

領角鴉和黑冠麻鷺繁殖期與氣溫的相關性

Relationships between Air Temperature and Reproduction Timing for Collared Scops Owl (*Otus bakkamoena*) and Malayan Night Heron (*Gorsachius melanolophus*)

洪孝宇 詹芳澤 林依蓉* 林佩羿 王齡敏 黃獻文

Shiao-Yu Hong, Feng-Tse Chan, Yi-Jung Lin*, Pei-I Lin,
Ling-Min Wang and Hsien-Wen Huang

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

* 通訊作者: elin@tesri.gov.tw

* Corresponding author: elin@tesri.gov.tw

摘要

在全球暖化日益受到重視的當下，國際間已有許多研究探討氣候變遷對野生動物繁殖的影響，但台灣針對此議題的野外研究仍十分缺乏。本研究利用特有生物研究保育中心野生動物急救站的落巢幼鳥案例，分析鳥類繁殖時間和氣溫的相關性，以案例數最多的領角鴉(*Otus bakkamoena*)和黑冠麻鷺(*Gorsachius melanolophus*)為研究對象。本研究先利用圈養的幼鳥建立研究對象的生長曲線，再選取中部地區的案例，以送達急救站時的落巢幼鳥體重回推該巢的繁殖時間，總計獲得領角鴉9年133巢和黑冠麻鷺5年56巢的繁殖資料。將各年繁殖起始時間與繁殖季前各個月份的平均氣溫進行迴歸分析，領角鴉和黑冠麻鷺的繁殖時間分別與前一年11月($p < 0.05$)和12月($p < 0.01$)的月均溫有顯著相關，該月份氣溫上升則隔年的繁殖時間將會提前。在當前暖化的趨勢下，野生動物繁殖期提前對生態的影響值得關注。

Abstract

As global warming has drawn our increasing concerns, many studies have focused on whether climate change would affect the timing of wildlife reproduction. We used orphaned nestling data of two avian species, the Collard scops owl (*Otus bakkamoena*) and the Malayan night heron (*Gorsachius melanolophus*), obtained by the Wildlife First Aid Station of the Endemic Species Research Institute of Taiwan to analyze the relationships between air temperatures and their reproduction timing. A growth curve model was built and daily growth rate by weight of each of the species was determined with the data of captive nestlings at the station. Egg deposition date of each of the orphaned nestlings was then estimated with the growth model. There were 133 orphaned nestlings of the Collard scops owl from Central Taiwan for nine years and 56 nestlings of the Malayan night heron for five years. A regression analysis was conducted between the estimated egg deposition dates and the monthly average air temperatures prior to the breeding seasons. The egg deposition dates were significantly correlated with the average air temperatures of the months of previous November ($p < 0.05$) for the Collard scops owl, and previous December ($p < 0.01$) for the Malayan night heron. When monthly average air temperatures of these months rose, the egg deposition dates of the two species proceeded earlier in the following year. Further studies are needed to examine whether other avian species have the same trend of air temperature and breeding time relationship and what is the mechanism.

關鍵詞：全球暖化、氣溫、繁殖時間、落巢幼鳥、生長曲線

Key words: global warming, air temperature, breeding time, orphaned nestling, growth curve

收件日期：98年5月19日

接受日期：98年8月11日

Received: May 19, 2009

Accepted: August 11, 2009

緒 言

聯合國跨政府氣候變遷小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)在2007年的報告中提出警告，過去100年來(1905-2005)全球地表平均溫度已增加 0.74°C ，到本世紀末時有可能再增加 $1.8-4^{\circ}\text{C}$ (IPCC 2007)。全球暖化導致氣候改變已是不爭的事實，對生態系也

產生嚴重的衝擊，對象涵蓋所有分類群的生物，從個別物種的族群量和生活史、生物群落的物種組成，到生態系的結構與功能皆受到影響，對生物多樣性保育而言更是一大威脅 (McCarty 2001; Parmesan and Yohe 2003)。

相較於其他類群的野生動物，鳥類較接近人類的生活環境且容易觀察，受民眾關注的程度高，因此非常適合作為環境變遷的指標物

種。國際間已有許多關於氣候變遷影響鳥類的研究，包括食物供給失衡(Barbraud and Weimerskirch 2001)、分布範圍改變(Thomas and Lennon 1999; Hiyach and Leberg 2007)、遷徙和繁殖時序錯亂(Crick 2004)等。例如極區、高海拔和受限於特定棲地的物種，若無法改變其分布範圍以因應氣候變化，就會面臨棲地減少以及更多的物種競爭，成為氣候變遷下的首批犧牲者(Parmesan 2006)。

研究顯示受暖化影響，某些候鳥在秋季離開繁殖地的時間會延後，春季北返的時間則會提前(Gilyazov and Sparks 2002; Wilson 2007)，例如歐洲雨燕(*Apus apus*)在春季返回義大利的時間與4月份平均溫度有關，溫度每升高1°C則抵達時間提早3.8天，1982-2006年間已平均提早約6天(Rubolini *et al.* 2007)。繁殖方面，北美洲樹燕(*Tachycineta bicolor*)共3,450個巢的紀錄中，發現受到春季溫度變暖的影響，自1959-1991年間燕子的平均繁殖時間提早了9天(Dunn and Winkler 1999)；在英國對36種鳥類57年的研究中，有37%產卵時間的變化趨勢明顯受到氣候變遷的影響，研究者並預測到2080年時，75%的種類產卵時間都會提前(Crick and Sparks 1999)。

