

10410

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖監測暨生態資源調查

雪霸國家公園管理處

自行研究報告(104年度)

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱 鳥類繁殖監測暨生態資源調查

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 104 年 12 月

105301020500G0001

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱 鳥類繁殖監測暨生態資源調查

研究人員：蕭明堂

執行人員：蕭明堂、莊美真、黃瀚曉、
陳品瀚、張乃中、蘇民弦、
胡國治

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 104 年 12 月

內政部 104 年度自行研究報告檢核表

研究題目： 雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱 鳥類繁殖監測暨生態資源調查	研究單位(機關)： 雪霸國家公園管理處
計畫性質： <input type="radio"/> 社會科學 <input checked="" type="radio"/> 自然科學	研究領域： 生態學
研究期程： 104 年/1 月/1 日~104 年/12 月/31 日	研究報告提出日期： 104 年/12 月/29 日
研究人員： 蕭明堂	研究人員電話： 037-276300#112
研究報告是否公開： <input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否 (屬限閱或機密性)	研究報告是否有在其他機關獲獎、涉抄襲或係學位論文之情事 <input type="radio"/> 是 (如有此類情事除撤銷獎勵外，並視情節輕重議處研究人員) <input checked="" type="radio"/> 否
研究目的 (二百字以內)	
本研究以於觀霧地區設置的巢箱，進行繁殖鳥類監測，工作重點包括 (1) 檢視青背山雀 (<i>Parus monticolus</i>) 與棕面鶯 (<i>Abroscopus albogularis</i>) 繁殖起始時間、產卵季長度與早春溫度及降雨之關聯；(2) 以 MARK 軟體估算鳥巢逐日存活率以及成鳥存活率，進而估算族群成長率 λ ；(3) 以抖落法進行樹冠層鱗翅目幼蟲豐度之定量，以燈誘陷阱誘集鱗翅目趨光成蟲並定量。另外，本計畫利用自動監測設備記錄巢箱中的鳥類繁殖行為，以及可能捕食鳥巢的天敵，所記錄影像亦可做為解說影音素材。	
研究發現及建議運用情形 (六百字以內)	
於 2015 年繁殖季共記錄 36 巢青背山雀、23 巢棕面鶯、2 巢煤山雀 (<i>P. ater</i>)、1 巢黃山雀 (<i>P. holsti</i>)，以及 1 巢茶腹鴉 (<i>Sitta europaea</i>) 利用巢箱繁殖。比較各年間繁植物候發現，青背山雀與棕面鶯的第一波繁殖產卵日受早春 3 月溫度的影響而波動，而與春季降雨較無關；二鳥種的產卵季長度亦與春季降雨、溫度無關，推測可能的原因為觀霧地區為重濕的氣候，降雨對生物過程的限制不顯著。 在鳥巢繁殖存活率的部分，以 MARK 軟體分析 2009–2015 年青背山雀與棕面鶯鳥巢逐日存活率發現，在大雨的天氣，二鳥種存活率明顯較低；青背山雀第二波繁殖期之存活率高於第一波繁殖期，其原因可能與早春低溫及食物相對缺乏有關。另外，定期巡巢對鳥巢存活率有一定程度的干擾，而架設錄影監測則無顯著影響。是以，利用錄影監測為減小干擾且能精準判斷鳥巢命運的工具。 研究結果顯示青背山雀經歷 40 天繁殖期之繁殖成功率為 0.82 ± 0.05 ，棕面鶯經歷 38 天繁殖期之繁殖成功率則為 0.77 ± 0.07 ；青背山雀成鳥年間存活率為 0.43 ± 0.06 。在 2010–2015 年間，青背山雀族群成長率 λ 介於 0.68–1.57，影響族群生長率波動的原因主要為鳥巢存活率，以及參與第二巢繁殖的族群比例。在 2009–2015 年間，一年兩巢的繁殖記錄只出現在 2011、2014 和 2015 年，在其餘年內，青背山雀一年繁殖一巢。由 2015 年鳥類與昆蟲物候資料可知，青背山雀兩波繁殖期的育雛高峰分別與不同樹種上毛蟲生物量高峰，以及春夏季鱗翅目成蟲生物量高峰重疊。然而，對於其他年缺乏第二巢的原因則尚不清楚。	
研究報告內容主要參考之相關研究 (六百字以內)	
(包含共同、委辦、委託研究或相關學術期刊、論文等)	

- 王穎。2009。雪霸國家公園觀霧地區鳥類資源調查暨鳥巢箱設置。雪霸國家公園管理處。
- 姚正得。2010b。奧萬大國家森林遊樂區繁殖鳥類之長期監測與天敵類型調查(3/3)。行政院農業委員會林務局南投林區管理處。
- 徐堉峰。2010。雪霸國家公園觀霧地區樹冠層昆蟲調查。雪霸國家公園管理處。
- CHANG, C.-T., H.-C. WANG, AND C.-Y. HUANG. 2013. Impacts of vegetation onset time on the net primary productivity in a mountainous island in Pacific Asia. *Environmental Research Letters* 8:045030–045040.
- DUNN, P. O., AND D. W. WINKLER. 2010. Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success. Pages 113–128 in A. P. Møller, W. Fielder, and P. Berthold, editors. *Effects of climate change on birds*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- FLASHPOHLER, D. J., S. A. TEMPLE, AND R. N. ROSENFELD. 2001. Effects of forest edges on ovenbird demography a managed forest landscape. *Conservation Biology* 15:173–183.
- HSU, H.-H., C. CHOU, Y.-C WU, M.-M. LU, C.-T. CHEN, AND Y.-M. CHEN. 2011. Climate Change in Taiwan: Scientific Report 2011. National Science Council, Taiwan.
- HUSBY, A., L. E. B. KRUK, AND M. E. VISSER. 2009. Decline in the frequency and benefits of multiple brooding in Great Tits as a consequence of a changing environment. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 276:1845–1854.
- PERRINS, C. M., AND R. H. MCCLEERY. 1989. Laying dates and clutch size in the great tit. *Wilson Bulletin* 101:236–253.
- SCHAPER, S. V., C. RUEDA, P. J. SHARP, A. DAWSON, AND M. E. VISSER. 2011. Spring phenology does not affect timing of reproduction in the Great Tit (*Parus major*). *Journal of Experimental Biology* 214:3664–3671.
- SHIAO, M.-T., M.-C. CHUANG, H.-W. YUAN, AND Y. WANG. Effects of weather variation on the timing and success of breeding in two cavity-nesting species in a subtropical montane forest in Taiwan. *Auk* 132:671–684.
- SKAGEN, S. K., AND A. A. Y. ADAMS. 2012. Weather effects on avian breeding performance and implications of climate change. *Ecological Applications* 22:1131–1145.
- STEVENSON, I. R., AND D. M. BRYANT. 2000. Avian phenology: climate change and constraints on breeding. *Nature* 406:366–367..
- VAN NOORDWIJK, A. J., R. H. MCCLEERY AND C. M. PERRINS. 1995. Selection for the timing of Great Tit (*Parus major*) breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *Journal of Animal Ecology* 64:451–458.
- VISSER, M. E., F. ADRIAENSEN, J. H. VAN BALEN, J. BLONDEL, A. A. DHONDT, S. VAN DONGEN, C. DU FEU, E. V. IVANKINA, A. B. KERIMOV, J. DE LAET, E. MATTHYSEN, R. MCCLEERY, M. ORELL, AND D. L. THOMSON. 2003. Variable responses to large-scale climate change in European *Parus* populations. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 270:367–372.
- WHITE, G. C., AND K. P. BURNHAM. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46:120–138.

目次

表次	II
圖次	III
摘要	V
Abstract	VIII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法	3
第二章 研究結果	11
第一節 2015 年鳥類繁殖概述及歷年比較	11
第二節 鳥巢繁殖成敗	21
第三節 青背山雀成鳥存活率與族群模擬	29
第四節 樹冠層鱗翅目幼蟲組成及生物量	32
第五節 鱗翅目成蟲生物量	41
第三章 討論	43
第一節 鳥類繁殖的起始	43
第二節 繁殖鳥巢存活率	45
第三節 成鳥存活率與族群成長	47
第四章 結論與建議	49
第一節 結論	49
第二節 建議	50
附錄一 觀霧地區利用巢箱鳥類及其他物種影像	51
附錄二 巢箱即時影像解說看版及現況	61
附錄三 觀霧地區樹冠層抖落所獲鱗翅目昆蟲及食草	63
參考書目	65

表 次

表 1-1	2009-2015 年觀霧地區設置鳥巢箱樣區資訊	3
表 2-1	2009-2015 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀繁殖參數	16
表 2-2	2009-2015 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯繁殖參數	20
表 2-3	2009-2015 年青背山雀鳥巢逐日存活率之模式選擇結果	22
表 2-4	2009-2015 年青背山雀鳥巢逐日存活率最佳模式之參數估計	23
表 2-5	2009-2015 年棕面鶯鳥巢逐日存活率之模式選擇結果	26
表 2-6	2009-2015 年棕面鶯鳥巢逐日存活率於最佳模式之參數估計	27
表 2-7	2009-2015 年青背山雀成鳥存活率之模式選擇結果	29
表 2-8	2010-2015 年青背山雀族群參數之估計	30

圖 次

- 圖 1-1 雪霸國家公園觀霧地區鳥巢箱樣區之地理位置 · 4
- 圖 1-2 觀霧地區設置巢箱之人工林(a)及山地針闊葉混淆林
(b)現況 · · · · · 5
- 圖 2-1 2009-2015 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀卵數及
雛數分布 · · · · · 13
- 圖 2-2 青背山雀及棕面鶯第一波繁殖巢產卵日與三月份月
均溫之關聯 · · · · · 15
- 圖 2-3 2009-2015 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯卵數及雛
數分布 · · · · · 18
- 圖 2-4 2009-2015 年各年度青背山雀鳥巢之階段存活率 24
- 圖 2-5 2009-2015 年青背山雀鳥巢階段存活率與極端大雨、
繁殖嘗試之關聯 · · · · · 24
- 圖 2-6 2009-2015 年各年度棕面鶯鳥巢之階段存活率 · 28
- 圖 2-7 2011-2015 年觀霧地區青背山雀實際繁殖密度與模
擬繁殖密度之關係 · · · · · 31
- 圖 2-8 2015 年觀霧地區以抖落法採集卡氏楮之鱗翅目幼蟲
及膜翅目葉蜂之比例和組成 · · · · · 32
- 圖 2-9 2015 年觀霧地區以抖落法採集森氏櫟之鱗翅目幼蟲
及膜翅目葉蜂之比例和組成 · · · · · 33
- 圖 2-10 2015 年觀霧地區以抖落法採集卡氏楮(a)及森氏櫟
(b)之鱗翅目幼蟲生物量之時間軸變化 · · · · · 34
- 圖 2-11 2015 年觀霧地區以抖落法採集赤楊之鱗翅目幼蟲
及膜翅目葉蜂之比例和組成 · · · · · 35

- 圖 2-12 2015 年觀霧地區以抖落法採集赤楊之鱗翅目幼蟲
(a)及膜翅目葉蜂(b)生物量之時間軸變化 36
- 圖 2-13 2015 年觀霧地區以抖落法採集臺灣杉之鱗翅目幼
蟲及膜翅目葉蜂之比例和組成 37
- 圖 2-14 2015 年觀霧地區以抖落法採集柳杉之鱗翅目幼蟲
及膜翅目葉蜂之比例和組成 38
- 圖 2-15 2015 年觀霧地區以抖落法採集臺灣杉(a)及柳杉(b)
之鱗翅目幼蟲生物量之時間軸變化 39
- 圖 2-16 2015 年觀霧地區飼養鱗翅目幼蟲之化蛹及羽化個
體數於時間軸分布 40
- 圖 2-17 2015 年觀霧地區天然林與人工林之鱗翅目趨光成
蟲生物量與日均溫於時間軸之分布 41

摘 要

關鍵詞：山雀、巢箱、棕面鶯、繁殖生物學、觀霧

一、研究緣起

觀霧地區位於臺灣中海拔霧林帶，霧林帶生態系為易受氣候變遷影響的敏感生態系之一，是以長期計畫性監測觀霧地區的生物間及生物與環境間的關連，有其必要。鳥類為森林生態系的初級或次級消費者，其對於氣溫的反應較植物快速、易偵測變化，且較哺乳動物容易觀察，較昆蟲及其他無脊椎動物易於分類，適合作為長期監測的物種。本研究沿用王穎(2009)、蕭明堂(2010–2014)於觀霧地區設置的巢箱，進行繁殖鳥類監測，年度工作重點包括：(1) 檢視各年間青背山雀 (*Parus monticolus*)與棕面鶯 (*Abroscopus albogularis*)繁殖起始時間、產卵季長度與早春溫度及降雨之關聯；(2) 以 MARK 軟體估算鳥巢逐日存活率以及成鳥存活率，進而估算族群成長率 λ ；(3) 以抖落法進行樹冠層鱗翅目幼蟲豐度之定量，以燈誘陷阱誘集鱗翅目趨光成蟲並定量，釐清小型鳥類食譜—鱗翅目昆蟲豐度於時間軸之分布。另外，本計畫利用自動監測設備記錄巢箱中的鳥類繁殖行為，以及可能捕食鳥巢的天敵，所記錄影像亦可做為解說影音素材。

二、研究方法及過程

在鳥巢箱繁殖監測上，於3–8月繁殖季期間，維持每星期至少乙次之巡巢頻率，巡巢時記錄鳥巢繁殖階段、卵數及雛數等，並推估雌鳥產卵日及雛鳥孵化日，另外，在育雛期間對成鳥與離巢前雛鳥進行繫放，部分繁殖鳥巢架設彩色小型監視器，錄影紀錄繁殖過程。在資料分析上，繁殖物候的分析係以各年間第一波繁殖產卵日，以及全年產卵季長度，分別與二、三月份月均溫、春季(2-3月)降雨量相關；在鳥巢繁殖成功率的分析，則以 MARK 軟體考量氣候因子、極端降雨事件、時、空間變數，如年、鳥巢日齡、棲地類型等因子，以及觀察者效應(定期巡巢、架設錄影器材)等因子對於鳥巢逐日存活率的可能影響。在昆蟲豐度定量上，針對卡氏槲、森氏櫟、赤楊、臺灣杉和柳杉等樹種，每二星期以抖落法採集鱗翅目幼蟲及膜翅目葉蜂蠕蟲，攜回秤重並飼養。另外，每二星期以燈誘陷阱點燈採集鱗翅目成蟲並定量之。

三、重要發現

於 2015 年繁殖季共記錄 36 巢青背山雀、23 巢棕面鶯、2 巢煤山雀(*P. ater*)、1 巢黃山雀(*P. holsti*)，以及 1 巢茶腹鴉(*Sitta europaea*)利用巢箱繁殖。比較各年間繁植物候發現，青背山雀與棕面鶯的第一波繁殖產卵日受早春 3 月溫度的影響而波動，而與春季降雨較無關；二鳥種的產卵季長度亦與春季降雨、溫度無關，推測可能的原因為觀霧地區為重濕的氣候，降雨對生物過程的限制不顯著。二鳥種的繁植物候對溫度反應程度略不同，則可能與二鳥種受光週期所促發的生殖腺發育速度不同，或者二鳥種食性上的差異相關。

在鳥巢繁殖存活率的部分，以 MARK 軟體分析 2009–2015 年青背山雀與棕面鶯鳥巢逐日存活率發現，在大雨的天氣，二鳥種存活率明顯較低；青背山雀第二波繁殖期之存活率高於第一波繁殖期，其原因可能與早春低溫及食物相對缺乏有關。另外，定期巡巢對鳥巢存活率有一定程度的干擾，而架設錄影監測則無顯著影響。是以，利用錄影監測為減小干擾且能精準判斷鳥巢命運的工具。

研究結果顯示青背山雀經歷 40 天繁殖期之繁殖成功率為 0.82 ± 0.05 ，棕面鶯經歷 38 天繁殖期之繁殖成功率則為 0.77 ± 0.07 ；青背山雀成鳥年間存活率為 0.43 ± 0.06 。在 2010–2015 年間，青背山雀族群成長率 λ 介於 0.68–1.57，影響族群生長率波動的原因主要為鳥巢存活率，以及參與第二巢繁殖的族群比例。在 2009–2015 年間，一年兩巢的繁殖記錄只出現在 2011、2014 和 2015 年，在其餘年內，青背山雀一年繁殖一巢。由 2015 年鳥類與昆蟲物候資料可知，青背山雀兩波繁殖期的育雛高峰分別與不同樹種上毛蟲生物量高峰，以及春夏季鱗翅目成蟲生物量高峰重疊。然而，對於其他年缺乏第二巢的原因則尚不清楚。

四、主要建議事項

建議一：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

本年度監測觀霧地區鳥類利用巢箱的繁殖，調查成果及影音照片可轉化為科普文章，以電子報或網頁等形式提供解說教育使用，增加民眾對於觀霧地區豐富多樣的生態資源。

建議二：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

鳥巢箱為監測鳥類繁殖的有效工具，透過對分布廣泛且能敏感反映年間氣候變化的森林小型鳥類持續進行監測，並輔以氣象資料的記錄，可做為觀霧地區物候變化的監測指標。目前七年的監測結果已發現鳥類繁殖與早春氣溫兩者相互關連，對於鳥類繁殖動態與氣象因子於年間的變化趨勢，以及極端降水事件對繁殖鳥類的影響，建議未來仍須持續監測，以累積足夠長期資料，提供更進一步資訊。

Abstract

Key word: Breeding biology, GuanWu, Nestbox, Rufous-faced Warbler, Tit

We investigated the breeding activity of secondary cavity nesting passerines using nestboxes on *Cryptomeria* plantations and natural forests at Guanwu, 2009–2015. From the beginning of March to the end of August, we checked nestboxes weekly and recorded the content of nestboxes and activities of birds. Thirty-six Green-backed Tit (*Parus monticolus*) nests, Twenty-three Rufous-faced Warbler (*Abroscopus albogularis*) nests, two Coal Tit (*P. ater*) nests, one Yellow Tit (*P. holsti*) nest and one Eurasian Nuthatch (*Sitta europaea*) nest were recorded throughout the 2015 breeding season. Comparisons of breeding data with previous studies, we found that the timing of egg-laying of Green-backed Tits was affected by March mean temperature, but not February mean temperature or February- March rainfall. A similar relationship was also found in Rufous-faced Warblers, but less closely. The lengths of laying season for both species were not affected by either spring temperature or rainfall. Less limiting effect of spring rainfall on biological processes might be due to being perhumid in study area.

We used the nest survival module in Program MARK to examining factors affecting nest survival of Green-backed Tits and Rufous-faced Warblers in 2009–2015. Results showed that nest survival for both species declined under extreme heavy rainfall (daily precipitation amount > 20 mm), but not varied lineally or nonlinearly with daily precipitation amount. Moreover, breeding attempt was also the important factor affecting daily survival rate for Green-backed Tits. Lower survival rate for the first nest than the second one might be due to colder weather and lower food abundance in early spring. In addition, regularly visiting nests had a strong negative effect on nest survival for both species. On the other hand, video monitoring is an effective tool to reduce disturbance by nest visits and improve accuracy in determining nest fate.

Our results showed that the predicted probability of a nest surviving the entire

40-d period for Green-backed Tits across 2009–2015 was 0.82 ± 0.05 , and the probability of a nest surviving the entire 38-d period for Rufous-faced Warblers was 0.77 ± 0.07 . In addition, adult survival for Green-backed Tits was 0.43 ± 0.06 . Based on these parameters mentioned above, we estimated population growth for Green-backed Tits by calculating the finite rate of growth λ (range 0.68–1.57), and found the probability of double brooding having an important role on annual fecundity. However, the second clutch only occurred in 2011, 2014 and 2015 during our study period. Data on avian and caterpillar phenology in 2015 showed that the maximum food demands of nestlings for the two breeding attempt in Green-backed Tit were corresponded to different peaks in caterpillar biomass and moth biomass. However, what caused a lack of second clutch in other years is unclear, but this might be a cause in population declines of the two species.

