

食物中昆蟲量是否影響五色鳥(*Megalaima nuchalis*) 幼鳥生長速率？

張靖¹，葛兆年^{1,2}

¹ 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組；² 通訊作者 e-mail: nien@tfri.gov.tw

[摘要] 都市化對鳥類繁殖產生影響，普遍認為食物資源是影響鳥類在都市地區繁殖表現不同於自然環境的重要因子。過去由繁殖影像監測得知五色鳥幼鳥在都市棲地發育較為遲緩，本研究自都市及自然棲地取得 16 隻小於 16 日齡的五色鳥幼鳥，得到幼鳥的初始體重、嘴長及嘴以上頭長，皆以都市棲地較小，初步證實都市棲地的五色鳥幼鳥生長較為緩慢。我們以昆蟲少於 30%、等於 50% 及多於 70% 等 3 種不同食物比例操作幼鳥餵食試驗 12 日，發現食物中昆蟲比例會影響幼鳥生長速率：昆蟲比例低於 30% 時，幼鳥在初始體重、嘴長及嘴以上頭長之增加較慢；當昆蟲比例在 50% 及以上時，兩者各項部位之增加速率沒有差異。在不考慮餵食因素的情形下，都市棲地的幼鳥嘴喙長得比自然棲地慢，推測五色鳥幼鳥嘴喙生長速率有來自族群的影響，後續需要擴大五色鳥幼鳥來源進行餵食試驗加以確認。本研究證實昆蟲為五色鳥幼鳥生長的關鍵食物，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：生長速率、幼鳥、昆蟲、都市、五色鳥

Does the Amount of Insects in Food Affect the Nestling Growth Rate of Taiwan Barbet (*Megalaima nuchalis*)?

Ching Chang¹ and Chao-Nien Koh^{1,2}

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

ABSTRACT Urbanization with its extensive modification of the landscape has profound impacts on avifaunas. Food resource is generally considered to play an important role in different breeding performances between avian populations in urban and natural areas. An earlier study found a slower nestling growth of Taiwan barbet (*Megalaima nuchalis*) in the urban habitat than the natural habitat, which was observed in a video monitoring the bird's breeding. We collected 16 nestlings younger than 16 days from urban and natural habitats. The initial body weights, bill lengths, and head lengths above the bill of nestlings from urban habitats were all less than those from natural habitats. The result indicated that nestlings of Taiwan barbet from urban areas might grow slower than those from natural habitats. During 12 days of the feeding experiment, nestlings were divided to three groups and fed with food containing more than 70%, 50% and less than 30% insects, respectively. Nestlings fed with less than 30% insects grew significantly slower in terms of the body weight, bill length, head length above the bill than those fed with 50% or more insects; however, the growth rates of the

latter two feeding groups appeared no significant differences. The result demonstrates that nestling growth rate will be affected by food containing less than 30% insects. The urban nestling's bill grew slower than those from natural habitats. The different growth rate of the nestling's bill may be affected by population since the feeding's influence was controlled. We need to collect more nestlings from more sources to understand the effects of population on nestling growth. The study identifies that insects are a vital food resource for nestling growth of Taiwan barbet. To enhance insect abundance in urban green space, appropriate habitat management is needed, and any damage to the insect community and its habitat should be prevented.