鳥類繁殖時間會受到溫度影響，可能來自生理限制和食物資源兩個因素。溫度被認為是決定鳥類地理分布中最重要的因素，就是因為鳥類的生理限制，各自有適合生存的溫度範圍(Root 1988; Wiens 1989; Mock 1998)，而產卵和之後的繁殖行為是非常耗能的過程，冬、春季溫度提早回升則可提前解除能量限制，因而提早繁殖(Stevenson and Bryant 2000)。鳥類育雛期是否能跟食物資源的高峰期重疊，是影響繁殖成功率的重要關鍵，而溫度提早回升也可能導致食物資源的高峰期提前，因此鳥類可能會調整繁殖時間以因應食物的物候週期變化，但若提前繁殖的程度與食物物候改變的程度不一致，就會導致食物供給失衡(Visser *et al.*

2003)。

鳥類生態受全球暖化影響嚴重，Crick (2004)認為應對更多物種在不同的地區進行全面且深入的研究。世界上各地區受溫室效應影響的程度不盡相同，台灣位於暖化程度較明顯的東亞季風區，百年來增加的溫度約是全球平均的兩倍(劉等 2008; 陳 2008)，然而相關氣候變遷對生態系影響的研究卻十分有限，不但難以掌握生態系受衝擊的層面與程度，更無法訂定適宜的因應策略(李等 2005)。目前台灣已有研究者利用電腦模擬探討全球暖化如何影響鳥類分布(廖 1996; 李等 2005)以及應用於保護區規劃(王 2008)，然而遷徙和繁殖方面需要長期的調查監測，相關研究成果仍付之闕如。

特有生物研究保育中心野生動物急救站(以下簡稱急救站)於1993年12月成立，截至2008年底累計病例數4,233件，其中82.6%是鳥類。分析2006-2007年間714筆鳥類病例資料，數量最多的依序為領角鴞(*Otus bakkamoena*) (13%)、黑冠麻鷺(*Gorsachius melanolophus*) (11.6%)和鳳頭蒼鷹(*Accipiter trivirgatus*) (7.6%)，傷病原因則以創傷(41.5%)和落巢幼鳥(35.7%)為主(林等 2008b)。本研究嘗試以落巢案例數最多的領角鴞和黑冠麻鷺為研究對象，利用落巢案例的頻度推估其野外的繁殖週期，並分析其繁殖時間和氣溫的相關性，期能作為台灣野生動物受氣候變遷影響之參考。

材料與方法

本研究以領角鴞和黑冠麻鷺為研究對象，領角鴞屬於鴞形目(Order Strigiformes)鴞鴞科(Family Strigidae)的小型夜行性猛禽，是第二級的保育類，體長19-25 cm，廣泛分布於中低海拔森林以及靠近山區的鄉村地帶，於樹洞中繁殖，每巢卵數 4.0 ± 0.8 個，孵化時間 27.8 ± 1.8 天(林 2003a)。黑冠麻鷺屬於鶴形目(Order Ciconiiformes)鷺科(Family Ardeidae)，體長約

47 cm，於低海拔森林底層活動，過去被認為是稀有留鳥，但近年來普遍出現於都市內的校園和公園綠地。黑冠麻鷺築巢於喬木上，每巢卵數 3.4 ± 0.8 個，孵化時間 30.4 ± 1.2 天(姚 2002)。

本研究需要利用幼鳥體重判斷其日齡，因此必須先獲得領角鴉和黑冠麻鷺幼鳥日齡與體重關係的生長曲線。領角鴉資料來自於急救站內收容的個體，分別在 2008 和 2009 年春季經配對後進行繁殖的 3 窩領角鴉，共計 8 隻幼鳥。照養人員於每日下午提供 1 次食物，食物以預先安樂死之無特定病原(specific pathogen free, SPF)小鼠(約 26-28g 重)和 1 日齡小雞(約 35-38g 重)為主。分量計算方式為成鳥 1 隻小鼠，幼鳥則視成長狀況給半隻至 1 隻小鼠，同一窩領角鴉的食物(小鼠或等重小雞)一次給予後，由成鳥自行進食並餵養幼鳥，依此份量隔日通常還會發現殘餘食物，幼鳥體重每 3-6 天記錄 1 次。黑冠麻鷺資料來自於 2007 和 2008 年分別有 2 隻和 3 隻約僅 1-2 日齡的落巢幼鳥，在人工飼養下的體重變化資料，食物以 SPF 小鼠和朱文錦為主，將其切碎塞食至幼鳥肚略鼓脹，初期 1 日 5 次(每次約 7-10g)，中後期則遞減為 3 次(每次約 25-30g)。

整理急救站自 1993 年成立至 2008 年底的案例資料，挑選出領角鴉和黑冠麻鷺落巢幼鳥的案例，由於這些案例大多來自中部縣市(台中縣市、南投縣、彰化縣、雲林縣和嘉義縣)，因此將其他縣市的零星案例予以排除。部分案例是來自颱風或大規模施工等事件造成的大量落巢，或是獸醫初診發現有消瘦或脫水的症狀時，同樣均不予採計。剩餘案例則依送達急救站時的體重參考生長曲線回推其日齡，領角鴉自 20 日齡(約 150g)、黑冠麻鷺自 30 日齡(約 500g)起體重變化趨緩，回推日齡時易出現較大誤差，此時須再參考部分案例上註明的換羽狀況，以進行日齡上的修正，難以判斷的案例則不納入分析。得知落巢幼鳥的日齡後，