Finally, we provided two suggestions for further work. First, some interesting information from our results and videos could be extracted, and transformed into education materials to introduce the biodiversity of GuanWu area. Second, long-term monitoring of nestbox was necessary to clarify the phenology of birds, and build the population models.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起及背景

全球氣候變遷的議題持續受到關注，由於氣候變遷可能直接影響生態棲位狹窄的特化種，如臺灣櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)和觀霧山椒魚(*Hynobius fuca*)等，壓縮其生存範圍，或對敏感生態系如高山、濕地等環境造成整體的威脅，因而氣候變遷的相關研究成為近年研究工作的焦點。在探討大尺度的氣候變遷議題上，往往需要長時間軸的資料累積，凸顯了以保育研究為核心的國家公園，在地監測的重要，因其所得的證據可提供國家公園面對氣候變遷的挑戰下，相關決策作為的參考資料。雪霸國家公園為臺灣第三座山岳型國家公園，座落於臺灣中北部山區，以冰河地形的雪山山脈、獨特山型的大霸尖山及珍稀的冰河子遺生物而著名，轄區內的觀霧地區位在中海拔霧林帶，具有獨特的天氣型態，雲霧之水平降水占總降水量之三分之一(林博雄，2010)，蘊含多種特稀有的動植物。由於氣候變遷可能帶來的影響包括中海拔雲霧帶的抬升或壓縮，是以長期計畫性監測此區生物的物候學為當務之急。

鳥類為森林生態系的初級或次級消費者，其對於氣溫的反應較植物快速、易偵測變化，且較哺乳動物容易觀察，又較昆蟲及其他無脊椎動物易於分類，因而適合作為長期監測的物種。而鳥類的繁殖及遷移行為，更因標的明確，常被作為衡量氣候變遷對物種影響的標的，例如：在過去 25 年間，北美 20 多種鳥類繁殖時間平均提早 8.8 天，與全球氣溫增加有關(Crick et al. 1997)。另一篇研究則指出，於 1987 至 2003 年間，氣候變遷已造成歐洲斑姬鶉(*Ficedula hypoleuca*)的遷移時間改變，並進一步導致其繁殖時間於食物資源高峰錯位，因而族群大量減少(Both et al. 2006)。在國內的鳥類研究發現，氣候變遷可能已造成中高海拔鳥類分布的改變，孫元勳(2010)及林惠珊等(2011)檢視近年(2010–2011 年)的雪山調查資料與日據時期(1925–1933 年)鹿野忠雄的研究、1989 年國家公園成立前的先期調查及 1996 年的步道調查資料等文獻，透過與早期文獻比較物種的海拔分布，發現在雪山地區常見的 40 幾種留鳥，有 67–74% 比例的鳥種其分布海拔上限有往上提升的趨勢，而有 75–100% 的鳥種其海拔下限也出現抬升的現象；而在玉山國家公園也同樣發現多種鳥種海拔分布上移的情形(李培芬，2009)。這些研究雖然提出大

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖監測暨生態資源調查

尺度的整體鳥類變化，不過對於更細節的部分，例如鳥類繁殖時間對早春天氣變化之反應程度、繁殖成敗受惡劣天氣，如颱風或豪(大)雨的影響、與其他食物網間各物種的關係，有無時間軸上的錯位等問題，則需仰賴其他面向如繁殖生物學的監測等研究來得知。

然而在繁殖生物學的研究上，天然鳥巢搜尋不易，常造成資料收集與分析上的困難，是以架設人工鳥巢箱為一可行作法。國內的奧萬大森林遊樂區已進行人工鳥巢箱監測逾多年(2002–2010)，監測資料顯示不同年間的氣溫及雨量會影響利用巢箱繁殖鳥類之棕面鶯(*Abroscopus albogularis*)及青背山雀(*Parus monticolus*)的繁殖表現，包括產卵時間、窩卵數及繁殖成功(姚正得，2009 a, b, c; 2010a, b)；另於太魯閣國家公園關原地區所設置鳥巢箱的監測中亦發現，在早春氣溫較溫暖的年中，茶腹鳩(*Sitta europaea*)及山雀科鳥類的築巢、產卵時間均有較為提早之趨勢(蕭明堂等，2008)。雪霸國家公園於2009年辦理「觀霧地區鳥類資源調查暨鳥巢箱設置」計畫，完成90處巢箱設置(王穎，2009)，成功吸引青背山雀及棕面鶯二鳥種利用巢箱繁殖。後續2010–2014年，在持續監測下，已累積多項基礎的繁殖生物學資訊(蕭明堂，2010–2014)。截至目前的研究成果已知，觀霧地區所設置之鳥巢箱，可成功吸引青背山雀、黃山雀(*P. holsti*)、煤山雀(*P. ater*)及棕面鶯等鳥種繁殖。在2014年的研究，以MARK軟體(Dinsmore et al. 2002)估算鳥巢繁殖成功率，使用密度最高的青背山雀與棕面鶯，各年度繁殖起始時間與早春三月份的溫度相關，其繁殖成功率則受繁殖期的降雨量所影響，在每日降雨量高於20mm時，即會對於鳥巢繁殖存活率產生負面影響(蕭明堂，2014; Shiao et al. 2015)。

有鑒於欲瞭解氣候變遷等議題需長時間尺度資料的建立，本計畫擬沿用前人於觀霧地區設置鳥巢箱，持續進行繁殖概況調查，本年度工作將持續累積鳥類繁殖基礎資料，以瞭解觀霧鳥類與氣候之物候關聯。另外，考量在小型鳥類的食性上，鱗翅目昆蟲扮演相當的腳色，例如：在青背山雀的食性組成中，毛蟲與蠕蟲占70-90%(莊美真，2006)。為此，本年度將以抖落法(徐堉峰，2010)執行樹冠層鱗翅目幼蟲豐度之定量，並以燈誘陷阱(Robinson trap)整夜誘集鱗翅目趨光成蟲，並定量之，以釐清在鳥類繁植物候在時間軸上的高低峰，與鱗翅目昆蟲豐度間的關聯。

第二節 研究方法

一、研究地點

研究地點在觀霧地區，位於新竹縣五峰鄉與苗栗縣泰安鄉之交界，海拔約 1900–2100 公尺。林相係以人工林與天然林交替鑲嵌組成，人工林主要為日據時期伐木活動干擾，而於民國 45–65 年間國內大面積造林所植，造林樹種以柳杉 (*Cryptomeria japonica*) 為主，而天然林相則以中海拔闊葉林及針闊混合林為主，植群組成包括紅檜、扁柏等(歐辰雄，1997)。

本研究沿用王穎(2009)於瀑布步道兩側及 23K 人工林等三處造林地所設置之巢箱，並於 2010–2014 年間，配合研究目的與人力所及，在鄰近遊憩步道(賞鳥步道)、管理站周遭天然闊葉林、雪霸農場的野馬瞰山森林步道等處，陸續新增巢箱(蕭明堂，2010–2014)。本年度除沿用該些巢箱外，並在大鹿林道 23–24K 道路沿線，以及大鹿林道東線 0.3K 等處新設置巢箱，各年度所設置巢箱數量、位置等資訊如表 1-1。所有巢箱的設置間距都維持 10–15 公尺，高度為 3 公尺，洞口直徑為 3 公分，巢箱底面積為 11×11 平方公分，以小型雀形目為目標鳥種。

表 1-1、2009–2015 年觀霧地區設置鳥巢箱樣區資訊

樣區代號及位置	林相 ^a	面積		有效巢箱數						
		ha	配置	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
A 區-瀑布步道	AA91	2	網格	60	60	60	60	60	60	60
C 區-23K 疏伐林	AA91	1	網格	30	30	30	30	30	30	30
B 區-賞鳥步道	FM41	1	帶狀	-	15	15	15	15	15	15
D 區-管理站周遭	FM41	2	網格	-	-	30	48	49	50	50
F 區-農場野馬瞰山	AA92/FB41/AA91	3	帶狀	-	-	-	-	-	15	15
R 區-主線 23–24K	AA91	4	帶狀	-	-	-	-	-	-	10
E 區-東線 0.3K	AA91	-	單個	-	-	-	-	-	-	1

^a 林相係依據邱祈榮等(2009)臺灣現生天然植群圖集劃分：FM41 山地針闊葉混淆林、FB41 山地常綠闊葉林、AA91 人工林、AA92 耕地

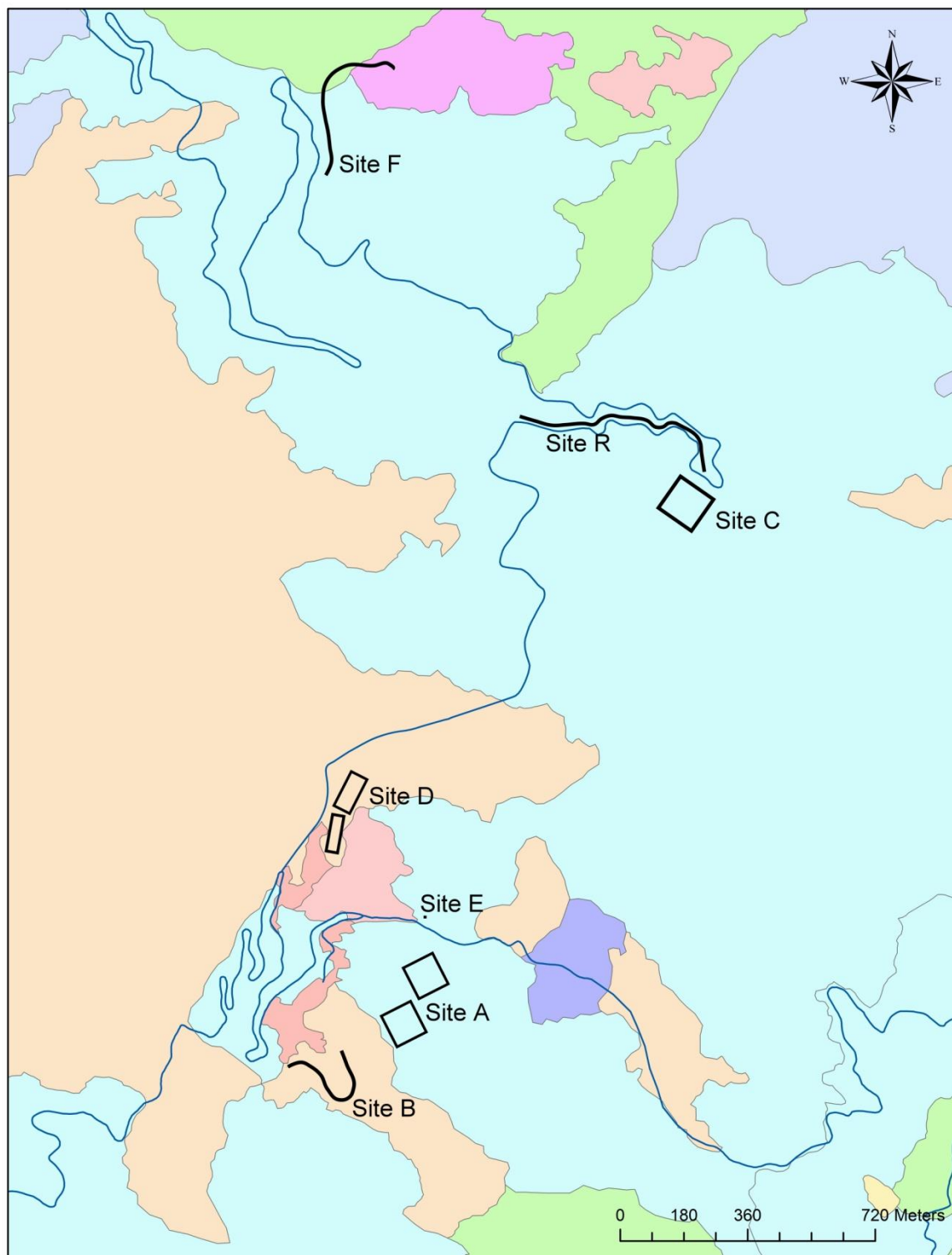


圖 1-1、雪霸國家公園觀霧地區鳥巢箱樣區之地理位置。

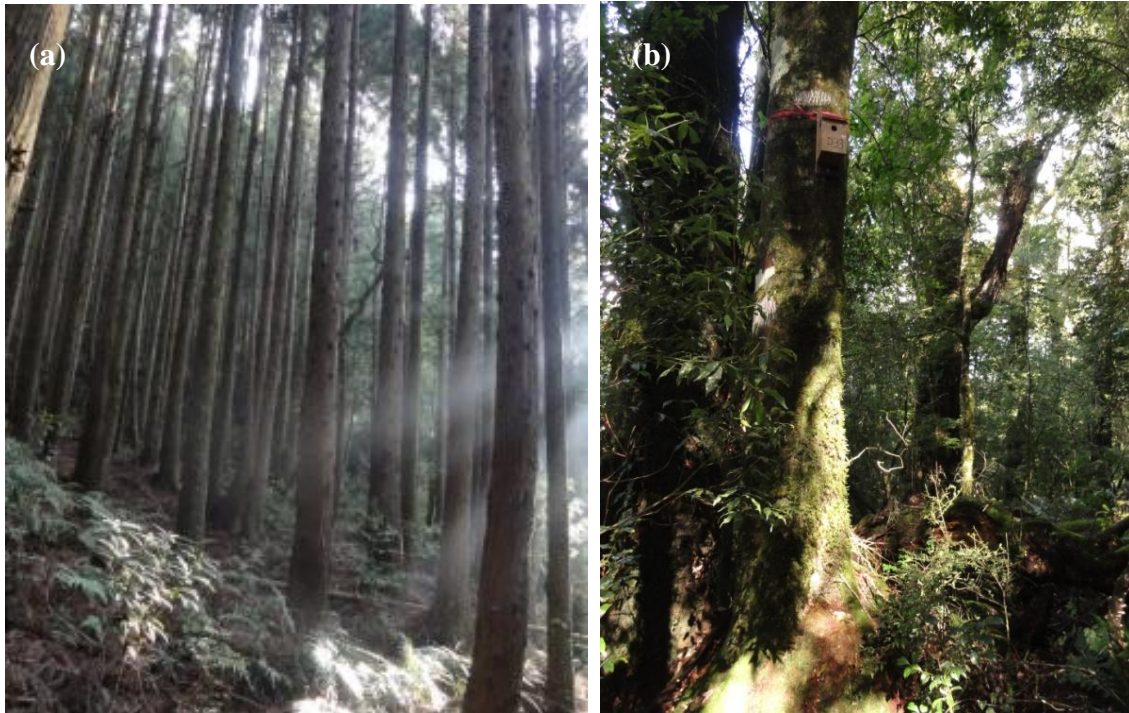


圖 1-2、觀霧地區設置巢箱之人工林(a)及山地針闊葉混淆林(b)現況。

二、鳥巢箱監測

自繁殖季初期的3月起至8月止，維持每星期至少乙次之巡巢頻率，巡巢時記錄鳥巢繁殖階段、卵數及雛數等繁殖參數。吾人假定雌鳥一天產一枚卵，回推產第一枚卵日(egg laying date)，並以雛鳥體重及生長發育情形，回推雛鳥孵化日(黃正龍，1996；蕭明堂，2006)。在成鳥繫放上，因人力及其他研究目標考量，只捕捉繫放青背山雀的成鳥，未捕捉棕面鶯成鳥。在雛鳥孵出5天日齡以後，於成鳥進入巢箱時，以手操網進行補捉、測量及繫放。另外，估算各年青背山雀與棕面鶯的繁殖密度(breeding density)及產蛋季長度(laying season)，繁殖密度係以「全年同時繁殖的最大鳥巢數」除以「有設置巢箱之面積」，並將天然林的鳥巢與人工林的鳥巢分開計算之，其中天然林包括設置於山地針闊葉混淆林，以及山地常綠闊葉林的巢箱；產蛋季長度則以所有繁殖巢中，「最後繁殖的鳥巢之最後一枚卵產卵日」減去「最早繁殖巢之第一枚卵產卵日」計之。

部分鳥巢於繁殖期間架設彩色小型監視器(color charge-coupled-device cameras)進行錄影，為增加錄影畫面的辨視，於錄影期間將巢箱蓋置換為透明壓克力板，並在壓克力板上覆蓋上不透明的白色描圖紙或褐色牛皮紙，以避免親鳥

或雛鳥直接看到巢外環境。研究測試於雛鳥孵出後進行巢箱蓋的置換及錄影器材的架設並不會造成親鳥的棄巢。錄影鏡頭固定於壓克力版下，並連接數位錄影紀錄器(Digital Video Recorder, DVR)或手提數位錄影機(Digital Video, DV)儲存資料，以汽車電瓶作為電源。錄影時期自雛鳥孵出後至離巢止，錄影時段則自上午五時起至下午七時止，錄影資料提供於鳥巢繁殖成敗判斷、雛鳥離巢或繁殖失敗的時間點確認，並可記錄鳥巢的潛在捕食者(Ball and Bayne 2012)。

青背山雀及棕面鶯在一個繁殖季中可能繁殖兩或三窩雛鳥(1年2-3巢)(蕭明堂, 2014; 姚正得, 2010b)，然而因為並非所有繁殖個體均有上環，可由腳環追蹤，故第一波及第二波繁殖巢的區隔係以該年繁殖季中，最早進行繁殖的巢之產卵日為基準，往後30天內皆算為該年第一波繁殖期，而其後進行繁殖的巢則記為第二波繁殖期(van Noordwijk et al. 1995)，並輔以有上環的個體其腳環的辨識，以減少將第一次繁殖失敗後重新築巢的鳥巢(re-nest)誤判為第一波繁殖巢。於繁殖監測概述的分析中，將各繁殖巢每日的子代數(卵數或雛數)除以總子代數(總卵數)後，按時間軸作圖，並將第一波繁殖期與第二波繁殖期分開作圖，以檢視時間軸上各繁殖階段所占比例之關係(Blondel 1985)。另外，考量2009年較晚設置巢箱，可能影響鳥類繁殖的開始時間，故於鳥巢繁殖物候分析中只納入2010-2015年資料。天氣資料則採用距觀霧遊憩區最近之中央氣象局自動測站(COD550)，測站海拔1956公尺，121°06'58" E, 24°31'37" N。

三、鳥巢存活率分析

以MARK軟體的鳥巢存活模組(nest survival module)計算鳥巢存活率(Dinsmore et al. 2002)。於軟體中須輸入的資訊包括：開始觀察日期、最後存活日期、最後觀察日期、鳥巢命運(存活=0或死亡=1)，以及此種經歷(encounter history)的鳥巢數，模式求出逐日存活率(daily survival, S)後，乘以繁殖天數(D)次方，即為鳥巢在繁殖期的階段存活率(period survival, S^D)。其中，對於繁殖成功的鳥巢，最後存活日期等於最後觀察日期，均為雛鳥離巢日，然而，在野外的監測上雛鳥離巢日的確認往往難以確認，故吾人除架設小型監視器於部分鳥巢，藉由錄影資料協助判定外，針對未架設錄影器材的鳥巢，若巡巢日期接近於雛鳥可能離巢的時期內，而巡巢時又未發現巢中的雛鳥，則以巢箱內靠洞口側有無糞囊、巢材是

否被雛鳥壓扁，以及巢箱周圍是否有親鳥或雛鳥活動等資訊，判斷雛鳥是否成功離巢(Ball and Bayne 2012)，若判定為成功離巢，則鳥巢的最後存活日及最後觀察日均記為前次巡巢的日期。

依據於2009–2015年觀察記錄，青背山雀最早開始繁殖日為3月15日(產第一枚卵)，最晚結束繁殖日為8月10日(雛鳥離巢)，故假定青背山雀的繁殖季為3月15日至8月10日，共149天(encounter occasions)，青背山雀完整繁殖一巢所需天數為40天(包含產卵期5天、孵卵期14天，育雛期21天)；在棕面鶯的部分，依據2009–2015年觀察記錄，棕面鶯最早開始繁殖日為3月27日(產第一枚卵)，最晚結束繁殖日為8月16日(雛鳥離巢)，故假定棕面鶯的繁殖季為3月27日至8月16日，共143天(encounter occasions)，棕面鶯完整繁殖一巢所需天數為38天(包含產卵期5天、孵卵期17天，育雛期16天)。模式考量下列因子，將其以共變數(individual covariates)納入模式中，包括：

1. 年(YEAR)：研究期程為2009年至2015年共7年，考量不同年間，食物資源的豐度、捕食者數量等因子變化，對鳥巢存活率的可能影響。
2. 棲地(HABITAT)：將所設置的巢箱棲地分為天然林與人工林，以考量不同棲地環境中，食物資源豐度可能造成繁殖存活率的差異。其中，天然林的組別包括設置於山地針闊葉混淆林及山地常綠闊葉林的巢箱。
3. 日齡(AGE)：繁殖巢在不同繁殖階段(產卵、孵卵、育雛)及日齡，其逐日存活率可能不同，將繁殖巢日齡以線性、二次函數及三次函數等形式納入。
4. 繁殖嘗試(ATTEMPT)：將繁殖巢區分為第一波繁殖巢(最早產卵日後30天內)，以及第二波繁殖巢(30天以後)，第二波繁殖巢可能包含一年2窩或3窩的鳥巢，以及第一次失敗後重新繁殖的鳥巢等。
5. 日降雨量(PRECIPITATION)：日降雨量大可能減低鳥巢的逐日存活率，然考量降雨對存活率的影響可能非一次線性，故將日降雨量以線性、二次及三次非線性函數等形式納入。
6. 極端降雨(HEAVYRAIN)：考量極端大雨事件對鳥巢存活率的影響，以類別變數(binary)於模式中考量有或無大雨事件對存活率的影響；大雨

事件定義為日降雨量達20 mm，其占2010年至2014年4–8月日降雨量紀錄之前85%。

7. 日均溫(TEMP)：考量低溫可能影響鳥巢逐日存活率，將日均溫以線性函數帶入模式。
8. 錄影效應(VIDEO)：考量錄影器材的架設是否增加鳥巢的失敗率，以類別變數(binary)於模式中考量有/無架設針孔錄影器材，並允許每天的狀況可以不同。
9. 巡巢效應(VISIT)：考量定期的巡巢是否增加鳥巢的失敗率，以類別變數(binary)於模式中考量有/無巡巢，並允許每天的狀況可以不同。

上述因子放入模式後，以模式選擇(model selection)比較AIC_c值，AIC_c值較小表示為較佳的模式，藉此篩選出影響繁殖鳥巢成功的重要變數。ΔAIC_c值 < 2的模式被視為被支持的模式(support model)。若具有超過一個以上的被支持模式時，則計算被支持模式的平均係數，以避免模式篩選的不穩定性(model selection uncertainty, Burnham and Anderson 2002)。在被支持的模式中，從所估計的各個變數的係數(estimate)及95%信賴區間判斷該變數對存活率的影響，當所估計變數之95%信賴區間未包含0，則該變數視為影響存活率的重要因子；反之，若其95%信賴區間包含0，則該因子與存活率間無顯著關聯(Arnold 2010)。

四、成鳥存活率分析

以MARK軟體的live recapture (CJS)模組計算2009–2015年間，青背山雀成鳥存活率 (White and Burnham 1999)。將雄、雌鳥分成不同組別(group)，並考量存活率(Phi)以及觀察率(p)是否在不同年間不同(year effect)，共計16種組合的模式，同樣比較AIC_c值，AIC_c值較小表示為較佳的模式。

五、族群成長參數估算

依據 Flaspohler et al. (2001)，族群成長率(λ) = $S_a + F \times S_j$ ， S_a 為成鳥存活率， S_j 為離巢幼鳥存活率，假定其為成鳥的一半(Ricklefs 1973)； F 則為每對繁殖對(pairs)的繁殖生產力，亦即每隻雌鳥每年可產生的雌性子代數。 $F = 0.5 \times B \times [P_1 + P_2 \times Q\%]$ ，其中

B 為平均每窩繁殖成功鳥巢產生子代數；假定每窩雛鳥雄、雌性別比相等，

$0.5 \times B$ 表示為平均每窩繁殖成功鳥巢產生雌性子代數；

P_1 為第一波繁殖巢階段存活率；

P_2 為第二波繁殖巢階段存活率；

Q 為平均每對繁殖對在第二波繁殖期參與繁殖的巢數，其可能包括第一巢繁殖失敗的重新築巢(renest)，以及第一巢成功後的第二或第三巢。Q 為”第二波繁殖期的總繁殖巢數”除以”繁殖對數”，並假定環境中的”繁殖對數”等於”第一波繁殖巢數”(亦即所有個體參與第一波的繁殖)。

