

國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系



碩士論文

School of Forestry and Resource Conservation

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

都市黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 巢位選擇

Nest-site Selection of Malayan Night Herons (*Gorsachius  
melanolophus*) in Urban Area

許嘉瑋

Chia-Wei Hsu

指導教授：袁孝維 博士

Advisor: Hsiao-Wei Yuan, Ph.D.

中華民國 109 年 6 月

June, 2020

## 誌謝



念了這麼多年終於完成這篇論文，首先要感謝袁老師讓我一圓研究夢，重回大學校園，開啟我的研究之路。即使歷經許多年的起伏，中間過程相當曲折，但老師依然不離不棄，相信我能成為獨立研究者，讓我自由的做自己想做的主題，最後還給予肯定，非常感謝老師能給我這樣的機會盡情揮灑。

接著，我要感謝我的三位口試委員，王穎老師、丁宗蘇老師，和蔡若詩老師。謝謝王老師在研究方向上給我許多想法，讓我在研究上有更寬廣的視野與思考角度。也要感謝丁老師這些年來對我的關懷與研究方法上的指導。謝謝蔡老師在口試時給的諸多修改論文的建議。

在論文撰寫上，這要感謝論文寫作課的蘇虹菱老師與仁武高中大蘇老師的線上指導。非常謝謝蘇老師這學期每週的論文寫作教學與作業批改，讓我能整理寫作思緒，並瞭解寫作技巧，在上課時不厭其煩的回答我許多奇怪問題，更在課程最後送我們許多禮物，鼓勵大家。謝謝大蘇老師，從一開始陪我念英文，聽我講許多驚人的奇怪發現，並在百忙中撥空線上指導及編修論文，協助美術白痴的我畫出精美圖說與製作具美感 PPT，還專程帶隊協助模擬口試，萬分感謝。

非常謝謝研究室各位伙伴們，而組讀書會一起分享研究的晉嘉、欣翰、瀚柏及施晴，大家集思廣益共同探討各自的研究，是互相盯進度的好團隊。謝謝晉嘉在調查方法及野外調查上的無條件協助，更成為批改完整論文的第一人！感謝欣翰跟瀚柏總是成為我到研究室時討論和聊論文的伙伴，最後我們三個人更一起高分通過口試，是最佳戰友！另外，也要感謝研究室的韋廷及功國，在動行發表前的協助，也謝謝韋廷這幾年來一直揪團看鳥跟念英文。最後，還有劉鎮學長，非常感謝鎮哥從我一進研究室的第一次 meeting 後協助釐清報告邏輯，到最後口試前對於統計及整個研究脈絡的整理與調整，實在是太強大了！

由衷感謝淑芬老師在我研究期間，不斷的傳送她在公園綠地中所看到的各式黑冠麻鷺照片和影片，用不同的觀點來引導我觀察與思考動物行為，是引發我對黑冠巢位有新想法的超級重要幕後推手。

在文字最後編修時，一定要感謝淑玲老師、碩瑜及靜怡老師。謝謝淑玲老師從第一次專討時的英文協助，中間去參加日本 symposium 時的文字及口說稿撰寫，直到最後的論文英文摘要修訂，都無償協助。也謝謝英文很強的碩瑜在被我巧遇後，願意花時間協助英文摘要的文法問題。感謝靜怡老師在下班後，克服電腦障礙，徹夜挑出論文中的錯字，一夜完成，效率超高。

再來要感謝高雄玩樂團，謝謝大旭、佩瑜、子瑩、英宇，每次都專程北上來聽我說鷺鷥的奇特故事（其實是高雄人約台北才約的成?!）。還在研究歷程、撰寫論文及口試報告上給我相當多實用的建議，在此一併感謝。

另外，要感謝研究所期間所有的英文老師，包括小 P 老師、佩珊老師、師大英文班的 Joyce 和 Peter 老師，台大英文班的 Dave、Tony 及阿伯。還有我最愛的空中英語教室團隊，Pauline、Hazel、Carolyn、David、Dave、Jack、Manya、Vickie、Ling、Brandon、Joshua、Rebecca 等亦師亦友們每週的分享，因為有你們讓我從害怕英文到愛上英文，更讓我研究生活更精采與充滿歡樂。

最後，我要謝謝這一路陪我念書的家人，因為有你們不斷的鼓勵，才有今日的我。其中最要感謝的是我的媽媽，是您讓我從一個自小不愛念書的野孩子，到考上老師，還一路念到台大研究所畢業！我想那每日辛勤陪伴的恩情，是我一輩子也感謝不完的，我所能做的就是盡力把書念好，努力的做研究來回報您，即使中間數度想放棄，但您總是以正向的話語使我成長。每次看到鷺鷥們，就讓我想到也熱愛觀察野生動物的您，激勵我認真投入研究。在此以這篇黑冠麻鷺的動物行為研究，希望能對這大自然有所貢獻盡並一份心力，來回報在天上的您。

嘉瑋 於 2020 年夏天的台北

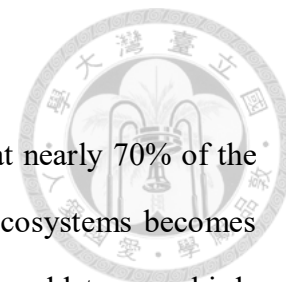
## 摘要



都市化為全球趨勢，聯合國預測 2050 年將有近 70% 人口居住於都市，因而都市生態系的研究顯得益發重要。都市化同時創造新興生態系，也讓許多鳥類居住於此，臺灣的黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 便是其中一例。本研究探討黑冠麻鷺在都市公園綠地中，快速成長的生存策略與影響巢位選擇因素。研究期間為 2019 年 3-10 月，在臺北市的大安森林公園、中正紀念堂、青年公園、臺灣大學校總區及二二八公園等 5 個樣區，調查黑冠麻鷺的巢位分布、繁殖表現、巢位及巢樹特徵，和巢位棲地利用情形。結果顯示，都市黑冠麻鷺整體孵化率及幼雛存活率皆大於 90%，繁殖成功率為 95.74%，且繁殖季中有兩次繁殖高峰期。其巢位於具分岔且傾斜角度接近水平的枝條上，巢上覆蓋度至少有 70%，巢樹選擇偏好胸高及樹冠直徑較大者。黑冠麻鷺在樹冠下層築巢，且巢位下棲地多是人為活動環境的土地型態。都市化環境可使天敵不易接近，提高繁殖成功率，加上繁殖資源充足且生產力提升，均有利於在都市生存。築巢於平穩枝條且有利監測人為活動的位置，以隨時對干擾風險做出適當反應，是黑冠麻鷺可適應都市化環境的原因之一。本研究透過探討於都市中繁殖的黑冠麻鷺巢位選擇行為，期望能對都市生態系有更進一步的瞭解。

**關鍵詞：**繁殖、公園綠地、棲地利用、人為活動環境

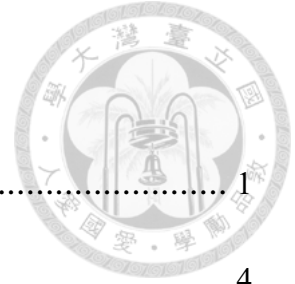
## Abstract



Urbanization is a global trend. The United Nations predicts that nearly 70% of the population will dwell in urban area in 2050, so studies of urban ecosystems becomes increasingly important. Also, Urbanization creates novel ecosystems, and lets many birds reside here. The Malayan night herons (*Gorsachius melanolophus*) in Taiwan is a good example. This study explored the survival strategies of the rapid growth and the factors affecting nest-site selection for Malayan night herons in urban park and green space. From March to October in 2019, we investigated the nest-site distribution, breeding performance, nest-site characteristics, nest tree characteristics, and nest-site habitat use of the Malayan night heron in 5 sampling areas, including Daan Forest Park, Chiang Kai-shek Memorial Hall, Youth Park, National Taiwan University Campus and 228 Peace Park in Taipei City. The results showed that the overall hatching rate and survival rate of chicks of the urban Malayan night herons were both over 90 %, the reproductive success was 95.74%, and there were two periods of breeding peak during the breeding season. The nests are located on branches with forks and the inclination is close to horizontal. The canopy coverage of the nests is at least 70 % and the nest trees are those with larger diameter at breast height and the crown width. The Malayan night herons build nests on lower crown, and the habitats under the nest-sites are mostly a land type with a human activity environment. The predators are not easy to access in the urbanized environment, which increases the reproductive success, coupled with sufficient breeding resources and increasing productivity, which is conducive to survive in urban. The Malayan night herons chose to nest on stable branches, where is also beneficial for them to monitor the potential human activities, which is one of the reasons why they can adapt to the urban environment. This study expects to have a better understanding of the urban ecosystem by exploring the nest-site selection behavior of the Malayan night heron breeding in urban area.

**Keywords:** breeding, park, green space, habitat use, human activity environment

# 目錄



壹、前言 .....	1
貳、文獻回顧.....	4
一、    都市生態系的特性 .....	4
二、    鳥類如何適應都市環境.....	5
三、    黑冠麻鷺相關文獻 .....	7
參、研究方法 .....	12
一、    研究樣區 .....	12
二、    研究時間與方法 .....	13
三、    統計分析.....	17
肆、研究結果 .....	19
一、    巢位分布 .....	19
二、    繁殖表現.....	20
三、    巢位利用 .....	21
四、    巢樹選擇.....	23
五、    棲地選擇.....	24
伍、討論 .....	26
一、    研究概述.....	26
二、    比對前人研究 .....	26
三、    巢位選擇因素 .....	28
四、    都市棲地特徵 .....	35
陸、結論 .....	39
引用文獻 .....	42

## 表目錄



表一、各樣區中黑冠麻鷺巢的數量.....	52
表二、各樣區中黑冠麻鷺的繁殖表現.....	53
表三、黑冠麻鷺利用的巢樹樹種及屬性.....	54
表四、黑冠麻鷺巢樹與隨機樣樹的特徵比較.....	55
表五、黑冠麻鷺巢位各項特徵.....	56
表六、黑冠麻鷺巢位支撐枝條的各項特徵數量.....	57
表七、黑冠麻鷺的窩卵數各項資料與姚正得研究比較.....	58
表八、黑冠麻鷺不同繁殖時期的各階段成功率與姚正得研究比較.....	59
表九、不同成熟期的黑冠麻鷺親鳥各階段繁殖表現與姚正得研究比較.....	60

## 圖目錄



圖一、黑冠麻鷺成鳥與亞成鳥 .....	61
圖二、黑冠麻鷺的世界分布 .....	62
圖三、本研究的五個研究樣區在臺北市中的位置及黑冠麻鷺的巢位分布圖 .....	63
圖四、黑冠麻鷺巢位在樹冠層中的位置 .....	64
圖五、巢下枝條分叉數量判斷 .....	65
圖六、黑冠麻鷺巢位下的支撐枝條 .....	66
圖七、鳥類在樹冠層中的棲地利用百分比 .....	67
圖八、樹的巢方向與巢樹環境的各個環境方向示意圖 .....	68
圖九、黑冠麻鷺繁殖季中各週的蛋數、幼雛數及正在活動中的巢數 .....	69
圖十、42 個繁殖成功巢位以樹為中心的分布位置 .....	70
圖十一、巢位在 12 個方位的數量累計圖 .....	71
圖十二、樹高與巢高關係圖 .....	72
圖十三、巢主要支撐枝條的傾斜角度與數量 .....	73
圖十四、巢下支撐枝條的傾斜角度與數量 .....	74
圖十五、各種巢下支撐枝條分岔數量所佔比例圖 .....	75
圖十六、比較築巢於榕樹與非榕樹上的離主幹距離 .....	76
圖十七、黑冠麻鷺巢下環境照 .....	77
圖十八、巢樹與隨機樹的樹冠下投影，人為活動環境面積所佔比例分布 .....	78
圖十九、巢離主幹的距離與巢樹離樹的巢方向最近人為活動環境距離相關圖 .....	79
圖二十、各土地利用型黑冠麻鷺的繁殖成功率 .....	80



## 壹、前言



「都市化」為一全球性的趨勢，根據聯合國（UN）預測，在 2050 年將會有近 70% 的人口移居都市（United Nations, 2018），因而針對都市生態系的研究便顯得益發重要。都市化不僅改變環境、提供人類生活居所，同時創造新興的生態系，而許多野生動物便利用都市化所產生的新生態棲位（niche），開始適應並居住在人類所建造的都市中，如鳥類、爬蟲類、蝙蝠等（Fleming & Bateman, 2018；French *et al.*, 2018；Parkins & Clark, 2015）。

在愈來愈多人類居住於都市的同時，生活品質成為人們關注的焦點。有研究顯示，都市公園在改善都市和居民的環境品質扮演一個重要的角色（Shwartz *et al.*, 2014）。而就生態系統服務而言，都市公園綠地可讓生活於此的人類，不需長途旅行即可滿足各式休閒娛樂（Voigt *et al.*, 2014）。不僅如此，都市公園綠地對於野生動物的棲息地，特別是鳥類，更是至關重要（Ortega-Álvarez & MacGregor-Fors, 2009）。


過去有國外研究發現，家麻雀（*Passer domesticus*）、歐洲椋鳥（*Sturnus vulgaris*）、及印加地鳩（*Columbina inca*）等鳥類，在都市中繁衍已持續超過一個世紀，且已能適應都市環境（Emlen, 1974）。更有研究發現，美洲金翅雀（*Spinus tristis*）及紅背伯勞（*Lanius collurio*）等鳥類，在都市中的繁殖成功率比在自然棲地更高（Goławski & Mitrus, 2014；Middleton, 1979）。眾多證據顯示這些鳥類已能適應極度人為改造的都市化環境，並善用都市中的各項資源以供其自身生存及繁殖，臺灣的黑冠麻鷺（*Gorsachius melanolophus*）亦是如此。它更是現今臺灣都會公園綠地中常見的鳥類之一。

在 1980 年代，黑冠麻鷺屬稀有鳥種，且至今在亞洲水鳥普查中，族群數量仍相當稀少（Mundkur、Langendoen & Watkins, 2017）。但近年來，臺灣的黑冠麻鷺族群逐漸擴散，已廣泛分布於臺灣海拔 1,000 公尺以下都會公園綠地、河川附近的

低海拔闊葉林、竹林以及農墾地等（蕭木吉、李政霖，2015）。顯示此種鳥類已成為普遍的留鳥，且其族群數量在亞洲佔有極高的比例（劉小如等，2012；Mundkur *et al.*，2017），因此，臺灣的族群顯得極為特別。

在 1995 年以前，以黑冠麻鷺為主題的學術研究報告中，僅止於外表形態及出現記錄等的基本生態文獻報告（Compost & Milton，1986；Kloss，1927；Satyamurti，1970）。而從 1996 年起，國內外陸續出現以繁殖生物學、族群分布及食性分析為主題的科學報告，開始對於該物種有較深入的觀察、資料統計分析及系統性的生物學研究（小海途銀次郎、水田拓，2011；沈瑞琛、陳立楨，1996；姚正得、尤少彬、林良恭，2000；Kawakami & Fujita，2005；Kawakami *et al.*，2011）。之後更有一篇學位論文詳細探討黑冠麻鷺的繁殖生態學（姚正得，2002）。近幾年分子生物學技術發達，加上生物樣本也足夠，開始出現以探討其系統發生地位及其親緣關係的報告（Zhou *et al.*，2016）。另外，在都市生態系中的黑冠麻鷺族群研究方面，自 2010 年起，則有國立臺灣大學森林環境暨資源學系袁孝維教授所帶領的野生動物研究團隊，進行系統性的生態調查，也有初步研究成果（袁孝維，2011，2018）。

像許多動物一樣，鳥類並非隨機分布於可利用的棲地之中。其繁殖地點的選擇是由形態、生理、及行為經調適後的綜合結果（Wiens，1992）。而鳥類巢位的品質是決定繁殖成功與否的重要因素之一（Cody，1985）。鳥類花幾個星期或數個月待在同一地方繁衍後代，因此，決定在什麼地方繁殖，對能否繁殖成功與適合度（fitness）將產生巨大影響（Bialas、Dylewski & Tobolka，2019）。以地景尺度而言，像是棲地異質度（habitat heterogeneity）及植被型（vegetation type）；在微棲地尺度方面，植被結構（vegetation structure）、溫熱環境（thermal environment）及隱蔽性（concealment）等，都扮演關鍵角色（Frommhold *et al.*，2019）。另外，巢位棲地結構是影響鳥類和其環境間關係的重要因素，可直接或間接影響鳥類的覓食、繁殖及生存（Wiens，1989）。過去有研究指出，能在都市中生存的物種與其新形態的繁殖行為有關（Yeh、Hauber & Price，2007）。鳥類對於巢位應有相對較強的選擇模



式，因此研究鳥類巢位選擇在瞭解及預測資源需求有相當大的助益 (Subedi *et al.*, 2019)。同時，確立物種與其棲地間的關係，為瞭解基本生態系架構的基礎 (Guisan & Zimmermann, 2000)。鳥類巢位選擇在野生動物棲地經營管理政策評估上，也提供了相當重要的依據。

綜合前述，本研究在臺北市都會公園綠地中，挑選出近幾年來有黑冠麻鷺穩定繁殖的區域做為研究樣區。在繁殖季時，調查黑冠麻鷺的各項繁殖表現、巢位特徵及棲地利用，以瞭解黑冠麻鷺的巢位選擇，並探討黑冠麻鷺在臺灣的公園綠地中快速成長的生存策略。

具體研究目的如下：

- 一、瞭解臺北市都市公園綠地中黑冠麻鷺的巢位分布
- 二、檢視黑冠麻鷺繁殖季時的各項繁殖表現
- 三、釐清黑冠麻鷺的巢位及巢樹特徵偏好
- 四、探討黑冠麻鷺的巢位下棲地環境選擇影響因素

## 貳、文獻回顧



本章首先針對都市生態系的相關研究進行文獻回顧，以瞭解都市生態系的特性。其次，回顧有關都市中的鳥類研究，探討鳥類如何適應都市化環境。最後，分析過去黑冠麻鷺的相關研究，以掌握目前黑冠麻鷺的研究成果。

### 一、 都市生態系的特性

都市生態系是指位於都市或其他人口密集地區的生態系 (Douglas, 2015)。與所有的生態系一樣，都市生態系由生物因子及環境因子所組成，且在該區域內彼此交互影響 (Pickett *et al.*, 2016)。但就都市生態系而言，生物因子須包含人類及其活動，環境因子則包含建築物、交通網路、經改造過的地表，以及因人為而改變的所有環境因子 (Niemelä *et al.*, 2011)。由此可知，人類在都市生態系中實扮演重要角色。

都市生態系的環境與自然生態系有相當大的差異。以都市棲地而言，其特色為人工建築多、綠地比例較低，不透水表面，以及原始植被或農田被轉變為公園或住家的庭院 (Sumasgutner *et al.*, 2014)。由於原始棲地流失及破碎化 (Dobbs、Nitschke & Kendal, 2017)，導致都市中的動植物群集與自然生態系中的物種具有很大差異，甚至會造成外來種入侵、生物多樣性和原生種豐富度下降 (McKinney, 2008)，進而讓生物群集間的系統演化多樣性 (phylogenetic diversity) 逐漸喪失 (Sol *et al.*, 2017)。同時，因各都市生態環境趨於一致，使環境均質化 (homogenization)，致使世界各地不同都市中的生物群集卻有相似的組成 (Groffman *et al.*, 2014)。

其次，都市生態系不論是在大氣、土壤、水文等環境與自然生態系都存在著差異 (Sukopp, 1998)。例如，都市熱島 (urban heat island) 使都市生態系通常較周圍的生態系溫暖 (Oke, 1995)；又因交通工具汙染，造成都市中的土壤中的鉛 (Pb)、銅 (Cu)、汞 (Hg) 等重金屬含量較高 (Manta *et al.*, 2002)；而因不透水表面比例

較高，使雨水較少滲透進入在地的土壤中，讓降水後地表逕流（surface runoff）大幅增加，降低水循環（Zölch *et al.*, 2017）。其他還有在都市化環境中有空氣汙染、濕度降低、空氣循環降低以及植被改變等（Sukopp, 1998）。

綜合上述研究，都市生態系是人類、其他生物以及環境彼此交互作用的複雜系統。且在經過人為改過的區域中，生態環境已與原始自然生態系具有很大的差異。不僅如此，連生物群集的組成也和原先環境不同，更有可能對於原始、在地的生物造成重大影響。因此，能在都市地區生存的生物顯得極為特別，並且具有相當高的研究價值。本研究將針對生活於都市生態系中的黑冠麻鷺加以探討，以期豐富都市生態學之內涵。

## 二、 鳥類如何適應都市環境

都市化創造許多新興生態棲位（Erz, 1966），讓一些鳥類受益於此（Croci & Butet & Clergeau, 2008；Jokimäki *et al.*, 2016）。都市化也扮演篩選的角色，因此，唯有成功忍受人類干擾的鳥類才能在此生活（Croci *et al.*, 2008；Kark *et al.*, 2007）。一般而言，和非都市鳥類相比，都市鳥類具較廣的環境生態棲位及能忍受較大干擾的特性（Blair, 1996；Chace & Walsh, 2006）。

在世界上超過一萬種的鳥類中，約有二千種可在都市中生活（Aronson *et al.*, 2014）。雖然其中有些鳥類是泛世界性分布的鳥種，因此可以生活於世界各地的都市中（如野鴿 *Columba livia*、家麻雀 *Passer domesticus*、歐洲椋鳥 *Sturnus vulgaris* 及家燕 *Hirundo rustica* 等），但大多數都是區域性物種（Aronson *et al.*, 2014）。而鳥類學家（Blair, 1996）依據鳥類對人類資源的利用程度，將鳥類分成三個類型：都市開拓者（urban exploiters）、都市適應者（urban adapters）、及都市迴避者（urban avoiders）。以鳥類在都市及郊區的分布來看此分類，主要分布於都市而較少分布於郊區者，即為「都市開拓者」；而在都市及郊區分布都有穩定族群者，為「都市適應者」；若無法於都市中生存者，即為「都市迴避者」。由於不同的物種對都市化會