Key words: growth rate, nestling, insect, urban, Taiwan barbet

前言

都市化(urbanization)可定義為人類的存在與工業設施及其相關的影響(Cringan and Horak 1989, Marzluff 1997)。近年來，快速的都市化改變地景，不同於原始環境的都市景觀對野生動物也產生了影響(Peterson *et al.* 2007)。快速改變地景的結果會影響鳥類群聚、數量以及其多樣性，同時也會影響個體的體型、身體狀況及繁殖表現(Marzluff 2001)。影響都市鳥類繁殖的可能原因包括噪音、空氣、毒物污染、食物資源、原始植被的變動、棲地破碎化、捕食者的改變、人為干擾等(Marzluff and Rodewald 2008, Peace *et al.* 2008)。都市化對鳥類的影響沒有一致的結論，有些鳥類在都市環境族群密度較高(Withey and Marzluff 2005)，有些族群密度則是降低甚或是滅絕(Wilcove 1985, Donnelly and Marzluff 2006)。雖然普遍認為在都市地區的被捕食壓力較小，但是外來種的引入如家貓也是都市地區鳥類族群潛在的掠食者(Lepczyk *et al.* 2003, Thorington and Bowman 2003, Beckerman *et al.* 2007)。

食物資源一般認為是影響都市地區鳥類繁殖表現不同於自然環境的重要因子(Chace and Walsh 2006)。人為提供的食物雖然可以成為都市地區鳥類的食物來源(Marzluff *et al.* 2001)，甚至能提供鳥類度冬所需、使鳥類提早產卵，但是人為提供的食物來源並不適用於所有鳥類，相較於雜食以及穀食性的鳥類來說，果食性鳥類能獲得的食物資源較少，都市

化似乎傾向偏好雜食、穀食以及洞巢鳥類(Kluza *et al.* 2000, Chace and Walsh 2006)。McIntyre (2000)回顧過去研究指出，都市地區的節肢動物量較少，而節肢動物是許多鳥類幼鳥的關鍵食物來源，因此都市地區鳥類繁殖成功率較低可能與節肢動物量的不足有關。Shawkey 等人(2004)也指出，節肢動物量的差異造成了北美叢鴉(*Aphelocoma coerulescens*)郊區族群的幼鳥死亡率較鄉村地區高。雖然親鳥會改變其覓食策略以因應都市地區食物資源不足的現象(Tremblay *et al.* 2003, 2005)，但是天然食物的缺乏，仍然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(Mennechez and Clergeau 2006, Chamberlain *et al.* 2009)。Chamberlain 等人(2009)蒐集並比較以往有關都市與非都市地區的鳥類繁殖研究結果，發現大山雀(*Parus major*)等 10 種鳥類中有 9 種幼鳥體重在都市地區比非都市地區輕，作者認為有這樣的差異，主要是前種地景中符合幼鳥需要的食物量較少的緣故。惟以上研究地區大多在溫帶的歐、美洲，相形之下亞熱帶與熱帶極缺乏類似研究。

五色鳥屬於亞洲鴛鬚科(Megalaimidae)亞洲擬鴛屬(*Megalaima*)，為臺灣特有種(Feinstain *et al.* 2008)，廣泛分布於全台中低海拔，常見於闊葉林、次生林或都市綠地之樹冠層活動(Koh and Lu 2009, Lin *et al.* 2010)，其身體為翠綠色，保護色良好。五色鳥屬於一級巢洞者(Primary cavity nester)，會在枯立木或生立木上的枯枝部位打洞做巢，自 3 月底開始

築繁殖巢，於 8 月下旬結束繁殖活動(何玉蟬 1990)。五色鳥成鳥雖為完全的果食性鳥類，但於繁殖季仍會捕食昆蟲餵食幼鳥以提供生長所需的蛋白質(葛兆年等 2012, 2013)。像是陽明山山區及位於都市的台北植物園，五色鳥親鳥於繁殖季餵食昆蟲的比例皆不低，分別為 62.7% 及 30.8% (葛兆年等 2012)。

葛兆年等(2013)進一步研究發現，相對於陽明山山區，台北植物園的五色鳥族群可利用的昆蟲量較少、親鳥餵食昆蟲頻率較低、幼鳥生長較緩慢、夭折佔離巢失敗比例較高，以及幼鳥體型差異較大的繁殖窩有較低的餵食昆蟲頻率及較易發生夭折，故推測台北植物園幼鳥的發育情形較差乃由於食物中昆蟲較少造成。本研究蒐集台北植物園及陽明山山區兩地在巢幼鳥，施以人工餵食幼鳥食物含不同比例昆蟲之試驗，旨在驗證以下三項預期：兩地幼鳥生長速度不同，幼鳥生長速度與食物之昆蟲比例有關，以及幼鳥生長速度與族群無關。

