

玉山國家公園高山草原鳥類之海拔分布及族群密度變化

廖煥彰¹，林大利²，黃正宇¹，丁宗蘇^{1,3}

¹國立臺灣大學森林環境暨資源學系；²行政院農業委員會特有生物研究保育中心；³通訊作者

E-mail: ding@ntu.edu.tw

[摘要] 臺灣的高山草原鳥類分布於中高海拔山區，在近年臺灣高山草原面積可能縮減的趨勢下，面臨棲地減少及氣候變遷的雙重衝擊。本研究調查六種高山草原鳥類在玉山國家公園東埔玉山區之族群密度、海拔分布及棲地偏好，進而探討其族群可能趨勢。我們在 2012 年於玉山國家公園內海拔 2500-3630 m 的高山草原內設置 60 個調查站，以定點計數法估算六種高山草原鳥類在繁殖季及非繁殖季時的族群密度，並測量各站之地被層平均高度及木本植物覆蓋度。這六種鳥類包括栗背林鴉 (*Tarsiger johnstoniae*)、臺灣叢樹鶯 (*Bradypterus alishanensis*)、臺灣朱雀 (*Carpodacus formosanus*)、黃羽鸚嘴 (*Paradoxornis verreauxi morrisonianus*)、鷓鴣 (*Troglodytes troglodytes taivanus*)、及深山鶯 (*Cettia acanthizoides concolor*)。結果顯示，臺灣叢樹鶯、深山鶯、栗背林鴉、黃羽鸚嘴在 2012 年繁殖季的海拔分布上限高於之前在同區域所調查之結果。除黃羽鸚嘴外，其餘五種鳥類在繁殖季之族群密度高於及非繁殖季，顯示這些鳥種可能具有季節遷移現象，部分個體於非繁殖季降遷至海拔較低處活動。鷓鴣及栗背林鴉於繁殖季的族群密度與海拔之間呈顯著正相關，顯示這二種高山草原鳥類選擇高海拔處繁殖，承受較高的氣候暖化衝擊風險。棲地偏好方面，深山鶯與黃羽鸚嘴的密度與地被層平均高度呈顯著正相關，深山鶯及臺灣朱雀的族群密度與木本植物覆蓋度呈顯著正相關，顯示這四種高山草原鳥類偏好較濃密的灌叢，或是可以適應木本植物覆蓋度較高的環境。未來若高山草原大幅演替為樹林應不會威脅這四種高山草原鳥類的族群存續，但仍需持續監測高山草原的變動與高山草原鳥類族群之間的交互作用。

關鍵字：高山草原、海拔分布、海拔遷移、氣候暖化、棲地選擇、植群演替

Altitudinal Distribution and Population Densities of Alpine Grassland Birds in Yushan National Park

Huan-Chang Liao¹, Da-Li Lin², Cheng-Yu Huang¹ and Tzung-Su Ding^{1,3}

¹School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University; ²Endemic Species Research Institute; ³Corresponding author E-mail: ding@ntu.edu.tw

ABSTRACT Alpine grassland birds distribute in mid- and high-elevation mountain areas in Taiwan. Due to shrinking area of alpine grasslands, these birds are under dual threats of global warming and habitat loss. We investigated the population density, altitudinal distribution and habitat preference of six alpine grassland bird species and explored their future population trends. We established 60 stations in the alpine

grasslands of Yushan National Park and estimated the population density of *Tarsiger johnstoniae*, *Bradypterus alishanensis*, *Carpodacus formosanus*, *Paradoxornis verreauxi morrisonianus*, *Troglodytes troglodytes taivanus*, and *Cettia acanthizoides concolor* in the breeding and non-breeding seasons of 2012 by point counts. Results showed that upper limit of altitudinal distribution of *B. alishanensis*, *C. a. concolor*, *T. johnstoniae*, and *P. v. morrisonianus* in the 2012 breeding season was greater than previous investigations conducted in the same region. Population density of these six bird species in the breeding season was greater than that in the non-breeding season, indicating that part of these birds migrated to lower areas for wintering. The population density of *T. t. taivanus*, and *T. johnstoniae* was significantly and positively correlated with altitude, indicating that these two species prefer higher elevations for breeding and are under greater impact of climatic warming. Population density of *C. a. concolor* and *P. v. morrisonianus* was significantly and positively correlated with height of understory layer of vegetation, and population density of *C. a. concolor* and *C. formosanus* was significantly and positively correlated with coverage of woody plants. These results indicate that these bird species prefer habitats with dense shrub and more trees. If alpine grasslands are greatly converted into woodlands, habitat loss shall not greatly endanger these four alpine grassland species.

Keywords: Alpine grassland, elevational distribution, elevational migration, global warming, habitat selection, vegetation succession

前言

工業革命以來，人類的活動大量增加了溫室氣體的排放，造成大氣組成的改變，溫室效應逐漸嚴重。溫室效應所導致的全球暖化現象，造成全球氣溫升高，連帶直接或間接地影響到自然生態系及生物(Burrows *et al.* 2011)。許多研究(e.g., Parmesan and Yohe 2003, Chen *et al.* 2011, Pauli *et al.* 2012, Vittoz *et al.* 2013)指出，全球許多生物已改變其分布範圍，而移往高緯度或高海拔地區。臺灣雖然面積小，因為地形變化複雜，島上高山林立，使其生態系多樣性極為複雜，擁有許多特有種生物。這些特有種生物大多棲息於中高海拔山區，棲地面積原本便較為狹窄。在目前全球暖化的趨勢下，島嶼高海拔生物面臨最大的壓力與衝擊(La Sorte and Jetz 2010)。在低海拔的物種若遭到氣候暖化，仍可遷移至更高緯度或更高海拔地區；但是，對高海拔的生物而言，適存的棲地面積將會大幅縮減(Dirnböck *et al.* 2003)。玉山國家公園是臺灣主要的高山國家公園，有必要持續監測高海拔生物種類的族群數量變化。

