (forest type)、東北季風影響 (winter monsoon)、海拔高度 (altitude)、所攀附林木的高度 (tree height)、有無食草競爭者 (competitor)、地面覆蓋度 (ground cover)，以及地上 1 m 的植生密度 (1 m densing) 做為環境因子項目 (表 1)。棲地類型依樹冠層是否連續及有無路徑穿越，區分為馬路林緣 (road - edge)，小徑林緣 (trail - edge)，森林中 (forest)，及有小徑穿越的森林 (forest - trail) 四類型 (圖 2-2)，此四類型的劃分是考慮其在空間結構上的不同隔離程度 (Fred and Brommer 2003, Biedermann 2004)。馬路林緣生育地，定義為位於距馬路 5 m 以內的林緣地帶，此類棲地在非落葉季節及無颱風擾動的狀態

下，上方樹冠層呈不連續分布；小徑林緣生育地，定義為位於距小徑 5 m 以內的林緣地帶，在非落葉季節及無颱風擾動的狀態下，上方樹冠層呈不連續分布；森林中類型，定義為位於道路 5 m 以外的樹叢內，上方樹冠層在非落葉季節及無颱風擾動的狀態下呈連續分布；有小徑穿越的森林類型則為上方樹冠層在非落葉季節及無颱風擾動的狀態下呈連續分布，但 5 m 之內有小徑穿越者。立地基質則含礁岩、土壤及礁岩邊淺土 3 類型。並將食草生長處的林相依現況區分為隆起珊瑚礁森林、熱帶海岸林及次生林 3 種類型。墾丁地區秋冬季節受東北季風影響甚巨，環境因子含受風與背風 2 類型，迎風處林木有風剪現象，背風處則無。競爭者含紅紋鳳蝶與大紅紋鳳蝶 (Hsieh et al. 2008)。

地上植被結構則量測每一樣區地上 10 cm 植被覆蓋度及 1 m 的植生密度 (1 m densing)，每個樣區以食草植株為中心設 5m × 5m 區域，區域內畫 25 個 1×1 公尺方格，1 個方格內的植生覆蓋度高於 50% 給予 1 分，低於 50% 則為 0 分，1 樣區得分為 1~25 分 (表 2-1)。

表 2-1 食草性狀及環境因子分類說明

食草性狀及環境因子	分類	說明
植株大小 plant size	大株、小株	莖的長度為 >2 m 為大株); <2 m 為小株。
基徑 diameter		離地面 5 cm 處的藤莖直徑。
植株分層 vertical stratification	上層 (canopy)、中層 (midstory)、下層 (understory)	上層定義為離樹冠 1 m 以內, 下層定義為離地上 1 m 以內, 其他範圍則屬中層。
葉片數 leaf abundance		視不同研究項目取不同期間的平均葉片數或母蝶產卵時的葉片數。
棲地類型 habitat type	區分為馬路林緣 (road - edge), 小徑林緣 (trail - edge), 森林中 (forest), 及有小徑穿越的森林 (forest - trail) 4 類型	馬路林緣: 距馬路 5 m 以內的林緣地帶; 小徑林緣: 距小徑 5 m 以內的林緣地帶 (以上 2 型上方樹冠層呈不連續分布)。森林中: 位於道路 5 m 以外的鬱閉樹叢內; 有小徑穿越的森林: 林冠呈連續分布, 但 5 m 之內有小徑穿越。
立地基質 substrate	礁岩、土壤及礁岩邊淺土	
林型 type	forest	隆起珊瑚礁森林、熱帶海岸林及次生林
東北季風 winter monsoon	迎風、背風	迎風處林木有風剪現象, 背風則無。
競爭者 competitor	分有、無 2 類	含紅紋鳳蝶與大紅紋鳳蝶。
海拔高度 altitude		研究區域海拔高約 10~300 m。
攀附林木高度 tree height		港口馬兜鈴藤所攀附的樹木或其他物體高度。
地面覆蓋度 ground cover	得分為 1~25 分	地上 10 cm 植被覆蓋度。
1 m 植生密度 1m densing	得分為 1~25 分	地上 1 m 植生密度。

(資料來源: 本研究)



A. 馬路林緣棲地類型



B. 小徑林緣棲地類型



C. 森林中棲地類型



D. 有小徑穿越的森林棲地類型

圖 2-2 本研究環境因子之棲地類型分類

(資料來源：本研究)

第四節 母蝶產卵利用選擇

本研究將散生於森林中的港口馬兜鈴及其生長環境定義為黃裳鳳蝶棲地，自 2005 年 9 月至 2006 年 12 月，於 83 處黃裳鳳蝶的可利用棲地，每隔 10 天檢視各港口馬兜鈴的葉片數量和植株分層，調查食草及攀附植物上的黃裳鳳蝶卵、幼蟲，以及競爭者的數量。自 2007 年 1 月至 2007 年 7 月本項研究每月調查 1 次。

將有記錄到黃裳鳳蝶卵或幼蟲的港口馬兜鈴植株及其周邊環境，視為母蝶產卵選擇利用的棲地，分析有被母蝶選擇利用的棲地與沒有被選擇的棲地間各環境因子是否具有顯著差異，以及其差異為何。本項研究環境因子檢驗之葉片數，為研究期間每次調查之平均數。

此項調查由於需檢視港口馬兜鈴葉片，而大部分植株的葉片分佈於樹冠層，故需藉助梯子或以爬樹的方式進行調查（圖 2-3）。在較隱密的樣區可架設梯子，採用的梯子高度視林冠層高度而有所不同，最短的梯子為 2.5 m，最長的雙面竹梯為 5.1 m；另有配合樣區樹型所釘置的 5 m 單面梯，以及綁於樹幹間協助攀爬的短竹枝。



A. 5 m 單面竹梯



B. 2.8 m 雙面鋁梯



C. 爬樹調查之一



D. 爬樹調查之二

圖 2-3 黃裳鳳蝶母蝶對港口馬兜鈴之產卵利用調查方法含利用梯子及爬樹

(資料來源：本研究)

第五節 母蝶產卵利用頻度

研究期間記錄每一株港口馬兜鈴被不同世代的母蝶產卵利用的次數，做為母蝶產卵利用頻度指標（株次），以 1 植株 1 世代的卵或幼蟲群做為 1 個母蝶產卵株次，分析研究期間母蝶族群產卵頻度（株次）於各棲地間是否具有顯著差異，以及與何種因子較具相關性。研究期間各樣點加總共取樣 123 個株次樣本。

