

五色鳥(*Psilopogon nuchalis*)在自然與都市地景的繁殖成功率

葛兆年^{1,2}，許詩涵¹，張靖¹

¹林業試驗所森林保護組；²通訊作者 E-mail: nien@tfri.gov.tw

[摘要] 都市化對生態系統有廣泛而複雜的影響；生活於都市的鳥類，在繁殖過程中受到許多來自都市環境中包括正面或負面的影響。以往鮮少量化比較非都市常見鳥類在都市與非都市地區的族群生態學，故本研究在陽明山地區及台北植物園(分別代表自然及都市地景)，於 2011-2013 年間同步調查兩地的五色鳥(*Psilopogon nuchalis*)族群繁殖狀況。我們發現代表五色鳥都市族群的繁殖窩卵數較少，但成功離巢的雛鳥數較多，並且繁殖成功率較高。自然地景的五色鳥族群繁殖成功率較低，應與遭受較大的捕食壓力有關。蛇應該是樹洞中築巢的五色鳥最主要的捕食者。相對而言，都市環境中因為蛇的數量稀少，蛇捕食鳥卵及雛鳥應該不是影響都市五色鳥族群的主要因素。反而食物較可能是限制都市族群的主要因子，本研究發現都市族群的繁殖窩卵數較少、卵孵化率較低，以及雛鳥夭折比例較高，皆可能與其環境的昆蟲量較少有關。建議利用棲地經營管理增加都市地區公園綠地的昆蟲資源，並杜絕對昆蟲及其棲地的破壞。

關鍵字：捕食、可利用食物、窩卵數、都市、五色鳥

Breeding Success of the Taiwan Barbet (*Psilopogon nuchalis*) in Natural and Urban Landscape

Chao-Nien Koh^{1,2}, Shih-Han Hsu¹ and Ching Chang¹

¹Department of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, ROC; ²Corresponding author E-mail: nien@tfri.gov.tw

ABSTRACT Among all the broad and complex effects urbanization has on ecological systems, many can both positively and negatively impact the breeding success of birds. Few studies have attempted to quantify differences in key demographic parameters between urban and non-urban populations of uncommon urban species. In 2011-2013, we investigated the breeding success of populations of a common forest but uncommon urban bird species, the Taiwan Barbet, in a natural landscape and an urban area. We found that, compared to the population in the natural landscape, the urban population had lower clutch size, more fledglings and higher breeding success. The lower breeding success of the population in the natural landscape might be due to the relatively high predation pressure. Snakes are considered to be a major predator of the barbet's eggs and nestlings in tree cavities. Compared to the natural landscape, fewer snakes appeared in the urbanized habitat. Predation on eggs or nestlings, therefore, may not be a key influence on the barbet population in the urban environment. Instead, food availability might be a key limiting factor to the urban population. The urban population had a lower clutch size, a lower hatching rate and a higher percentage of nestling's premature death, which might be related to lesser amount of arthropods in the urban

environment. Finding ways to protect arthropod community and prevent habitat damage can be considered in habitat management to increase breeding success of birds.

Keywords: predation, food availability, clutch size, urban, Taiwan barbet

前言

都市化以及人類對自然地景的改變，以不同尺度影響從個體至地景的生態過程，例如鳥類個體的體型、身體狀況及繁殖表現會受影響(Marzluff 2001)，鳥類群聚、數量及其多樣性也受到都市化的影響(Aldrich and Coffin 1980, Beissinger and Osborne 1982)。發生於族群的影響機制包括了棲地結構的改變，例如外來植物覆蓋度的增加會增加某些物種數量(Mills et al. 1989)，天然食物的減少(Burke and Nol 1998)或人類食物的增加(Elmen 1974, Lancaster and Rees 1979, Marzluff et al. 2001)，捕食者數量的減少(Langen et al. 1991, Bolger et al. 1997)或增加(Crooks and Soulé 1999, Haskell et al. 2001)等。繁殖成功與否是都市化影響鳥類研究中最常被調查的族群人口學特性(Bowman and Woolfenden 2001)，但僅有少數研究提出都市化影響繁殖的機制，而經由這些機制才能進一步了解生物多樣性在都市地區的變動及原因(Chamberlain et al. 2009)。