臺灣的特有種及特有亞種鳥種大多分布

於中高海拔山區(劉小如等 2012a, b, c, 楊玉祥等 2014)，臺灣的 25 種特有鳥種中，僅五色鳥(*Megalaima nuchalis*)、臺灣藍鵲(*Urocissa caerulea*)、烏頭翁(*Pycnonotus taivanus*)、臺灣畫眉(*Garrulax taewanus*)、小彎嘴(*Pomatorhinus musicus*)、及臺灣紫嘯鶇(*Myophonus insularis*)主要分布於低海拔及平地地區，其餘 19 種特有種則主要分布於中高海拔山區。臺灣的 58 種特有亞種鳥類中，大多數也分布於中高海拔山區(劉小如等 2012a, b, c, 楊玉祥等 2014)。在這些臺灣特有鳥類中，栗背林鴉(*Tarsiger johnstoniae*)、臺灣叢樹鶯(*Bradypterus alishanensis*)、及臺灣朱雀(*Carpodacus formosanus*)三種特有種，以及黃羽鸚嘴(*Paradoxornis verreauxi morrisonianus*)、鷓鴣(*Troglodytes troglodytes taivanus*)、及深山鶯(*Cettia acanthizoides concolor*)三種特有亞種是高山草原的主要鳥種(Ding *et al.* 1997, 2008)。前述這六種高山草原鳥類，都是臺灣特有種或特有亞種鳥類，是臺灣重大的國家保育責任(National Responsibility)(Schmeller *et al.* 2008)，必須定期監測其族群數量與海拔分布，以做為氣候變遷及其衝擊的指標。

針對玉山國家公園內鳥類的海拔分布與族群量變化，過去 40 年已有多篇調查報告。其中翟鵬(1977)由多次野外調查綜列出臺灣繁殖鳥類於中部山區(包含玉山山脈)的海拔分布範圍，沙謙中(1986)綜合描述玉山國家公園內 126 種鳥類的分布、習性、及棲地，丁宗蘇(1993)以定點計數法調查沙里仙溪及楠梓仙河流域，由東埔溫泉經塔塔加鞍部至玉山主峰之成熟林及圓柏灌叢內(海拔高度 1400-3700 m)的鳥類於繁殖季的海拔分布與族群密度，Ding *et al.* (1997, 2008)及廖煥彰(2006)研究塔塔加地區植群的不同演替階段的鳥類族群密度及棲地選擇，發現出現於當地演替初期植群的鳥種大多會出現於演替後期的成熟林。

就這六種高山草原鳥類，臺灣叢樹鶯在臺灣中部分布於海拔 1,200-3,200 m (翟鵬 1997)。丁宗蘇(1993)發現臺灣叢樹鶯於繁殖季分布於海拔 1,840-3,140 m。深山鶯在臺灣中部分布於海拔 2,100-3,600 m，冬季降遷至海拔 1,100-3,200 m (翟鵬 1997)。丁宗蘇 (1993)發現深山鶯於繁殖季分布於海拔 2,400-3,580 m。臺灣叢樹鶯及深山鶯在塔塔加各類演替階段的植群皆會出現，其中箭竹草原及松樹疏林密度較高 (Ding *et al.* 1997, 2008, 廖煥彰 2006)。栗背林鴝在臺灣中部分布於海拔 2,000-3,600 m，冬季降遷至海拔 1,300-3,100 m (翟鵬 1997)。劉良力(1991)發現於塔塔加地區的栗背林鴝在非繁殖季(一月)分布的海拔高度(1,650-2,820 m)低於繁殖季(七月)的海拔高度(2,605-3,550 m)。丁宗蘇(1993)發現栗背林鴝於繁殖季分布於海拔 2,200-3,640 m 的山區。栗背林鴝在塔塔加各類演替階段的植群皆會出現 (Ding *et al.* 1997, 2008, 廖煥彰 2006)，但密度在箭竹草原及松樹疏林內較高(Ding *et al.* 1997)。臺灣朱雀在臺灣中部分布於海拔 2,200-3,950 m，冬季降遷到約 2,000 m 地區(翟鵬 1997)。丁宗蘇(1993)發現臺灣朱雀於繁殖季分布於海拔 2,400-3,640 m。臺灣朱雀在塔塔加各類演替階段的植群皆會出現(Ding *et al.* 1997, 2008, 廖煥彰 2006)。鷓鴣在臺灣中部分

布於海拔 2,500-3,950 m，冬季會降遷至海拔約 2,000 m (翟鵬 1997)。丁宗蘇(1993)發現鷓鴣於繁殖季分布於海拔 2,500-3,640 m，以往繁殖季在塔塔加地區相當容易見到鷓鴣，但是近年來於塔塔加地區已不易發現鷓鴣(丁宗蘇 2003-2012 年個人觀察)。廖煥彰(2006)在繁殖季時於塔塔加地區便無鷓鴣的紀錄。黃羽鸚嘴在臺灣中部分布於海拔 2,100-3,200 m (翟鵬 1997)。沙謙中(1986)認為黃羽鸚嘴以草籽與果實為主食，成數十隻之大群活動於箭竹草叢及灌木叢中。丁宗蘇(1993)並未在成熟林內發現黃羽鸚嘴。廖煥彰(2006)發現黃羽鸚嘴在塔塔加地區僅出現於松樹疏林及松樹密林。

由於林火、崩塌、及人為開發等等擾動，高山草原在臺灣中高海拔山區的分布與面積，原本應該相當廣泛。但是自從國家公園設立後，已大幅減少中高海拔山區的人為開發，加上近年高山林火頻率及範圍大幅縮減，在 1993 年至 2013 年間玉山國家公園範圍內無大規模林火，造成次生植群逐步演替。我們曾分析 1990 年、2000 年、及 2010 年三個時間點玉山國家公園全境的 LANDSAT 衛星影像，並由衛星影像判釋全境地景類別為草生地、森林、裸露地、及水體。我們發現在 1990-2010 年間，玉山國家公園範圍內海拔 2,000 m 以上的草生地面積減少 47.5% (丁宗蘇等 未發表資料)。玉山國家公園是臺灣主要的高山型國家公園，園區範圍是許多臺灣中高海拔特有鳥種的棲息地。在全球氣候暖化及棲地變遷的雙重壓力之下，有必要監測高山草原的分布變化。本研究以玉山國家公園內栗背林鴝、臺灣叢樹鶯、臺灣朱雀、黃羽鸚嘴、鷓鴣、及深山鶯這六種高山草原鳥類為研究對象，瞭解其在繁殖季及非繁殖季之海拔分布及族群數量，以及繁殖季族群密度與海拔、地被層平均高度及木本植物覆蓋度間之關係，進而探討其族群可能的變動趨勢。