第六節 不同棲地類型港口馬兜鈴栽植實驗

先於墾丁國家公園管理處苗圃設置港口馬兜鈴培育場，待植株生長至實驗所需的基徑 1 cm 以上、藤長 3.4 m 左右型態（圖 2-4），再於管理處周邊約 1 公頃的鬱閉樹林內，以及長約 120 m 的樹林邊緣（圖 2-5）2 種不同類型的環境，各栽植 22 及 24 株大型港口馬兜鈴植株，做為實驗對照組，前者為林冠鬱閉（closed canopy）類型棲地，後者為林冠破空（open canopy）類型棲地。自 2008 年 11 月至 2009 年 10 月，每月進行 2 次調查，記錄有無黃裳鳳蝶的卵、幼蟲，以驗證本研究野外調查結果及 Hsieh et al. (2008) 所提出的「黃裳鳳蝶對林冠鬱閉（closed canopy）棲地的利用顯著高於林冠破空（open canopy）棲地」假說。



A. 港口馬兜鈴培育場



B. 栽植實驗用之港口馬兜鈴

圖 2-4 野外栽植實驗用之港口馬兜鈴培育場及栽植實驗用之基徑大於 1 cm 植株

(資料來源：本研究)



A. 鬱閉樹林環境



B. 樹林邊緣環境

圖 2-5 栽植港口馬兜鈴之鬱閉樹林及樹林邊緣環境

(資料來源：本研究)

第七節 野外黃裳鳳蝶族群動態監測

自 2008 年 12 月至 2009 年 10 月，於墾丁國家公園野外 59 處黃裳鳳蝶的可利用棲地，每月 1 次檢視各棲地港口馬兜鈴的葉片數量和植株分層，調查食草及攀附植物上的黃裳鳳蝶卵、幼蟲、蛹的數量，並記錄各樣點成蟲羽化及成蟲活動的數量，以了解黃裳鳳蝶的野外族群動態。

第八節 資料分析方法

以一般線性模型（GLM，General Linear Model）分析港口馬兜鈴植株性狀和棲地環境因子與黃裳鳳蝶產卵棲地選擇、母蝶族群產卵頻度、產卵偏好及幼蟲存活之關係，續以 ANOVA 檢驗在 GLM 分析中具有顯著差異且自由度大於 1 的不連續變因，以瞭解差異何在。皮爾森相關係數檢定（Pearson Correlation Coefficients analysis）用以檢驗各變數之間的相關性。並以卡方檢定（Chi-square test）分析黃裳鳳蝶對栽植於兩種棲地的港口馬兜鈴植株利用偏好是否具有差異。

第三章 結果與討論

第一節 黃裳鳳蝶產卵棲地選擇

所調查到的 83 株黃裳鳳蝶食草港口馬兜鈴，實際被黃裳鳳蝶利用的有 58 株，利用率 70%。針對 13 項食草性狀及環境因子，分析被利用的 58 株與未被利用的 25 株食草兩者間的差異，發現在植株大小、植株分層、棲地類型、直徑粗細及地上 1m 植生密度等 5 項因子具有差異顯著（表 3-1）。在食草植株大小方面，大型與小型食草株數的比例分別為 80 及 20%，但母蝶選擇產卵的植株中有 97% 為大型植株，小型植株僅利用了 3%。在植株分層方面，生長在森林下、中、上層級的食草分別占總株數的 18、25 及 57%，而母蝶實際利用的比例中、上層分別為 26 及 74%，下層食草沒有被利用（圖 3-1），3 層皆具顯著差異（表 3-2）。就棲地類型而言，馬路林緣、小徑林緣、森林中，及有小徑穿越的森林 4 類型棲地出現的食草株數分別為 23、20、13 及 27 株，實際被母蝶利用來產卵者分別為 11、10、12 及 24 株，後兩類棲地被用率分別達 92 及 89%，而前兩類棲地的利用率均只有半數（圖 3-2）。以 ANOVA 分析 4 種棲地類型間的差異，顯示差異來自森林中與小徑林緣、森林中與馬路林緣、有小徑穿越的森林與小徑林緣，以及有小徑穿越的森林與馬路林緣（表 3-3），顯見母蝶偏好選擇生長在森林中及有小徑穿越的森林這兩類棲地的食草。在食草基徑及地上 1m 植生覆蓋度方面，前者與母蝶產卵棲地選擇的關係為正相關，後者則為負相關。13 項食草性狀及環境因子間的相關性則如附錄。整體而言，母蝶產卵偏好利用生長至森林上層的大型食草植株，以及林冠相連、林下灌叢密度較低的棲地。

表 3-1 黃裳鳳蝶母蝶產卵棲地選擇環境因子差異性分析 (GLM)

Parameter	DF	F Value	Pr > F	significant
plant size	1	6.66	0.0126	***
vertical stratification	2	56.16	<.0001	***
habitat type	3	10.24	<.0001	***
substrate	2	0.10	0.9042	—
winter monsoon	1	0.19	0.6639	—
forest type	2	0.23	0.7972	—
competitor	1	0.38	0.5395	—
leaf abundance	1	1.71	0.1966	—
altitude	1	0.69	0.4083	—
diameter	1	4.78	0.0331	***
tree height	1	1.83	0.1821	—
ground cover	1	0.36	0.5527	—
lm densing	1	4.74	0.0339	***

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***

(資料來源：本研究)

表 3-2 食草分層因子差異性分析 (Fisher's LSD)

Stratum comparison	significant
1 - 2	***
1 - 3	***
2 - 1	***
2 - 3	***
3 - 1	***
3 - 2	***

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***

1：下層，2：中層，3：上層

(資料來源：本研究)

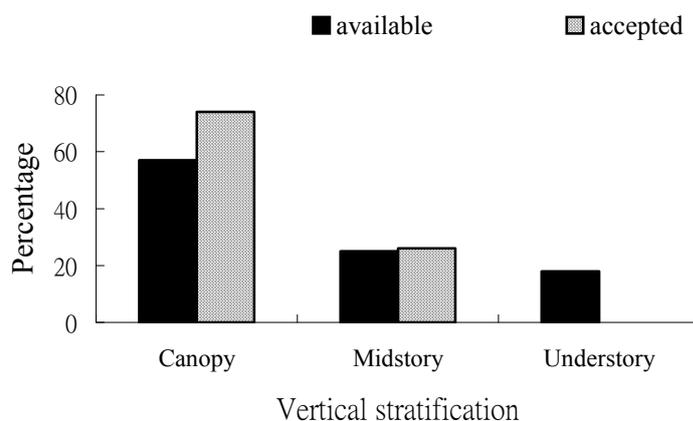


圖 3-1 研究區內黃裳鳳蝶可利用 (available, n = 83) 及實際利用 (accepted, n = 58) 的食草垂直分層 (vertical stratification) 比例。母蝶大多選擇生長至上層的食草產卵，下層食草沒有被利用。

(資料來源：本研究)

