

太魯閣國家公園關原地區三種利用巢箱鳥類之繁殖特徵

Breeding Traits of Three Species of Birds in Nest Boxes at Guan-Yuan in the Taroko National Park

蕭明堂* 莊美真 王 穎

Ming-Tang Shiao*, Mei-Chen Chuang and Ying Wang

國立台灣師範大學生命科學系 台北市汀州路四段 88 號

Department of Life Science, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

自 2004 年 1 月至 2005 年 8 月於太魯閣國家公園關原地區進行巢箱監測，比較兩個生殖季間鳥類繁殖特徵之差異。於春天溫度較早回升的 2005 年中，青背山雀(*Parus monticolus*)、煤山雀(*P. ater*)與普通鵲(*Sitta europaea*)築巢活動與產卵時間均較 2004 年為早，在雌鳥產卵、雛鳥孵化的時間同步性及窩卵數方面，則無一致趨勢；2005 年 4 月中旬至 5 月中旬間為明顯降水季，該時期因親鳥棄巢導致繁殖失敗之巢數亦相對較高，且繁殖失敗皆發生於孵卵期至育雛早期間；而其後山雀科鳥類第二波繁殖期之築巢活動較 2004 年為高。另外，遭捕食者捕食則為育雛中期後鳥巢繁殖失敗之主要原因。

Abstract

Breeding activities of the three species of birds, green-backed tit (*Parus monticolus*), coal tit (*P. ater*) and Eurasian nuthatch (*Sitta europaea*), in nest boxes were examined in association with temperature and precipitation at Guan-Yuan in the Taroko National Park, 2004 and 2005. In the warmer early spring

of 2005, the nest building date and egg laying date of the first clutch were earlier as compared to those in 2004, yet the same trend was not found in term of synchronization of egg laying date, hatching date and clutch size among three species. Due to heavier and more frequent raining in mid-April to mid-May of that year, the number of the nests deserted by the birds was higher. The desertion occurred either in the incubation stage or in the early nestling stage. However, the nest building of the second clutch of the two species of tits in 2005 was higher. Also, predation was found to be one of the main causes for the nesting failure after the mid-nestling stage.

關鍵詞：青背山雀、煤山雀、普通鵙、繁殖特徵、氣象因子

Key words: green-backed tit (*Parus monticolus*), coal tit (*Parus ater*), Eurasian nuthatch (*Sitta europaea*), breeding traits, weather factor

收件日期：96年10月17日

接受日期：96年12月11日

Received: October 17, 2007

Accepted: December 11, 2007

緒 言

設置人工巢箱以吸引鳥類築巢已有兩百多年的歷史，巢箱的設置在鳥類研究上兼具樣本集中與方便觀察操作之優點，可對普遍性鳥種進行繁殖動態監測，或對稀有性鳥種進行繁殖行為觀察。近年來，氣候變遷之議題備受關注，全球暖化使得高緯度地區的植物生長季於過去10年間向前提早(Myneni *et al.* 1997)，節肢動物於春天中族群量增加的時間亦受其影響(Ellis *et al.* 1997)。另外，春天的暖化亦造成北美20多種鳥類於過去的25年間，雌鳥繁殖產卵的時間平均提早8.8天(Crick *et al.* 1997)。因此，利用人工巢箱進行鳥類築巢與繁殖時間之監測，以探討其與氣象因子間的關聯更顯得重要。

在台灣已有許多地方進行巢箱之設置與研究，包括：奧萬大森林遊樂區(簡等 1991，

1994；姚 2005a)、八仙山森林遊樂區(姚 2005b)及太魯閣國家公園之關原地區(黃 1996；林 1999；王及王 2000)，並成功吸引多種山雀科鳥類、普通鵙(*Sitta europaea*)與棕面鵙(*Abroscopus albobularis*)利用巢箱進行繁殖，然而目前相關研究多為單年之繁殖窩卵數紀錄、親鳥餵食頻率與食物種類，或為雛鳥乞食行為與親鳥餵食雛鳥等演化策略之探討(莊 2006；蕭 2006)，尚缺乏在時間軸上，鳥類築巢與繁殖之開始時間及使用頻率之變化等相關研究。本研究沿用前人(黃 1996；林 1999；王及王 2000)於太魯閣國家公園所設置之樣區，進行為期兩年(2004-2005)之巢箱監測，針對利用巢箱頻率較高之青背山雀(*Parus monticolus*)、煤山雀(*P. ater*)與普通鵙等鳥種，探討在不同年中，鳥類築巢、繁殖時間與繁殖特徵之變化，以及其與氣象因子之可能關連。

材料與方法

一、研究地點與巢箱設置

研究地點位於太魯閣國家公園關原地區，本研究沿用黃(1996)與林(1999)於中橫公路 116-117k 上下的二葉松林中所設置的樣區，並在既有舊巢箱之下方或旁邊重新釘置 120 個新巢箱，另於樣區附近之觀雲山莊旁和關原加油站對面的步道上亦增設 20 個新巢箱。於 2005 年 2 月在觀雲山莊旁又再增設 8 個新巢箱。由於部分巢箱會隨著時間而逐漸腐朽，或遭嚙齒目動物啃咬而無法使用，在巢箱使用率的計算上，均以新、舊巢箱之有效巢箱總數合計之，2004 年有效巢箱數為 219 個；2005 年有效巢箱數為 206 個。