有不同的反應，一地區經都市化後，該地的物種組成將有所改變，且伴隨著一些物種的消失，但有些物種則會快速增長 (McKinney, 2002)。

都市開拓者是由一群在都市蓬勃成長的物種組成，且依賴對人類資源的高度利用，來維持現在的族群大小 (Isaksson, 2018)。和非都市棲地相比，這些鳥類在都市地區中單位面積有更高的豐富度 (abundance) 或生物量 (biomass)，如野鴿及家麻雀等 (Chace & Walsh, 2006; MacGregor-Fors, Morales-Pérez & Schondube, 2012)。有研究指出，與都市迴避者相比，居住在都市地區的鳥類具有一些特別的生態特徵 (ecological traits) (Møller, 2009)。如都市鳥類具繁殖分布廣泛、高度擴散能力、新方式獲取食物、不害怕人類接近 (驚飛距離短)、繁殖力高，以及成鳥存活率高的特性 (Møller, 2009)。同時，都市鳥類也具有較大的法氏囊 (bursa of Fabricius)，表示都市鳥類有較強的免疫系統 (Møller, 2009)。此外，都市鳥類的飲食中抗氧化劑 (例如維他命 E 和胡蘿蔔素) 含量也較都市迴避者高，這也許有助於協助這些鳥類抵抗都市的氧化汙染物 (Møller, Erritzøe & Karadas, 2010)。而在其他研究結果顯示，都市化有利於雜食性、食穀性、空中或地面覓食的鳥種 (Chace & Walsh, 2006)。

進一步說，在這些分布於都市的鳥類中，其能成功適應都市化環境的過程有三個階段：一、抵達；二、適應；三、擴散 (Evans *et al.*, 2010)。抵達是指該物種最初到達都市地區；適應是指該物種足以能夠應付這相當不同的新環境；擴散則是指該族群已經能夠適應並在全新的都市化環境下繁殖及散布 (Evans *et al.*, 2010)。特別是人類的行為及該物種的生態特徵，會影響其在適應都市化環境時的各階段進展速率 (Clucas & Marzluff, 2012)。例如，該物種擁有好的擴散能力，在抵達階段是相當重要的因子；在適應階段，生態及行為可塑性則扮演重要角色；在未來擴散階段，高繁殖成功率則是重要關鍵因子 (Evans *et al.*, 2010)。

在棲地方面，雖然都市開拓者通常具彈性的棲地選擇，為生態上的廣適者 (generalist)，較能適應都市化環境 (Jokimäki *et al.*, 2017)，但選擇合適的居住及

繁殖地點，是鳥類能成功在該地持續生存的主要因素之一，尤其是在都市化環境中，更是少有適合的棲地 (Kövér *et al.*, 2015)。在此情況下，因都市中的公園綠地可提供生存所需資源，而成為許多鳥類在都市的覓食及繁殖的重要棲地 (Amaya-Espinel *et al.*, 2019)，更為都市中生物多樣性的熱點 (Jokimäki, 1999)。

利用都市中新興棲地的鳥類，因具有忍受人類干擾、分布廣泛、繁殖成功率高及合適覓食特性等生態特徵，加上棲地選擇較具彈性，以及善用都市公園綠地中的資源，成為能成功適應都市生態環境的關鍵。近年來，黑冠麻鷺族群在臺灣都市中廣泛且大量出現，並常可在公園綠地中看見其覓食與繁殖，加上不害怕人類接近的特性，儼然已成為都市開拓者。本文透過研究臺灣都市中的黑冠麻鷺，期望對於鳥類如何生存及適應都市環境，能有更深入地瞭解。

### 三、 黑冠麻鷺相關文獻

在臺灣常可於都市中公園綠地看到黑冠麻鷺的蹤跡，顯示都會區的公園綠地可提供其覓食、避難或是繁衍後代等場所。因為透過研究鳥類的繁殖生物學，可以瞭解該物種的族群動態及棲地品質等重要資訊，因此繁殖狀態常受到鳥類學家的關注 (Johnson & Owen, 1992)。本研究旨在討探黑冠麻鷺的巢位選擇，因此，在簡介黑冠麻鷺外表形態及世界分布後，將針對過去黑冠麻鷺的繁殖棲地及巢位生態文獻，進行更進一步的回顧。

黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 隸屬於鷺科 (Ardeidae) 中體型中等的鳥種，體長約 47-51cm。成鳥頭頂具黑色冠羽，嘴喙厚且呈黑色，臉、頸及胸側呈紅褐色，站立時背部及翼覆羽呈暗紅褐色並帶有黑色細斑 (圖一)。於繁殖季時眼先呈藍色；非繁殖季時眼先則呈藍綠色。族群分布於南亞、東南亞地區、南洋群島、臺灣及周圍離島 (圖二)，而臺灣為其留鳥分布的北界 (劉小如等, 2012; Martinez-Vilalta & Motis, 1992)，亦是都市族群數量相當多的地方。



## (一) 繁殖分布

世界各地鮮少發現黑冠麻鷺的繁殖地。據文獻記載，雖然族群遍布南亞、東南亞及南洋群島等地，但並非各地都有繁殖記錄，僅在部分地區記錄有繁殖，如印度西南部地區、阿薩姆邦(Assam)、孟加拉、尼科巴群島(Nicobar Islands)、菲律賓、中國南部、八重山群島中的部分島嶼及臺灣等區域(小海途銀次郎、水田拓，2011；Ali，1968；Martinez-Vilalta & Motis，1992；Yong & Lim，2017)。此外，在泰國周圍、寮國、柬埔寨、越南中部及北部等則有零星的繁殖候鳥記錄(Robson，2000，2005)。目前國外資料多為點狀繁殖地記錄，顯示對其繁殖地於世界分布仍需持續探索。而臺灣於都市中即可見到黑冠麻鷺繁殖，實為研究此物種繁殖相關研究極佳之處。

## (二) 繁殖棲地

根據1992年出版的Handbook of the Birds of the World (Martinez-Vilalta & Motis，1992)一書記載，黑冠麻鷺的繁殖棲地為在密林(dense forest)中，偶爾會在蘆葦叢(reedbeds)中發現。這與吳森雄(1989)彙整1989年前臺灣的調查資料中記錄的密林環境相同。在此之後，沈瑞琛和陳立楨(1996)調查1992至1993年臺灣中南部黑冠麻鷺的築巢環境，發現黑冠麻鷺築巢於山區的建築物旁人工林、國小及農墾地中。接著姚正得等(2000)便延續沈瑞琛和陳立楨於的調查，發現黑冠麻鷺於1992至1999年，每年都有到南投縣特有生物保育中心的人工林繁殖(以下簡稱特生中心)。之後姚正得(2002)於2000到2001年間，除持續特生中心人工林的調查外，更在臺中、南投、嘉義及雲林等處進行繁殖生物學調查，並於其碩士論文中記錄黑冠麻鷺曾於天然林地、農墾地、人工管理的綠地及郊區築巢。同時期，張傳炯和張倩玲(2004)於1998到2002年時，發現黑冠麻鷺築巢在臺北市近建築物旁人為干擾不多的樹林中，開拓出新的繁殖地。而洪孝宇




等人 (2010) 收集臺灣地區 2000 到 2008 年的民眾回報資料中發現，黑冠麻鷺除於原始環境及過渡地帶築巢外，更有部分族群於都會區中繁殖。

透過前人記錄資料可發現，隨著時間推移，臺灣黑冠麻鷺的築巢棲地從最早發現的密林環境，到出現於山區的人為環境附近，慢慢地往市區及人為活動環境推進，且一步步靠近人類活動的地方。現今在臺灣人口密度最高的臺北市中，更是經常見到黑冠麻鷺的繁殖，最特別的是，此現象僅發生於臺灣。而日本八重山群島於 2010 年的繁殖調查，仍只在遠離人為居住地超過 500 公尺遠的森林中，才有發現黑冠麻鷺築巢 (小海途銀次郎、水田拓，2011)。且至 2019 年為止，並未在其他地區發現黑冠麻鷺於都會區中大量繁殖，故本研究將針對臺灣的黑冠麻鷺於市區的繁殖棲地做進一步調查。

### (三) 巢位特徵

有關黑冠麻鷺巢位特徵，從過去文獻中可以得到初步資訊。黑冠麻鷺巢樹的樹形為高大且具傘狀樹冠者 (沈瑞琛、陳立楨，1996；張傳炯、張倩玲，2004)。使用的樹種可多達二十多種，唯皆是闊葉樹，如樟樹 (*Cinnamomum camphora*)、羅望子 (*Tamarindus indica*) 及榕樹 (*Ficus microcarpa*) 等 (沈瑞琛、陳立楨，1996；姚正得，2002)。巢的高度在各地調查的數據上亦有差異，從最低 4.5 公尺到最高超過 16 公尺皆有，高度變化相當大 (沈瑞琛、陳立楨，1996；姚正得，2002；張傳炯、張倩玲，2004；Martinez-Vilalta & Motis, 1992)。而巢則築於具分岔 (fork) 的枝條上 (Martinez-Vilalta & Motis, 1992)，使其可穩固。巢上方則有枝條或樹葉掩蓋，使巢不易被天空中的天敵發現 (姚正得，2002；張傳炯、張倩玲，2004)。巢體大小平均長為 70 公分，寬 59 公分，厚 10.5 公分 (姚正得等，2000)。巢體本身則為由乾枯的細枝條築成一平台，呈中間略微下凹的盤狀，而有些資料顯示巢內鋪有樹葉、蘆葦和草等 (沈瑞琛、陳立楨，1996；Ali, 1968；Martinez-Vilalta &



Motis, 1992), 但有些則無再鋪枝條外的材質或是沒有說明(姚正得等, 2000; 姚正得, 2002; 張傳炯、張倩玲, 2004)。雖然巢內是否有樹葉或草看似不固定, 不過由記錄時間上可發現, 早期資料顯示巢中鋪有植物內襯, 而後期的則無, 但是否已有動物行為的轉變, 則需再釐清。


#### (四) 繁殖期

整理國外各地黑冠麻鷺的繁殖時期, 時間大致於 5 月至 8 月之間, 起始於春末夏初之際(小海途銀次郎、水田拓, 2011; Lack, 1968; Martinez-Vilalta & Motis, 1992; Rasmussen, 2005; Robson, 2000)。而國內研究則從早期的 5 月至 6 月(吳森雄, 1989), 之後發現更多繁殖巢, 修正為 4 月至 9 月(沈瑞琛、陳立楨, 1996)。而姚正得等於 2000 年所發表的文獻則更加明確指出, 2 月到 5 月為黑冠麻鷺的求偶期, 4 月至 7 月為築巢孵卵期, 5 月至 9 月為育雛及離巢後期。但隨後姚正得(2002)發現黑冠麻鷺於 2 月求偶後, 即於 2 月底至 3 月初產卵, 接著, 繁殖期可持續至 10 月才結束。

對照國內外對於黑冠麻鷺的繁殖時間差異可發現, 近年國內研究結果中, 有繁殖的時間跨距較國外有記錄的時間長。也因能繁殖的時間長, 甚至有部分已配對的親鳥, 可在繁殖季內有連續二次的繁殖, 所以可提高單季的生產力(姚正得, 2002)。這可能是造成近年臺灣黑冠麻鷺族群數量大量增加的原因之一。

#### (五) 繁殖表現

相較於國內對於黑冠麻鷺的繁殖表現的相關研究, 國外顯得相當稀少, 只記錄窩卵數及卵的尺寸。而國內研究除窩卵數及卵的尺寸外, 還探討孵化率、離巢率、繁殖成功率及亞成鳥參與繁殖的各項表現。



在窩卵數方面，國外記錄 (Ali, 1968; Martinez-Vilalta & Motis, 1992; Robson, 2000) 及臺灣早期研究中 (沈瑞琛、陳立楨, 1996; 吳森雄, 1989; 姚正得等, 2000)，每巢大致介於 3 到 5 個之間。直到姚正得 (2002) 在中臺灣地區的研究中，發現有些巢只產下 2 個，而有部分巢可高達 6 個，因此其研究中的窩卵數記為 2 到 6 個，平均窩卵數為  $3.4 \pm 0.8$  個 ( $n = 67$ )。

在卵的尺寸方面，國外記錄平均長為 46.2 mm，寬為 37.2 mm (Ali, 1968; Robson, 2000)。統整國內記錄卵的長介於 46 到 55 mm 之間，寬介於 37 到 39 mm 之間 (沈瑞琛、陳立楨, 1996; 吳森雄, 1989; 姚正得等, 2000; 張傳炯、張倩玲, 2004)。由上述記錄中可知，國內外大部分卵的長寬資料沒有太大差異，且皆呈橢球形。

在孵化率方面，各研究平均每巢的孵化率介於 70 到 80 % 之間 (沈瑞琛、陳立楨, 1996; 姚正得等, 2000; 姚正得, 2002)，彼此間差異在 10 % 以內。但在離巢率方面，各研究因調查時間、地點不同，則有相當大的差異，平均介於 40 到 80 % 之間 (沈瑞琛、陳立楨, 1996; 姚正得等, 2000; 姚正得, 2002; 張傳炯、張倩玲, 2004)。在繁殖成功率方面，各研究平均介於 60 到 80 % 之間 (沈瑞琛、陳立楨, 1996; 姚正得等, 2000; 姚正得, 2002)。

綜觀繁殖表現方面的研究，以國內的研究較為詳盡。而在國內研究中，又可發現在多項資料上具相當的差異性，故除比較資料差異外，尚需考量樣本數及資料取得方法。當中首推姚正得 (2002) 的碩士論文，因其研究樣本數量，兩年皆達 30 個以上，且各樣本資料取得時的研究方法一致，故可信度較佳。由於過去研究對黑冠麻鷺的繁殖生物學雖有基礎背景，但對於都市繁殖的現象尚有許多未解之處，因此本研究將藉調查都市中繁殖的黑冠麻鷺，探討其巢位選擇及快速成長的生存策略。

## 參、研究方法



### 一、 研究樣區

本研究選擇臺灣人口密度最高的臺北市 (25°04'N, 121°31'E) 作為研究區域，並以內政部營建署 (1999) 所界定的都會性大型公園 (面積在 20-100 公頃) 為主，和於 2016 到 2018 年間，皆有穩定黑冠麻鷺築巢及繁殖紀錄的公園綠地作為研究樣區，進行黑冠麻鷺的巢位選擇研究。選擇的樣區包括：面積大於 20 公頃的國立臺灣大學校總區，大安森林公園、中正紀念堂及青年公園三個都會性大型公園，以及同行政區中的二二八和平公園，共計五個公園綠地 (圖三)。各樣區所在區域、面積及成立時間如下：

- (一) **臺灣大學校總區**：位於大安區，面積為 1154900 平方公尺，成立於 1928 年。
- (二) **大安森林公園**：位於大安區，面積為 259354 平方公尺，於 1992 年成立。
- (三) **中正紀念堂**：位於中正區，面積為 251500 平方公尺，於 1983 年成立。
- (四) **青年公園**：位於萬華區，面積為 246958 平方公尺，於 1975 年成立。
- (五) **二二八和平公園**：位於中正區，面積為 76180 平方公尺，1898 年成立。

根據中央氣象局臺北氣象站氣候資料顯示，臺北市 30 年平均值的年平均溫為攝氏 23 度 (°C)，各月平均溫度介於 16.1 到 29.6 度間，七月平均溫度最高，一月最低；降水量年平均為 2405.1 毫米 (mm)，各月平均降水量介於 73.3 到 360.5 毫米間，九月平均雨量最多，十二月最少。相對濕度年平均為 76.6%，各月平均相對濕度介於 73.0 到 80.6% 間，全年各月平均相對濕度差距在 10% 以內。

五個樣區多是人工種植的喬木及定期管理的綠地，皆位於臺北市都會區核心，且其中有許多人行道、桌椅及涼亭等，樣區內有許多人工建築，因臺灣大學校總區為校園用地，而有最多建築物。樣區周圍為捷運、公車易到達的地方，交通便利，夜間亦有路燈照明，提供夜間活動的遊客，因此平時不論清晨、白天或傍晚，為許多遊客聚集及活動的地方。



## 二、 研究時間與方法

### (一) 研究時間

在 2019 年黑冠麻鷺的繁殖季 3 月到 10 月時間內，調查繁殖中黑冠麻鷺的巢位地點，觀察並紀錄其繁殖階段。並於繁殖結束後，才進行巢位、巢樹、以及棲地的測量，以減少對鳥類繁殖的干擾。

### (二) 尋巢與繁殖

繁殖季開始時，於各研究樣區內尋找正在繁殖的巢，並持續監測每個繁殖巢中的繁殖階段，直到幼鳥離巢或是終止繁殖為止。

#### 1. 尋巢：

以每個月兩次的頻率，尋找樣區中正在進行繁殖的巢。以徒步方式，對五個樣區內每一棵樹及周圍地景進行尋查。尋巢過程中同時透過觀察周圍黑冠麻鷺出沒地點、地上糞便、氣味、清晨及夜間鳴叫聲等方式，以幫助巢位尋找，基本上研究樣區中的巢位都能以此方式被尋獲。同時在地圖上記錄巢位於樣區中的分布，並測量巢樹離最近的道路距離，以瞭解巢位在樣區內的地理分布。

#### 2. 繁殖：

一旦找到巢後，即以每週至少一次的探巢頻率，檢查並記錄巢中的繁殖階段。探巢方式為將無線攝影機固定在可伸縮的檳榔桿上，並確認與手機連線以利觀察者在地面進行監看。並由地面將伸縮桿伸至巢旁，以檢查巢中的繁殖階段，錄影及記錄巢中窩卵數 (clutch size)、幼雛數 (brood size)、離巢幼鳥數 (fledging number) 等繁殖表現。每次監測以不超過三分鐘為主，以降低探巢時對鳥的干擾。亦透過地面拍攝及掉落的蛋殼情況，以掌握巢中的繁殖階段。



### 3. 名詞：

本研究有關繁殖的定義採用姚正得（2002）論文中的名詞界定。

(1) 繁殖成功 (breeding success)：於繁殖結果中，每巢至少有一隻幼鳥

離巢即為繁殖成功。

(2) 繁殖巢 (breeding nest)：兩親鳥配對後並築完巢，且坐入巢中準備進

行後續繁殖，則該巢即為繁殖巢。

(3) 巢位 (nest-site)：兩親鳥配對後築巢的位置。

### (三) 巢樹測量

#### 1. 樹種：

記錄並利用植物圖鑑判定巢樹的樹種。

#### 2. 樹高：

測量巢樹的樹高，以測高器 (SUUNTO TANDEM) 測量巢樹由地面至樹冠頂端的高度 (圖四)。

#### 3. 胸高徑：

測量巢樹的胸高直徑，以捲尺測量樹木基部至胸高 1.3 公尺處的樹幹胸高周長，再換算其至胸高的樹幹直徑 (圖四)。

#### 4. 樹冠直徑：

測量巢樹的樹冠直徑，由樹冠外緣通過巢與主幹至另一側樹冠外緣的距離，定義為樹冠直徑 (圖四)。

### (四) 巢位測量

#### 1. 巢位高度：

以雷射測距儀 (BOSCH GLM 500) 測量巢高，測量巢至正下方地面的垂直距離 (圖四)。



2. 巢離主幹距離：

以雷射測距儀測量，量測巢離樹木中心主幹的距離（圖四）。

3. 巢下枝條分岔數：

記錄巢下方支撐枝條的分岔狀態，以相機拍照輔助判斷巢下支撐的枝條是否分岔及有幾個分岔（圖五）。

4. 巢位下的枝條寬度：

測量支撐巢的枝條寬度，將直尺綁在探巢桿上，並將直尺伸至巢的下方，以測量巢下支撐枝條的寬度，並以相機拍照輔助辨識直尺上的刻度。

5. 巢下枝條傾斜度：

將巢位下方的支撐枝條分成連接主幹的「巢主要支撐枝條」，以及巢位正下方的「巢下支撐枝條」（圖六），並依傾斜程度，將枝條區分成五個等級，分別為 A：0°以下、B：0-22.5°、C：22.5-45°、D：45-67.5°、E：67.5-90°。

6. 巢的方位：

測量巢在以巢樹為中心的平面座標系中所坐落的地理方位及方位角。地理方位為巢在直角座標系中所坐落的位置，定縱軸向北為正，順時針方向依序為北、東、南、西。方位角為巢在極座標系中所坐落的位置與北方的角度，定 0°為北，範圍由 0~359°。

7. 巢上樹冠覆蓋度：

測量巢上樹冠層的覆蓋程度，使用探巢桿將魚眼鏡頭相機伸至巢上方拍攝，在巢的兩側各拍攝一張照片，並用 Image J 軟體計算照片中樹冠層的覆蓋率後並取平均值，以代表巢上的樹冠覆蓋度。

8. 巢位於樹冠層位置：

在探討鳥巢對樹冠層的空間利用時，參考國外研究美洲鶯科（Parulidae）鳥類於樹冠的微棲地利用的分析（圖七）（MacArthur, 1958），定出黑冠麻鶯巢位於樹冠層的相對位置，可分成相對高度與離主幹相對距離。巢位

於樹冠層的相對高度中，其算法為以巢從樹冠底部算起的高度與整個樹冠層的高度相除，所得到的比值即為其相對高度。而離主幹相對距離則是以主幹至巢的距離與以主幹至樹冠層外緣的距離相除，所得到的比值即為其離主幹相對距離。