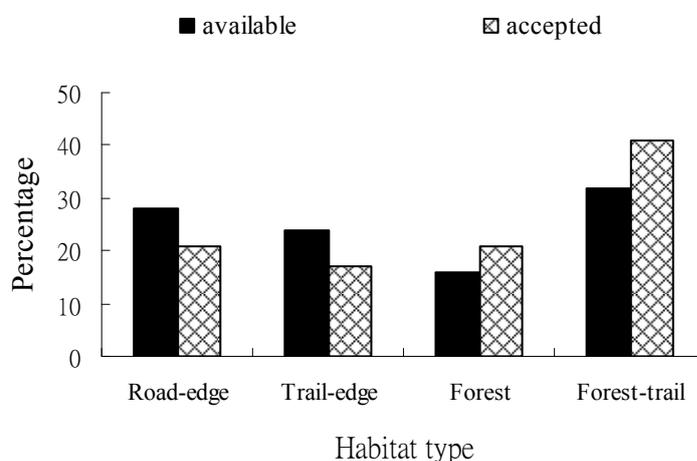


圖 3-2 研究區內各棲地類型 (Habitat type) 中，黃裳鳳蝶可利用 (available, n = 83) 及實際利用 (accepted, n = 58) 的比例。母蝶偏好選擇生長在森林中及有小徑穿越的森林這兩類棲地的食草。

(資料來源：本研究)

表 3-3 棲地類型環境因子差異性分析 (Fisher's LSD)

Habitat type Comparison	Significant
1 - 2	—
1 - 3	***
1 - 4	***
2 - 1	—
2 - 3	***
2 - 4	***
3 - 1	***
3 - 2	***
3 - 4	—
4 - 1	***
4 - 2	***
4 - 3	—

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***
1: road - edge, 2: trail- edge, 3: forest, 4: forest - trail

在本研究調查期間，研究區內黃裳鳳蝶可利用的食草有近 70% 被實際利用，在這些實際利用的食草中，母蝶選擇大型植株產卵的比率高達 97%，這應與母蝶大多在森林冠層上方飛行尋找食草 (Hsieh et al. 2008) 的產卵行為有關，Beccaloni (1997) 針對熱帶地區蛺蝶科蛴蝶亞科蝴蝶 (Nymphalidae: Ithomiinae) 所做的研究亦顯示，母蝶的飛行高度與其食草的高度具有正相關性，食草葉片在森林中的垂直分層也會影響成蝶的活動高度，母蝶飛行的高度在使遇到幼蟲食草的機率達到最大。本研究葉片生長於森林上層的食草均為大型植株，對母蝶而言這類食草是較易尋獲的產卵場所。

本研究結果顯示，母蝶大多選擇生長至森林上層的食草產卵，生長至中層者只占少部分，依母蝶的產卵行為而言，生長至森林上層的食草自然較適做為產卵場所，生長至森林中層而被利用的植株則多屬林緣及有小徑穿越的森林棲地類型，這些 2 類型的棲地受到人為擾動，森林結構較空疏，母蝶比較容易飛行其中尋找食草。Fermon et al. (2003, 2005) 在卵尼及西非雨林對食果性蝴蝶所做的垂直分層活動研究顯示，林冠種蝴蝶飛行於有較鬱閉林冠的森林上層，而在被疏伐

的林中，牠們較常下降至森林破空處，與本研究結果頗吻合。Bergström (2005) 針對受威脅 (threatened) 蝶種 *Parnassius mnemosyne* 的產卵場所偏好 (Oviposition site preferences) 所做的研究指出母蝶會選擇適當的植被結構處產卵，本實驗則顯示在下層生長的食草完全未被母蝶選擇產卵，這可能與植被結構及森林高度有關，墾丁地區港口馬兜鈴攀附植物的平均高度為 4.1 m (Hsieh et al. 2008)，距地面 1m 以內的森林下層與黃裳鳳蝶慣常飛行的高度有一段距離，在枝葉隔阻之下，母蝶要尋覓下層食草產卵較不容易。

食草基徑與植株大小、葉片分層、葉片量及攀附樹木的高度均具有顯著的正相關，基徑愈粗，一般可到達的森林高度愈高，也愈容易被黃裳鳳蝶母蝶尋獲，並做為產卵利用的場所。此外，野外觀察也發現，當食草葉片被幼蟲食盡時，幼蟲會開始啃食莖部，即使是木質化的莖也不例外，基徑較粗的食草在遭受大量黃裳鳳蝶終齡幼蟲啃食時，較不容易被啃斷，或導致死亡。

在 4 種類型的棲地中，母蝶選擇森林中及有小徑穿越的森林類型產卵的比率顯著較高，此兩類型棲地皆為林冠鬱閉形態，本項結果與 Hsieh et al. (2008) 將棲地類型分為林冠鬱閉 (closed canopy) 及林冠破空 (open canopy) 2 類，黃裳鳳蝶對林冠鬱閉類型棲地的利用顯著較高的結果相應。研究結果顯示黃裳鳳蝶對森林中類型的利用率高達 92%，森林中類型屬於人為干擾較低的棲地，然而墾丁國家公園陸域除却南仁山區及少數地域尚保有完整原生植被外，泰半因開路、農墾、遊憩開發等人為活動而淪為人工或次生植被，或造成森林的完整性被切割 (陳 1985, Hsieh et al. 2008)，由野外觀察黃裳鳳蝶的產卵行為及本研究結果推論，原生植被的破壞應是墾丁地區野外黃裳鳳蝶族群量稀少的主要原因。

地面植被的覆蓋度、植被結構及灌叢的密度對母蝶產卵具有影響 (Morais and Brown Jr. 1991, Beccaloni 1997, Anthes 2003, Bergström 2005)，本研究顯示，地上 1m 植生覆蓋度方面，與母蝶產卵棲地選擇為顯著負相關。在無颱風影響下，墾丁地區人為干擾較少的森林冠層多相當鬱閉，森林內部光量頗低，林下空闊，地上 1m 植生覆蓋度低，此類森林也是最適合大型港口馬兜鈴植株生長的環境，在此類環境中，港口馬兜鈴的葉片因光線的需求大分部生於森林上層，森林中及有小徑

穿越的森林類型多屬此類環境。而在林冠破空的馬路林緣或小徑林緣，由於光線充足，地上 1m 植生覆蓋度也較高（圖 3-3）。



A. 馬路林緣類型



B. 小徑林緣類型



C. 森林中類型



D. 有小徑穿越的森林類型棲地

圖 3-3 本研究 4 類型棲地中，林冠破空的馬路林緣及小徑林緣，由於光線較充足，地面及地上 1m 植生覆蓋度也較高。

（資料來源：本研究）

在本項實驗中，葉片豐量與母蝶卵蝶處所選擇並無顯著相關性，可見環境條件對母蝶產卵的重要性，一般而言，環境背景穩定的處所最常吸引母蝶前去產卵（William and Resetarits 1996），但在墾丁地區，冬天東北季風這項環境因子與母蝶產卵處所選擇並無顯著相關性，此區東北季風每年均吹襲近半年的時間，此現象應是區域物種對長年的環境條件適應的結果。