再依林(2003a)和姚(2002)所調查野外卵孵化所需天數，來估計該隻幼鳥在巢中被產下卵的時間。若有兩隻以上的幼鳥來自同一個巢，以體重最輕的個體被產下卵的時間作為該巢開始繁殖的時間。

由於急救站每年所接獲的第一筆落巢幼鳥案例不可能精準的反映出野外第一個巢的繁殖時間，因此本研究取領角鴉案例中每年前 1/3 繁殖的巢平均的產卵時間(例如某年有 15 個巢，則取前 5 個巢的平均產卵時間，以每年 1 月 1 日起的天數計算，若除不盡則取至小數點第 2 位)，做為該年繁殖季起始的基準時間。黑冠麻鷺的樣本數較少，因此取前 1/2 的巢數。有研究指出中部地區的領角鴉，在都會區的繁殖時間早於原始棲地(林 2003b)，其都會區和原始棲地的定義分別為 1,000 人/km² 以上和 100 人/km² 以下(林等 2008a)，為檢驗上述的繁殖季起始時間是否受到案例來源地不同所影響，本研究以案例來源的鄉鎮為單位，計算每年來自都會區和原始棲地的案例比例，並比較比例與繁殖季起始時間有無顯著趨勢，人口數據取自內政部 2008 年底的統計資料。

溫度資料取自中央氣象局位於中部平地至低海拔的 4 個氣象測站(台中、梧棲、日月潭和嘉義)月均溫的平均值。將繁殖季起始時間與繁殖季前各月份的平均大氣溫度進行迴歸分析，以求得兩者間的關係。

結 果

一、生長曲線

急救站收容的兩對領角鴉在 2008-2009 年間所繁殖出的 3 窩共 8 隻幼鳥，離巢所需天數為 25.3 ± 0.5 天，前 30 日齡平均每隻測量 6.0 ± 2.6 次體重，測量間隔 3-9 天不等，總計獲得 47 筆體重資料，自 22 日齡(約 150g)起體重增加的情況會趨緩，體重(y)與日齡(x)的關係式為：
 $y = 0.0028x^3 - 0.335x^2 + 13.043x - 12.454$ ($R^2 =$

0.978) (圖 1)。黑冠麻鷺幼鳥離巢所需天數參考姚(2002)為 36.0 ± 2.1 天，急救站 2007-2008 年共 5 隻人工飼養的黑冠麻鷺幼鳥，前 40 日齡平均每隻測量 12.8 ± 4.4 次體重，測量間隔

1-7 天不等，總計獲得 64 筆體重資料，自 30 日齡(約 500g)起體重也會趨緩，體重與日齡的關係式為： $y = -0.015x^3 + 0.5571x^2 + 13.248x + 7.682$ ($R^2 = 0.989$) (圖 2)。

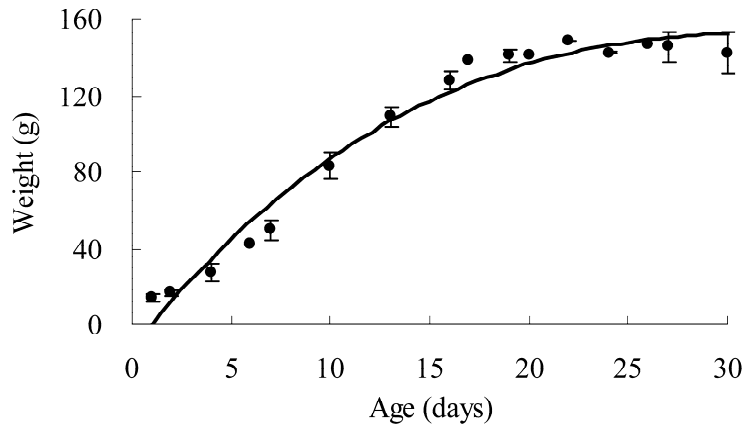


圖 1. 2008-2009 年在野生動物急救站所繁殖的 8 隻領角鴞幼鳥體重與日齡關係的生長曲線(圖為平均重量 \pm SD)。

Fig. 1. The growth curve of 8 captive Collared scops owls at the Wildlife First Aid Station, 2008-2009 (solid circles, average weights; horizontal bars, standard deviations).

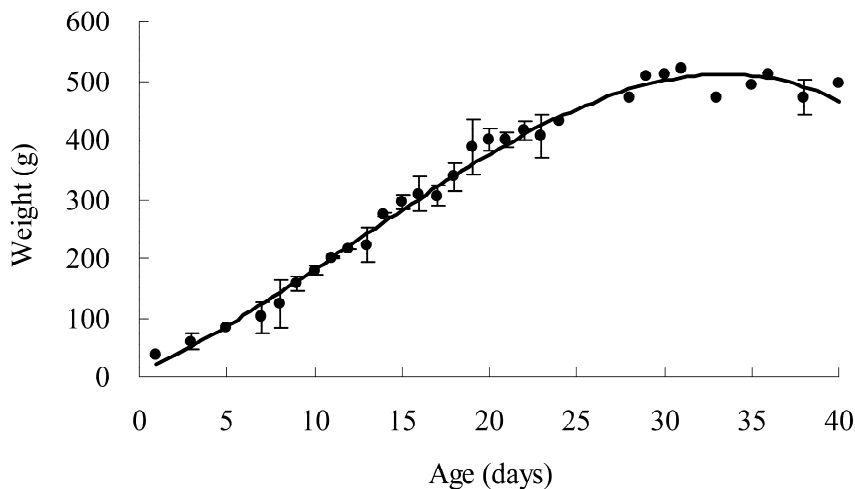


圖 2. 2007-2008 年野生動物急救站人工飼養的 5 隻黑冠麻鷺幼鳥體重與日齡關係的生長曲線(圖為平均重量 \pm SD)。

Fig. 2. The growth curve of 5 captive Malayan night herons at the Wildlife First Aid Station, 2007-2008 (solid circles, average weights; horizontal bars, standard deviations).

