

研究報告

人工林成長對蝴蝶群聚組成結構的影響

黃文伯¹⁾ 楊懿如²⁾ 葛兆年^{3,4)}

摘 要

人工林造林後，基於生產力的提升與演替過程中多樣性的增加，植食者的群聚結構也隨之變化。本研究即在花蓮大農大富平地森林園區，於2009、2012和2019年每季調查蝴蝶的群聚結構，以了解人工林演替與各類別植物豐度對蝴蝶豐度(species richness)、豐量(abundance)與多樣性(diversity)的影響。在44個樣區3個年度的調查下，共計觀察到蝴蝶5科101種2364隻次，其中以蛺蝶科(Nymphalidae)、灰蝶科(Lycaenidae)和粉蝶科(Pieridae)的數量最多，季節性優勢物種主要為白雅波灰蝶(*Jamides celeno celeno*)、豆環蛺蝶(*Neptis hylas luculenta*)、小波眼蝶(*Ypthima baldus zodina*)與白粉蝶(*Pieris rapae crucivora*)。從2002年造林開始，7年、10年與17年後蝴蝶的豐度與豐量仍持續增加，但多樣性隨季節起伏差異不大。蝴蝶的豐量受造林樹種豐度影響，但豐度則較不受影響，蝴蝶的豐度與豐量皆受林下地被植物豐度所影響，地被植物的豐度又與造林樹種豐度有顯著的正相關，此結果顯示造林樹種豐度對蝴蝶群聚的影響力可能小於地被植物豐度。將單一樹種造林與多樹種混合造林相比，後者除了使伴生的植物物種增加外，也增加了蝴蝶的物種。

關鍵詞：人工林、蝴蝶、優勢物種、群聚結構、演替。

黃文伯、楊懿如、葛兆年。2020。人工林成長對蝴蝶群聚組成結構的影響。台灣林業科學35(3):217-38。

¹⁾ 國立台南大學生態暨環境資源學系，70005台南市中西區樹林街二段33號 Department of Natural Resources and Environmental Studies, College of Environmental Studies, National Dong Hwa Univ., 1 Da-Hsueh Rd., Sec. 2, Shoufeng, Hualien 97401, Taiwan.

²⁾ 國立東華大學自然資源與環境學系，97401花蓮縣壽豐鄉志學村大學路二段1號 Department of Natural Resources and Environmental Studies, College of Environmental Studies, 1 Da-Hsueh Rd., Sec. 2, Shoufeng, Hualien 97401, Taiwan.

³⁾ 林業試驗所森林保護組，10066台北市南海路53號 Department of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

⁴⁾ 通訊作者 Corresponding author, e-mail:nien@tfri.gov.tw

2020年7月送審 2020年12月通過 Received July 2020, Accepted December 2020.

Research paper

The Influence of Plantation Growth on the Butterfly Community Structure

Wenbe Hwang,¹⁾ Yi-Ju Yang,²⁾ Chao-Nien Koh^{3,4)}

【 Summary 】

Based on an increase in productivity and an increase in diversity in the successional process after reforestation, it was proven that the community structure of herbivores would also change. This research represents an investigation of the community structure of butterflies in the Danongdafa Flatplain Forest Park in Hualien County in 2009, 2012, and 2019 to understand the influence of plantation succession and plant species richness on butterfly species richness, abundance, and diversity. In the 3-yr survey of 44 plots, 2364 total individuals of 101 species in 5 butterfly families were observed, among which the Nymphalidae, Lycaenidae, and Pieridae were more abundant. The seasonally dominant species were *Jamides celeno celeno*, *Neptis hylas luculenta*, *Ypthima baldus zodina*, and *Pieris rapae crucivora*. Since this area was reforested in 2002, the species richness and abundance of butterflies have continued to increase after 7, 10, and 17 years, but the diversity showed only slight seasonal fluctuations. Butterfly abundances were affected by the species richness of plantation tree species, but the butterfly species richness was less affected. Butterfly species richness and abundance were both affected by the species richness of ground cover plants of the forest. A significant positive relationship was also found between the species richness of ground cover plants and that of plantation tree species. These results showed that the species richness of plantation tree species may have less influence on the butterfly species richness than the species richness of ground cover plants. Comparing a monoculture plantation with a multi-species mixed tree plantation, the latter increased the associated plant species richness, and also increased the butterfly species richness.

Key words: plantation, butterfly, dominant species, community structure, succession.

Hwang WB, Yang YJ, Koh CN. 2020. The influence of plantation growth on the butterfly community structure. *Taiwan J For Sci* 35(3):217-38.

緒言

人類因需求而開發環境，常使得生態系統多樣性降低。在上一個世紀千萬公頃的森林被砍伐，便是將土地轉用在種植經濟作物 (Williams 2002)。花蓮縣光復鄉大農大富地區位於花東縱谷中，最早為闊葉森林所覆蓋 (Kang

1999)，於上一世紀開發為台灣糖業公司之甘蔗生產區。Lawton et al. (1998)發現相比於原始的林地，環境干擾程度越嚴重的土地，尤其是農業用地，無論鳥類、蝴蝶、甲蟲或螞蟻都面臨物種數目急遽降低的命運。在全球環境變

遷、棲地喪失、食草與蜜源植物缺乏等的狀況下，蝴蝶的族群與多樣性更是受到強烈的威脅 (Preston et al. 2012, Breed et al. 2013, Pleasants and Oberhauser 2013)。

大農大富地區自2002年開始由林務局進行平地造林，種植約1000 ha、近20種逾百萬株的闊葉樹樹苗 (Chen and He 2008)。平地造林在近十年已演替出多樣的生態樣貌，2011年的調查報告中已有地棲昆蟲12目、兩棲類13種、爬蟲類9種、鳥類48種與哺乳動物6種 (Huang et al. 2011)，而在2013年之後的調查報告裡，蜻蛉目有8科29種、蝶類5科77種、螢火蟲31種、兩棲類6科11種、爬蟲類6科12種、鳥類45科105種，而哺乳動物也多達13種 (Koh et al. 2013, 2019, Chen and Cheng 2016, Chen 2018)。

人為的棲地環境在生物多樣性保護的貢獻上是相當難以估算的 (Schulze et al. 2004b, Waltert et al. 2004)。蝴蝶的豐度和豐量深受棲地改變的影響，在東南亞天然林和受干擾森林的蝴蝶多樣性已有相當的研究 (Spitzer et al. 1993, Hill et al. 1995, Beck and Schulze 2000, Schulze et al. 2004a, b, Fermon et al. 2005)。東南亞次生老林中，鱗翅目具有相當高的多樣性 (Beck et al. 2002; Schulze et al. 2004a, b)，但在混農林業 (agroforestry) 與次生林中，蝴蝶豐度和豐量則高於在近原始林與一年生作物農業用地的環境，蝴蝶物種數目隨著樹木密度增加而增加，但隨著一年生草本農作物的增加而降低 (Bobo et al. 2006)。混農林業系統雖然有較高的鱗翅目多樣性，但卻損失了70%的森林物種 (Schulze et al. 2004a)。

蝴蝶因具有高度的物種多樣性，而常被用作生物指標 (Pollard and Yates 1993, Honda and Kato 2005)。蝴蝶幼蟲與宿主植物常有強烈的種間相關性，而成蟲取食花蜜亦受到蜜源植物的影響 (Honda and Kato 2005)，因此環境中植被的變化常能影響蝴蝶的群聚結構，加上蝴蝶世代時間短、移動能力佳且對棲地的特定偏好，更能夠快速反映環境的變化 (Dennis 1992, Thomas 1995)，藉由人工林蝴蝶群聚的調查可以了解生態系統的變化趨勢。

時間軸變化下的人造林除了生產力增加外，林下的地被植物多樣性也可能隨著造林的樹種與物種數而有變化，造成環境異質性的變化。空間異質性如何影響生態模式和過程，是景觀生態學的重點之一 (Pickett and Cadenasso 1995, Fortin and Agrawal 2005, Turner 2005)。而空間異質性的量化則須要了解它如何影響不同生物的多樣性和分佈，以及這些物種的專一性反應 (Kumar et al. 2006)。在區域性的尺度上，許多蝴蝶只限於一種或幾種密切相關的食草與授粉的作用 (Scoble 1992, Opler 1999)，加上蝴蝶與植物長時間的共同演化 (Ehrlich and Raven 1964)，足以預測兩者生物多樣性的一致性。

大農大富地區平地造林迄今近二十年，從大尺度觀之可謂多樹種混合造林，若縮小尺度則部分區塊為單一樹種造林，部分區塊為多樹種混植，此地區為甚佳之實驗場域，可以了解不同方式造林下，經由生態演替產生的多樣性演變模式。本研究即探討人造林在時間尺度上的變化，以及造林樹種豐度所產生的環境異質性，如何對蝴蝶的群聚結構與多樣性產生影響。

材料與方法

一、研究地點與造林環境

研究地點為大農大富平地森林園區，位在花蓮縣光復鄉南端，中央山脈與海岸山脈之間的花東縱谷中 (23°35'9.06"~38°15.3"N, 121°22'59.84"~26°10.71"E)，海拔高度約為130至250 m。園區面積約為1250 ha，主要造林年份2002~2003年，至2009年造林面積近1000 ha，樹種包含光蠟樹 (*Fraxinus griffithii*) 等18樹種 (ELAEP 2010)。依道路切割採區塊方式造林，若樣區樹種混植，乃採各6行為同一樹種之方式栽植。

二、蝴蝶調查方法

於花蓮縣光復鄉大農大富平地森林園區內道路交會處設置44個樣區，分別於2009年(造林後6~7年)、2012年(造林後9~10年)及2019年(造林後16~17年)進行調查。因經費、人力與天候的限制，故僅能以每季調查，雖無法完全於同

一月份進行，但仍選擇相近的時間，時間誤差不超過一個月。在4季(1或2月、4月、7或8月、10或11月)各進行1次所有樣區的蝴蝶調查。每區依可及道路設置1至4條穿越線，共109條穿越線(Fig. 1)。在每條穿越線進行5 min、50 m的調查，行進穿越線時記錄寬度5 m內看到的蝴蝶種類及數量，若遇小型等不易辨別種類，則以掃網捕捉確認種類。調查為選擇該季節晴日之上午8點至下午4點之間，於3日內完成。