## (五) 棲地測量

在棲地測量中，共可分成巢樹下棲地、樹的環境方向棲地、及巢正下方棲地三個層次來量測。在量測各層次棲地的土地利用時，區分成人為活動環境與非人為活動環境兩類來記錄。

1. 巢樹下棲地類型：記錄巢樹樹冠垂直投影面積中，人為活動環境與非人為活動環境兩種土地利用類型所佔比例。

2. 樹的環境方向棲地類型：

將此層次再細分成兩個部分，一是比較巢側樹冠投影下面積及背側樹冠投影面積中人為活動環境比例大小。二是參考前人研究樹冠下地面植被及土地覆蓋比例的方法 (Bino *et al.*, 2008)，比較樹的巢方向與巢樹環境的各個環境方向進行比較 (圖八)。其中樹的巢方向測量方式為：測量由主幹向外延伸並通過樹的巢方向下方的 20 公尺內土地，其人為活動環境所佔比例。而巢樹的環境方向測量方式為：以巢樹為中心，每隔 30 度向外拉一半徑 20 公尺的直線，共 12 條直線，並測量該方向上人為活動環境所佔比例。

3. 巢正下方棲地類型：

記錄巢位正下方棲地所屬的土地利用類型是為活動環境或是非人為活動環境。





### 三、 統計分析

#### (一) 獨立樣本 t 檢定 (Independent Sample t test)

在以下時機時，比較兩群樣本是否有差異，故使用獨立樣本 t 檢定來進行檢定。

1. 比較第一次與第二次繁殖期的各項繁殖表現差異
2. 比較巢樹與隨機樣樹的樹高、樹冠直徑、胸高直徑差異

#### (二) 曼-惠特尼 U 檢定 (Mann-Whitney U test)

在以下時機時，兩群樣本不成常態分布，故使用曼-惠特尼 U 檢定來進行無母數分析。

1. 比較巢樹與隨機樣樹的離最近道路距離差異
2. 比較榕樹與非榕樹巢離主幹距離間的差異

#### (三) Rayleigh 檢定 (Rayleigh test)

於分析巢位方向性時，使用 Rayleigh 檢定進行方向統計。

#### (四) 迴歸分析 (Regression Analysis)

在以下時機，比較兩群樣本相關性，故使用迴歸分析，並以 F-test 檢定是否達顯著。

1. 分析巢高與樹高相關性
2. 分析巢離主幹距離與在巢樹離樹的巢方向中，最近人為活動距離的相關性



### (五) 卡方適合度檢定 (Chi-Square Test of Goodness of Fit)

在以下時機時，使用卡方適合度檢定來進行檢定。

1. 比較巢樹與隨機樣樹的樹種及巢樹環境是否有差異
2. 比較樹的巢方向與 12 個環境方向下，土地利用平均是否有差異
3. 比較巢下方與巢樹的隨機方向下方，土地利用型是否有差異

### (六) 隨機樣樹

1. 隨機樣樹使用 GIS 軟體 (ArcGIS 10.7) 進行操作，以行政院農林航空測量所的正射影像為圖層 (於 2018 年 7 月所拍攝)；抽樣數量為在五個樣區中，抽取與該樣區繁殖成功巢位相同的數量；抽樣方式為使用 GIS 軟體，於該樣區的邊界內，生成所需數量的隨機點位 (Create Random Points 功能)，再根據地圖即可找到隨機樣樹。
2. 巢位下方棲地類型中的隨機方向，為使用 Microsoft Excel 資料分析中的亂數產生器來產生隨機方向，再依所產生數值至巢樹記錄該方向下方棲地所屬的土地利用型。

## 肆、研究結果



### 一、巢位分布

本研究結果記錄了黑冠麻鷺於 2019 年繁殖季時，在臺北市市區選定的樣區中，繁殖巢的分布位置及數量（圖三）。

調查結果顯示，在臺北市市區五個都市公園綠地的研究樣區中，於 2019 年三月至十月的繁殖季期間，皆有黑冠麻鷺築巢且繁殖成功的紀錄。本研究記錄了樣區中的黑冠麻鷺巢總共有 53 巢，其中有 6 個為未產蛋巢，產蛋巢為 47 個，繁殖成功的巢有 45 個。巢位部分，有 3 個巢為重複使用當年的舊巢，繁殖成功的巢位有 42 個（表一）。

在本研究記錄的 53 個巢中，大安森林公園有 10 個，中正紀念堂 12 個，青年公園 12 個，臺灣大學校總區 16 個，二二八和平公園 3 個。未產蛋的 6 個巢中，中正紀念堂有 2 個，青年公園 2 個，臺灣大學校總區 1 個，二二八和平公園 1 個，大安森林公園則無。產蛋後，繁殖失敗的巢中，均在大安森林公園。而重複使用當年的舊巢共 3 個，於大安森林公園、中正紀念堂、及青年公園三個公園綠地中各發現 1 個。因此，於繁殖成功的巢位中，大安森林公園共 7 處，中正紀念堂 9 處，青年公園 9 處，臺灣大學校總區 15 處，二二八和平公園 2 處，總計 42 處巢位。

於巢位在樣區中的地理分布調查中，本研究透過測量與巢樹最近距離的道路，與在樣區中隨機選擇的樣樹相比，以瞭解巢樹的邊緣性質。結果顯示，離巢樹最近距離的道路平均為  $5.36 \pm 6.31$  公尺，隨機選擇的樣樹平均為  $6.22 \pm 5.65$  公尺。透過曼－惠特尼 U 檢定後，結果無顯著差異 ( $P=0.187$ )，表示巢樹並未選擇樣區中較靠近道路的環境邊緣樹來築巢。



## 二、繁殖表現

在繁殖表現上，本研究記錄了 2019 年三月到十月的黑冠麻鷺於臺北市五大樣區公園綠地中的各項繁殖表現，包含窩卵數、孵化率、幼雛存活率、離巢幼鳥數、及繁殖成功率。

本研究記錄的 47 個產蛋巢中，其中有 45 個巢繁殖成功，繁殖成功率為 95.74%。窩卵數為 2-4 顆，平均  $3.3 \pm 0.8$  顆，47 巢共產下 154 顆蛋，以一巢 4 顆（21 巢，佔 44.7%）及一巢 3 顆（18 巢，佔 38.3%）為主。孵化率平均為 92.91%，每巢平均孵化出  $3.0 \pm 0.9$  隻雛鳥，47 巢共孵出 142 隻雛鳥。離巢幼鳥數平均為  $2.8 \pm 0.9$  隻，育雛期的存活率平均為 90.76%，47 巢共 130 隻幼鳥離巢（表二）。

在 47 個繁殖巢中，有 45 個巢中的親鳥皆為成鳥羽色，另有 2 個巢的親鳥由成鳥羽色與亞成鳥羽色者共同築巢。親鳥中有亞成鳥參與繁殖者，於本研究記錄的 2 巢皆為繁殖失敗的巢，2 巢皆有產蛋，其中 1 巢有雛鳥孵出，但無任何幼鳥離巢記錄。

結果亦顯示，在繁殖季中出現兩次繁殖高峰期，第一次高峰期在 4-5 月，第二次高峰期則在 6-7 月（圖九）。而孵蛋高峰期第一次出現在 4 月，第二次則出現在 6 月。育雛高峰期第一次則是出現在 5 月，第二次出現在 7 月。此外，兩次育雛高峰期皆較孵蛋高峰推延約 1 個月。

第一期與第二期兩次繁殖表現，在窩卵數方面，第一期平均為  $3.6 \pm 0.5$  顆，第二期平均為  $2.9 \pm 0.7$  顆。在孵化率方面，第一期平均為 90.94%，第二期平均為 94.79%。在幼雛存活率方面，第一期平均為 93.84%，第二期平均為 88.19%。在離巢幼鳥數方面，第一期平均為  $3.0 \pm 0.9$  隻，第二期平均為  $2.5 \pm 0.8$  隻。在繁殖成功率方面，第一期為 95.65%，第二期為 95.83%。比較第一期與第二期兩次繁殖期的各項繁殖表現後，其中僅有窩卵數達顯著差異（ $t=2.636$ ， $P<0.05$ ）。但孵化率（ $t=-0.048$ ， $P>0.05$ ）、幼雛存活率（ $t=0.534$ ， $P>0.05$ ）、離巢幼鳥數（ $t=1.572$ ， $P>0.05$ ）及繁殖成功率（ $t=-2.097$ ， $P>0.05$ ）皆無顯著差異。



### 三、 巢位利用

本研究結果顯示，黑冠麻鷺的巢位於垂直方向約略座落在樹冠層下方四分之一處，巢高隨樹高增加而上升；巢在橫向則位於由主幹向外算起的中間偏外圍處，且使用榕樹為巢樹者，其巢位離主幹距離較大。巢大部分位於具有分岔，且傾斜角度接近水平的木質化枝條上；巢上覆蓋度至少覆蓋 70 % 以上，但並無偏好特定地理方向。

巢位在以樹為中心的座標系中，42 個繁殖成功巢位，平均角度為  $330^\circ$ 。但不論在直角座標系中四個象限的地理方位（圖十），還是極座標系 12 個方位的數量累計圖（圖十一）中皆有分布。經由 Rayleigh test 進行方向差異性統計後，未達顯著水準（ $P = 0.885$ ），所以無法證實巢是否偏好特定地理方位或角度。

巢位平均高度為  $9.47 \pm 2.26$  公尺（ $n=42$ ）（表五），巢高最高為 14.51 公尺，位於二二八和平公園，樹種為菩提樹（*Ficus religiosa*）；最低巢高為 6.27 公尺，位於青年公園，樹種為榕樹（*Ficus microcarpa*）。此外，巢高隨樹高增加而上升，成正相關（ $R^2 = 0.603$ ）（圖十二），經 F-test 檢定後達顯著差異（ $P < 0.05$ ）。巢位在樹冠層的相對高度位置中，從樹冠底部算起的高度與整個樹冠層的高度相比，其比值為  $0.25 \pm 0.18$ （ $n = 42$ ），顯示巢傾向位於樹冠層下方四分之一處（圖四）。

巢離主幹的平均距離為  $5.55 \pm 2.41$  公尺（ $n = 42$ ）（表五）。巢距離主幹最遠為 10.97 公尺，位於臺灣大學校總區，使用的樹種為榕樹；巢距離主幹最近為 1.29 公尺，位於大安森林公園，使用的樹種為榕樹。而在樹冠層的相對位置中，主幹至巢的距離與主幹至樹冠層外緣的距離相比，其比值為  $0.61 \pm 0.16$ （ $n = 42$ ），顯示巢傾向位於主幹向外的樹冠層中間偏外圍處。

在支撐鳥巢枝條方面，本研究分別測量枝條直徑、傾斜程度及分岔數，並評估枝條生長情形。巢位下的支撐枝條又可分為巢主要支撐枝條，及巢下支撐枝條。巢主要支撐枝條的平均直徑為  $9.1 \pm 4.1$  公分（ $n=42$ ），直徑最大為 24.5 公分，最小為 4.0 公分。巢下支撐枝條的平均直徑為  $6.1 \pm 2.5$  公分（ $n=42$ ），直徑最大為 17.0

公分，最小為 2.0 公分（表六）。而不論是巢主要支撐枝條，或巢下支撐枝條，皆為已成熟的木質化枝條。

於 42 巢繁殖成功巢中，巢主要支撐枝條的傾斜角度大部分為介於 0-22.5° 間，共有 59.52 %（表六）；其次為介於 22.5-45° 間，共 30.95 %；第三為介於 45-67.5° 間，共 9.52 %；枝條於 0° 以下及大於 67.5° 皆無記錄（圖十三）。在巢下支撐枝條中，有 40 巢含有傾斜度介於 0-22.5° 間的枝條；另有 11 巢含有介於 22.5-45° 間的枝條，及 4 巢含有介於 45-67.5° 間枝條；枝條於 0° 以下及大於 67.5° 的巢下支撐枝條皆無記錄（圖十四）。顯示不論是巢主要支撐枝條或巢下支撐枝條這兩者用來支撐鳥巢的枝條，其傾斜程度大部分為接近水平的枝條，小於零度及角度接近垂直者則不受青睞。

在被巢所覆蓋的巢下支撐枝條中，具有分岔枝條的巢佔 97.62 %，有 40 個（n=42）；而無分岔的，僅具單一枝條支撐整個巢的僅有 1 個，佔 2.38 %。在具分岔枝條中，分岔一次含 1 個分岔點的巢共有 28 個，佔全部巢的 66.67%；分岔二次含有 2 個分岔點的巢共有 10 個，佔 23.81 %；分岔三次含有 3 個分岔點的巢共有 3 個，佔 7.14 %（圖十五）。顯示大部分的巢皆位於具有分岔的枝條上，且多築於分岔一次的枝條上。

在黑冠麻鷺巢上方樹冠層的覆蓋度方面，在巢上所測得的覆蓋度平均為 81.14 ± 3.22 %（n=42），其中覆蓋度最大值為 87.37%，最小值為 73.06 %。由結果顯示，本研究中黑冠麻鷺所築的巢，巢上方皆有樹冠層覆蓋，且其上的覆蓋度皆達 70 % 以上，無完全裸露沒有樹冠覆蓋的巢。



#### 四、 巢樹選擇

本研究巢位共有 42 處，因此隨機樣點亦選取 42 處進行比較。隨機樣點在各公園綠地中的取樣量如同巢位在各個公園的分布量，共選擇大安森林公園 7 處，中正紀念堂 9 處，青年公園 9 處，臺灣大學校總區 15 處，二二八和平公園 2 處，共 42 處隨機樣點。結果發現巢樹偏好選擇榕樹，樹冠直徑與胸高直徑偏好選擇樣區中較大者，但在樹高選擇則無顯著差異。

於巢樹使用的樹種中 ( $n = 42$ )，共有 8 科 10 種 (表三)。其中以榕樹所佔比例最高，共有 32 個巢位使用，佔約 76%。其餘樹種所佔比例皆不到 5%。並藉由卡方適合度檢定，來檢定巢樹和隨機樣樹 ( $n=42$ ) 兩者在榕樹與非榕樹分布的比例是否一致。結果發現黑冠麻鷺巢位所選擇的巢樹與隨機樣樹在樹種達顯著差異 ( $P < 0.05$ )。因此，由結果得知巢樹的樹種偏好榕樹。

再進一步比較巢樹的樹種與巢離主幹距離關係 (圖十六)，以榕樹做為巢樹的巢離主幹距離平均為  $6.04 \pm 2.23$  公尺；以非榕樹為巢樹的巢離主幹距離平均為  $3.97 \pm 2.37$  公尺。經曼-惠特尼 U 檢定，以榕樹跟非榕樹做為巢樹的巢離主幹距離兩者達顯著差異 ( $P < 0.05$ )。顯示以樹榕當作巢樹者，其巢離主幹距離較以非榕樹者大。

巢樹的樹高平均  $15.16 \pm 3.55$  公尺 ( $n=42$ )，巢樹中高度最高為 25.89 公尺，樹種為菩提樹，位於二二八和平公園；巢樹高度最矮為 8.48 公尺，樹種為榕樹，位於臺灣大學校總區。藉由獨立樣本 t 檢定，檢定巢樹與隨機樣樹兩組的樹高是否有差異。結果顯示巢樹與隨機樣樹兩組高度並未達顯著差異 ( $P = 0.056$ )。因此，黑冠麻鷺在都市公園綠地中所利用的巢樹高度平均雖然較隨機樣樹高，但並未達顯著差異，並無選擇較高的樹來築巢 (表四)。

巢樹的樹冠直徑平均  $16.41 \pm 4.19$  公尺 ( $n=42$ )，巢樹樹冠直徑最長為 23.90 公尺，樹種為榕樹，位於臺灣大學校總區；巢樹直徑最短為 8.35 公尺，樹種為印度紫檀，位於大安森林公園。藉由獨立樣本 t 檢定，檢定巢樹與隨機樣樹兩組的樹

冠直徑是否有差異。結果顯示巢樹與隨機樣樹的樹冠直徑兩組達顯著差異 ( $P < 0.05$ )。因此，黑冠麻鷺利用都市公園綠地中樹冠直徑較大者來築巢 (表四)。

巢樹的樹幹胸高直徑平均  $74.8 \pm 40.4$  公分 ( $n=40$ )，巢樹胸高直徑最大為 203.7 公分，樹種為榕樹，位於臺灣大學校總區；巢樹胸高直徑最小為 22.6 公分，樹種為印度紫檀，位於大安森林公園。藉由獨立樣本 t 檢定，檢定巢樹與隨機樣樹兩組的胸高直徑是否有差異。結果顯示巢樹與隨機樣樹的胸高直徑兩組達顯著差異 ( $P < 0.05$ )。顯示黑冠麻鷺利用都市公園綠地中胸高直徑較大者做為巢樹 (表四)。


## 五、棲地選擇

黑冠麻鷺在都市公園綠地中所利用的巢位下棲地，經觀察後發現多為人為活動環境，如人行道、人工鋪面、公園桌椅等這類人類經常活動的地方 (圖十七)，而非其他較矮的樹或灌木。因此本研究從巢樹環境、樹的巢方向、及巢下環境三個面向來探討黑冠麻鷺的棲地選擇。結果顯示不論是在巢樹、巢方向、及巢下環境皆偏好選擇人為活動環境做為巢位的棲地環境 ( $n = 42$ )，且巢離主幹距離與離巢樹的巢方向最近人為活動環境相關。

在棲地的巢樹環境中 ( $n = 42$ )，巢樹樹冠投影下面積的人為活動環境佔全部投影面積比例平均  $61.1 \pm 17.4\%$ 。巢樹樹冠下人為活動面積大於 50% 者有 36 個。而隨機選擇的樣樹，其樹冠下人為活動面積大於 50% 者僅有 5 個 (圖十八)。並經由卡方適合度檢定，檢定巢樹和隨機樣樹兩者在人為活動環境與非人為活動環境分布的比例是否相同。結果顯示巢樹與隨機樣樹分布達顯著差異 ( $P < 0.05$ )。因此，巢樹偏好選擇人為活動環境。

於樹的巢方向選擇中 ( $n=42$ )，第一部分的巢側樹冠投影下面積，明顯較巢背側樹冠投影面積中人為活動環境比例大者達 31 個。第二部分則更進一步測量由主幹向外延伸，並通過巢位的 20 公尺內棲地的人為活動環境所佔比例。結果顯示樹的巢方向人為活動比例平均佔  $62.3 \pm 25.9\%$ ；而樹的 12 個環境方向的人為活動比





例平均佔  $36.6 \pm 16.3\%$ 。進一步經由卡方適合度檢定，檢定每個樹的巢方向和樹的各個環境方向在人為活動環境分布的比例是否一致。由檢定結果得知樹的巢方向有 37 個達顯著差異 ( $P < 0.05$ )，佔全部巢的 88%。由測量及統計結果表明，樹的巢方向偏好選擇人為活動環境比例較高者。因此，黑冠麻鷺築巢偏好朝向人為活動環境比例較高一側。

棲地環境選擇的第三個面向，巢位下環境選擇 ( $n = 42$ )。由巢下環境測量結果得知，有 39 個巢位的下方環境是人為活動環境，佔所有巢位的 93%。而在巢樹下的隨機方向環境中，有 20 個點位的環境是人為活動環境，佔 48%。透過卡方適合度檢定，檢定巢下與隨機樹下兩者的環境在人為活動環境分布所佔比例是否相同。檢定結果達顯著差異 ( $P < 0.05$ )，表示築巢時偏好選擇巢下是人為活動環境的地方築巢。

進一步比較巢離主幹的距離與巢樹離樹的巢方向最近人為活動環境距離，兩者相關性。由結果得知，離巢樹的巢方向最近人為活動環境平均距離為  $2.80 \pm 2.08$  公尺。經迴歸分析後，兩者成正相關 ( $R^2 = 0.4004$ ) (圖十九)，並經 F-test 檢定後達顯著差 ( $P < 0.05$ )。顯示巢離主幹距離隨著樹的巢方向最近人為活動環境距離增加而變大的趨勢，表築巢的位置和人為活動環境具相關性。

## 伍、討論



### 一、 研究概述

本研究透過調查臺北市大型都會公園綠地中，黑冠麻鷺的巢位分布、繁殖表現、巢位及巢樹特徵，以及棲地利用，來探討黑冠麻鷺在都市棲地中的生存策略及巢位選擇。由 2019 年的研究結果顯示，在 47 個產蛋巢中，繁殖成功的巢有 45 個，其中有 3 個重複使用當年舊巢，共計 42 處巢位。巢位偏好樹冠下層的中間偏外圍處，通常築巢於較水平的分叉枝條上。巢樹偏好榕樹，樹冠及樹幹較粗大者。在棲地方面，偏好選擇巢下是人為活動環境的地方來築巢。

從本研究結果可發現二個非常特別的現象。首先，都市中繁殖的黑冠麻鷺的繁殖成功率高達 95.74%，再詳加觀察其孵化率及幼雛存活率兩者也皆達 90% 以上，是相當適應都市化環境的物種。且單季繁殖期長，一年更有兩次繁殖高峰期，可提升整體繁殖的生產力。其次，在棲地選擇方面，經觀察發現，巢位下方環境大部分是人行道、人工鋪面、公園桌椅等人類經常活動的地方。透過統計從大尺度的巢樹環境、到樹的巢方向環境、以及範圍縮小到巢下環境來分析巢位棲地，結果與觀察發現相符，皆偏好人為活動環境，再次顯示其對人為活動所產生的干擾，具有高度的適應性及耐受度，故能在都市生存。

### 二、 比對前人研究

在過去黑冠麻鷺的研究中，以姚正得（2002）最為詳盡，因此本節將與其研究進行比較。下文將就窩卵數、孵卵期、育雛期、繁殖成功、舊巢位使用、及棲地利用等部分加以探討。


在窩卵數方面，本研究以一巢 3 或 4 顆為主（共佔 83%），平均窩卵數  $3.3 \pm 0.8$  個，都與姚正得的研究相似（表七）。但窩卵數範圍為 2-4 顆，則與姚正得研究

中 2-6 顆有所差異，也沒有平均窩卵數隨巢位的高度增加而變小的情況發生。本研究的各巢的窩卵數較集中在每巢 3 或 4 個，且不論是在孵化率、幼雛存活率及繁殖成功率都有極高的表現，無需再提高窩卵數來避免意外發生或繁殖失敗。