二、巢箱監測

分別於 2004 年 2 月與 2005 年 1 月將前年鳥類築巢使用的舊巢材自巢箱中清除乾淨。自 2004 年 1 月 22 日起，至 2005 年 8 月 9 日止，於繁殖季(2-8 月)，每隔 5-9 天巡視樣區中巢箱 1 次，在非繁殖季(9 月至隔年 1 月)，每月巡視巢箱 1 次，巡巢時記錄巢箱中有無巢材及巢材的多寡，並用數位相機拍照記錄。由於山雀科之青背山雀與煤山雀皆使用苔蘚植物進行築巢，在親鳥產卵育雛前，無法直接由巢材來判斷利用巢箱的鳥種，故所記錄的資料分為山雀科鳥類使用之苔蘚巢材與普通鳴使用之樹皮巢材兩類。若巢箱中同時出現兩種以上巢材，則在兩種巢材的項目中都給予記錄。

對於進行繁殖的巢，記錄各巢窩卵數與雛鳥數，並計算雌鳥產卵日(egg laying date，以產第一枚卵之日期為準)與雛鳥孵化日(hatching date，以第一枚卵孵化之日期為準)，其中產卵日為假設雌鳥每天產 1 枚卵，由觀察發現卵日往回推算；雛鳥孵化日則以開始觀察雛鳥日之雛鳥生長狀況及體重，依據黃(1996)與蕭(2006)之雛鳥生長曲線來進行推估。

三、資料分析與統計

(一) 各月份巢材占用率之變化

由於受限於天候與人力，各月巡巢工作無法以固定天數間隔，並準確地控制在某一天中完成，且繁殖季與非繁殖季巡巢頻度不同，為將不同年間及繁殖季與非繁殖季的資料進行比較，故在繁殖季的各月中，每月亦僅選擇 1 次與上個月巡巢日期間隔約略 30 天之巡巢紀錄(各月平均間隔天數 29.8 ± 5.01 天)，比對連續兩次巡巢紀錄中，巢箱照片中巢材量有無增加。計算各月份中，苔蘚(或樹皮)巢材使用增加的巢箱個數，並將其除以不同年中之有效巢箱數，以苔蘚(或樹皮)巢材占用率(moss or bark flake occupancy rate)表示。另亦計算各月份間，各繁殖鳥種之雌鳥產卵巢數與雛鳥孵化巢數，並比較各月份巢材出現時間、巢材占用率高峰與雌鳥產卵巢數、雛鳥孵化巢數之關聯。

(二) 雌鳥產卵日、孵化日與窩卵數

計算各鳥種於兩年繁殖季中，平均產卵日與平均雛鳥孵化日，以 4 月 1 日作為起始日(Perrins and McCleery 1989)；由於山雀科之青背山雀與煤山雀，在一個繁殖季中可能繁殖兩窩雛鳥(1 年 2 巢)(王及王 2000)，故以該年繁殖季中，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)，分別計算兩波繁殖期中之平均產卵日與平均雛鳥孵化日，並檢視其變異係數(coefficient of variation, CV)來判斷雌鳥產卵時間、雛鳥孵化時間於不同年中的同步程度。另亦比較各鳥種在兩年同一波繁殖期及同年不同波繁殖期中，繁殖巢之窩卵數差異。上述分析以 Mann-Whitney U test 進行統計檢測。

(三) 氣象資料

本研究採用中央氣象局距關原地區最近之大禹嶺自動測站(COT790, $121^{\circ}18'29''\text{E}$, $24^{\circ}11'16''\text{N}$)所提供之逐日降水量與氣溫資料，依據各月巡巢日期，將巡巢間隔中的逐日氣象資

料予以平均，以代表該段時間之氣候狀況(圖 1)。於 2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日研究期間，平均每日降水量(average precipitation)在 0.25-25.77 mm 之間，2004 年因受敏督利颱風(6/28-7/3)影響，降水量高峰出現在 6-7 月，2005 年因受到 3 月寒流降雪、梅雨季、海棠颱風(7/16-7/20)與馬莎颱風(8/3-8/6)的影響，降水量在 2/18-3/19、4/17-5/18 及 7/6-8/9 間分別

有 1 個高峰。平均氣溫(average temperature)介於 3.8-13.8 °C 之間，然 2005 年 1/25-2/17 之平均氣溫(6.6 °C)高於 2004 年同時期之平均氣溫(3.8 °C)，而接近 2004 年 2/25-3/19 之平均氣溫(7.1 °C)，但因受到 2005 年 3 月寒流降雪的影響，使得 2005 年 2/18-3/19 之平均氣溫(4.4 °C)降低，而後又再回升。

