

研究報告

自動錄音機記錄巒大杉人工林區塊伐過程鳥類組成變化

陳盈安¹ 曾彥學^{1,2} 陳相伶¹ 曾喜育^{1*}

【摘要】本研究自2018年10月至2020年6月止，利用自動錄音機記錄大安溪事業區117林班區塊伐過程鳥類組成變化。研究期程區分成9個調查季，共記錄33科60屬約64種鳥類，包含22種保育類；整體鳥類群聚Sørensen相似性約0.71，不同調查季間的Sørensen相似性指數介於0.54-0.88。比對各調查季的鳥類群聚組成特性與對應分析排序圖，結果顯示研究區的季節改變可能造成鳥類群聚變化。將紀錄鳥種根據生態同功群及與森林關聯性分類的結果顯示，研究區內鳥類群聚棲地仍以森林為主，大多數鳥種於區塊伐面積增加後仍被持續記錄，顯示其對區塊伐過程的干擾具耐受度。本研究同時也記錄到偏好次級演替早期環境的鳥種，如臺灣叢樹鶯 (*Locustella alishanensis*) 等，顯示人工林在區塊伐後增加環境異質性，提供更多生態棲位。雖然自動錄音機資料有需要專業人員判釋種類，部分音檔難以辨認至種階級，且有較少鳴叫的鳥類不易被記錄的缺點，但其可以記錄夜行性鳥類的資料，並且大量節省調查人力支出。本研究認為使用自動錄音機可以有效瞭解林業作業活動對鳥類群聚變化的影響。

【關鍵詞】區塊伐、人工林、鳥類群聚、自動錄音機。

1 國立中興大學森林學系 Department of Forestry, National Chung Hsing University

2 行政院農業委員會林業試驗所 Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Taipei City, Taiwan (R. O. C.)

* 通訊作者，40227臺中市南區興大路145號。

Corresponding author. 145 Xingda Rd., South Dist., Taichung City 40227, Taiwan.

Email: erecta@nchu.edu.tw

Research paper

Using autonomous recording units to record the changes of birds after patch cutting in Luanta fir plantation

Ying-An Chen¹ Yen-Hsueh Tseng^{1,2} Hsiang-Ling Chen¹ Hsy-Yu Tzeng^{1*}

【Abstract】 This study used autonomous recording units to record the birdcalls in 117th compartment of Daanxi working circle from July 2018 to March 2020. We divided the study period into 9 surveys with 3 months for each survey. A total of 64 species of 60 genera and 33 families was recorded, which included 22 protected species. The overall Sørensen similarity of bird composition was about 0.71, and the Sørensen similarity among surveys ranged from 0.54 to 0.88. According to the corresponding analysis, the seasonal migration of birds was probably the cause of the change in species composition of the community. We grouped bird species on the basis of their ecological guild and forest dependency. The results showed that the forest was still the main habitat in the study area. Most bird species were continuously recorded after the patch cutting area increased, suggesting that most species had good tolerance to the disturbance. However, bird species that prefer early secondary succession environments, such as Taiwan bush warbler (*Locustella alishanensis*), had also been recorded, showing that plantation increases environmental heterogeneity after patch cutting and provide more ecological niches. Although acoustics monitoring has shortcomings such as the need for professionals to identification, difficulty in identifying to the species level, and underestimate of species with fewer calls, it could record the data of nocturnal species and save personnel in the field. This study suggests that the use of autonomous recording units can effectively understand the impact of forestry management on changes in bird compositions.

【Key words】 patch cutting; plantation; bird compositions; autonomous recording.

一、前言

鳥類在森林生態系扮演協助植物授粉、種子傳播、促進能量與養分循環，以及部份層級較高消費者等重要角色 (尤少彬 1999)；然而，森林經營策略造成植群結構改變，鳥類群聚組成也隨之改變 (尤少彬 1999；廖煥彰 2006)，因此選擇合適的森林作業法與鳥類群聚組成息息相關。區塊伐 (patch cutting) 為一種小面積皆伐，在全林分尺度下，以小面積為經營單位，逐次以一個或數個不連續之區塊分階段更新整體林分，營造異齡林鑲嵌體 (mosaic)。林木可透過土壤種子庫 (soil seed bank)、天然下種或人工造林等方式更新 (Smith 1986; Radler et al. 2010; 山川博美 2009；林金樹 2018)。

國外發展區塊伐作業法已有多年，也有多篇關於區塊伐後鳥類群聚變化的研究，如 Germaine et al. (1997) 於美國佛蒙特州 (Vermont) 研究 0.4 ha 區塊伐後鳥類群聚，結果指出在區塊伐後，由於森林邊緣與早期演替的森林增加，導致伐採地附近的森林鳥種減少，而棲息於早期演替森林的鳥種增加，因此物種豐富度 (richness) 維持不變。Steventon et al. (1998) 在加拿大英屬哥倫比亞 (British Columbia) 調查發現，在 1 ha 以下的區塊伐處理後，草本與灌木植物增加，進而增加偏好早期演替棲地鳥類的豐富度與多樣性。Yamasaki et al. (2014) 在皆伐 (clearcutting)、區塊伐及低密度傘伐 (shelterwood harvest) 3 種不同處理的林分進行繁殖鳥類調查，區塊伐分為 4 個介於 1.2-2.2 ha 之間的區塊，並將調查所得的鳥種根據棲息地分為早期演替、廣適者 (generalist) 及中後期演替等 3 組；研究結果指出區塊伐吸引較

多棲息於早期演替森林之鳥類，且鳥類多樣性與豐富度在伐採後 3-6 年到達頂峰，之後會隨時間逐漸減少 (Yamasaki et al. 2014)。

野生動物因躲避天敵的特性，造成調查不易，然而隨著科技進步，使用自動監測儀器調查野生動物的技術也愈臻完備。其中，自動錄音機 (automatic recorder) 適用於調查較常發出聲音的動物如蛙類及鳥類等 (陳炤杰等 2011；姜博仁等 2015)，有節省野外調查人力及資料收集標準化等優點 (姜博仁等 2015)。本研究以自動錄音機錄製鳥類鳴叫聲的方式進行鳥類調查，分析人工林經區塊伐後鳥類群聚變化並探討可能的影響因素，研究調查結果提供人工林經營伐採管理之參考。