研究方法

玉山國家公園內的高山草原主要由玉山箭竹 (*Yushania nitakayamensis*) 及高山芒 (*Miscanthus transmorrisonensis*) 所組成，同時散生其他木本植物及草本植物，分布於海拔 2,000-3,600 m 的範圍內，植群主要為森林火災或伐木後的次生植物群落(郭城孟 1984)。草原是由草本植物佔優勢的植群，本研究對高山草原的定義是，海拔 2,000 m 以上且木本植物覆蓋度在 50% 以下的草生地。玉山國家公園內大面積的高山草原，主要分布於塔塔加地區的鹿林山塊、玉山山脈南段、八通關-秀姑坪-大水窟山、及向陽山-三叉山一帶。由於交通較不方便，本研究並沒有調查向陽山及三叉山一帶的高山草原。

我們於玉山國家公園東埔玉山區內的高山草原，設置 60 個調查站(圖 1)，其海拔範圍為 2,503-3,632 m。依據調查站的位置及植群，分為下列五條調查路線：(1)鹿林山-麟趾山：11 個調查站(T1-T11)、(2)塔塔加鞍部-玉山前峰-玉山西峰下觀景臺：12 個調查站(F1-F12)、(3)小南山-南玉山：12 個調查站(S1-S12)、(4)八通關草原一帶：10 個調查站(P1-P10)、及(5)秀姑坪-大水窟山屋：15 個調查站(D1-D15)。調查站大多位在步道上或附近，這 60 個調查站盡量涵蓋玉山國家公園西北部不同區域、不同海拔高度、及不同優勢種的高山草原。調查站儘可能位於均質的植群結構內，調查站之間至少相距 200 m，並避開林地邊緣、溪流以及地勢過於陡峭處，使各方向均能有效察覺鳥類活動及鳴聲。

針對栗背林鴉、臺灣叢樹鶯、臺灣朱雀、黃羽鸚嘴、鷓鴣、及深山鶯六種鳥類，在各調查站以定點計數法(point counts; Buckland *et al.* 1993)進行鳥類族群密度估算。繁殖季的鳥類調查於2012年五月下旬至七月中旬間執行，東埔山-麟趾山-鹿林山線於五月28日、六月27日及29日、及七月1日調查；塔塔加鞍部-玉山前峰-玉山西峰下觀景台線於五月29日、六月28日及30日、七月16日間調查；小南山-南玉山線於五月30日至31日、七月17日至18日間調

查；八通關草原線於七月6日、12日至13日、20日間調查；秀姑坪-大水窟山屋線於七月7日至10日間調查。非繁殖季鳥類調查於2012年十月中旬至十一月下旬間進行，東埔山-麟趾山-鹿林山線於十一月20日及25日調查；塔塔加鞍部-玉山前峰-玉山西峰下觀景台線於十月15日及十一月4日調查；小南山-南玉山線於十月16日至17日間調查；八通關草原線於十月26日及29日調查；秀姑坪-大水窟山屋線於十月27日至28日間調查。

鳥類調查只在天候狀況良好，自日出前 10 分鐘至日出後 5 小時內執行。由於本研究很多取樣站位置偏遠不易到達，而且許多鳥類在非繁殖季不常發出鳴聲，為增加在取樣站的鳥類察覺機率，每一個調查站於繁殖季調查 10 分鐘，非繁殖季則調查 15 分鐘。在調查時間內，記錄所有目擊及聽到的鳥類物種、數量、察覺方式(眼見、歌聲(song)、叫聲(call))、性別以及與調查者間的水平距離，對於持續於空中飛行的鳥類則不予記錄。鳥類個體與調查者之間的距離以 10 m 為組距。繁殖季每一調查站有四天次的調查紀錄。非繁殖季每一調查站則有二天次的調查紀錄。

鳥類族群密度 D (No./ha) 以下列公式計算 (Reynolds *et al.* 1980)

$$D = \frac{10^4 n}{C\pi r^2}$$

n 為特定基礎半徑(specific basal radius)內記錄的總隻數； r 為該鳥種的特定基礎半徑(m)； C 為調查次數。特定基礎半徑定義為該鳥種在此半徑之圓內的所有個體被調查者察覺的機率皆為 1，計算方式是將每一組距(10 m)記錄的個體數換算成該距離同心圓環內的個體密度，若某組距之同心圓環之外所有環帶的個體密度皆小於其密度的一半時，則以該同心圓環之組距距離作為該鳥種的特定基礎半徑 (Reynolds *et al.* 1980)。本研究中台灣叢樹鶯、深山鶯、栗背林鴉、鷓鴣可以確定僅由雄鳥發出的歌聲，分析時將此歌聲紀錄兩倍計算，代



圖 1. 60 個鳥類調查站之分布位置(灰色圓圈代表調查站位置、白色三角形代表山頭)

表一對繁殖鳥。若無法區分雌雄個體間鳴聲差異的紀錄，則所有紀錄均視作單一個體。

為探討這六種高山草原鳥類在繁殖季的棲地偏好，我們於 2012 年鳥類繁殖季期間，測量 60 個調查站的海拔高度、地被層平均高度、及木本植物覆蓋度。海拔高度以全球衛星定位系統(Global Position System, GPS)在天候狀況良好時測量三次，取其平均值。地被層平均高度以皮尺測量各樣區內優勢之灌叢或草本植物之高度，取其平均值。木本植物覆蓋度，由於許多調查站附近不易接近，則以各鳥類調查站為圓心，目視估計半徑 30 m 範圍內的木本植物覆蓋度百分比。

統計分析採用 SYSTAT 13.0 版執行，六種高山草原鳥類於繁殖季及非繁殖季的密度之比較採用成對 t 檢定(paired t-test)執行分析。影響繁殖季時之鳥類密度的獨立變數包括地被層平均高度、植物覆蓋度及海拔高度；繁殖季時之鳥類密度則為依變數，分別以簡單線性迴歸(simple linear regression)執行分析。繪圖軟體則採用 Sigma Plot 12.3 版繪製。