二、案例整理與來源地分析

急救站於 1993-2008 年共接獲落巢幼鳥 1,074 隻，數量最多的領角鴞和黑冠麻鷺分別有 216 隻和 113 隻，排除中部地區以外的零星案例，也排除沒有體重紀錄的案例後(1998 年以前大多沒有體重紀錄)，兩種鳥可用的案例分別是 175 隻和 85 隻，來自 133 和 56 個巢(表 1)，先利用生長曲線回推日齡，再參考林(2003a)和姚(2002)所調查野外卵孵化所需天數，可獲得各個巢開始繁殖的時間(表 2，表 3)。領角鴞除了 1999 年之外，2000 年到 2008 年間每年都有 10 個巢以上的資料，因此計算繁殖起始時間時排除了 1999 年，共有 9 年的資料；黑冠麻鷺樣本數較少，僅採用 2001、2002、2006-2008 等 5 個年份，每年的巢數在 7 巢以

上。本研究計算出各年度領角鴞和黑冠麻鷺的繁殖起始時間如表 4。

領角鴞和黑冠麻鷺案例來源地屬於都會區(包括台中市、豐原市、大里市、大雅鄉、烏日鄉、大肚鄉、太平市、彰化市、社頭鄉、南投市、斗六市、嘉義市)的分別有 37 巢和 10 巢，來自原始區(包括和平鄉、信義鄉)的僅有 3 巢和 2 巢(表 4)，將領角鴞和黑冠麻鷺各年度的繁殖起始時間和都會區案例的比例進行迴歸分析，結果均無顯著趨勢($p > 0.5$)。

三、繁殖時間與氣溫分析

將領角鴞與黑冠麻鷺每年繁殖起始時間與繁殖前各個月份平均大氣溫度進行迴歸分析(表 5)，結果跟 11 月均溫的顯著值最高($p <$

表 1. 本研究所採用的領角鴞和黑冠麻鷺落巢案例來源縣市統計

Table 1. Sources of orphaned nestlings of the Collard scops owl and the Malayan night heron

Sources (county)	Collard scops owl	Malayan night heron
Taichung	15	6
Nantou	98	28
Changhua	7	9
Yunlin	1	5
Chiayi	12	8
Total	133	56

表 2. 以落巢案例回推領角鴞產卵時間，共 133 個巢在不同年份和月份的數量分布。為表示同一個繁殖季，將 12 月排在隔年的 1 月之前

Table 2. Egg deposition dates estimated for 133 orphaned nestlings of the Collard scops owl

Month\Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
December					2		1	1	1		5
January	2	1	1		1						5
February		1	2	2	3	1	1	1	1	2	14
March	1	6	8	11	5	9	6	5	4	20	75
April		1	3	1		1	3	3	5	5	22
May		1	1		1	2	1		2		8
June					2	1					3
July				1							1
Total	3	10	15	15	14	14	12	10	13	27	133

表 3. 以落巢案例回推黑冠麻鷺產卵時間，共 56 個巢在不同年份和月份的數量分布

Table 3. Egg deposition dates estimated for 56 orphaned nestlings of the Malayan night heron

Month\Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
March								2		2
April	1	3	2	1	1	2	3	2	2	17
May	1	1	2		2			4	6	16
June		1	1			1	6	3	1	13
July		2					1	1		4
August			2				1	1		4
Total	2	7	7	1	3	3	11	13	9	56

表 4. 2000-2008 年領角鴞和黑冠麻鷺繁殖起始時間以及各年度來自都會區和原始棲地案例的比例

Table 4. Egg deposition dates of the Collard scops owl and Malayan night heron estimated from the orphaned nestlings obtained from urban and rural areas, 2000-2008

Year	Collard scops owl				Malayan night heron			
	Egg deposition date (1=1 Jan)	Nests distribution (%)			Egg deposition date (1=1 Jan)	Nests distribution (%)		
		Urban	Transitional area	Rural		Urban	Transitional area	Rural
2000	42.6	20	80	-				
2001	48	20	73.3	6.7	110.7	28.6	57.2	14.2
2002	59	26.7	73.3	-	122.9	33.3	66.7	-
2003	42	28.6	71.4	-				
2004	31.9	28.6	64.3	7.1				
2005	59	25	75	-				
2006	36.6	20	80	-	137.1	18.2	81.8	-
2007	43	15.4	76.9	7.7	112.6	15.4	76.9	7.7
2008	56	29.6	70.4	-	113.1	33.3	66.7	-
Total		28.5	69.2	2.3		21.3	74.5	4.2

表 5. 將領角鴞與黑冠麻鷺每年繁殖起始時間與繁殖前各個月平均氣溫進行迴歸分析結果

Table 5. Statistics of the regressive analyses between estimated egg deposition dates of the Collard scops owl and Malayan night heron and the monthly average air temperatures prior to the breeding seasons

Month	Collard scops owl (n=9)		Malayan night heron (n=5)	
	R ²	p-value	R ²	p-value
October	0.219	0.203	0.094	0.615
November	0.505	0.032	0.016	0.841
December	0.311	0.119	0.942	0.006
January	0.015	0.752	0.012	0.861
February	0.156	0.293	0.026	0.797