本研究調查記錄到墾丁地區以港口馬兜鈴為食草的蝶類有黃裳鳳蝶（圖 3-4）、紅紋鳳蝶及大紅紋鳳蝶（圖 3-5），依據 Hsieh et al. (2008) 於墾丁的研究顯示，黃裳鳳蝶主要競爭蝶種為紅紋鳳蝶。生態學上的競爭排斥原理（Competitive exclusion principle）指出，「具有相同棲位的兩種生物不能永久並存」（Gause 1934），但也有學者提出「消耗相同資源的兩競爭物種，在相同時空中也會有共存（coexistence）的現象」的報告（Morris et al. 2000），本研究結果顯示競爭者環境因子與母蝶產卵處所選擇並無顯著相關性，Hsieh et al. (2008) 亦觀察到墾丁地區黃裳鳳蝶與紅紋鳳蝶共同利用的港口馬兜鈴成株達 51%，可見母蝶對產卵處所的選擇並不受競爭者的影響。競爭強度一般認為與棲位重疊程度有關（Molles 1999），也許墾丁地區黃裳鳳蝶與主要競爭對象紅紋鳳蝶之間，棲位（niche）已有分化現象，但此點有待更進一步研究。

Hsieh et al. (2008) 將港口馬兜鈴棲地類型分為林冠鬱閉（closed canopy）及林冠破空（open canopy）2 類，本研究為更精細探討棲地類型與黃裳鳳蝶母蝶產卵擇選的相關性，將棲地分為 4 種類型，其中馬路林緣及小徑林緣屬於林冠破空類型，森林中及有小徑穿越的森林屬於林冠鬱閉類型，結果顯示，母蝶選擇森林中及有小徑穿越的森林類型產卵的比例顯著較高，本項結果與 Hsieh et al. (2008) 指出「黃裳鳳蝶對林冠鬱閉類型棲地的利用顯著較高」的結果相符。



A. 黃裳鳳蝶卵



B. 黃裳鳳蝶 1 齡幼蟲



C. 黃裳鳳蝶 5 齡幼蟲



D. 黃裳鳳蝶蛹

圖 3-4 黃裳鳳蝶卵、幼蟲及蛹

(資料來源：本研究)



A. 紅紋鳳蝶幼蟲

B. 大紅紋鳳蝶幼蟲

圖 3-5 紅紋鳳蝶與大紅紋鳳蝶 5 齡幼蟲

(資料來源：本研究)

第二節 黃裳鳳蝶於個別食草上之產卵頻度

野外觀察發現，有些港口馬兜鈴植株被不同世代的黃裳鳳蝶母蝶重覆利用來產卵的頻度較高，累計不同世代母蝶對食草的利用共 123 株次（83 株港口馬兜鈴上的產卵利用總次數）。藉 GLM 分析這 123 株次的食草植株及棲地環境性狀，發現其中植株大小、植株分層、葉片數及棲地類型 4 項與母蝶利用株次有顯著相關（表 3-4）。於植株大小因子上，黃裳鳳蝶母蝶產卵株次在大型植株上比例高達 98%；在植株分層方面，下、中、上層級的比例分別為 0，18 及 82%；在棲地類型方面，馬路林緣、小徑林緣、森林中，及有小徑穿越的森林 4 類型棲地的比率分別為 22，16，23 及 39%（圖 3-6）。此外，葉片數與母蝶利用株次顯著相關，Pearson 相關係數為 0.65 ($p < 0.0001$)。整體而言，不同世代的母蝶在有小徑穿越的森林類型棲地、葉片數較多、生長至森林上層的大型食草植株上產卵株次較高。

本項實驗結果具顯著相關的環境因子中，與前項母蝶產卵處所選擇略有不同，其中葉片豐量在前項實驗無顯著相關，在本項實驗卻具有顯著相關，由於蝴蝶幼蟲在棲地間的移動力極低，一棲地可提供的食草量是幼蟲生長的重要棲地品質參數（Brommer and Fred 1999, Fred and Brommer 2003, Biedermann, 2004），食草量維持豐足且分布於森林上層的棲地自然成為不同世代母蝶偏愛的產卵處所，故被母蝶利用的株次較高。

而在棲地類型方面，前項實驗利用比例最高的是森林中類型，本項實驗則為有小徑穿越的森林類型。Fermon（2003, 2005）在卵尼及西非雨林對食果性蝴蝶所做的垂直分層活動研究顯示，林冠種蝴蝶在被疏伐的林中，較常下降至森林破空處，本研究野外觀查亦發現，在有小徑穿越的森林中，屬於林冠種的黃裳鳳蝶的確較常沿森林破空處下降至小徑通道飛行，也因此，較有利於母蝶尋找食草產卵。

表 3-4 黃裳鳳蝶母蝶族群產卵頻度環境因子差異分析 (GLM)

Parameter	DF	F Value	Pr > F	significant
plant size	1	5.63	0.0216	***
vertical stratification	2	29.78	<.0001	***
habitat type	3	3.55	0.0209	***
substrate	2	0.70	0.5022	—
winter monsoon	1	0.01	0.9125	—
forest type	2	2.30	0.1108	—
competitor	1	3.01	0.0890	—
leaf abundance	1	23.83	<.0001	***
altitude	1	1.47	0.2317	—
diameter	1	0.02	0.9007	—
tree height	1	0.39	0.5334	—
ground cover	1	0.22	0.6391	—
lm densing	1	1.86	0.1794	—

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by ***

(資料來源：本研究)

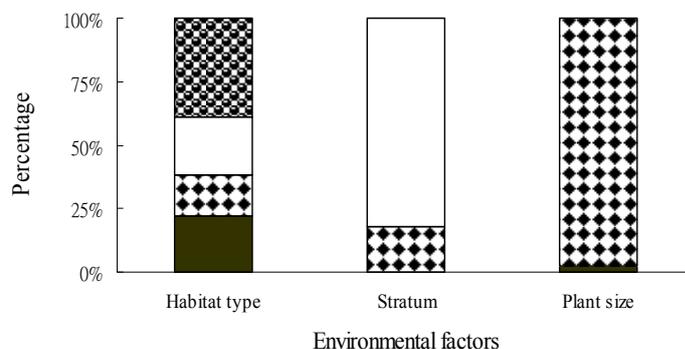


圖 3-6 不同世代的黃裳鳳蝶母蝶於棲地類型 (Habitat type: ■馬路林緣, ◆小徑林緣, □森林中, ●有小徑穿越的森林)、植株分層 (Stratum: □上層, ◆中層) 及植株大小 (Plant size: ◆大株, ■小株) 3 項環境因子的產卵株次比例 (n=123)。