本研究中的平均窩卵數不隨巢高而上升，可從數學及生物因子兩方面來探討。其一，是因窩卵數較集中，不易看到窩卵數隨巢高呈線性展開的現象。其二，是因平均巢高較前人研究的 13 到 14 公尺低，且在公園綠地中的巢位環境，巢下較自然環境下簡單、空曠，進出較容易，環境相對穩定，鳥類在能量消耗及窩卵數產量也會相對穩定集中。

繁殖時間的繁殖成功率方面，在姚正得研究中，第一巢及第二巢的繁殖成功率其統計無顯著差異（第二巢的定義為親鳥在同一巢位進行第二次繁殖），但若只單看有連續繁殖的親鳥，則第一巢繁殖成功率皆較第二巢高。而本研究中的第一巢及第二巢其孵卵期成功率、育雛成功率及繁殖成功率三者皆較前人研究高（表八）。且本研究的第二巢繁殖各項成功率都達 100%，其生產率品質未受影響，並不似姚正得及國外研究中的連續繁殖的親鳥，其第二巢生產率會較第一巢低的情況（J. N. Smith & Roff, 1980），是因食物資源所造成的影響。顯示於都市中繁殖的黑冠麻鷺，在繁殖季期間，其食物資源及能量皆相當充足。

在親鳥年齡的繁殖成功率方面，曾有研究指出，較成熟親鳥的繁殖成功率，一般而言會較年輕個體繁殖的成功率高（Forslund & Pärt, 1995; Nisbet & Dann, 2009）。而姚正得研究中的黑冠麻鷺成熟親鳥，其繁殖成功率如理論預期較亞成親鳥參與繁殖的高，且最後的離巢幼鳥數也較高（表九）。而本研究結果也和姚正得研究結果相同，成熟親鳥在不同階段時的繁殖表現皆較亞成親鳥參與的高。推測成熟親鳥的育雛經驗、覓食效率、繁殖力可能較佳，或與巢位選擇、差別生存（differential survival）和繁殖延遲（delayed breeding）等因素有關（Cichoń, 2003; Janiszewski *et al.*, 2017; Stutchbury & Zack, 1992）。但因本研究中的亞成親鳥參與繁殖者僅兩對，在統計上缺乏充足證據，因此都市中亞成親鳥的繁殖表現情形仍有待探討。




在繁殖成功率方面，本研究 2019 年於臺北市公園綠地中的調查，黑冠麻鷺的平均繁殖成功率為 95.74%，而姚正得於 2000 年及 2001 年在臺灣中部地區調查的黑冠麻鷺繁殖成功率，分別為 64.44% 及 61.72%，兩者相比較可看出 2019 年臺北市市區中的平均繁殖成功率較先前中部地區研究高出許多。兩者差異在於本研究調查的地區全都在都市環境中。因此，本研究黑冠麻鷺的高繁殖成功率，很可能與都市化環境有關。

進一步比較本研究與姚正得研究，在不同棲地的繁殖成功率方面可發現，姚正得將黑冠麻鷺繁殖棲地的土地類型按都市化程度分成一至五型，分別是從原始環境到核心都會區環境。其中的原始環境類型只有 2 巢，而在都會區環境土地類型則沒有發現黑冠麻鷺的巢。至於第二、三及四型環境的繁殖成功率分別是：48.56%、48.65%、及 85.23%。而本研究所有的繁殖巢皆位於核心都會區環境，繁殖成功率為 95.74%。綜合前人研究與本研究可發現，愈接近都市化環境，黑冠麻鷺的繁殖成功率愈高（圖二十），顯示黑冠麻鷺善於利用都市化環境，有效達到其繁殖目的。

### 三、 巢位選擇因素

#### （一） 巢位分布

由本研究的繁殖巢位分布結果可知，黑冠麻鷺在具高度都市化的臺北市中，有效的利用公園綠地來築巢繁殖。顯示黑冠麻鷺對於都市類型的棲地具有相當程度的接受度，與前人研究結果大不相同（姚正得，2002）。過去記錄顯示築巢地點位於低海拔森林並具有高大樹林或竹林地（劉小如等，2012），抑或築巢於郊區農墾地旁的樹林中，鮮少會在都會區中人類活動地較多的環境裡築巢（姚正得，2002）。但本研究則有大量的個體出現及築巢於都市，顯示黑冠麻鷺的築巢行為這年來正有所轉變，且已可忍受都市化及高密度人為活動的環境。




本研究於臺北市中所發現的 42 個黑冠麻鷺的巢位中，多位於都市公園綠地中的樹林區，只有少數巢位築巢於靠近水域區域，但未有發現如夜鷺等其他鷺科鳥類一般，築巢於像大安森林公園水池中的生態島上。推測黑冠麻鷺屬於森林性鷺科鳥類，原在低海拔的森林或竹林地的樹上築巢，故水域環境或水池中樹木上較不易發現其巢位。

在本研究的五個大型公園綠地中，各個樣區巢位密度不全然一致，如中正紀念堂佔地面積雖然和大安森林公園及青年公園相近，但黑冠麻鷺實際築巢區域只位於紀念堂主體兩側的庭園區及近捷運站的小森林中。因此，實際利用的面積遠不及其他兩個樣區，但於 2019 年的築巢數卻和青年公園一樣，且比大安森林公園多。而且於 2019 年正式研究調查之前的幾年觀察中（2016-2018 年個人觀察），中正紀念堂每年的築巢數總量甚至還超過其他四個公園綠地。建議未來可針對棲地中可利用的樹木資源、食物資源、及地景組成等環境因子做進一步探討。

## （二） 繁殖表現

都市是極度人為的環境，通常只保留少數原始棲地，這或許適合某些鳥類生存 (Cody, 1985)。在本研究結果中，都市化環境黑冠麻鷺的繁殖成功率超過 95%，是成功在都市環境繁殖的鳥種。據本文結果顯示黑冠麻鷺在都市環境中築巢的現象，可印證「與人為活動距離假說」(distance to human activity) (Collias & Collias, 1984)，即為築巢地點靠近人為活動環境，繁殖成功率愈高，為成功在都市中繁殖的鳥類，可說是鳥類中的「都市開拓者」。

鳥巢天敵 (nest predators) 是鳥類繁殖成功與否的重要因素 (Martin, 1993; Ricklefs, 1969)。而在都市地區繁殖的美洲金翅雀 (*Spinus tristis*)，其繁殖成功率比在自然棲地環境中高，推測都市地區鳥巢天敵較野外地區少，使都市中的鳥類繁殖成功率提升 (Middleton, 1979)。另外，冠藍鴉

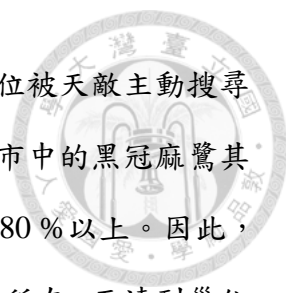


(*Cyanocitta cristata*)、紅背伯勞 (*Lanius collurio*) 等鳥類的繁殖成功率與最近建築物距離成反比 (Goławski & Mitrus, 2014; Tarvin & Smith, 1995)。這些證據都顯示，築巢地區若愈靠近人為活動的地方，繁殖成功率愈高。其原因為猛禽等鳥巢天敵在人為活動場域較少，使築巢於都市的鳥類減少被掠食的機會，讓繁殖成功率有所提升。而姚正得 (2002) 的研究亦指出，天敵掠食是造成黑冠麻鷺繁殖失敗的主因，佔繁殖失敗因素的 32.7%。因此，都市化環境中的人為活動比例較自然環境高，推測因鳥巢天敵減少，仍是黑冠麻鷺在都市地區繁殖成功的重要因素。

### (三) 巢位棲地選擇

由本研究結果可得知，都市中黑冠麻鷺其繁殖巢位的棲地，偏好選擇人為活動環境，且巢位於樹冠下層。原因除了人為活動環境天敵較少，得以提升繁殖成功率外，另一重要因素為動物通常將人視為掠食者，人為的干擾如同掠食風險 (Frid & Dill, 2002)。因此，都市中的黑冠麻鷺必需對人類做出適度的反應，以避免風險產生。

在都市中築巢繁殖的黑冠麻鷺，面對猶如天敵的人類，需要選擇一個對繁殖有利的位置，提供良好的環境，以利其繁殖。研究更證實，鳥類的生存和繁殖成功主要取決於巢位選擇 (Martin, 1992a)。而影響巢位選擇的因素有很多，像是食物資源 (Newton, 1991)、巢位溫度調節 (Yanes、Herranz & Suárez, 1996) 及棲地特徵等 (Conover *et al.*, 2010)。但有許多文獻認為鳥巢天敵才是巢位選擇的主要因素 (Ibáñez-Álamo *et al.*, 2015; Lack, 1968; Martin, 1993)。因此，鳥類繁殖築巢時會將天敵因素納入考量，當其選擇巢位時，其棲地特徵需在鳥巢隱蔽性 (concealment) 及可見性 (visibility) 做權衡 (Camp *et al.*, 2013)，以下將就隱蔽性及可見性深入探討。



在隱蔽性方面，鳥類透過選擇安全的位置，可降低巢位被天敵主動搜尋或偶然發現的機率 (Weidinger, 2002)，以降低風險。都市中的黑冠麻鷺其巢上的枝葉覆蓋度每巢至少都有 70%，且平均覆蓋度達 80% 以上。因此，從若是於空中俯瞰尋找獵物的天敵，將無法輕易辨識巢位所在，而達到巢位隱蔽的功效。研究顯示，許多小型鳥類避免在北雀鷹 (*Accipiter nisus*) 及隼 (*Falco spp.*) 的繁殖棲地附近築巢 (Forsman、Mönkkönen & Hukkanen, 2001; Meese & Fuller, 1989; Suhonen、Norrdahl & Korpimaki, 1994)。或是選擇偏向較大植被覆蓋的地方來築巢，則可增加巢位的隱蔽性 (Cardoni、Isacch & Iribarne, 2012)。因此，巢位隱蔽是鳥類築巢時常見的適應策略，以降低被掠食的風險 (Martin, 1992b)。

然而，隱蔽性太強的巢位，可能會妨礙孵卵中的親鳥對周圍環境的視野 (Götmark *et al.*, 1995)。影響鳥類及早偵測到掠食者接近並阻礙同種間的溝通 (Magana *et al.*, 2010)，使孵卵親鳥無法有效做出適當的反應。而有些研究更發現，巢位隱蔽性較高不一定代表較少被掠食 (Colwell, 1992; Howlett & Stutchbury, 1996)。

在可見性方面，巢位具有好的可見性佳，對親鳥及幼雛有一些優勢。Götmark *et al.* (1995) 曾提出以下四項巢可見性的好處：第一，可減少親鳥被掠食的風險；第二，親鳥及幼雛監視鳥巢天敵，以提早防禦；第三，促進同種間的溝通，具守衛功能；第四，在巢中即可偵測覓食區的獵物。目的都是提升繁殖時能有效監測周邊環境的動態，以利隨時因應突發狀況。黑冠麻鷺將巢築於樹冠靠下方及近人為活動環境的位置，對於巢下方如同掠食的人類干擾，則有監視周圍環境中人類的動靜、降低被掠食風險或是可以提早防禦效益，進而警戒、攻擊等巢防禦 (nest defence) 行為，確保親鳥自身及巢中卵或幼雛的安全，以達繁殖成功及提升適合度。而且動物體形及鳥巢較大者，具有更強的巢防禦，效率更佳 (Weidinger, 2002)。而本研究中的黑



冠麻鷺在都市綠地生存的鳥類裡，屬於體形較大者，故更能展現巢防禦及巢可見性的優勢。

除監測周遭環境變化外，鳥類會有一些主動或被動的反掠食 (anti-predator) 策略，如攻擊 (attack)、分散注意力的展示 (distraction display)、鳴叫 (vocalization)、群眾警戒 (mobbing)、及巢守衛等主動的巢防禦 (nest defence) 行為 (Montgomerie & Weatherhead, 1988)；或是被動的坐於巢中，從外觀上隱藏了卵或者是與巢一同偽裝 (Weidinger, 2002)。透過觀察，黑冠麻鷺在巢中常保持不動，不易被發現，有與巢一同偽裝的功用。當人類接近巢位時，黑冠麻鷺會有警戒反應，在探巢時會有守禦、強烈的攻擊、鳴叫，甚至驅離等主動巢防禦的行為。黑冠麻鷺透過主動與被動的巢防禦，以避免被掠食的風險發生，這些都是巢可見性的優勢。


因此，黑冠麻鷺從過去於密林的築巢環境，到現今築巢於人為活動頻繁的環境中。因改變巢位選擇行為，監視都市環境中有掠食風險的動物，以隨時對具掠食風險行為做出反應，進而能適應都市化的棲地環境。

#### (四) 巢位及巢樹特徵

經由研究結果可發現，巢高、巢下枝條及巢在樹冠層位置，有經篩選過而有特定的範圍。巢在以樹為中心的巢方向、胸高直徑及樹冠直徑皆有所偏好。因此，以下將就這些巢位及巢樹特徵探討。

都市中黑冠麻鷺的巢高介於 6.3 到 14.5 公尺間，巢位高度雖有隨樹高而增加的趨勢，但皆在都市黑冠麻鷺的察覺距離 (15.42 公尺) (葛兆年、鄭惟仁, 2011) 內，且大部分巢都在驚飛距離 (6.55 公尺) (葛兆年、鄭惟仁, 2011) 之上。顯示黑冠麻鷺在巢中即可察覺巢下環境的動靜，又不致被驚擾，為可容忍的距離。如此的築巢高度不僅可以監視巢下動物的動向，又在可接受的干擾範圍，為其適當的選擇。





巢位在樹冠層中的位置方面，巢在靠近樹冠層的下方四分之一處，方位偏向人為活動環境的一側，巢上具有超過 70% 的枝條覆蓋。由結果顯示巢上方皆有樹冠覆蓋，並不像夜鷺 (*Nycticorax nycticorax*)、小白鷺 (*Egretta garzetta*) 等於都市中築巢的鷺科鳥類，將巢築於樹冠中上層，而且有完全裸露而無樹冠覆蓋的巢 (Ayaş, 2008)。另外，巢位靠近樹冠層下方，而黑冠麻鷺的食物資源多以下方草地中的蚯蚓為食 (沈瑞琛、陳立楨, 1996)，覓食時多需至巢的下方，因此，將巢築於靠樹冠層下方處，也較方便及容易進出，以節省體力消耗。而將巢築於樹冠層靠近人為活動環境一側，則為具監控都市中的人類活動功能，以利隨時做出反應。巢上覆蓋度達高，除免於被從上方來的天敵發現外，亦具有遮蔽日曬的功用。因此，黑冠麻鷺也選擇具優勢的樹冠位置築巢。

在巢位下方枝條及巢樹方面，巢下枝條大部分具分岔，枝條傾斜度多為接近水平，巢主要支撐枝條及巢下支撐枝條平均皆有 9.1 及 6.1 公分，且皆為已木質化的成熟枝條。巢樹的胸高直徑及樹冠直徑皆顯著較隨機樣樹大。顯示黑冠麻鷺將巢築於平緩、穩固而且具能支撐起巢的枝條上，而非築巢於新鮮嫩苗上，如此有助於巢位的穩定度。胸高直徑較大則表示，巢樹為經多年生長為穩固粗壯的大樹。樹冠直徑較大除經多年生長外，也意味著能有較高的覆蓋度，樹冠枝條能充份生長而展開，及有足夠的水平或分岔的側枝可供選擇。

統整上述討論，黑冠麻鷺在都市化環境中選擇其巢位時，不論在巢位還是巢樹特徵時，皆能利用都市公園綠地中的樹木資源，並選擇合適的條件來築巢，顯示都市中有足夠的樹木資源供繁殖時利用。



## (五) 偏好選擇榕樹

由本研究結果得知，黑冠麻鷺築巢時所利用的樹種，顯著偏好選擇榕樹來築巢，佔 76 %。為探討此現象，本研究又增加兩個分析，第一是巢離主幹距離與巢樹離樹的巢方向最近人為活動距離的迴歸分析，結果兩者呈正相關，顯示巢離主幹距離隨樹的巢方向最近人為活距離變大而增加。第二是在巢離主幹距離，榕樹與非榕樹達顯著差異，選擇築巢於榕樹者，其離主幹距離較非榕樹者大。由研究結果可推論，黑冠麻鷺築巢時偏好選擇榕樹，其原因可能為選擇榕樹枝條可由主幹中心，延伸至較遠處的特性，因此，將築於樹榕枝條上，可利用此枝條延伸的特性，將巢築於較靠近人為活動的地方，以達成監視巢位下潛在掠食者的活動，以利監測或及早防禦等功能，故易將巢築於榕樹這類枝條較展開的樹種上。

## (六) 巢防禦性

本研究於探巢時發現，幼雛孵化後，親鳥和幼雛會有共同巢防禦行為，且大部分的巢，其親鳥會和幼雛一起抵禦外來入侵物，但有部分親鳥則選擇逃離干擾。因此，本研究將親鳥逃離探巢時的干擾，定為防禦性較弱者。由結果發現，共有 9 巢有此現象，其中包含 2 巢亞成親鳥參與繁殖者。且其離巢幼鳥數平均僅為  $1.6 \pm 0.7$  隻，與整體平均  $2.8 \pm 0.9$  隻 ( $n=47$ ) 具有相當大的差異，因而推測巢防禦會影響離巢幼鳥數。根據親代投資理論 (parental investment theory) 可推測，當親代投入愈多體力及資源照顧下一代時，愈有機會增加繁殖成功率 (Robert, 1972)。且鳥巢防禦及親鳥年齡皆會影響繁殖成功率 (Janiszewski *et al.*, 2017; P. A. Smith & Edwards, 2018)，一般而言防禦性較高者，其繁成功率也會愈高，而親鳥的巢防禦行為也會隨著年齡增長而上升 (Sjöberg, 1994)，進而影響繁殖成功率及離巢幼鳥數。而本研究中發現防禦較弱及亞成親鳥參與繁殖者，其離巢幼鳥數明顯較整



體平均低的現象，極有可能與親鳥的巢防禦和年齡有關連，未來可針對此現象做更詳細系統性深入探討。

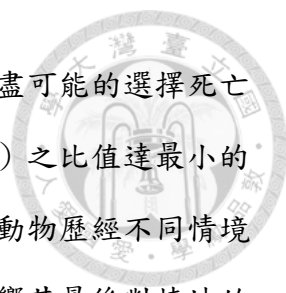
#### (七) 路燈棲地

本研究另外又發現，大部分的巢，其周圍幾乎都有路燈。在經調查後發現，離巢 5 公尺內含有路燈者，佔 47.6%；離巢 10 公尺內含有路燈者，佔 83.3%；而在離巢 20 公尺內含有路燈者，則達 95.2%。更進一步調查樹的巢方向與路燈關係後發現，以樹為中心，在巢方向左右各 45°的夾角中，20 公尺半徑內含有路燈的巢，佔 78.6%；在巢方向左右各 90°的夾角中，則佔 95.2%。由初步調查結果顯示，大部分的巢位偏好面向有路燈處。為了解此特別的現象，經觀察後發現，路燈亦為人為活動的指標之一，有路燈處，是常有人為活動的地方；或者是因有人為活動，而架設路燈。像是公園中涼亭、桌椅附近，白天易有人為聚集，而晚上有路燈照明，也容易有遊客前來。由本研究結果可知，都市中黑冠麻鷺築巢時，將巢築於靠近人活動的地方，可監視巢下人類的動態。因此，黑冠麻鷺築巢時，將巢位選擇在路燈附近時，可達到日夜都監視巢下人類活動的效果。

### 四、 都市棲地特徵

#### (一) 都市風險與資源

本研究的黑冠麻鷺繁殖時，將其棲地選擇在臺北市區的大型都會公園綠地。研究證實，評估鳥類的巢位棲地是了解其行為生態的重要關鍵(Cody, 1985)。且棲地的組成和分布對於決定合適的築巢地點也扮演著重要的角色(Newton, 1979)。動物會在自身需求與各種可用資源(如食物、庇護所及監視等)之間進行權衡(Frommhold *et al.*, 2019)。棲地選擇是權衡掠食風險(predation risk)與資源豐富度(resource richness)之間達平衡的決策結




果 (Frid & Dill, 2002)。理論上，動物在選擇棲地時，會盡可能的選擇死亡率風險 (mortality risk) 與淨能量收入 (net energy intake) 之比值達最小的棲地 (Gilliam & Fraser, 1987; Lima, 1998)。因此，當動物歷經不同情境 (如在不同空間下的覓食和逃離掠食) 並經權衡後，會影響其最後對棲地的選擇 (Mysterud & Ims, 1998)。

在研究中的黑冠麻鷺經衡量後，選擇在都市地區繁殖，代表都市地區可滿足其自身需求的各類資源大於掠食風險，因此吸引其來到都會地區並利用都市棲地。以下將就黑冠麻鷺於都市地區繁殖需面臨的風險及可獲得的各項資源加以探討。

在風險方面，動物常視人為干擾如同掠食風險 (Frid & Dill, 2002)。人類是都市中體型最大、數量最多的動物，因此居住在都市中的黑冠麻鷺首要面臨的風險即是人類。在人為活動頻繁的都市環境中，會導致動物干擾頻率增加及需不斷逃生，不論是直接消耗代謝能量還是間接造成覓食減少，這些都需付出極高的代價 (Cooper Jr & Blumstein, 2014)。

但研究發現，居住地靠近人類的動物可能會改變其對人類的抗掠食反應，如驚飛距離 (flight initiation distance) 及逃離距離 (distance fled) 縮短等 (Williams *et al.*, 2020)。研究亦顯示，都市中體型較大的鳥類容忍力較佳，並可用三種機制來解釋其反與行為改變：一是大膽 (bold) 的個體較能居住於人為干擾的地區；二是區域適應 (local adaptation) 有利於擴展其容忍力；三是習慣化 (habituation) 也能增加容忍力 (Samia *et al.*, 2015)。基於上述原因可知，居住於都市中的黑冠麻鷺，因體型大且長期習慣人類干擾，有助於提升對都市棲地的容忍力。