結果

60 個調查站總共記錄 27 科 45 種 5,420 隻次的鳥類，包含 11 種特有種、17 種特有亞種以及 7 種保育類鳥種；大多數的鳥種為臺灣的留鳥，少數為冬候鳥或過境鳥。繁殖季的調查中總共記錄 17 科 26 種 4,390 隻次的鳥類，六種目標鳥種的合計總隻次佔調查總隻次的 60.3%，顯示這六種鳥類是高山草原最主要的鳥種。非繁殖季的調查則記錄 24 科 32 種 1,030 隻次的鳥類，六種目標鳥種的合計總隻次佔調查總隻次的 36.5%。

臺灣叢樹鶯於繁殖季的族群密度顯著高於非繁殖季(圖 2a, paired t-test, $p < 0.05$)。繁殖季時，除 D4(秀姑坪-大水窟)站外，各調查站均有臺灣叢樹鶯的紀錄，族群密度為每公頃 0.65-3.41 隻；最高的海拔分布紀錄為 D5 站(3,581 m)。非繁殖季時僅有兩筆單隻的目擊紀錄，出現於海拔較低的 P3 站(2,803 m)及 T11 站(2,684 m)，族群密度為每公頃 0.32 隻，非繁殖季期間於各站間移動途中均無觀察紀錄。臺灣叢樹鶯於繁殖季時的族群密度與海拔高度(圖 2a, $R^2=0.023$, $p = 0.247$)、地被層平均高度(圖 3a, $R^2 = 0.042$, $p = 0.117$)、及木本植物覆蓋度(圖 4a, $R^2 = 0.011$, $p = 0.426$)均無

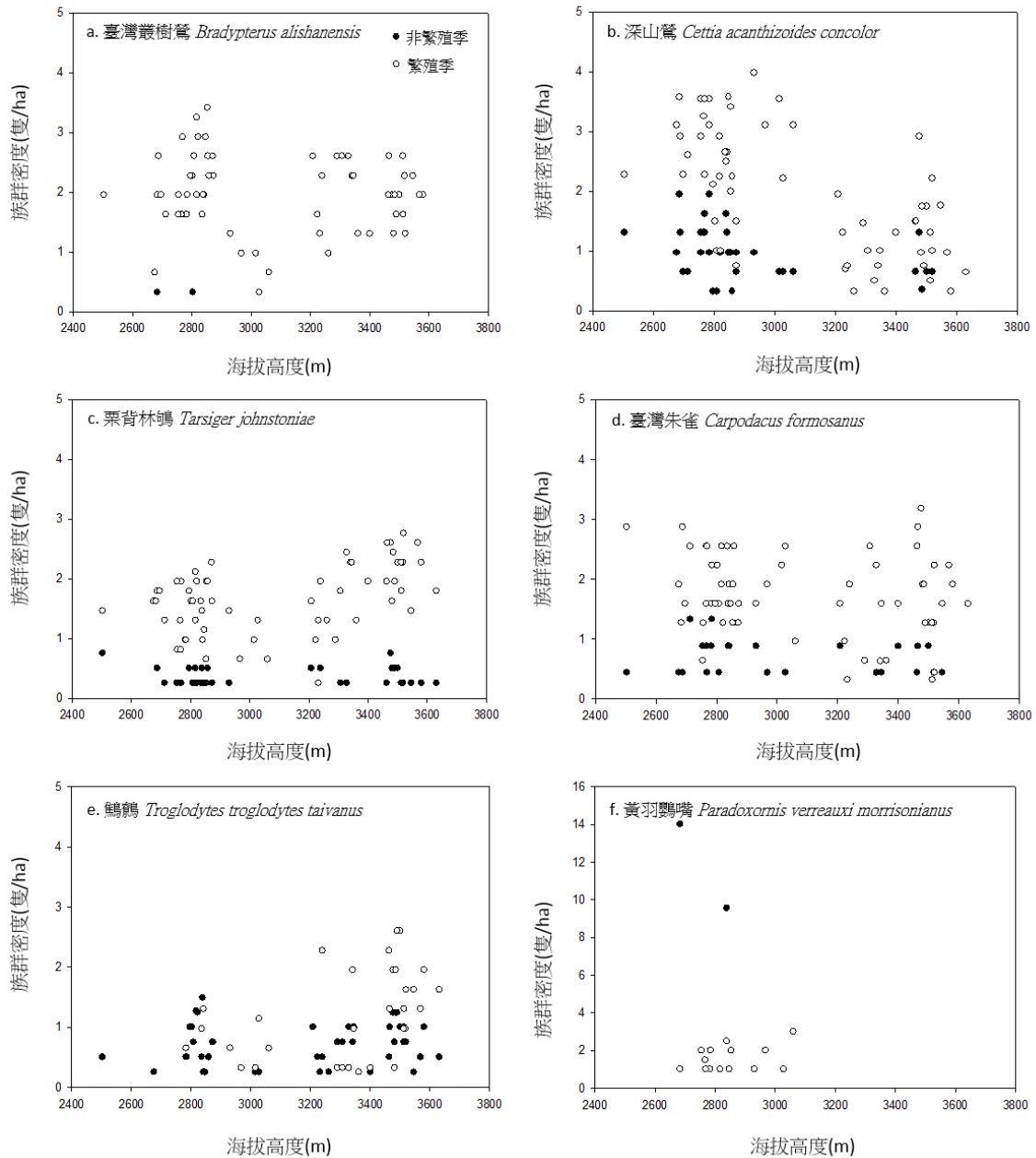


圖 2. 六種高山草原鳥種在海拔高度(m)梯度之的繁殖季及非繁殖季族群密度(No./ha.)