三、植物調查方法

2020年依往年調查編號重新調查44個樣區的植物種類，植物調查方法為目視樣區內的造林木本植物、非造林木本植物(含林下更新木本小苗)，以及明顯可見的地被植物及蝴蝶食草，調查時僅記錄可視範圍內之植物種類，並無記錄數量。

四、統計方法

1. 時間尺度：統計3個年度所有樣區之蝴蝶種類及數量，4季之豐度(species richness)、豐量(abundance)與香儂多樣

性指數(Shannon-Wiener diversity index, H')的時間變化。香儂多樣性指數為以各物種之相對豐量(relative abundance, p_i)依 $H' = -\sum p_i \log_e p_i$ 公式計算(Shannon and Weaver 1949, 引自Magurran 2004)。以 Pielou's evenness index (J)來比較單季之物種勻度，其中 $J = H' / H_{\max}$, $H_{\max} = \ln S$, S 為該季之豐度(Pielou 1975)。物種勻度值介於0~1之間，數值越大代表均勻度越高。3個年度豐度與豐量，因2009年缺乏春季資料，故僅取夏秋冬3季的樣區數據，使用無母數Friedman-test比較差異。

昆蟲族群成長常快速反應在食物多寡的供應上，不同物種族群的密度大小相距懸殊，無法依一物種相對豐量大於5%即視為優勢(dominant)的線性結構來建立優勢物種清單，因此各季節蝴蝶物種的優勢程度，則按Engelmann (1978)所定義之六個對數關係等級的相對豐量來區分，在相對豐量於32.0~100%之間為真優勢(eudominant)，10.0~31.9%為優勢(dominant)，3.2~9.9%為亞優勢(subdominant)，1.0~3.1%為

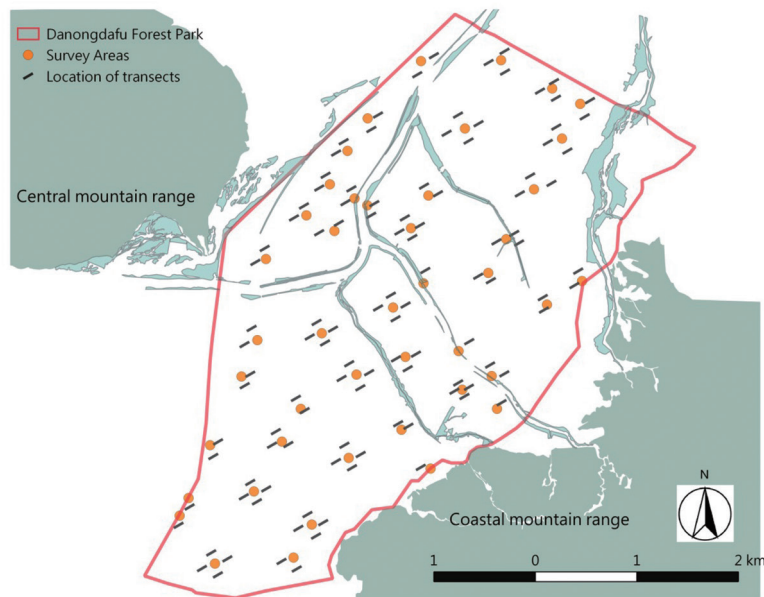


Fig. 1. Map of butterfly survey sites and transects in Danongdafu Flatland Forest Park, Guangfu Township, Hualien County.

劣勢(recedent), 0.32~0.99%為亞劣勢(subrecedent), 而在0.32%以下則為稀有(sporadic)。

2. 空間尺度：探討蝴蝶與植物之間的關係，以Spearman-test分析2019年各樣區蝴蝶的豐度、豐量和多樣性指數，以及2020年該樣區所調查之造林樹種豐度、木本植物豐度(造林木本植物+非造林木本植物)、地被植物豐度(地被植物+蝴蝶食草)與所有植物之總豐度(造林木本植物+非造林木本植物+地被植物+蝴蝶食草)之間的相關性。使用之統計軟體為SPSS 20，以 $p < 0.05$ 為統計的顯著性。

結果

2020年樣區現有植物

2020年調查所有樣區之木本植物共44種。

造林樹種依其樣區出現頻度高低順序為光蠟樹、台灣櫟(*Zelkova serrata*)、茄苳(*Bischofia javanica*)、陰香(*Cinnamomum burmannii*)、台灣欒樹(*Koelreuteria henryi*)、楓香(*Liquidambar formosana*)、杜英(*Elaeocarpus sylvestris*)、樟樹(*Cinnamomum camphora*)、烏心石(*Michelia formosana*)、台灣赤楊(*Alnus formosana*)、苦楝(*Melia azedarach*)、無患子(*Sapindus saponaria*)、大葉楠(*Machilus kusanoi*)、水黃皮(*Millettia pinnata*)、青楓(*Acer serrulatum*)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、台灣肖楠(*Calocedrus formosana*)共17樹種。在44個樣區內，有5個樣區無造林，單一様區內造林樹種最高為9種，最低為0種，中位數為4種。

非造林樹種依頻度高低順序為相思樹(*Acacia confusa*)、刺杜密(*Bridelia balansae*)、銀合歡(*Leucaena leucocephala*)、桑樹(*Morus alba*)、烏臼(*Triadica sebifera*)、杜虹花(*Callicarpa formosana*)、青剛櫟(*Quercus glauca*)等共27樹種。單一様區內非造林樹種最多為8種，最少為0種，中位數為2種。單一様區內包含造林及非造林樹種的木本植物最多為16種，最少為3種，中位數為8種。

地被植物依其樣區出現的頻度高低順序為大花咸豐草(*Bidens alba*)、紫花霍香薊(*Ageratum houstonianum*)、五節芒(*Miscanthus floridulus*)、鳳尾蕨(*Pteris multifida*)、月桃(*Alpinia zerumbet*)、葛藤(*Pueraria montana*)、漢氏山葡萄(*Ampelopsis brevipedunculata*)、火炭母草(*Polygonum chinense*)、兩耳草(*Paspalum conjugatum*)、腎蕨(*Nephrolepis cordifolia*)、象草(*Pennisetum purpureum*)等56種(Appendix 1)，其中以五節芒、鳳尾蕨與大花咸豐草為優勢物種。單一様區內最多有14種地被植物，最少為3種，中位數為6種。

蝴蝶群聚的時間變化

本研究於2009年、2012年與2019年於花蓮縣大農大富平地造林區所調查44個樣區之蝴蝶共計5科101種2364隻次，弄蝶科(Hesperiidae)為12種79隻次、鳳蝶科(Papilionidae)為14種185隻次、粉蝶科(Pieridae)為13種342隻次、灰蝶科(Lycaenidae)為19種697隻次、蛺蝶科(Nymphalidae)為43種1062隻次(Appendix 2)。其中優勢物種2種，依序為白雅波灰蝶(*Jamides celeno celeno*) (17.26%)與豆環蛺蝶(*Neptis hylas luculenta*) (11.08%)，亞優勢物種8種，依序為小波眼蝶(*Ypthima baldus zodina*) (8.67%)、白粉蝶(*Pieris rapae crucivora*) (4.86%)、青鳳蝶(*Graphium sarpedon connectens*) (4.86%)、密紋波眼蝶(*Ypthima multistriata*) (4.31%)、雅波灰蝶(*Jamides bochus formosanus*) (4.10%)、眼蛺蝶(*Junonia almana*) (3.51%)、豆波灰蝶(*Lampides boeticus*) (3.38%)與黃蝶(*Eurema hecabe hecabe*) (3.21%)。

比較3個年度夏秋冬3季44個樣區的資料，各年度間的豐度或是豐量皆呈現顯著差異(Friedman-test: $p < 0.001$, $n = 44$)。豐度在2009年的中位數為2種，2012年為6.5種，2019年為9種；而豐量之中位數在2009年為4隻，2012年為10.5隻，2019年為18.5隻，蝴蝶的豐度與豐量兩者隨時間有顯著上升的趨勢。

2009年3季調查到蝴蝶36種229隻次、2012年4季為75種840隻次、2019年4季則為73種

1259隻次。春夏兩季的蝴蝶豐度以2012年最高，冬季的蝴蝶豐度以2012年最低，秋季的蝴蝶豐度則隨造林年度而增加。夏秋兩季的蝴蝶豐量亦隨造林年度而增加，在2012年春季的蝴蝶豐量高過2019年，2012年冬季的蝴蝶豐量最低(Fig. 2)。

以香儂多樣性指數來看，2012年夏季多樣性最高，但物種勻度卻是以2009年夏季為最高。此顯示在人工林成長過程中，初始的環境能吸引的蝴蝶豐度少且隻數亦少，故多樣性低，但在無特定物種大量聚攏下，物種勻度則

呈現較高的數值。然而人工林生長至2012年夏季，在生產力升高的情況下，豐度達到最高，但豐量尚未達至巔峰，即便多樣性數值最高，因少數物種大量聚攏而使物種勻度低於2009年。到了2019年夏季豐度少了兩種，但豐量增至600隻以上，但更聚攏在少數物種，而使多樣性數值與物種勻度降至夏季最低。而在秋季，3年的多樣性數值與物種勻度亦如豐度與豐量，隨著人工林的成長時間而增高。在冬季，2012年的兩項數值亦為最低(Fig. 3)。