在資源方面，都市可提供黑冠麻鷺繁殖所需的食物、巢樹及巢位資源。以食物資源來看，繁殖成功率與食物資源息息相關 (Kaiser *et al.*, 2015)。在沈瑞琛和陳立楨 (1996) 的研究中，發現黑冠麻鷺主要以蚯蚓為食。而過



去研究發現，在本研究樣區的大安森林公園中，每平方公尺有近 70 隻蚯蚓（陳俊宏，2015），而臺灣大學校總區的傳園及文學院後方草地中，每平方公尺更可超過 100 隻蚯蚓（陳毅翰等，2004），足見都市可提供其充足的食物資源。更可從本研究的結果得知，樣區中黑冠麻鷺一年有兩次繁殖高峰期且繁殖成功率皆相當高，顯示繁殖所需食物資源不虞匱乏。

在巢樹及巢位資源方面，由本研究結果得知，黑冠麻鷺築巢時偏好樹冠夠大及樹幹夠粗壯且巢下枝條平緩有分岔的闊葉樹。過去研究指出，巢的支撐結構和位置相當重要，因為可能會影響該巢是否能繁殖成功（Tryjanowski、Kuzniak & Diehl，2000）。而諸如樹種、樹高及枝條直徑等，都會影響鳥類的繁殖表現（Stevens *et al.*，2015）。本研究發現，黑冠麻鷺在巢下枝條傾斜度、樹種及胸高徑等的巢支撐結構也偏好特定條件，顯示都市中有其繁殖時可利用的巢樹及巢位資源。

另一方面，都市公園綠地需有可提供黑冠麻鷺繁殖適合的巢樹及巢位資源，方能吸引其前來繁殖。而本研究樣區中大安森林公園成立於 1992 年，中正紀念堂於 1985 年，而青年公園則是 1975 年，至於二二八公園及臺灣大學校總區成立時間更是早於前面的三個公園綠地。而在第一筆觀察黑冠麻鷺的記錄時間，大安森林公園是在 2005 年 6 月，中正紀念堂是 2004 年 10 月，青年公園是 2009 年 3 月。顯示研究樣區中的樹木即使於公園剛成立、種植之初都還非常低矮，但經過數十年時間，也已有足夠的粗壯且樹冠枝條已展開的大樹可供其繁殖時利用。

綜上所述，都市中雖有人類干擾，但並非致命性風險；反而有充足的食物資源，以及築巢時可利用的巢支撐結構等這類巢樹及巢位資源。而在數十年後，黑冠麻鷺到達這些公園綠地，經權衡後，選擇留在都市地區繁殖，表示都市地區可提供其滿足繁殖需求的各類資源大於被掠食等風險，因此得以在都市中成功繁殖下一代。



## (二) 都市公園綠地

本研究的研究樣區皆位於臺北市的都市公園及大型綠地中，目的在探討黑冠麻鷺在都市中的巢位選擇。結果顯示黑冠麻鷺在這些都市公園綠地裡，有極高的繁殖成功率及有合適的築巢地點。顯示都市公園綠地已成為鳥類在都市中極佳的繁殖及居住地點。

過去研究認為都市公園綠地對於生活於都市中的野生動物扮演著相當重要的生態角色，尤其是做為鳥類棲地 (MacGregor-Fors & Ortega-Álvarez, 2011)。鳥類行為極易受到都市開發的影響，特別是在掠食風險、都市特徵 (如，建築物、道路、自然食物資源缺乏、樹木密度較低)、及各種人為活動等 (Ortega-Álvarez & MacGregor-Fors, 2011)。都市公園綠地可以提供資源，成為鳥類在都市的覓食及繁殖地 (Amaya-Espinel *et al.*, 2019)，也可成為鳥類的避難所，使一些原生鳥類可以在都市中持續生存 (Leveau *et al.*, 2019)。在此情況下，公園綠地成為都市生物多樣性的熱點，且都市中大多數的鳥種都可在此被記錄到 (Jokimäki, 1999)。因此，公園綠地是鳥類在都市中的重要棲地，也是影響都市生物多樣性關鍵的地方 (Villaseñor *et al.*, 2020)。

黑冠麻鷺在都市公園綠地中大量築巢且繁殖成功率高，顯示該地有足夠的繁殖所需資源。而食物可利用性 (food availability) 是在選擇繁殖地點時，對於親鳥存活及餵養幼鳥的重要關鍵生態因子 (Roche *et al.*, 2016)。許多研究也證實繁殖地附近的食物可利用性，是影響繁殖棲地選擇的主要因素，因為會直接影響是否能繁殖成功 (Barea, 2012; Crampton & Sedinger, 2011)。因此，黑冠麻鷺選擇在都市中的公園綠地繁殖下一代，推測公園綠地中豐富的食物資源，可吸引其前來覓食及繁殖。

## 陸、結論



本研究透過調查臺北市公園綠地中黑冠麻鷺的巢位分布、各項繁殖表現、巢位及巢樹選擇及棲地利用狀況，釐清都市黑冠麻鷺快速成長的生存策略與巢位選擇影響因素。研究結果顯示，2019年三月到十月間，在臺北市的5個公園綠地中，黑冠麻鷺的42個巢位，多位於都市公園綠地中的樹林區，原因應是黑冠麻鷺原屬於森林性鷺科鳥類，故將巢築於近樹林處。

在繁殖表現方面，與前人研究比較，本研究的孵化率為92.91%、幼雛存活率為90.76%，繁殖成功率為95.74%，各項繁殖表現均較過去研究為高。這可能是因為利用都市化環境築巢的鳥類，鳥巢天敵減少，是影響繁殖成功與否的重要因素。都市黑冠麻鷺的繁殖成功率高及單季有兩次繁殖高峰期，可有效提升繁殖生產力，均有利於牠們在都市中生存。

就巢位選擇而言，黑冠麻鷺將巢築於樹冠層下方四分之一處，且下方無其他較矮的樹木或灌叢，故能讓親鳥易於進出活動。巢位特徵為傾斜角度接近水平，大部分具分岔的木質化成熟枝條，巢樹胸高直徑則選擇較大者，應該是因選擇較平緩穩定的枝條及樹木築巢，有利於巢位的穩固，故吸引親鳥在此築巢。而巢上覆蓋度平均達80%以上，且巢樹的樹冠直徑亦選擇較大者，本研究認為，原因除可遮日避曬外，還可降低讓上方飛行的天敵發現之機率。

以巢位下棲地方面來說，巢位於樹冠下層，且巢位高度多介於都市黑冠麻鷺的察覺距離內，驚飛距離外，巢位下棲地多為人行道及人工鋪面等人為活動環境。因此，本研究透過測量巢樹環境、樹的環境方向、巢下環境，三個巢下棲地面向來驗證。經統計檢定後，發現三者皆達顯著結果，黑冠麻鷺將巢築於或朝向人為活動環境上方的樹冠層中。推測是因為動物通常將人類視同掠食者，人為干擾有如掠食風險般的存在，選擇能監視都市中具掠食風險動物的位置築巢，偵測周圍環境變化，以利隨時做出應變反應，可及早避免各種風險發生，因而將巢築於可接受的干擾範



圍及容易監控環境變化的位置。


整體來說，黑冠麻鷺繁殖築巢時，一方面利用都市中的巢位枝條及巢樹特徵來築巢，二方面也利用公園綠地土地食物資源，使一年可達兩次繁殖高峰期，顯示都市中有繁殖時足夠的可用樹木及食物資源。而且在適當的位置監視都市中具掠食風險的人類，除可避免非人天敵侵擾，還可提升繁殖成功率。綜上所述，黑冠麻鷺在都市中大量生存的原因為公園綠地中有充足的巢位、樹木及食物資源，以及對人類干擾具高度耐受性，故可吸引其前來覓食及繁殖。而黑冠麻鷺繁殖成功率高，且能有效監測人類動向，以利做出適當反應，是相當適應都市化環境的物種。

本研究對於都市中繁殖的黑冠麻鷺，深入探討其巢位選擇行為，期望能對都市生態系有進一步瞭解，並能提供市民及都市經營管理者參考。未來希望能長期監測這些都市中的野生動物，以期對動物與環境的關係有更全面、深入瞭解。

基於上述研究結果，本文擬從都市經營管理的角度，提出三點建議：首先，都市中的野生動物常視人類為掠食者，而會隨時監視、警戒人類的各種行為 (Frid & Dill, 2002; Frommhold *et al.*, 2019)，臺北市都市公園綠地中繁殖的黑冠麻鷺，為了隨時監測周圍人類具掠食風險的各種行為，築巢於人為活動環境。因此，都市中的環境設施變動，都有可能影響到黑冠麻鷺的築巢行為。都市政策可能直接或間接影響到動物的行為，像是道路更動、公共設施變更 (如公園桌椅變換位置、校園 YouBike 2.0 站設立、路燈架設等)，都可能對這些在都市中生活的野生動物造成影響。他們需對這快速變動的環境，做出適當的調適或有因應之道。所以，建議未來這些都市政策規劃或公共設施改變前，應將野生動物行為及生存一併納入考量，以成為野生動物友善的公園綠地。

其次，本研究黑冠麻鷺繁殖時，會利用公園綠地中的各類資源來協助繁殖，像是樹木資源可供做巢樹及巢位用，從土地中獲取食物資源等。過去研究也指出，棲地中樹木資源的品質，會影響利用樹木來繁殖的鳥類，其繁殖成功與否 (Hudson & Bollinger, 2013)。本研究的黑冠麻鷺，利用大樹展開的水平側枝，築巢於具分岔





的枝條上，且巢上也有高度的枝葉覆蓋，顯示樹冠枝條的條件對黑冠麻鷺築巢的重要。現今公園綠地修剪樹木時，常以綠美化為主，即使是以樹木健康為考量的十二不良枝修剪，也未將野生動物的利用納入考量。因此，建議未來公園綠地對樹木修剪時，能將野生動物的棲地利用，也納入修枝時的評估作業中。

最後，黑冠麻鷺利用都市化環境築巢繁殖，顯見其對都市人為活動環境具相當的容忍力，而能逐步存活於都市中。而近年來人們開闢的公園綠地，已成為許多鳥類的棲地，甚至成為生物多樣性的熱點 (Callaghan *et al.*, 2018)。但對於這些來到都市中生活的鳥類，其動物行為及生態影響還有許多未知的地方 (Donihue & Lambert, 2015)。因此，建議未來能投入更多的基礎生態學研究，長期監測這些生活於都市中的野生動物，瞭解環境與動物行為的關係，以期在制定相關法令及公共政策，能有所依據及具教育價值。

## 引用文獻



- 小海途銀次郎、水田拓 (2011)。宮古島におけるミゾゴイ属鳥類の初営巢記録。 *Bird Research* , 7 , 5-8。
- 內政部營建署 (1999)。公園綠地管理及設施維護手冊。內政部營建署。
- 交通部中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw/>
- 吳森雄 (1989)。台灣鳥類繁殖調查經過。第一屆台灣鳥類保育研討會專集，頁 78-85。
- 沈瑞琛、陳立楨 (1996)。黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 棲息分布及繁殖生物學之初探。臺灣省立博物館年刊，39，183-199。
- 姚正得，尤少彬，林良恭 (2000)。黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 之生殖自然史初探。生物科學，43，1-17。
- 姚正得 (2002)。台灣中部地區黑冠麻鷺 (*Gorsachius melanolophus*) 之生殖生態。碩士論文，東海大學生物學系，台中市。
- 洪孝宇、詹芳澤、林依蓉、林佩羿、王齡敏、黃獻文 (2010)。領角鴉和黑冠麻鷺繁殖期與氣溫的相關性。台灣生物多樣性研究，12 (1)，15-28。
- 袁孝維 (2011)。臺大校園黑冠麻鷺之族群調查與行為生態研究。臺大校園規劃小組補助計畫成果報告。
- 袁孝維 (2018)。黑冠麻鷺公民科學推廣計畫。臺北市動物保護處獎勵補助活動成果報告。
- 陳俊宏 (2015)。大安森林公園適生蚯蚓種類調查及土壤改善研究。造園季刊，85，37-39。
- 陳毅翰、張智涵、莊淑君、林佑勳、陳俊宏 (2004)。外來種蚯蚓黃頸透鈣蚓 (*Pontoscolex corethrurus*) 在台灣北部的分佈並依此推估其對原有蚯蚓族群及土壤環境可能造成之衝擊。生物科學，47 (1)，117-126。



張傳炯、張倩玲 (2004)。黑冠麻鷺亞成鳥參與繁殖的探討 (續)。野鳥, 8, 75-79。

葛兆年、鄭惟仁 (2011)。都市綠地鳥類是否改變了對人類干擾的容忍力?—以台北植物園為例。中華林學季刊, 44 (3), 435-444。

劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威 (2012)。台灣鳥類誌 (上冊)。行政院農業委員會林務局。

蕭木吉、李政霖 (2015)。臺灣野鳥手繪圖鑑 (二版)。行政院農業委員會林務局、社團法人臺北市野鳥學會。

Ali, S. (1968). *Handbook of the birds of India and Pakistan : together with those of Nepal, Sikkim, Bhutan and Ceylon / Sálim Ali and S. Dillon Ripley*. Bombay ;; Oxford University Press.

Amaya-Espinel, J. D., Hostetler, M., Henríquez, C., & Bonacic, C. (2019). The influence of building density on Neotropical bird communities found in small urban parks. *Landscape and Urban Planning, 190*, 103578.


Aronson, M. F., La Sorte, F. A., Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., . . . Clarkson, B. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281*(1780), 20133330.

Ayaş, Z. (2008). Nest Site Characteristics and Nest Densities of Ardieds (Night Heron: *Nycticorax nycticorax*, Grey Heron: *Ardea cinerea*, and Little Egret: *Egretta garzetta*) in the Nallıhan Bird Sanctuary (Sarıyar Reservoir, Ankara, Turkey). *Turkish Journal of Zoology, 32*(2), 167-174.

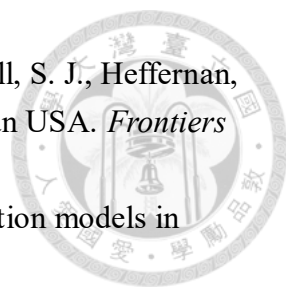
Barea, L. P. (2012). Habitat influences on nest-site selection by the Painted Honeyeater (*Grantiella picta*): do food resources matter? *Emu-Austral Ornithology, 112*(1), 39-45.

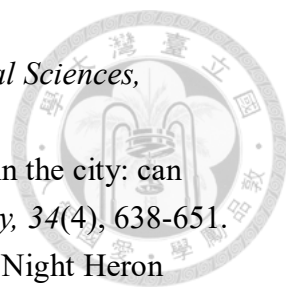
Bialas, J., Dylewski, Ł., & Tobolka, M. (2019). Determination of nest occupation and breeding effect of the white stork by human-mediated landscape in Western Poland. *Environmental Science and Pollution Research International, 27*, 4148-4158.

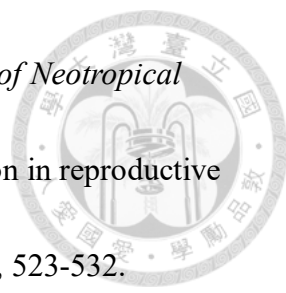
Bino, G., Levin, N., Darawshi, S., Van Der Hal, N., Reich-Solomon, A., & Kark, S. (2008). Accurate prediction of bird species richness patterns in an urban environment using Landsat-derived NDVI and spectral unmixing. *International Journal of Remote Sensing, 29*(13), 3675-3700.

- 
- BirdLife International and Handbook of the Birds of the World (2016). *Gorsachius melanolophus*. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1*. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 17 April 2020.
- Blair, R. B. (1996). Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications*, 6(2), 506-519.
- Callaghan, C. T., Major, R. E., Lyons, M. B., Martin, J. M., & Kingsford, R. T. (2018). The effects of local and landscape habitat attributes on bird diversity in urban greenspaces. *Ecosphere*, 9(7), e02347.
- Camp, M., Rachlow, J., Woods, B., Johnson, T., & Shipley, L. (2013). Examining functional components of cover: the relationship between concealment and visibility in shrub-steppe habitat. *Ecosphere*, 4(2), 1-14.
- Cardoni, D. A., Isacch, J. P., & Iribarne, O. (2012). Effects of cattle grazing and fire on the abundance, habitat selection, and nesting success of the Bay-capped Wren-Spinetail (*Spartonoica maluroides*) in coastal saltmarshes of the Pampas region. *The Condor: Ornithological Applications*, 114(4), 803-811.
- Chace, J. F., & Walsh, J. J. (2006). Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*, 74(1), 46-69.
- Cichoń, M. (2003). Does prior breeding experience improve reproductive success in collared flycatcher females? *Oecologia*, 134(1), 78-81.
- Clucas, B., & Marzluff, J. M. (2012). Attitudes and actions toward birds in urban areas: human cultural differences influence bird behavior. *The Auk*, 129(1), 8-16.
- Cody, M. L. (1985). *Habitat Selection in Birds*: Academic Press.
- Collias, N. E., & Collias, E. C. (1984). *Nest Building and Bird Behavior*: Princeton University Press.
- Colwell, M. A. (1992). Wilson's Phalarope nest success is not influenced by vegetation concealment. *The Condor: Ornithological Applications*, 94(3), 767-772.
- Compost, A., & Milton, G. R. (1986). An early arrival of the Malayan Night Heron *Gorsachius melanolophus* in Java. *Kukila*, 2(4), 88-90.
- Conover, M. R., Borgo, J. S., Dritz, R. E., Dinkins, J. B., & Dahlgren, D. K. (2010). Greater sage-grouse select nest sites to avoid visual predators but not olfactory predators. *The Condor: Ornithological Applications*, 112(2), 331-336.
- Cooper Jr, W. E., & Blumstein, D. T. (2014). Novel effects of monitoring predators on costs of fleeing and not fleeing explain flushing early in economic escape theory. *Behavioral Ecology*, 25(1), 44-52.
- Crampton, L. H., & Sedinger, J. S. (2011). Nest-habitat selection by the Phainopepla: congruence across spatial scales but not habitat types. *The Condor*, 113(1), 209-222.
- Croci, S., Butet, A., & Clergeau, P. (2008). Does urbanization filter birds on the basis of

- their biological traits. *The Condor*, 110(2), 223-240.
- Dobbs, C., Nitschke, C., & Kendal, D. (2017). Assessing the drivers shaping global patterns of urban vegetation landscape structure. *Science of the Total Environment*, 592, 171-177.
- Donihue, C. M., & Lambert, M. R. (2015). Adaptive evolution in urban ecosystems. *Ambio*, 44(3), 194-203.
- Douglas, I. (2015). *Urban ecology : an introduction / Ian Douglas and Philip James*. Milton Park, Abingdon, Oxon ;; Routledge.
- Emlen, J. T. (1974). An urban bird community in Tucson, Arizona: derivation, structure, regulation. *The Condor: Ornithological Applications*, 76(2), 184-197.
- Erz, W. (1966). Ecological principles in the urbanization of birds. *Ostrich*, 37(sup1), 357-363.
- Evans, K. L., Hatchwell, B. J., Parnell, M., & Gaston, K. J. (2010). A conceptual framework for the colonisation of urban areas: the blackbird *Turdus merula* as a case study. *Biological Reviews*, 85(3), 643-667.
- Fleming, P. A., & Bateman, P. W. (2018). Novel predation opportunities in anthropogenic landscapes. *Animal Behaviour*, 138, 145-155.
- Forslund, P., & Pärt, T. (1995). Age and reproduction in birds—hypotheses and tests. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(9), 374-378.
- Forsman, J. T., Mönkkönen, M., & Hukkanen, M. (2001). Effects of predation on community assembly and spatial dispersion of breeding forest birds. *Ecology*, 82(1), 232-244.
- French, S. S., Webb, A. C., Hudson, S. B., & Virgin, E. E. (2018). Town and country reptiles: a review of reptilian responses to urbanization. *Integrative and Comparative Biology*, 58(5), 948-966.
- Frid, A., & Dill, L. (2002). Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Ecology*, 6(1).
- Frommhold, M., Heim, A., Barabanov, M., Maier, F., Mühle, R. U., Smirenski, S. M., & Heim, W. (2019). Breeding habitat and nest-site selection by an obligatory “nest-cleptoparasite”, the Amur Falcon *Falco amurensis*. *Ecology and Evolution*.
- Götmark, F., Blomqvist, D., Johansson, O. C., & Bergkvist, J. (1995). Nest site selection: a trade-off between concealment and view of the surroundings? *Journal of Avian Biology*, 305-312.
- Gilliam, J. F., & Fraser, D. F. (1987). Habitat selection under predation hazard: test of a model with foraging minnows. *Ecology*, 68(6), 1856-1862.
- Goławski, A., & Mitrus, C. (2014). Nest site characteristics and breeding success of the red-backed shrike (*Lanius collurio*) in agricultural landscape in eastern Poland: Advantage of nesting close to buildings. *Ecoscience*, 21(2), 168-173.