顯著的相關關係。

深山鶯於繁殖季的族群密度顯著高於非繁殖季(圖 2b, paired t-test, $p < 0.001$)。繁殖季時, 各調查站均有深山鶯的紀錄, 族群密度為每公頃 0.32-3.98 隻。最高的海拔分布紀錄在玉山主峰及東峰間鞍部的玉山杜鵑灌叢(3,732 m) (在調查站範圍外)。非繁殖季時, 共 37 個調查站有深山鶯的紀錄, 族群密度為每公頃

0.32-1.95 隻。最高的海拔紀錄位於秀姑坪 (3,521 m); 最低可於楠溪林道(2,150 m)記錄到 (在調查站範圍外)。深山鶯於繁殖季時的族群密度與海拔之間具顯著的負相關關係(圖 2b, $R^2 = 0.416$, $p < 0.001$); 與地被層平均高度(圖 3b, $R^2 = 0.523$, $p < 0.001$)及木本植物覆蓋度(圖 4b, $R^2 = 0.260$, $p < 0.001$)之間具有顯著的正相關關係。

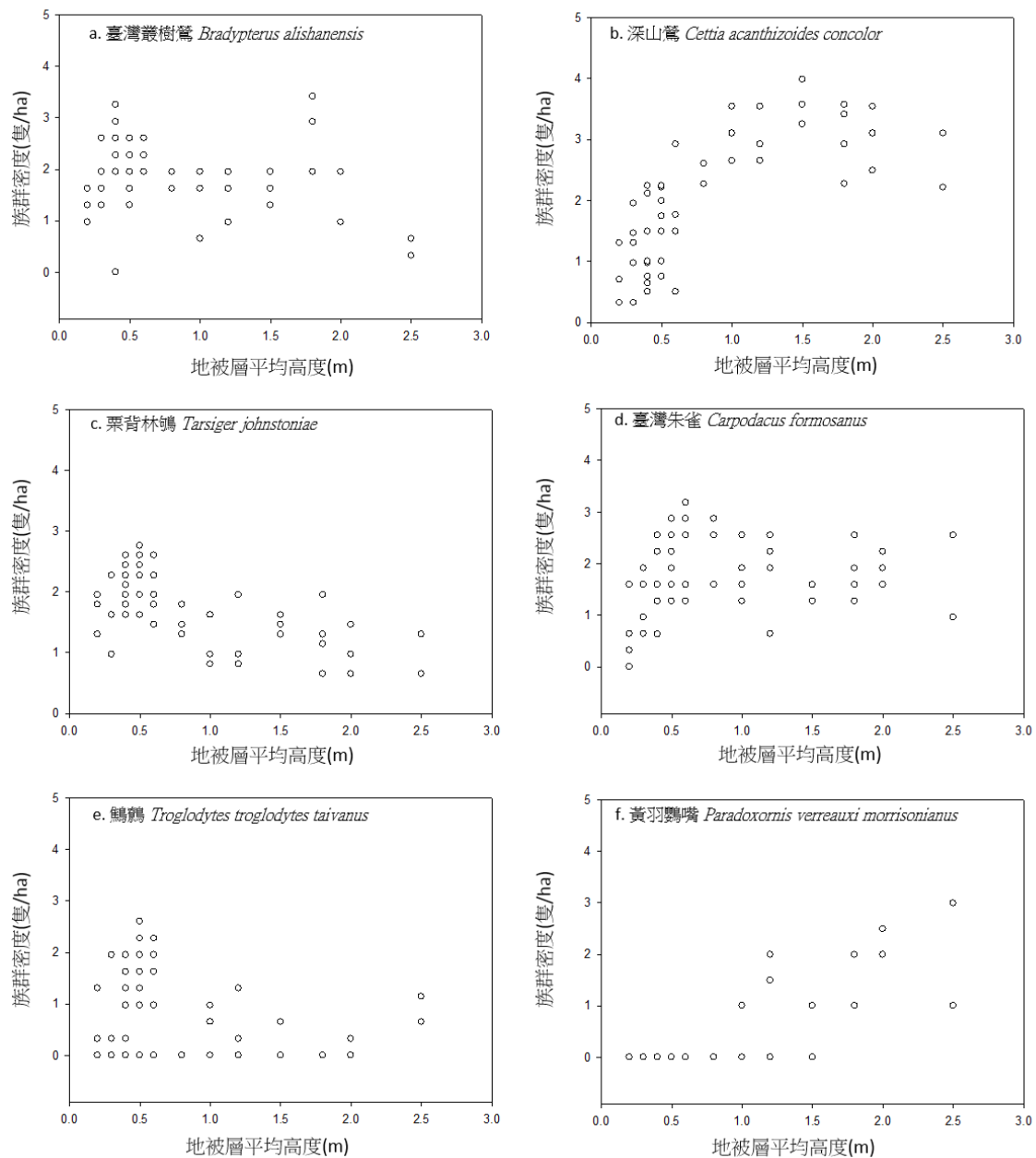


圖 3. 六種高山草原鳥種於各調查站之繁殖季族群密度(No./ha.)與地被層平均高度(m)間之關係

栗背林鴝於繁殖季的族群密度顯著高於非繁殖季(圖 2c, paired t-test, $p < 0.001$)。繁殖季時，各調查站均有栗背林鴝的紀錄，族群密度為每公頃 0.65-2.76 隻。在調查站外最低的海拔紀錄位於八通關古道的對關(2,312 m)，最高的海拔紀錄位於玉山主峰峰頂附近的裸岩環境(3,945 m)。非繁殖季時，共 36 個調查站有栗背林鴝的紀錄，族群密度為每公頃

0.32-0.97 隻。在調查站範圍外最低的海拔紀錄位於新中橫公路觀山停車場(1,930 m)，最高的海拔紀錄位於大水窟山(3,642 m)。栗背林鴝於繁殖季時的族群密度與海拔高度具顯著的正相關關係(圖 2c, $R^2 = 0.235$, $p < 0.001$)；與地被層平均高度之間具顯著的負相關關係(圖 3c, $R^2 = 0.291$, $p < 0.001$)；與木本植物覆蓋度之間無顯著的相關關係(圖 4c, $R^2 = 0.005$, $p =$