六、鱗翅目幼蟲採集及飼養

本計畫依循徐堉峰(2010)使用之抖落法進行樹冠層鱗翅目幼蟲的採集，調查時間自2月開始至8月底為止，每兩星期進行乙次調查，執行調查的日期盡量選擇靠近二十四節氣，以期能與物候變化關聯。依據樣區的植群資料，選定優勢度高的5種代表樹種，分別為成熟天然林的殼斗科—卡氏櫟(*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii*)及森氏櫟(*Cyclobalanopsis morii*)，演替過度帶的次生林—赤楊(*Alnus formosana*)，以及人工林的優勢造林樹種—臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)及柳杉，每種樹種各挑選6棵。每次調查均針對5種樹種，每種樹種選取其中3棵，而在兩星期後的隔次調查，再選取另外3棵，故每棵樹被抖落的頻率為每個月乙次。交替抖落的目的是為減少過於頻繁的抖落，使得樹冠上的昆蟲豐度尚未恢復，而影響後續的收集。

抖落的流程係針對被選取的每棵樹，挑選3根直徑約5–10公分的枝條，每根枝條以10公尺長竿加上鐵鉤，勾住樹枝後，連續用力搖晃，並操作二次，使樹枝上的昆蟲因突然的震動而假死，掉落下來，樹下則鋪設3×3公尺帆布承接。以酒精小管收集帆布上的鱗翅目幼蟲、蜘蛛及其他昆蟲。由於目前關於鱗翅目幼蟲與成蟲間連結的資訊相當有限，直接以幼蟲型態作為科級的鑑定可能有誤判的風險。為此，本計畫將所收集的鱗翅幼蟲攜回室內後，先以微量天平(精確至0.0001g)秤重，以計算樹冠上鱗翅目幼蟲生物量。而後，幼蟲以小盒飼養，以期在成功飼養羽化後，由成蟲來鑑定，並建立幼蟲與成蟲資訊間的連結，以減少科級別鑑定誤判的可能。

七、鱗翅目成蟲採集及定量

為估算天然林及闊葉林環境，蛾類成蟲豐度於時間軸上的變化，本計畫分別在設置鳥巢箱的天然林及人工林樣區，各設置一組燈誘陷阱，調查頻率為兩星期一次。調查日選擇在非下雨、非滿月的環境，並盡量靠近二十四節氣，以期能與物候變化關聯。燈誘陷阱在調查日的傍晚約17點啟用，於隔日早晨4點半至6點半間完成回收，燈源以12V電瓶供電。回收陷阱時，除掉入陷阱桶的蛾隻外，亦巡視並採集周遭2公尺範圍內因燈光吸引而停棲的所有蛾隻。樣本攜回室內後，以微量天平(精確至0.0001g)秤重，再以冷凍保存及鑑種。

第二章 研究結果

第一節 2015年鳥類繁殖概述及歷年比較

2015年利用巢箱繁殖的鳥類共計36巢青背山雀、23巢棕面鶯、2巢煤山雀、1巢黃山雀，以及1巢茶腹鵝。除了前述鳥類利用巢箱之外，計有3筆條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)利用巢箱築巢和繁殖的紀錄，其中1巢觀察到2隻剛出生的幼鼠；另外，也記錄3筆黃色熊蜂(*Bombus flavescens*)進到已被鳥類使用過的巢箱，鑽進舊巢材中築巢和繁殖。除了上述紀錄外，觀霧地區過往曾現出現在巢箱的動物有黑眉錦蛇(*Elaphe taeniura friesi*)、高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*)、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)、艾氏樹蛙(*Kurixalus eiffingeri*)、東方蜜蜂(*Apis cerana*)和黃跗虎頭蜂(*Vespa velutina*)等；各鳥種在各階段的繁殖影像及歷年紀錄使用巢箱之物種影像參見附錄一。

於2015年研究期間架設針孔錄影，除為研究資料收集外，亦將鳥巢繁殖的即時影像呈現於遊客中心服務臺(附錄二)，並設置簡易的解說看板，發揮鳥巢箱於解說教育之功能，2015年共撥出四場次(巢)青背山雀育雛即時影像，所撥出的四巢均成功離巢。

針對利用比例高的青背山雀及棕面鶯，比較歷年繁殖起始時間與繁殖參數：

一、青背山雀

2015年青背山雀繁植物候如圖2-1(g)，最早繁殖鳥巢之產卵日為3月15日，第一波繁殖期平均產卵日則為3月26日，綜觀歷年(2009-2015年)最早繁殖鳥巢之產卵日則介於3月15日至4月13日間(圖2-1)，青背山雀第一波繁殖期的平均產卵日與3月份的月均溫呈顯著負相關(ANOVA, $F_{1,4} = 27.04$, $P = 0.0065$, $r^2 = 0.87$ ，圖2-2a)，但與2月份月均溫(ANOVA, $F_{1,4} = 0.20$, $P = 0.68$, $r^2 = 0.05$)、2-3月降水量無關(ANOVA, $F_{1,4} = 0.01$, $P = 0.91$, $r^2 = 0.003$)。

2009-2015年青背山雀繁殖參數如表2-1所示，檢視天然林與人工林棲地之繁殖密度，天然林為 1.65 ± 0.25 對/公頃(mean \pm SE)，人工林為 1.48 ± 0.24 對/公頃(mean \pm SE)，兩者間未達顯著差異(ANOVA, $F_{1,11} = 0.25$, $P = 0.63$)。在窩卵數方面，2015年首次出現窩卵數達8枚卵的鳥巢(n=2)，為歷年最高窩卵數之紀錄，

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖監測暨生態資源調查

而窩卵數達7枚卵的鳥巢也有4窩。2015年第一波繁殖巢的窩卵數顯著高於第二波繁殖巢(ANOVA, $F_{1,33} = 14.47$, $P = 0.0006$), 而第一波的雛數亦顯著高於第二波(ANOVA, $F_{1,29} = 6.63$, $P = 0.015$)。然而, 這樣的趨勢未見於2009–2014年的資料(2009–2014年第一波窩卵數: 5.1 ± 0.13 SE, 第二波窩卵數: 5.21 ± 0.14 SE, ANOVA, $F_{1,72} = 0.33$, $P = 0.57$; 2009–2014年第一波雛數: 4.64 ± 0.21 SE, 第二波雛數: 4.53 ± 0.20 SE, ANOVA, $F_{1,57} = 0.14$, $P = 0.71$)。

在產卵季長度上, 扣除2009年較晚架設巢箱之資料後, 各年產卵季的長度並未與早春2月、3月份的月均溫、2–3月降雨關聯(ANOVA, all $P_s > 0.19$, $r^2 < 0.40$), 2010–2015年平均產卵季長度為 85.2 ± 15.0 (SD)天。

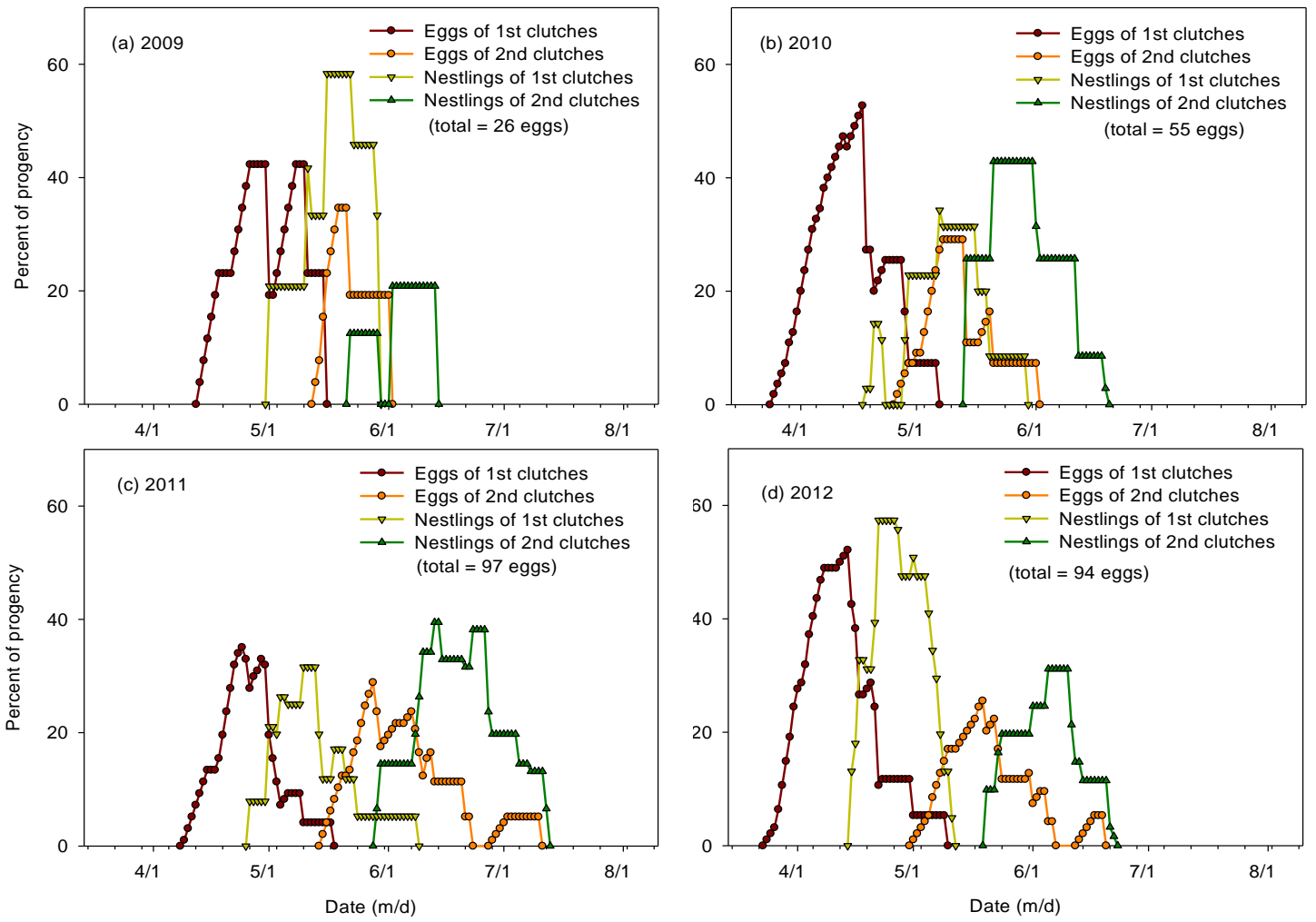


圖2-1、2009-2015年觀霧地區利用巢箱之青背山雀卵數及雛數分布。

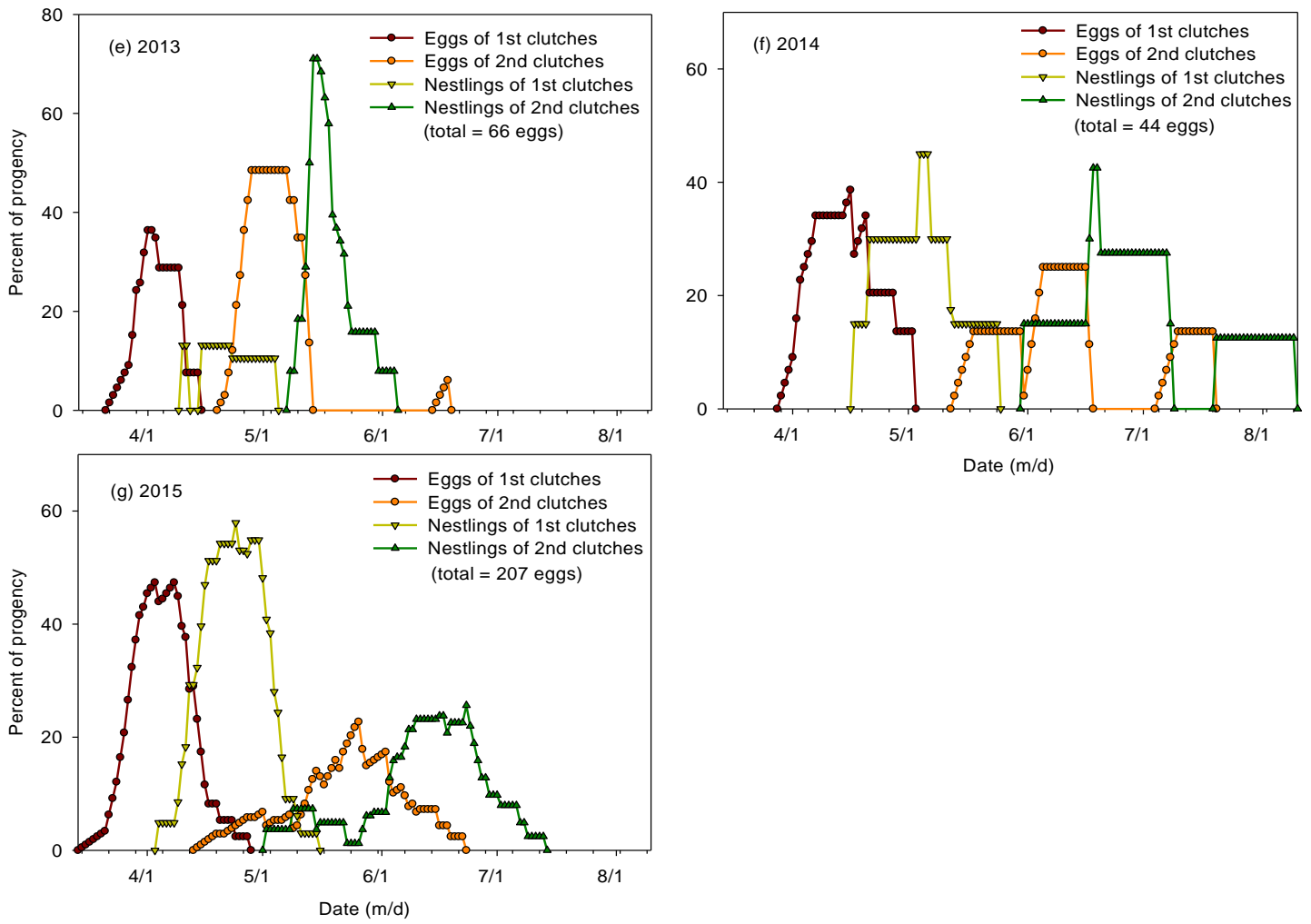


圖2-1(續)、2009-2015年觀霧地區利用巢箱之青背山雀卵數及雛數分布。

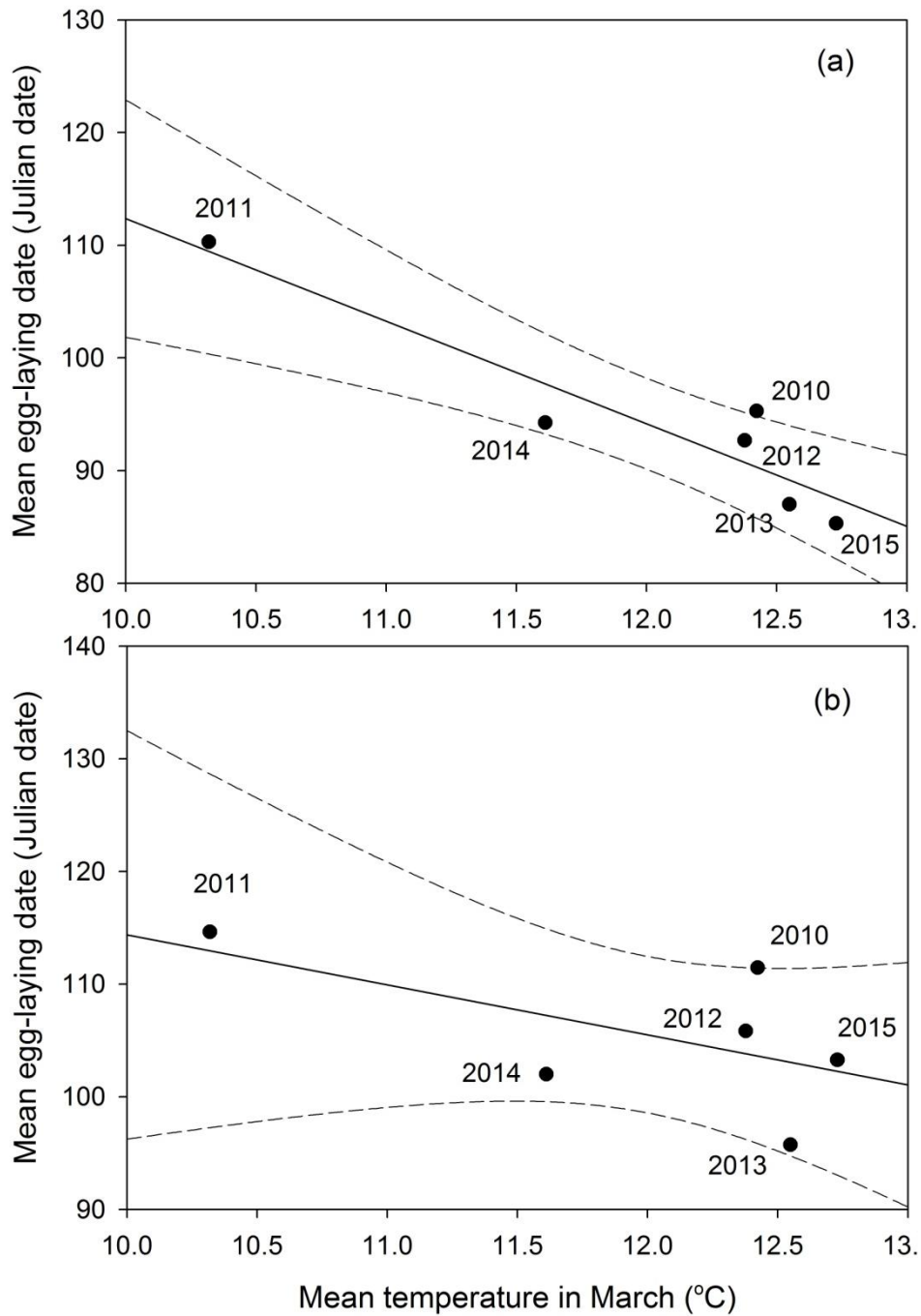


圖2-2、青背山雀(a)及棕面鶯(b)第一波繁殖巢產卵日與三月份月均溫之關聯。實線及虛線分別代表線性迴歸線(青背山雀斜率： -9.11 ± 1.75 ；棕面鶯斜率： -4.44 ± 3.01)及95%信賴區間。

表 2-1、2009—2015 年觀霧地區利用巢箱之青背山雀繁殖參數

Parameter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Number of nest	5	11	20	19	16	8	36
Forest breeding density (pair/ha)	-	1	2.5	2.3	1.7	0.4	2
Plantation breeding density (pair/ha)	1.7	2	1.3	1.7	1.7	0.8	1.3
1 st mean clutch size (\pm SD)	5.67 \pm 0.58	5 \pm 0.82	5.11 \pm 0.92	5.18 \pm 0.75	4.83 \pm 0.41	5.5 \pm 1	6.33 \pm 0.77
2 nd mean clutch size (\pm SD)	4.5 \pm 0.71	5.25 \pm 0.96	5.44 \pm 0.73	4.72 \pm 1.06	4.88 \pm 0.64	5.75 \pm 0.5	5.29 \pm 0.84
1 st mean brood size (\pm SD)	5.33 \pm 0.57	3.4 \pm 1.34	5 \pm 0.82	4.44 \pm 0.88	4.33 \pm 1.15	6 \pm 0	5.76 \pm 1.2
2 nd mean brood size (\pm SD)	4 \pm 1.41	4.5 \pm 1.29	5.13 \pm 0.83	3.93 \pm 1.26	4 \pm 0.82	5.5 \pm 0.58	4.64 \pm 1.22
Hatching success (% \pm SD)	0.92 \pm 0.12	0.79 \pm 0.25	0.95 \pm 0.08	0.83 \pm 0.20	0.90 \pm 0.12	0.98 \pm 0.06	0.91 \pm 0.14
Laying season (days)	37	58	85	86	89	104	89

二、棕面鶯

2015年棕面鶯繁植物候如圖2-3(g)，最早繁殖鳥巢之產卵日為4月4日，第一波繁殖季平均產卵日則為4月13日，綜觀歷年(2009–2015年)最早繁殖鳥巢之產卵日則介於3月27日至4月14日間(圖2-3)。棕面鶯第一波繁殖期的平均產卵日雖與3月份月均溫呈負相關，但未達統計顯著(ANOVA, $F_{1,4} = 2.17$, $P = 0.22$, $r^2 = 0.35$, 圖2-2b)，其與2月份月均溫、2-3月降水量亦無顯著相關(ANOVA, all $P_s > 0.40$, $r^2 < 0.20$)。

2009–2015年棕面鶯繁殖參數如表2-2所示，檢視天然林與人工林棲地之繁殖密度，整體而言，各年度天然林的繁殖密度均高於人工林，天然林為 2.05 ± 0.43 對/公頃(mean \pm SE)，人工林為 1.67 ± 0.40 對/公頃(mean \pm SE)，但兩者間未達顯著差異(ANOVA, $F_{1,11} = 0.41$, $P = 0.54$)。在窩卵數方面，2015年首次出現窩卵數僅有3枚卵的鳥巢($n=2$)，為歷年紀錄中的最低窩卵數。2015年第二波繁殖巢窩卵數略高於第一波繁殖巢，但無顯著差異(ANOVA, $F_{1,20} = 3.19$, $P = 0.089$)。兩波繁殖之雛數無顯著差異(ANOVA, $F_{1,17} = 0.26$, $P = 0.62$)。若將2009–2015年所有的繁殖巢一併考量，則第一波繁殖巢與第二波繁殖巢的窩卵數、雛數，均無顯著差異(窩卵數：ANOVA, $F_{1,129} = 1.91$, $P = 0.169$ ；雛數：ANOVA, $F_{1,100} = 3.3$, $P = 0.07$)。

在產卵季長度上，扣除2009年較晚架設巢箱之資料後，各年間棕面鶯產卵季的長度與早春2月、3月份月均溫、2-3月降雨無關(ANOVA, all $P_s > 0.30$, $r^2 < 0.20$)，2010–2014年平均產卵季長度為 88.8 ± 10.2 (SD)天。