食物資源被認為是影響都市地區鳥類繁殖表現不同於自然環境下的重要因素(Chace and Walsh 2006, Chamberlain et al. 2009)。例如，棲息於英國都市區域之家麻雀(*Passer domesticus*)因缺乏無脊椎動物做為食物來源，而造成幼鳥存活率低、體重較輕(Peach et al. 2008)；北美的叢鴉(*Aphelocoma coerulescens*)也被認為因節肢動物食物量的差異，造成郊區族群的幼鳥死亡率較野地高(Shawkey et al. 2004)。都市地區中天然食物的缺乏，會使得部分鳥類繁殖表現下降，包括較輕的幼鳥體重、較高的死亡率等，故食物資源可視為限制都市地區鳥類繁殖表現的因子，此為食物限制假說。捕食是否限制鳥類在都市地區的繁殖成功率是另一項常被探討的假說。捕

食者的數量及多樣性會隨著都市化程度升高而增加(Haskell et al. 2001, Chace and Welsh 2006, Rodewald et al. 2011)，例如貓(Lepczyk et al. 2003, Thorington and Bowman 2003, Beckerman et al. 2007)、鴉科(Richner 1989, Jerzak 2001, Antonov and Atanasova 2003)，以及猛禽類(Sorace 2002)，在都市地區的密度高於非都市地區。不過，捕食者較多不一定代表捕食率較高，目前有限的捕食者研究大部分是以人工巢調查捕食者捕食卵的頻率，但並未發現其頻率在都市地區有增加或減少的一致性趨勢(Chamberlain et al. 2009)。雖然目前缺乏定論，捕食仍然是不可忽視可能限制都市地區鳥類繁殖率的重要因素。

Chamberlain 等(2009)回顧以往都市鳥類生產力研究指出，都市常見鳥類如烏鶇(*Turdus merula*)等研究較多，但相對極不了解都市化對非都市常見鳥類的影響。他們又指出，以往都市化鳥類研究集中於歐洲及北美地區，澳洲及非洲有少量研究，亞洲則沒有發現此類研究。本研究針對地處亞熱帶地區的臺灣森林常見鳥種-五色鳥(*Psilopogon nuchalis*)提出其在自然及都市地景的繁殖結果，應可突破此類研究的侷限性，引發更多不同氣候下不同習性鳥種的都市化影響研究。五色鳥為臺灣特有種(Feinstain et al. 2008)，屬於啄木鳥目(Piciformes)、擬鴛科(Megalaimidae)之*Psilopogon*屬(del Hoyo et al. 2014)，廣泛分布於全台中低海拔，常見於闊葉林、次生林之樹冠層活動，亦出現於都市綠地(Koh and Lu 2009, Lin et al. 2010)。五色鳥屬於一級洞巢者(Primary cavity nester)，自3月底開始在樹木築洞繁殖，於8月下旬結束繁殖活動(何玉蟬 1990)。由於繁殖期間在巢洞中產卵、育雛，並不容易直接觀察，過往五色鳥的繁殖生物學僅有少量且短時間資料(何玉蟬 1990, Lin et

al. 2010, 葛兆年等 2012)。葛兆年等(2012, 2013)比較個別年份中陽明山地區及台北植物園(分別代表自然及都市地景)五色鳥族群的繁殖結果,發現前者五色鳥繁殖受到捕食的影響較多,以及後者可利用的昆蟲量較少、親鳥餵食幼鳥昆蟲頻率較低、幼鳥生長較緩慢、夭折占離巢失敗比例較高等。本研究目的在於調查及比較自然與都市地景中五色鳥族群的繁殖成功率,了解是否分別有不同的繁殖失敗的原因,以及其與都市化的關係,同時探討天敵捕食及食物資源對兩地繁殖可能造成的限制。