(資料來源：本研究)

第三節 不同棲地類型港口馬兜鈴栽植實驗

在鬱閉樹林及樹林邊緣 2 類棲地中，栽植於鬱閉樹林內的 22 株港口馬兜鈴，有 18 株被黃裳鳳蝶利用，利用率 82%；栽植於樹林邊緣的 24 株港口馬兜鈴，有 16 株被黃裳鳳蝶利用，利用率 67%。以卡方檢定發現黃裳鳳蝶對 2 類型棲地的港口馬兜鈴利用無顯著差異。栽植實驗的結果並不支持 Hsieh et al. (2008) 所提出的「黃裳鳳蝶對林冠鬱閉類型棲地的利用顯著高於林冠破空類型」假說，與本研究野外調查結果亦不一致。這可能是由於栽植實驗的林內與林緣棲地比鄰於一小範圍內，且栽植的 46 株食草高度均為 3.4 m 以上的大型食草，其垂直高度均已達森林上層，當林內棲地的食草葉片量降低時，母蝶仍可尋找到葉片量豐足的林緣食草產卵（圖 3-7，3-8）。

在 2 類棲地中，栽植於鬱閉樹林內的食草平均葉片豐量（圖 3-7）低於樹林邊緣食草的葉片豐量（圖 3-8），但母蝶卻仍偏好利用鬱閉樹林內的食草，可見環境因子對其產卵選擇的影響性高於葉片豐量，這點與第一節的研究結果也相符合。

從實驗期間黃裳鳳蝶卵和幼蟲數的動態來看（圖 3-7，3-8），母蝶在 2 類棲地葉片豐量均豐足的 2 月間，優先利用鬱閉樹林內的食草，而在鬱閉樹林內的食草豐量因幼蟲取食而降至低點的 5 月，母蝶才大量利用樹林邊緣的食草，故從 3-8 圖上可以看到 5 月間出現一個族群數量的高峰。由此可看出母蝶對此 2 類棲地環境的港口馬兜鈴先後利用的順序。

圖 3-8 可看見在 2009 年 8 月間，樹林邊緣棲地的葉片數下降至低點，這是由於此類型棲地為西南氣流受風面，受到莫拉克（Morakot）颱風影響，8 月間出現食草葉片凋零的現象，但鬱閉樹林內的食草豐量受颱風影響卻不大（圖 3-7），颱風帶來的雨水接著使食草葉片快速生長。

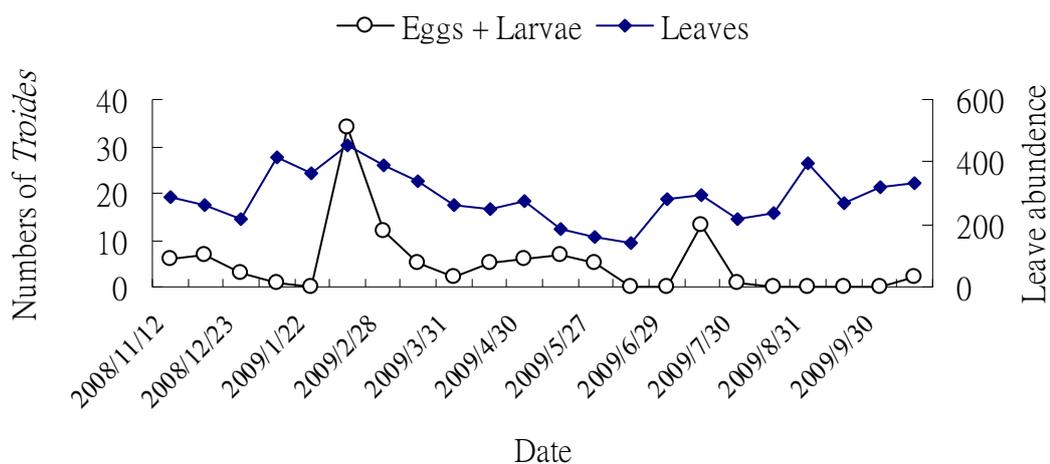


圖 3-7 自 2008 年 12 月至 2009 年 10 月栽植於鬱閉樹林內的港口馬兜鈴葉片豐量及黃裳鳳蝶卵、幼蟲數變化

(資料來源：本研究)

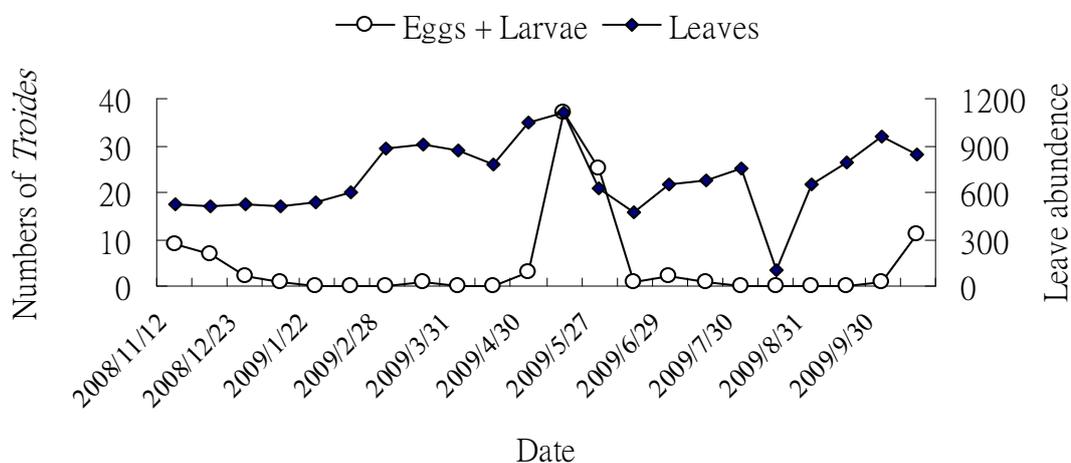


圖 3-8 自 2008 年 12 月至 2009 年 10 月栽植於樹林邊緣的港口馬兜鈴葉片豐量及黃裳鳳蝶卵、幼蟲數變化

(資料來源：本研究)

第四節 野外黃裳鳳蝶族群動態監測

研究期間，墾丁地區野外黃裳鳳蝶族群數量最高峰出現在 2009 年 2 月（圖 3-9），此時 59 處樣點共記錄到 24 個卵，64 隻蟲，25 個蛹及 8 隻成蝶。3 月次之，記錄到 8 個卵，49 隻蟲，35 個蛹及 21 隻成蝶。但黃裳鳳蝶族群數量在 2009 年 5 月至 6 月間出現急遽下跌的現象，族群數量最低點出現在 2009 年 7 月（圖 3-9），此時 59 處樣點只記錄到 2 隻成蝶。港口馬兜鈴葉片豐量則在 2009 年 2 月達到高峰，在 6 月降至最低。