隨著造林時間的增長，除了粉蝶科外，

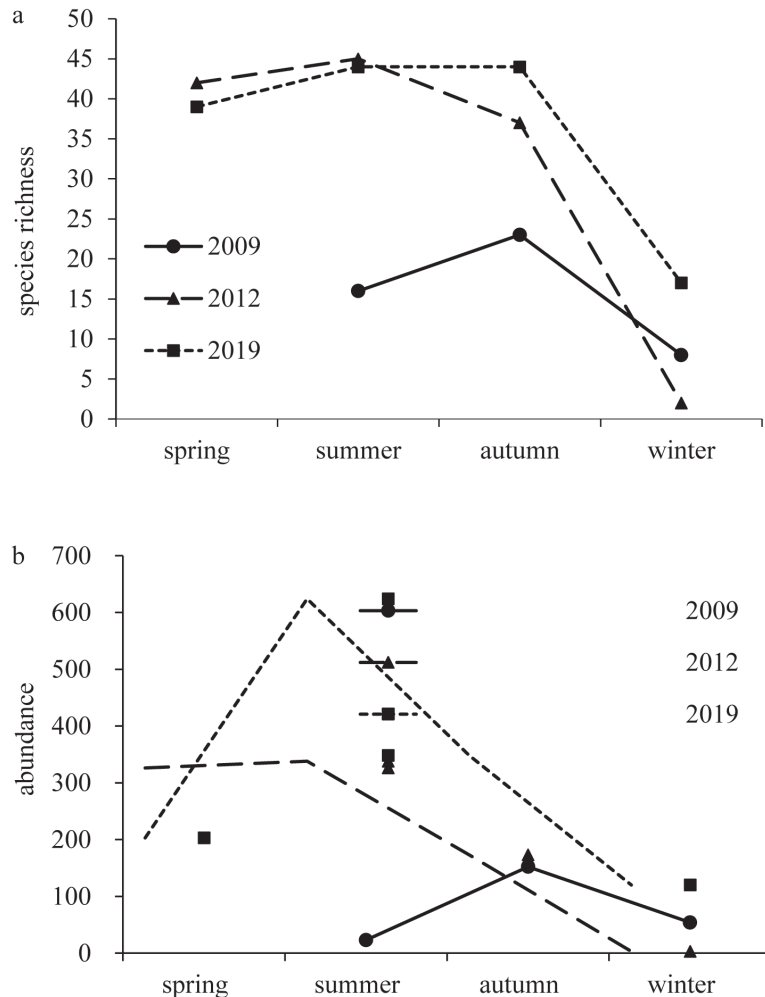


Fig. 2. (a) Species richness and (b) abundance of butterflies surveyed in 4 seasons of 2009, 2012, and 2019 in Danongdafu Flatland Forest Park, Hualien County (except for spring 2009).

弄蝶科、鳳蝶科、灰蝶科與蛺蝶科的豐量皆有明顯的增加(Fig. 4A)，而粉蝶科、灰蝶科與蛺蝶科等3個主要科別的相對豐量則呈現消長的情況，粉蝶科從2009年佔全體一半數量以上於2012年即降至10.95%，從2012年開始蛺蝶科便成為優勢類群，而灰蝶科在2019年有大幅成長，但仍未超過蛺蝶科的優勢地位(Fig. 4B)。

季節性優勢物種之變化

比較2012年與2019年春季的調查結果，小波眼蝶、豆環蛺蝶與小紫斑蝶(*Euploea tulliolus*

koxinga)是春季固定出現的3個物種。2019年小波眼蝶的數量增加，豆環蛺蝶數量減少而降至亞優勢物種，2019年春季雖然不見豆波灰蝶，但增加了更多如青鳳蝶、黃鉤蛺蝶(*Polygonia c-aureum lunulata*)、密紋波眼蝶、紫日灰蝶(*Heliophorus ila matsumurae*)、白雅波灰蝶與亮色黃蝶(*Eurema blanda arsakia*)等亞優勢物種(Appendix 3)。

3年度夏季調查較常見的蝴蝶為白雅波灰蝶、青鳳蝶、眼蛺蝶與豆環蛺蝶4種。於2009年雖然優勢物種數量多，但每一個物種的隻數

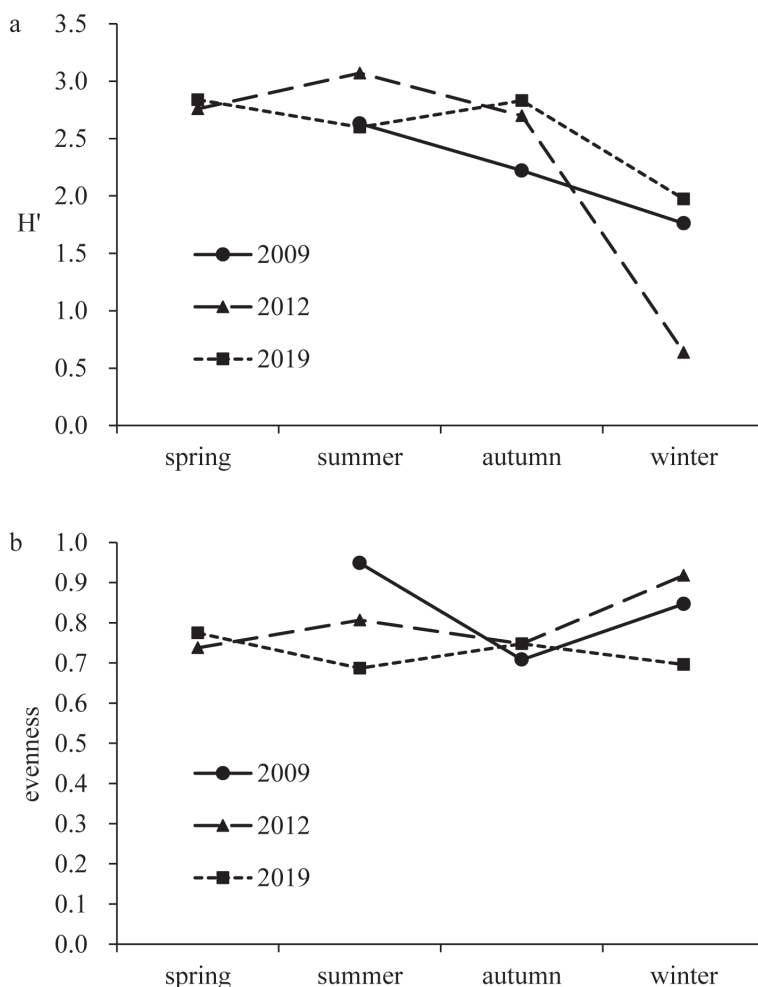


Fig. 3. (a) Shannon-Wiener diversity index (H') and (b) species evenness of butterflies surveyed in 4 seasons of 2009, 2012, and 2019 in Danongdafu Flatland Forest Park, Hualien County (except for spring 2009).

皆為個位數，在優勢程度上較無鑑別度。到了2012年與2019年蝴蝶隻數達到300與600隻以上，優勢物種等級則具備較佳的鑑別度。年度的變化裡，可見白雅波灰蝶在夏季從無到大量聚集，顯現出林地成長，鬱閉環境增加對該物種數量的影響，到了2019年白雅波灰蝶已達231隻次，佔所觀察蝴蝶總量的37%。青鳳蝶、眼蛺蝶與豆環蛺蝶3種於2012年與2019年夏季皆能

觀察到數十隻，屬於數量穩定之優勢物種。在大農大富平地造林區的夏季期間，優勢物種數量隨著造林時間長度而減少，顯示在環境趨於穩定的情況下，存有單一或少數優勢物種數量大增，致使多樣性降低的趨勢。

秋季蝴蝶數量在2009年有突增的現象，主要是粉蝶科物種大量出現，其中又以黃蝶與白粉蝶為最多。而至2012年與2019年秋季蝴蝶數

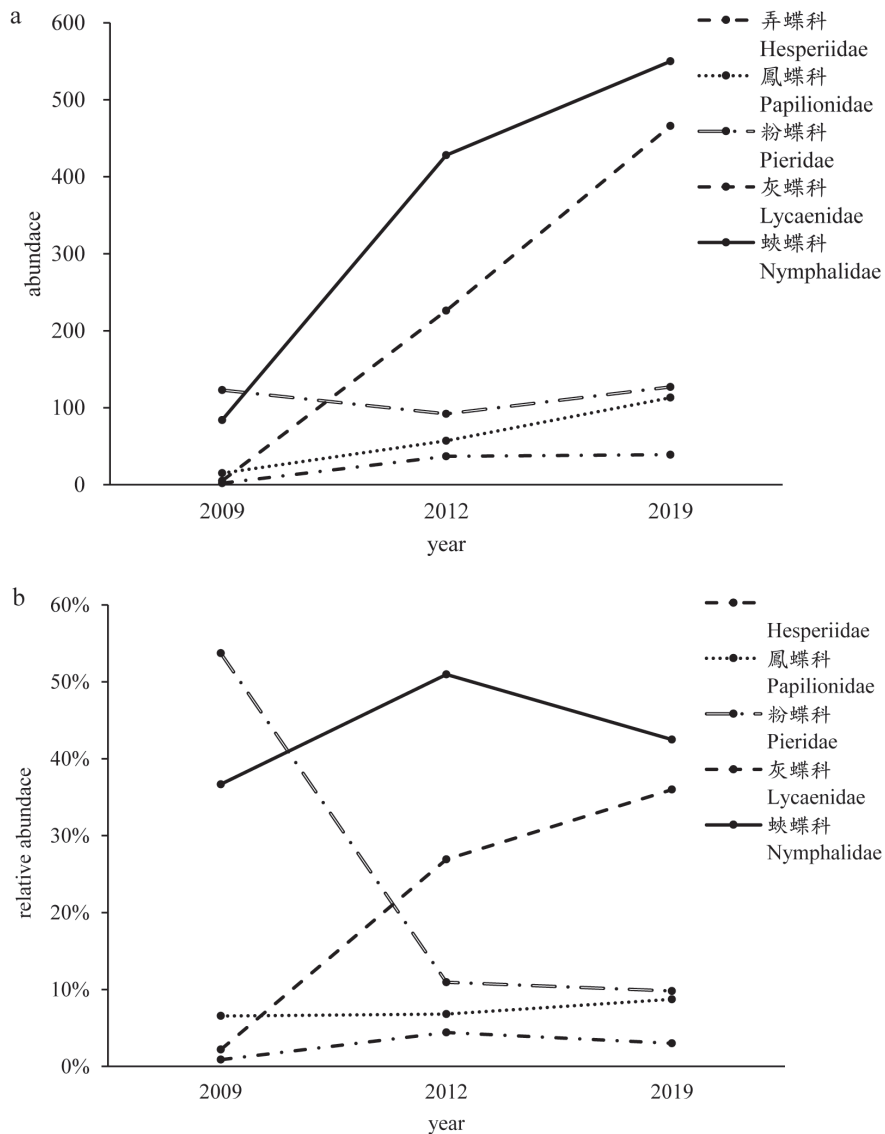


Fig. 4. (a) Abundances and (b) relative abundances of butterflies in 5 families observed in 2009, 2012, and 2019 in Danongdafu Flatland Forest Park, Hualien County.