材料與方法

一、樣區設置

選定陽明山地區(121.54808E, 25.15825N, 中國童子軍陽明山活動中心內),以及台北植物園(121.51018E, 25.031834N)與其周邊 200 m 之行道樹為調查樣區,分別代表自然環境以及都市綠地之棲地類型(葛兆年等 2013)。兩樣區內皆有穩定之五色鳥族群。陽明山樣區佔地約 6 ha, 海拔約 520 至 570 m, 區內主要樹種為相思樹(*Acacia confuse* Merr.)及紅楠(*Machilus thunbergii* Sieb. & Zucc.)、青剛櫟(*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb. ex Murray) Oerst.)等該區域之原生優勢物種,另外尚有柳杉(*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don)、杜鵑(*Rhododendron* sp.)及楓香(*Liquidambar formosana* Hance)等人工栽植樹種;台北植物園面積約 8 ha, 海拔約 15 m, 富涵多樣植物資源,收集植物種類超過 2,000 種(葛兆年等 2012)。

二、巢洞尋找與觀察

2011-2013 年連續 3 年,自 3 月接近五色鳥繁殖期開始,分別於陽明山及台北植物園樣區以步行方式尋找五色鳥個體及其巢洞。尋獲巢洞後記錄位置,並定期以連接於長桿上之針孔型內視鏡觀察巢洞內變化及五色鳥利用巢洞的情形。若有繁殖則觀察並記錄其窩卵數、

雛鳥破殼日、雛鳥數等繁殖資料,同時以監視器材輔助,追蹤五色鳥繁殖失敗的原因。雛鳥離巢日及離巢數等繁殖狀況則以望遠鏡在不干擾其活動之距離下觀察並記錄。

三、資料處理與分析

因繁殖資料取得困難,各年所獲得的繁殖資訊有限,因此將 2011-2013 年在兩樣區分別收集的繁殖資料合併統計,以得兩地之繁殖成功率等結果。繁殖成功率分為卵期、雛期及全期,卵期成功率(%) = 鳥對之雛鳥數 / 窩卵數 × 100, 雛期成功率(%) = 鳥對之離巢雛鳥數 / 雛鳥數 × 100, 全期成功率(%) = 鳥對之離巢雛鳥數 / 窩卵數 × 100。卵期繁殖失敗原因分為未孵化:同一窩中有幼鳥已孵化,但有卵沒有破殼,次天之後該卵消失;被捕食:同一窩所有卵在同天消失;天候影響:卵泡在水裡;親鳥未回:親鳥未出現在窩內或窩外附近,卵被遺棄窩內;不明:卵消失但未能確定歸因於以上任何一項原因。雛期繁殖失敗原因分為夭折:幼鳥逐漸衰弱、少活動,最後死在窩內或消失;被捕食:同一窩所有幼鳥在同天消失;天候影響:窩受強風侵襲毀壞,幼鳥被遺棄窩內;親鳥未回:親鳥未出現在窩內或窩外附近,幼鳥被遺棄窩內;人為干擾:巢洞被工具鋸開,所有幼鳥消失;不明:幼鳥消失但未能確定歸因於以上任何一項原因。使用 Wilcoxon 無母數分析比較兩樣區之繁殖成功率等之差異,以及卡方檢定比較兩樣區繁殖失敗原因所佔比例之差異。

結果

在 2011-2013 年共 3 年之繁殖期間,陽明山樣區記錄 80 窩五色鳥繁殖,台北植物園樣區記錄 51 窩。陽明山的繁殖窩卵數(3.69)顯著高於台北植物園(3.11, $p < 0.001$, $n = 123$),但台北植物園的全期繁殖成功率(36.85%),顯著高於陽明山(22.42%, $p = 0.015$, $n = 122$, 表 1)。

卵期的成功率在兩地沒有差異 ($p = 0.703$,

n = 123)，台北植物園孵化的雛鳥數少於陽明山但未達顯著差異 ($p = 0.057$, $n = 127$)；雛期的成功率則是台北植物園顯著高於陽明山 ($p = 0.016$, $n = 89$)，成功離巢的雛鳥數亦為植物園顯著較多 ($p = 0.015$, $n = 127$)。