二、材料與方法

(一) 研究區概況

本研究區域位於臺中市和平區大安溪事業區 117 林班 (24°18'08.3"N, 120°57'58.1"E)，面積約為 9.13 ha，隸屬行政院農業委員會林務局東勢林區管理處。最暖月 (7 月) 均溫為 22.4°C，最冷月 (1 月) 均溫 12°C，年均溫度約 18°C，年平均雨量約 2,522 mm，降水多集中在 4-9 月，年平均濕度約 91%，全年有霧日約三分之一 (范素瑋等 2016)，海拔約 1,477 m。

研究區域分為 7 個區塊 (圖 1)，其中 2 塊為 2017 年上半年伐採 (以下統稱為 2017 年伐區)；另一塊於 2018 年下半年伐採 (以下稱 2018 年伐區)，其餘皆不伐採。伐採方式採區塊伐，平均 1 區塊伐採面積約 1.70 ha。原造林樹種為約 40 年生的巒大杉 (*Cunninghamia konishii*)，伐採後續造林樹種為臺灣杉 (*Taiwania cryptomerioides*) 與少部分混植牛樟

(*Cinnamomum kanehirae*)，目前僅2017年伐區有造林，造林時間為2019年1月底，並於2019年1月及6月進行刈草作業。

未伐採區除造林木外，其餘優勢樹種有長梗紫麻 (*Oreocnide pedunculata*)、山香圓 (*Turpinia formosana*)、長葉木薑子 (*Litsea acuminata*) 等，地被層有冷清草 (*Elatostema*

lineolatum var. *majus*)、風藤 (*Piper kadsura*) 及三腳龜草 (*Tetrastigma bioritsense*) 等。已伐採區以山胡椒 (*Lit. cubeba*)、白袍子 (*Mallotus paniculatus* var. *paniculatus*) 等先驅樹種小苗，以及昭和草 (*Crassocephalum crepidioides*) 與飛機草 (*Erechtites valerianifolia*) 等草本植物為主 (陳盈安等 2021)。

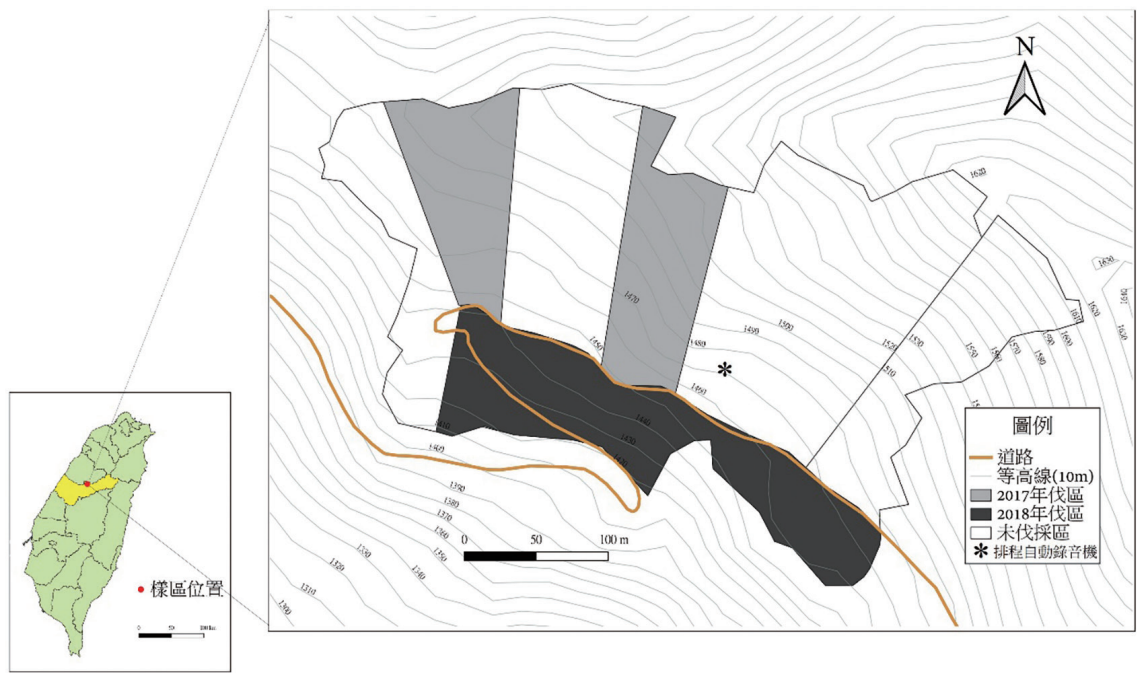


圖1. 大安事業區117林班各年度伐區與自動錄音機位置圖。

Figure 1. Study area and distribution of cutting area and automatic recorder in 117th compartment of Daanxi working circle.

(二) 鳥類調查方式

本研究使用自動錄音機 (型號Wildlife Acoustics Song Meter SM4) 於每日固定時間錄製鳥音。因研究面積不大，研究區僅架設1臺自動錄音機於巒大杉樹幹上，錄音機架置位於

鄰近伐採區的未伐採區內 (圖1)；錄音機架設距地面2 m，表面以迷彩布覆蓋，以減低動物之戒心。自動錄音機音檔分析取自2018年10月至2020年6月止，每日於鳥類活動最頻繁的清晨 (5:30-8:30) 與黃昏 (16:30-19:30) 各錄音3小

時，每三個月更換電池與記憶卡。本研究鳥音聲記錄音檔存放於中興大學森林學系森林植物生態暨分類研究室。

(三) 資料分析

因錄音檔資料量龐大，故本研究選取每調查季中間的日期並避開陰雨天，連續3天(6小時/天)之音檔，1個調查季的努力量共18小時。音檔委託鳥類專業人員協助記錄所出現之鳥種製成物種清單；鳥類物種清單之學名及保育等級參照中華野鳥學會出版之臺灣鳥類名錄(楊玉祥等 2020)。清晨與黃昏錄製的音檔以1小時為單位，在辨別鳥種的同時也分別記錄該時段有多少種鳥類被記錄。由於鳥類活動能力強，部分具有隨季節遷移的行為(許皓捷 2003)，因此本研究所取樣的鳥類錄音檔依取樣月份對應各個季節。季節的畫分為春季3-5月，夏季6-8月，秋季9-11月，冬季12月-翌年2月，錄音期程自2018年10月至2020年6月止，共記錄9季。