量則皆低於夏季，除黃蝶於2019年尚為亞優勢物種外，其餘粉蝶科物種皆在優勢名單之外，顯示林地後期成長的鬱閉程度影響了粉蝶科的分布。白雅波灰蝶在2012年與2019年秋季延續了夏季的優勢，豆環蛺蝶的出現從春季延續到秋季，數量皆在優勢範圍內，而其他灰蝶科與蛺蝶科物種的優勢程度則隨年度與季節變換。

冬季蝴蝶的數量已經大幅度降低，在2012年僅調查到3隻次，而2009年與2019年數量分別為54隻次與120隻次，因此在優勢度的分析上，以2009年與2019年的排序有較高的解釋度，冬季歷年可見與優勢的物種除了粉蝶科的白粉蝶與緣點白粉蝶(*Pieris canidia*)外，小波眼蝶也屬容易被觀察到的物種，其餘物種則多為個位數零星出現。

造林與植物豐度與蝴蝶群聚的關係

為了解植物數目與蝴蝶出現的相關性，以2019年各樣區蝴蝶的豐度、豐量和多樣性指數與2020年該樣區之造林樹種豐度、木本植物豐度、地被植物豐度與所有植物之總豐度進行相關性分析。結果顯示蝴蝶的豐度與造林樹種豐度或木本植物豐度沒有顯著的相關性(Spearman-test: 造林樹種豐度 $p = 0.185$; 木本植物豐度 $p = 0.067$; $n = 44$)，但與地被植物豐度或植物總豐度有顯著的正相關(Spearman-test: 地被植物豐度 $p < 0.001$, $\rho = 0.53$; 植物總豐度 $p < 0.001$, $\rho = 0.49$; $n = 44$)。然而蝴蝶出現的豐量僅不受木本植物豐度所影響(Spearman-test: 木本植物豐度 $p = 0.061$;

$n = 44$)，但與造林樹種豐度、地被植物豐度或植物總豐度皆有顯著的正相關(Spearman-test: 造林樹種豐度 $p = 0.02$, $\rho = 0.53$; 地被植物豐度 $p < 0.001$, $\rho = 0.61$; 植物總豐度 $p < 0.001$, $\rho = 0.55$; $n = 44$) (Table 1)。各項植物豐度之相關性分析則得到地被植物豐度與造林樹種豐度有顯著的正相關性(Spearman-test: $p = 0.002$, $\rho = 0.46$, $n = 44$)，表明樣區內造林樹種越多，其下地被植物豐度亦越多(Fig. 5)，而地被植物的豐度則顯著與蝴蝶的豐度與豐量兩者相關。

討論

大農大富地區於上一世紀開發為甘蔗生產區，原始闊葉林砍除後，勢必影響當地生態環境。雖然該地區並無當時的監測資料，但在已有相關的證據顯示林地的砍除使很多生物原生的棲地喪失、生物多樣性受到影響(Brooks et al. 2002, Brown and Gurevitch 2004)。鱗翅目幼蟲多是食草專性，但成體在蜜源上卻常呈現泛性選擇，故該類群涵蓋了相當廣泛的生態棲位，能夠以植食營養層來反映草本群落的多樣性和組成(Erhardt 1985, Kremen 1994, Sparrow et al. 1994)。其中日行性的蝴蝶在分類上明確，容易在野外識別，以蝴蝶作為指標性類群，可以呈現無脊椎動物豐度和多樣性在環境變遷時所發生的變化(Scoble 1992)。在印尼Buru的低地季風森林裡，森林經砍伐後，冠層和下層的樹木密度和植被覆蓋率顯著降低，蝴蝶的物種豐富

Table 1. Results of a correlation analysis among species richness and abundance of butterflies in study plots in Danongdafu Flatland Forest Park, Hualien County in 2019 and the plantation species richness, woody plant species richness, ground cover plant species richness, and total plant species richness in 2020 (n = 44)

	Butterfly species richness		Butterfly abundance	
	<i>p</i>	ρ	<i>p</i>	ρ
Spearman test				
Plantation species richness	0.185	0.204	0.020	0.350
Woody plant species richness	0.067	0.279	0.061	0.285
Ground cover plant species richness	0.000	0.528	0.000	0.607
Total plant species richness	0.001	0.490	0.000	0.550

度，豐量和均勻度以及分類學獨特性指數也隨之降低(Hill et al. 1995)。森林砍伐使得蝴蝶賴以生存的棲地喪失，原有的食草與蜜源植物消失後，蝴蝶的群聚與多樣性便遭受強烈的衝擊而大幅度降低(Preston et al. 2012, Pleasants and Oberhauser 2013)。

2002年開始的平地造林計畫，給予大農大富地區蝴蝶群聚復育的機會，經過17年，從農田到林地的演替變化，蝴蝶的豐度和豐量皆顯著地增加，相似的結果在歐洲的研究得到驗證，從草地到森林的演替變化，蝴蝶的群聚結構也發生了變化(Erhardt and Thomas 1991)。農田生態系統與森林大不相同，前者除了開闢並以草本植物為主外，在人工經常性施作干擾下，常見的物種應與鬱閉、干擾較少的森林環境有所區別(Lawton et al. 1998)。在本研究中，2009年的人造林已經歷了7年的成長，粉蝶科仍占有一半以上的相對豐量，其中以白粉蝶佔20.52%最多，而黃蝶19.65%次之。白粉蝶主要

分布於舊北區，但近兩百年來隨人類農作物進出口而擴散，幼蟲食草為十字花科植物，以農田與開闢荒地為主要分布區域，偶見於常綠闊葉林；而黃蝶幼蟲以豆科植物為主食，棲地環境為常綠闊葉林與農田(Hsu 2013)，這顯示在7年的成長下，造林地仍顯稀疏與開闢。2012年冬季因氣溫較低且有強風故僅觀察到3隻次的蝴蝶，該年度粉蝶科的相對豐量降至10.95%，而以豆環蛺蝶、小波眼蝶與白雅波灰蝶為優勢，其中豆環蛺蝶原名琉球三線蝶，棲地環境為常綠闊葉林、海岸林、荒地與河川沿岸，幼蟲食草以豆科為主；小波眼蝶主食二耳草，主要棲地為常綠闊葉林、海岸林與灌叢；而白雅波灰蝶幼蟲以豆科植物為食，主要棲地亦為常綠闊葉林與海岸林(Hsu 2013)，由此3種優勢蝴蝶物種的棲地特性，即能評判人工林的棲地環境已因生產力的提升呈現較為鬱閉的情況，而至17年後的2019年，優勢物種僅剩以林地為棲地的白雅波灰蝶。農田在人工造林後，從草地到森

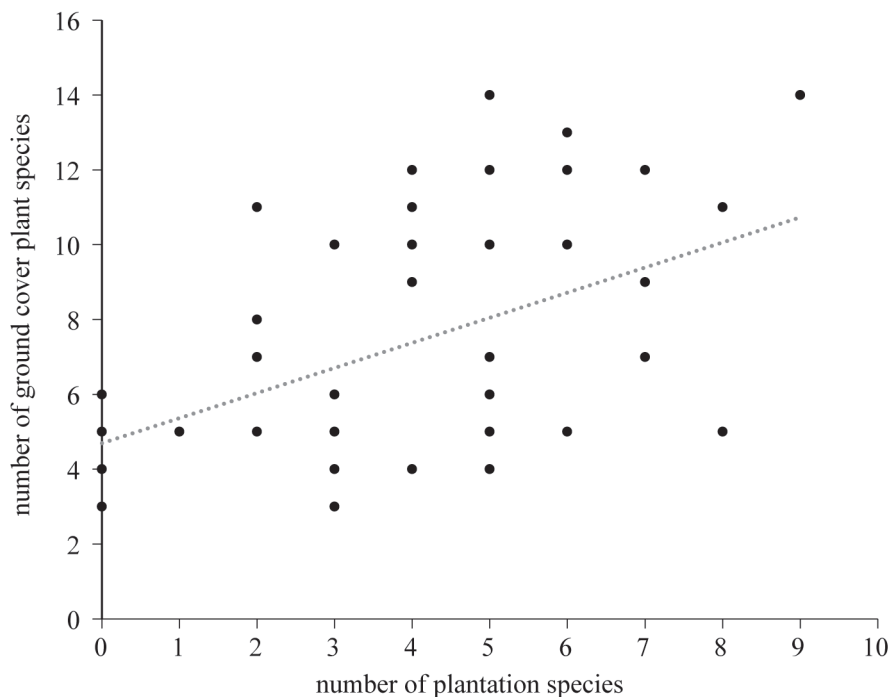


Fig. 5. Distributions and trends of the number of ground cover plant species along the number of plantation species in Danongdafu Flatland Forest Park, Hualien County in 2020 ($n = 44$, data in some plots were the same, so some points overlap in the figure).