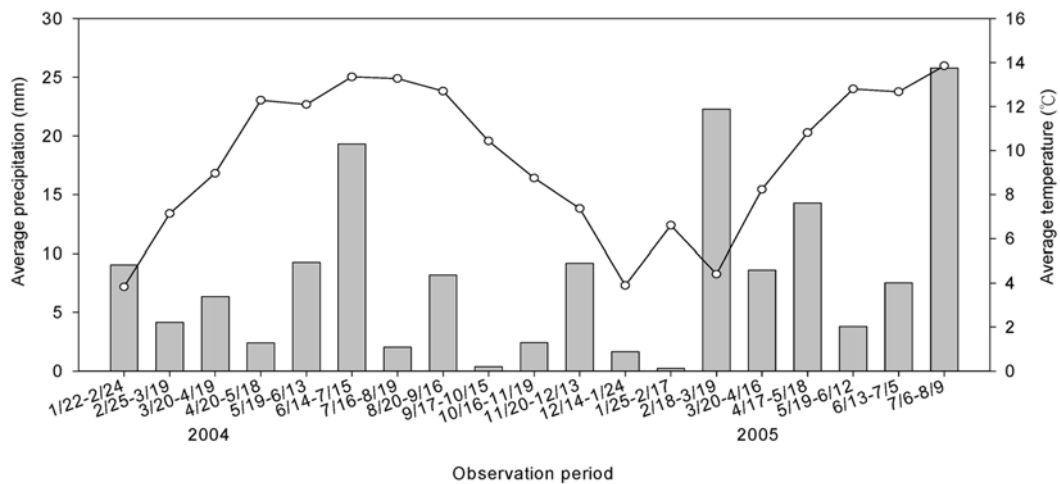


圖 1. 關原地區各月巡巢期間相對應之平均溫度(實線空心圓)與降水量(柱狀)(2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日)。

Fig. 1. Average temperatures (open circles with solid line) and average precipitations (solid columns) at Guan-Yuan from 22 January 2004 to 9 August 2005.

(四) 鳥類繁殖成功率計算

計算 2004-2005 年利用巢箱繁殖鳥種之繁殖巢數，並分析鳥巢繁殖失敗原因，將繁殖失敗原因歸類為：親鳥棄巢、捕食者捕食與人為干擾。其中，「親鳥棄巢」係為巡巢時僅見已死亡的雛鳥或卵，親鳥不再回巢之情況；而「捕食者捕食」則為目擊發現捕食者、巢中僅存個體之殘骸，或在未到正常離巢日前，巢中卵或雛鳥即消失之情形；另外，部分因人為操作與人為移除導致鳥巢失敗之情形，則歸類於「人為干擾」項目。

以 Mayfield 法(Mayfield 1961, 1975)計算各鳥種於孵卵期、育雛期之繁殖成功率與卵的孵化率。以每 1 天每 1 鳥巢為測量單位(nest days)，計算鳥巢觀察天數之總和(total number of observation days, OBS)與繁殖失敗巢數(number of nesting failure)，並以此來估算繁殖成功率，其中繁殖失敗係指整窩卵或雛鳥皆死亡之情形，只要巢中有 1 枚卵或 1 隻雛鳥存活，即算為繁殖成功。由於少數成功繁殖的巢，其有部分的卵或雛鳥在繁殖過程死亡(partial loss)，故進一步計算每 1 天每 1 枚卵(egg days)或每 1

天每 1 隻雛鳥之觀察天數(nestling days)，並求得卵或雛鳥於該階段之繁殖成功率，再將該數值乘以該階段之鳥巢繁殖成功率來進行校正

(adjusted survival probability in the stage, ASP)。對於平均天數 d 天之繁殖階段(孵卵期或育雛期)：

階段鳥巢單日死亡率：daily morality rate (DMR) = number of nesting failure / OBS

階段鳥巢繁殖成功率：survival probability in the stage = (1-DMR)^d

孵化率：hatching rate = total number of hatching nestlings in all nests / total number of eggs in all successful nests in the incubation stage

總繁殖成功率：probability of breeding success = ASP_{incubation} × hatching rate × ASP_{nestling}

結 果

一、山雀科鳥類之繁殖特徵

於 2004 與 2005 年研究期間，巢箱之苔蘚巢材占用率主要集中在 3 月中旬至 7 月中旬間(圖2)，比較兩年繁殖季中，各月份苔蘚巢材占用率之差異，於 2005 年開始出現巢材時間為 2/18-3/19，巢材占用率為 0.49% (1 個已完成

巢)，而 2004 年之相近時期(2/25-3/19)尚未有巢材出現於巢箱中；兩年巢材出現高峰皆為 4 月份，且 3 月中旬至 5 月中旬之巢材占用率十分相近，然於 2005 年，5/19-6/12 間又出現另 1 個高峰，高於 2004 年相近時期(5/19-6/13)之巢材占用率，而其次月(6/13-7/5)之巢材占用率則略低於 2004 年相近時期。