為了解鳥類組成群聚於各調查季的相似性，本研究將相鄰兩調查季的鳥類群組成變化以Sørensen相似性指數(Sørensen 1948, 式1)表示，此部分使用R 3.5.2計算(R Core Team 2018)。

$$\text{Sørensen Similarity Index} = 2c/(a+b) \quad (\text{式1})$$

(a為A調查季的物種、b為B調查季的物種、c為A、B調查季共有的物種)

本研究參考尤少彬(1999)、許皓捷(2003)、廖煥彰(2006)、蔡錦文等(2010)、廖俊傑(2015)之生態同功群(ecological guild)分類，並加上劉小如等(2012a, b, c)對於各鳥種習性與棲地偏好等資訊綜合評估，以了解區

塊伐後棲地鳥類生態同功群組成，共分為地面蟲食者(ground insectivore, GI)、地面雜食者(ground omnivore, GO)、地面植食者(ground herbivore, GH)、灌層蟲食者(shrub insectivore, SI)、灌層雜食者(shrub omnivore, SO)、樹層蟲食者(tree insectivore, TI)、樹層雜食者(tree omnivore, TO)、樹層植食者(tree herbivore, TH)、樹幹蟲食者(bole insectivore, BI)、飛啄蟲食者(fly-catch insectivore, FI)和肉食者(Carnivore, C) 11類。此外，為探討鳥類群聚一森林關聯性，參考葛兆年等(2019)於人工林之研究，將鳥類依據與森林相依性分為：專一森林型(forest specialist, FS)、廣適森林型(forest generalist, FG)、森林訪客型(forest visitor, FV)及其他非森林型(other non-forest user, O) 4種探討，專一森林型指主要活動棲地位於森林中之鳥種；廣適森林型鳥類以森林為主要棲地，但不侷限於森林中；森林訪客型則是不以森林為主要活動棲地但偶見於森林。最後，與森林相關性低或無關之鳥種歸為其他非森林型。上述鳥類生態同功群與鳥類群聚一森林關聯性分析前，先將所記錄之鳥種剔除僅記錄1季之稀有種再進行。

將所記錄鳥種與各調查季存在與否以PC-ORD 6.0(McCune & Mefford 2011)進行對應分析(correspondence analysis, CA)(ter Braak 1985)，並以排序圖展示以了解每季鳥類群聚組成的變化。

三、結果與討論

(一) 研究區鳥類組成

本研究利用自動錄音機於大安溪事業區記錄到鳥類33科60屬約64種(表1)，其中部分鵝

科 (Turdidae) 鶇屬 (*Turdus*) 的鳥種，因其距離自動錄音機較遙遠，導致叫聲錄音不清楚而難以鑑定至種階級，因此僅記錄至屬階級。本研究所以記錄到的鳥類皆為原生種，共記錄22種保育類，包含瀕臨絕種野生動物 (I 級) 保育類者有熊鷹 (*Nisaetus nipalensis*) 1種，13種珍貴稀有保育野生動物 (II 級) 如松雀鷹 (*Accipiter*

virgatus)，以及8種其他應予保育野生動物 (III 級) 如白耳畫眉 (*Heterophasia auricularis*)。秋冬季所記錄較多鳥種鳴叫的高峰時段皆在上午6-7點；在春夏季時，較多鳥種鳴叫的高峰時段位於上午5-6點。鳥類活動高峰會因季節改變光週期與氣溫，而使鳥種鳴叫的高峰時間有延後的現象 (Hau et al. 1998; 廖俊傑等 2018)。

表1. 大安溪事業區117林班9調查季紀錄之鳥類種類。

Table1. Avian species of 9 season of survey in the 117th compartment of Daanxi working circle.

調查季節 ¹	科	屬 ³	種	特有(亞)種	保育類
2018年11月(秋) ²	24	39	38	12	11
2018年12月(冬)	19	29	28	11	8
2019年2月(冬)	19	28	28	12	11
2019年4月(春)	23	39	38	11	12
2019年7月(夏)	18	31	30	11	12
2019年10-11月(秋)	24	36	37	11	12
2020年1月(冬)	22	32	31	12	12
2020年4月(春)	21	34	34	11	11
2020年6月(夏)	21	33	33	11	11

¹ 以3-5月為春季，6-8月夏季，9-11月秋季，12-2月冬季。

² 正值2018年伐區採集材作業期間。

³ 鶇屬 (*Turdus*) 依錄音的鳴叫聲無法鑑定至種階級，因此僅記錄屬，因此屬階層的數量會較種數高。

(二) 鳥類群聚季節性變化

為了解區塊伐後鳥類群聚的變化，本研究將各季調查的鳥類組成存在與否進行對應分析 (CA) (圖2)，前3軸變異解釋率分別為25.27、17.35與16.27%。由前2軸的對應分析排序圖可知，第1排序軸將秋冬季與春夏季劃分兩群，顯示對應分析排序圖第1軸呈現的是季節變化，左側為春夏季，右側為秋冬季。在秋冬季有記錄到花雀 (*Fringilla montifringilla*)、極

北柳鶯 (*Phylloscopus borealis*)、樹鶯 (*Anthus hodgsoni hodgsoni*) 等5種冬候鳥存在；於春夏季記錄的鳥類則有北方中杜鵑 (*Cuculus saturates*)、鷹鵑 (*Hierococcyx sparveroides*) 及紅尾鶇 (*Muscicapa ferruginea*) 等3種夏候鳥。

鳥類除了沿緯度季節性遷徙外，也具有沿海拔季節性遷移的行為 (王穎&孫元勳 1991)；臺灣雖位處亞熱帶，但在中高海拔山區仍有明顯季節變化，過去研究指出臺灣山區鳥類

具有季節性垂直遷移 (altitudinal migration) 現象 (王穎&孫元勳 1991 ; 許皓捷 2003 ; 賴思傑 2012)。鳥類在非繁殖季的群聚空間分布較繁殖季不固定 (許皓捷 2003)，有部分在高海拔地區繁殖的鳥種，在冬季時會向海拔較低的地