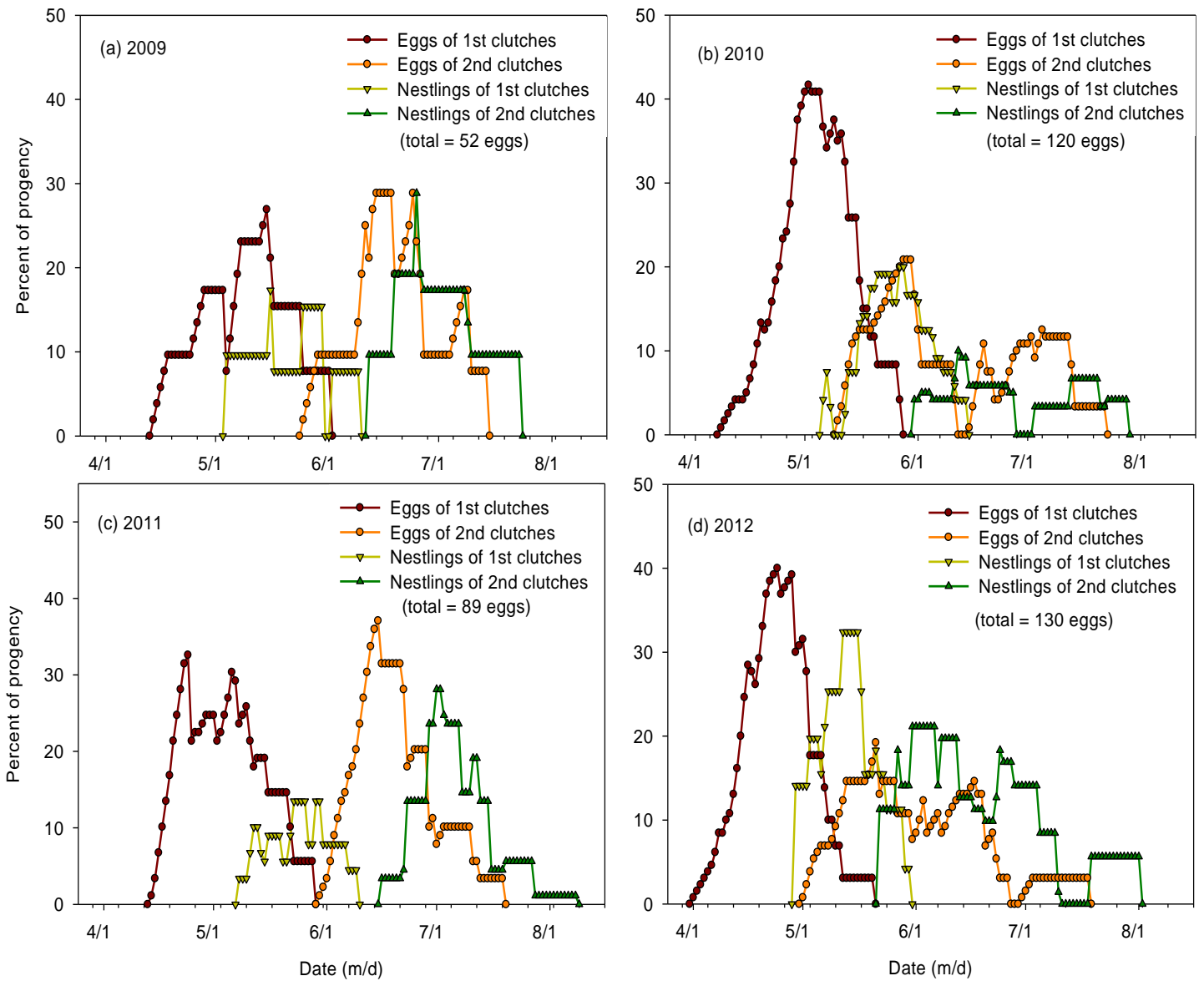


圖 2-3、2009-2015 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯卵數及雛數分布。

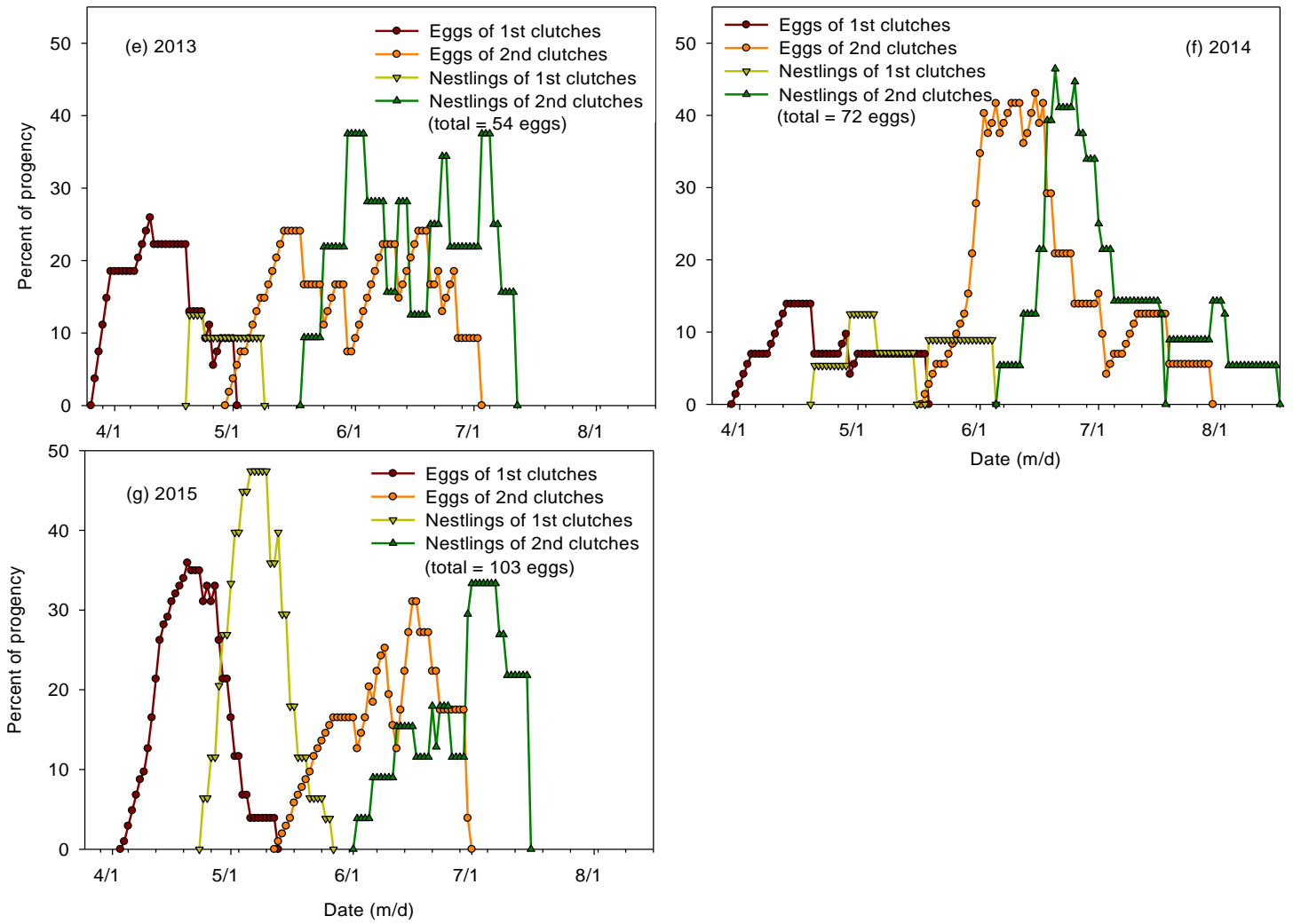


圖2-3(續)、2009-2015年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯卵數及雛數分布。

表 2-2、2009—2015 年觀霧地區利用巢箱之棕面鶯繁殖參數及日期

Parameter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Number of nest	12	27	20	34	12	15	23
Forest breeding density (pair/ha)	-	4	2	2.7	1	1.4	1.2
Plantation breeding density (pair/ha)	2	3.3	1.7	2.3	1	0.8	0.6
1 st mean clutch size (\pm SD)	4.25 \pm 0.50	4.58 \pm 0.51	4.6 \pm 0.52	4.47 \pm 0.52	4.75 \pm 0.5	5 \pm 0	4.3 \pm 0.82
2 nd mean clutch size (\pm SD)	4.71 \pm 0.49	4.62 \pm 0.51	4.67 \pm 0.5	4.42 \pm 0.51	4.38 \pm 0.52	4.83 \pm 0.58	4.92 \pm 0.79
1 st mean brood size (\pm SD)	4.33 \pm 0.58	3.2 \pm 1.14	3.43 \pm 0.79	3.56 \pm 0.73	4 \pm 0	4 \pm 1	4 \pm 1.05
2 nd mean brood size (\pm SD)	4.80 \pm 0.45	3.56 \pm 1.33	3.33 \pm 1.41	4.33 \pm 0.71	4 \pm 0.82	4.18 \pm 0.87	4.22 \pm 0.83
Hatching success (% \pm SD)	0.98 \pm 0.07	0.74 \pm 0.25	0.74 \pm 0.24	0.89 \pm 0.15	0.91 \pm 0.12	0.85 \pm 0.16	0.89 \pm 0.14
Laying season (days)	87	89	81	94	92	103	74

第二節 鳥巢繁殖成敗

一、青背山雀

從 2009 年至 2015 年共監測 115 巢青背山雀繁殖巢，扣除資料不足的巢後，共 114 巢，計 3,112 個觀察天(exposure days)用於 MARK 軟體分析鳥巢存活率。其中 72.8% 的鳥巢於繁殖期間有架設針孔錄影機錄影，以追蹤鳥巢的成敗、確認雛鳥離巢及捕食者捕食等時間點。

表 2-3 顯示，最佳模式涵蓋”年”、”繁殖嘗試”、”極端降雨”及”巡巢效應”等因子，模式參數估計值如表 2-4。”年”的因子納入模式中雖有助於模式的改善(ΔAIC_c 值上升，圖 2-4)，但其參數估計值涵蓋 0，代表參數估算具不準確性；最佳模式涵蓋”繁殖嘗試”的因子，代表鳥巢逐日存活率在第一波及第二波繁殖巢間有所不同，第二波繁殖鳥巢之存活率顯著高於第一波繁殖鳥巢(表 2-3，圖 2-5)；鳥巢逐日存活率也受降雨所影響，但並非與日降雨量呈線性或非線性函數的關係，只有在”極端降雨”的日子，存活率才會顯著降低(表 2-3，圖 2-5)；在模式篩選的過程，若單純考量”日均溫”效應，其為影響鳥巢逐日存活率的顯著因子(LR test, $\chi^2_{11} = 4.47$, $P = 0.035$)，但在已納入”繁殖嘗試”因子的模式中，”日均溫”不再是重要因子(LR test, $\chi^2_{11} = 0.48$, $P = 0.49$)。另外，模式支持加入”巡巢效應”，但不支持加入”錄影效應”，且”巡巢效應”的參數估計為負值($\beta = -1.41 \pm 0.39$ ，表 2-4)，表示巡巢的干擾對鳥巢逐日存活率為負面影響，但架設錄影器材則否。最後，模式不支持加入”日齡”或”棲地”的因子，在天然林鳥巢的逐日存活率為 0.986 ± 0.003 ，在人工林鳥巢則為 0.988 ± 0.003 ，兩者無顯著差異(LR test, $\chi^2_1 = 0.32$, $P = 0.57$)。

以最佳模式所得的邏輯斯(Logistic)迴歸函數計算完整繁殖一巢之階段存活率，各項共變數如：年、繁殖嘗試、極端降雨等以定值代入(以該共變數係數乘以共變數之平均值)，”巡巢效應”以 0 代入，表示模擬未有巡巢的干擾狀況。所預測青背山雀經歷 40 天的繁殖期之階段存活率為 0.82 ± 0.05 。

表 2-3、2009-2015 年青背山雀鳥巢逐日存活率之模式選擇結果

Model	K	AIC _c	ΔAIC _c	w _i
YEAR + ATTEMPT + HEAVYRAIN + VISIT	10	352.77	0.00	0.99
YEAR + ATTEMPT + HEAVYRAIN	9	364.36	11.59	0.00
YEAR + ATTEMPT + HEAVYRAIN + VIDEO	10	366.27	13.50	0.00
YRAR + HEAVYRAIN + TEMP	9	367.32	14.55	0.00
YEAR + ATTEMPT	8	368.27	15.51	0.00
YEAR + ATTEMPT + RAIN	9	368.84	16.07	0.00
YEAR + ATTEMPT + RAIN ²	10	368.98	16.21	0.00
YEAR + ATTEMPT + RAIN ² + RAIN ³	11	369.41	16.64	0.00
YEAR + ATTEMPT + TEMP	9	369.81	17.04	0.00
YEAR + TEMP	8	371.42	18.65	0.00
YEAR	7	373.87	21.11	0.00
YEAR + AGE	8	375.80	23.04	0.00
YEAR + AGE + AGE ²	9	377.75	24.99	0.00
YEAR + AGE + AGE ² + AGE ³	10	379.76	26.99	0.00
CONSTANT	1	382.64	29.87	0.00
HABITAT	2	384.32	31.55	0.00

註：模式排序依據 ΔAIC_c 值由最佳適合模式開始，由上往下排序，ΔAIC_c 為兩模式之間 AIC_c 值之差；AIC_c 為校正後 Akaike's Information Criterion；Deviance 為該模式(current model)和飽和模式(saturated model)之 -2 log-likelihood 的差；K 為參數的數目；w_i 為所有模式中每個模式的相對機率，其總和為 1。

表 2-4、2009-2015 年青背山雀鳥巢逐日存活率最佳模式之參數估計

Parameter	Estimate (SE)	95% CI limits
Intercept	5.024 (1.016)	3.033 to 7.015
YEAR _[2015] ^a	0.551 (1.085)	-1.575 to 2.677
YEAR _[2014] ^a	1.100 (1.429)	-1.701 to 3.901
YEAR _[2013] ^a	-1.408 (1.074)	-3.513 to 0.697
YEAR _[2012] ^a	-0.158 (1.079)	-2.274 to 1.957
YEAR _[2011] ^a	-0.697 (1.078)	-2.810 to 1.416
YEAR _[2010] ^a	-0.344 (1.131)	-2.561 to 1.873
ATTEMPT	0.899 (0.360)	0.194 to 1.604
HEAVYRAIN	-1.057 (0.411)	-1.862 to -0.253
VISIT	-1.406 (0.387)	-2.165 to -0.647

^a 年的因子以 2009 年作為基底(baseline)。

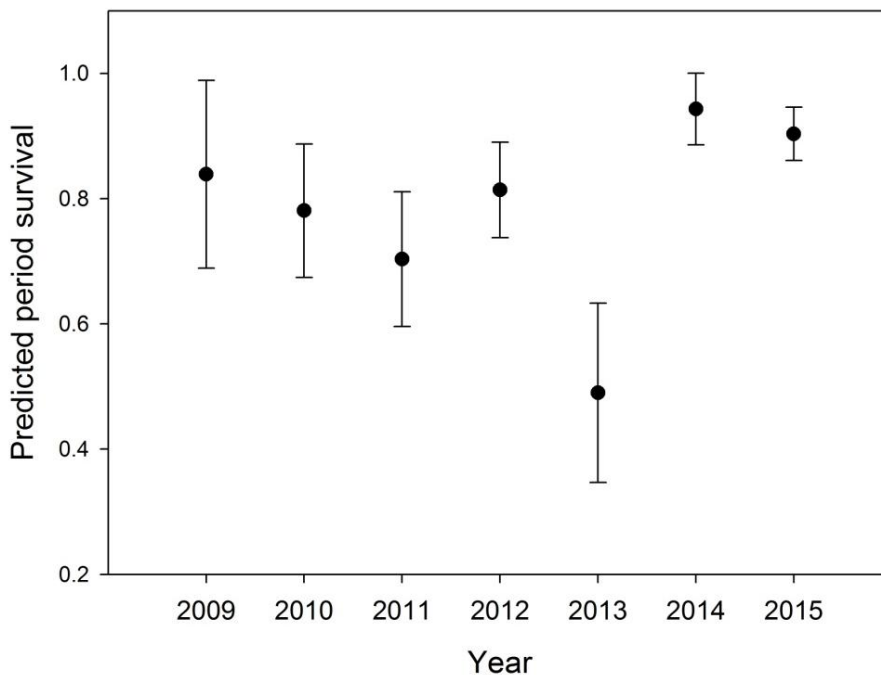


圖 2-4、2009–2015 年各年度青背山雀鳥巢之階段存活率(mean ± SE)。以最佳模式估算，”巡巢效應”以 0 代入，其餘共變數以定值代入(以該共變數係數乘以共變數之平均值)。

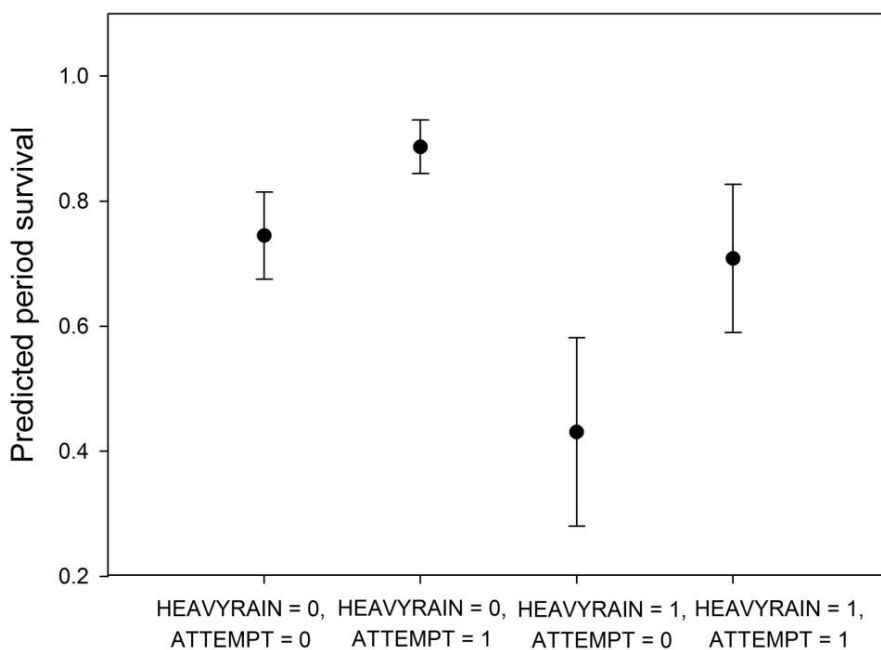


圖 2-5、2009–2015 年青背山雀鳥巢階段存活率(mean ± SE)與極端大雨、繁殖嘗試之關聯。HEAVYRAIN = 0/1 分別為不具或具極端大雨環境；ATTEMPT = 0/1 分別為第一波及第二波繁殖鳥巢。以最佳模式估算，”巡巢效應”以 0 代入，其餘共變數以定值代入(以該共變數係數乘以共變數之平均值)。

二、棕面鶯

從 2009 年至 2015 年共監測 143 巢棕面鶯繁殖巢，扣除資料不足的巢後，共 140 巢，計 3,442 個觀察天(exposure days)用於 MARK 軟體分析鳥巢存活率，其中 39.3%的巢在育雛期有架設針孔錄影機錄影，追蹤鳥巢的成敗、確認雛鳥離巢及捕食者捕食等時間點。

表 2-5 顯示，鳥巢逐日存活率的最佳模式涵蓋為”年”及”日齡三次方”的因子，但此二因子的參數估計值均涵蓋 0，表示模式具不穩定性(表 2-6，圖 2-6)。”極端降雨”對鳥巢逐日存活率具顯著的負影響($\beta = -0.82 \pm 0.39$ ，表 2-6)，而”日降雨量”的一次線性及二次、三次非線性關係則非重要因子。另外，”日均溫”、”繁殖嘗試”均非顯著的重要因子。最後，加入”巡巢效應”有助於模式的改善，但”錄影效應”則否，且”巡巢效應”的係數為負($\beta = -1.63 \pm 0.44$ ，表 2-6)，表示巡巢對於鳥巢存活率有負面影響。在天然林鳥巢的逐日存活率為 0.983 ± 0.003 ，在人工林鳥巢則為 0.985 ± 0.003 ，兩者無顯著差異(LR test, $\chi^2_1 = 0.14$, $P = 0.70$)，模式不支持加入”棲地”的因子。

以最佳模式估算棕面鶯完整繁殖一巢之階段存活率，考慮鳥巢逐日存活率在日齡上不同(nest age effect)，其餘共變數如：極端降雨、年等則以定值代入(以該共變數係數乘以共變數之平均值)，巡巢效應以 0 代入，表示模擬未有巡巢的干擾狀況。所預測棕面鶯經歷 38 天繁殖期之階段存活率為 0.77 ± 0.07 。

表 2-5、2009-2015 年棕面鷺鳥巢逐日存活率之模式選擇結果

Model	K	AIC _c	ΔAIC _c	w _i
YEAR + AGE + AGE ² + AGE ³ + HEAVYRAIN + VISIT	12	421.40	0.00	0.99
YEAR + AGE + AGE ² + AGE ³ + HEAVYRAIN	11	433.76	12.36	0.00
YEAR + AGE + AGE ² + AGE ³ + HEAVYRAIN + VIDEO	12	434.90	13.50	0.00
YEAR + AGE + AGE ² + AGE ³	10	434.99	13.60	0.00
YEAR + AGE + AGE ² + AGE ³ + HEAVYRAIN + TEMP	12	435.77	14.37	0.00
YEAR + AGE + AGE ²	9	436.60	15.21	0.00
YEAR + AGE + AGE ² + AGE ³ + TEMP	11	436.86	15.46	0.00
YEAR	7	443.61	22.21	0.00
YEAR + ATTEMPT	8	444.06	22.66	0.00
YEAR + AGE	8	445.34	23.94	0.00
CONSTANT	1	451.84	30.44	0.00
HABITAT	2	453.70	32.30	0.00

註：模式排序依據 ΔAIC_c 值由最佳適合模式開始，由上往下排序，ΔAIC_c 為兩模式之間 AIC_c 值之差；AIC_c 為校正後 Akaike's Information Criterion；Deviance 為該模式(current model)和飽和模式(saturated model)之 -2 log-likelihood 的差；K 為參數的數目；w_i 為所有模式中每個模式的相對機率，其總和為 1。