林環境的演替變化，已透過蝴蝶的優勢科別與優勢物種的消長清楚地反映出來。

森林中各種環境的鑲嵌結構將改變動物群聚，同一地區的物種多樣性是隨著環境異質性和變異性的增加而增加(Duelli 1997)。本研究發現造林樹種豐度的增加，對於地被植物的豐富度有很大的提升，而蝴蝶多樣性的增加又與地被植物種類的增加相關聯。在其他研究中亦指明了這相關性，蝴蝶的物種豐富度與灌叢植物的豐富度呈正相關(Kumar et al. 2009)，這是植物的多樣性與分佈模式影響了蝴蝶的飛行，以及食草與蜜源搜尋的行為(Ricketts 2001)。植群結構以及光輻射、氣候與天氣等物理環境條件的變異皆能對蝴蝶產生影響(Wood and Samways 1991, Fleishman et al. 2002)，前者的異質性包含了花朵數量、棲地寬度、庇護所、食草等因素(Dover 1996, Dover et al. 1997, Clausen et al. 2001, Pywell et al. 2004, Reeder et al. 2005)。由於蝴蝶分佈並非隨機(Conradt et al. 2000, Kindlmann et al. 2004)，其每日活動約200~600 m，在非遷徙的情況下播遷距離僅1~2 km (Jones et al. 1980, Harrison 1989, Wahlberg et al. 2002, Schneider 2003, Auckland et al. 2004)，因此造林樹種與地被植物在豐富度上的豐富程度，創造出相對應的鑲嵌環境，植物的物種越多，異質性越高，進而影響了蝴蝶的多樣性，經營單位應考慮空間異質性的維護與管理(Kumar et al. 2006, Davis et al. 2007)。

蝴蝶的棲地寬度會受到環境干擾所影響，當干擾的情況增加時，專性物種減少，而泛性物種增加(Kitahara and Fujii 1994, Kitahara et al. 2000)。大農大富地區平地造林以木材生產為主要考量，於生態上並未考慮複層林的生態結構，在定期清除樹冠層下的灌木、地被植物下，屬於干擾強度高的狀況，使得優勢蝴蝶物種多以泛性物種為主。2020年調查地被植物雖多達56種，但是單一樣區內豐富度的中位數僅為6種。而最為優勢的物種為五節芒、鳳尾蕨與大花咸豐草這類強干擾環境的地被植物，更說明了蝴蝶專性物種稀少的原因，這突顯出人工林與次生林生態上的差異。人工林與天然的次生

林不管在鳥類、甲蟲或蝴蝶的群聚皆有顯著的差異(Petit and Petit 2003, Ohsawa 2005, Lin et al. 2012)，差異的原因往往是植食者在bottom-up control下，基於植物物種組成結構所產生的相關性(Chey et al. 1997, Ohsawa 2004, 2005)。蝴蝶的多樣性在人工林中，往往低於天然林(Lin et al. 2012)，除了食草與蜜源外，亦基於植群在空間上所形成的異質性，空間異質性越高，蝴蝶的物種豐富度也越高(Kumar et al. 2009)。大農大富地區在人工干擾下，雖然隨著演替時間增加了蝴蝶的物種與數量，但仍未竟自然樣貌，以地被植物物種稀少、無複層林結構的缺點來看，對於空間異質性尚有相當大的改善空間，未來可朝著空間異質性的自然演替，作為經營管理上的目標。

結論

- 一、大農大富平地造林區蝴蝶的豐富度與豐量隨著造林時間增長而增加。此顯示生產力增加，應能提供更多的食草與蜜源來豐富蝴蝶的群聚。
- 二、大農大富平地造林區17年生的森林中，在夏季蝴蝶的數量最多，且在春夏秋3季皆有35種以上，冬季可觀察到的物種與數量皆最低。
- 三、造林環境隨著時間拉長加大了樹冠的鬱閉程度，蝴蝶呈現由開闊地的物種(粉蝶科)，逐漸轉為林底物種(蛺蝶科與灰蝶科)的消長。在春季最常見的物種為小波眼蝶與豆環蛺蝶，夏季為白雅波灰蝶。秋季有明顯的類群變化，早期以粉蝶為主，在10年後優勢類群則以灰蝶與眼蝶為主，冬季因落葉使林下鬱閉程度降低，雖然蝴蝶數量大幅降低，但以粉蝶為優勢。
- 四、單一區塊造林樹種越多，底層地被植物的種類也越多，作為食草、蜜源與庇護所的地被植物種類越多，蝴蝶的種類與數量也會越多。這反映造林以多樹種混合的方式，應能營造出具有異質性的生

態環境，間接促進蝴蝶的多樣性。

致謝

本研究承蒙林業發展計畫綠色造林試驗監測計畫補助，台糖公司花東區處協助維護研究樣區，林業試驗所森林經營組行政協調，王立豪先生協助蝴蝶調查，王立豪先生及吳家慈小姐協助植物調查，以及兩位審查者提供寶貴建議，特此一併致謝。

引用文獻

- Auckland JN, Debinski DM, Clark WR. 2004.** Survival, movement, and resource use of the butterfly *Parnassius clodius*. *Ecol Entomol* 29:139-49.
- Beck J, Schulze C. 2000.** Diversity of fruit-feeding butterflies (Nymphalidae) along a gradient of tropical rain forest succession in Borneo with some remarks on the problem of 'pseudo-replicates'. *Trans Lep Soc Jpn* 51:89-98.
- Beck J, Schulze C, Linsenmair KE, Fiedler K. 2002.** From forest to farmland: diversity of geometer moths along two habitat gradients on Borneo. *J Trop Ecol* 18:33-51.
- Bobo KS, Waltert M, Fermon H, Njokagbor J, Mühlenberg M. 2006. From forest to farmland: butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in southwestern Cameroon. *J Insect Conserv* 10:29-42.
- Breed, GA, Stichter S, Crone EE. 2013.** Climate driven changes in northeastern US butterfly communities. *Nat Clim Change* 3:142-5.
- Brooks TM, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Rylands AB, Konstant WR. 2002.** Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conserv Biol* 16:909-23.
- Brown KA, Gurevitch J. 2004.** Long-term impacts of logging on forest diversity in Madagascar. *Proc Natl Acad Sci USA* 101(16):6045-9.
- Chen TZ, Cheng ML. 2016.** Final report of a survey on the firefly resource at Danong-Dafu Forest Park and its publication project. Hualien, Taiwan: Hualien Forest District Office, Forestry Bureau. 88 p. [in Chinese].
- Chen YM. 2018.** Crossing the Rift Valley-prospect of forest ecological corridor in Danongdafu Plain. *For Res News* 25(6):21-5.
- Chen ZX, He XM. 2008.** Promoting the implementation of plan land landscape afforestation and greening projects. *Agric Policy Rev* 192:32-7.
- Chey VK, Holloway JD, Speight MR. 1997.** Diversity of moths in forest plantations and natural forests in Sabah. *Bull Entomol Res* 87(4):371-85.
- Clausen HD, Holbeck HB, Reddersen J. 2001.** Factors influencing abundance of butterflies and burnet moths in the uncultivated habitats of an organic farm in Denmark. *Biol Conserv* 98:167-78.
- Conradt L, Bodsworth EJ, Roper TJ, Thomas CD. 2000.** Non-random dispersal in the butterfly *Maniola jurtina*: implications for metapopulation models. *Proc Roy Soc Lond Ser B* 267:1505-10.
- Davis JD, Debinski DM, Danielson BJ. 2007.** Local and landscape effects on the butterfly community in fragmented Midwest USA prairie habitats. *Landsc Ecol* 22:1341-54.
- Dennis RLH. 1992.** The ecology of butterflies in Britain. Oxford, UK: Oxford Univ Press.
- Dover JW. 1996.** Factors affecting the distribution of satyrid butterflies on arable farmland. *J Appl Ecol* 66:723-34.
- Dover JW, Sparks TH, Greatorex-Davies JN. 1997.** The importance of shelter for butterflies in open landscapes. *J Insect Conserv* 1:89-97.
- Duelli P. 1997.** Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scale. *Agric Ecosyst Environ* 62:81-91.
- Ecologue Landscape Architecture and Envi-**

- Environment Planning (ELAEP). 2010.** Hualien Danongdafu Forest Recreation Area overall planning report. Taipei, Taiwan: Taiwan Forest Bureau.
- Ehrlich PR, Raven PH. 1964.** Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evol Int J Org Evol* 18:586-608.
- Engelmann HD. 1978.** Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia* 18:378-80.
- Erhardt, A. 1985.** Diurnal Lepidoptera: sensitive indicators of cultivated and abandoned grassland. *J Appl Ecol* 22:849-61.
- Erhardt A, Thomas JA. 1991.** Lepidoptera as indicators of change in the semi-natural grasslands of lowland and upland Europe. In: Collins NM, Thomas JA, editors. *The conservation of insects and their habitats*. New York: Academic Press. p 213-36.
- 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* 14:333-50.
- Fleishman E, Murphy DD, Sjogren-Gulve P. 2002.** Modeling species richness and habitat suitability for taxa of conservation interest. In: Scott JM, Heglund PJ, Morrison ML, HauXer JB, Raphael MG, Wall WA, Samson FB, editors. *Predicting species occurrences: issues of scale and accuracy*. Covelo, CA: Island Press. p 507-17.
- Fortin MJ, Agrawal AA. 2005.** Landscape ecology comes of age. *Ecology* 86:1965-7.
- Harrison S. 1989.** Long-distance dispersal and colonization in the bay checkerspot butterfly *Euphydryas editha bayensis*. *Ecology* 70:1236-43.
- Hill JK, Kramer KC, Lace LA, Banham WMT. 1995.** Effects of selective logging on tropical forest butterflies on Buru, Indonesia. *J Appl Ecol* 32:754-60.
- Honda K, Kato Y. 2005.** *Biology of butterflies*. Tokyo: Univ of Tokyo Press. [in Japanese].
- Hsu YF. 2015.** *Butterflies of Taiwan*. Butterfly illustration. 2nd edition. Taichung, Taiwan: Morning Star Publishing.
- Huang KC, Yang YR, Shiu YC, Wu HY. 2011.** Forest animal monitoring project in the flat afforestation area of Hualien County. Research Project Series 99-00-6-03. Taipei, Taiwan: Taiwan Forest Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan. 56 p.
- Huang TC. 1993-2003. *Flora of Taiwan*, 2nd edition. Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan Univ.
- Jones RE, Gilbert N, Guppy M, Nealis V. 1980.** Long-distance movement of *Pieris rapae*. *J Anim Ecol* 49:629-42.
- Kang PD. 1999.** Colonial contact and imperial borders: the historical changes of the aborigines in the Hualien region from the 17th to the 19th century. New Taipei, Taiwan: Daw Shiang Publishing.
- Kindlmann P, Aviron S, Burel F, Ouin A. 2004.** Can the assumption of a non-random search improve our prediction of butterfly fluxes between resource patches? *Ecol Entomol* 29:447-56.
- Kitahara H, Fujii K. 1994.** Biodiversity and community structure of temperate butterfly species within a gradient of human disturbance: an analysis based on the concept of generalist vs. specialist strategies. *Res Populat Ecol* 36:187-99.
- Kitahara M, Sei K, Fujii K. 2000.** Patterns in the structure of grassland butterfly communities along a gradient of human disturbance: further analysis based on the generalist/specialist concept. *Populat Ecol* 42:134-44.
- Koh CN, Chen YM, Shiu SH. 2013.** Survey report of plantation forest animal in Danongdafu Flatland Forest Park. *For Res News* 20(6):26-31.
- Koh CN, Shiu SH, Yang YJ, Chen YM. 2019.** Temporal variations in bird composition

and diversity in forest plantations. *Taiwan J For Sci* 34(3):275-90.