區遷移 (孫元勳&林惠珊 2012)。造成此類降遷行為的原因有許多假說，但主要以食物可用性 (Loiselle & Blake 1991; Hurlbert & Haskell 2003; Mulwa et al. 2013) 與氣象因子 (Faaborg et al. 1984; Boyle et al. 2010) 為主。

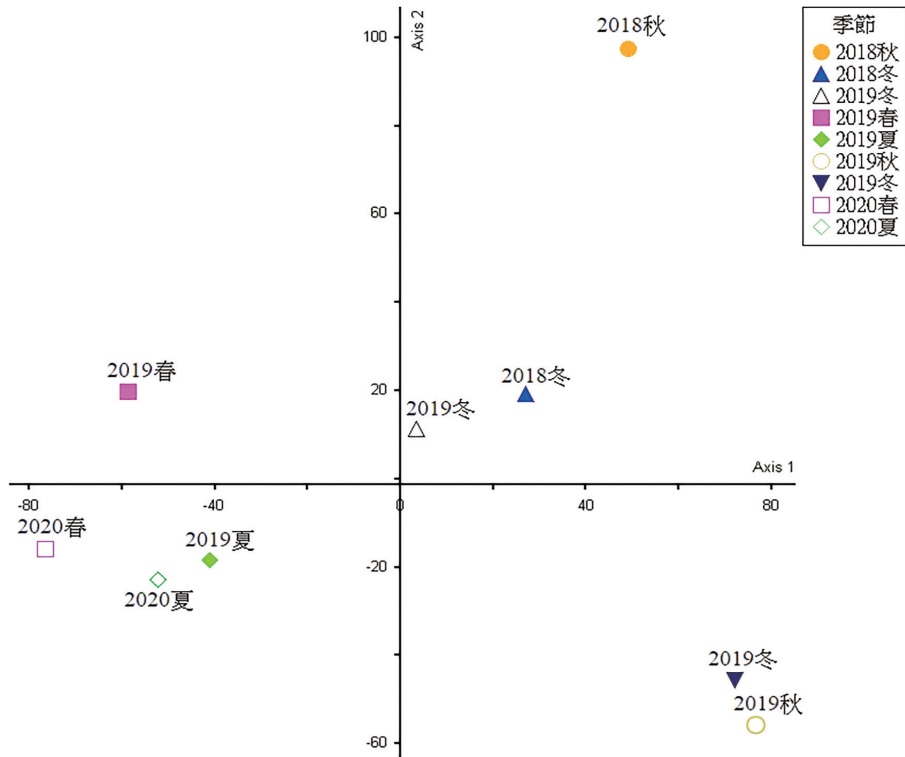


圖2. 大安事業區117林班9個調查季節之鳥類群聚對應分析 (CA) 排序圖。
Figure 2. correspondence analysis ordination diagram of bird community in 9 seasons of survey in the 117th compartment of Daanxi working circle.

本研究參考劉小如等 (2012a, b, c) 臺灣鳥類誌第二版，檢視所有記錄鳥種是否具有冬季降遷習性，結果發現約21種鳥類曾被描述具有冬季降遷行為 (附錄1)。進一步分析各鳥種與記錄季節，被記錄之調查季具明顯季節差異，如僅春夏或秋冬季被記錄，且至少記錄2次的共4種，分別為臺灣叢樹鶯 (*Locustella alishanensis*)、灰鶺鴒 (*Motacilla cinerea*)、

cinerea)、黃胸青鶺鴒 (*Ficedula hyperythra innexa*)、栗背林鶺鴒 (*Tarsiger johnstoniae*)，且皆於於秋冬季被記錄；因研究區域位於中海拔，其中臺灣叢樹鶯、灰鶺鴒以及栗背林鶺鴒推測可能為高海拔鳥種於冬季時遷移至中海拔度冬。陳仁真等 (2013) 研究雪山高海拔地區食蟲性鳥類的密度變化與氣象因子之間關係指出，氣溫為影響栗背林鶺鴒密度的主因，恰可對應本研究

於秋冬季時記錄到栗背林鵙的出現。僅於春夏繁殖季記錄之鳥種可能對於低溫耐受度較低或是受食物資源分布影響，在秋冬時遷移至低海拔過冬。黃胸青鶇在海拔1,500 m左右為其分部高峰，於本研究記錄中具有季節性差異可能因其叫聲較不易被察覺而導致。

其餘曾被描述具有冬季降遷行為之鳥種，於本研究各季節中皆曾出現，甚至於所有調查季中皆有記錄。許富雄等 (2004) 調查臺灣南部的鳥類指出，物種豐富度隨海拔的梯度變化呈峰形分布，且於海拔1,500-1,999 m記錄最多鳥種數；此外，推測造成物種豐富度較高原因除了中海拔地區具有較高初級生產力外，臺灣在海拔約1,500-2,000 m附近為鳥類組成轉換的交會帶，且相對低海拔地區人為干擾較低，因此有較高物種多樣性 (許富雄等 2004)。因此，曾被描述具冬季降遷行為之鳥種於本研究區內全年均有記錄，可能與研究區所在的中海拔地區食物資源充沛且溫度適宜有關。

巒大杉人工林區塊伐後，整體不同調查

季次間的Sørensen相似性指數平均值約為0.71。蔡錦文等 (2010) 指出杉木人工林輕度疏伐 (疏伐率27%) 後7個月鳥類群聚與疏伐前相似性達78%。儘管本研究無法得知區塊伐前後鳥類群聚相似性，但研究期間區塊伐面積增加後，整體鳥類群聚Sørensen相似性仍有71%，推測區塊伐作業對鳥類群聚影響不劇烈。鳥類群聚在不同調查季間的Sørensen相似性指數介於0.54-0.88 (表2)，比對調查季的取樣季節，發現在相同季節的鳥類群聚Sørensen相似性指數較高，反之則較低。以2018與2019年秋季為例，群聚組成相似性達0.74和0.75，同樣於2019及2020年夏季記錄的群聚相似性也達0.79，皆高出同年度不同季節記錄的鳥類群聚相似性。相比之下，不同年度春夏季的Sørensen相似性大多較不同年度秋冬季高，在對應分析排序圖上也可見秋冬季的鳥類群聚分布較春夏季來的分散。此部分亦可能與許多鳥種於非繁殖季時會大幅減少鳴唱行為有關，致使非繁殖季未被自動錄音機記錄而導致群聚組成差異較大。

表2. 大安溪事業區117林班調查季間之Sørensen相似性指數矩陣表。

Table2. Sørensen similarity index matrix between two seasons of survey in the 117th compartment of Daanxi working circle.