表 2-6、2009-2015 年棕面鶯鳥巢逐日存活率於最佳模式之參數估計

Parameter	Estimate (SE)	95% CI limits
Intercept	3.306 (0.804)	1.731 to 4.882
YEAR _[2015] ^a	1.167 (0.728)	-0.260 to 2.594
YEAR _[2014] ^a	1.758 (0.887)	0.020 to 3.496
YEAR _[2013] ^a	0.659 (0.729)	-0.769 to 2.087
YEAR _[2012] ^a	-0.272 (0.565)	-1.380 to 0.836
YEAR _[2011] ^a	0.648 (0.663)	-0.652 to 1.947
YEAR _[2010] ^a	-0.067 (0.585)	-1.213 to 1.079
AGE	0.282 (0.140)	0.008 to 0.555
AGE ²	-0.014 (0.009)	-0.031 to 0.004
AGE ³	0.0002 (0.0002)	-0.0001 to 0.0005
HEAVYRAIN	-0.822 (0.393)	-1.591 to -0.052
VISIT	-1.632 (0.443)	-2.500 to -0.765

^a 年的因子以 2009 年作為基底(baseline)。

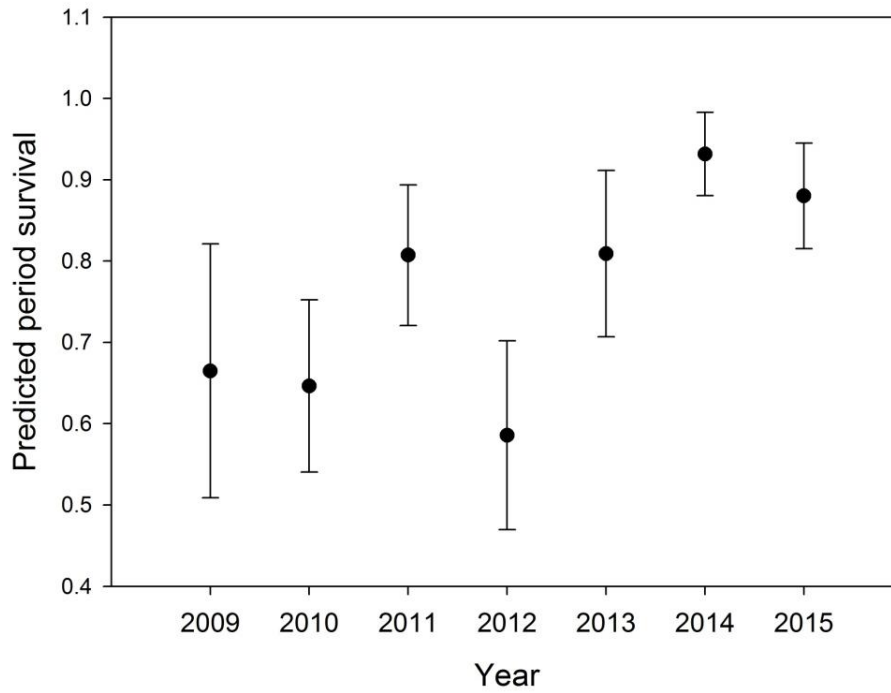


圖 2-6、2009-2015 年各年度棕面鶯鳥巢之階段存活率(mean ± SE)。以最佳模式估算，”巡巢效應”以 0 代入，其餘共變數以定值代入(以該共變數係數乘以共變數之平均值)。

第三節 青背山雀成鳥存活率與族群模擬

於 2009–2015 年間共繫放 89 隻利用巢箱繁殖的青背山雀成鳥(39 隻雄鳥、50 隻雌鳥)，以 MARK 軟體估算成鳥存活率，結果顯示如表 2-7，存活率不具年間差異 $\Phi(\cdot)$ 、觀察率不具年間差異 $p(\cdot)$ ，且雄、雌鳥無差異的模式最被支持。所估算出的成鳥存活率為 0.43 ± 0.06 (SE)。

表 2-7、2009–2015 年青背山雀成鳥存活率之模式選擇結果

Model	Num. Par	AICc	Delta AICc	AICc Weights
$\Phi(\cdot) p(\cdot)$	2	112.725	0.000	0.476
$\Phi(\cdot) p(g)$	3	113.992	1.267	0.253
$\Phi(g) p(\cdot)$	3	114.859	2.134	0.164
$\Phi(g) p(g)$	4	116.071	3.345	0.089
$\Phi(t) p(\cdot)$	7	120.584	7.859	0.009
$\Phi(t) p(g)$	8	122.149	9.424	0.004
$\Phi(\cdot) p(t)$	7	122.452	9.727	0.004
$\Phi(g) p(t)$	8	124.946	12.221	0.001
$\Phi(t) p(t)$	11	128.577	15.852	0.000
$\Phi(g^*t) p(\cdot)$	12	130.003	17.278	0.000
$\Phi(g^*t) p(g)$	13	131.962	19.236	0.000
$\Phi(\cdot) p(g^*t)$	12	135.589	22.864	0.000
$\Phi(g) p(g^*t)$	13	138.415	25.689	0.000
$\Phi(g^*t) p(t)$	16	139.674	26.949	0.000
$\Phi(t) p(g^*t)$	16	142.377	29.651	0.000
$\Phi(g^*t) p(g^*t)$	20	153.112	40.387	0.000

模式排序依據 ΔAIC_c 值由最佳適合模式開始，由上往下排序， ΔAIC_c 為兩模式之間 AIC_c 值之差； AIC_c 為校正後 Akaike's Information Criterion；Deviance 為該模式(current model)和飽和模式(saturated model)之 $-2 \log$ -likelihood 的差；K 為參數的數目； w_i 為所有模式中每個模式的相對機率，其總和為 1。

在族群成長率之估算上，以成鳥存活率 = 0.43 代入，離巢幼鳥存活率為成鳥的一半，以 0.215 代入。由上述公式求得 2010–2015 年度青背山雀之族群參數如表 2-8。為檢視所估算的族群成長率有無與隔年繁殖密度關聯，令”隔年之模擬密度”(D_{predict_n+1})為”該年實際密度”乘以該年族群成長率 λ。所模擬 2011–2015 年的族群密度與實際密度兩者間具顯著相關(adjusted RSqure = 0.39, p = 0.259)。

表 2-8、2010–2015 年青背山雀族群參數之估計

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ratio of 2 nd /1 st nests (Q)	0.57	1.00	0.58	0.88	1.00	0.89
Period Survival of 1 st nest (P ₁) ^a	0.65	0.54	0.68	0.23	0.90	0.84
Period Survival of 2 nd nest (P ₂) ^a	0.84	0.77	0.85	0.55	0.96	0.93
Brood size (B)	4.14	4.92	3.73	3.33	5.71	5.21
Faculty (F)	4.69	6.45	4.37	2.37	10.63	8.71
Population growth (λ)	0.93	1.12	0.90	0.68	1.57	1.36
Breeding density (D) ^b	1.75	1.80	2.00	1.67	0.56	1.54
Predicted breeding density next year (D _{predict})	1.63	2.01	1.79	1.14	0.87	2.09

^a 以 MARK 估算鳥巢階段存活率，參數考量 YEAR、ATTEMPT 及 VISIT(=0)；

^b 係將天然林與人工林樣區之繁殖巢合併計之。

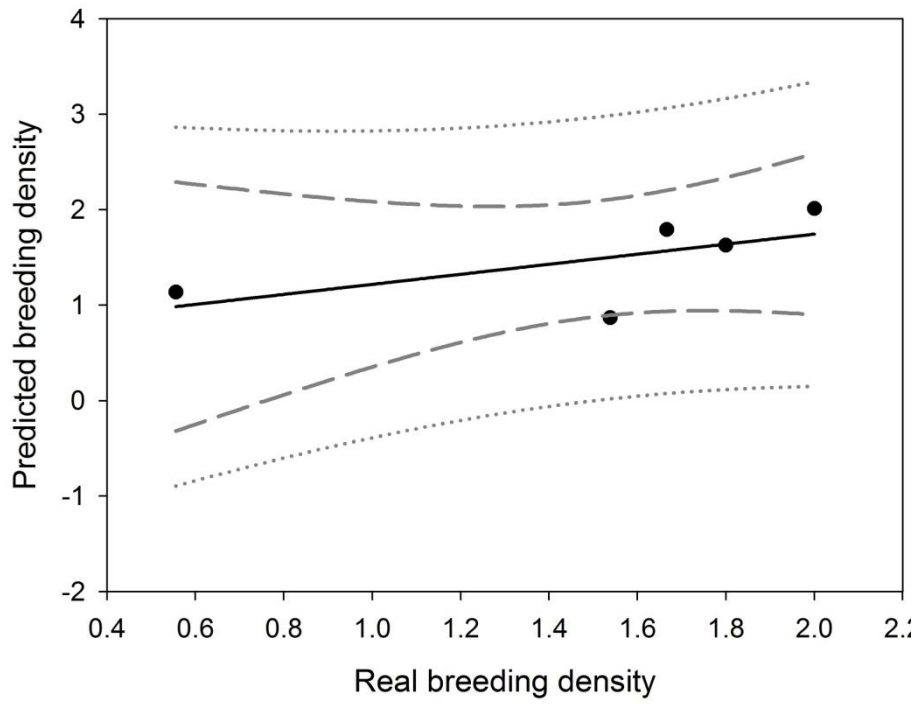


圖 2-7、2011-2015 年觀霧地區青背山雀實際繁殖密度與模擬繁殖密度之關係。(迴歸線 $y = 0.69 + 0.53x$)

第四節 樹冠層鱗翅目幼蟲組成及生物量

於 2015 年 2-8 月共執行 14 次樹冠層抖落調查，共計抖落 1,318 隻鱗翅目幼蟲，112 隻膜翅目葉蜂幼蟲。各樹種抖落資料詳述如下：

一、卡氏槲

由卡氏槲上共計抖落 383 隻鱗翅目幼蟲，16 隻葉蜂幼蟲；已鑑定至科級的樣本為 328 隻(82.2%)，其中，尺蠖占 53.7%為主要的組成，其次，按比例依序為苔蛾(8.5%)、捲葉蛾(7.0%)、裳蛾(6.4%)、瘤蛾(5.2%)等(圖 2-8)。抖落每棵樹(三根枝條)所採樣的毛蟲平均為 9.1 ± 7.5 (SD) 隻， 0.13 ± 0.12 (SD) g；以各次抖落的鱗翅目幼蟲生物量為應變數，以抖落日期的”太陽日”(Jalian date, January 1 = 1) 之一次及二次函數為自變數進行線性迴歸，結果如圖 2-10(a)，迴歸方程式 $y = -0.138 + 0.0036x - 0.0000101x^2$ ，亦即卡氏槲上的鱗翅目幼蟲生物量隨著時間軸顯著增加($F = 7.17, p = 0.002, \text{adjusted RSquare} = 0.23$)，在 $x = 178$ (即 6 月 27 日)時，為鱗翅目幼蟲生物量(y)的最大值，而後開始下降。

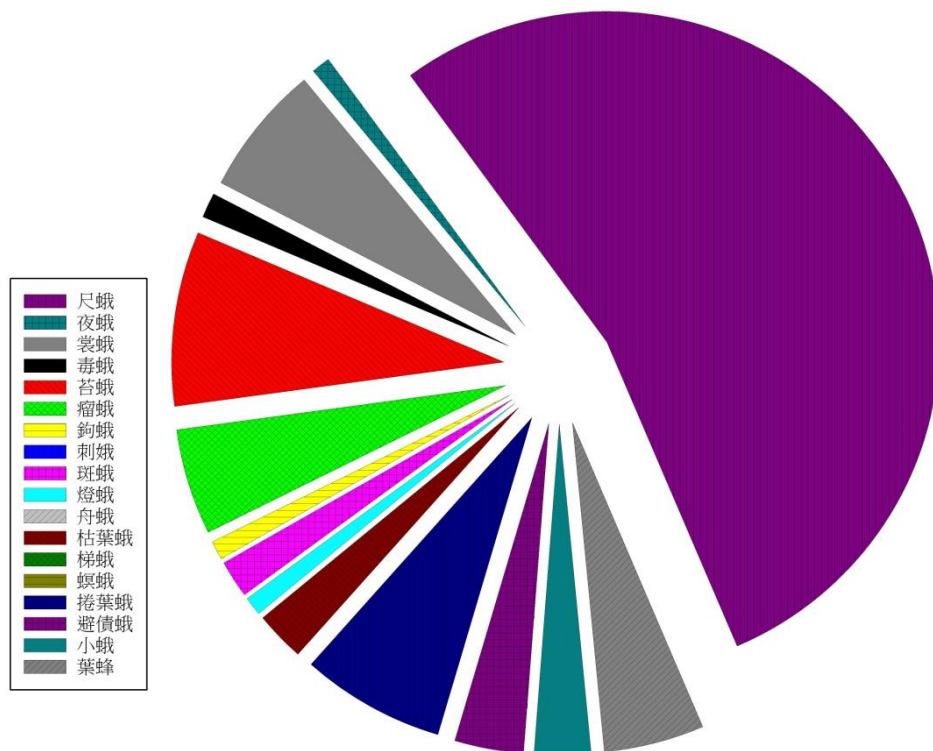


圖2-8、2015年觀霧地區以抖落法採集卡氏槲之鱗翅目幼蟲及膜翅目葉蜂之比例和組成。

二、森氏櫟

由森氏櫟上共計抖落 283 隻鱗翅目幼蟲，4 隻葉蜂幼蟲；已鑑定至科級的樣本為 225 隻(78.4%)，其中，尺蠖占 26.8%為主要的組成，其次，按比例依序為苔蛾(14.6%)、裳蛾(3.7%)、斑蛾(3.4%)、避債蛾(3.0%)及毒蛾(2.7%)、瘤蛾(2.7%)、捲葉蛾(2.7%)等(圖2-9)。抖落每棵樹(三根枝條)所採樣的毛蟲平均為 6.7 ± 3.4 (SD) 隻， 0.11 ± 0.14 (SD) g；以各次抖落的鱗翅目幼蟲生物量為應變數，以抖落日期的”太陽日”之一次及二次函數為自變數進行線性迴歸，結果如圖 2-10(b)，迴歸方程式 $y = -0.121 + 0.004x - 0.0000136x^2$ ，亦即森氏櫟上的鱗翅目幼蟲生物量隨著時間軸些微增加，但趨勢並不顯著($F = 2.21, p = 0.123, \text{adjusted RSquare} = 0.06$)，在 $x = 143.7$ (即 5 月 24 日)時，為鱗翅目幼蟲生物量(y)的最大值。

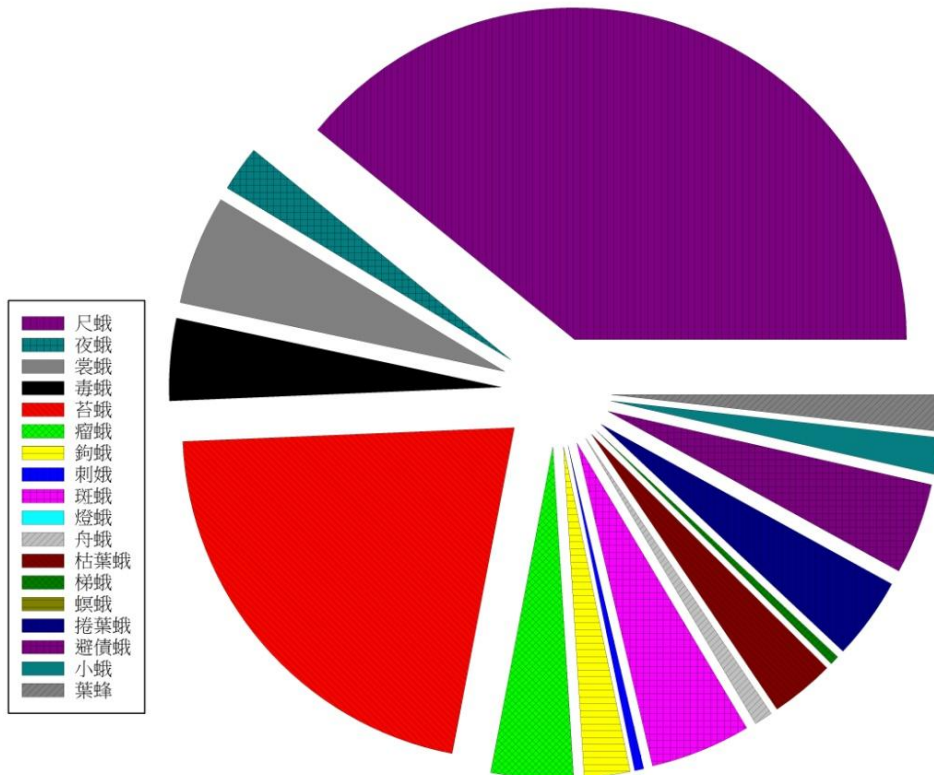


圖2-9、2015年觀霧地區以抖落法採集森氏櫟之鱗翅目幼蟲及膜翅目葉蜂之比例和組成。

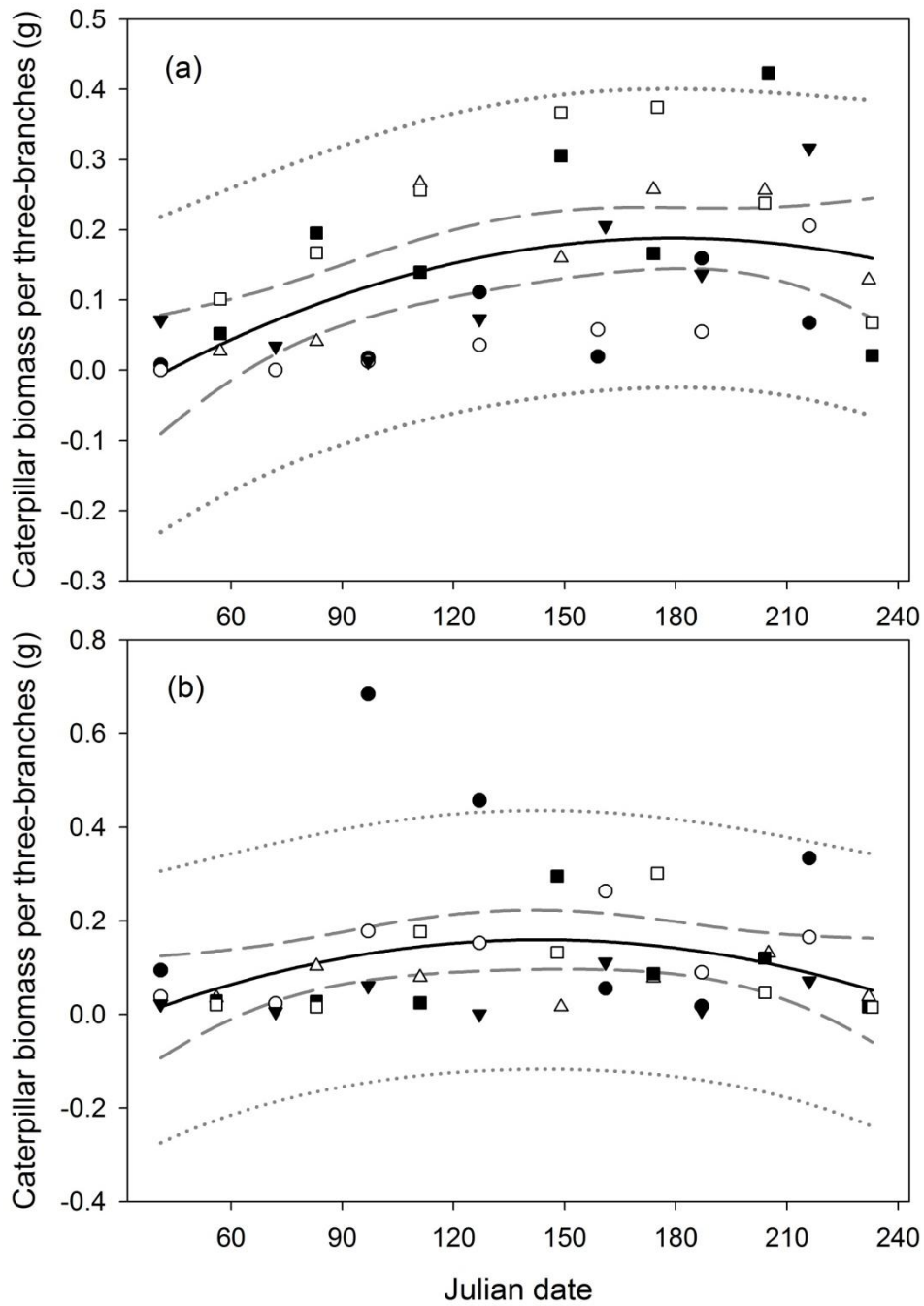


圖 2-10、2015 年觀霧地區以抖落法採集卡氏楮(a)及森氏櫟(b)之鱗翅目幼蟲生物量之時間軸變化。相同符號代表同一棵樹；實線為以”太陽日”二次函數迴歸所得之曲線，長虛線為 95%信賴區間，點線為 95%預測區間。

二、赤楊

由赤楊上共計抖落 171 隻鱗翅目幼蟲，88 隻葉蜂幼蟲；已鑑定至科級的樣本為 201 隻(77.6%)，其中，葉蜂占 26.8%為主要的組成，其次，按比例依序為尺蠖(14.9%)、夜蛾(10.7%)、捲葉蛾(2.7%)及毒蛾(1.8%)(圖 2-11)。抖落每棵樹(三根枝條)所採樣的毛蟲平均為 4.1 ± 3.7 (SD) 隻， 0.13 ± 0.19 (SD) g；由於赤楊上的葉蜂幼蟲占相當比例，其亦是鳥類的食物來源，故分別檢視鱗翅目幼蟲及膜翅目葉蜂生物量於時間軸之分布。兩者在時間軸上的變化均呈現急遽上升，而後快速下降的鐘形曲線，故以各次抖落的鱗翅目幼蟲生物量為應變數，以抖落日期的”太陽日”為自變數，以 Gaussian 方程式進行非線性迴歸。鱗翅目幼蟲之迴歸方程式 $y = 0.037 + 0.476 * \exp(-0.5*((x - 133.453) / 17.880)^2)$ ($F = 16.79, p < 0.0001$, adjusted RSquare = 0.57)，在 $x = 133.5$ (即 5 月 14 日) 時，為鱗翅目幼蟲生物量(y)的最大值(圖 2-12a)；膜翅目葉蜂之迴歸方程式 $y = 0.488 * \exp(-0.5*((x - 115.443) / 8.007)^2)$ ($F = 50.93, p < 0.0001$, adjusted RSquare = 0.72)，在 $x = 115.4$ (即 4 月 25 日) 時，為膜翅目葉蜂生物量(y)的最大值(圖 2-12b)。