- 
- Groffman, P. M., Cavender-Bares, J., Bettez, N. D., Grove, J. M., Hall, S. J., Heffernan, J. B., . . . Neill, C. (2014). Ecological homogenization of urban USA. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(1), 74-81.
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2-3), 147-186.
- Howlett, J. S., & Stutchbury, B. J. (1996). Nest concealment and predation in Hooded Warblers: experimental removal of nest cover. *The Auk: Ornithological Advances*, 113(1), 1-9.
- Hudson, N. C., & Bollinger, E. K. (2013). Nest success and nest site selection of Red-headed Woodpeckers (*Melanerpes erythrocephalus*) in east-central Illinois. *The American Midland Naturalist*, 170(1), 86-94.
- Ibáñez-Álamo, J., Magrath, R. D., Oteyza, J., Chalfoun, A., Haff, T., Schmidt, K., . . . Martin, T. (2015). Nest predation research: recent findings and future perspectives. *Journal of Ornithology*, 156(1), 247-262.
- Isaksson, C. (2018). Impact of Urbanization on Birds. In D. T. Tietze (Ed.), *Bird Species: How They Arise, Modify and Vanish* (pp. 235-257). Cham: Springer International Publishing.
- Janiszewski, T., Minias, P., Lesner, B., & Kaczmarek, K. (2017). Age effects on reproductive success, nest-site location, and offspring condition in the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Journal of Ornithology*, 158(1), 193-202.
- Johnson, D. H., & Owen, M. (1992). World waterfowl populations: status and dynamics *Wildlife 2001: Populations* (pp. 635-652): Springer.
- Jokimäki, J. (1999). Occurrence of breeding bird species in urban parks: effects of park structure and broad-scale variables. *Urban Ecosystems*, 3(1), 21-34.
- Jokimäki, J., Suhonen, J., Jokimäki-Kaisanlahti, M.-L., & Carbó-Ramírez, P. (2016). Effects of urbanization on breeding birds in European towns: impacts of species traits. *Urban Ecosystems*, 19(4), 1565-1577.
- Jokimäki, J., Suhonen, J., Vuorisalo, T., Kövér, L., & Kaisanlahti-Jokimäki, M.-L. (2017). Urbanization and nest-site selection of the Black-billed Magpie (*Pica pica*) populations in two Finnish cities: From a persecuted species to an urban exploiter. *Landscape and Urban Planning*, 157, 577-585.
- Kövér, L., Gyüre, P., Balogh, P., Huettmann, F., Lengyel, S., & Juhász, L. (2015). Recent colonization and nest site selection of the Hooded Crow (*Corvus corone cornix* L.) in an urban environment. *Landscape and Urban Planning*, 133, 78-86.
- Kaiser, S. A., Sillett, T. S., Risk, B. B., & Webster, M. S. (2015). Experimental food supplementation reveals habitat-dependent male reproductive investment in a


- 
- migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142523.
- Kark, S., Iwaniuk, A., Schalimtzek, A., & Banker, E. (2007). Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'? *Journal of Biogeography*, 34(4), 638-651.
- Kawakami, K., & Fujita, M. (2005). The distribution of the Malayan Night Heron *Gorsachius melanolophus* in the Yaeyama and Miyako islands, southern Japan. *Ornithological Science*, 4(1), 73-79.
- Kawakami, K., Fujita, M., Hasegawa, M., & Makihara, H. (2011). Dietary characteristics of the Malayan night heron (*Gorsachius melanolophus*) in the Yaeyama Islands, southern Japan. *Chinese Birds*, 2, 87-93.
- Kloss, C. B. (1927). A note on *Gorsachius melanolophus*. *Ibis*, 69(2), 526-527.
- Lack, D. L. (1968). *Ecological adaptations for breeding in birds*. London: Methuen.
- Leveau, L. M., Ruggiero, A., Matthews, T. J., & Bellocq, M. I. (2019). A global consistent positive effect of urban green area size on bird richness. *Avian research*, 10(1), 30.
- Lima, S. L. (1998). Stress and decision-making under the risk of predation: recent developments from behavioral, reproductive, and ecological perspectives. *Advances in the Study of Behavior*, 27(8), 215-290.
- Møller, A. P. (2009). Successful city dwellers: a comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia*, 159(4), 849-858.
- Møller, A. P., Erritzøe, J., & Karadas, F. (2010). Levels of antioxidants in rural and urban birds and their consequences. *Oecologia*, 163(1), 35-45.
- MacArthur, R. H. (1958). Population ecology of some warblers of northeastern coniferous forests. *Ecology*, 39(4), 599-619.
- MacGregor-Fors, I., Morales-Pérez, L., & Schondube, J. E. (2012). From forests to cities: effects of urbanization on tropical birds. *Urban bird ecology and conservation. Studies in avian biology*, 45, 33-48.
- MacGregor-Fors, I., & Ortega-Álvarez, R. (2011). Fading from the forest: bird community shifts related to urban park site-specific and landscape traits. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10(3), 239-246.
- Magana, M., Alonso, J. C., Martin, C. A., Bautista, L. M., & Martin, B. (2010). Nest-site selection by Great Bustards *Otis tarda* suggests a trade-off between concealment and visibility. *Ibis*, 152(1), 77-89.
- Manta, D. S., Angelone, M., Bellanca, A., Neri, R., & Sprovieri, M. (2002). Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy. *Science of the Total Environment*, 300(1-3), 229-243.
- Martin, T. E. (1992a). Breeding productivity considerations: What are the appropriate

- 
- habitat features for management? *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*, 455-473.
- Martin, T. E. (1992b). Interaction of nest predation and food limitation in reproductive strategies *Current Ornithology* (pp. 163-197): Springer.
- Martin, T. E. (1993). Nest predation and nest sites. *Bioscience*, 43(8), 523-532.
- Martinez-Vilalta, A., & Motis, A. (1992). Family Ardeidae (Herons). *Handbook of the Birds of the World, 1*, 376-429.
- McKinney, M. L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation: The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience*, 52(10), 883-890.
- McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, 11(2), 161-176.
- Meese, R. J., & Fuller, M. R. (1989). Distribution and behaviour of passerines around peregrine Falco peregrinus eyries in western Greenland. *Ibis*, 131(1), 27-32.
- Middleton, A. L. (1979). Influence of age and habitat on reproduction by the American Goldfinch. *Ecology*, 60(2), 418-432.
- Montgomerie, R. D., & Weatherhead, P. J. (1988). Risks and rewards of nest defence by parent birds. *Quarterly Review of Biology*, 63(2), 167-187.
- Mundkur, T., Langendoen, T., & Watkins, D. (2017). The Asian Waterbird Census 2008–2015-Results of Coordinated Counts in Asia and Australasia. *Wetlands International, Ede*, 144pp.
- Myserud, A., & Ims, R. A. (1998). Functional responses in habitat use: Availability influences relative use in trade-off situations. *Ecology*, 79(4), 1435-1441.
- Newton, I. (1979). *Population ecology of raptors / by Ian Newton ; ill. by Jim Gammie*. Vermillion. S.D: Buteo Books.
- Newton, I. (1991). Habitat variation and population regulation in Sparrowhawks. *Ibis*, 133, 76-88.
- Niemelä, J., Breuste, J. H., Guntenspergen, G., McIntyre, N. E., Elmqvist, T., & James, P. (2011). *Urban ecology: patterns, processes, and applications*: OUP Oxford.
- Nisbet, I. C., & Dann, P. (2009). Reproductive performance of little penguins Eudyptula minor in relation to year, age, pair-bond duration, breeding date and individual quality. *Journal of Avian Biology*, 40(3), 296-308.
- Oke, T. (1995). The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects *Wind climate in cities* (pp. 81-107): Springer.
- Ortega-Álvarez, R., & MacGregor-Fors, I. (2009). Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning*, 90(3-4), 189-195.



- 
- Ortega-Álvarez, R., & MacGregor-Fors, I. (2011). Dusting-off the file: A review of knowledge on urban ornithology in Latin America. *Landscape and Urban Planning, 101*(1), 1-10.
- Parkins, K., & Clark, J. (2015). Green roofs provide habitat for urban bats. *Global Ecology and Conservation, 4*, 349-357.
- Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Childers, D. L., McDonnell, M. J., & Zhou, W. (2016). Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of, and for the city. *Ecosystem Health and Sustainability, 2*(7), e01229.
- Rasmussen, P. C. (2005). *Birds of South Asia : the Ripley guide / by Pamela C. Rasmussen and John C. Anderton ; plates by Jonathan Alderfer ... [et al.]*. Washington, D.C: Smithsonian Institution.
- Ricklefs, R. E. (1969). An analysis of nesting mortality in birds. *Smithsonian Contributions to Zoology, 9*, 1-48.
- Robert, T. (1972). Parental investment and sexual selection. *Sexual Selection & the Descent of Man, Aldine de Gruyter, New York*, 136-179.
- Robson, C. (2000). *A guide to the birds of Southeast Asia : Thailand, peninsular Malaysia, Singapore, Myanmar, Laos, Vietnam, Cambodia / Craig Robson ; illustrated by Richard Allen ... [et al.]*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Robson, C. (2005). *Birds of Southeast Asia : Thailand, peninsular Malaysia, Singapore, Vietnam, Cambodia, Laos, Myanmar / Craig Robson ; illustrated by Richard Allan ... [et al.]*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Roche, D. V., Cardilini, A. P., Lees, D., Maguire, G. S., Dann, P., Sherman, C. D., & Weston, M. A. (2016). Human residential status and habitat quality affect the likelihood but not the success of lapwing breeding in an urban matrix. *Science of the Total Environment, 556*, 189-195.
- Samia, D. S., Nakagawa, S., Nomura, F., Rangel, T. F., & Blumstein, D. T. (2015). Increased tolerance to humans among disturbed wildlife. *Nature Communications, 6*, 8877.
- Satyamurti, S. (1970). A record of the Tiger Bittern, *Gorsachius melanolophus* (Raffles) from Karaikudi, Ramanathapuram District, Tamil Nadu. *Journal of the Bombay Natural History Society, 67*(1), 107-108.
- Shwartz, A., Turbé, A., Simon, L., & Julliard, R. (2014). Enhancing urban biodiversity and its influence on city-dwellers: An experiment. *Biological Conservation, 171*, 82-90.
- Sjöberg, G. (1994). Factors affecting nest defence in female Canada Geese *Branta canadensis*. *Ibis, 136*(2), 129-135.
- Smith, J. N., & Roff, D. A. (1980). Temporal spacing of broods, brood size, and parental

- care in Song Sparrows (*Melospiza melodia*). *Canadian Journal of Zoology*, 58(6), 1007-1015.
- Smith, P. A., & Edwards, D. B. (2018). Deceptive nest defence in ground-nesting birds and the risk of intermediate strategies. *PLoS ONE*, 13(10), e0205236.
- Sol, D., Bartomeus, I., González-Lagos, C., & Pavoine, S. (2017). Urbanisation and the loss of phylogenetic diversity in birds. *Ecology Letters*, 20(6), 721-729.
- Stevens, K. P., Holland, G. J., Clarke, R. H., Cooke, R., & Bennett, A. F. (2015). What Determines Habitat Quality for a Declining Woodland Bird in a Fragmented Environment: The Grey-Crowned Babbler *Pomatostomus temporalis* in South-Eastern Australia? *PLoS ONE*, 10(6).
- Stutchbury, B. J., & Zack, S. (1992). Delayed breeding in avian social systems: the role of territory quality and "floater" tactics. *Behaviour*, 123(3-4), 194-219.
- Subedi, T. R., Anadón, J. D., Baral, H. S., Virani, M. Z., & Sah, S. A. M. (2019). Breeding habitat and nest-site selection of Bearded Vulture *Gypaetus barbatus* in the Annapurna Himalaya Range of Nepal. *Ibis*.
- Suhonen, J., Norrdahl, K., & Korpimäki, E. (1994). Avian predation risk modifies breeding bird community on a farmland area. *Ecology*, 75(6), 1626-1634.
- Sukopp, H. (1998). Urban Ecology — Scientific and Practical Aspects. In J. Breuste, H. Feldmann, & O. Uhlmann (Eds.), *Urban Ecology* (pp. 3-16). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sumasgutner, P., Schulze, C. H., Krenn, H. W., & Gamauf, A. (2014). Conservation related conflicts in nest-site selection of the Eurasian Kestrel (*Falco tinnunculus*) and the distribution of its avian prey. *Landscape and Urban Planning*, 127, 94-103.
- Tarvin, K. A., & Smith, K. G. (1995). Microhabitat factors influencing predation and success of suburban Blue Jay *Cyanocitta cristata* nests. *Journal of Avian Biology*, 296-304.
- Tryjanowski, P., Kuzniak, S., & Diehl, B. (2000). Does breeding performance of Red-backed Shrike *Lanius collurio* depend on nest site selection? *Ornis Fennica*, 77(3), 137-141.
- United Nations. (2018). World urbanization prospects: the 2018 revision.
- Villaseñor, N. R., Chiang, L. A., Hernández, H. J., & Escobar, M. A. (2020). Vacant lands as refuges for native birds: An opportunity for biodiversity conservation in cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49, 126632.
- Voigt, A., Kabisch, N., Wurster, D., Haase, D., & Breuste, J. (2014). Structural diversity: a multi-dimensional approach to assess recreational services in urban parks. *Ambio*, 43(4), 480-491.
- Weidinger, K. (2002). Interactive effects of concealment, parental behaviour and

- 
- predators on the survival of open passerine nests. *Journal of Animal Ecology*, 71(3), 424-437.
- Wiens, J. A. (1989). Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology*, 3(4), 385-397.
- Wiens, J. A. (1992). *The ecology of bird communities* (Vol. 1): Cambridge University Press.
- Williams, D. M., Nguyen, P.-T., Chan, K., Krohn, M., & Blumstein, D. T. (2020). High human disturbance decreases individual variability in skink escape behavior. *Current Zoology*, 66(1), 63-70.
- Yanes, M., Herranz, J., & Suárez, F. (1996). Nest microhabitat selection in larks from a European semi-arid shrub-steppe: the role of sunlight and predation. *Journal of Arid Environments*, 32(4), 469-478.
- Yeh, P. J., Hauber, M. E., & Price, T. D. (2007). Alternative nesting behaviours following colonisation of a novel environment by a passerine bird. *Oikos*, 116(9), 1473-1480.
- Yong, D. L., & Lim, K. C. (2017). *A Naturalist's Guide to the Birds of Singapore*: John Beaufoy Publishing.
- Zölch, T., Henze, L., Keilholz, P., & Pauleit, S. (2017). Regulating urban surface runoff through nature-based solutions—An assessment at the micro-scale. *Environmental Research*, 157, 135-144.
- Zhou, X., Yao, C., Lin, Q., Fang, W., & Chen, X. (2016). Complete mitochondrial genomes render the Night Heron genus *Gorsachius* non-monophyletic. *Journal of Ornithology*, 157(2), 505-513.

表一、各樣區中黑冠麻鷺巢的數量。由表可知 2019 年各樣區黑冠麻鷺在繁殖季時巢的數量及利用情形。5 個樣區中總共發現 53 個巢，其中有產蛋的巢共 47 個，僅築巢但未產蛋有 6 個。在 47 個產蛋巢中，繁殖成功的巢有 45 個，產蛋後但繁殖失敗的有 2 個。在 47 個產蛋巢中，3 對親鳥重複利用當年已繁殖過的巢位來繁殖，故築巢位置共有 44 處，有 42 個地點為繁殖成功巢位。表中地點「臺大」、「中正」、「青年」、「大安」及「二二八」分別為「國立臺灣大學學校總區」、「中正紀念堂」、「青年公園」、「大安森林公園」及「二二八和平公園」的縮寫。

地點	總巢數	產蛋與否		產蛋巢繁殖成敗		巢位利用情形		
		有	無	成功	失敗	生蛋	成功	重複利用
臺大	16	15	1	15	0	15	15	0
中正	12	10	2	10	0	9	9	1
青年	12	10	2	10	0	9	9	1
大安	10	10	0	8	2	9	7	1
二二八	3	2	1	2	0	2	2	0
<b>總計</b>	<b>53</b>	<b>47</b>	<b>6</b>	<b>45</b>	<b>2</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>3</b>

表二、各樣區中黑冠麻鷺的繁殖表現。下表為 2019 年各樣區及中黑冠麻鷺的平均窩卵數、離巢幼鳥數、孵化率、幼雛存活率及繁殖成功率等繁殖表現，以及 5 個研究樣區的各繁殖表現總平均。並由表可知總平均孵化率、幼雛存活率兩者皆大於 90%，而繁殖成功率更達 95.74%。

地點	巢數 (n=47)	窩卵數	離巢 幼鳥數	孵化率(%)	幼雛 存活率(%)	繁殖 成功率(%)
臺大	15	3.3±0.8	2.8 ±0.9	93.75	92.19	100.00
中正	10	3.6±0.7	3.1 ±0.9	97.50	88.33	100.00
青年	10	3.3±0.7	3.1 ±0.6	97.50	97.50	100.00
大安	10	3.2±0.8	2.3 ±1.4	81.67	82.41	80.00
二二八	2	2.5±0.7	2.5 ±0.7	100.00	100.00	100.00
<b>總平均</b>		<b>3.3±0.8</b>	<b>2.8 ±0.9</b>	<b>92.91</b>	<b>90.76</b>	<b>95.74</b>

表三、黑冠麻鷺利用的巢樹樹種及屬性。表為 2019 年臺北市 5 個研究樣區中，黑冠麻鷺築巢時所利用的巢樹樹種列表，共計 8 個科別，10 種不同的樹種。所利用的巢樹樹種中，以榕樹為最多，在 42 株巢樹中，其中有 32 株；其餘 9 種為 1 或 2 株。所利用的樹種有 6 種為原生種(native species)，4 種為引進種(introduced species)。

科名	中文名	學名	株數	巢數	原生種(N)/ 引進種(I)
Moraceae	榕樹	<i>Ficus microcarpa</i>	32	34	N
	垂榕	<i>Ficus benjamina</i>	1	1	N
	菩提樹	<i>Ficus religiosa</i>	1	1	I
Fabaceae	印度紫檀	<i>Pterocarpus indicus</i>	2	3	I
Euphorbiaceae	茄苳	<i>Bischofia jabanica</i>	1	1	N
Myrtaceae	白千層	<i>Melaleuca leucadendra</i>	1	1	I
Combretaceae	小葉欖仁	<i>Terminalia mantalyi</i>	1	1	I
Hamamelidaceae	楓香	<i>Liquidambar formosana</i>	1	1	N
Ulmaceae	榔榆	<i>Ulmus parvifolia</i>	1	1	N
Magnoliaceae	烏心石	<i>Michelia compressa</i>	1	1	N
<b>合計</b>	<b>8 科</b>	<b>10 種</b>	<b>42 株</b>	<b>45 巢</b>	<b>N=6 I=4</b>

表四、黑冠麻鷺巢樹與隨機樣樹的特徵比較。由表可知 2019 年樣區中，黑冠麻鷺築巢所利用的巢樹高度與隨機選擇的樣樹，經統計分析，在高度上並無顯著差異 ( $P > 0.05$ )。但在巢樹的樹冠直徑與胸高直徑，則與隨機所選的樣樹，都有很顯著的差異 ( $P < 0.05$ )。顯示黑冠麻鷺偏好樹冠及胸高直徑較大者。

樹特徵	巢樹	隨機樣樹	n	<i>P</i> value
樹高(m)	15.16 ± 3.55	12.98 ± 6.34	42	0.056
樹冠直徑(m)	16.41 ± 4.19	8.28 ± 4.10	42	< 0.01
胸高直徑(cm)	74.8 ± 40.4	48.4 ± 27.9	40	< 0.01

表五、黑冠麻鷺巢位各項特徵。表為 2019 年臺北市黑冠麻鷺的繁殖成功巢位，其各項巢位特徵平均質、最大值及最小值，包括巢高、巢離主幹距離、覆蓋度、巢在樹冠中的相對位置及支撐枝條的寬度 (n=42)。由表可知巢高約 9.5m，範圍約在 6 到 15m 間。巢離主幹約 5.5m。巢上覆蓋度平均超過 80%，至少有 70% 以上。巢位於樹冠層下方四分之一處，中間偏外圍的位置。

巢位特徵	平均值	最大值	最小值
巢高(m)	9.47 ± 2.26	14.51	6.27
離主幹距(m)	5.55 ± 2.41	10.97	1.29
覆蓋度(%)	81.14 ± 3.22	87.37	73.06
<b>巢於樹冠相對位置</b>			
高度	0.25 ± 0.18	0.61	0
離主幹	0.61 ± 0.16	0.88	0.3
<b>支撐枝條寬度(cm)</b>			
主要	9.1 ± 4.1	24.5	4.0
巢下	6.1 ± 2.5	17.0	2.0



表六、黑冠麻鷺巢位支撐枝條的各項特徵數量。由表可知 2019 年臺北市黑冠麻鷺築巢時，所利用的巢主要支撐枝條傾斜度主要是介於 0-22.5°間，佔近六成；次多者為介於 22.5-45°間，約佔三成，最少者是介於 45-67.5°間，佔近一成。在巢位正下方的巢下支撐枝條傾斜度中，有 40 個巢含 0-22.5°間的枝條，比例超過 95%；有 11 個巢含有 22.5-45°間的枝條，約 26%；只有 4 個巢含有 45-67.5°間的枝條，比例不到 10%。在巢下枝條分岔點方面，大部分巢下支撐枝條皆有分岔，且以 1 個分岔為最多佔三分之二，只有 1 個巢的巢下支撐枝條無分岔 (n=42)。

巢位特徵	細項	數量(個)	百分比(%)
主要支撐枝條傾斜度(cm)	0°以下	0	0
	0-22.5°	25	59.52
	22.5-45°	13	30.95
	45-67.5°	4	9.52
	67.5-90°	0	0
巢下支撐枝條傾斜度(cm)	0°以下	0	0
	0-22.5°	40	95.24
	22.5-45°	11	26.19
	45-67.5°	4	9.52
	67.5-90°	0	0
分岔點	無	1	2.38
	1 個	28	66.67
	2 個	10	23.81
	3 個	3	7.14

表七、黑冠麻鷺的窩卵數各項資料與姚正得研究比較。本研究的黑冠麻鷺窩卵數在各項數據資料與姚正得（2002）相似。差別在於前人研究窩卵數範圍最高每巢可達6個，較本研究多；前人研究的平均窩卵數較本研究略大；而本研究每巢有4個蛋的比例較3個蛋多，前人研究反之。

窩卵數	本研究 (n=47)	前人研究 (n=67)
範圍(個)	2-4	2-6
主要(個)	3、4	3、4
分別所佔比例(%)	38.3、44.7	46.3、38.8
平均(個)	3.3 ± 0.8	3.4 ± 0.8

表八、黑冠麻鷺不同繁殖時期的各階段成功率與姚正得研究比較。根據姚正得 (2002) 的第二巢定義為親鳥在同一巢位進行第二次繁殖，由表可看出本研究不論是第一巢還是第二巢的孵卵期、育雛期或是繁殖成功率，都明顯高於前人於中部地區的研究。