材料與方法

一、試驗材料：

選定台北植物園(121.51018E, 25.031834N)及陽明山地區(中國童子軍陽明山活動中心內)(121.54808E, 25.15825N)為調查樣區，分別代表都市綠地以及自然環境之棲地類型(葛兆年等 2013)。自 102 年 4 月份開始，以步行方式於兩樣區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，記錄正在繁殖的巢洞，待幼鳥生長至 10-11 日齡即將幼鳥帶回，飼養於 26-28°C 定溫控制且不見光之恆溫箱中。

二、試驗設計及處理：

五色鳥幼鳥帶回後先測量其初始體重、嘴長、頭長、跗趾長等生長形質；俟其進食狀況穩定，開始餵食試驗。餵食量以相對夭折率低的陽明山幼鳥所得食物量為設定值。陽明山每

隻幼鳥每小時獲得的食物量(以 g 為單位)為 2.5 嘴喙體積(以 ml 為單位)，推算白天 12 hr 共獲得 30 嘴喙體積的餵食量(葛兆年 未發表資料)。餵食食物組成參考陽明山山區幼鳥食物中昆蟲與果實比例約為 70/30 (葛兆年 未發表資料)，但本研究擴大食物比例差距，將餵食分為蟲多組、中間組及蟲少組，其昆蟲/果實之體積比分別為 80/20、50/50、20/80，我們先以五色鳥嘴喙體積為基準，轉換為相等體積之昆蟲隻數及果實毫升數，得到每一嘴喙體積對應昆蟲隻數及果實毫升數後秤重，得到每嘴長對應之昆蟲隻數以及果實毫升數的重量，再依每日獲得之食物量體積回推每日應餵食重量，各試驗組每一隻個體每日獲得之 30 嘴喙體積之食物重量如表 1。為求食物的多樣性，昆蟲組成以蟋蟀與螳螂為主，麵包蟲為輔，果實則以香蕉與木瓜泥各半組成。以上為批次 1 幼鳥(代號為 I)的食物配方，但由於試驗過程中部分個體出現仰頭、開嘴喘氣且骨骼發育普遍偏軟，將批次 2 及 3 幼鳥(代號為 II)食物調整如下：蟲多組之昆蟲/果實為 70/30，蟲少組之昆蟲/果實為 30/70，並以蟋蟀為主要餵食成分，螳螂與麵包蟲此類富含油脂的蟲種為輔。此外，批次 3 在食物中添加維生素粉及鈣粉以維持幼鳥正常生長所需。同一處理之每一個體的餵食量均相同，且同一個體之每日餵食食物量也相同。

將三批次的幼鳥合併檢測幼鳥在不同食物組成的餵食下，其體重、嘴長、嘴以上頭長、跗趾長等生長形質是否有所不同。台北植物園及陽明山的幼鳥隨機分配至蟲多組、中間組及蟲少組處理。試驗自早上 8 點開始至下午 6 點結束，每兩小時餵食一次，實驗持續進行 12 天。幼鳥體重固定於每日早晨測量記錄；為避免過度干擾，幼鳥之嘴長、頭長及跗趾長於每兩日傍晚前測量記錄，以上並佐以拍照記錄。

三、資料分析：

使用 t test 比較兩樣區幼鳥之初始體重等資料是否有所不同。其中頭長拿掉嘴長，改為

表 1. 五色鳥幼鳥餵食試驗各組每日獲得成分重量(單位：g)