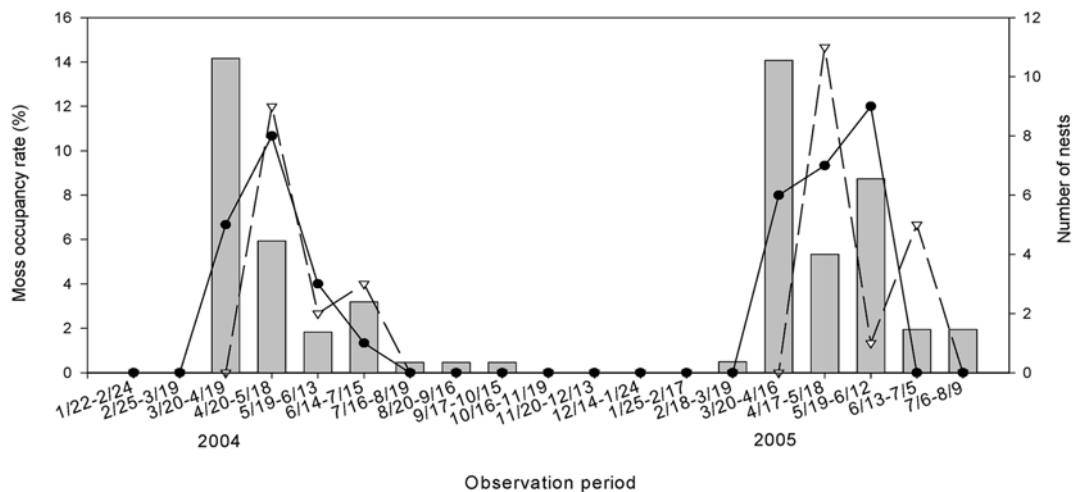


圖 2. 關原地區利用巢箱之山雀科鳥種巢材使用(柱狀)、產卵(實線實心圓)及孵化巢數(虛線空心三角形)之月變化(2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日)。

Fig. 2. Moss occupancy rates (solid columns), numbers of nests with the first egg (solid circles with solid line) and numbers of nests with the first nestling (open triangles with dashed line) of the two species of tits breeding in the nest boxes at Guan-Yuan from 22 January 2004 to 9 August 2005.

在繁殖巢數方面，於兩年研究期間，青背山雀皆有 1 年 2 巢之情形，煤山雀則僅觀察到 1 年 1 巢，而未有第二巢之紀錄，然由於兩種鳥類繁殖生態相近，故將兩者合計代表山雀科鳥類之繁殖情形。各月份雌鳥產卵巢數受巢材占用率多寡之影響，於 2004 年與 2005 年第一波繁殖期之產卵高峰皆在 4 月中旬至 5 月中旬之間，然於 2005 年之第二波繁殖期產卵集中於 5/19-6/12 間，2004 年則介在 5/19-7/15 間。在雛鳥孵化巢數之分布上，兩年皆於 4 月中旬至 5 月中旬與 6 月中旬至 7 月中旬兩段時間內各有 1 高峰。

在產卵日與孵化日方面，於 2004 年，青背山雀的第一波繁殖期與第二波繁殖期中，最

早進行繁殖的巢其產卵日分別為 4/14 與 5/27，於 2005 年則分別為 4/12 與 5/22；於煤山雀，2004 年最早進行繁殖的巢其產卵日為 4/17，2005 年則為 4/6。兩種山雀在平均產卵日與平均雛鳥孵化日上，皆為 2005 年早於 2004 年，但這些差異在統計上並未達顯著水準(表 1, all p value > 0.2)。在時間的同步性上，於青背山雀的兩波繁殖期中，平均產卵日與平均雛鳥孵化日的變異係數，皆為 2005 年小於 2004 年；相對地，於煤山雀則為 2005 年大於 2004 年，表示青背山雀之雌鳥產卵與雛鳥孵化在 2005 年有較高的同步性，於煤山雀則為 2004 年同步性較高。

在窩卵數方面(表 2)，不論是在青背山雀

表 1. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種之產卵與雛鳥孵化日期之分布(以 4/1 為起始日)
Table 1. Egg laying and hatching dates (the number of days counted from April 1) of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

Species	Clutch	Mean hatching date							Mean hatching date						
		2004			2005			p value*	2004			2005			p value*
		mean	CV (%)	n	mean	CV (%)	n		mean	CV (%)	n	mean	CV (%)	n	
GBT	1 st clutch	22.0	33.6	6	19.3	24.9	9	>0.2	36.4	15.9	5	35.7	14.4	6	>0.2
	2 nd clutch	62.8	18.6	4	59.2	10.3	6	>0.2	82.8	14.8	4	76.0	6.7	6	>0.2
COT	1 st clutch	23.0	27.0	6	16.0	53.8	4	>0.2	41.8	18.7	5	33.3	21.3	4	>0.2
EUN	1 st clutch	19.0	22.7	7	9.5	39.8	6	0.01	36.9	11.7	7	29.0	13.6	5	0.02

* Mann-Whitney U test.

第一波、第二波繁殖期或在煤山雀巢中，兩年繁殖季之窩卵數皆無顯著差異(all p value \geq 0.1)；於青背山雀同一年兩波繁殖期中，皆為第二波繁殖期之窩卵數大於第一波繁殖期，但僅於 2004 年的差異具統計顯著性(2004 : $p=0.01$; 2005 : $p>0.2$)。

二、普通鵲之繁殖特徵

於 2004 與 2005 年研究期間，普通鵲皆為

1 年繁殖 1 巢，巢箱之樹皮巢材占用率主要集中在 2 月中旬至 5 月中旬間。比較兩年繁殖季中，各月份樹皮巢材占用率之差異(圖 3)，2005 年開始出現樹皮巢材的時間(1/25-2/17)與巢材占用率高峰(2/18-3/19)均較 2004 年的開始時間(2/25-3/19)與占用率高峰(3/20-4/19)提早約 1 個月。在產卵巢數之分布上，2005 年普通鵲產卵時間(3/20-4/16)較 2004 年產卵時間(3/20-5/18)集中。在雛鳥孵化巢數之分布上，兩年皆集中