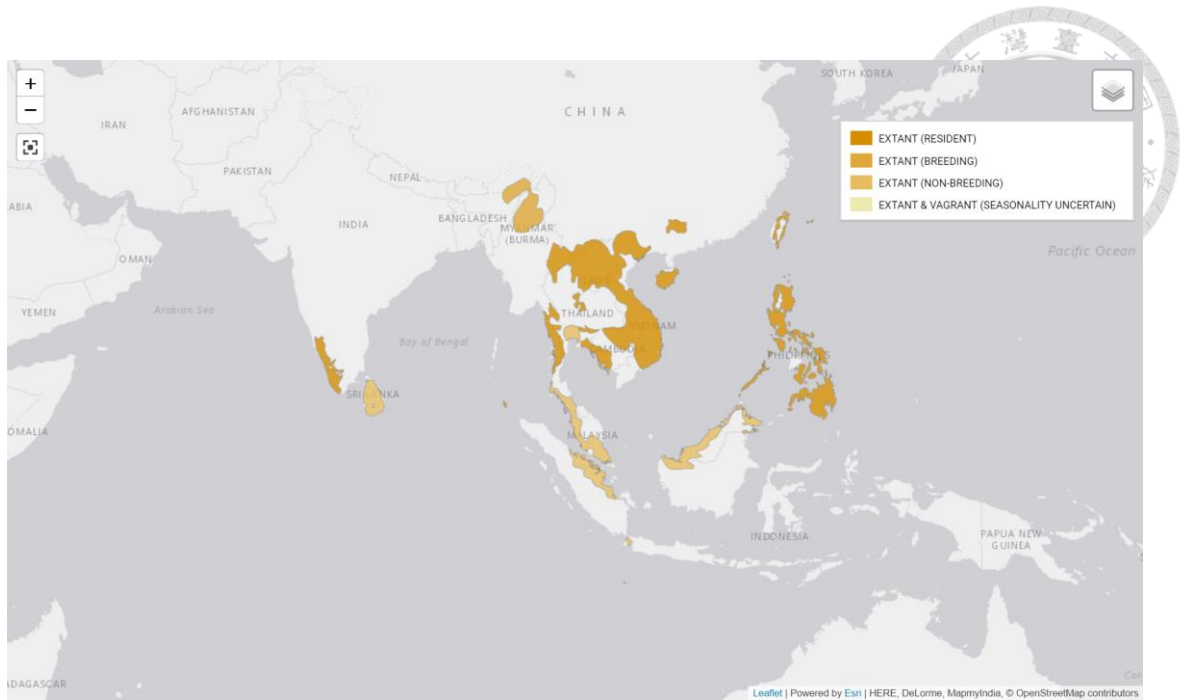
繁殖季順序	第一巢		第二巢	
	本研究 (n=44)	前人研究 (n=52)	本研究 (n=3)	前人研究 (n=15)
孵卵期成功率(%)	97.73	69.4	100	82.73
育雛期成功率(%)	97.67	87.19	100	83.49
繁殖成功率(%)	95.45	60.52	100	69.07

表九、不同成熟期的黑冠麻鷺親鳥各階段繁殖表現與姚正得研究比較。由表可看出，不論是本研究還是姚正得（2002）研究，成熟親鳥的各階段繁殖成功率及離巢幼鳥數皆較亞成親鳥高。但因本研究中的亞成親鳥參與繁殖的情況僅兩巢，因此都市中繁殖的黑冠麻鷺，有亞成親鳥參與繁殖的繁殖表現仍需進一步探討。

親鳥年齡	成熟親鳥		亞成親鳥	
	本研究 (n=45)	前人研究 (n=50)	本研究 (n=2)	前人研究 (n=17)
孵卵期成功率(%)	100	78.11	50	62.97
育雛期成功率(%)	100	95.08	0	33.53
繁殖成功率(%)	100.00	74.27	0	21.11
離巢幼鳥數(隻)	2.9 ± 0.8	2.2 ± 1.5	0	0.9 ± 1.5



圖一、黑冠麻鷺成鳥與亞成鳥。上圖為黑冠麻鷺成鳥繁殖羽，眼先呈藍色；下圖為黑冠麻鷺亞成鳥，羽色與成鳥不同（照片拍攝地點：青年公園）。

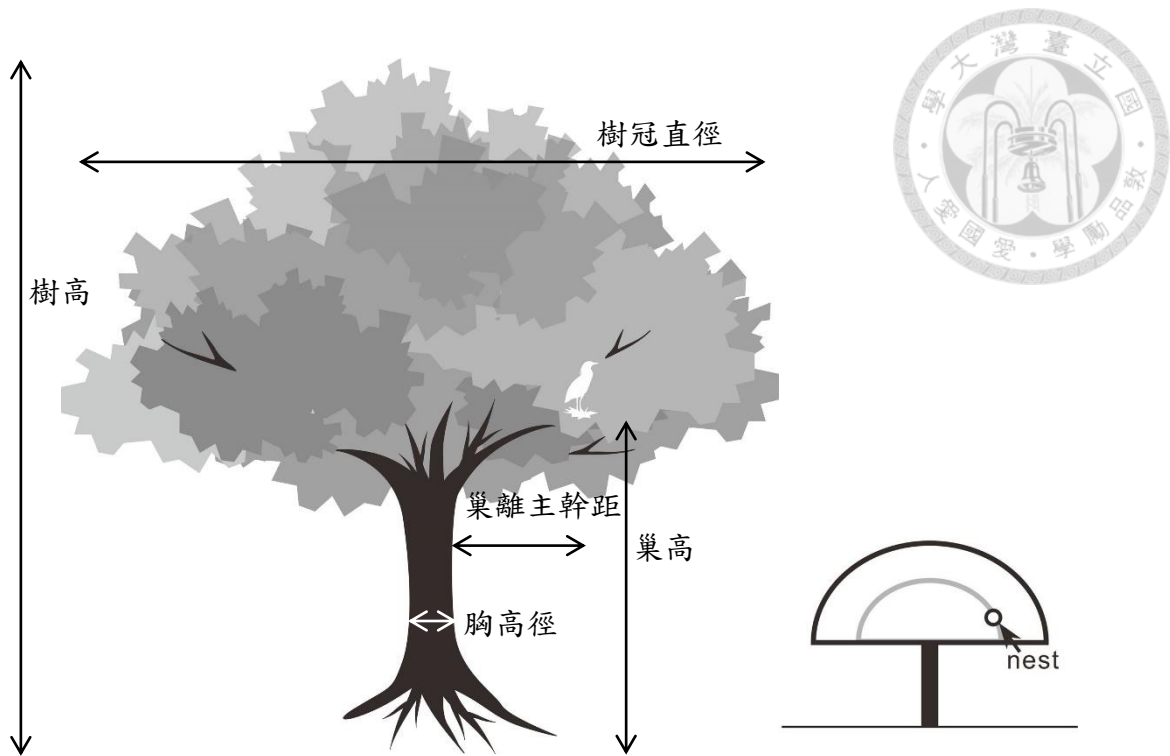


圖二、黑冠麻鷺的世界分布。分布狀態說明依顏色排列，由深橘色至淺綠色，依序為留棲 (RESIDENT)、繁殖地區 (BREEDING)、非繁殖地區 (NON-BREEDING)、不固定季節地區 (SEASONALITY UNCERTAIN)。並由圖可知黑冠麻鷺在臺灣為留鳥且臺灣為其繁殖地。(圖片來源：BirdLife，2016)。





圖三、本研究的五個研究樣區在臺北市中的位置及黑冠麻鷺的巢位分布圖。圖中為臺北市的五個研究樣區，由北至南分別是二二八和平公園、中正紀念堂、大安森林公園、青年公園及臺灣大學校總區。2019 年的巢位共 50 個，紫色標記代表築巢後未生蛋的巢位 (n=6)，黃色標記代表重複繁殖的巢位 (n=3)，藍色標記代表繁殖失敗的巢位 (n=2)，紅色標記代表其餘繁殖成功的巢位 (n=39)。(圖片擷取自 Google 地圖)。



圖四、黑冠麻鷺巢位在樹冠層中的位置。此圖顯示本研究測量巢位及巢樹各部位特徵時，所用的名詞示意圖，及黑冠麻鷺在樹冠層築巢時所利用的位置。由圖可看出黑冠麻鷺築巢時利用樹冠下層的位置，而且將巢築於由主幹向外延伸的側枝，並非築於主幹上。

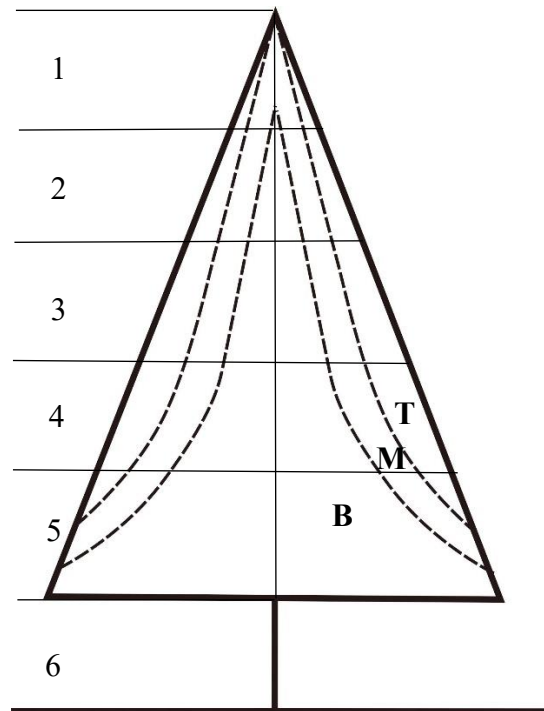




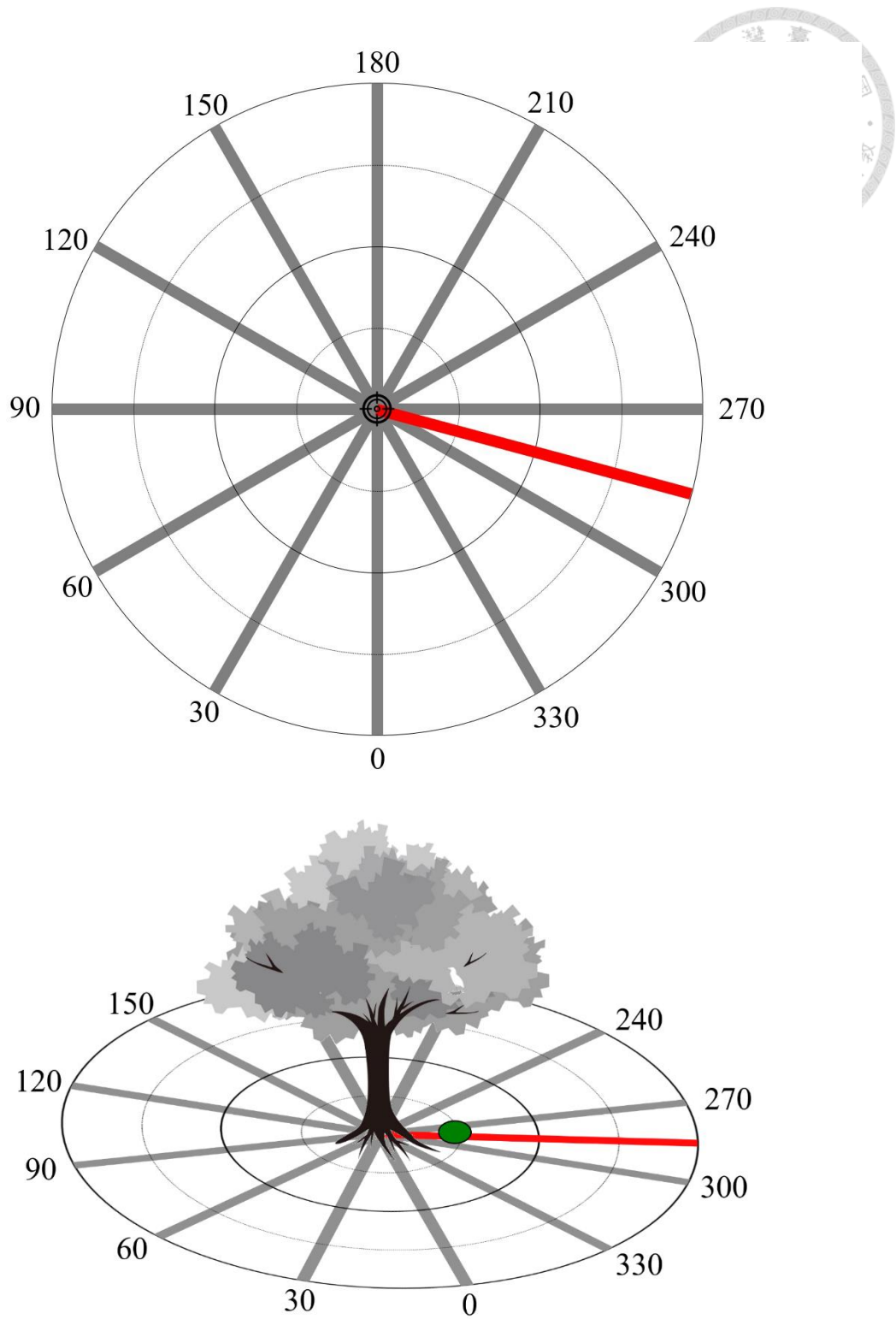
圖五、巢下枝條分叉數量判斷。由於巢下支撐的枝條有不同的類型，因此本研究依據分岔的方式將其分成四個類型。將巢築於單一不具分岔的枝條上者為無分岔；築於只含一個分岔點的為 1 個分岔；築於含二個分岔點的為 2 個分岔；築於只含三個分岔點的為 3 個分岔，如圖所示。A：無分岔、B：1 個分岔。C：2 個分岔、D：3 個分岔。



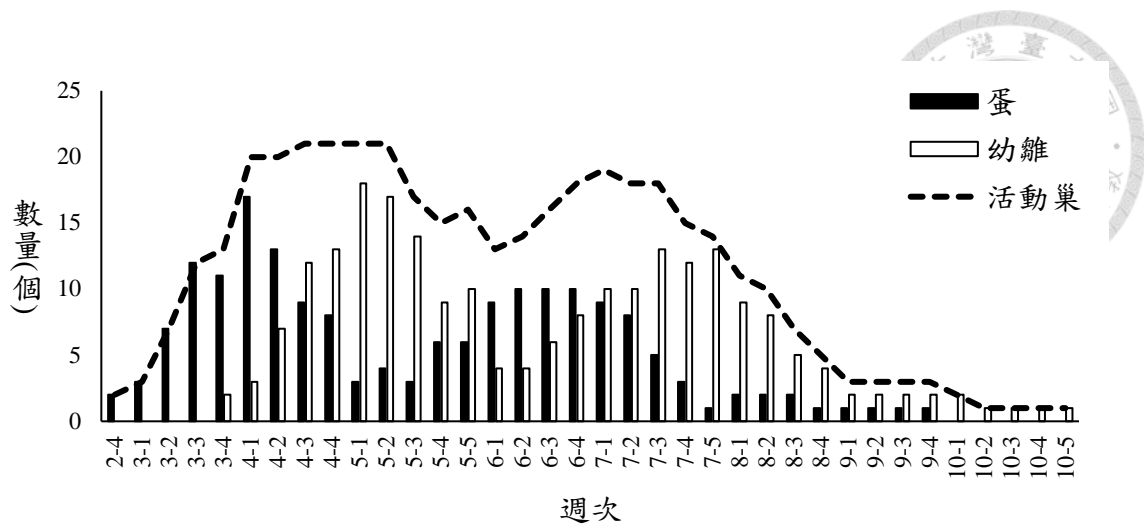
圖六、黑冠麻鷺巢位下的支撐枝條。本研究將黑冠麻鷺築巢時，所利用的巢位下支撐枝條分成兩大類，一是由主幹延伸而來的「巢主要支撐枝條」，二是巢下正下方的「巢下支撐枝條」。如圖所示，圖中左方為主幹，因此左邊延伸而來的枝條為巢主要支撐枝條，巢主要支撐枝條之後分岔成圖右方的巢下支撐枝條。



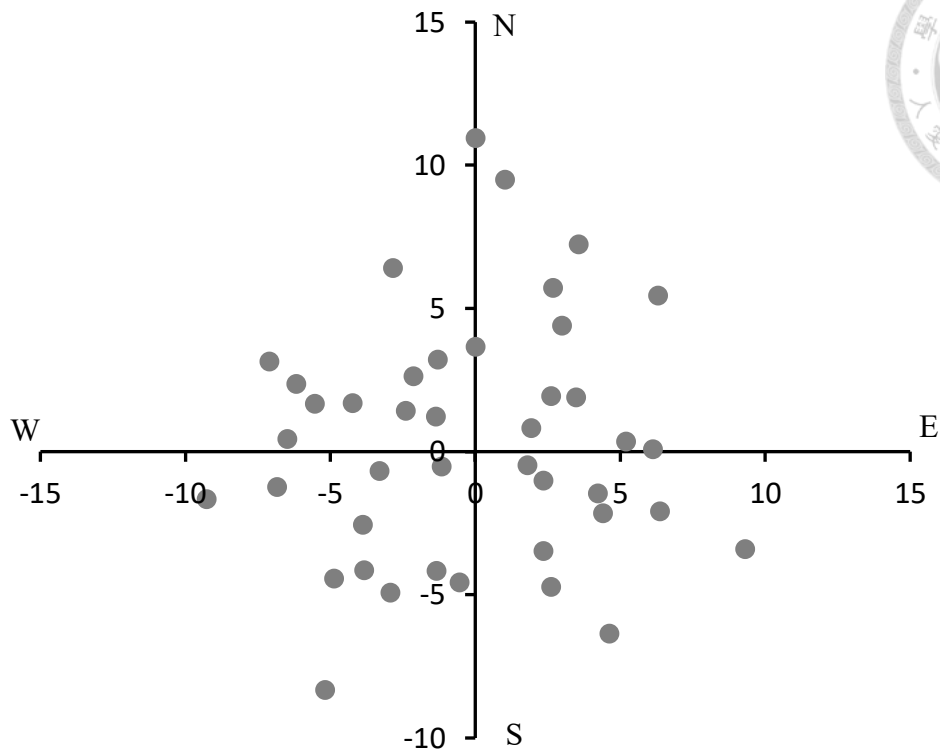
圖七、鳥類在樹冠層中的棲地利用百分比。MacArthur (1958) 曾針對美洲鶯科鳥類對針葉樹之微棲地利用分析，將針葉樹各部位分層，觀察鳥類利用針葉樹各部位棲地時間所佔比例，以瞭解鳥類利用樹冠層的狀態。圖中由針葉樹最頂端到底部分為 1 到 6 層，由內而外分為 B (基部)、M (中間老葉)、T (終端新葉) 三層。(圖片改繪自：MacArthur, 1958)。



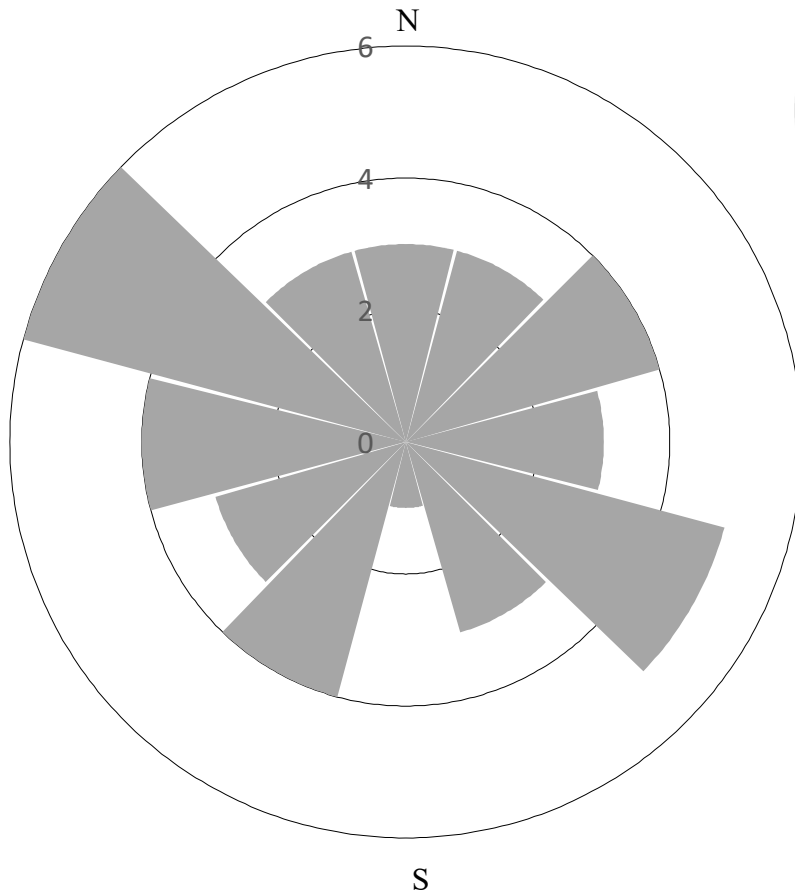
圖八、樹的巢方向與巢樹環境的各個環境方向示意圖。上為平面圖，下為立體圖，此為以樹為中心半徑 20 公尺的圓，圖中數字代表方位的角度值。紅色粗線為以樹幹為中心，向外拉出一通過巢位投影（綠色點）下的 20 公尺的測量直線。粗灰線代表以樹為中心，每隔 30 度向外拉出一 20 公尺的測量直線，共 12 條。