種類	蟲多 I	蟲少 I	中間 I	蟲多 II	蟲少 II	中間 II
蟋蟀	7.28	1.82	4.55	9.56	4.10	6.83
蟑螂	6.08	1.52	3.8	5.32	2.28	3.80
麵包蟲	2.24	0.56	1.4	0.98	0.42	0.70
木瓜	4.2	16.8	10.5	6.3	14.7	10.5
香蕉	3.6	14.4	9	5.4	12.6	9

嘴以上頭長來代表頭部生長資料，以避免嘴長對頭長之影響。除比較不同試驗處理間幼鳥體重等形質的增加速率以外，我們將幼鳥帶回當天的初始體重、嘴長、嘴以上頭長以及幼鳥來源、幼鳥日齡、配方比例、有無添加維生素及鈣粉等因子一併加入模型中，使用向前逐步迴歸(forward stepwise regression) 決定最終留在模型內的因子。若有顯著差異，則使用 t test 與 Tukey HSD test 事後分析比較組間之異同。使用 JMP (v. 11 SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.)進行資料分析。

結果

一、幼鳥初始體重、嘴長、嘴以上頭長及跗蹠長

帶回的 16 隻幼鳥中，批次 1 為台北植物園帶回 10-11 日齡的一窩幼鳥 3 隻、陽明山山區一窩 4 隻；批次 2 為陽明山山區巢洞遭颱風吹折損毀帶回的一窩 16 日齡幼鳥 3 隻；批次 3 則為從兩樣區帶回 10-11 日齡的幼鳥各一窩共 6 隻。除了體重最輕的個體(17 g，台北植物園，批次 3)在帶回隔日死亡，其餘個體在 12 天的試驗期間順利存活。

比較兩樣區 10-11 日齡幼鳥的初始體重，台北植物園幼鳥之平均值(\pm SD)為 29.00 ± 9.05 g (n= 6)，顯著低於陽明山山區幼鳥 43.83 ± 6.50 g (n= 7) ($t = 3.34$, $df = 8.94$, $p = 0.009$)；嘴以上頭長也是前者 20.68 ± 1.85 mm (n = 6)，顯著低於後者 23.05 ± 1.45 mm (n= 7) ($t=2.53$, $df = 9.46$, $p = 0.03$)，顯示台北植物園育雛中的幼鳥生長狀況不如陽明山山區。幼鳥初始嘴長也是台北植物園 12.32 ± 0.99 mm (n = 6) 小於陽明山山區 12.81 ± 0.54 mm (n=7)，但未

達顯著差異($t = 1.07$, $df = 7.50$, $p = 0.32$)。五色鳥幼鳥跗蹠的測量曾發生最新測量值小於前次測量值的狀況，乃因幼鳥跗蹠有白色顆粒狀突起，不利於跗蹠關節之判定，而造成較大的測量誤差，故跗蹠長未予分析。

二、每日增加體重

不同處理的幼鳥其每日增加體重不同(F test, $p < 0.001$)，蟲少組幼鳥少於中間組及蟲多組每日增加的體重(Tukey HSD, $p < 0.001$)，蟲多組與中間組的每日增加體重則無顯著差異(Tukey HSD, $p = 0.10$) (表 2)。使用向前逐步迴歸分析後，除了餵食蟲量外，留下添加維生素與鈣及初始體重等兩項因子，3 項因子的半淨相關係數平方值(semipartial R^2)依序遞減(表 3)。添加維生素及鈣粉的幼鳥每日增加的體重較多(t test, $p = 0.002$)，初始體重越輕的幼鳥，其每日增加體重越多(t test, $p = 0.031$)。

三、每日增加嘴長

不同處理的幼鳥其每日增加嘴長有顯著差異(F test, $p = 0.004$)，蟲少組的每日增加嘴長顯著小於蟲多組及中間組(Tukey HSD, $p \leq 0.044$)，蟲多組與中間組則無顯著差異(Tukey HSD, $p = 0.354$) (表 2)。使用向前逐步迴歸分析後，留下添加維生素與鈣、餵食蟲量及幼鳥來源等 3 項因子，3 項因子的半淨相關係數平方值(semipartial R^2)依序遞減(表 4)。添加維生素及鈣粉的幼鳥每日生長嘴長較多(t test, $p < 0.001$)，來自台北植物園的五色鳥幼鳥嘴長長得較陽明山山區五色鳥幼鳥來的慢 (t test, $p = 0.045$)。