調查季節	2018秋	2018冬	2019冬	2019春	2019夏	2019秋	2019冬	2020春	2020夏
2018秋	1								
2018冬	0.80	1							
2019冬	0.72	0.70	1						
2019春	0.69	0.54	0.77	1					
2019夏	0.71	0.69	0.70	0.72	1				
2019秋	0.75	0.64	0.68	0.64	0.60	1			
2019冬	0.73	0.72	0.75	0.59	0.67	0.77	1		
2020春	0.70	0.67	0.68	0.80	0.81	0.61	0.65	1	
2020夏	0.68	0.66	0.65	0.69	0.79	0.66	0.59	0.84	1

(四) 生態同功群和與森林關聯性

鳥類生態同功群主要依據覓食位置與主要食性進行分類 (許皓捷 2003)。爲了降低稀有種對於生態同功群分類的影響，將9調查季中僅記錄1筆之稀有種排除後依各生態同功群分類，各鳥種對應之同功群詳見附錄2。大安溪事業區117林班區塊伐後整體鳥類群聚同功群組成以樹層雜食者10種 (18.51%) 最多，地面植食者1種最少 (1.85%) (圖3)。若以覓食位置討論，以樹層覓食者最多 (19種, 35.19%)，灌層11種 (20.37%) 次之，地面覓食者有9種 (16.67%) 第3。以鳥類食性區分，依次爲食蟲21種 (38.89%)、雜食20種 (37.04%)、肉食6種 (11.11%)，以及植食性鳥類7種 (12.96%)。

研究區經區塊伐後的林地灌叢植物和草本植物增加 (陳盈安等 2021)，大量懸鉤子屬 (*Rubus*) 植物和禾草類植物提供鳥類豐富食物；此棲地環境吸引喜好演替早期環境之鳥種和廣適種 (generalist) (Germaine et al. 1997; Steventon et al. 1998; Yamasaki et al. 2014)。然而，隨時間過去演替早期鳥種數量會逐漸減少，待森林建立後，演替中、後期鳥類多樣性顯著增加 (Lees et al. 2015; 葛兆年等 2019)。由於早期演替環境具有較多結果植物 (Oliver & Larson 1996) 同時生長該環境植物多爲季節性植物，投注較多能量於生長和繁殖 (Salisbury 1973; McDiarmid et al. 1977)。陳炤杰&周蓮香 (1999) 於福山試驗林森林鳥類食性研究指出，鳥類取食果實種類以漿果和核果爲主，也有取食穎果及聚合果等果實的記錄；取食植物則以樟科植物最多。此外，早期演替環境的異質性

也造就昆蟲的豐度增加 (Dale et al. 2000)，可反映於本研究記錄鳥類種以蟲食性佔最多數之結果。

鳥類與森林關聯性屬於專一森林型有38種 (70.37%)、廣適森林型有9種 (16.67%)、森林訪客型 3種 (5.56%)、其他非森林型4種 (7.41%)。由此結果可知，大安溪事業區117林班的鳥類群聚組成仍以專一森林鳥種爲主，顯示鳥類組成的活動棲地仍和森林有較多關聯，雖然人工林經區塊伐，但鳥類生態同功群、或鳥種與森林關聯性均顯示研究區的鳥類仍以森林爲主要棲地與覓食場所。

研究區仍有近30%的非專一森林型鳥種出現，例如臺灣叢樹鶯、黃胸薺眉 (*Liocichla steerii*)、金背鳩 (*Streptopelia orientalis orientalis*)、白環鸚嘴鵲 (*Spizixos semitorques semitorques*) 4種偏好開闊地灌叢的鳥種，顯示區塊伐增加伐採跡地的棲地類型，增加新棲地類型使提供非專一森林型鳥種棲息選擇。Chandler et al. (2012) 的研究也指出，森林鳥種的成鳥在離巢後至向南遷移前 (post-fledging period) 較偏好具有濃密灌叢且異質性高的早期演替環境而非森林，區塊伐跡地或許也能增加森林鳥種的食物種類與來源。

針葉樹人工林相較天然林對鳥類所提供的食物雖然較有限 (Curry 1991; 李欽國 1995; 許皓捷 2003)，然而區塊伐導致林地已伐採區塊進入次級演替初期，環境異質性增加，植群結構改變造就更多生態棲位，使鳥類物種數增加 (Sekercioglu 2002; Peh et al. 2005)。