卵期的繁殖失敗主因在台北植物園為未孵化(48.98%)，陽明山則為被捕食(62.24%)；雛期的繁殖失敗主因在台北植物園為夭折(65.79%)，陽明山還是被捕食(82.30%) (表 2)。卵期失敗原因中之親鳥未回樣本數較少，故將其與失敗原因不明的資料合併為其他類別，雛期失敗原因中之人為干擾樣本數較少，將人為干擾和失敗原因不明的資料合併為其他類別。兩地在卵期的繁殖失敗原因明顯不同 ($\chi^2 = 44.54$, $df = 3$, $p < 0.001$)，雛期亦不相同 ($\chi^2 = 91.09$, $df = 4$, $p < 0.001$)。

討論

一、捕食限制假說

3 年的調查結果指明，1 個自然地景中的五色鳥族群，其繁殖成功率低於都市族群。有趣的是，許多有關都市化影響鳥類繁殖成功率的研究，得到自然棲地族群有較高的繁殖成功率(Mennechez and Clergeau 2006, Seress *et al.* 2012, Bailly *et al.* 2015)，可能原因包括都市食物較少、競爭較多、天敵較多等(Chace and Walsh 2006, Chamberlain *et al.* 2009)，與本研究結果不同。本研究發現五色鳥繁殖在陽明山遭受很大的捕食壓力，不論是卵或雛鳥在巢階段，被捕食皆是導致繁殖失敗的主因。而且造成陽明山五色鳥族群的全期繁殖成功率小於植物園，差異來源就在於前者雛鳥較多被捕食，雛鳥離巢的成功率較低。

蛇類應是主要的捕食者(葛兆年等 2012)，我們在陽明山童軍中心曾數次目擊蛇類在五色鳥繁殖巢洞附近活動，包括眼鏡蛇(*Naja atra*)、青蛇(*Cyclophiops major*)、過山刀(*Zaocys dhumnades*)、紅斑蛇(*Dinodon rufozonatum*)及臭青公(*Elaphe carinata*)，監視

器亦拍攝到臭青公進入五色鳥巢洞捕食幼鳥，應可以確定整窩卵或幼鳥的消失是被蛇吃掉。被捕食的案例有 62% (93/151)發生於雛期，表示五色鳥子代在雛期的被捕食壓力大於卵期，這可能是因為雛期親鳥活動如餵食、驅趕入侵者等頻繁，引來蛇類而導致繁殖失敗(Thompson *et al.* 1999, Martin *et al.* 2000, Stake *et al.* 2005)。不同於陽明山，蛇類很少在植物園目擊，猜測植物園位於市區且遊客眾多，故蛇類相對稀少，對五色鳥的捕食壓力相對小的多。

除蛇類以外，目前確定植物園捕食者僅有赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)，但是赤腹松鼠體型大於五色鳥，需要破壞其巢洞入口才可捕食巢洞中的卵或雛鳥，因此赤腹松鼠能成功捕食五色鳥的機率不大。無主的流浪貓經調查在植物園有固定數量(山夢嫻 2016)，這些流浪貓大部分以植物園為家，2015 年在園區每月平均記錄 20 隻。貓是鳥類的潛在捕食者，據估計美國(不含阿拉斯加州及夏威夷州)每年有 14-37 億隻鳥被貓殺死，其中有 69%是死於無主的流浪貓(Loss *et al.* 2013)。此項經由系統性文獻蒐集並量化貓殺死鳥類估值的研究指出，流浪貓可能造成美國大量的非自然死亡鳥類，並建議立法降低這樣巨大的衝擊。作者曾在植物園目擊貓捕食地面鳥類，以及上樹追趕在樹林間活動的鳥類，應該影響了植物園的鳥類數量。貓對於經常在冠層活動的鳥類如五色鳥等，相對干擾較小，但其對於剛離巢在低層活動的幼鳥而言，貓仍然是有威脅性的捕食者。未來將追蹤觀察巢後期的五色鳥幼鳥，了解巢後期幼鳥的存活率及捕食等因素對存活率的影響，同時建議貓與其他野生動物在都市生態系中的互動應有所監測及調查，可擴大探究都市生物多樣性的變動及其影響機制。