Kremen, C. 1994. Biological inventory using target taxa: a case study of the butterflies of Madagascar. *Ecol Appl* 4(3):407-22.

Kumar S, Simonson SE, Stohlgren TJ. 2009. Effects of spatial heterogeneity on butterfly species richness in Rocky Mountain National Park, CO, USA. *Biodivers Conserv* 18:739-63.

Kumar S, Stohlgren TJ, Chong GW. 2006. Spatial heterogeneity influences native and nonnative plant species richness. *Ecology* 87:3186-99.

Lawton JH, Bignell DE, Bolton B, Bloemers GF, Eggleton P, Hammond P, et al. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391:72-6.

Lin F, Yuan XZ, Wu YY, Liu H. 2012. Diversity of butterfly in different habitat types in rapid urbanization area. *Chin J Ecol* 31(10):2579-84. [in Chinese].

Magurran AE. 2004. Measuring biological diversity. Malden, MA: Blackwell Publishing.

Ohsawa M. 2004. Comparison of elaterid biodiversity among larch plantations, secondary forests, and primary forests in the central mountainous region in Japan. *Ann Entomol Soc Am* 97(4):770-4.

Ohsawa M. 2005. Species richness and composition of Curculionidae (Coleoptera) in a conifer plantation, secondary forest, and old-growth forest in the central mountainous region of Japan. *Adv Ecol Res* 20:632-45.

Opler PA. 1999. A field guide to western butterflies. New York: Houghton Mifflin.

Petit LJ, Petit DR. 2003. Evaluating the importance of human-modified lands for Neotropical bird conservation. *Conserv Biol* 17:687-94.

Pickett STA, Cadenasso ML. 1995. Landscape ecology: spatial heterogeneity in eco-

logical systems. *Science* 269:331-4.

Pielou EC. 1975. Ecological diversity. New York: Wiley InterScience.

Pleasants, JM, Oberhauser KS. 2013. Milkweed loss in agricultural fields because of herbicide use: effect on the monarch butterfly population. *Insect Conserv Divers* 6:135-44.

Pollard E, Yates TJ. 1993. **Preston KL, Redak RA, Allen MF, Rotenberry JT. 2012.** Changing distribution patterns of an endangered butterfly: linking local extinction patterns and variable habitat relationships. *Biol Conserv* 152:280-90.

Pywell RF, Warman EA, Sparks TH, Gre-atorex-Davies JN, Walker KJ, Meek WR, et al. 2004. Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland. *Biol Conserv* 118:313-25.

Reeder KF, Debinski DM, Danielson BJ. 2005. Factors affecting butterfly use of filter strips in Midwestern USA. *Agric Ecosyst Environ* 109:40-7.

Ricketts TH. 2001. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *Am Nat* 158:87-99.

Schneider C. 2003. The influence of spatial scale on quantifying insect dispersal: an analysis of butterfly data. *Ecol Entomol* 28:252-6.

Schulze CH, Waltert M, Kessler PJA, Pi-topang R, Shahabuddin V, Mühlenberg M, et al. 2004a. Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: comparing plants, birds and insects. *Ecol Appl* 14:1321-33.

Schulze CH, Steffan-Dewenter I, Tscharrntke T. 2004b. Effects of land use on butterfly communities at the rainforest margin: a case study from Central Sulawesi. In: Gerold G, Fremerey M, Guhardja E, editors. Land use, nature conservation and the stability of rainforest margins in Southeast Asia. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin. p 281-97.

Scoble MJ. 1992. The Lepidoptera: form,

function, and diversity. New York: Oxford Univ Press.

Shannon CE, Weaver W. 1949. The mathematical theory of communication. Urbana, IL: Univ of Illinois Press.

Sparrow HR, Sisk TD, Ehrlich PR, Murphy DD. 1994. Techniques and guidelines for monitoring Neotropical butterflies. *Conserv Biol* 7:800-9.

Spitzer K, Novotný V, Tonner M, Lepš J. 1993. Habitat preferences, distribution and seasonality of the butterflies (Lepidoptera, Papilionidae) in a montane tropical rain forest, Vietnam. *J Biogeogr* 20:109-21.

Thomas CD. 1995. Ecology and conservation of butterfly metapopulations in the fragmented British landscape. London: Chapman and Hall.

Turner MG. 2005. Landscape ecology: What

is the state of the science? *Ann Rev Ecol Evol Syst* 36:319-44.

Wahlberg N, Klemetti T, Selonen V, Hanski I. 2002. Metapopulation structure and movements in five species of checkerspot butterflies. *Oecologia* 130:33-43.

Waltert M, Mardiasuti A, Mühlenberg M. 2004. Effects of land use on bird species richness in Sulawesi, Indonesia. *Conserv Biol* 18:1339-46.

Williams M. 2002. Deforesting the earth: from prehistory to global crisis. Chicago, IL: Univ of Chicago Press.

Wood PA, Samways MJ. 1991. Landscape element pattern and continuity of butterfly flight paths in an ecologically landscaped botanical garden, Natal, South Africa. *Biol Conserv* 58:149-66.

Appendix 1. Ground cover plant species surveyed in the Danongdafu Flatland Forest Park of Hualien County in 2020. The Chinese names and scientific names are ordered based on Huang (1993-2003)

Family	Species
Cyatheaceae	<i>Cyathea lepifera</i> (J. Sm. ex Hook.) Copel. (筆筒樹)
Oleandraceae	<i>Nephrolepis auriculata</i> (L.) Trimen (腎蕨)
Equisetaceae	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf. (木賊)
Schizaeaceae	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw. (海金沙)
Pteridaceae	<i>Pteris</i> sp. (鳳尾蕨屬)
Pteridaceae	<i>Pteris vittata</i> L. (鱗蓋鳳尾蕨)
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i> var. <i>rubrofusca</i> Hook. f. (臺灣牛膝)
Compositae	<i>Ageratum houstonianum</i> Mill. (紫花藿香薷)
Compositae	<i>Artemisia capillaris</i> Thunb. (茵陳蒿)
Compositae	<i>Bidens alba</i> var. <i>radiata</i> (Sch. Bip.) R.E. Ballard ex Melchert (大花咸豐草)
Compositae	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & H. Rob. (香澤蘭)
Compositae	<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore (昭和草)
Compositae	<i>Mikania micrantha</i> (小花蔓澤蘭)
Compositae	<i>Wedelia trilobata</i> (L.) Hitchc. (南美蟛蜞菊)
Caryophyllaceae	<i>Drymaria diandra</i> Blume (菁芳草)
Convolvulaceae	<i>Ipomoea wrightii</i> A. Gray (槭葉小牽牛)
Leguminosae	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth (木豆)
Leguminosae	<i>Chamaecrista mimosoides</i> (L.) Greene (假含羞草)
Leguminosae	<i>Crotalaria pallida</i> var. <i>obovata</i> (G. Don) Polhill (黃野百合)
Leguminosae	<i>Desmodium sequax</i> Wall. (波葉山螞蝗)
Leguminosae	<i>Lespedeza cuneata</i> (Dum. Cours.) G. Don (鐵掃帚)
Leguminosae	<i>Mimosa pudica</i> L. (含羞草)
Leguminosae	<i>Pueraria montana</i> (Lour.) Merr. (山葛)
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L. (金午時花)
Melastomataceae	<i>Melastoma candidum</i> D. Don (野牡丹)
Moraceae	<i>Humulus scandens</i> (Lour.) Merr. (葎草)
Polygonaceae	<i>Polygonum chinense</i> L. (火炭母草)
Polygonaceae	<i>Polygonum perfoliatum</i> L. (扛板歸)
Ranunculaceae	<i>Clematis grata</i> Wall. (串鼻龍)
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp. (懸鉤子屬)
Rosaceae	<i>Rubus croceacanthus</i> H. Lévl. (虎婆刺)
Rosaceae	<i>Rubus swinhoei</i> Hance (斯氏懸鉤子)
Rubiaceae	<i>Paederia foetida</i> L. (雞屎藤)
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill. (光果龍葵)
Solanaceae	<i>Solanum capsicoides</i> All. (刺茄)
Urticaceae	<i>Boehmeria nivea</i> var. <i>tenacissima</i> (Gaudich.) Miq. (青芋麻)
Urticaceae	<i>Gonostegia hirta</i> (Blume ex Hassk.) Miq. (糯米團)
Vitaceae	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>hancei</i> (Planch.) Rehder (漢氏山葡萄)
Araceae	<i>Alocasia odora</i> (Roxb.) K. Koch (姑婆芋)
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f. (竹仔菜)

con't

Commelinaceae	<i>Murdannia loriformis</i> (Hassk.) R.S. Rao & Kammathy (牛鞭草)
Cyperaceae	<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb. (短葉水蜈蚣)
Cyperaceae	<i>Mariscus sumatrensis</i> (Retz.) J. Raynal (磚子苗)
Gramineae	<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv. (地毯草)
Gramineae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (狗牙根)
Gramineae	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>major</i> (Nees) C.E. Hubb. (白茅)
Gramineae	<i>Miscanthus floridulus</i> (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. (五節芒)
Gramineae	<i>Panicum maximum</i> Jacq. (大黍)
Gramineae	<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius (兩耳草)
Gramineae	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach. (象草)
Gramineae	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb. (紅毛草)
Gramineae	<i>Saccharum spontaneum</i> L. (甜根子草)
Gramineae	<i>Zea mays</i> L. (玉米)
Poaceae	<i>Poaceae</i> sp. (禾本科)
Poaceae	<i>Saccharum sinense</i> Roxb. et Jeswiet (甘蔗)
Zingiberaceae	<i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) B.L. Burt & R.M. Sm. (月桃)

Appendix 2. Species and numbers of butterflies surveyed in the Danongdafu Flatland Forest Park of Hualien County in 4 seasons of 2009, 2012, and 2019 (except for spring 2009). The Chinese names and scientific names are ordered based on Hsu (2015).