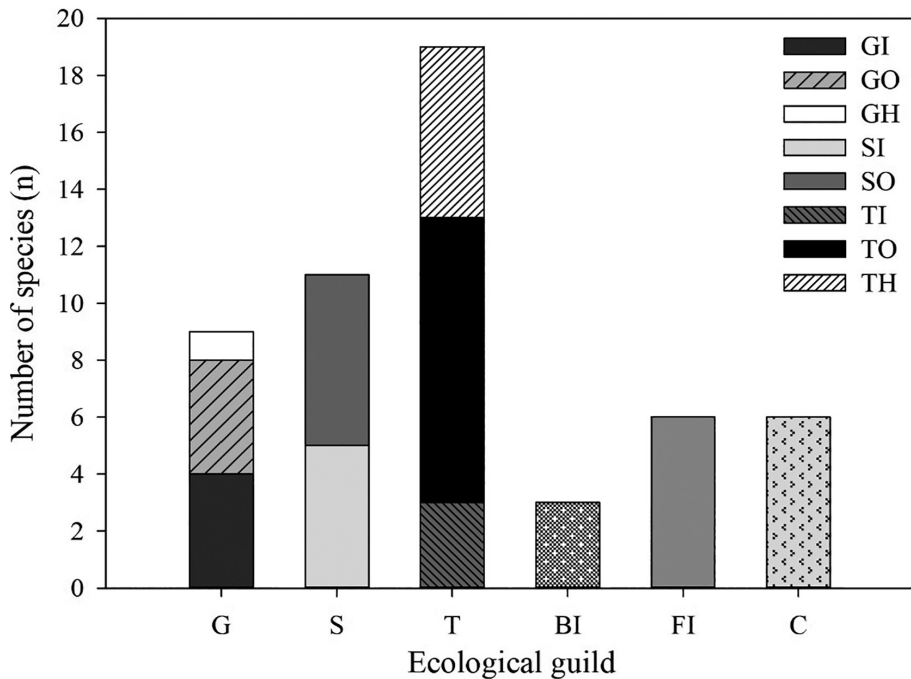


圖3. 大安溪事業區117林班整體鳥類生態同功群種數長條圖。G為地面覓食、S為灌層覓食、T為樹層覓食，GI為地面蟲食者、GO為地面雜食者、GH地面植食者、SI為灌層蟲食者、SO為灌層雜食者、TI為樹層蟲食者、TO為樹層雜食者、TH為樹層植食者、BI為樹幹蟲食者、FI為飛啄蟲食者、C為肉食者。

Figure 3. Ecological guild of total avian in the 117th compartment of Daanxi working circle. G, ground; S, shrub; T, tree; GI, ground insectivore; GO, ground omnivore; GH, ground herbivore; SI, shrub insectivore; SO, shrub omnivore; TI, tree insectivore; TO, tree omnivore; TH, tree herbivore; BI, bole insectivore; FI, flycatch insectivore; C, Carnivore.

由於無法比較區塊伐前後的鳥類群聚，若以2018年冬季的伐採作業作為分界線，伐採面積增加，僅松雀鷹和樹鵲 (*Dendrocitta formosae formosae*) 於2019年冬至2020年夏季無記錄。儘管不同鳥種對於森林受伐採干擾的反應不一 (Kellner et al. 2016; Mahmoudi et al. 2016)，但本研究大多數鳥種於區塊伐面積增加後仍有持續記錄，推測這些鳥類對於伐採干擾具有良好耐受度。

本研究利用自動錄音機記錄林地鳥類群聚的聲景，可作為鳥類資源調查方法之一 (Chen

et al. 2011)，可以記錄夜行性鳥類如鴟鵂科 (Strigidae) (許富雄 2001)，有助於協助瞭解林業作業活動對鳥類群聚變化的影響。惟自動錄音機記錄鳥音有需要專業人員判釋種類，有些鳥音難以辨認至種階級，或較少鳴叫的鳥類不易被記錄，或鳥類在冬季時非繁殖季鳴叫減少而未被記錄等缺點；雖然如此，現今國外已發展運用電腦AI (artificial intelligence) 判釋鳥類叫聲的技術，鳥音資料庫系統建置成為必要的基礎工作，待技術發展成熟後可以大量減少人工判別所花費的時間與人力成本，且能夠獲得大

量資料建構更完整的聲景 (Kahla et al. 2021) , 可提供日後研究或環境保育的基礎資料。

四、致謝

本研究承行政院農業委員會林務局東勢林區管理處經費協助，以及松楓生態服務有限公司何季耕先生協助鳥音種類資料分析，特此感謝。

五、引用文獻

- Boyle WA, Norris DR, Guglielmo CG (2010) Storms drive altitudinal migration in a tropical bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277: 2511-2519.
- Chandler CC, King DI, Chandler RB (2012) Do mature forest birds prefer early-successional habitat during the post-fledging period? *Forest Ecology and Management* 264: 1-9.
- Chen CC, Chiang PJ, Shieh BS, Lin CC (2011) Diurnal timing of bird surveys using an acoustic monitoring system in the Shan-Ping Forest Ecological Garden. *Taiwan Journal of Forest Science* 26(4): 313-321.
- Curry GN (1991) The influence of proximity to plantation edge on diversity and abundance of bird species in an exotic pine plantation in North-eastern New South Wales. *Wildlife Research* 18: 299-314.
- Dale S, Mork K, Solvang R, Plumtre AJ (2000) Edge effects on the understory bird community in a logged forest in Uganda. *Conservation Biology* 14(1): 265-276.
- Faaborg J, Arendt WJ, Kaiser MS (1984) Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: A nine year study. *The Wilson Bulletin* 96: 575-593.
- Germaine SS, Vessey HS, Capen DE (1997) Effects of small forest openings on the breeding bird community in a Vermont hardwood forest. *The Condor* 99(3): 708-718.
- Hau M (2001) Timing of breeding in variable environments: Tropical birds as model system. *Hormones and Behavior* 40(2): 281-90.
- Hurlbert AH, Haskell JP (2003) The effect of energy and seasonality on avian species richness and community composition. *The American Naturalist* 161: 83-97.
- Kahla S, Wood CM, Eibl M, Klinck H (2021) BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics* 61: 101236.
- Kellner KF, Ruhl PJ, Dunning JB Jr., Riegel JK, Swihart RK (2016) Multi-scale responses of breeding birds to experimental forest management in Indiana, USA. *Forest Ecology and Management* 382: 64-75.
- Lees AC, Moura NG, de Almeida AS, Vieira IC (2015) Poor prospects for avian biodiversity in Amazonian oil palm. *PLoS One* 10(5): e0122432.
- Liao CC, Shieh BS, Chen CC (2018) Air temperature influenced the vocal activity of birds in a subtropical forest in southern Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science* 33(4): 291-304.
- Loiselle BA, Blake JG (1991) Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. *Ecology* 72: 180-193.
- Mahmoudi S, Ilanloo SS, Shahrestanaki AK, Valizadegan N, Yousefi M (2016) Effect of human-induced forest edges on the understory bird community in Hyrcanian