二、食物限制假說

五色鳥族群的繁殖窩卵數，3 年調查結果為植物園小於陽明山。窩卵數較少或幼鳥體重較輕等都市化對鳥類繁殖表現產生的影響已

表 1. 2011-2013年陽明山地區及台北植物園五色鳥之窩卵數、雛鳥數、離巢幼鳥數及繁殖成功率之平均值 \pm SD，以及各項Wilcoxon統計值及顯著水準值

	陽明山地區	台北植物園	Wilcoxon	
	mean \pm SD (n)	mean \pm SD (n)	Z 值	p 值
窩卵數	3.69 \pm 0.69 (77)	3.11 \pm 0.53 (46)	5.12	<0.001
雛鳥數	2.42 \pm 1.76 (79)	2.08 \pm 0.23 (48)	1.90	0.057
離巢幼鳥數	0.87 \pm 1.51 (78)	1.31 \pm 1.26 (49)	-2.43	0.015
卵期成功率	63.92 \pm 45.09 (77)	63.77 \pm 41.17 (46)	0.38	0.703
雛期成功率	36.2 \pm 46.58 (54)	60.24 \pm 41.77 (35)	-2.42	0.016
全期成功率	22.42 \pm 39.07 (77)	36.85 \pm 38.78 (45)	-2.44	0.015

表 2. 2011-2013年陽明山地區及台北植物園五色鳥卵期及雛期繁殖失敗原因及比例，以及卡方分析統計值、自由度及顯著水準值

	陽明山地區(n)	台北植物園(n)	卡方分析		
			χ^2 值	自由度	p 值
卵期			44.54	3	<0.001
未孵化	14.29% (14)	48.98% (24)			
被捕食	62.24% (61)	6.12% (3)			
天候影響	9.18% (9)	12.24% (6)			
其他	14.29% (14)	32.65% (16)			
雛期			91.09	4	<0.001
夭折	2.65% (3)	65.79% (25)			
被捕食	82.30% (93)	7.89% (3)			
天候影響	3.54% (4)	13.16% (5)			
親鳥未回	7.08% (8)	5.26% (2)			
其他	4.42% (5)	7.89% (3)			

被明確指出(Chamberlain *et al.* 2009)。Martin (1987)指出環境可提供之食物資源量通常會限制鳥類繁殖之窩卵數，食物資源不夠，親鳥將無法供應幼鳥所需，因此親鳥調控窩卵數以維持其繁殖成功率。葛兆年等(2013)調查兩地的環境昆蟲量，發現台北植物園環境中五色鳥可利用的昆蟲數量少於陽明山。故我們認為植物園可利用昆蟲量較少，以及五色鳥有較少的窩卵數，符合上述之食物資源限制假說。夭折是植物園幼鳥離巢失敗主因，亦可能與食物限制有關。昆蟲為五色鳥幼鳥生長的關鍵食物(張靖，葛兆年 2014)，因此植物園五色鳥幼鳥夭折的原因可能是因為園區的昆蟲多樣性及數量較低，不似陽明山有較多的螳螂目、直翅目、竹節蟲目及蜚蠊目等昆蟲(葛兆年等 2013)，造成五色鳥幼鳥生長遲緩甚至夭折。