野外觀察發現，在無颱風等劇烈的環境因子干擾下，黃裳鳳蝶族群數量會隨食草葉片豐量而波動，食草豐量高時，黃裳鳳蝶族群數量漸漸升高，但當黃裳鳳蝶族群數量升高後，幼蟲會消耗掉大部分的食草資源，在食草量降至低點時，母蝶即難以再尋找到可產卵的食草來產卵，來不及結蛹的幼蟲也因無法遠距離移動而在該棲地食草耗竭時死亡，於是黃裳鳳蝶族群數量在 2009 年 5 至 6 月間出現急遽下跌的現象，至 7 月時降到最低。2009 年 8 月上旬莫拉克颱風帶來豐沛雨水，使得港口馬兜鈴葉片快速生長，當食草豐量逐漸上升後，黃裳鳳蝶族群量也緩慢上升。

本研究自 2005 年 9 月至 2007 年 6 月，以及 2008 年 12 月至 2009 年 10 月，於墾丁野外觀察黃裳鳳蝶族群動態，發現此蝶族群數量的波動甚大。族群成長最簡單的模型是 J 字型（指數）模型，J 字型成長是無界的，但對於現實的族群而言，不可能有持久的無限增長現象，因為環境是有限的，環境中的空間、食物等條件都不可能無限制的供養族群無止盡增長（孫 1989）。本研究顯示，黃裳鳳蝶族群數量有時因食草資源豐富而呈 J 字型成長，之後均因幼蟲消耗掉大部分的食草資源而致使族群量快速降至低點，其後需長時期的發展才能讓族群數量再升高。而且終齡幼蟲在沒有食物的情況之下，往往啃食莖部，常造成食草被啃斷，甚至死亡的現象，基徑較粗的大型食草植株則較能耐受幼蟲的啃食。

在現今野外主要食草港口馬兜鈴數量稀少的限制下，此保育類蝴蝶族群數量難以維持在較高的狀態，於野外栽植食草重建棲地有其必要性，長期監測則是掌

握其族群動態最直接的方法，而黃裳鳳蝶野外族群動態的生態學知識亦有待更進一步研究。

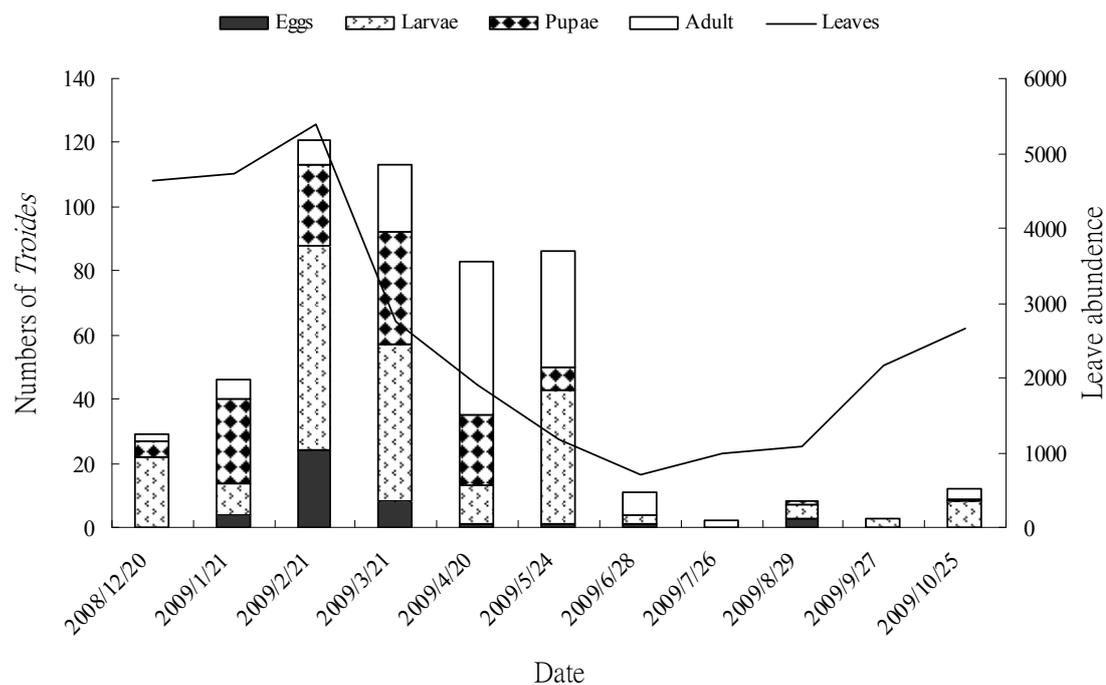


圖 3-9 自 2008 年 12 月至 2009 年 10 月墾丁地區黃裳鳳蝶卵、蟲、蛹、成蟲數量，以及港口馬兜鈴葉片豐量動態變化。

(資料來源：本研究)

第四章 結論與建議

第一節 結論

- 一、研究區內黃裳鳳蝶可利用的食草有近 70% 被實際利用，在這些實際利用的食草中，母蝶選擇大型植株產卵的比率高達 97%，這應與母蝶大多在森林冠層上方飛行尋找食草的產卵行為有關。
- 二、分析食草港口馬兜鈴植株及棲地環境特性，發現母蝶產卵與未產卵的港口馬兜鈴在植株大小、垂直分層、棲地類型及地上灌叢密度等環境因子上均有顯著差異，整體而言，母蝶產卵偏好利用生長至森林上層的大型食草植株，以及林冠相連、林下灌叢密度較低的棲地。
- 三、野外有些港口馬兜鈴植株被不同世代的黃裳鳳蝶母蝶重覆利用來產卵的頻度較高，其中植株大小、植株分層、葉片數及棲地類型 4 項因子與母蝶在 1 株食草上的產卵次數有顯著相關，不同世代的母蝶在葉片數較多、生長至森林上層的大型食草植株上，以及有小徑穿越的森林類型棲地產卵頻度較高。
- 四、於鬱閉樹林中及樹林邊緣兩種類型棲地種植大型港口馬兜鈴的實驗結果，與「黃裳鳳蝶偏好利用鬱閉森林類型棲地」的假說及野外調查結果並不一致。
- 五、本研究長時間於墾丁野外觀察黃裳鳳蝶族群動態，發現此蝶族群數量的波動甚大，族群數量因食草資源豐富而呈 J 字形成長後，均因幼蟲消耗掉大部分的食草資源而致使族群量快速降至低點，其後需長時期的發展才能讓族群數量再升高。在現今野外食草族群數量稀少的限制下，此保育類蝴蝶族群數量難以維持在較高的狀態，於野外栽植食草重建棲地有其必要性，而長期監測則是掌握其族群動態最直接的方法。
- 六、由於黃裳鳳蝶的主要食草港口馬兜鈴於野外族群數量稀少，為保育黃裳鳳蝶