- forests in Iran: Implication for conservation and management. *Forest Ecology and Management* 382: 120-128.
- McCune B, Mefford MJ (2011) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- McDiarmid RW, Ricklefs R, Foster MS (1977) Dispersal of *Stemmadenia donnell-smithii* (Apocynaceae) by birds. *Biotropica* 9: 9-25.
- Mulwa RK, Neuschulz EL, Böhning-Gaese K, Schleuning M (2013) Seasonal fluctuations of resource abundance and avian feeding guilds across forest-farmland boundaries in tropical Africa. *Oikos* 122: 524-532.
- Oliver CD, Larson BC (1996) *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Peh KSH, de Jong J, Sodhi NS, Lim SLH, Yap CAM (2005) Lowland rainforest avifauna and human disturbance: Persistence of primary forest birds in selectively logged forests and mixed-rural habitats of southern Peninsular Malaysia. *Biological Conservation* 123(4): 489-505.
- R Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Radler K, Oltchev A, Panferov O, Klinck U, Gravenhorst G (2010) Radiation and temperature responses to a small clear-cut in a spruce forest. *The Open Geography Journal* 3: 103-114.
- Salisbury EJ (1973) The reproductive capacity of plants. *Journal of Ecology* 31: 44-47.
- Sekercioglu CH (2002) Effects of forestry practices on vegetation structure and bird community of Kibale National Park, Uganda. *Biological Conservation* 107(2): 229-240.
- Smith DM (1986) *The Practice of Silviculture*. 8th ed. John Wiley and Sons, Canada.
- Sørensen TA (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske videnskabernes selskab. Biologiske Skrifter* 5: 1-34.
- Stevenson JD, MacKenzie KL, Mahon TE (1998) Response of small mammals and birds to partial cutting and clearcutting in northwest British Columbia. *The Forestry Chronicle* 74(5): 703-713.
- ter Braak CJF (1985) Correspondence analysis of incidence and abundance data: Properties in terms of a unimodal response model. *Biometrics* 41: 859-873.
- Yamasaki M, Costello CA, Leak WB (2014) Effects of Clearcutting, Patch Cutting, and Low-density Shelterwoods on Breeding Birds and Tree Regeneration in New Hampshire Northern Hardwoods. Northeastern Forest Experiment Station Forest Service Department of Agriculture Research Paper. NRS- 26. Newtown Square, PA, U.S.
- 尤少彬 (1999) 關刀溪非繁殖季鳥類同功群之研究。林業研究季刊 21(2) : 61-74。
- 王穎、孫元勳 (1991) 翠峰湖自然保護區動物相調查研究。臺灣省農林廳林務局保育研系列80-06號。
- 李欽國 (1995) 人造針葉林與天然闊葉林鳥類群聚之比較。國立臺灣大學動物所碩士論文。
- 林大利、呂翊維、沈育霖、林昆海、林瑞興 (2016) 臺灣新年數鳥嘉年華監測我國冬季

- 鳥類相之2016年成果。臺灣生物多樣性研究 19(1) : 27-48。
- 林金樹 (2018) 森林經營學理論釋義。五南圖書出版有限公司。
- 姜博仁、蔡哲民、蔡世超、吳禎祺、鄭蕙如 (2015) 錄音技術應用於野生動物調查之應用與評估。台灣林業 41(4) : 33-38。
- 范素璋、何東輯、林旭宏、沈明雅 (2016) 臺灣中部烏石坑地區森林下層植群與上層的關聯及其環境影響因子。臺灣生物多樣性研究 18(1) : 29-49。
- 孫元勳、林惠珊 (2012) 雪山地區高山生態系長期生態調查研究－鳥類群聚與生態研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告第 10102 號。
- 許富雄 (2001) 鳥類資源的調查方法。特有生物研究 3 : 81-90。
- 許富雄、姚正得、林瑞興、楊吉宗、賴肅如 (2004) 臺灣南部地區的鳥種組成與海拔分布。特有生物研究 6(2) : 41-66。
- 許皓捷 (2003) 臺灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。國立臺灣大學動物學研究所博士論文。
- 陳仁真、林惠珊、孫元勳 (2013) 雪山高海拔地區食蟲性鳥類的密度變化與氣象因子之關係。國家公園學報 23(2) : 31-42。
- 陳炤杰、周蓮香 (1999) 福山試驗林森林鳥類之食性觀察。臺灣林業科學 14(3) : 275-287。
- 陳炤杰、姜博仁、謝寶森、林朝欽 (2011) 扇平森林生態科學園應用錄音監測系統從事日間鳥類調查的時機選擇。臺灣林業科學 26(4) : 313-321。
- 陳盈安、王偉、曾彥學、曾喜育 (2021) 大安溪事業區巒大杉人工林區塊伐對地被植物之影響。中華林學季刊 54(3) : 129-152。
- 楊玉祥、丁宗蘇、吳森雄、吳建龍、阮錦松、林瑞興、蔡乙榮 (2020) 2020年臺灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會。
- 葛兆年、許詩涵、楊懿如、陳一銘 (2019) 人工林鳥類組成及多樣性的時間變化。臺灣林業科學 34(4) : 275-290。
- 廖俊傑 (2015) 臺灣高海拔混種鳥群之組成結構與環境因子的關係。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。
- 廖煥彰 (2006) 塔塔加地區不同植群演替階段之鳥類群聚研究。國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威 (2012a) 臺灣鳥類誌第二版 (上)。行政院農業委員會林務局。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威 (2012b) 臺灣鳥類誌第二版 (中)。行政院農業委員會林務局。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威 (2012c) 臺灣鳥類誌第二版 (下)。行政院農業委員會林務局。
- 蔡錦文、袁孝維、蔡佩妤、李思瑩、丁宗蘇、洪崇航 (2010) 杉木造林地疏伐對鳥類群聚及刺鼠族群之影響。中華林學季刊 43(3) : 367-382。
- 賴思傑 (2012) 臺灣降遷鳥類在不同季節的棲地選擇。東華大學自然資源與環境學系碩士論文。
- 山川博美、伊藤哲、作田耕太郎、溝上展也、中尾登志雄 (2009) 針葉樹人工林の小面積皆伐による異齡林施業が下層植生の種多様性およびその構造に及ぼす影響。日林誌 91 : 277-284。

附錄 1. 大安溪事業區 117 林班自動錄音機所記錄之鳥類名錄 (續)。
Appendix 1. Avian checklist recorded by automatic recorder in the 117th compartment of Daanxi working circle (continue).