兩地鳥卵未孵化比例的差異，亦可能與環境的食物資源量不同有關。鳥類在產卵前所能取得的食物對產卵的影響，已由人工補充食物

試驗證實：若親鳥獲得補充食物，其所產下的卵會較大或較重於沒有補充食物或補充營養較低食物的對照組(Selman and Houston 1996, Ramsay and Houston 1997)。較大的卵通常有較高的孵化成功率(Martin 1987, Croxall *et al.* 1992)，因此環境中的食物資源間接影響卵能否順利孵化。再者，當環境可取得食物資源量較多時，親鳥花較少時間取得所需食物，親鳥在巢照顧時間較多，卵的溫度較穩定，可能因而有較高的孵化成功率(Martin 1987)。因此食物對卵不但有影響，而且是藉由不只一種機制影響卵的存活。陽明山及植物園樣區中五色鳥可利用的昆蟲種類，數量上前者大於後者(葛兆年等 2013)，故我們猜測在植物園繁殖的五色鳥較難取得所需食物資源，可能是讓其卵較不易成功孵化的原因。

其次，陽明山五色鳥卵未能孵化的可能性，似乎因捕食在前而被稀釋掉。卵被捕食的平均日齡(6.7 日，n = 53)早於無法孵化而被親

鳥移除的日齡(14.4 日, $n = 5$)，卵若被捕食在先，可能降低了稍後卵無法孵化的發生機率。因此目前不能排除陽明山因卵被捕食率較高，使得無法孵化的比例較低的可能性。未來將在陽明山五色鳥的繁殖巢樹上安裝防爬裝置，排除蛇類接近五色鳥巢洞，可得知陽明山五色鳥其他繁殖失敗原因的相對頻率，尤其是無法孵化的比例，並與植物園同步比較，了解都市與自然環境不同族群卵的孵化命運，探討人工化環境對五色鳥卵孵化的影響。

三、都市棲地管理

本研究結果顯示，對五色鳥而言，都市環境可能具有較少的捕食者(蛇類)，同時繁殖所需食物資源亦較少的特性。都市公園綠地在人為經營管理下可以降低蛇類捕食導致繁殖失敗的比例，但也可能因為定期除蟲除草等作業而影響到鳥類可利用的食物資源。在都市綠地的經營管理上，人們通常著重於景觀管理與害蟲防治，無脊椎生物多樣性研究相當少(McIntyre 2000)。昆蟲與其他無脊椎動物是許多生物的食物來源，建議在不影響安全性的情況下，盡可能種植更多樣且更為自然的植被環境，如增加可能的宿主植物(Helden and Leather 2004)、增加地表植被的高度(Lagerlöf and Wallin 1993)等。前人研究指出，汙染也會間接影響到無脊椎動物族群量。一旦植群結構受到影響，也會連帶影響到上層食物鏈中的其他物種(Flückiger *et al.* 2002)，汙染越嚴重，無脊椎動物的生物多樣性會越低(McIntyre 2000)。故我們建議公園綠地管理時降低使用殺蟲劑、除草劑的頻度，減少不必要的人為干擾，為都市野生動物營造較為適合的生存環境。

誌謝

本研究承行政院農業委員會林業試驗所 100 農科-8.2.1-森-G8，101 農科-13.5.2-森-G2，以及 102 農科-13.5.7-森-G1 科技計畫經費補

助，鄭惟仁先生，羅英元先生，陳銘瑄先生，葉耕帆先生，黃尹宣小姐，陳柏因小姐協助五色鳥繁殖調查，特此致謝。林業試驗所台北植物園及財團法人中華民國童子軍陽明山活動中心提供研究樣區及電力等後勤支援，特此一併感謝。