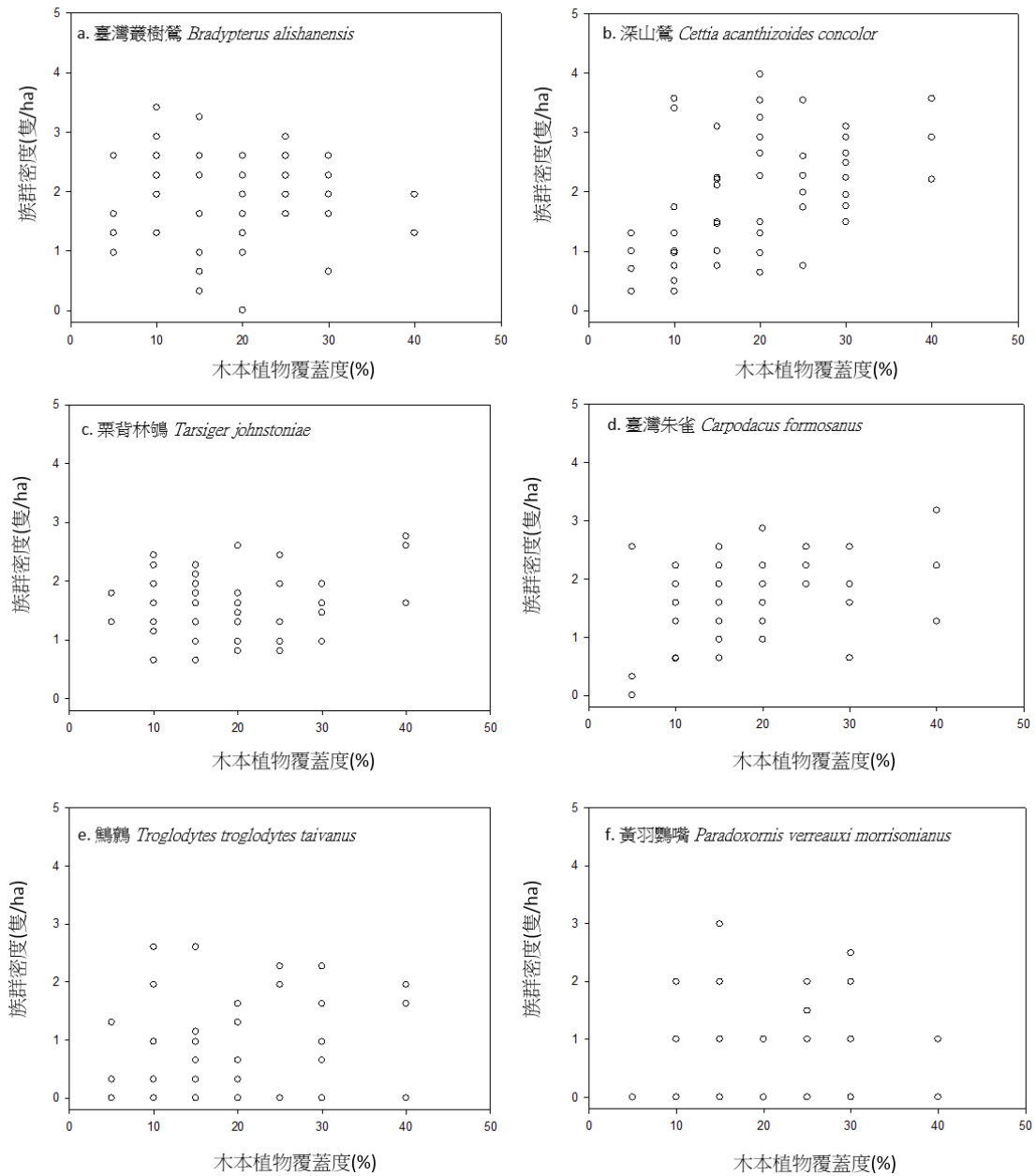


圖 4. 六種高山草原鳥種於各調查站之繁殖季族群密度(No./ha.)與木本植物覆蓋度(%)間之關係

0.589)。

臺灣朱雀於繁殖季的族群密度顯著高於非繁殖季(圖 2d, paired t-test, $p < 0.001$)。繁殖季時,除秀姑坪-大水窟山屋的 D13 站之外,其餘各站皆有臺灣朱雀的紀錄,族群密度為每公頃 0.32-3.18 隻。在調查站範圍外最低的海拔紀錄位於夫妻樹(2,470 m),最高的海拔紀錄

位於玉山主峰風口附近的裸岩環境(3,818 m)。非繁殖季時,共 26 個調查站有臺灣朱雀的紀錄,族群密度為每公頃 0.32-0.97 隻。在調查站範圍外最低的海拔紀錄位於新中橫公路觀山停車場(1,930 m),最高的海拔紀錄位於圓峰山屋(3,640 m)。臺灣朱雀於繁殖季時的族群密度與海拔之間無顯著的相關關係(圖

2d, $R^2 = 0.034$, $p = 0.157$)；與地被層平均高度之間亦無顯著的相關關係(圖 3d, $R^2 = 0.024$, $p = 0.242$)；與木本植物覆蓋度之間具顯著的正相關關係(圖 4d, $R^2 = 0.183$, $p < 0.01$)。

鷓鴣於繁殖季的族群密度顯著高於非繁殖季(圖 2e, paired t-test, $p < 0.001$)。繁殖季時，共 30 個調查站有鷓鴣的紀錄，鹿林山-麟趾山及八通關草原兩條線上均無紀錄，族群密度為每公頃 0.32-2.60 隻。最低的海拔紀錄位於孟祿亭(2,783 m)，最高的海拔紀錄位於玉山主峰風口的玉山杜鵑灌叢中(3,852 m) (在調查站範圍外)。非繁殖季時，共 45 個調查站有鷓鴣的紀錄，族群密度為每公頃 0.25-1.49 隻。最低的海拔紀錄位於 T10 站(2,503 m)，最高的海拔紀錄位於圓峰(3,720 m) (在調查站範圍外)。鷓鴣於繁殖季時的族群密度與海拔之間則具顯著的正相關關係(圖 2e, $R^2 = 0.499$, $p < 0.001$)；與地被層平均高度 (圖 3e, $R^2 = 0.043$, $p = 0.110$)及木本植物覆蓋度(圖 4e, $R^2 = 0.007$, $p = 0.519$)之間均無顯著的相關關係。

黃羽鸚嘴於繁殖季的族群密度顯著低於非繁殖季(圖 2f, paired t-test, $p < 0.001$)。繁殖季時，共 14 個調查站記錄到黃羽鸚嘴，族群密度為每公頃 1.00-2.99 隻。最低的海拔紀錄位於塔塔加鞍部的玉山箭竹林(2,604 m)，最高的海拔紀錄位於排雲山莊至玉山西峰間的玉山箭竹林(3,422 m)。非繁殖季時，僅 P1 站及 T11 站有黃羽鸚嘴的紀錄，族群密度為每公頃 9.55 隻及 14.01 隻。最低的海拔紀錄位於新中橫公路(2,530 m)，最高的海拔紀錄位於玉山前峰(3,052 m)。黃羽鸚嘴於繁殖季時的族群密度與海拔之間具顯著的正相關關係(圖 2f, $R^2 = 0.119$, $p < 0.01$)；與地被層平均高度之間具顯著的正相關關係(圖 3f, $R^2 = 0.676$, $p < 0.001$)；與木本植物覆蓋度之間則無顯著的相關關係(圖 4f, $R^2 = 0.023$, $p = 0.247$)。