0.05)，關係式如下：

$$D = -7.66T + 207.63 \quad (df = 8)$$

D 為自 1 月 1 日起的天數，T 為 11 月均溫，即溫度每升高 1 度，繁殖季前 1/3 巢的平均繁殖時間會提早 7.3 天(圖 3)。黑冠麻鷺繁殖

起始時間則與 12 月均溫達到顯著性($p < 0.01$)，關係式如下：

$$D = -9.73T + 292.01 \quad (df = 4)$$

即溫度每升高 1 度，繁殖季前 1/2 巢的平均繁殖時間會提早 9.7 天(圖 4)。

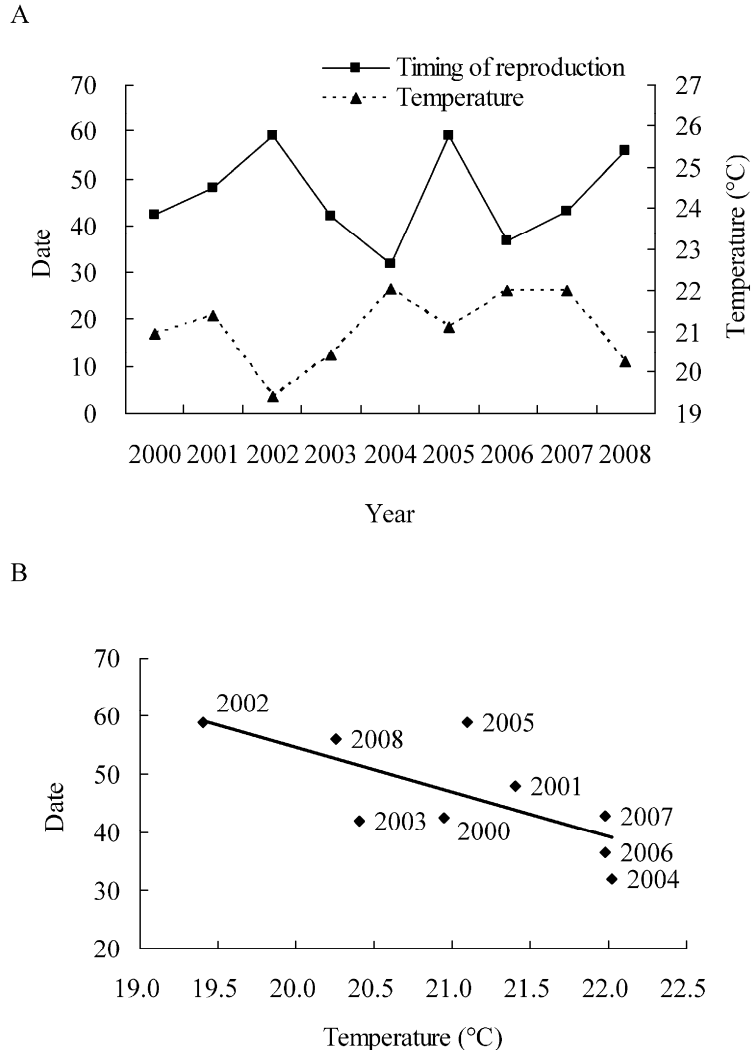


圖 3. 2000-2008 年領角鴞繁殖起始時間與前一年 11 月均溫之關係圖(A)及迴歸圖(B)，日期是以每年 1 月 1 日起的天數表示。

Fig. 3. Annual egg deposition dates of the Collared scops owl in 2000-2008 in correspondence to monthly average air temperatures of November of the previous year (A), and their linearly regressive relationship (B); Date=accumulated days from January 1.

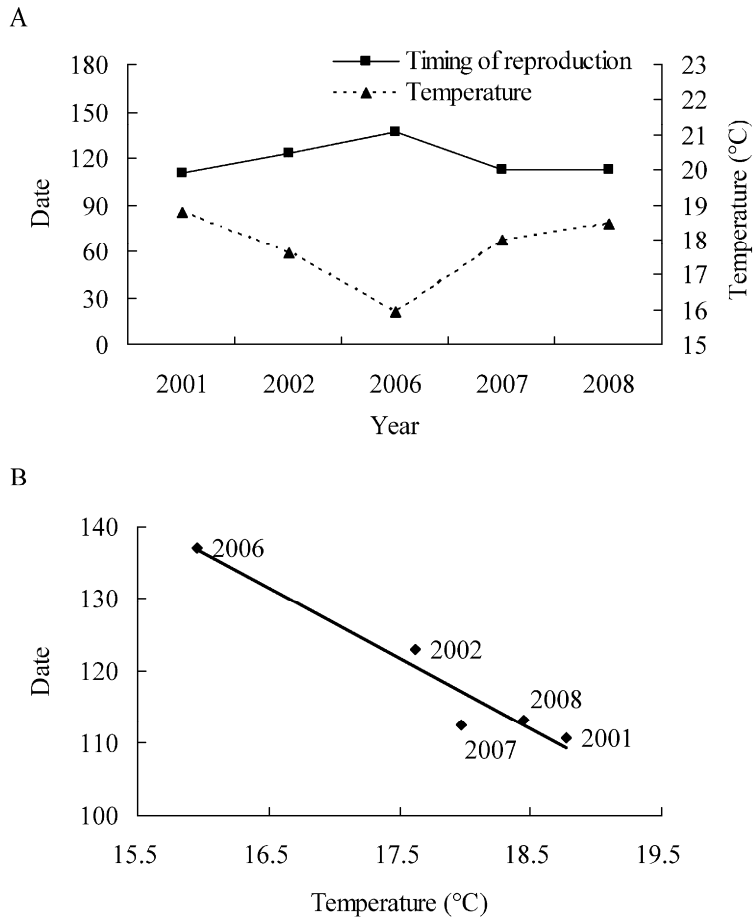


圖 4. 2001、2002、2006-2008 年黑冠麻鷺繁殖起始時間與前一年 12 月均溫(A)及迴歸圖(B)，日期是以每年 1 月 1 日起的天數表示。

Fig. 4. Annual egg deposition dates of the Malayan night heron in 2001, 2002 and 2006-2008 in correspondence to monthly average air temperatures of November of the previous year (A), and their linearly regressive relationship (B); Date=accumulated days from January 1.