引用文獻

- 山夢嫻。2016。在都市推行街貓友善照護行動方案(TCCP)之成效及背後的教育意涵—以南海の貓社群為例。林業研究專訊 23(2):33-36。
- 何玉蟬。1990。陽明山國家公園五色鳥之生物學研究。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文，58 頁。
- 張靖、葛兆年。2014。食物中昆蟲量是否影響五色鳥(*Megalaima nuchalis*)幼鳥生長速度?國家公園學報 24(2):57-64。
- 葛兆年、許詩涵、鄭惟仁、陳銘瑄、黃尹宣、葉耕帆、張靖、羅英元。2013。環境昆蟲量對五色鳥(*Megalaima nuchalis*)幼鳥生長與存活之影響。台灣生物多樣性研究 15(3):185-195。
- 葛兆年、羅英元、許詩涵、鄭惟仁、黃尹宣、黃文伯。2012。陽明山五色鳥(*Megalaima nuchalis*)繁殖生物學。國家公園學報 22(2):1-7。
- Aldrich JW and RW Coffin. 1980. Breeding bird populations from forest to suburbia after thirty seven years. *American Birds* 34:3-7.
- Antonov A and D Atanasova. 2003. Small-scale differences in the breeding ecology of urban and rural Magpies *Pica pica*. *Ornis Fennica* 80:21-30.
- Bailly J, R Scheifler, S Berthe, V Clément-Demange, M Leblond, B Pasteur and B Faivre. 2015. From eggs to fledging: negative impact of urban habitat on reproduction in two tit species. *Journal of Ornithology* 157:377-392.
- Beckerman AP M Boots and KJ Gaston. 2007. Urban bird declines and the fear of cats. *Animal Conservation* 10(3):320-325.
- Beissinger SR and DR Osborne. 1982. Effects of urbanization on avian community organization.

- Condor* 84:75-83.
- Bolger DT, AC Alberts, RM Sauvajot, P Potenza, C McCalvin, D Tran, S Mazzoni and ME Soule. 1997. Response of rodents to habitat fragmentation in coastal southern California. *Ecological Applications* 7:552-563.
- Bowman R and GE Woolfenden. 2001. Nest success and the timing of nest failure of Florida Scrub-Jays in suburban and wildland habitats. pp. 383-402. In *JM Marzluff, R. Bowman and R. Donnelly (eds.) Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic Press, Norwell, Massachusetts.
- Burke DM and E Nol. 1998. Influence of food abundance, nest-site habitat, and forest fragmentation on breeding ovenbirds. *Auk* 115:96-104.
- Chace JF and JJ Walsh. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and urban planning* 74(1):46-69.
- Chamberlain DE, AR Cannon, MP Toms, DI Leech, BJ Hatchwell and KJ Gaston. 2009. Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis. *Ibis* 151(1):1-18.
- Crooks KR and ME Soulé. 1999. Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature* 400:563-566.
- Croxall JP, P Rothery and A Crisp. 1992. The effect of maternal age and experience on egg-size and hatching success in Wandering Albatrosses *Diomedea exulans*. *Ibis* 134.3:219-228.
- del Hoyo J, NJ Collar, DA Christie, A Elliott and LDC Fishpool. 2014. HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World. Lynx Edicions BirdLife International.
- Elmen JT. 1974. An urban bird community in Tucson, Arizona: derivation, structure, regulation. *Condor* 76:184-197.
- Feinstein J, X Yang and SH Li. 2008. Molecular systematics and historical biogeography of the Black-browed Barbet species complex (*Megalaima oorti*). *Ibis* 150(1):40-49.
- Flückiger W, S Braun and E Hiltbrunne. 2002. Effects of air pollutants on biotic stress. pp. 379-406. In *Bell JNB and M Treshow (eds.), Air pollution and plant life*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, England.
- Haskell DG, AM Knupp and MC Schneider. 2001. Nest predator abundance and urbanization. pp. 243-258. In *JM Marzluff, R. Bowman and R. Donnelly (eds.) Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic Press, Norwell, Massachusetts.
- Helden AJ and SR Leather. 2004. Biodiversity on urban roundabouts – Hemiptera, management and the species-area relationship. *Basic and Applied Ecology* 5:367-377.
- Jerzak L. 2001. Synurbanization of the Magpie in the Palearctic. pp. 403-425. In *JM Marzluff, R. Bowman and R. Donnelly (eds.) Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic Press, Norwell, Massachusetts.
- Koh CN and FC Lu. 2009. Preliminary investigation on nest-tree and nest-cavity characteristics of the Taiwan Barbet in Taipei Botanical Garden. *Taiwan Journal of Forest Science* 24(3):213-219.
- Lagerlöf J and H Wallin 1993. The abundance of arthropods along two field margins with different types of vegetation composition: an experimental study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 43:141-154.
- Lancaster RK and WE Rees. 1979. Bird communities and the structure of urban habitats. *Canadian Journal of Zoology* 57:2358-2368.
- Langen TA, DT Bolger and TJ Case. 1991. Predation on artificial bird nests in chaparral fragments. *Oecologia* 86:395-401.
- Lepczyk CA, AG Mertig and JG Liu. 2003. Landowners and cat predation across rural-to-urban landscapes. *Biological Conservation* 115:191-201.
- Lin SY, FC Lu, FH Shan, SP Liao, JL Weng, WJ Cheng and CN Koh. 2010. Breeding biology of the Taiwan Barbet (*Megalaima nuchalis*) in Taipei Botanical Garden. *The Wilson Journal of Ornithology* 122:681-688.
- Loss SR, T Will and PP Marra. 2013. The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature communications* 4:1396.
- Martin TE. 1987. Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Annual Review Ecological System* 18:453-487.
- Martin TE, J Scott and C Menge. 2000. Nest predation increases with parental activity: separating nest site and parental activity effects. *Proceedings of the Royal Society of London B* 267:2287-2293.
- Marzluff JM. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. pp. 19-47. In *Marzluff JM, R Bowman and R Donnelly (eds.), Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Kluwer Academic Press, Norwell, Massachusetts.
- Marzluff JM, KJ McGowan, R Donnelly and RL Knight. 2001. Causes and consequences of expanding American Crow populations. pp. 331-363. In *Marzluff JM, R Bowman and R Donnelly (eds.) Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. Kluwer Academic Press, Norwell, Massachusetts.
- McIntyre NE. 2000. Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Annals of the Entomological Society of America* 93(4):825-835.
- Mennechez G and P Clergeau. 2006. Effect of urbanization on habitat generalists: starlings not so flexible? *Acta Oecol* 30:182-191.
- Mills GS, JB Dunning Jr and JM Bates. 1989. Effects of urbanization on breeding bird community structure in southwestern desert habitats. *Condor* 91:416-428.
- Peach WJ, KE Vincent, JA Fowler and PV Grice. 2008. Reproductive success of house sparrows along an urban gradient. *Animal Conservation* 11(6):493-503.