在 4 月中旬至 5 月中旬間。

在產卵日與孵化日方面，2005 年最早進行繁殖的巢其產卵日(4/6)早於 2004 年(4/14)，且各巢之平均產卵日與平均雛鳥孵化日，皆為 2005 年顯著早於 2004 年(表 1，mean egg laying date : $p=0.01$; mean hatching date : $p=0.02$)，

而各項目之變異係數則為 2005 年大於 2004 年，表示普通鳴雌鳥產卵與雛鳥孵化之同步程度為 2004 年高於 2005 年。在窩卵數方面(表 2)，2005 年平均窩卵數大於 2004 年，然未有顯著差異($0.1 < p < 0.2$)。

表 2. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種窩卵數之分布(平均值±1 標準差)

Table 2. Clutch sizes (mean ± 1 S.D.) of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

Species	Clutch	Clutch sizes		2004 vs. 2005 (<i>p value</i> *)
		2004	2005	
GBT	1 st clutch	6.0±0.21 (n=6)	5.8±0.17 (n=9)	>0.2
	2 nd clutch	4.8±0.50 (n=4)	5.7±0.52 (n=6)	0.1
	1 st vs. 2 nd clutch (<i>p value</i> *)	0.01	>0.2	
COT	1 st clutch	5.3±0.82 (n=6)	5.3±0.50 (n=4)	>0.2
EUN	1 st clutch	4.4±0.53 (n=7)	4.8±0.41 (n=6)	0.1 < <i>p</i> < 0.2

* Mann-Whitney U test.

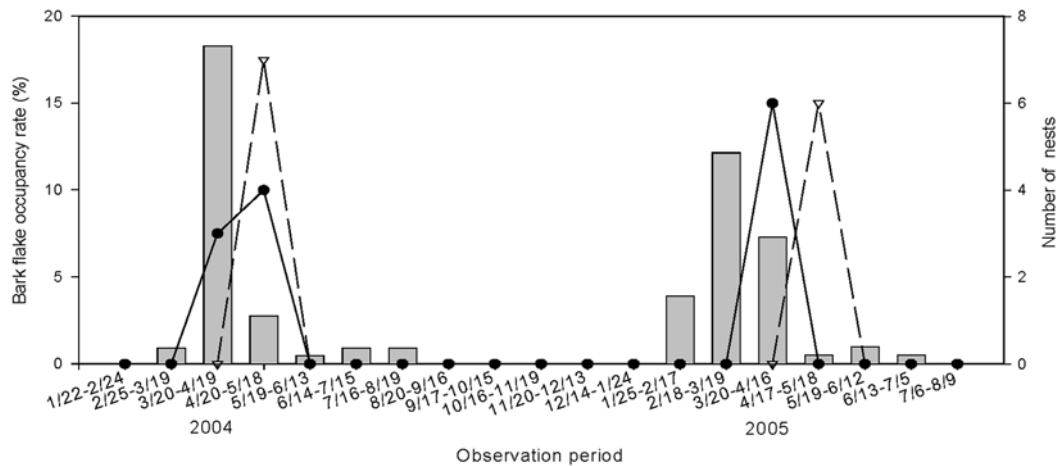


圖 3. 關原地區利用巢箱之普通鳴巢材使用(柱狀)、產卵(實線實心圓)及孵化巢數(虛線空心三角形)之月變化(2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日)。

Fig 3. Bark flake occupancy rates (solid columns), numbers of nests with the first egg (solid circles with solid line) and numbers of nests with the first nestling (open triangles with dashed line) of the Eurasian nuthatch in the nest boxes at Guan-Yuan from 22 January 2004 to 9 August 2005.

三、利用巢箱鳥種之繁殖成功率

2004 及 2005 年 3 種鳥種之繁殖情形詳見表 3。檢視鳥巢繁殖失敗原因，2004 年因被捕食者捕食而繁殖失敗的巢數為 7 巢，因親鳥棄巢而失敗巢數為 2 巢，其中 1 巢發生於敏督利颱風來襲時期；2005 年因被捕食者捕食而繁殖失敗的巢數為 4 巢，因親鳥棄巢而失敗的巢數則為 5 巢，其皆發生於 4 月底至 5 月中旬的

梅雨季節。在被捕食者捕食的紀錄中，有 2 筆紀錄觀察到臭青公(*Elaphe carinata*)進到巢中捕食雛鳥，有 1 筆紀錄為小型食肉目動物多次進到巢箱中啣雛鳥出巢後，於樹下進食，另亦於巡巢時記錄到孵卵中雌鳥的殘骸、雛鳥的肉屑與羽鞘，以及巢中雛鳥消失，巢材被拖出至洞口等情形。

將兩年資料合併，「親鳥棄巢」導致 14.89%

表 3. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種繁殖成功巢數與失敗巢數

Table 3. Numbers of nesting success and failure of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

Species	Year	Nesting failure			Nesting success A/B*	Total nests A/B*
		Nests predated or disappearance A/B*	Nests deserted A/B*	Human interference A/B*		
GBT	2004	3/-	-/1	1/1	2/2	6/4
	2005	3/-	2/-	1/1	3/4	9/5
COT	2004	1	1	-	4	6
	2005	1	-	-	3	4
EUN	2004	3	-	1	3	7
	2005	-	3	-	3	6

* A, number of nests observed for 1st clutch; B, number of nests observed for 2nd clutch.