討 論

利用落巢案例推算出的領角鴉產卵時間從 12 月到隔年 7 月，長達 8 個月的時間，較林 (2003a) 在中部森林觀察所提出的 3-7 月來得長，原因可能與部分案例來自都會區有關，繁殖高峰期落在 3 月份，則與林(2003a)的資料相符，次為 4 月和 2 月。黑冠麻鷺產卵時間從 3 月到 8 月，高峰期出現在 4 月份，與姚(2002)

的研究結果相同。

研究顯示某些鳥類在都會區的繁殖時間早於原始棲地，因為都會區的食物較易獲得 (Fleischer Jr. *et al.* 2003)，而台灣中部地區的領角鴉也有類似現象(林 2003b)。由於急救站的落巢幼鳥均為民眾送交，病歷上僅記載概略地點，無法得知確實的巢位環境，若以大範圍的城鄉行政區劃分，28.5%的領角鴉巢位來自人口密度高於 1,000 人/km²的都會區，2.3%來

自 100 人/km² 以下的原始環境，其餘 69.2% 是來自都會區與原始環境間的過渡地帶，即使受都會化影響的程度不同，其差異也不明顯，因此領角鴉各年度繁殖起始時間與都會區案例的比例並無顯著趨勢。事實上在原始環境中落巢的幼鳥被民眾發現並送往急救站的機率並不高，本研究認為急救站的落巢幼鳥案例大多數都是來自於人類活動較頻繁的地區。

本研究的前提假設是落巢案例的頻度可以反映野外動物的繁殖週期，但是在樣本數不夠多的情況下，可能無法將繁殖週期完整的呈現。本研究的繁殖高峰期雖和野外的資料一致(姚 2002; 林 2003a)，但在離峰時期也許會有所遺漏，無法精準的代表野外動物繁殖的起始時間，然而若以較巨觀的角度，看不同年間較早或較晚繁殖的趨勢，則確實跟特定月份的平均溫度走勢有顯著關聯。由於領角鴉和黑冠麻鷺在條件允許下，一年可以繁殖兩次(姚 2002; 林 2003a)，導致繁殖季拉長，本研究分別以前 1/3 和前 1/2 巢數平均的產卵時間作為繁殖起始時間，可避免將第二次繁殖的巢納入計算。

領角鴉繁殖高峰出現在 3 月份，與繁殖起

始時間最相關的月均溫為 11 月，而黑冠麻鷺繁殖高峰為 4 月份，繁殖起始時間與 12 月均溫最相關，顯示繁殖高峰之前 3 個月的溫度，已可能會對鳥類繁殖造成影響。研究顯示某些候鳥春季北返和繁殖的時間確實會受到數個月前冬季溫度的影響(Sillett *et al.* 2000; Saino *et al.* 2004)，2004-2005 年在太魯閣國家公園的研究中，便發現 4 月份繁殖的煤山雀(*Parus ater*)在 2005 年最早產卵日較前一年早了 11 天，可能是因為 2005 年 1 月的溫度高於 2004 年(蕭等 2008)。

其他月份均溫雖與繁殖起始時間的相關程度未達到顯著性，並不代表對繁殖時間就沒有影響，例如領角鴉 2005 年的繁殖起始時間，若以 2004 年 11 月的均溫代入本研究的迴歸式計算，應為 46 天(即 2 月 15 日)，但依案例所計算出的天數則為 59 天(2 月 28 日)，兩者的差距頗大(圖 3b)，可能是因為 2004 年 12 月到 2005 年 2 月的平均溫度較其餘年份的同期低(圖 5)，使得 2005 年的繁殖起始時間延後。因此影響領角鴉繁殖時間的均溫月份或許可分為主要(前一年的 11 月)與次要(前一年 12 月至當年 2 月)，若未來進行預測模式時應一併納入考量。

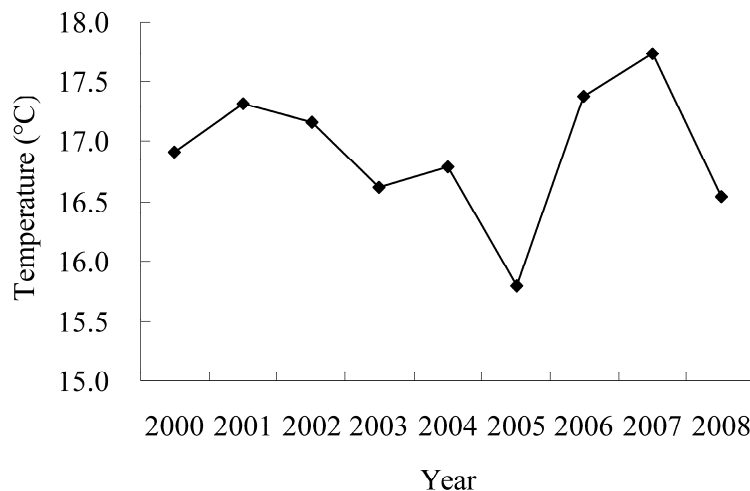


圖 5. 2000-2008 年 12-2 月的平均氣溫變化。

Fig. 5. Average air temperatures of the months of December-February, 2000-2008.