中文名	學名	記錄調查季節							遷徙屬性
		2018秋	2018冬	2019春	2019夏	2019秋	2019冬	2020春	
白頭鸚	<i>Turdus niveiceps</i>								留鳥
虎斑地鸚	<i>Zoothera dauma dauma</i>								留鳥
綠鵲科	Vireonidae								
綠畫眉	<i>Erpornis zantholeuca griseiloris</i>								留鳥*
繡眼科	Zosteropidae								
冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>								留鳥*
斯氏繡眼	<i>Zosterops simplex simplex</i>								留鳥

註：#為臺灣鳥類誌第二版(劉小如等 2012a, b, c)中記錄該鳥種曾有冬季降遷行為。*為臺灣鳥類誌第二版(劉小如等 2012a, b, c)中記錄該鳥種曾有冬季降遷行為，但本研究無明顯季節區隔。

附錄2. 大安溪事業區117林班鳥類生態同功群以及與森林關聯性分類表。

Appendix 2. Ecological guild and forest dependency of avian in the 117th compartment of Daanxi working circle.

科名	中文名	學名	生態同功群	與森林關係
	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	C	FS
鷹科	林鵬	<i>Ictinaetus malaiensis malaiensis</i>	C	FS
	熊鷹	<i>Nisaetus nipalensis</i>	C	FS
長尾山雀科	紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus concinnus</i>	TI	FS
山椒鳥科	灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris griseogularis</i>	FI	FS
樹鶯科	棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis fulvifacies</i>	TI	FS
	深山鶯	<i>Cettia acanthizoides concolor</i>	SI	FV
	灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>	TH	FS
鳩鴿科	金背鳩	<i>Streptopelia orientalis orientalis</i>	GH	FV
	綠鳩	<i>Treron sieboldii sieboldii</i>	TH	FS
	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos colonorum</i>	GO	FS
鴉科	樹鴉	<i>Dendrocitta formosae formosae</i>	TH	FS
	松鴉	<i>Garrulus glandarius taivanus</i>	TO	FS
杜鵑科	北方中杜鵑	<i>Cuculus saturatus</i>	TO	FS
	鷹鵑	<i>Hierococcyx sparverioides</i>	TO	FS
啄花科	紅胸啄花鳥	<i>Dicaeum ignipectum formosum</i>	TO	FS
雀科	花雀	<i>Fringilla montifringilla</i>	TO	FG
	褐鶯	<i>Pyrrhula nipalensis uchidae</i>	TH	FS
	繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	SI	FS
噪眉科	白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	TH	FS
	棕噪眉	<i>Ianthocincla poecilorhynchus</i>	SO	FS
	藪鳥	<i>Liocichla steerii</i>	SO	FG
蝗鶯科	臺灣叢樹鶯	<i>Locustella alishanensis</i>	SI	O
鵲鴿科	樹鵲	<i>Anthus hodgsoni hodgsoni</i>	GO	FG
	灰鵲鴿	<i>Motacilla cinerea cinerea</i>	GI	O
	黃胸青鶯	<i>Ficedula hyperythra innexa</i>	FI	FS
	白尾鶯	<i>Myiomela leucura montium</i>	GI	FG
鶯科	栗背林鶯	<i>Luscinia johnstoniae</i>	GI	FG
	紅尾鶯	<i>Muscicapa ferruginea</i>	FI	FS
	臺灣紫嘯鶯	<i>Myophonus insularis</i>	GI	FG
	黃腹琉璃	<i>Niltava vivida vivida</i>	FI	FS
山雀科	青背山雀	<i>Parus monticolus insperatus</i>	TI	FG
雀眉科	頭烏線	<i>Alcippe brunnea brunneus</i>	SO	FS
雉科	臺灣山鷓鴣	<i>Arborophila crudigularis</i>	GO	FS
	臺灣竹雞	<i>Bambusicola sonorivox</i>	GO	FS
啄木鳥科	小啄木	<i>Yungipicus canicapillus kaleensis</i>	BI	FS
	綠啄木	<i>Picus canus tancolo</i>	BI	FS
鶇科	紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus leucocephalus</i>	TH	FS
	白環鸚嘴鶇	<i>Spizixos semitorques semitorques</i>	SO	FV
鷓眉科	臺灣鷓眉	<i>Pnoepyga formosana</i>	SI	FS

附錄2. 大安溪事業區117林班鳥類生態同功群以及與森林關聯性分類表 (續)。

Appendix 2. Ecological guild and forest dependency of avian in the 117th compartment of Daanxi working circle (continue).

科名	中文名	學名	生態同功群	與森林關係
鬚鴛科	五色鳥	<i>Psilopogon nuchalis</i>	TH	FS
鴉科	茶腹鴉	<i>Sitta europaea formosana</i>	BI	FS
	鸚鵡	<i>Glaucidium brodiei pardalotum</i>	C	FS
	褐鷹鴉	<i>Ninox japonica japonica</i>	C	FS
鴞鴞科	黃嘴角鴞	<i>Otus spilocephalus hambroeki</i>	FI	FS
	褐林鴞	<i>Strix leptogrammica caligata</i>	C	FS
	東方灰林鴞	<i>Strix niviculum yamadae</i>	C	FG
	山紅頭	<i>Cyanoderma ruficeps praecognitum</i>	SI	FS
畫眉科	大彎嘴	<i>Megapomatorhinus erythrocnemis</i>	SO	FS
	小彎嘴	<i>Pomatorhinus musicus</i>	SO	FS
鶉科	白頭鶉	<i>Turdus niveiceps</i>	TO	FS
綠鶉科	綠畫眉	<i>Erpornis zantholeuca griseiloris</i>	TO	FS
	冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	TH	FG
繡眼科	斯氏繡眼	<i>Zosterops simplex simplex</i>	TO	O

註：生態同功群參考尤少彬 (1999)、許皓捷 (2003)、廖煥彰 (2006)、蔡錦文等 (2010)、廖俊傑 (2015) 之生態同功群分類，分為地面蟲食者 (ground insectivore, GI)、地面雜食者 (ground omnivore, GO)、灌層蟲食者 (shrub insectivore, SI)、灌層雜食者 (shrub omnivore, SO)、樹層蟲食者 (tree insectivore, TI)、樹層雜食者 (tree omnivore, TO)、樹層植食者 (tree herbivore, TH)、樹幹蟲食者 (bole insectivore, BI)、飛啄蟲食者 (fly-catch insectivore, FI)、肉食者 (Carnivore, C)。

與森林關聯性依據葛兆年等 (2019) 分為森林專一型 (forest specialist, FS); 廣適森林型 (forest generalist, FG); 森林訪客型 (forest visitor, FV); 其他非森林型 (other non-forest user, O)。