(n=7)的鳥巢繁殖失敗，其中有 6 巢發生於孵卵期至育雛早期(雛鳥孵出後 6 天)期間；「捕食者捕食」則導致 23.40% (n=11)的鳥巢繁殖失敗，其中有 9 巢發生於雛鳥孵出後 7 天至雛鳥離巢這段期間；「人為干擾」則造成 10.64% (n=5)的鳥巢繁殖失敗。以 Mayfield 法計算各鳥種繁殖成功率(表4)，結果顯示 3 種鳥種的孵化率、孵卵期及育雛期繁殖成功率之數值相近，以煤山雀之總繁殖成功率最高。在各鳥種中，育雛期的鳥巢單日死亡率皆高於孵卵期的鳥巢單日死亡率。

討 論

比較 2004 年與 2005 年，鳥類開始進行築

巢與繁殖的時間發現，2005 年山雀科鳥類與普通鳴築巢時間均較 2004 年提早，各鳥種最早進行繁殖巢之產卵日與平均產卵日亦呈現相同之趨勢，雖然僅部分結果在統計上達到顯著水準。比較兩年繁殖季前 1-3 月的氣候環境，2004 年 1/22-2/24 的氣候較為濕冷，2005 年同時期(1/25-2/17)的氣候則較為溫暖，其溫度已接近 2004 年 2/25-3/19 的溫度。由於在大多數的研究中都認為，暖冬與春天氣溫的提早回升有助於鳥類提早產卵的時間(Odum 1942; Perrins 1970; Perrins and McCleery 1989; Crick *et al.* 1997; McCleery and Perrins 1998; Dunn and Winkler 1999; Hussell 2003)，因此推測 2005 年山雀科鳥類與普通鳴提早繁殖之情形，可能是受春天氣溫提早回升所致。又因為普通鳴開始

繁殖的時間略早於山雀科鳥類(Edington and Edington 1972; Matthysen 1998)，因此在本研究之 2005 年中，普通鳴早於山雀科鳥類，在 1 月至 2 月中旬間即有巢材的出現。然而因鳥類無法預期在開始進入繁殖後，氣候環境的劇變，故在 2005 年 2/18-3/19 間的兩波寒流與降雪暫緩了原本已進行築巢的普通鳴個體之繁殖活動，於 2005 年，普通鳴之巢材占用率高峰

(2/18-3/19)與雌鳥開始產卵的時間(3/20-4/16)間有所區隔，而不似 2004 年，兩者皆出現在同一個月(3/20-4/19)。雖然無法得知這兩波寒流與降雪對鳥類開始繁殖時間之影響多寡，然而由 2005 年降雪後，各鳥種之雌鳥產卵日期仍較 2004 年提早的情形來看，儘管在鳥類築巢前後有短暫的低溫與降雪，春天氣溫的提早回升仍有助於鳥類提早產卵時間。

表 4. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種之繁殖成功率

Table 4. Probability of breeding success of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

	GBT		COT		EUN	
	Incubation stage	Nestling stage	Incubation stage	Nestling stage	Incubation stage	Nestling stage
Number of nests observed	23	19	10	9	13	10
Number of days in the stage	13	21	14	20	15	23*
Total number of observation days	225	335.5	132	146	168	181.5
Number of nesting failure	2	7	1	2	2	4
Daily mortality rate	0.009	0.021	0.008	0.014	0.012	0.022
Survival probability in the stage	0.890	0.642	0.899	0.759	0.836	0.599
Adjusted survival probability in the stage	0.890	0.625	0.881	0.736	0.836	0.599
Hatching rate	0.833 (n=21)		0.913 (n=9)		0.840 (n=11)	
Probability of breeding success	0.463		0.592		0.421	

* Data quote from Yao (2005a).

溫度可能為鳥類繁殖的限制因子(constraints)，或為其判斷食物資源高峰的近因(cues)。大多數的研究顯示在鳥類的繁殖過程中，有兩個關鍵時期，其一為雌鳥產卵時期，因在產卵期的雌鳥需要攝食比平常多 30-70%的蛋白質來形成卵(Robbins 1981)；在人為供給食物下，大山雀(*P. major*) (Kallander 1974)與褐頭山雀(*P. montanus*) (von Bromssen and Jansson 1980)會提早產卵的時間，而溫度上升有助於鳥類提早解除能量的限制，因而提早繁殖(Stevenson and Bryant 2000)；另一個耗能的時期則為雛鳥生長的時期，當雛鳥最需要能量的時期能與食物資源季節性變動的高峰重疊時，雛鳥會有最高的適存值(Perrins and McCleery 1989; van

Noordwijk *et al.* 1995)，因此春天溫度提早回升，可能使鳥類判斷並預期食物資源提早的到來，因而提早繁殖的時間。然於本研究之春天氣溫提早回升的 2005 年中，發現除了各鳥種之雌鳥產卵時間有提早之趨勢外，亦發現鳥類築巢之巢材於巢箱中出現的時間較為提早。由於築巢本身是個耗能且費時的過程(Conrad and Robertson 1993; Gauthier and Thomas 1993)，在山雀科與鳴科鳥類，通常需要數天至數個星期才能將巢完成(Odum 1941; Matthysen 1998)，因此巢材提早出現之情形是否代表築巢過程為限制鳥類開始繁殖的關鍵閾值？或僅單純為鳥類受溫度影響而反應在其他耗能時期(如：產卵期或育雛期)，而該時期又須待築巢完成後