Stevenson and Bryant (2000)指出基於生理因素，各個物種對暖化反應的程度不一致，其中體型小的鳥類受暖化影響的程度較大。國際間已發表許多鳥種繁殖時間和相關月份溫度的迴歸式，多數為燕雀目(Order Passeriformes)的小型鳥類，當特定月份均溫升高 1°C，提前繁殖的天數約 1.5-3.5 天(表 6)。領角鴉和黑冠麻

鷺的體型較燕雀目鳥類大得多，提前繁殖的天數卻分別達到 7.7 和 9.7 天，是國際間研究結果的 2-3 倍，是否此 2 物種對溫度的敏感性較高，或是本研究的誤差較大，有待野外研究來證實。研究顯示台灣氣候暖化幅度以近 25 年較大，且冬季增溫幅度較明顯(林 2005)，更有可能加強台灣鳥類提前繁殖的程度。

表 6. 國外相關研究中特定月份溫度每升高 1°C 繁殖時間會提前的鳥種和天數

Table 6. Numbers of days to breed earlier with increasing air temperature of 1°C in specific months for different bird species in literature

Geographical area	Species	Months	Days	References
North America	Tree Swallow (<i>Tachycineta bicolor</i>)	May	3.49	Dunn and Winkler 1999
Netherlands	Northern lapwing (<i>Vanellus vanellus</i>)	16 Feb-15 Mar	1.64	Both <i>et al.</i> 2005
Croatia	Marsh tit (<i>Parus palustris</i>)	Feb-Apr	2.08	Dolenec 2006
Croatia	Blue tit (<i>Parus caeruleus</i>)	Feb-Apr	2.09	Dolenec 2007
Italy	Swift (<i>Apus apus</i>)	April	2.89	Rubolini <i>et al.</i> 2007
Estonia	Common gull (<i>Larus canus</i>)	31 Mar-26 Apr	1.43	Brommer <i>et al.</i> 2008

一般而言，溫度變暖對鳥類繁殖有益，提前繁殖使幼鳥在寒冷的冬季來臨前有更多的成長時間(Crick *et al.* 1997)，部分鳥類則顯示出孵卵期縮短(Ardia *et al.* 2006)、產卵數增加以及繁殖成功率提升(Winkel and Hudde 1997; Schaefer *et al.* 2006)，但前提是要跟鳥類賴以維生的食物物候週期改變的趨勢相同(Møller 2008)。若食物鏈中各個物種因溫度變化而改變物候週期的程度不一致，就會導致食物供給失衡，例如在荷蘭某處森林中，鱗翅目(Order Lepidoptera)幼蟲發生的高峰期因暖化而提前，白頰山雀(*Parus major*)的繁殖週期卻未能跟上(Visser *et al.* 1998)，不少類似的案例造成鳥類繁殖成功率下降、延後繁殖和產卵數減少(Sazn 2003; Laaksonen *et al.* 2006)。學者預期整個生態系物候週期的長期趨勢都會提前，但物種間相互關係的重新調整將會付出極大的代價(Parmesan and Yohe 2003; Visser *et al.* 2003)，稀有種也將面對更大的生存壓力(Crick 2004)。

謝 誌

特別感謝林文隆先生、曾翌碩先生和曾惠芸小姐對本研究的建議並分享野外觀察經驗。另外，行政院農業委員會特有生物研究保育中心林春富先生協助解決統計上的問題，兩位評審委員寶貴的修正意見和英文編輯的細心指正，在此一併致謝。

引用文獻

- 王定心。2008。氣候變遷下生物多樣性保護區網絡規劃。國立台北大學自然資源與環境管理研究所碩士論文。83 頁。
- 李培芬、林瑞興、白梅玲、柯智仁。2005。建立台灣氣候變遷的生態預警系統—以八色鳥為例。全球變遷通訊雜誌 49: 10-18。
- 林文隆。2003a。台灣中部森林領角鴉繁殖生物學初探。台灣猛禽研究 1: 29-35。