討論

本研究發現有四種高山草原鳥類，其在繁

殖季的海拔分布上限高於翟鵬(1977)或丁宗蘇(1993)所報導之結果，其中以臺灣叢樹鶯變化最大。翟鵬(1977)所探討範圍是臺灣中部各類棲地，丁宗蘇(1993)是探討玉山國家公園東埔玉山區的成熟林及圓柏灌叢，與本研究針對的玉山國家公園東埔玉山區的高山草原有所差異。雖然研究範圍及調查方法不同，但是臺灣中部高海拔地區(> 3,000 m)適合進行鳥類調查的路線有限，本研究的調查地點與路線非常類似於翟鵬(1977)或丁宗蘇(1993)，結果對這些鳥種的分布變遷有探討之價值。結果顯示，臺灣叢樹鶯、深山鶯、栗背林鴉、黃羽鸚嘴在 2012 年的海拔分布上限皆高於翟鵬(1977)或丁宗蘇(1993)的報導。台灣朱雀及鷓鴣的海拔分布上限在翟鵬(1977)的報告中皆已達玉山主峰(3,950 m)，因此本研究調查到的海拔分布上限並沒有高於翟鵬(1977)或丁宗蘇(1993)。

在季節差異上，山區鳥類常有海拔降遷的行為，部份個體於非繁殖季會遷至海拔較低地區(Levey 1988, Boyle 2008, 2010, Clay 2012)。本研究發現除了黃羽鸚嘴之外，其餘五種高山草原鳥類於繁殖季的族群密度皆顯著高於非繁殖季，顯示這五種鳥類可能具有季節遷移的現象。陳仁真等(2013)於雪山地區的研究指出，從族群密度來看栗背林鴉、鷓鴣及深山鶯再繁殖季與非繁殖季之間，也有明顯的海拔變化，認為氣溫為影響其族群密度變化的主要因子。

由於這五種鳥類並沒有島外遷移的現象，而且臺灣中低海拔地區(如溪頭、湖本)在非繁殖季時這五種鳥類的紀錄增多(中華民國野鳥學會鳥類紀錄資料庫)，本研究也涵蓋 2,500-3,630 m 的高海拔範圍，顯示此五種高山草原鳥類很有可能具有島內之海拔降遷行為。

臺灣叢樹鶯於繁殖季時，僅有一站沒有紀錄，可見臺灣叢樹鶯於繁殖季時普遍分布於高山草原。唯一無紀錄的調查站鄰近大水窟山山頂，為本研究中海拔最高的調查站(3,632 m)，而調查所經過之海拔更高處亦無紀錄。本研究

所得到的臺灣叢樹鶯在繁殖季海拔分布上限為 3,581 m，高於翟鵬(1977)所記錄的 3,200 m 及丁宗蘇(1993) 所記錄的 3,140 m，顯示臺灣叢樹鶯在近幾十年可能有海拔分布大幅上移的趨勢。臺灣叢樹鶯築巢於草叢或灌叢底部，以禾本科乾葉為巢材(沙謙中 1986、劉小如等 2012c)。推測可能海拔 3,600 m 以上地區不容易形成大面積的玉山箭竹草叢，不利臺灣叢樹鶯繁殖。臺灣叢樹鶯於繁殖季的族群密度顯著高於非繁殖季，且為六種高山草原鳥類中變化最大的種類。在非繁殖季時，台灣叢樹鶯的族群密度顯著低於非繁殖季，且在海拔 500 m 處的低海拔山區曾有臺灣叢樹鶯的紀錄(劉小如 2012c)，顯示本種在非繁殖季時大多數個體可能會降遷至海拔較低處，且海拔遷降幅度應該相當大。臺灣叢樹鶯於繁殖季的族群密度與海拔、地被層平均高度、及木本植物覆蓋度均無顯著的相關關係。可見臺灣叢樹鶯於繁殖季時普遍分布於高海拔地區，對於各類演替階段沒有顯著的偏好，可以適應不同植被高度及木本植物覆蓋度的草原。

深山鶯於繁殖季在各調查站均有紀錄(最高為 3,632 m)，另外在調查範圍外的玉山主峰及東峰間鞍部的玉山杜鵑灌叢(3,732 m)也記錄到深山鶯。這些調查紀錄的海拔分布上限都高於翟鵬(1977)所記錄的 3,600 m 及丁宗蘇(1993)所記錄的 3,580 m，顯示深山鶯在近幾十年可能有海拔分布上移的趨勢。深山鶯於繁殖季的族群密度顯著高於非繁殖季，雖然非繁殖季時在海拔較高的調查站仍能觀察到零星個體於灌叢中活動，但密度明顯下降，顯示深山鶯可能部分個體有海拔降遷現象，但深山鶯於繁殖季時的族群密度與海拔呈現顯著負相關，與地被層平均高度、及木本植物覆蓋度之間均呈現顯著正相關。在調查的海拔區段內，海拔越高，深山鶯的族群密度越低。深山鶯偏好草生地、濃密灌叢或森林次冠層，並於約離地 1-2 m 的箭竹草叢中築巢(沙謙中 1986、劉小如等 2012c)。此外，在以短箭竹植被(平均高度 20-50 cm)為主的八通關草原、秀姑坪—

大水窟山屋、及小南山—南玉山等三條調查線的多數調查站中，深山鶯的出現地點多位於地被層高度較高的玉山箭竹叢。此結果支持深山鶯偏好地被層高度較高的草原棲地，海拔較高的區域族群密度越低，可能是該區高箭竹叢不容易生長，不利深山鶯繁殖及覓食。