方能進入，因而間接導致之結果？此為後續研究可探討之方向。

另一方面，由於溫度對於鳥類開始繁殖時間及食物資源高峰的影響程度可能有所不同，兩者同步程度的改變則會進一步影響到鳥類的其他繁殖特徵。Cresswell and McCleery (2003) 的長期研究發現：大山雀會策略性地調整窩卵數、開始進行全天孵卵(full incubation)的時間點與孵卵期的長短來控制雛鳥孵出的時間，使得雛鳥孵出後最需要能量的時期能與食物資源高峰重疊，因此當春天氣溫提早回升時，雌鳥在產卵時的能量限制減少，而能提早產卵，因而在食物資源到達高峰前，雌鳥具有較充裕的時間產下較多的窩卵數，雛鳥孵化之同步程度亦較高。於本研究中，雖尚未進行鳥類食物資源之調查，然而相較於 2004 年，在春天氣溫提早回升的 2005 年中，各鳥種之巢材出現時間、雌鳥產卵日皆有提早之趨勢。然在繁殖時間的同步性上，僅有青背山雀於 2005 年高於 2004 年，於煤山雀與普通鵲的趨勢則為相反，而 3 種鳥類繁殖的窩卵數在兩年繁殖季間亦無顯著差異，與 Cresswell and McCleery (2003) 有較高的同步性與較大窩卵數的預期不符。

除了溫度會影響鳥類開始繁殖的時間外，降水量多寡亦會對鳥類的繁殖過程造成影響。由於孵卵期的卵之溫度需控制在狹窄的範圍內，胚胎才可正常發育(Conway and Martin 2000)，育雛早期的雛鳥亦缺乏羽毛而無法自行保暖，因此降水量較高或較惡劣的天氣將增加雌鳥替卵或雛鳥保溫的需要(Tye 1992)，或減少鳥類的覓食時間(Foster 1974)，因而增加親鳥在繁殖上的能量消耗。在某些雨量特高的日子或持續大雨數天後，藍山雀(*P. caeruleus*) 和 大山雀易出現繁殖失敗的巢(Blondel 1985)；DeSante and Geupel (1987) 針對 51 種地方性繁殖的鳥種進行長期捕捉繫放，發現在春季發生高降水量的該年，第一波繁殖之成功離巢雛鳥數相對較少。本研究亦呈現相同之趨勢，在

2005 年 4 月中旬至 5 月中旬間具明顯梅雨季，降水量較 2004 年來得高，而該時期因親鳥棄巢導致繁殖失敗之巢數亦相對較高，且繁殖失敗皆發生於孵卵期至育雛早期間。高降水量除導致鳥類的第一波繁殖失敗率增加(包括使用天然巢或巢箱繁殖的個體)，可能間接增加鳥類繁殖第二巢之頻率，而大量的降水亦會促進植物生長與昆蟲繁殖(Wingfield and Kenagy 1991)，使得鳥類預期將有食物高峰到來，增加其後的築巢意願。於本研究之 2005 年中，在梅雨季後的 5 月中旬至 6 月中旬間，苔蘚巢材占用率較 2004 年同時期來得高，與上述預期相符合。另一方面，高降水量將增加鳥類在自我維持上所需的能量，而減緩第二波的繁殖，待雨季結束後，才同時開始，故在 2005 年第二波繁殖期中，青背山雀產卵巢數之出現高峰較 2004 年集中，且雌鳥產卵時間與雛鳥孵化時間亦較同步。

此外，捕食者捕食對本研究利用巢箱鳥類的繁殖亦具重要影響。在育雛中期後，由於雛鳥已長出羽鞘或羽毛，雌鳥待在巢中孵雛之時間急遽減短(黃 1996)，然雛鳥的乞食行為與乞食聲逐漸變得更加明顯，因而提高鳥巢被捕食者發現之機率(Leech and Leonard 1996)，導致被捕食率增加。於本研究中，捕食者之捕食即為育雛中期後繁殖失敗的主要原因；捕食者的種類至少包括蛇類與小型食肉目動物。

結 論

本研究針對利用巢箱鳥類之築巢、產卵時間與其他繁殖特徵進行監測，發現在春天溫度較早回升的 2005 年中，鳥類開始進行繁殖的時間有較為提早之趨勢。於 4-5 月梅雨季中降水量的增加，則可能與該年鳥類第一波繁殖失敗巢數之增加有關，並可能影響山雀科鳥類第二波繁殖的築巢時間與巢數。然由於本研究僅比較兩個繁殖季的資料，尚無法確定繁殖特徵