四、每日增加嘴以上頭長

表 2. 五色鳥幼鳥餵食試驗各組每日增加體重(g)、嘴長(mm)、嘴以上頭長(mm)之平均值±SD 及向前逐步迴歸分析統計值 F 及顯著水準 P

每日增加形質	蟲多組(n=5)	中間組(n=5)	蟲少組(n=5)	F	P
體重	2.83 ± 0.59 ^{a1}	2.06 ± 0.68 ^a	0.94 ± 0.40 ^b	34.36	< 0.001
嘴長	0.39 ± 0.08 ^a	0.33 ± 0.08 ^a	0.26 ± 0.09 ^b	28.95	0.004
嘴以上頭長	0.50 ± 0.09 ^a	0.51 ± 0.12 ^a	0.32 ± 0.10 ^b	4.11	0.002

¹不同英文字母代表以 Tukey HSD test 檢測組間平均值有顯著差異

表 3. 向前逐步迴歸分析後，餵食試驗處理及其他因子對五色鳥幼鳥每日增加體重之迴歸係數 b ± SE、統計值 t、顯著水準 P 及半淨相關係數平方值(各因子按向前逐步迴歸加入順序排列)

		每日增加體重 (n=15)				
		df	b ± SE	t	P	semipartial R ²
試驗組		2			< 0.001	0.700
	蟲多 ¹	1	1.76 ± 0.22	8.03	< 0.001	
	中間 ¹	1	1.24 ± 0.22	5.76	< 0.001	
添加維生素與鈣 ¹		1	0.81 ± 0.19	4.30	0.002	0.156
初始體重		1	- 0.03 ± 0.01	-2.52	0.031	0.056

¹蟲少組及未添加維生素與鈣粉為比較基礎值(baseline group)

表 4. 向前逐步迴歸分析後，餵食試驗處理及其他因子對五色鳥幼鳥每日增加嘴長之迴歸係數 b ± SE、統計值 t、顯著水準 P 值及半淨相關係數平方值(各因子按向前逐步迴歸加入順序排列)

		每日增加嘴長(n=15)				
		df	b ± SE	t	P	semipartial R ²
添加維生素與鈣 ¹		1	0.13 ± 0.02	5.38	< 0.001	0.420
試驗組		2			0.004	0.335
	蟲多 ¹	1	0.12 ± 0.03	4.39	0.001	
	中間 ¹	1	0.08 ± 0.03	2.82	0.018	
幼鳥來源(TBG) ¹		1	- 0.05 ± 0.02	-2.28	0.045	0.084

¹未添加維生素與鈣粉、蟲少組及幼鳥來源(陽明山)為比較基礎值(baseline group)

表 5. 向前逐步迴歸分析後，餵食試驗處理及其他因子對五色鳥幼鳥每日增加嘴以上頭長之迴歸係數 b ± SE、統計值 t、顯著水準 P 及半淨相關係數平方值(各因子按向前逐步迴歸加入順序排列)

		每日增加嘴以上頭長(n=15)				
		df	b ± SE	t	P	semipartial R ²
初始嘴以上頭長		1	- 0.03 ± 0.01	-4.18	0.002	0.646
試驗組		2			< 0.001	0.258
	蟲多 ¹	1	0.16 ± 0.03	6.23	< 0.001	
	中間 ¹	1	0.13 ± 0.03	4.43	0.001	
日齡 (16 日) ¹		1	- 0.08 ± 0.04	-2.03	0.070	0.028