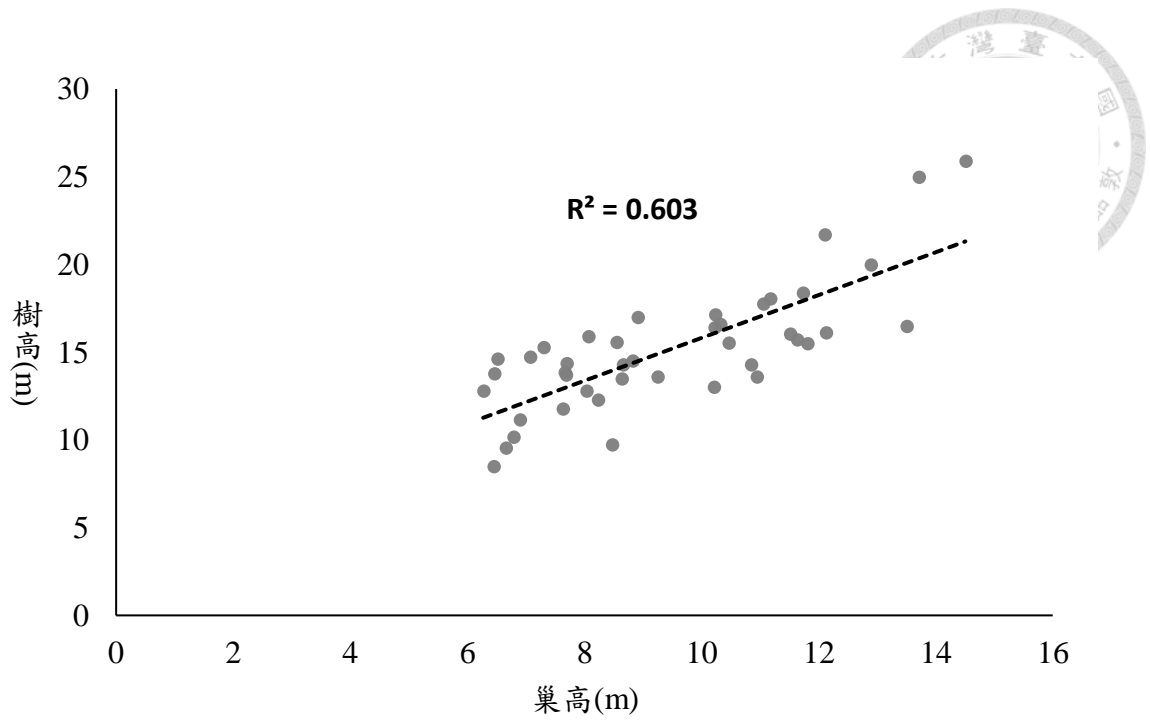
圖九、黑冠麻鷺繁殖季中各週的蛋數、幼雛數及正在活動中的巢數。橫軸週次中每個點位由兩個數字表示，前面數字代表月分，後面數字代表該月的週次。縱軸則是代表蛋、幼雛及活動巢的數量在該週次的繁殖表現。由圖可看出 2019 年臺北市樣區中的黑冠麻鷺繁殖時，一年的繁殖季中有兩次繁殖高峰期。



圖十、42 個繁殖成功巢位以樹為中心的分布位置。圖為巢位在以樹為中心的直角座標系中，42 個繁殖成功巢位的分布情形。圖的上方為北 (N)，圖的下右左方依序為南東西方。巢位散布於圖中直角座標系的四個象限及各個方位中，由圖無法明確看出巢位是否偏好特定地理方位或角度。

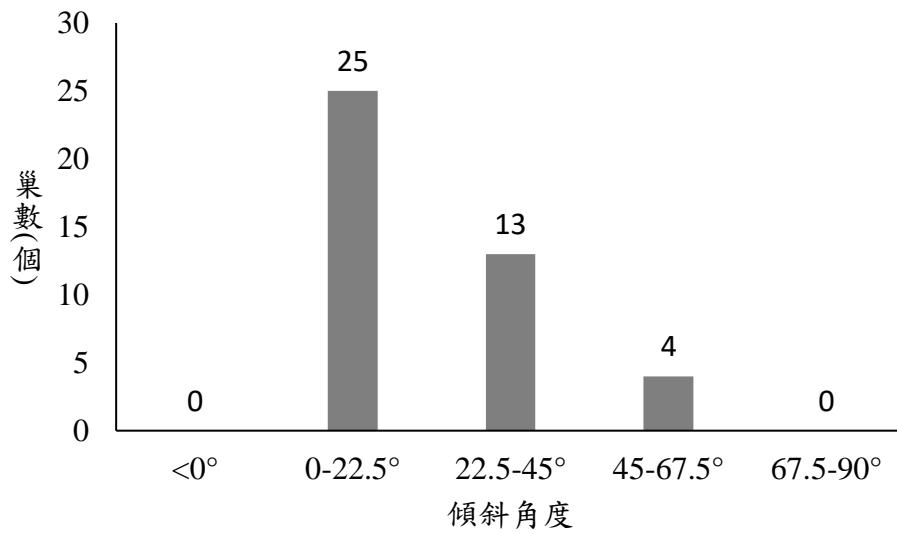


圖十一、巢位在 12 個方位的數量累計圖。此為巢位在以樹為中心的極座標系 12 個區間方位中數量累計情形 (n=42)。12 個區間方位分別為 345°-15°、15°-45°、45°-75°、75°-105°、105°-135°、135°-165°、165°-195°、195°-225°、225°-255°、255°-285°、285°-315°、及 315°-345°。其中以 285°-315°的數量最多，共有 6 個，以 165°-195°數量最少，共計 1 個。由累計圖無法得知巢位是否偏好特定方位。

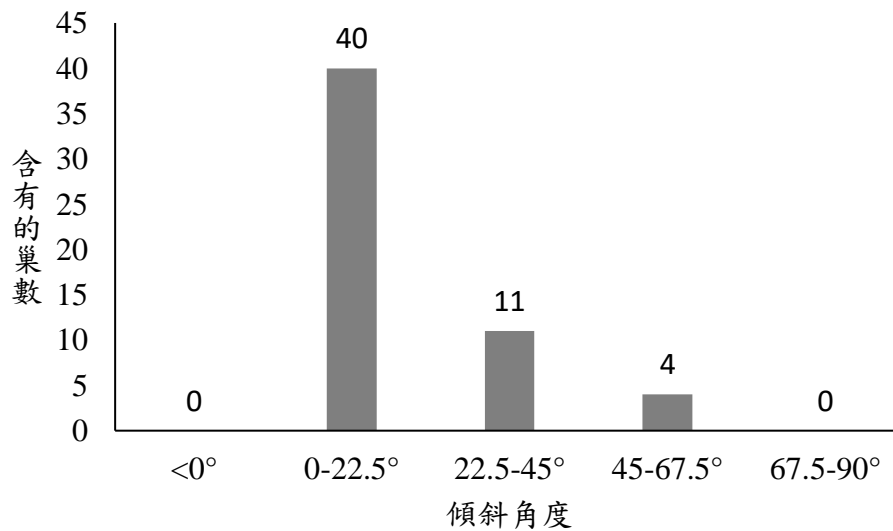


圖十二、樹高與巢高關係圖。此為 2019 年臺北市黑冠麻鷺築巢時所利用的巢樹及其巢高的關係 (n=42)，由圖可知，巢高與樹高呈正相關， $R^2$  值達 0.603，並經 F-test 檢定後達顯著差異 ( $P < 0.05$ )，顯示巢高隨巢樹高的增加而上升。

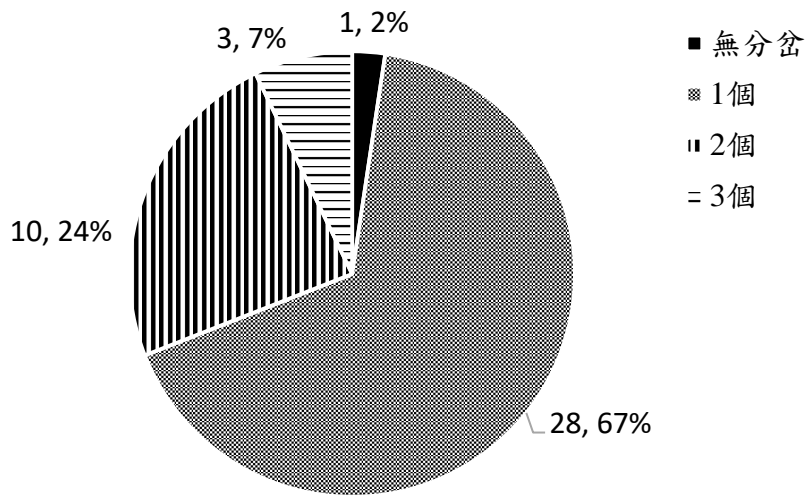




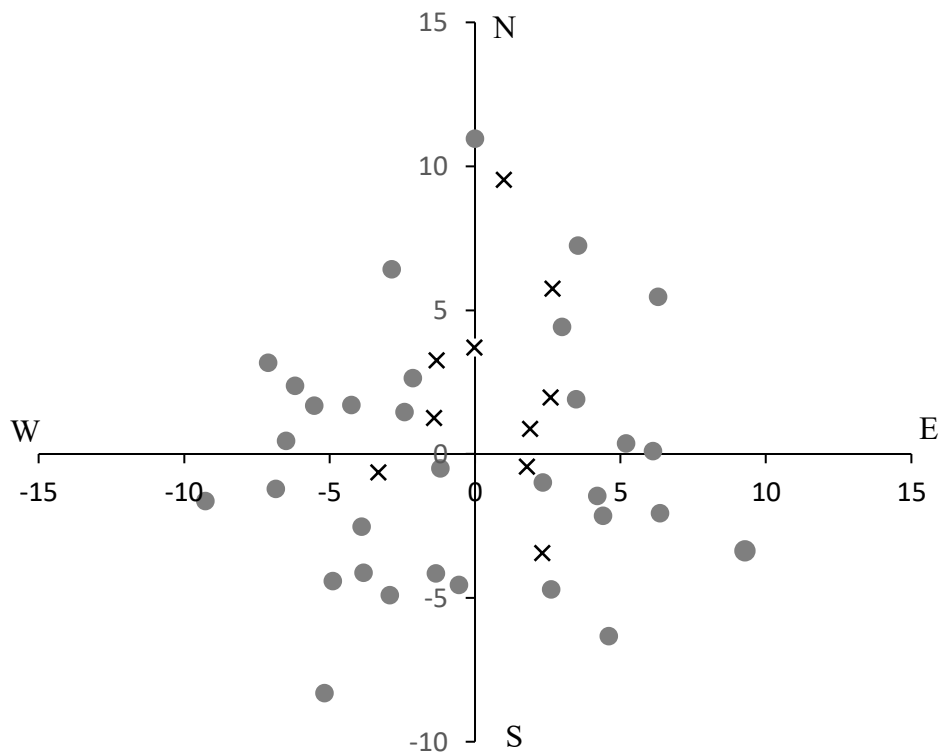
圖十三、巢主要支撐枝條的傾斜角度與數量。圖為 2019 年臺北市黑冠麻鷺築巢時，所利用的巢主要支撐枝條傾斜角度與數量圖。由表可看並無利用低於  $0^\circ$  及大於  $67.5^\circ$  的枝條，最主要利用的巢主要支撐枝條角度為 0-22.5° 間的枝條，其次為 22.5-45°，第三為 45-67.5° 間的枝條 (n=42)。



圖十四、巢下支撐枝條的傾斜角度與數量。圖為 2019 年臺北市黑冠麻鷺築巢時，所利用的巢下支撐枝條傾斜角度與數量圖 (n=42)。計算方式為巢位下方含有何種傾斜角度類型的巢下支撐枝條，因此可能會有一巢下有兩種或兩種以上傾斜角度類型的枝條。由圖顯示含 0-22.5°間的巢下支撐枝條為最多，在 42 個巢位中佔 40 個；有 11 巢含 22.5-45°間的枝條，另有 4 巢含 45-67.5°間的枝條，傾斜角度太大的 67.5°-90°或過小低於 0°的枝條則無利用。因此可知，黑冠麻鷺大部分會利用含有較水平的巢下支撐枝條來築巢。



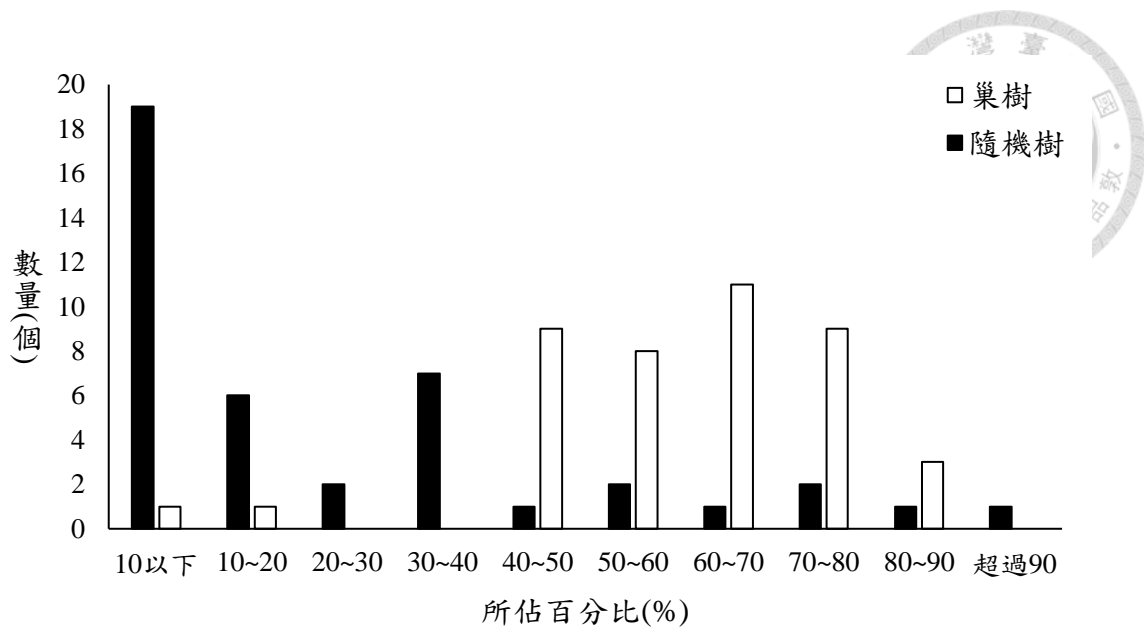
圖十五、各種巢下支撐枝條分岔數量所佔比例圖。巢位下支撐的枝條分岔數量，可分成無分岔、1個分岔、2個分岔、3個分岔四種類型。圖中各種類型所含皆以兩個數字代表，前者為巢數量，後者為所佔比例（n=42）。結果顯示，大部分的巢皆位於具分岔的枝條上，且位於1個分岔上的巢為最多，有28巢，佔全部42個巢的67%；位於無分岔枝條上者，僅有1巢。



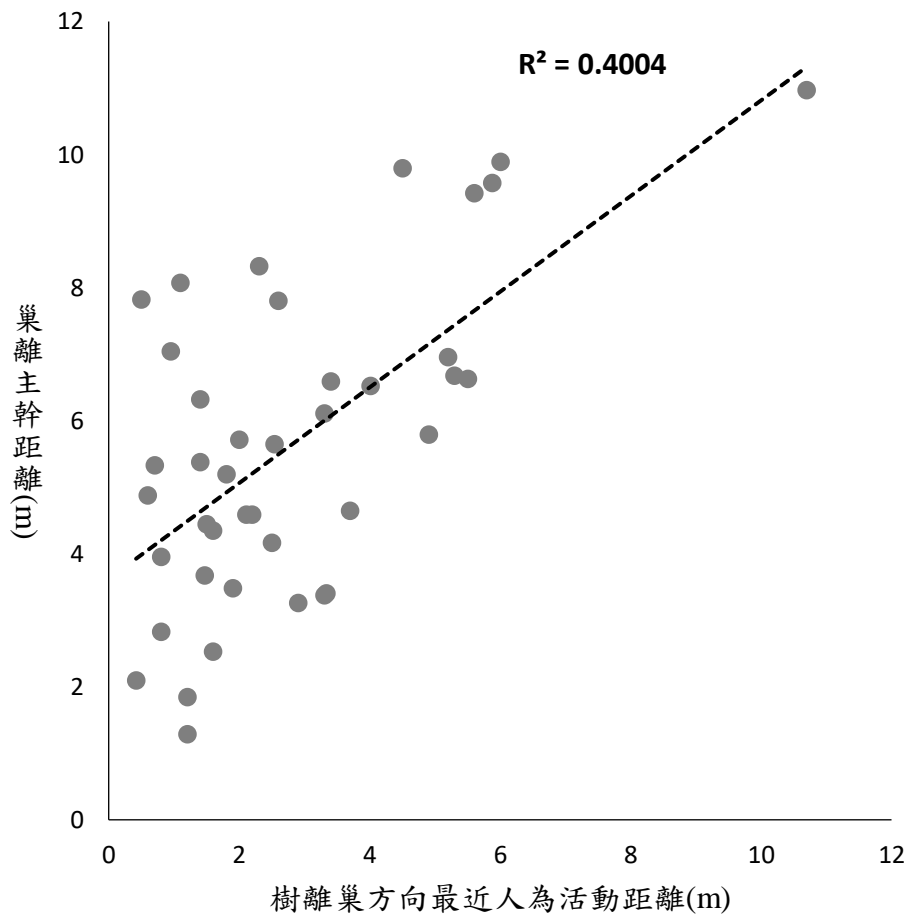
圖十六、比較築巢於榕樹與非榕樹上的離主幹距離。圖為黑冠麻鷺築巢於巢樹上，以樹為中心時，於直角座標系上的位置分布及離主幹距離圖。標記為實心灰色圓形是利用榕樹築巢，標記為黑色 X 形是利用非榕樹的樹種築巢。由圖可看出利用榕樹築巢者，大部分巢位分布在離中心較遠的外側，表示的離主幹較遠；而利用非榕樹的樹種者，則多分布在近內側位置，表示離主幹距離近的位置。



圖十七、黑冠麻鷺巢下環境照。由此二者照片可發現，黑冠麻鷺巢下的棲地環境為人行道等這類型的人為活動環境。上圖拍攝於清晨，巢下為許多人做運動的環境；下圖拍攝於中午，巢下為公園遊客聚集玩手機遊戲的地方。（照片拍攝地點：青年公園）

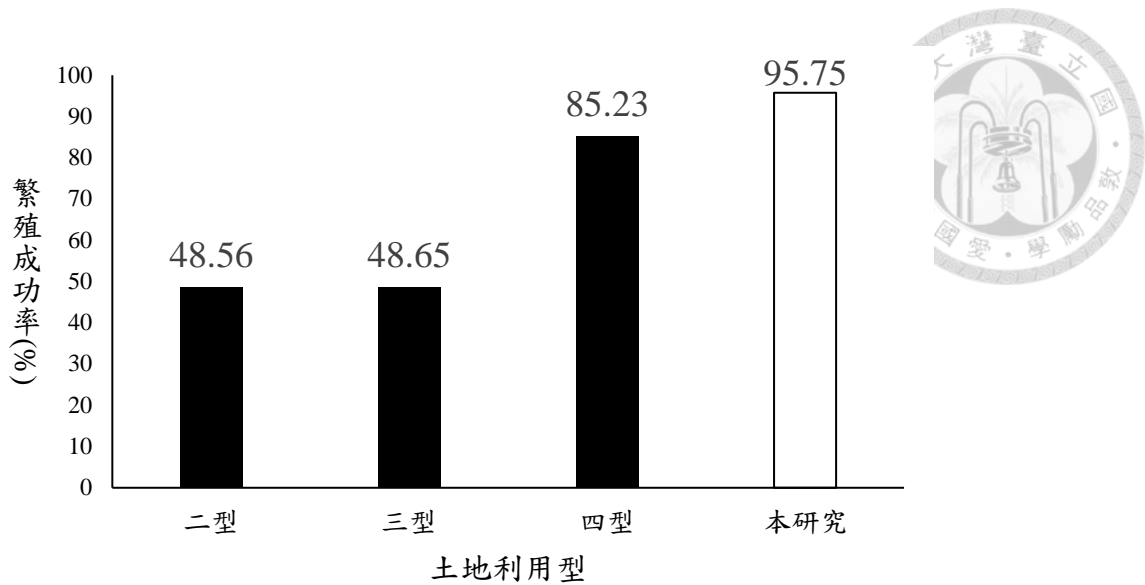


圖十八、巢樹與隨機樹的樹冠下投影，人為活動環境面積所佔比例分布。由圖可看出巢樹的樹冠投影面積中，人為活動環境面積所佔比例大多高於40%，只有少數巢樹的樹冠投影面積的人為活動環境比例在20%以下；隨機選擇的樣樹中，則大部分是低於40%以下，明顯與巢樹環境不同。顯示黑冠麻鷺築巢時，所選擇的巢樹環境多是人為活動環境。



圖十九、巢離主幹的距離與巢樹離樹的巢方向最近人為活動環境距離相關圖。此為2019年臺北市樣區中黑冠麻鷺繁殖築巢所利用的巢樹，離最近人為活動環境的距離與巢位離巢樹主幹的距離關係圖。由圖可看出兩者具有一定的正相關性， $R^2$  值為 0.4004，並經 F-test 檢定後達顯著差異 ( $P < 0.05$ )，顯示人為活動環境對巢離主幹距離具有相當程度的影響力。並表示都市中築巢的黑冠麻鷺選擇巢位時，會選擇靠近人為活動環境位置的枝條上築巢，且有離人為活動愈遠的巢樹，其巢離主幹愈遠的趨勢。





圖二十、各土地利用型黑冠麻鷺的繁殖成功率。圖為本研究與前人研究中，不同土地利用類型的繁殖成功率整合。土地利用類型分類是依郊區到都市梯度來區分，第一型為原生植被環境，第五型為核心都會區環境，第一到第五型中間依梯度劃分（姚正得，2002）。在前人研究中，因第一型僅有 2 巢，故不列入計算，而未有第五型環境，第二、三、四類型環境的繁殖成功率如圖所示，並由左至右依序排列。而本研究所有的黑冠麻鷺皆於核心都會區的臺北市繁殖，依姚正得（2002）的土地劃分類型應列為第五型，故置於圖的最右方。經整合後並由圖可發現，愈接近都市化環境，繁殖成功率愈高。