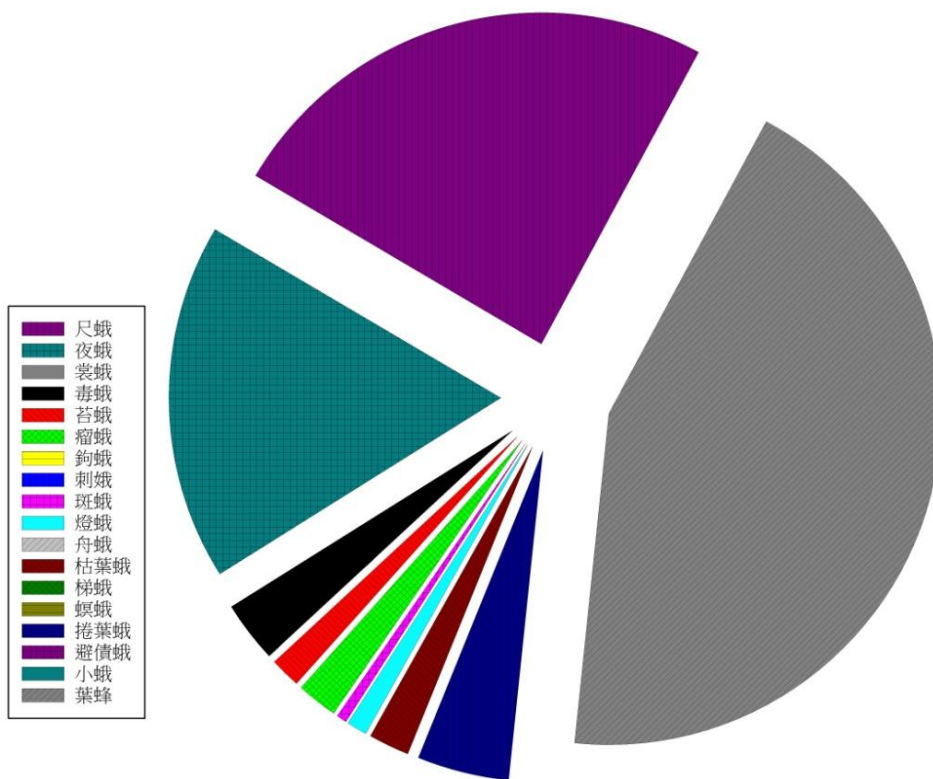


圖2-11、2015年觀霧地區以抖落法採集赤楊之鱗翅目幼蟲及膜翅目葉蜂之比例和組成。

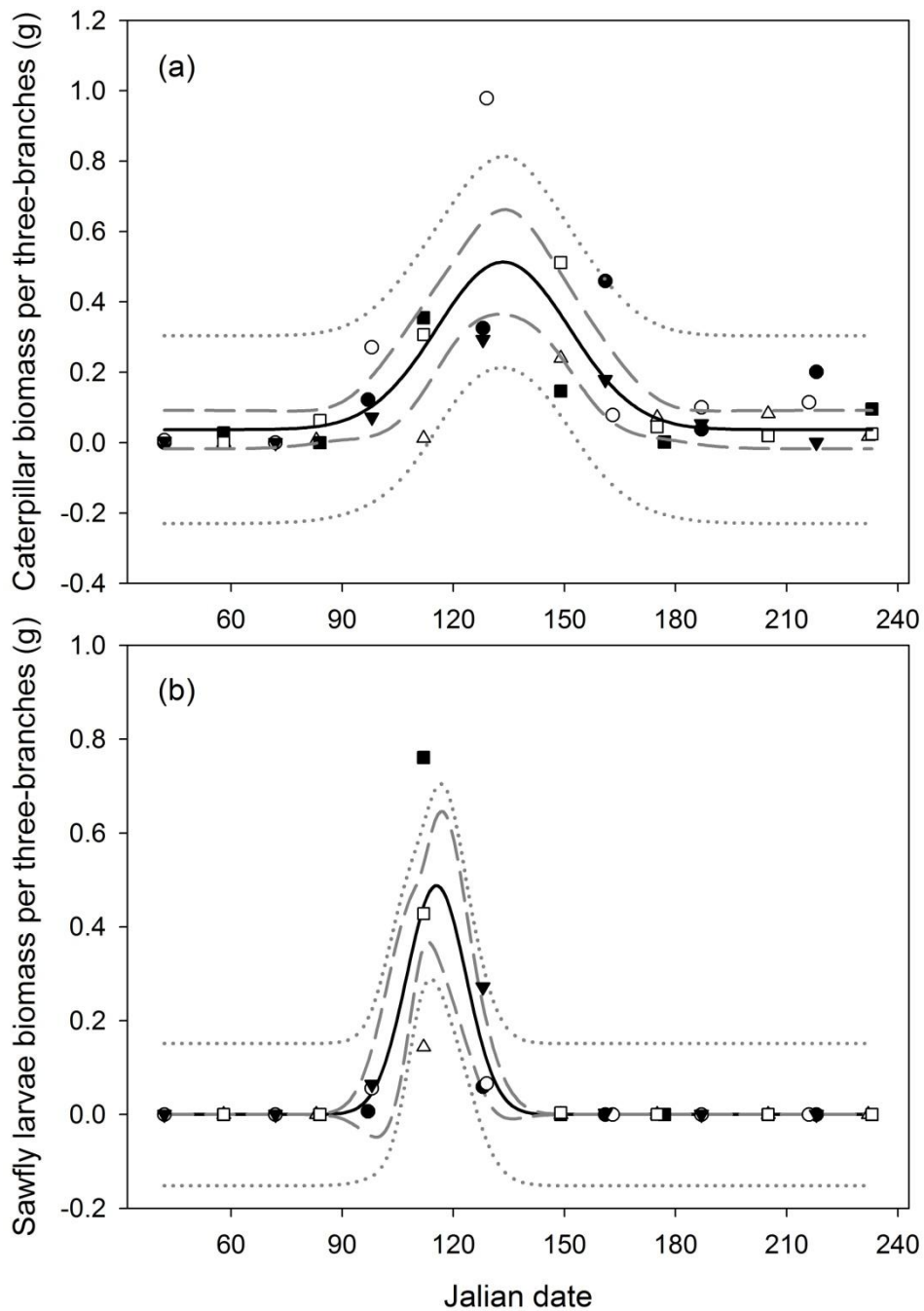


圖 2-12、2015 年觀霧地區以抖落法採集赤楊之鱗翅目幼蟲(a)及膜翅目葉蜂(b)生物量之時間軸變化。相同符號代表同一棵樹；實線為以 Gaussian 方程式非線性迴歸所得之曲線，長虛線為 95%信賴區間，點線為 95%預測區間。

四、臺灣杉

由臺灣杉上共計抖落 226 隻鱗翅目幼蟲，2 隻葉蜂幼蟲；已鑑定至科級的樣本為 207 隻(90.8%)，其中，尺蠖(23.5%)及苔蛾(23.2%)為主要的組成，其次，按比例依序為小蛾(10.4%)、捲葉蛾(1.8%)及夜蛾(1.5%)等(圖 2-13)。抖落每棵樹(三根枝條)所採樣的毛蟲平均為 5.4 ± 3.0 (SD) 隻， 0.10 ± 0.10 (SD) g；以各次抖落的鱗翅目幼蟲生物量為應變數，以抖落日期的”太陽日”之一次及二次函數為自變數進行線性迴歸，結果如圖 2-15(a)，迴歸方程式 $y = 0.136 - 0.002x + 0.0000115x^2$ ，亦即臺灣杉上的鱗翅目幼蟲生物量隨著時間軸顯著增加($F = 17.05, p < 0.0001$ ，adjusted RSquare = 0.44)，在 $x = 95.9$ (即 4 月 6 日)時，為方程式拋物線的反曲點，亦即為鱗翅目幼蟲生物量(y)的最小值。

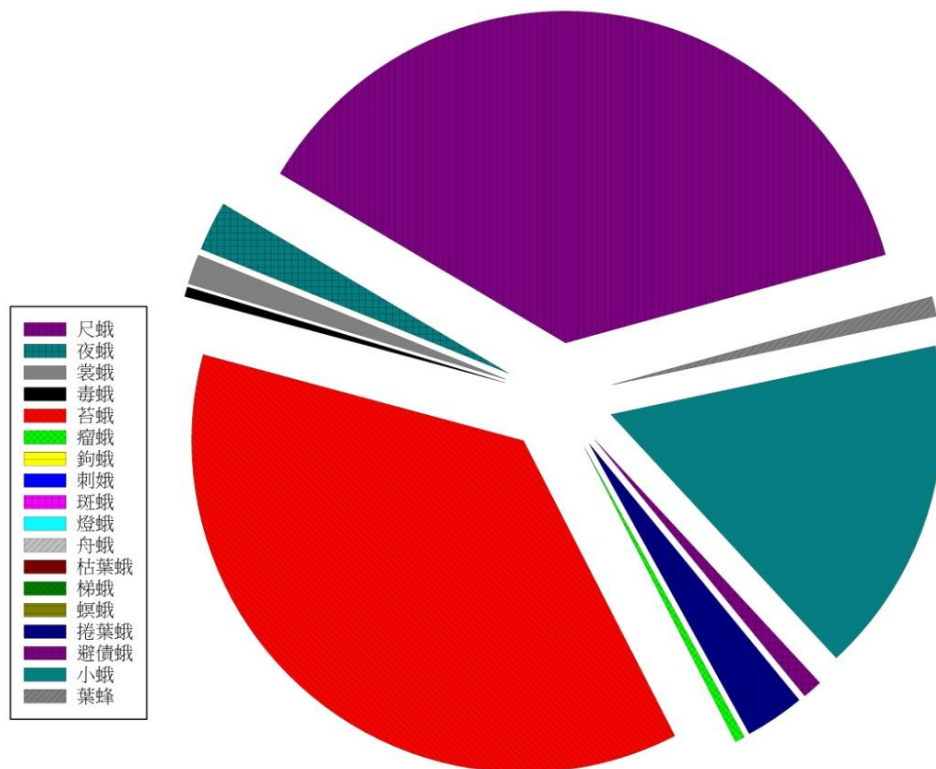


圖 2-13、2015 年觀霧地區以抖落法採集臺灣杉之鱗翅目幼蟲及膜翅目葉蜂之比例和組成。

五、柳杉

由柳杉上共計抖落 255 隻鱗翅目幼蟲，2 隻葉蜂幼蟲；已鑑定至科級的樣本為 220 隻(85.6%)，其中，尺蠖(30.5%)及苔蛾(27.1%)為主要的組成，其次，按比例依序為小蛾(4.6%)及裳蛾(1.5%)等(圖 2-14)。所採樣的紀錄中，5 月 28 日抖落一隻天蛾科終齡幼蟲，幼蟲重 2.37g，推測可能取食柳杉旁的藤蔓，意外被抖落，且其體重為體重分布資料的異常值(Outlier)。扣除該筆資料後，每棵樹(三根枝條)所採樣的毛蟲平均為 6.1 ± 3.8 (SD) 隻， 0.10 ± 0.10 (SD) g；以各次抖落的鱗翅目幼蟲生物量為應變數，以抖落日期的”太陽日”之一次及二次函數為自變數進行線性迴歸，結果如圖 2-15(b)，迴歸方程式 $y = 0.126 - 0.001x + 0.000068x^2$ ，亦即柳杉上的鱗翅目幼蟲生物量隨著時間軸顯著增加($F = 3.35, p = 0.05$ ，adjusted RSquare = 0.15)，在 $x = 95.6$ (即 4 月 6 日)時，為方程式拋物線的反曲點，亦即為鱗翅目幼蟲生物量(y)的最小值。

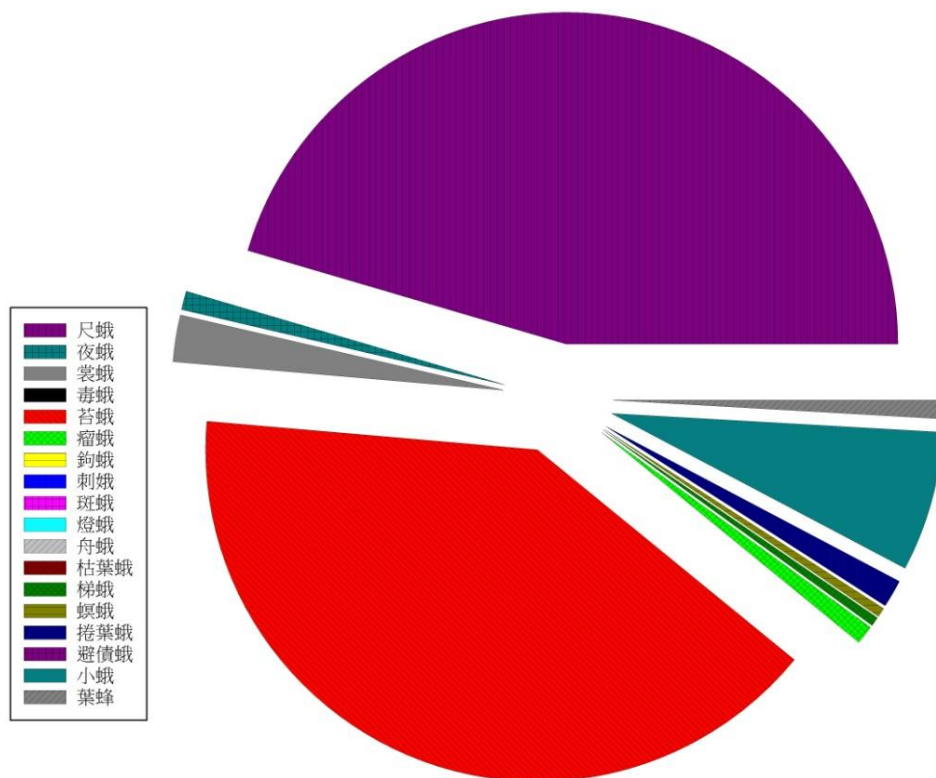


圖 2-14、2015 年觀霧地區以抖落法採集柳杉之鱗翅目幼蟲及膜翅目葉蜂之比例和組成。

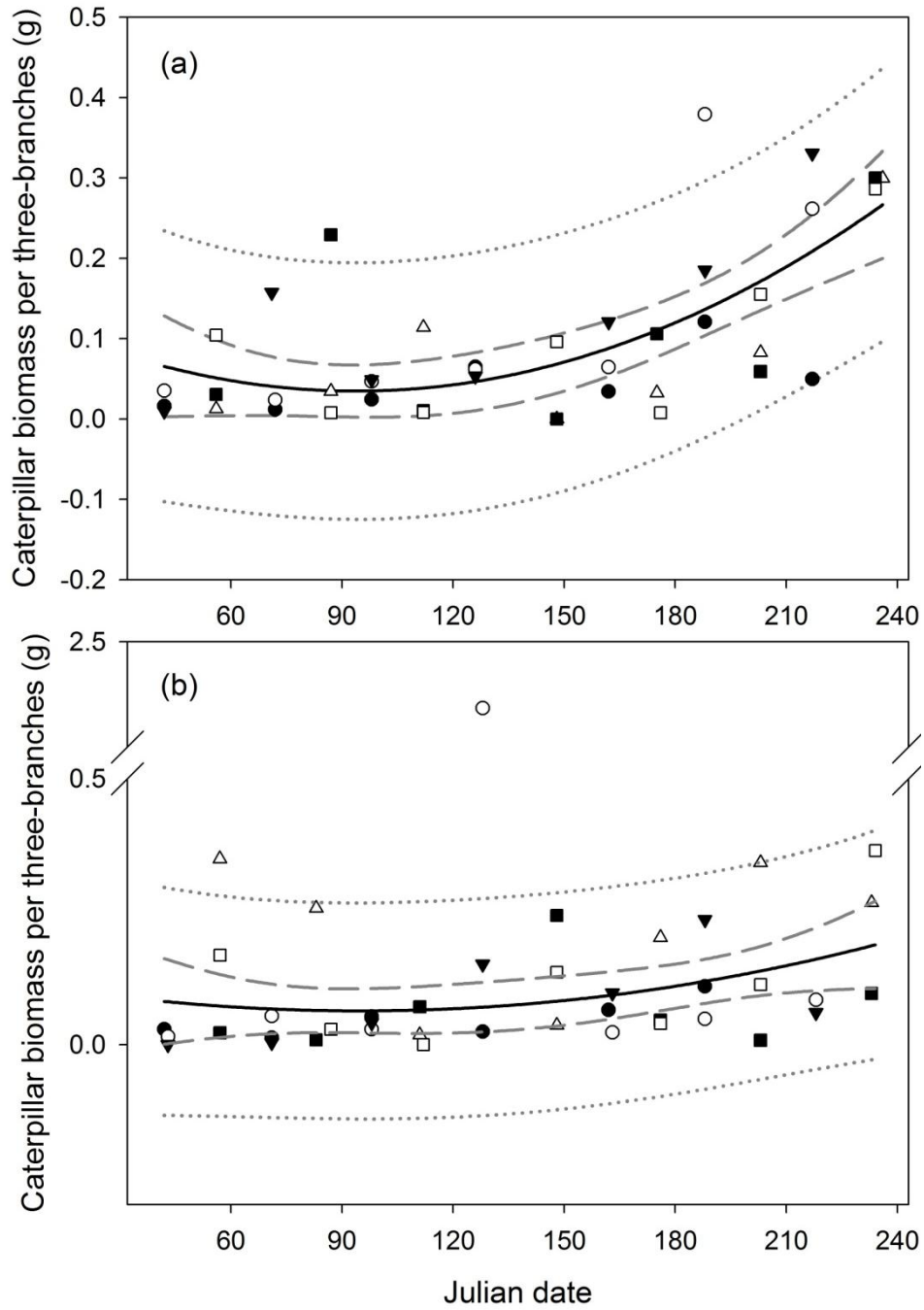


圖 2-15、2015 年觀霧地區以抖落法採集臺灣杉(a)及柳杉(b)之鱗翅目幼蟲生物量之時間軸變化。相同符號代表同一棵樹；實線為以”太陽日”二次函數迴歸所得之曲線，長虛線為 95%信賴區間，點線為 95%預測區間。

六、飼養結果

抖落採集的 1,318 隻鱗翅目幼蟲於室內飼養至 12 月 31 日止，計 93 隻個體 (7.1%) 確認是被寄生蜂寄生而死亡，14 隻個體 (1.1%) 確認是被寄生蠅寄生而死亡，而有 285 隻 (21.6%) 個體順利化蛹；在化蛹個體中，217 隻 (76.1%) 個體順利羽化，共計 64 種成蟲個體 (附錄二)；各月份化蛹及羽化的個體數如圖 2-16，化蛹個體數在 8 月下旬達到最高峰，而後快速下降，而羽化個體數則是在 9 月下旬達最高峰。

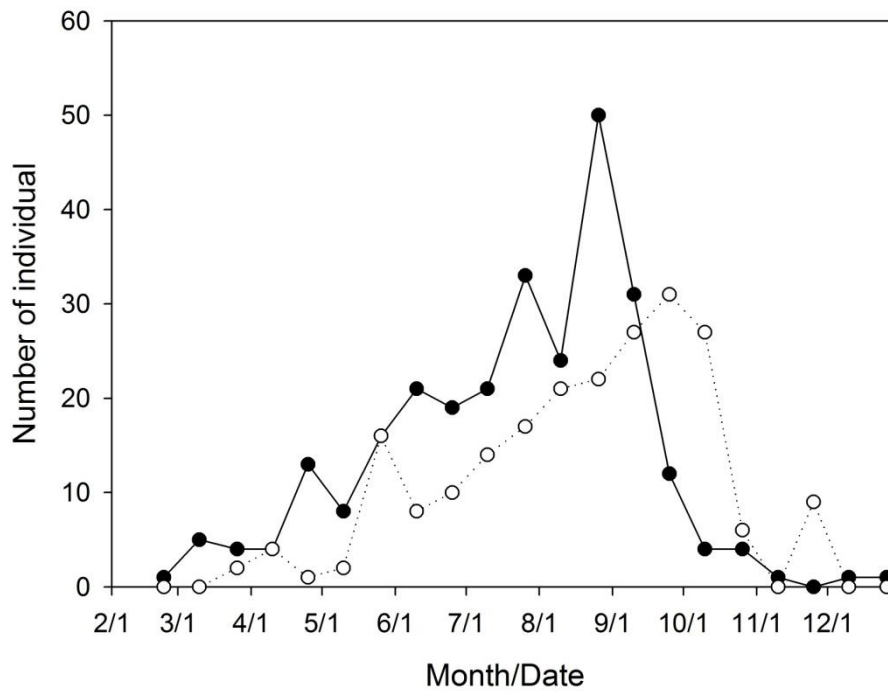


圖 2-16、2015 年觀霧地區飼養鱗翅目幼蟲之化蛹(實心圓)及羽化(空心圓)個體數於時間軸分布。

第五節 鱗翅目成蟲生物量

2015年2月起至12月底止共執行27次燈誘陷阱調查，採樣10,169隻蛾類成蟲，由採樣所獲得的成蟲秤重定量，成蟲生物量於季節上的變化如圖2-17。在各次調查中，天然林陷阱採集到的蛾隻數、生物量及種類均高於人工林陷阱，在春夏季期間，人工林陷阱所獲的蛾隻組成上，相對有略多的苔蛾(裳蛾科燈蛾亞科苔蛾族)與小鱗翅群(Microlepidoptera)。在時間軸的分布上，蛾類生物量在4月初清明過後開始增加，直到7月初左右，為春夏季的蛾種，在立秋至立冬期間，則為另一個高峰，此段期間包括秋季的蛾種及一年二代的蛾種，立秋過後至隔年春季，則為冬蛾。另外，春夏季蛾類的生物量高峰與利用巢箱繁殖的山雀科鳥類及棕面鶯之育雛期(4月4日至7月15日)重疊(圖2-17)；而立冬後至隔年春季期間的蛾類生物量，則似與日均溫有所關聯，此部分尚待後續完成全年調查後，再做進一步分析。