¹蟲少組、日齡(10-11 日)為比較基礎值

結果顯示，蟲少組的每日增加嘴以上頭長顯著小於蟲多組及中間組(Tukey HSD, $p \leq 0.003$)，蟲多組與中間組則無顯著差異(Tukey HSD, $p = 0.516$) (表 2)。使用向前逐步迴歸分析後，留下初始嘴以上頭長、餵食蟲量及日齡等 3 項因子，3 項因子的半淨相關係數平方值(semipartial R²)依序遞減(表 5)。初始嘴以上頭長越小的個體，其每日嘴以上頭長增加越快(t

test, $p = 0.002$)；日齡較小的幼鳥，其每日嘴以上頭長也有長得較快的趨勢(t test, $p = 0.07$)。

討論

五色鳥繁殖影像監測記錄顯示台北植物園的在巢幼鳥，其後頸綠羽發育時間比陽明山區慢，作者推測台北植物園的五色鳥幼鳥可能

生長較慢(葛兆年等 2013)。本研究首次取得兩地相近日齡在巢幼鳥的確實形質資料，發現體重、嘴長及嘴以上頭長等皆以台北植物園顯著較小，可能代表五色鳥在都市棲地的生長速度慢於自然棲地。相較於 Chamberlain 等人(2009)有關都市與非都市地區的鳥類繁殖研究回顧，符合其發現多種幼鳥體重在都市地區比非都市地區輕之結果。

葛兆年等(2013)指出造成五色鳥幼鳥生長速度差異的原因應該是都市地區的可利用昆蟲量及親鳥餵食幼鳥昆蟲頻率小於自然地區。經由餵食試驗，本研究證實幼鳥食物中昆蟲比例低於 30%時，幼鳥的體重、嘴長及嘴以上頭長之生長皆較緩慢。而當昆蟲比例提升至 50%，幼鳥體重、嘴長及嘴以上頭長之增加速度與昆蟲佔多數時沒有明顯落差，表示在五色鳥幼鳥生長初期，若食物中至少有一半是昆蟲，其體重、嘴長及嘴以上頭長之成長應能有較佳表現。昆蟲是幼鳥重要的食物來源，在昆蟲資源不足的情況下，幼鳥會出現死亡率較高、體重較輕等現象(Tremblay *et al.* 2003, 2005)，因為昆蟲含有較豐富的蛋白質(Johnson 1993)，可以提高生長速度、提高免疫力(Birkhead *et al.* 1999, Reynolds *et al.* 2003)。五色鳥雖為完全果食性鳥類，經由本研究證實五色鳥幼鳥在育雛期需要一定比例的昆蟲作為食物來源。

幼鳥的形質成長除了主要受到食物組成即昆蟲比例的影響之外，幼鳥嘴喙的生長速度似乎有來自族群的影響，似乎先天上台北植物園五色鳥幼鳥的嘴喙長得比陽明山山區慢。另外，雖然幼鳥體重及嘴以上頭長的生長速率受幼鳥來源之影響並不明顯，但幼鳥之初始體重及初始嘴以上頭長分別對幼鳥體重及嘴以上頭長生長速率造成明顯影響，而初始體重及初始嘴以上頭長皆以陽明山山區幼鳥較大，因此不能排除不同族群對幼鳥體重及嘴以上頭長的生長速率可能有其影響。故本研究推測五色鳥幼鳥生長速率先天上在都市與自然棲地的族群間即有差異，要驗證此假設，需要取得不

同棲地較大量幼鳥個體進行同樣配方餵食試驗。

台北植物園雖然五色鳥族群數量穩定，但研究顯示其所提供的可利用昆蟲量較少(葛兆年等 2013)，本研究則證實其幼鳥生長速度較緩慢，如此可能導致此棲地族群有較低的存活率(Mennechez and Clergeau 2006, Chamberlain *et al.* 2009)；台北植物園作為五色鳥的棲地，新生個體存活率是否較低？我們建議持續進行繫放監測以了解此棲地品質對五色鳥族群在較長時間尺度下的影響。