- 林文隆。2003b。領角鴉在都會與森林環境下的繁殖比較(摘要)。亞洲猛禽研討會。墾丁。
- 林文隆、曾惠芸、王穎。2008a。台灣中部都會區與原始環境鳳頭蒼鷹繁殖與食性研究。第七屆海峽兩岸鳥類學術研討會。台北。
- 林依蓉、詹芳澤、王齡敏、林佩羿。2008b。特生中心野生動物急救站 2006 至 2007 年傷病野生鳥類病例分析。2008 年台灣鳥類論壇。台北。
- 林進興。2005。台灣地區氣溫變化分析：1955-2004。國立台灣海洋大學海洋環境資訊學系碩士論文。91 頁。
- 姚正得。2002。台灣中部地區黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 之生殖生態。東海大學生物學系碩士論文。75 頁。
- 陳雲蘭。2008。百年來台灣氣候的變化。科學發展 424: 6-11。
- 廖倩瑜。1996。台灣產畫眉亞科鳥種之空間分布與預測模式。國立台灣大學動物學系碩士論文。136 頁。
- 劉紹臣、許乾忠、陳正平。2007。台灣地區之氣候變遷：區域及全球效應。中央研究院學術諮詢總會通訊 15: 72-75。
- 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 (1): 7-18。
- Ardia, D. R., C. B. Cooper and A. A. Dhondt. 2006. Warm temperatures lead to early onset of incubation, shorter incubation periods and greater hatching asynchrony in tree swallows *Tachycineta bicolor* at the extremes of their range. *Journal of Avian Biology* 37: 137-142.
- Barbraud, C. and H. Weimerskirch. 2001. Emperor penguins and climate change. *Nature* 411: 183-186.
- Brommer, J. E., K. Rattiste and A. J. Wilson. 2008. Exploring plasticity in the wild: Laying date-temperature reaction norms in the common gull *Larus canus*. *The Royal Society* 275: 687-693.
- Both, C., T. Piersma and S. P. Roodbergen. 2005. Climate change explains much of the 20th century advance in laying date of Northern Lapwing *Vanellus vanellus* in The Netherlands. *Ardea* 93: 79-88.
- Crick, H. Q. P. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis* 146 (Supplement 1): 48-56.
- Crick, H. Q. P., C. Dudley, D. E. Glue and D. L. Thompson. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- Crick, H. Q. P. and T. H. Sparks. 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399: 423-424.
- Dolenec, Z. 2006. Laying date of marsh tits *Parus palustris* in relation to climate change. *Biologia* 61: 635-637.
- Dolenec, Z. 2007. Spring temperatures in relation to laying dates and clutch size of the Blue tit (*Parus caeruleus*) in Croatia. *The Wilson Journal of Ornithology* 119: 299-301.
- Dunn, P. O. and D. W. Winkler. 1999. Climate change has affected the breeding date of Tree Swallows throughout North America. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 266: 2487-2490.
- Fleischer, A. L. Jr., R. Bowman and G. E. Woolfenden. 2003. Variation in foraging behavior, diet, and time of breeding of Florida Scrub-Jays in suburban and wildland habitats. *The Condor* 105: 515-527.
- Gilyazov, A. and T. H. Sparks. 2002. Change in the timing of migration of common birds at the Lapland nature reserve (Kola Peninsula, Russia) during 1931-1999. *Avian Ecological*

- Behavior 8: 35-47.
- Hitch, A. T. and P. L. Leberg. 2007. Breeding distributions of north American bird species moving north as a result of climate change. *Conservation Biology* 21: 534-539.
- IPCC. 2007. Fourth Assessment Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization.
- Laaksonen, T., M. Ahola, T. Eeva, R. A. Väisänen and E. Lehikoinen. 2006. Climate change, migratory connectivity and changes in laying date and clutch size of the pied flycatcher. *Oikos* 114: 277-290.
- McCarty, J. P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 320-331.
- Mock, P. J. 1998. Energetic constraints to the distribution and abundance of the California gnatcatcher. *Western Birds* 29: 413-420.
- Møller, A. P. 2008. Climate change and micro-geographic variation in laying date. *Oecologia* 155: 845-857.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematic* 37: 637-669.
- Parmesan, C. and G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural system. *Nature* 421: 37-42.
- Root, T. 1988. Energy constraints on avian distribution and abundance. *Ecology* 69: 330-339.
- Rubolini, D., R. Ambrosini, M. Caffi, P. Brichetti, S. Armiraglio and N. Saino. 2007. Long-term trends in first arrival and first egg laying dates of some migrant and resident bird species in northern Italy. *International Journal of Biometeorology* 51: 553-563.
- Saino, N., T. Szép, M. Romano, D. Rubolini, F. Spina and A. P. Moller. 2004. Ecological conditions during winter predict arrival date at the breeding quarters in a trans-Saharan migratory bird. *Ecology Letters* 7: 21-25.
- Sanz, J. J. 2003. Large-scale effect of climate change on breeding parameters of pied flycatchers in Western Europe. *Ecography* 26: 45-50.
- Schaefer, T., G. Ledebur, J. Beier and B. Leisler. 2006. Reproductive responses of two related coexisting songbird species to environmental changes: Global warming, competition, and population sizes. *Journal of Ornithology* 147: 47-56.
- Sillett, T. S., R. T. Holmes and T. W. Sherry. 2000. Impacts of a global climate cycle on population dynamics of a migratory songbird. *Science* 288: 2040-2042.
- Stevenson, I. R. and D. M. Bryant. 2000. Climate change and constraints on breeding. *Nature* 406: 366-367.
- Thomas, C. D. and J. J. Lennon. 1999. Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213.
- Visser, M. E., F. Adriaensen, J. H. v. Balen, J. Blondel, A. A. Dhondt, S. v. Dongen, C. d. Feau, E. V. Ivankina, A. B. Kerimov, J. D. Laet, E. Matthysen, R. H. Mc-Cleery, M. Orell and D. L. Thomson. 2003. Variable responses to large-scale climate change in *European Parus* populations. *Proceedings of the Royal Society B* 270: 367-372.
- Visser, M. E., A. J. v. Noordwijk, J. M. Tinbergen and C. M. Lessells. 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Society B* 265: 1867-1870.
- Wiens, J. A. 1989. The ecology of bird communities,

Vol. 1: Foundations and patterns. Cambridge Univ. Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

Winkel, W. and H. Hudde. 1997. Long-term trends in reproductive traits of tits (*Parus major*, *P. caeruleus*) and Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Journal of avian biology* 28: 187-190.

Wilson, W. H. Jr. 2007. Spring arrival dates of migratory breeding birds in maine: Sensitivity to climate change. *The Wilson Journal of Ornithology* 199: 665-677.