與氣象因子間之絕對關聯。未來除需持續進行監測外，亦可針對繁殖鳥種之食物資源進行監測，以期瞭解在長時間尺度下，氣候變遷對於鳥類繁殖之影響。

謝 誌

本研究感謝太魯閣國家公園管理處在經費上的補助，師大野生動物實驗室在野外工作上的協助與行政上的支持，謹此一併誌謝。

引用文獻

- 王穎、王佳琪。2000。太魯閣國家公園關原地區鳥類資源及鳥類巢箱監測。太魯閣國家公園管理處。
- 林康曾。1999。太魯閣國家公園關原地區三種共域鳥種之巢箱位置選擇及其生殖表現。國立台灣師範大學碩士論文。
- 姚正得。2005a。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。行政院農業委員會林務局。
- 姚正得。2005b。八仙山國家森林遊樂區利用鳥巢箱執行鳥類生殖習性調查及監測之研究。行政院農業委員會林務局。
- 莊美真。2006。關原地區青背山雀(*Parus monticolus*)雛鳥乞食行為之探討。國立台灣師範大學碩士論文。
- 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。國立台灣師範大學碩士論文。
- 簡益章、沈瑞琛、陳立楨、楊秋霖。1991。青背山雀、棕面鶯使用鳥巢箱情形之研究。台灣林業 17 (7) : 7-18。
- 簡益章、黃水煙、蔡碧麗、吳燕齡、楊秋霖。1994。奧萬大森林遊樂區野鳥保育計畫—鳥巢箱使用情形之研究。台灣林業 20 (2) : 10-25。
- 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。國立台灣師範大學碩士論文。
- Blondel, J. 1985. Breeding strategies of the Blue Tit and Coal Tit (*Parus*) in Mainland and Island Mediterranean habitats: A comparison. *The Journal of Animal Ecology* 54: 531-556.
- Conrad, K. F. and R. J. Robertson. 1993. Clutch size in eastern phoebes (*Sayornis phoebe*). I. The cost of nest building. *Canadian Journal of Zoology* 71: 1003-1007.
- Conway, C. J. and T. E. Martin. 2000. Effects of ambient temperature on avian incubation behavior. *Behavioral Ecology* 11: 178-188.
- Cresswell, W. and R. McCleery. 2003. How great tits maintain synchronization of their hatch date with food supply in response to long-term variability in temperature. *Journal of Animal Ecology* 72: 356-366.
- Crick, H. Q. P., C. Dudley, D. E. Glue and D. L. Thomson. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- DeSante, D. F. and R. G. Geupel. 1987. Landbird productivity in Central Coastal California: The relationship to annual rainfall, and a reproductive failure in 1986. *Condor* 89: 636-653.
- Dunn, P. O. and D. W. Winkler. 1999. Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proceeding of the Royal Society of London B* 266: 2487-2490.
- Edington, J. M. and M. A. Edington. 1972. Spatial patterns and habitat partition in the breeding birds of an upland wood. *Journal of Animal Ecology* 41: 331-357.
- Ellis, W. N., J. H. Donner and J. H. Kuchlein. 1997. Recent shifts in phenology of Microlepidoptera, related to climatic change (*Lepidoptera*). *Entomologische Berichten* 57: 66-72.

- Foster, M. 1974. Rain, feeding behavior and clutch size in tropical birds. *Auk* 91: 722-726.
- Gauthier, M. and D. W. Thomas. 1993. Nest site selection and cost of nest building by cliff swallows (*Hirundo pyrrhonota*). *Canadian Journal of Zoology* 71: 1120-1123.
- Hussell, D. J. 2003. Climate change, spring temperatures, and timing of breeding of tree swallows (*Tachycineta bicolor*) in Southern Ontario. *Auk* 120: 607-618.
- Kallander, H. 1974. Advancement of laying of Great Tits by the provision of food. *Ibis* 116: 365-367.
- Leech, S. M. and M. L. Leonard. 1996. Begging and the risk of predation in nestling birds. *Behavioral Ecology* 8: 644-646.
- Matthysen, E. 1998. *The Nuthatches*. T. and AD Poyser, London.
- Mayfield, H. F. 1961. Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73: 255-261.
- Mayfield, H. F. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* 87: 456-466.
- McCleery, R. H. and C. M. Perrins. 1998. Temperature and egg-laying trends. *Nature* 391: 30-31.
- Myneni, R. B., C. D. Keeling, C. J. Tucker, G. Asrar and R. R. Nemani. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature* 386: 698-702.
- Odum, E. P. 1941. Annual cycle of the Black-capped Chickadee-2. *Auk* 58: 518-534.
- Odum, E. P. 1942. A comparison of two chickadee seasons. *Bird-Banding* 13: 154-159.
- Perrins, C. M. 1970. The timing of birds' breeding season. *Ibis* 112: 242-255.
- Perrins, C. M. and R. H. McCleery. 1989. Laying dates and clutch size in the great tit. *Wilson Bulletin* 101: 236-253.
- Robbins, C. T. 1981. Estimation of the relative protein cost of reproduction in birds. *Condor* 83: 177-179.
- Stevenson, I. R. and D. M. Bryant. 2000. Climate change and constraints on breeding. *Nature* 406: 366-367.
- Tye, H. 1992. Reversal of breeding season by lowland birds at higher altitudes in western Cameroon. *Ibis* 134: 154-163.
- 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.
- von Bromssen, A. and C. Jansson. 1980. Effects of food addition to Willow Tit *Parus montanus* and Crested Tit *P. cristatus* at the timing of breeding. *Ornis Scandinavica* 11: 173-178.
- Wingfield, J. C. and G. J. Kenagy. 1991. Natural regulation of reproductive cycles. pp. 181-241. *In: Schreibman M. P. and R. E. Jones (ed.). Vertebrate endocrinology: Fundamentals and biomedical implications*. Academic Press, New York.