都市公園綠地在人為經營管理下可以降低蛇類捕食導致幼鳥繁殖失敗的比例如五色鳥(葛兆年等 2012, 2013)，但也可能因為定期除蟲除草等作業而影響到野生動物可利用的食物資源。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。

引用文獻

- 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。
- 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。
- 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。
- Beckerman AP, M Boots and KJ Gaston. 2007. Urban bird declines and the fear of cats. *Animal Conservation* 10(3):320-325.
- Birkhead TR, F Fletcher and EJ Pellatt. 1999. Nestling diet, secondary sexual traits and fitness in the zebra finch. *Proceedings of the Royal Society B* 266:385-390.
- 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.
- Cringan AT and GC Horak. 1989. Effects of urbanization on raptors in the western United States. pp. 219-288. Proceedings of the western raptor management symposium and workshop; 1987 October 26-28; Boise, Idaho. National Wildlife Federation, Washington, DC.
- Donnelly RE and JM Marzluff. 2006. Relative importance of habitat quantity, structure, and spatial pattern to birds in urbanizing environments. *Urban Ecosystems* 9:99-117.
- 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.
- Helden AJ and SR Leather. 2004. Biodiversity on urban roundabouts – Hemiptera, management and the species-area relationship. *Basic and Applied Ecology* 5:367-377.
- Johnson RD. 1993. Effects of diet quality on the nestling growth of a wild insectivorous passerine, the House Martin *Delichon urbica*. *Functional Ecology* 7:255-266.
- 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.
- Kluza DA, CR Griffin and RM DeGraaf. 2000. Housing developments in rural New England: effects on forest birds. *Animal Conservation* 3:15-26.
- 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.
- 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.
- Marzluff JM. 1997. Effects of urbanization and recreation on song-birds. *In: Block WM, DM Finch(eds.), Songbird Ecology in Southwestern Ponderosa Pine Forests: A Literature Review*, US Department of Agriculture, General Technical Report RM-GTR-292.
- 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.
- Marzluff JM and AD Rodewald. 2008. Conserving biodiversity in urbanizing areas: Nontraditional views from a bird's perspective. *Cities and the Environment* 1(2):6.
- McIntyre NE. 2000. Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Annals Entomological Society of America* 93(4):825-835.
- Mennechez G and P Clergeau. 2006. Effect of urbanisation on habitat generalists: starlings not so flexible? *Acta Oecologica* 30(2):182-191.
- 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.
- Peterson MN, MJ Peterson, TR Peterson and J Liu. 2007. A household perspective for biodiversity conservation. *Journal of wildlife Management* 71:1243-1248.
- Reynolds SJ, SJ Schoech and R Bowman. 2003. Diet quality during pre-laying and nestling periods influences growth and survival of Florida scrub-jay (*Aphelocoma coerulescens*) chicks. *Journal of Zoology* 261(3):217-226.
- 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.
- Thorington KK and R Bowman. 2003. Predation rate on artificial nests increases with human housing density in suburban habitats. *Ecography*

- 26:188-196.
- Tremblay I, DW Thomas, MM Lambrechts, J Blondel and P Perret. 2003. Variation in blue tit breeding performance across gradients in habitat richness. *Ecology* 84:3033-3043.
- Tremblay I, D Thomas, J Blondel, P Perret and MM Lambrechts. 2005. The effect of habitat quality on foraging patterns, provisioning rate and nestling growth in Corsican Blue Tits *Parus caeruleus*. *Ibis* 147(1):17-24.
- Wilcove DS. 1985. Nest predation in forest tracts and the decline of migratory songbirds. *Ecology* 66:1211-1214.
- Withey JC and JM Marzluff. 2005. Dispersal by juvenile American Crows (*Corvus brachyrhynchos*) influences population dynamics across a gradient of urbanization. *The Auk* 122:205-221.