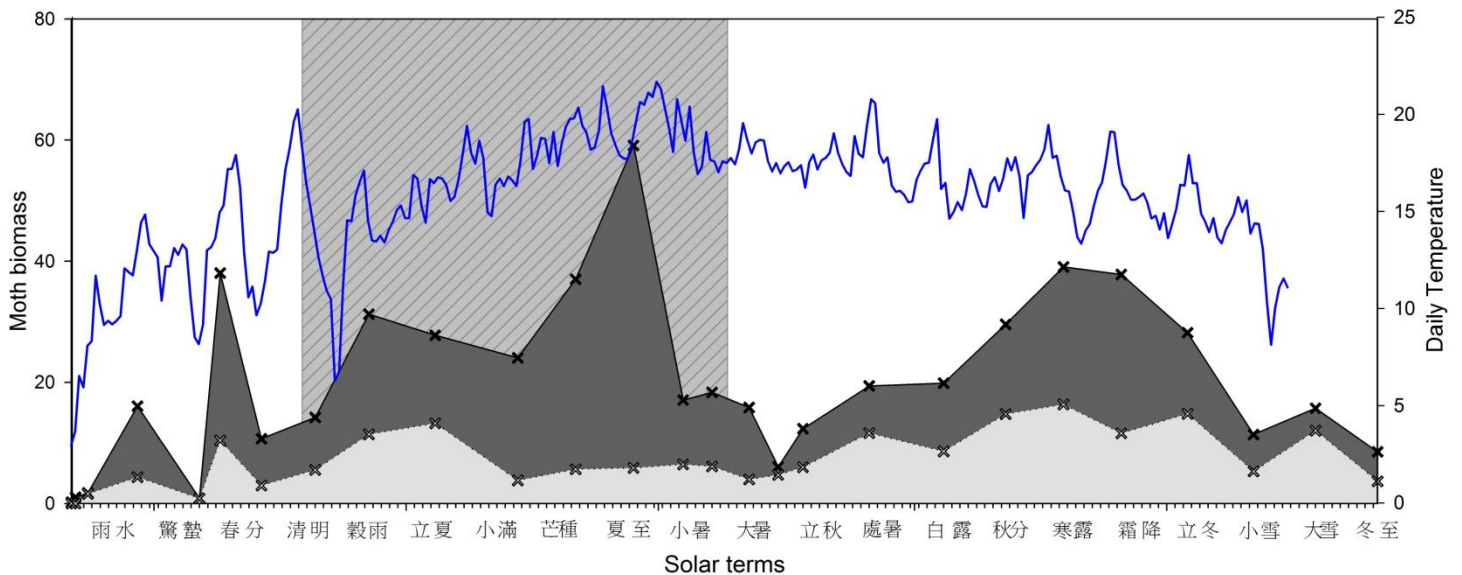


圖 2-17、2015 年觀霧地區天然林(深灰色填滿區塊)與人工林(淺灰色填滿區塊)之鱗翅目趨光成蟲生物量與日均溫(實線)於時間軸之分布。淺灰色斜線區塊表示本年度利用巢箱繁殖鳥類的育雛期(4 April–15 July)。

第三章 討論

第一節 鳥類繁殖的起始

研究結果顯示，青背山雀的繁殖物候與三月份的月均溫相關，與春季降雨無關；繁殖物候與早春溫度的關係常見於高緯度的溫帶物種(Dunn 2004, Dunn and Winkler 2010, Schaper et al. 2011)，其生存環境的溫度季節性變化明顯。然而，青背山雀產卵日與溫度關係之斜率(-9.11 ± 1.75)比多數已發表的溫帶物種更為傾斜(Table 1 in Dunn 2004, Table 10.1 in Dunn and Winkler 2010)，推測在低緯度的地區，光週期及溫度變化相對不劇烈，鳥類對於環境的光及非光(溫度、食物資源)等資訊會更加敏感，因而環境的些微變化就會造成產卵時間的位移(Hau et al. 1998, 2008)。

鳥類在繁殖時間上的可塑性(plasticity)通常有兩個解釋，其一為產卵前環境狀況的限制，早春低溫可能直接影響雌鳥自身維持所需的能量(Stevenson and Bryant 2000)，以及產卵所需的營養累積；另一個解釋則為鳥類對年間環境變化的適應，利用氣溫高低預測該年度的食物高峰，並調整產卵時間使得雛鳥需要食物的時期與食物高峰重疊，而有最佳的存活率(Perrins and McCleery 1989)。藉由本年度昆蟲生物量的定量結果可知，在鳥類繁殖季開始前的3月上旬，枝條上的鱗翅目幼蟲和膜翅目葉蜂等類群的生物量均相對較低；而晚冬初春的鱗翅目成蟲生物量似與溫度關聯，在2月9日至3月12日期間的生物量也不高，直至3月17日溫度回暖時，成蟲生物量才急遽增加。溫度與食物的增加與青背山雀第一波繁殖季產卵時間相一致(平均產卵日為3月26日)，故繁殖季初的低溫與食物缺乏確有可能為產卵上的限制；另一方面，2015年青背山雀第一波繁殖的育雛期高峰介於4月17日至4月30日期間，而第二波育雛期高峰則為6月7日至6月24日，前者與赤楊上葉蜂生物量的預測高峰(4月25日)、鱗翅目成蟲生物量在春夏季的第一個高峰(4月22日)重疊，而後者則與卡氏楮上毛蟲生物量的預測高峰(6月27日)、鱗翅目成蟲春夏季第二個高峰(6月24日)重疊。是以，育雛期雛鳥需求之高峰與食物資源高峰的同步，亦可能是影響青背山雀繁殖起始的原因之一。然而，欲釐清何者為最關鍵的因子(產蛋限制或育雛需求)，則須進一步透過操作實驗來達成。另外，近年也有研究認為，鳥類繁殖所反映的資訊，為早春

逐漸增加的溫度變化(increasing temperature)而非較高的溫度(Schaper et al. 2012)，並且溫度本身即為作用的因子，而非溫度透過影響其他物種物候(植物發芽、昆蟲豐度)，進而再影響鳥類的產卵(Schaper et al. 2011)。對於闡明溫度變化對鳥類適存性(fitness)可能影響的議題上，持續性累積繁殖物候資料實屬必要。

早春 3 月份月均溫與產卵時間關係之趨勢亦見於棕面鶯，不過，其關係性較不顯著。可能的原因有二，其一為棕面鶯的繁殖略晚於青背山雀，早春溫度和(或)食物限制對其影響相對較小。不同物種對環境的反應速度與他們的生殖腺發育相關，而生殖腺發育則受光週期調控(Dawson 2008)。即便同一地區受光照量相同，不同物種生殖腺發育所需的日照量閾值不同，且生殖腺發育的速率亦不同，因而影響牠們對環境因子的反應(Dawson 2008)。另一個解釋為二鳥種的食性不同所致。青背山雀的食性中，毛蟲與蠕蟲占 70-90%(莊美真，2006)；相對的，棕面鶯的食性廣泛，以膜翅目(25.8%)、直翅目(24.4%)及雙翅目(13.8%)昆蟲為食(洪孝宇，2009)。是以，不同物種對早春溫度的反應不同，可能為牠們欲調整產卵日使之與昆蟲豐度同步上，所標的的昆蟲類群不同，並且食性廣泛的物種，如棕面鶯，亦較不易受到牠們獵物豐度在時間軸上的位移所影響(Winkler et al. 2002, Dunn 2004)。

在熱帶及亞熱帶的地區，季節性降雨透過調控食物的過程(food-mediated process)，進而影響鳥類繁殖的起始時間與生產力(Wikelski et al. 2000, Boulton et al. 2011, Styrsky and Brawn 2011)，即便是在亞熱帶高山地區的物種亦是如此(Auer et al. 2007)。Chang et al. (2013)指出臺灣全島的植物生長時間、生長季長度及淨初級生產力均受春季 2-3 月降水量所影響。然而在本研究中早春降水量多寡與鳥類的繁殖起始時間、產卵季長度無關，可能的原因為研究地區屬重濕的氣候(萬怡，2009)，於 2010-2014 年的春季降雨均遠高於 40 mm。當春季降雨在此閾值下，可觀察植物物候明顯的延遲(Chang et al. 2013)。是以，推測在重濕氣候的觀霧地區，早春降雨對其生物過程(biological process)的限制不明顯，相對的在降雨低於 40mm 的臺灣中南部地區(Chang et al. 2013)，降雨對鳥類繁殖的影響力可能增高。

第二節 繁殖鳥巢存活率

吾人以 MARK 軟體估算青背山雀與棕面鶯的鳥巢繁殖成功，結果顯示二鳥種的逐日存活率並非與日降雨量呈線性或非線性關係，但受大雨事件的影響，在大雨的日子明顯下降。雖然對洞穴巢鳥類而言，巢洞某一程度地可以減輕環境的影響，但極端大雨的天氣，仍可能使巢洞淹水或巢材潮濕，使得繁殖失敗(Radford and Du Plessis 2003)。並且，在惡劣的天氣，雛鳥需要耗費更多能量在保暖上(Tinbergen and Dietz 1994)，而親鳥則需要更多的孵卵或孵雛(Radford et al. 2001)，因而減少覓食的時間。又，惡劣天氣下昆蟲的活動力差，鳥類的覓食更加困難，因而使得親鳥餵食頻率降低(Avery and Krebs 1984, McCarty and Winkler 1999)，並可能進一步的造成較差的雛鳥發育及繁殖失敗(Siikamäki 1996, McCarty and Winkler 1999, Skagen and Adams 2012)。臺灣長期的氣候資料顯示，過去 50 年的極端降雨事件增加，而過去 20 年侵臺颱風數量也有增加的趨勢(Hsu et al. 2011)；在持續暖化的環境，臺灣夏季的平均降雨量預期將增加，大雨事件也將更加的劇烈且頻繁(Liu et al. 2009, Hsu et al. 2011)，這對於族群量已逐漸減少的鳥種，恐會進一步惡化族群的減少。

除了大雨事件外，低溫對觀霧地區以巢箱繁殖鳥巢之存活率亦具負面影響(蕭明堂，2015；Shiao et al. 2015)，然而由於在模式中”繁殖嘗試”與”日均溫”因子高度相關，因而在考量”繁殖嘗試”因子後，”日均溫”因子不再顯著。由青背山雀鳥巢存活率分析結果可知，第一波繁殖巢的存活率低於第二波繁殖巢，其原因可能包括(1)初春溫度不穩定，並伴隨梅雨季的到來，在低溫、連綿降雨下，雌鳥離巢過久易造成卵或雛鳥失溫死亡；(2)就食物資源豐度而言，卡氏楮、森氏櫟、臺灣杉及柳杉等樹種上，鱗翅目幼蟲的生物量在 6 月份高於 4 月份，且鱗翅目成蟲生物量亦是如此。是以，推測在第二波繁殖期的 6 月份，環境所能提供的食物資源更為豐富，因而第二波繁殖巢有較高的鳥巢存活率。此部分可由 2015 年青背山雀第二波繁殖巢之雛鳥體重(14.2 ± 0.26 SE)顯著高於第一波繁殖巢之雛鳥體重(13.48 ± 0.23 SE)(ANOVA, $F_{1,27} = 4.39$, $p = 0.046$ ，未發表資料)，獲得間接的支持。不過，對於第一波窩卵數高於第二波，以及窩卵數在年間的變化(本年度出現青背山雀最高窩卵數的紀錄)，目前尚未能有較佳的解釋。

2014 年的研究結果顯示，日齡三次方為青背山雀鳥巢存活率模式的顯著因子，鳥巢的逐日存活率自產卵期逐漸攀升，而後在孵卵期平穩維持，於孵卵後期至育雛早期又再度下降，而後再次升高(蕭明堂，2014)。然而在納入 2015 年的繁殖資料後，該趨勢不再顯著。推測原因可能是 2015 年繁殖的鳥巢存活率高，只發現 3 筆繁殖失敗紀錄，因而將 2015 年資料匯入後，稀釋掉原本隨日齡而變化的鳥巢存活率趨勢。最後，研究結果發現探巢效應為顯著影響鳥巢存活率的因子，與前人的研究一致(Rotella et al. 2000, Rotella et al. 2004, Newlon and Saab 2011)。巡巢可能提供捕食者鎖定鳥巢的資訊，並且減少親鳥回巢，甚至造成親鳥的棄巢(Newlon and Saab 2011)，因此，建議盡可能在鳥巢存活率的模式中考量觀察者效應，以估算出更正確的鳥巢存活率(Rotella et al. 2000, Newlon and Saab 2011)。相反的，架設錄影器材則為有效的工具，減少巡巢的干擾，並進一步地讓鳥巢命運的判定更為準確(Coates et al 2008, Ball and Bayne 2012)。

第三節 成鳥存活率與族群成長

由 2009–2015 年青背山雀成鳥繫放紀錄推估，成鳥年間存活率為 0.43，雖然此數值低於少數國內研究中，已知的小型雀型目成鳥存活率，如酒紅朱雀(0.67, 孫元勳, 2012)，然而其和北美次多種次級洞巢鳥的平均值 0.44 ± 0.022 相近。Martin and Li (1992)比較多種開放巢、初級洞巢鳥及次級洞巢鳥的生活史特徵，並認為次級洞巢鳥的存活率為三者中最低，推測原因為次級洞巢鳥的窩卵數相對較大、繁殖成功率高，因而在較高的繁殖努力量與成鳥存活率間產生取捨。於雪山地區繫放估算的次級洞巢鳥栗背林鴿成鳥存活率(0.41)則與本研究相近(孫元勳, 2012)。是以，推測本研究以利用巢箱繁殖的個體所估算的成鳥存活率應有一定的準確性。

青背山雀與棕面鶯利用巢箱繁殖的密度在 2009–2014 年間呈現逐漸下降的趨勢，與 Ko et al.(2015)以圓圈法普查全臺的結果相似。雖然，青背山雀繁殖密度在 2015 年再次回升，然而估算族群成長率(λ)，以釐清影響族群波動的變因，為本研究的重要目標。在本年度模擬的青背山雀族群參數發現，”第二波繁殖比例”和”鳥巢存活率”為影響族群成長率的重要因子，在第二波繁殖比例較低(2010 年和 2012 年)，以及鳥巢存活率偏低(2013 年)的情境下，族群成長率 λ 均小於 1。相反地，在第二波繁殖比例高、鳥巢存活率高的情境下(2014、2015 年)，族群成長率 λ 則較高。因此，2014 年鳥巢繁殖密度的驟減，可能為 2013 年繁殖成功率低，以及第二巢繁殖比例低所致，而本年度(2015)年繁殖族群的回升，則可能與 2014 年繁殖成功率高，且出現較高的第二巢，甚至第三巢等多巢繁殖所致(蕭明堂, 2014)。不過，模擬隔年繁殖密度與實際繁殖密度之間的相關性仍不足，未達統計上的顯著，為資料樣點的不足($n=5$ 年)。是以，持續執行繁殖物候監測，以累積並修正各項參數，將可提供後續更精準地參數估算與模式建立。

在前述所指出影響族群成長率的二個重要因子中，”鳥巢存活率”已在本研究中予以分析檢視，並顯示大雨、季節上的差異(食物及溫度等)及年間波動(食物及捕食者效應等)，為影響鳥巢存活率的重要因子。另一方面，對於”第二巢比例”這項參數，目前則未能有較佳的估算。在 2010–2015 年的研究期間，第一波繁殖成功離巢後，再進行第二波繁殖的紀錄，只出現於 2011、2014 及 2015 年，其餘

各年所有繁殖對在成功繁殖後，都不再產下第二巢，相反的在 2014 年則出現一對繁殖親鳥在成功產下第二巢後，甚至再繁殖第三巢的紀錄。然而，目前我們對於為何有些年間有第二巢、甚至第三巢的繁殖，有些年間則一巢都沒有的原因並不清楚，而單純檢視產卵季的長度可能並不足以完全反應牠們繁殖第二巢或第三巢比例之變化。對於兼性多巢的鳥種(facultative multiple breeders)，如青背山雀與棕面鶯，每年繁殖巢數為影響年生產力的關鍵因素。於歐洲藍山雀(*P. caeruleus*)及大山雀(*P. major*)的研究發現，在早春溫度較溫暖的年，毛蟲發育提早且食物高峰縮短，使得鳥類繁殖的第二巢與食物高峰錯位程度增加，第二巢幼鳥存活率降低，因而使得親鳥繁殖第二巢的價值減低，進而族群中繁殖第二巢的比例下降，年生產力亦呈現下降的趨勢(Visser et al. 2003, Husby et al. 2009)。然而，本年度的資料顯示，2015 年為早春較溫暖的一年，繁殖鳥類較早開始繁殖，並有部分個體參與第二波的繁殖，而鳥類的第二波繁殖期與卡氏楮上毛蟲生物量、春夏季成蟲生物量高峰重疊，所繁殖的雛鳥體重、存活率均有較佳的表現，並不符合第二巢假說的預期(second brood hypothesis, Visser et al. 2003)。然而，我們並不知道在第二巢比例較少的年，昆蟲豐度在時間軸上的變化是否與本年度的趨勢相同。是以，未來進一步處理的議題將朝向檢視年間食物資源豐寡與鳥類參與第二巢繁殖比例之關聯，以及氣候因子是否/如何影響年間的食物豐寡等方向。

第四章 結論與建議

第一節 結論

青背山雀與棕面鶯為觀霧地區 2009 至 2015 年主要利用巢箱的物種，二物種為臺灣中、低海拔普遍的次級洞巢鳥種，並且為森林初、次級消費者，適合做為鳥類物候研究之監測指標。於 2010 至 2015 年監測資料發現，青背山雀與棕面鶯於各年繁殖起始時間受早春溫度的影響而波動，而與春季降雨較無關，其可能原因與觀霧地區屬於重濕的氣候區有關。然而二鳥種對於早春溫度反應在程度上的不同，則可能與二鳥種受光週期所促發的生殖腺發育速度不同，或者二鳥種食性上的差異相關。

在鳥巢繁殖存活率的部分，以 MARK 軟體分析 2009–2015 年青背山雀與棕面鶯鳥巢逐日存活率發現，在大雨的天氣，二鳥種存活率明顯較低。由於臺灣山區多數鳥類的繁殖季與春季梅雨、夏季西南季風、颱風等季節性降雨重疊，從臺灣長期氣候資料來看，大雨事件發生頻率以及侵臺颱風數均有逐漸增加的趨勢，而未來在持續暖化的環境，預期極端降雨事件亦將更劇烈且頻繁，其對於青背山雀及棕面鶯等族群有減少疑慮的鳥種之影響，值得持續關注。另外，在青背山雀的第一波繁殖期與第二波繁殖期之存活率也具顯著差異，其原因可能與早春低溫，以及食物資源在時間軸上的豐寡等有關。本年度藉由樹冠層鱗翅目幼蟲、膜翅目葉蜂定量，以及燈誘陷阱所獲之鱗翅目成蟲定量可知，2015 年青背山雀兩波繁殖期的育雛高峰分別與不同樹種上的毛蟲、蠕蟲生物量高峰，以及成蟲生物量高峰重疊。

2010–2014 年持續下降的青背山雀繁殖密度，在本(2015)年度已回升，藉由族群參數模擬結果可知，族群成長率與鳥巢存活率和第二巢繁殖比例有關，當繁殖第二巢的比例較低時，該年生產力亦較低，不足以維持族群的成長。然而，不同年間第二巢繁殖比例的變動是否與年間食物資源豐寡相關，此部分則尚須累積研究資料後方能確認。

總結來說，觀霧鳥巢箱監測工作的執行，為國家公園在地監測的落實，除可獲得繁殖物候參數等科學資訊，提供氣候變遷的相關議題的探討外，另一方面，研究過程所獲得的鳥類繁殖及相關物種生態影像，亦提供環境教育的使用。

第二節 建議

建議一：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

本年度監測觀霧地區鳥類利用巢箱的繁殖，相關調查成果可轉化為科普文章提供解說教育使用，如電子報或網頁等形式，增加民眾對於觀霧地區豐富多樣的生態資源。

建議二：立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

鳥巢箱為監測鳥類繁殖的有效工具，透過對分布廣泛且能敏感反映年間氣候變化的森林小型鳥類持續進行監測，並輔以氣象資料的紀錄，可做為觀霧地區物候變化的監測指標。目前七年的監測結果已發現鳥類繁殖與早春氣溫兩者相互關連，對於鳥類繁殖動態與氣象因子於年間的變化趨勢，以及極端降雨事件對繁殖鳥類的影響，建議未來仍須持續監測，以累積足夠長期資料，提供更精準的族群參數估算與模式建立。

附錄一、觀霧地區利用巢箱鳥類及其他物種影像

一、青背山雀



圖 1、繁殖前的探巢



圖 2、築巢(未完成巢)-巢材由周邊開始堆積，預留產卵位置



圖 3、築巢(已完成巢)-鋪滿的苔蘚上有獸毛及棉絮



圖 4、產卵期-卵未產完前，以巢材覆蓋



圖 5、孵卵期-12 至 13 天，巢杯鋪棉絮、獸毛



圖 6、育雛期-日齡 1



圖 7、育雛期-日齡 2



圖 8、育雛期-日齡 7，眼睛已有裂縫



圖 9、育雛期-日齡 9，眼睛已開



圖 10、育雛期-日齡 14



圖 11、育雛期-日齡 16



圖 12、育雛期-日齡 17(通常日齡 19-21 離巢)

二、煤山雀



圖 13、築巢(未完成巢)-苔蘚巢材，後方預留巢杯未鋪滿



圖 14、築巢(已完成巢)-巢杯以棉絮、獸毛為內襯，產卵期時會用棉絮蓋住卵



圖 15、卵呈白底紅斑，與青背山雀相似，孵卵期約 15-16 天，卵數 5 枚



圖 16、育雛期-日齡 4



圖 17、育雛期-日齡 10



圖 18、育雛期-日齡 13(雛鳥日齡 19-21 離巢)

三、黃山雀



圖 19、築巢前的探巢



圖 20、築巢(未完成巢)-由周圍開始堆疊苔蘚



圖 21、築巢(已完成巢)-已鋪滿底的苔蘚巢材上會再鋪上大量獸毛



圖 22、孵卵期-約 16-18 天，卵為白底紅斑，卵數 4 枚



圖 23、育雛期-日齡 1



圖 24、育雛期-日齡 2



圖 25、育雛期-日齡 5



圖 26、育雛期-日齡 7



圖 27、育雛期-日齡 9



圖 28、育雛期-日齡 12



圖 29、育雛期-日齡 17(雛鳥日齡 24-25 離巢)