- Ramsay SL and DC Houston. 1997. Nutritional constraints on egg production in the blue tit: a supplementary feeding study. *Journal of Animal Ecology* 66:649-657.
- Richner H. 1989. Habitat-specific growth and fitness in Carrion Crows (*Corvus corone corone*). *Journal of Animal Ecology* 58:427-440.
- Rodewald AD, LJ Kearns and DP Shustack. 2011. Anthropogenic resource subsidies decouple predator – prey relationships. *Ecological Application* 21:936-943.
- Selman RG and DC Houston. 1996. The effect of prebreeding diet on reproductive output in zebra finches. *Proceedings of Royal Society of London B* 263:1585-1588.
- Seress G, V Bókonyi, I Pipoly, T Szép, K Nagy and A Liker. 2012. Urbanization, nestling growth and reproductive success in a moderately declining House sparrow population. *Journal of Avian Biology* 43:403-414.
- Shawkey MD, R Bowman and GE Woolfenden. 2004. Why is brood reduction in Florida scrub-jays higher in suburban than in wildland habitats? *Canadian Journal of Zoology* 82(9):1427-1435.
- Sorace A. 2002. High density of bird and pest species in urban habitats and the role of predator abundance. *Ornis Fennica* 79:60-71.
- Stake MM, FR, III Thompson, J Faaborg and DE Burhans. 2005. Patterns of snake predation at songbird nests in Missouri and Texas. *Journal of Herpetology* 39:215-222.
- Thompson FR, III, W Dijk and DE Burhans. 1999. Video identification of predators at songbird nests in old fields. *Auk* 116: 259-264.
- Thorington KK and R Bowman. 2003. Predation rate on artificial nests increases with human housing density in suburban habitats. *Ecography* 26:188-196.