Family	Species	2009	2012	2019
Hesperiidae	<i>Badamia exclamationis</i> (Fabricius, 1775) (長翅弄蝶)	0	5	0
Hesperiidae	<i>Borbo cinnara</i> (Wallace, 1866) (禾弄蝶)	0	9	17
Hesperiidae	<i>Hasora chromus chromus</i> (Cramer, 1782) (尖翅絨弄蝶)	0	1	0
Hesperiidae	<i>Isotheon lamprospilus formosanus</i> Fruhstorfer, 1911 (白斑弄蝶)	0	1	2
Hesperiidae	<i>Parnara bada</i> (Moore, 1878) (小稻弄蝶)	0	4	3
Hesperiidae	<i>Pelopidas agna</i> (Moore, 1866) (尖翅褐弄蝶)	1	0	1
Hesperiidae	<i>Pelopidas mathias oberthueri</i> (Evans, 1937) (褐弄蝶)	1	3	0
Hesperiidae	<i>Polytremis lubricans kuyaniana</i> (Matsumura, 1919) (黃紋孔弄蝶)	0	1	0
Hesperiidae	<i>Potanthus confucius angustatus</i> (Matsumura, 1910) (黃斑弄蝶)	0	6	12
Hesperiidae	<i>Potanthus motzui</i> Hsu, Li & Li, 1990 (墨子黃斑弄蝶)	0	1	0
Hesperiidae	<i>Telicota bambusae horisha</i> Evans, 1934 (竹橙斑弄蝶)	0	1	4
Hesperiidae	<i>Telicota ohara formosana</i> Fruhstorfer, 1911 (寬邊橙斑弄蝶)	0	5	0
Papilionidae	<i>Byasa polyeuctes termessus</i> (Fruhstorfer, 1908) (多姿麝鳳蝶)	3	1	0
Papilionidae	<i>Graphium agamemnon agamemnon</i> (Linnaeus, 1758) (翠斑青鳳蝶)	0	1	2
Papilionidae	<i>Graphium cloanthus kuge</i> (Fruhstorfer, 1931) (寬帶青鳳蝶)	1	0	0
Papilionidae	<i>Graphium doson postianus</i> (Fruhstorfer, 1902) (木蘭青鳳蝶)	0	3	4
Papilionidae	<i>Graphium sarpedon connectens</i> (Fruhstorfer, 1906) (青鳳蝶)	4	27	84
Papilionidae	<i>Pachliopta aristolochiae interposita</i> (Fruhstorfer, 1901) (紅珠鳳蝶)	0	1	0
Papilionidae	<i>Papilio bianor thrasympedes</i> Fruhstorfer, 1909 (翠鳳蝶)	0	2	1
Papilionidae	<i>Papilio castor formosanus</i> Rothschild, 1896 (無尾白紋鳳蝶)	1	0	0
Papilionidae	<i>Papilio demoleus demoleus</i> Linnaeus, 1758 (花鳳蝶)	1	3	1
Papilionidae	<i>Papilio hermosanus</i> Rebel, 1906 (台灣琉璃翠鳳蝶)	2	1	0
Papilionidae	<i>Papilio memnon heronus</i> Fruhstorfer, 1902 (大鳳蝶)	1	1	1
Papilionidae	<i>Papilio nephelus chaomulus</i> Fruhstorfer, 1908 (大白紋鳳蝶)	0	0	1
Papilionidae	<i>Papilio polytes polytes</i> Linnaeus, 1758 (玉帶鳳蝶)	1	14	11
Papilionidae	<i>Papilio protenor protenor</i> Cramer, 1775 (黑鳳蝶)	1	3	8
Pieridae	<i>Appias albina semperi</i> Moore, 1905 (尖粉蝶)	0	0	2
Pieridae	<i>Appias lycida eleonora</i> (Boisduval, 1836) (異色尖粉蝶)	0	3	3
Pieridae	<i>Catopsilia pomona</i> (Fabricius, 1775) (遷粉蝶)	0	15	6
Pieridae	<i>Catopsilia pyranthe</i> (Linnaeus, 1758) (細波遷粉蝶)	1	10	9
Pieridae	<i>Eurema alitha esakii</i> Shirōzu, 1953 (島嶼黃蝶)	7	0	0
Pieridae	<i>Eurema blanda arsakia</i> (Fruhstorfer, 1910) (亮色黃蝶)	0	2	7
Pieridae	<i>Eurema brigitta hainana</i> (Moore, 1878) (星黃蝶)	0	0	4
Pieridae	<i>Eurema hecabe hecabe</i> (Linnaeus, 1758) (黃蝶)	45	7	24
Pieridae	<i>Eurema mandarina mandarina</i> (de l'Orza, 1869) (北黃蝶)	0	37	0
Pieridae	<i>Hebomoia glaucippe formosana</i> Fruhstorfer, 1908 (橙端粉蝶)	6	0	3
Pieridae	<i>Leptosia nina niobe</i> (Wallace, 1866) (纖粉蝶)	0	0	5
Pieridae	<i>Pieris canidia</i> (Linnaeus, 1768) (緣點白粉蝶)	17	9	5
Pieridae	<i>Pieris rapae crucivora</i> Boisduval, 1836 (白粉蝶)	47	9	59
Lycaenidae	<i>Acytrolepsis puspa myla</i> (Fruhstorfer, 1909) (靛色琉灰蝶)	0	3	5
Lycaenidae	<i>Catapaecilma major moltrechtii</i> (Wileman, 1908) (三尾灰蝶)	0	0	1

con't

Lycaenidae	<i>Catochrysops panormus exiguus</i> (Distant, 1886) (青珈波灰蝶)	0	7	18
Lycaenidae	<i>Celastrina lavendularis himilcon</i> (Fruhstorfer, 1909) (細邊琉灰蝶)	0	1	0
Lycaenidae	<i>Heliophorus ila matsumurae</i> (Fruhstorfer, 1908) (紫日灰蝶)	0	0	12
Lycaenidae	<i>Horaga onyx moltrechtii</i> Matsumura, 1919 (鑽灰蝶)	0	1	0
Lycaenidae	<i>Jamides alecto dromicus</i> Fruhstorfer, 1910 (淡青雅波灰蝶)	0	9	10
Lycaenidae	<i>Jamides bochus formosanus</i> Fruhstorfer, 1909 (雅波灰蝶)	0	17	80
Lycaenidae	<i>Jamides celeno celeno</i> (Cramer, 1775) (白雅波灰蝶)	2	98	308
Lycaenidae	<i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus, 1767) (豆波灰蝶)	0	64	16
Lycaenidae	<i>Leptotes plinius</i> (Fabricius, 1793) (細灰蝶)	0	3	1
Lycaenidae	<i>Megisba malaya sikkima</i> Moore, 1884 (黑星灰蝶)	0	0	2
Lycaenidae	<i>Nacaduba kurava therasia</i> Fruhstorfer, 1916 (大娜波灰蝶)	0	0	1
Lycaenidae	<i>Prosotas dubiosa asbolodes</i> Hsu & Yen, 2006 (密紋波灰蝶)	0	2	0
Lycaenidae	<i>Prosotas nora formosana</i> (Fruhstorfer, 1916) (波灰蝶)	0	3	1
Lycaenidae	<i>Rapala varuna formosana</i> Fruhstorfer, 1912 (燕灰蝶)	0	1	1
Lycaenidae	<i>Spindasis lohita formosana</i> (Moore, 1877) (虎灰蝶)	0	2	0
Lycaenidae	<i>Zizeeria maha okinawana</i> (Matsumura, 1929) (藍灰蝶)	2	6	5
Lycaenidae	<i>Zizina otis riukuensis</i> (Matsumura, 1929) (折列藍灰蝶)	1	9	5
Nymphalidae	<i>Acraea issoria formosana</i> (Fruhstorfer, 1914) (苧麻珍蝶)	0	1	8
Nymphalidae	<i>Argyreus hyperbius hyperbius</i> (Linnaeus, 1763) (斐豹蛺蝶)	0	2	0
Nymphalidae	<i>Athyma cama zoroastes</i> (Butler, 1877) (雙色帶蛺蝶)	1	0	1
Nymphalidae	<i>Athyma perius perius</i> (Linnaeus, 1758) (玄珠帶蛺蝶)	0	5	13
Nymphalidae	<i>Athyma selenophora laela</i> (Fruhstorfer, 1908) (異紋帶蛺蝶)	0	1	0
Nymphalidae	<i>Cyrestis thyodamas formosana</i> Fruhstorfer, 1898 (網絲蛺蝶)	0	2	0
Nymphalidae	<i>Danaus chrysippus</i> (Linnaeus, 1758) (金斑蝶)	1	1	0
Nymphalidae	<i>Danaus genutia</i> (Cramer, 1779) (虎斑蝶)	0	1	0
Nymphalidae	<i>Elymnias hypermnestra hainana</i> Moore, 1878 (藍紋鋸眼蝶)	0	1	1
Nymphalidae	<i>Euploea eunice hobsoni</i> (Butler, 1877) (圓翅紫斑蝶)	0	13	4
Nymphalidae	<i>Euploea mulciber barsine</i> Fruhstorfer, 1904 (異紋紫斑蝶)	11	9	6
Nymphalidae	<i>Euploea sylvester swinhoei</i> Wallace & Moore, 1866 (雙標紫斑蝶)	0	7	2
Nymphalidae	<i>Euploea tulliolus koxinga</i> Fruhstorfer, 1908 (小紫斑蝶)	0	30	35
Nymphalidae	<i>Hypolimnas bolina kezia</i> (Butler, 1878) (幻蛺蝶)	2	28	23
Nymphalidae	<i>Ideopsis similis</i> (Linnaeus, 1758) (旖斑蝶)	5	5	6
Nymphalidae	<i>Junonia almana</i> (Linnaeus, 1758) (眼蛺蝶)	0	45	38
Nymphalidae	<i>Junonia lemonias aenaria</i> Fruhstorfer, 1912 (鱗紋眼蛺蝶)	1	1	0
Nymphalidae	<i>Junonia orithya orithya</i> (Linnaeus, 1758) (青眼蛺蝶)	2	8	8
Nymphalidae	<i>Kaniska canace drilon</i> (Fruhstorfer, 1908) (琉璃蛺蝶)	0	3	1
Nymphalidae	<i>Lethe chandica ratnacri</i> Fruhstorfer, 1908 (曲紋黛眼蝶)	0	0	2
Nymphalidae	<i>Melanitis leda leda</i> (Linnaeus, 1758) (暮眼蝶)	0	2	1
Nymphalidae	<i>Melanitis phedima polishana</i> Fruhstorfer, 1908 (森林暮眼蝶)	0	0	6
Nymphalidae	<i>Mycalesis francisca formosana</i> Fruhstorfer, 1908 (眉眼蝶)	0	0	2
Nymphalidae	<i>Mycalesis gotama nanda</i> Fruhstorfer, 1908 (稻眉眼蝶)	0	1	15
Nymphalidae	<i>Mycalesis perseus blasius</i> (Fabricius, 1798) (曲斑眉眼蝶)	0	5	23
Nymphalidae	<i>Mycalesis zonata</i> Matsumura, 1909 (切翅眉眼蝶)	0	0	29
Nymphalidae	<i>Neptis hylas luculenta</i> Fruhstorfer, 1898 (豆環蛺蝶)	40	115	107