之需，可於野外限定的區域內，依研究結果復植大型港口馬兜鈴植株於適當的環境之中。

第二節 建議

建議一

建議主題：立即可行建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

保護黃裳鳳蝶現存棲地為保育首要工作，社頂、鵝鑾鼻公園等重要棲地應加強巡邏保護森林，以免森林受人為破壞。顧工整理公園環境時，應避免砍斷食草港口馬兜鈴。保育研究課可與社頂社區合作，建立夥伴關係，以在地優勢巡查保護黃裳鳳蝶棲地，並藉以落實社區保育。此外，由於黃裳鳳蝶族群數量的波動甚大，族群數量因食草資源豐富而呈 J 字形成長後，均因幼蟲消耗掉大部分的食草資源而致使族群量快速降至低點，其後需長時期的發展才能讓族群數量再升高。在現今野外食草族群數量稀少的限制下，建議墾管處可依據本研究結果，在野外限定的區域內以實驗方式復植適當的食草港口馬兜鈴植株於適當的環境中，進行黃裳鳳蝶野外棲地重建，並由處內工作人員及配合社區夥伴關係的發展持續進行重建之棲地的監測工作。

建議二

建議主題：中長期建議

主辦機關：墾丁國家公園管理處

昆蟲之族群數量受環境因子影響波動極大，為掌握墾丁地區黃裳鳳蝶之族群動態，以便適時執行保育動作及調整保育策略，建議墾管處長期進行黃裳鳳蝶野外族群監測。而對於墾丁地區黃裳鳳蝶與港口馬兜鈴的保育而言，基礎生

態學研究仍不足夠，要獲得完整的保育知識並可運用於實務上，還需管理處和學術機構繼續對黃裳鳳蝶與港口馬兜鈴的生態學相關領域做更深入的研究，方可求得有效的保育策略。

附錄 各環境因子間皮爾森相關係數表

	leaf abundance	habitat type	vertical stratification	plant size	winter monsoon	altitude	diameter
leaf abundance	1	-0.0203	0.52023	0.38253	0.05109	-0.01642	0.50115
		0.8637	<.0001	0.0008	0.6655	0.8896	<.0001
habitat type	-0.0203	1	0.25882	0.37168	0.54909	-0.43398	0.11026
	0.8637		0.0181	0.0005	<.0001	<.0001	0.321
vertical stratification	0.52023	0.25882	1	0.63891	0.13013	-0.33225	0.49529
	<.0001	0.0181		<.0001	0.241	0.0021	<.0001
plant size	0.38253	0.37168	0.63891	1	0.24503	-0.27234	0.44832
	0.0008	0.0005	<.0001		0.0256	0.0127	<.0001
winter monsoon	0.05109	0.54909	0.13013	0.24503	1	-0.35512	0.05493
	0.6655	<.0001	0.241	0.0256		0.001	0.6219
altitude	-0.01642	-0.43398	0.33225	-0.27234	-0.35512	1	-0.09044
	0.8896	<.0001	0.0021	0.0127	0.001		0.4162
diameter	0.50115	0.11026	0.49529	0.44832	0.05493	-0.09044	1
	<.0001	0.321	<.0001	<.0001	0.6219	0.4162	
substrate	0.01802	-0.08712	0.06074	0.03152	0.121	0.0461	-0.10678
	0.8789	0.4335	0.5854	0.7773	0.2759	0.679	0.3366
tree height	0.43934	0.37701	0.5051	0.47732	0.42765	-0.08797	0.37188
	<.0001	0.0004	<.0001	<.0001	<.0001	0.4291	0.0005
ground cover	-0.04822	-0.35338	0.2233	-0.22796	-0.35082	0.32195	-0.35781
	0.6833	0.001	0.0424	0.0382	0.0011	0.003	0.0009
1m densing	0.0565	-0.40937	0.06803	-0.1704	-0.41202	0.31634	-0.16637
	0.6325	0.0001	0.5411	0.1235	0.0001	0.0036	0.1328
competitor	0.12899	-0.22884	0.04833	-0.16576	-0.18904	-0.06758	0.12281
	0.2734	0.0374	0.6644	0.1342	0.087	0.5438	0.2687
generations	0.65401	0.19614	0.60072	0.53452	0.09982	-0.26419	0.47499
	<.0001	0.0873	<.0001	<.0001	0.3877	0.0202	<.0001

附錄 各環境因子間皮爾森相關係數表 (續 1)

	substrate	tree height	ground cover	1m densing	competitor	<i>Troides</i>
leaf abundance	0.01802	0.43934	-0.04822	0.0565	0.12899	0.45601
	0.8789	<.0001	0.6833	0.6325	0.2734	<.0001
habitat type	-0.08712	0.37701	-0.35338	-0.40937	-0.22884	0.37576
	0.4335	0.0004	0.001	0.0001	0.0374	0.0005
vertical stratification	-0.06074	0.5051	-0.2233	-0.06803	-0.04833	0.70068
	0.5854	<.0001	0.0424	0.5411	0.6644	<.0001
plant size	0.03152	0.47732	-0.22796	-0.1704	-0.16576	0.64289
	0.7773	<.0001	0.0382	0.1235	0.1342	<.0001
winter monsoon	0.121	0.42765	-0.35082	-0.41202	-0.18904	0.20074
	0.2759	<.0001	0.0011	0.0001	0.087	0.0688
altitude	0.0461	-0.08797	0.32195	0.31634	-0.06758	-0.34992
	0.679	0.4291	0.003	0.0036	0.5438	0.0012
diameter	-0.10678	0.37188	-0.35781	-0.16637	0.12281	0.32137
	0.3366	0.0005	0.0009	0.1328	0.2687	0.0031
substrate	1	0.04946	0.25143	0.15462	-0.00348	-0.01163
		0.657	0.0219	0.1628	0.9751	0.9169
tree height	0.04946	1	-0.2653	-0.29027	-0.14672	0.41591
	0.657		0.0154	0.0078	0.1856	<.0001
ground cover	0.25143	-0.2653	1	0.70446	0.07828	-0.0939
	0.0219	0.0154		<.0001	0.4818	0.3985
1m densing	0.15462	-0.29027	0.70446	1	0.10584	-0.08969
	0.1628	0.0078	<.0001		0.3409	0.4201
competitor	-0.00348	-0.14672	0.07828	0.10584	1	-0.03645
	0.9751	0.1856	0.4818	0.3409		0.7435
generations	0.19614	0.44868	-0.13478	-0.09709	0.12856	0.67679
	0.0873	<.0001	0.2425	0.4009	0.2652	<.0001