圖 30、育雛期啣食物回巢的親鳥

四、棕面鶯



圖 31、築巢前的探巢



圖 32、築巢(未完成巢)-由角落開始堆疊箭竹葉或枯葉巢材



圖 33、築巢(已完成巢)-箭竹葉織成碗狀，以細草或獸毛編織巢杯，部分個體會在山雀科使用過的苔蘚巢材上築巢



圖 34、產卵期-2枚卵，巢杯中央用較細的草、塑膠繩或土馬鬃的孢蒴編織



圖 35、孵卵期-約 17 天，卵數 4-5 枚



圖 36、卵-淡紅色底鑲嵌紅色色斑，集中在鈍端



圖 37、育雛期-雛鳥孵出當日(日齡 0)



圖 38、育雛期-日齡 2



圖 39、育雛期-日齡 5，嘴型比山雀科來得尖



圖 40、育雛期-日齡 9，眼睛已有裂縫



圖 41、育雛期-日齡 10



圖 42、育雛期-日齡 12(雛鳥日齡 16-17 離巢)

五、鳥巢捕食者及捕食後殘骸



圖 43、條紋松鼠捕食青背山雀 18 日齡雛鳥



圖 44、黑眉錦蛇捕食黃山雀 13 日齡雛鳥



圖 45、棕面鶯巢遭捕食後，巢箱蓋上發現雛鳥殘翅與哺乳動物排遺



圖 46、棕面鶯巢遭捕食後，巢箱蓋上發現雛鳥的腳



圖 47、棕面鶯巢遭捕食後，巢箱蓋上發現卵殼



圖 48、巢箱內的高山白腹鼠(2011 年紀錄)

六、於巢箱出沒的其他脊椎動物



圖 43、條紋松鼠的巢材堆滿巢箱



圖 44、一隻條紋松鼠躲在巢箱



圖 45、於巢箱內繁殖的二隻條紋松鼠幼鼠



圖 46、兩隻艾氏樹蛙出現在巢箱(2011 年紀錄)



圖 47、於巢箱內棲息的臺灣管鼻蝠



圖 48、於巢箱內棲息的臺灣管鼻蝠

七、於巢箱出沒的膜翅目昆蟲



圖 49、大量東方蜜蜂出現於巢箱中



圖 50、東方蜜蜂築成的巢，蜜蜂已消失



圖 51、2014 年出現的東方蜜蜂巢



圖 52、2014 年出現的東方蜜蜂巢



圖 53、築巢中的胡蜂巢



圖 54、熊蜂利用山雀科使用過的苔蘚巢材

附錄二、巢箱即時影像解說看版及現況



圖 1、青背山雀解說看板-1

圖 2、青背山雀解說看板-1



圖 3、棕面鶯解說看板



圖 4、遊客中心即時影像現況



圖 5、遊客中心即時影像現況



圖 6、遊客中心即時影像現況

附錄三、觀霧地區樹冠層抖落所獲鱗翅目昆蟲及食草

科別	科別	學名	命名者與年代	中文名	採樣及寄主植物					
					卡氏楮	森氏櫟	赤楊	臺灣杉	柳杉	苔蘚
Lasiocampidae	枯葉蛾科	<i>Kunugia undans metanastroides</i>	Strand, 1915	波紋枯葉蛾	●					
Drepanidae	鈎蛾科	<i>Ditrigona triangularia</i>	Moore, 1868	燕鈎蛾	●	●				
Geometridae	尺蛾科	<i>Jodis argentilineata</i>	Wileman, 1916	細白波紋突尾尺蛾	●					
		<i>Jodis rantaizanensis</i>	Wileman, 1916	巒大山突尾尺蛾	◎		●			
		<i>Maxates extrambigua</i>	Inoue, 1989	巴陵尖尾尺蛾	●					
		<i>Maxates sinuolata</i>	Inoue, 1989	齒紋尖尾尺蛾	◎					
		<i>Calluga costalis</i>	Moore, 1887	卡小波尺蛾		●				
		<i>Chloroclystis blanda</i>	Bastelberger, 1911	黑腰小翅波尺蛾	●		●	●		
		<i>Harutalcis fumigata</i>	Bastelberger, 1909	黃帶星尺蛾	●				●	●
		<i>Alcis scortea</i>	Bastelberger, 1909	澄黃帶霜尺蛾					●	●
		<i>Alcis postlurida</i>	Inoue, 1978	淡紋霜尺蛾					●	●
		<i>Alcis pallens</i>	Inoue, 1978	黃霜峰尺蛾			●			
		<i>Alcis rubicunda</i>	Bastelberger, 1909	煙霜尺蛾	●				●	●
		<i>Alcis taiwanovariegata</i>	Sato, 2008	暗黃斑霜尺蛾	●		◎	●	●	
		<i>Rikiosatoa fucataria</i>	Wileman, 1911	大雄帥尺蛾		●				
		<i>Deileptenia rimosaria</i>	Wileman, 1911	黑斑微黃尺蛾					●	●
		<i>Paradarisa comparataria rantaizanensis</i>	Wileman, 1911	小橄欖花尺蛾	●					
		<i>Aethalura duplicata</i>	Wileman, 1911	雙線歪紋小尺蛾				●		
		<i>Myrioblephara simplaria</i>	Swinhoe, 1894	彎線碎紋尺蛾				●		
		<i>Prochasma dentilinea</i>	Warren, 1893	齒紋淡黃小尺蛾 ^a						
		<i>Ectropis arizanensis</i>	Wileman, 1915	阿里山猗尺蛾	◎					
		<i>Parectropis subflava</i>	Bastelberger, 1909	雙白斑尺蛾	●	●				
<i>Abaciscus alishanensis</i>	Inoue, 1978	阿里山鋸線尺蛾	●							
<i>Lassaba parvalbidaria</i>	Inoue, 1978	污雪尺蛾	●							
<i>Menophra anaplagiata</i>	Sato, 1984	茶褐耳尺蛾	●							
<i>Tanaoctenia haliaria</i>	Walker, 1861	綠翅茶斑尺蛾	●		●			◎		
<i>Satoblephara owadai</i>	Inoue, 1978	腹毛墨紋尺蛾	◎							
Notodontidae	舟蛾科	<i>Syntypistis comatus</i>	Leech, 1889	白斑勝舟蛾		●				
		<i>Notodonta griseotincta</i>	Wileman, 1910	灰舟蛾				◎		
Nolidae	瘤蛾科	<i>Tyana falcata</i>	Walker, 1866	綠角翅瘤蛾	●	●	●			
		<i>Kerala lentiginosa</i>	Wileman, 1914	鏽斑蠟瘤蛾			●			
		<i>Nola sp.</i>		瘤蛾屬	●					
Erebidae	裳蛾科	<i>Euproctis croceola</i>	Strand, 1918	菱帶黃毒蛾			●			
		<i>Euproctis purpureofasciata</i>	Wileman, 1914	寬紋黃毒蛾			●			
		<i>Euproctis striata</i>	Wileman, 1910	紛黃毒蛾			◎			
		<i>Euproctis baibarana</i>	Matsumura, 1927	眉原黃毒蛾			◎			
		<i>Euproctis pulverea</i>	Leech, 1888	散點黃毒蛾			●			

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖監測暨生態資源調查

科別	科別	學名	命名者與年代	中文名	採樣及寄主植物					
					卡氏楮	森氏櫟	赤楊	臺灣杉	柳杉	苔蘚
		<i>Lymantria concolor concolor</i>	Walker, 1855	絡毒蛾	●					
		<i>Calliteara taiwana</i>	Wileman, 1910	刻茸毒蛾	◎					
		<i>Olene suisharyonis</i>	Strand, 1914	水車寮毒蛾	●	●	●			
		<i>Arctornis cygna</i>	Moore, 1879	小點白毒蛾	◎					
		<i>Pida decolorata maculosa</i>	Matsumura, 1911	灰白毒蛾		●				
		<i>Pida postalba</i>	Wileman, 1910	端白毒蛾	●	●				
		<i>Lemyra fallaciosa</i>	Matsumura, 1930	褐污燈蛾	●		●			
		<i>Lyclene wenchiyei</i>	Wu, Fu & Chang, 2013	細條斑深山豔苔蛾						●
		<i>Mithuna arizana</i>	Wileman, 1911	雙線苔蛾						●
		<i>Asuridia rubripennis</i>	Inoue, 1988	露綉苔蛾						●
		<i>Hemipsilia coavestis</i>	Hampson, 1894	半明苔蛾						●
		<i>Pseudogyrtonea marmorea</i>	Wileman, 1916	瑪脩裳蛾	●					
		<i>Perciana taiwana</i>	Wileman, 1911	臺灣修裳蛾	●					
		<i>Hepatica irrorata</i>	Wileman & South, 1917; Holloway, 2005: 454		●					
		<i>Gonoglasa contigua</i>	Wileman, 1915	鄰復裳蛾	●	●				
		<i>Bertula incisa</i>	Wileman, 1915	陷紋擬胸鬚裳蛾 ^b					?	
		<i>Sinarella yuanayuan sp. nov.</i> ^c								●
Noctuidae	夜蛾科	<i>Euplexidia exotica</i>	Yoshimoto, 1987	異鄉綠類錦夜蛾				●	◎	
Zygaenidae	斑蛾科	<i>Agalope pica</i>	Wileman, 1910	花蓮薄翅斑蛾	●	●				
		<i>sp.nov</i>			●	●				
Limacodidae	刺蛾科	<i>Matsumurides sp.</i>				●				
Pyralidae	螟蛾科	<i>sp.A</i>								●
Tortricidae	捲蛾科	<i>sp.A</i>			●					
		<i>sp.B</i>					●			
		<i>sp.C</i>								●
		<i>sp.D</i>					●			
Depressariidae	扁腹蛾科	<i>Aeolanthes brochias</i>	Meyrick, 1938	寬翅棟蛾	●					
Gelechiidae	旋蛾科	<i>sp.A</i>								●
Gracillariidae	細蛾科	<i>sp.A</i>			●					
Gelechiidae	穀蛾科	<i>sp.A</i>								●
		<i>sp.B</i>			●					
		<i>sp.C</i>					●			
Xyloryctidae	木蛾科	<i>sp.A</i>			●					
Psychidae	避債蛾科	<i>sp.A</i>					●		●	
Tineidae	蓷蛾科	<i>sp.A</i>			●	●		●	●	
Yponomeutidae	巢蛾科	<i>Thecobathra nr. Eta</i>			◎					
Lecithoceridae	折角蛾科	<i>Odites sp.</i>			◎					

暗褐底色表示採樣樹種；●表示幼蟲食草；◎表示為徐瑋峰(2010)之食草紀錄；

^a 齒紋淡黃小尺蛾以地衣為食；^b 陷紋擬胸鬚裳蛾採集後未進食即化蛹；^c *Sinarella yuanayuan sp. nov.* 以絲狀苔蘚為食。

參考書目

- 王穎。2009。雪霸國家公園觀霧地區鳥類資源調查暨鳥巢箱設置。雪霸國家公園管理處。
- 李培芬。2009。國家公園生物多樣性地理資訊系統資料庫建置與調查計畫。內政部營建署。
- 邱祈榮、陳子英、劉和義、王震哲、葉慶龍、謝長富。2009。臺灣現生天然植群圖集。行政院農業委員會林務局。
- 林博雄。2010。觀霧地區雲霧環境之監測與模式建立。雪霸國家公園管理處。
- 林惠珊、黃永坤、黃光瀛、羅宏仁、孫元勳。2011。雪山地區鳥類海拔分布變化。第九屆海峽兩岸鳥類學術研討會。臺北。
- 姚正得。2009a。奧萬大地區利用巢箱生殖之棕面鶯繁殖生物學。2009 動物行為暨生態研討會。臺中。
- 姚正得。2009b。奧萬大國家森林遊樂區繁殖鳥類之長期監測與天敵類型調查(2/3)。行政院農業委員會林務局南投林區管理處。
- 姚正得。2009c。臺灣中部奧萬大國家森林遊樂區次級洞巢型鳥類之生殖習性與監測。第八屆海峽兩岸鳥類學術研討會。中國哈爾濱。
- 姚正得。2010a。奧萬大國家森林遊樂區利用鳥巢箱鳥類之生殖習性調查及監測。2010 年動物行為、生態暨生物教育研討會。彰化。
- 姚正得。2010b。奧萬大國家森林遊樂區繁殖鳥類之長期監測與天敵類型調查(3/3)。行政院農業委員會林務局南投林區管理處。
- 洪孝宇。2009。奧萬大地區利用巢箱生殖之棕面鶯育雛期食性及育雛行為分析。2009 動物行為暨生態研討會。臺中。
- 孫元勳。2010。雪山地區高山生態系整合研究—鳥類群聚與生態研究。雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳。2012。雪山地區高山生態系整合研究—鳥類群聚與生態研究。雪霸國家公園管理處。
- 徐堉峰。2010。雪霸國家公園觀霧地區樹冠層昆蟲調查。雪霸國家公園管理處。
- 莊美真。2006。關原地區青背山雀(*Parus monticolus*)雛鳥乞食行為之探討。臺灣師範大學碩士論文。

雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖監測暨生態資源調查

黃正龍。1996。太魯閣國家公園關原地區利用巢箱鳥類生殖生物學。國立臺灣師範大學碩士論文。

萬怡。2009。臺灣氣候分類與山地氣候之研究。臺灣師範大學碩士論文。

歐辰雄。1997。觀霧地區植群生態調查及植栽應用之研究。雪霸國家公園管理處。

蕭明堂。2006。關原地區青背山雀(*Parus monticolus*)親鳥育雛食物分配之探討。臺灣師範大學碩士論文。

蕭明堂。2010。雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測。雪霸國家公園管理處。

蕭明堂。2011。雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測 II。雪霸國家公園管理處。

蕭明堂。2012。雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測 III。雪霸國家公園管理處。

蕭明堂。2013。雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測 IV。雪霸國家公園管理處。

蕭明堂。2014。雪霸國家公園觀霧地區利用巢箱鳥類繁殖生態監測 V。雪霸國家公園管理處。

蕭明堂、莊美真、王穎。2008。太魯閣國家公園關原地區三種利用巢箱鳥類之繁殖特徵。特有生物研究 10:7-18。

ARNOLD, T. W. 2010. Uninformative parameters and model selection using Akaike's Information Criterion. *Journal of Wildlife Management* 74:1175-1178.

AUER, S. K., R. D. BASSAR, J. J. FONTAINE, AND T. E. MARTIN. 2007. Breeding biology of passerines in a subtropical montane forest in northwestern Argentina. *Condor* 109:321-333.

AVERY, M. I., AND J. R. KREBS. 1984. Temperature and foraging success of Great Tits *Parus major* hunting for spiders. *Ibis* 126:33-38.

BALL, J. R., AND E. M. BAYNE. 2012. Using video monitoring to assess the accuracy of nest fate and nest productivity estimates by field observation. *Auk* 129:438-448.

BLONDEL, J. 1985. Breeding strategies of the Blue Tit and Coal Tit (*Parus*) in mainland and island Mediterranean habitats: a comparison. *Journal of Animal*

- Ecology 54:531–556.
- BOTH, C., S. BOUWHUIS, C. M. LESSELLS, AND M. E. VISSER. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441:81–83.
- BOULTON, R. L., B. BAISER, M. J. DAVIS, T. VIRZI, AND J. L. LOCKWOOD. 2011. Variation in laying date and clutch size: the everglades environment and the endangered Cape Sable Seaside Sparrow (*Ammodramus maritimus mirabilis*). *The Auk* 128:374–381.
- BURNHAM, K. P., AND D. R. ANDERSON. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer-Verlag, New York, NY.
- CHANG, C.-T., H.-C. WANG, AND C.-Y. HUANG. 2013. Impacts of vegetation onset time on the net primary productivity in a mountainous island in Pacific Asia. *Environmental Research Letters* 8:045030–045040.
- COATES, P. S., J. W. CONNELLY, AND D. J. DELEHANTY. 2008. Predators of Greater Sage-Grouse nests identified by video monitoring. *Journal of Field Ornithology* 79:421–428.
- CRICK, H. Q. P., C. DUDLEY, D. E. GLUE, AND D. L. THOMSON. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388:526.
- DINSMORE, S. J., G. C. WHITE, AND F. KNOPF. 2002. Advanced techniques for modeling avian nest survival. *Ecology* 83:3476–3488.
- DAWSON, A. 2008. Control of the annual cycle in birds: endocrine constraints and plasticity in response to ecological variability. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 1497:1621–1633.
- DUNN, P. O. 2004. Breeding dates and reproductive performance. Pages 67–85. *in* A. P. Møller, W. Fielder, and P. Berthold, editors. *Birds and Climate Change*. Elsevier, San Diego, CA, USA.
- DUNN, P. O., AND D. W. WINKLER. 2010. Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success. Pages 113–128 *in* A. P. Møller, W. Fielder, and P. Berthold, editors. *Effects of climate change on birds*. Oxford University Press, Oxford, UK.

- FLASHPOHLER, D. J., S. A. TEMPLE, AND R. N. ROSENFELD. 2001. Effects of forest edges on ovenbird demography a managed forest landscape. *Conservation Biology* 15:173–183.
- HAU, M., M. WIKELSKI, AND J. C. WINGFIELD. 1998. A neotropical forest bird can measure the slight changes in tropical photoperiod. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 265:89–95.
- HAU, M., N. PERFITO, AND I. T. MOORE. 2008. Timing of breeding in tropical birds: mechanism and evolutionary implications. *Ornitologia Neotropical* 19: 39–59.
- HSU, H.-H., C. CHOU, Y.-C WU, M.-M. LU, C.-T. CHEN, AND Y.-M. CHEN. 2011. *Climate Change in Taiwan: Scientific Report 2011*. National Science Council, Taiwan.
- HUSBY, A., L. E. B. KRUK, AND M. E. VISSER. 2009. Decline in the frequency and benefits of multiple brooding in Great Tits as a consequence of a changing environment. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 276:1845–1854.
- KO, C.-J., M.-W. FAN, Y.-X. JIANG, W.-J. YU, Y.-Y. LO, R.-S. LIN, K. LIN, AND P.-F. LEE. 2015. 2013 Taiwan Breeding Bird Survey Annual Report. Endemic Species Research Center, Council of Agriculture, Taiwan.
- LIU, S.-C., C. FU, C.-J. SHIU, J.-P. CHEN, AND F. WU. 2009. Temperature dependence of global precipitation extremes. *Geophysical Research Letters* 36:L17702.
- MARTIN, T. E., AND P. LI. 1992. Life history traits of open- vs. cavity-nesting birds. *Ecology* 73:579–592.
- MCCARTY, J. P., AND D. W. WINKLER. 1999. Relative importance of environmental variables in determining the growth of nestling Tree Swallows *Tachycineta bicolor*. *Ibis* 141:286–296.
- NEWLON, K. R., AND V. A. SAAB. 2011. Nest-site selection and nest survival of Lewis's Woodpecker in aspen riparian woodlands. *Condor* 113:183–193.
- PERRINS, C. M., AND R. H. MCCLEERY. 1989. Laying dates and clutch size in the great tit. *Wilson Bulletin* 101:236–253.
- RADFORD, A. N., AND M. A. DU PLESSIS. 2003. The importance of rainfall to a cavity-nesting species. *Ibis* 145:692–694.

- RADFORD, A. N., R. H. MCCLEERY, R. J. W. WOODBURN, AND M. D. MORECROFT. 2001. Activity of parent Great Tits *Parus major* feeding their young during rainfall. *Bird Study* 48:214–220.
- RICKLEFS, R. E. 1973. Fecundity, mortality and avian demography. Page 366–434 in D. S. Faron, editor. *Breeding biology of birds*. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- ROTELLA, J. J., M. L. TAPER, AND A. J. HANSEN. 2000. Correcting nest-success estimates for observer effects: maximum likelihood estimates of daily survival rates with reduced bias. *Auk* 117:92–109.
- ROTELLA, J. J., S. J. DINSMORE AND T. L. SHAFFER. 2004. Modeling nest-survival data: a comparison of recently developed methods that can be implemented in MARK and SAS. *Animal Biodiversity and Conservation* 27:187–205.
- SCHAPER, S. V., C. RUEDA, P. J. SHARP, A. DAWSON, AND M. E. VISSER. 2011. Spring phenology does not affect timing of reproduction in the Great Tit (*Parus major*). *Journal of Experimental Biology* 214:3664–3671.
- SCHAPER, S. V., A. DAWSON, P. J. SHARP, P. GIENAPP, S. P. CARO, AND M. E. VISSER. 2012. Increasing temperature, not mean temperature, is a cue for avian timing of reproduction. *American Naturalist* 179: E55–E69.
- SHIAO, M.-T., M.-C. CHUANG, H.-W. YUAN, AND Y. WANG. Effects of weather variation on the timing and success of breeding in two cavity-nesting species in a subtropical montane forest in Taiwan. *Auk* 132:671–684.
- SKAGEN, S. K., AND A. A. Y. ADAMS. 2012. Weather effects on avian breeding performance and implications of climate change. *Ecological Applications* 22:1131–1145.
- STEVENSON, I. R., AND D. M. BRYANT. 2000. Avian phenology: climate change and constraints on breeding. *Nature* 406:366–367..
- STYRSKY, J. N., AND J. D. BRAUN. 2011. Annual fecundity of a neotropical bird during years of high and low rainfall. *The Condor* 113:194–199.
- TINBERGEN, J. M., AND M. W. DIETZ. 1994. Parental energy expenditure during brood rearing in the Great Tit (*Parus major*) in relation to body mass, temperature, food availability and clutch size. *Functional Ecology* 8:563–572.

- VAN NOORDWIJK, A. J., R. H. MCCLEERY AND C. M. PERRINS. 1995. Selection for the timing of Great Tit (*Parus major*) breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *Journal of Animal Ecology* 64:451–458.
- VISSER, M. E., F. ADRIAENSEN, J. H. VAN BALEN, J. BLONDEL, A. A. DHONDT, S. VAN DONGEN, C. DU FEU, E. V. IVANKINA, A. B. KERIMOV, J. DE LAET, E. MATTHYSEN, R. MCCLEERY, M. ORELL, AND D. L. THOMSON. 2003. Variable responses to large-scale climate change in European *Parus* populations. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 270:367–372.
- WHITE, G. C., AND K. P. BURNHAM. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46:120-138.
- WIKELSKI, M., M. HAU, AND J. C. WINGFIELD. 2000. Seasonality of reproduction in a neotropical rain forest bird. *Ecology* 81:2458–2472.