con't

Nymphalidae	<i>Parantica aglea maghaba</i> (Fruhstorfer, 1909) (絹斑蝶)	1	6	4
Nymphalidae	<i>Parantica sita niponica</i> (Moore, 1883) (大絹斑蝶)	0	6	1
Nymphalidae	<i>Parasarpa dudu jinamitra</i> (Fruhstorfer, 1908) (紫俳蛺蝶)	1	0	0
Nymphalidae	<i>Phalanta phalantha phalantha</i> (Drury, 1773) (珉蛺蝶)	0	1	0
Nymphalidae	<i>Polygonia c-aureum lunulata</i> Esaki & Nakahara, 1924 (黃鉤蛺蝶)	2	5	22
Nymphalidae	<i>Polyura narcaea meghaduta</i> (Fruhstorfer, 1908) (小雙尾蛺蝶)	0	0	2
Nymphalidae	<i>Symbrenthia lilaea lunica</i> (Bascombe et al., 1999) (散紋盛蛺蝶)	0	0	1
Nymphalidae	<i>Tirumala limniace limniace</i> (Cramer, 1775) (淡紋青斑蝶)	0	5	2
Nymphalidae	<i>Tirumala septentrionis</i> (Butler, 1874) (小紋青斑蝶)	0	0	1
Nymphalidae	<i>Vanessa cardui cardui</i> (Linnaeus, 1758) (小紅蛺蝶)	7	0	0
Nymphalidae	<i>Vanessa indica indica</i> (Herbst, 1794) (大紅蛺蝶)	1	2	1
Nymphalidae	<i>Ypthima baldus zodina</i> Fruhstorfer, 1911 (小波眼蝶)	6	98	101
Nymphalidae	<i>Ypthima esakii</i> Shirôzu, 1960 (江崎波眼蝶)	2	0	0
Nymphalidae	<i>Ypthima formosana</i> Fruhstorfer, 1908 (寶島波眼蝶)	1	0	0
Nymphalidae	<i>Ypthima multistriata</i> Butler, 1883 (密紋波眼蝶)	0	19	83
Nymphalidae	<i>Ypthima tappana</i> Matsumura, 1909 (達邦波眼蝶)	0	0	1
Total		229	840	1295

Appendix 3. Dominant butterfly species and their dominance levels in the Danongdafu Flatland Forest park, Hualien County in 4 seasons of 2009, 2012, and 2019 (except for spring 2009)

Level	Spring		
	2009	2012	2019
Dominant (優勢)		<i>Ypthina balda</i> <i>zodina</i> (小波眼蝶) <i>Nepis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶)	<i>Ypthina balda</i> <i>zodina</i> (小波眼蝶)
Subdominant (亞優勢)		<i>Lampides boeticus</i> (豆波灰蝶) <i>Euploea tulliolus koxinga</i> (小紫斑蝶) <i>Polygona c-aureum lunulata</i> (黃鈎蛺蝶) <i>Euploea tulliolus koxinga</i> (小紫斑蝶) <i>Ypthina multistriata</i> (密紋波眼蝶) <i>Heliphorus tila matsumurae</i> (紫日灰蝶) <i>Jamides celeno celeno</i> (白雅波灰蝶) <i>Eurema blanda arsakia</i> (亮色黃蝶)	<i>Nepis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Graphium sarpedon connectens</i> (青鳳蝶)
Level	2009	2012	2019
Eudominant (真優勢)			<i>Jamides celeno celeno</i> (白雅波灰蝶)
Dominant (優勢)	<i>Euploea mulciber barsine</i> (異紋紫斑蝶) <i>Graphium sarpedon connectens</i> (青鳳蝶)	<i>Jamides celeno celeno</i> (白雅波灰蝶) <i>Junonia almana</i> (眼蛺蝶) <i>Eurema mandarina mandarina</i> (北黃蝶)	<i>Graphium sarpedon connectens</i> (青鳳蝶)
Subdominant (亞優勢)	<i>Tanessa cardui cardui</i> (小紅蛺蝶) <i>Polygona c-aureum lunulata</i> (黃鈎蛺蝶) <i>Tanessa indica indica</i> (大紅蛺蝶) <i>Papilio memnon heronus</i> (大鳳蝶) <i>Papilio hermosanus</i> (台灣琉璃翠鳳蝶) <i>Papilio polytes polytes</i> (玉帶鳳蝶) <i>Byasa polytaetes ternessus</i> (多姿輝鳳蝶) <i>Nepis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Papilio demoleus demoleus</i> (花鳳蝶)	<i>Lampides boeticus</i> (豆波灰蝶) <i>Nepis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Hypolimnas bolina kezia</i> (幻蛺蝶) <i>Graphium sarpedon connectens</i> (青鳳蝶) <i>Ypthina multistriata</i> (密紋波眼蝶) <i>Papilio polytes polytes</i> (玉帶鳳蝶)	<i>Nepis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Junonia almana</i> (眼蛺蝶) <i>Ypthina multistriata</i> (密紋波眼蝶) <i>Euploea tulliolus koxinga</i> (小紫斑蝶) <i>Hypolimnas bolina kezia</i> (幻蛺蝶)

cont.

	Autumn		
	2009	2012	2019
Dominant (優勢)	<i>Eurema hecabe hecabe</i> (黃蝶) <i>Pieris rapae crucivora</i> (白粉蝶) <i>Nepitis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Athya cama zoroastes</i> (雙色帶蛺蝶)	<i>Jamides celeno celeno</i> (白雅波灰蝶) <i>Nepitis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Ypthima baldis zodina</i> (小波眼蝶)	<i>Jamides bochus formosanus</i> (雅波灰蝶) <i>Jamides celeno celeno</i> (白雅波灰蝶) <i>Ypthima multistriata</i> (密紋波眼蝶)
Subdominant (亞優勢)	<i>Eurema alitha esakii</i> (島嶼黃蝶) <i>Euploea mulciber barsine</i> (異紋紫斑蝶) <i>Vanessa cardui cardui</i> (小紅蛺蝶) <i>Ideopsis similis</i> (騎斑蝶) <i>Hebomoia glaucippe formosana</i> (橙端粉蝶)	<i>Jamides bochus formosanus</i> (雅波灰蝶) <i>Zizina otis riukuensis</i> (折列藍灰蝶) <i>Ypthima multistriata</i> (密紋波眼蝶)	<i>Nepitis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Ypthima baldis zodina</i> (小波眼蝶) <i>Mycalasis zonata</i> (切翅眉眼蝶) <i>Eurema hecabe hecabe</i> (黃蝶) <i>Mycalasis gotama nanda</i> (稻眉眼蝶)
Winter			
Level	2009	2012	2019
Eudominant (真優勢)		<i>Ypthima baldis zodina</i> (小波眼蝶) <i>Pieris canidia</i> (綠點白粉蝶)	<i>Pieris rapae crucivora</i> (白粉蝶)
Dominant (優勢)	<i>Pieris canidia</i> (綠點白粉蝶) <i>Pieris rapae crucivora</i> (白粉蝶) <i>Nepitis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Eurema hecabe hecabe</i> (黃蝶)		
Subdominant (亞優勢)	<i>Ypthima baldis zodina</i> (小波眼蝶) <i>Ypthima esakii</i> (江崎波眼蝶) <i>Zizeeria maha okinawana</i> (藍灰蝶)		<i>Ypthima baldis zodina</i> (小波眼蝶) <i>Jamides celeno celeno</i> (白雅波灰蝶) <i>Nepitis hylas luculenta</i> (豆環蛺蝶) <i>Ypthima multistriata</i> (密紋波眼蝶) <i>Mycalasis zonata</i> (切翅眉眼蝶) <i>Pieris canidia</i> (綠點白粉蝶)