誌謝

本研究能順利完成，必須特別感謝本處保育志工李宗祈先生在研究期間全程協助野外調查，也感謝保育課同事郭志宏先生協助培育及栽植實驗用港口馬兜鈴，以及替代役男蔡明發協助栽植實驗的調查工作。並要感謝社頂部落的潘明雄大哥在野外尋找黃裳鳳蝶蛹方面的技巧傳授。最後要感謝周大慶先生對於報告撰寫上的建議，以及恩師郭耀綸教授對本文的指正。

參考書目

- Anthes N, Fartmann T, Hermann G, Kaule G. 2003. Combining larval habitat quality and metapopulation structure - the key for successful management of pre-alpine *Euphydryas aurinia* colonies. *J Insect Conserv* 7 (3) :175-85.
- Beccaloni GW. 1997. Vertical stratification of ithomiine butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae) mimicry complexes: the relationship between adult flight height and larval host-plant height. *Biol J Linnean Soc* 62 (3) :313-41.
- Bergström A. 2005. Oviposition site preferences of the threatened butterfly *Parnassius mnemosyne* -- implications for conservation. *J Insect Conserv* 9 (1) :21-7.
- Biedermann R. 2004. Patch occupancy of two hemipterans sharing a common host plant. *J Biogeogr* 31 (7) :1179-82.
- Brommer JE, Fred MS. 1999. Movement of the Apollo butterfly *Parnassius apollo* related to host-plant and nectar plant patches. *Ecol Entomol* 24:125-31.
- Collins NM, Morris MG. 1985. Threatened swallowtail butterflies of the world. The IUCN Red Data Book. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Doak P, Kareiva P, Kingsolver J. 2006. Fitness consequences of choosy oviposition for a time-limited butterfly. *Ecology* 87 (2) : 395-408.
- Fermon H, Waltert M, Mühlenberg M. 2003. Movement and vertical stratification of fruit-feeding butterflies in a managed West African rainforest. *J Insect Conserv* 7 (1) :7-19.
- Fermon H, Waltert M, Vane-Wright RI, Mühlenberg M. 2005. Forest use and vertical stratification in fruit-feeding butterflies of Sulawesi, Indonesia: impacts for conservation. *Biodivers Conserv* 14 (2) :333-50.
- Fred MS, Brommer JE. 2003. Influence of habitat quality and patch size on occupancy and persistence in two populations of the Apollo butterfly (*Parnassius apollo*) . *J Insect Conserv* 7 (2) :85-98.
- Gause GF. 1934. The struggle for existence. Williams and Wilkins, Baltimore. Reprinted

online at <http://www.ggause.com/Contgau.htm>.

- Grossmueller DW, Lederhouse RC. 1985. Oviposition site selection: an aid to rapid growth and development in the tiger swallowtail butterfly, *Papilio glaucus*. *Oecologia* 66 (1) :68-73.
- Huang SL, Tseng MC, Hwang JH, Lu CF. 2007. Phylogenetic relationships of plants belonging to the genus *Aristolochia* (Aristolochiaceae) of Taiwan based on nuclear internal transcribed spacer sequences. *Endemic Species Res* 9(2) :19-27. [in Chinese with English summary].
- Hsieh KJ, Kuo YL, Perng JJ, Lai PY, Lee TC. 2008. Population distribution of *Aristolochia zollingeriana*, an endangered vine exploited by three papilionid butterflies in Kenting National Park, Taiwan. *Taiwan J. For. Sci.* 23 (3) : 243-54.
- Konvička M, Kuras T. 1999. Population structure, behaviour and selection of oviposition sites of an endangered butterfly, *Parnassius mnemosyne*, in Litovelské Pomoraví Czech Republic. *J Insect Conserv* 3 (3) : 211-23.
- Lu SH, Hwang LS, Tang KJ. 2004. Diurnal and annual temperature variations in experimental forests of the Taiwan Forestry Research Institute. *Taiwan J For Sci* 19 (1) :15-25.
- Molles MC. 1999. *Ecology: concepts and application*. Boston, MA: WCB/McGraw-Hill. 509 p.
- Morais ABB de, Brown Jr. KS. 1991. Larval foodplant and other effects on troidine guild composition (Papilionidae) in southeastern Brazil. *J Res Lepidopt* 30(1-2) :19-37.
- Morris DW, Fox BJ, Luo J, Monamy V. 2000. Habitat-dependent competition and the coexistence of Australian heathland rodents. *Oikos* 91, 294-306.
- Rausher MD. 1979. Larval habitat suitability and oviposition preference in three related butterflies. *Ecology* 60 (3) : 503-11.
- Su HJ, Su CY. 1988. Multivariate analysis on the vegetation of Kenting National Park. *Q J Chin For* 21 (4) :17-32. [in Chinese with English summary].
- Thompson JN. 1988. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia*

- Experimentalis et Applicata 47:3-14.
- Thompson JN, Pellmyr O. 1991. Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 65-89.
- Wang HH, Sun IF, Chien CT, Pan FJ, Kuo CF, Yu MH, et al. 2004. Tree species composition and habitat types of a Karst forest in Kenting, southern Taiwan. *Taiwan J For Sci* 19 (4) :323-35. [in Chinese with English summary].
- William J, Resetarits JR. 1996. Oviposition site choice and life history evolution. *Amer. Zool.* 36:205-215.
- Wu TS, Leu YL, Tsai YL, Lin FW, Chan YY, Chiang CY. 2001. The constituents of *Aristolochia elegans* and *Aristolochia zollingeriana*. *J Chin Chem Soc* 48(1):109-12.
- Yen SH, Yang PS. 2001. Illustrated identification guide to insects protected by the CITES and wildlife conservation law of Taiwan, R.O.C., Taipei, 179 pp.
- 呂勝由、邱文良，1997。台灣稀有及瀕危植物之分級（II）。行政院農業委員會。台灣。57-58 頁。
- 呂勝由、邱文良，1998。台灣稀有及瀕危植物之分級（III）。行政院農業委員會。台灣。5-6 頁。
- 林政行，1984。植物與昆蟲的共同演化。台灣省立博物館出版。台灣。4-37 頁。
- 吳怡欣、楊平世，2006。黃裳鳳蝶遺傳多樣性及保育生物學。於黃生編：基因生萬物——台灣野生物基因多樣性保育專文彙編」。行政院農委會林務局。台灣。11-19 頁。
- 陳玉峯，1985。墾丁國家公園海岸植被。內政部營建署墾丁國家公園管理處。台灣。10 至 15 頁。
- 孫儒泳，1989。種群的科學管理與數學模型——動物的盛衰興亡。淑馨出版社。台灣。63-67 頁。
- 楊耀隆，2004。台灣保育類野生動物圖鑑——昆蟲類。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。台灣。300-301 頁。