栗背林鴝於繁殖季在各調查站均有紀錄，最高的海拔紀錄位於在調查範圍外的玉山主峰峰頂附近的裸岩環境(3,945 m)。與翟鵬(1977)所記錄的 3,600 m 及丁宗蘇(1993)所記錄的 3,640 m 海拔分布上限，顯示栗背林鴝在近幾十年也可能有海拔分布上移的趨勢。栗背林鴝於繁殖季時的族群密度顯著高於非繁殖季時的族群密度，於非繁殖季時可能具有海拔降遷現象。但是非繁殖季時，於海拔超過 3,600 m 以上的地區仍可見少數栗背林鴝個體，顯示栗背林鴝部分個體並不會降遷海拔或是海拔降遷幅度並不大。栗背林鴝的族群密度與海拔之間呈現顯著正相關，海拔 3,300-3,600 m 為族群密度最高的區段。棲地偏好方面，栗背林鴝族群密度與地被層平均高度之間呈顯著負相關，與木本植物覆蓋度之間無顯著相關。在以短箭竹植被(平均高度 20-50 cm)為主的八通關草原、秀姑坪—大水窟山屋、及小南山—南玉山等三條穿越線的多數調查站中，栗背林鴝的族群密度都較其他站高。可能是因為栗背林鴝主要於地面活動，偏好地被層較低矮的棲地，繁殖時於邊坡的土壁或石縫中築巢(沙謙中 1986，劉良力 1990，劉小如等 2012c)，地被層高而密的棲地可能較不利栗背林鴝覓食和繁殖，因而族群密度較低。木本植物覆蓋度與栗背林鴝密度無顯著相關關係，而且栗背林鴝在塔塔加各類演替階段的植群皆會出現(Ding *et al.* 1997, 2008, 廖煥彰 2006)，顯示高山草原內的木本植物覆蓋度應該不影響栗背林鴝的生存及繁殖。

臺灣朱雀於繁殖季族群密度與海拔之間無顯著的相關關係，顯示本研究之海拔範圍，皆為其偏好的海拔高度。臺灣朱雀於繁殖季時的族群密度顯著高於非繁殖季，但是非繁殖季

時，於海拔高度 3,400-3,600 m 以上的地區，仍可見少數個體，顯示臺灣朱雀於非繁殖季時部分個體可能有海拔降遷現象。臺灣朱雀以植物種子為主食，並偶以人類食餘為食物來源(沙謙中 1986，劉小如等 2012c，賴彥廷 2012)，非繁殖季時海拔較高處可能仍可足夠食物供其生存。臺灣朱雀族群密度與木本植物覆蓋度之間呈現顯著正相關。這可能是因為臺灣朱雀於鳴叫及休息時多停棲於喬木或灌木的枝葉高處，而且多取食植物的果實、種子及花苞為食(劉小如等 2012c)；因此木本植物覆蓋度越高的草原，越適合臺灣朱雀活動。

鷓鴣是六種高山草原鳥類中，海拔分布最高者，而且鷓鴣於繁殖季時的族群密度與海拔呈現顯著正相關，顯示鷓鴣偏好於更高海拔地區生存及繁殖。若全球氣候暖化迫使生物分布範圍向高海拔提升，將會對鷓鴣造成威脅。鷓鴣在繁殖季侷限分布於海拔較高的區域，但非繁殖季時族群密度較低，顯示部分鷓鴣個體冬天可能會往海拔較低處降遷。鷓鴣於繁殖季時的族群密度與地被層平均高度及木本植物覆蓋度則無顯著相關。鷓鴣主要棲息於森林界線邊緣、森林底層、草地、箭竹叢及岩石裸露的開闊地等多類棲地(劉小如等 2012c)，可能因此對兩項因子均無顯著的偏好。

黃羽鸚嘴在繁殖季時僅 14 個調查站有記錄到，顯示黃羽鸚嘴是六種草原性鳥類中族群密度最低的種類。於繁殖季調查中，黃羽鸚嘴最高的海拔分布紀錄約為 3,100 m，但也曾於排雲山莊至玉山西峰間的玉山箭竹林(3,422 m)調查到。與翟鵬(1977)所記錄的 3,200 m 海拔分布上限相比，黃羽鸚嘴在近幾十年也可能有海拔分布上移的趨勢。黃羽鸚嘴雖然在非繁殖季僅於二個調查站有紀錄，但是卻具有很高的密度；海拔較高的調查站在非繁殖季則完全無黃羽鸚嘴的紀錄。這可能是因為黃羽鸚嘴會在非繁殖季時從海拔較高處(2,900-3,100 m)降遷至海拔較低處(2,400-2,850 m)，並結成 20-30 隻的大群共同覓食(沙謙中 1986，劉小如 2012c)。黃羽鸚嘴偏好於相當濃密的灌叢及草

叢中活動，因體型嬌小，可輕易於叢中穿梭(劉小如等 2012c)，因此與地被層平均高度之間呈現顯著正相關。高山草原內的木本植物覆蓋度高低可能對黃羽鸚嘴的覓食及繁殖的影響較為輕微，因此無顯著的相關關係。

結論

本研究發現，臺灣叢樹鶯、深山鶯、栗背林鴉、黃羽鸚嘴在 2012 年繁殖季的海拔分布上限高於過去 40 年在同區域所調查之結果，其中以臺灣叢樹鶯變化最大。從族群密度與海拔的變化趨勢來看，鷓鴣及栗背林鴉於繁殖季的族群密度與海拔高度呈現顯著正相關，這樣的結果暗示鷓鴣與栗背林鴉較適存於海拔 3,000 m 以上之區域，海拔更低的區域可能較不適合生存，也承受較大的全球暖化威脅。棲地偏好方面，地被層平均高度和木本植物覆蓋度，皆代表高山草原的植群結構及演替狀況。高山草原在無擾動的情況下，一般會逐漸演替為長疏林草原及松樹樹林(郭城孟 1984)，地被層高度及木本植物覆蓋度均會增加。未來如果伐木及火災發生頻率持續降低，高山草原的總面積可能會逐步減少。本研究發現，除栗背林鴉和鷓鴣外，其他四種高山草原鳥類均可適應較高的灌叢以及木本植物覆蓋度較高的環境。未來高山草原若大幅轉變為樹林，應該不會嚴重影響到這些草原鳥類的族群生存。

引用文獻

- 丁宗蘇。1993。玉山地區成熟林之鳥類群聚生態。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文，83 頁。
- 沙謙中。1986。忽影悠鳴隱山林—玉山國家公園鳥類資源。玉山國家公園管理處，286 頁。
- 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。

- 郭城孟。1984。玉山國家公園植物生態景觀資源調查。內政部營建署，71 頁。
- 賴思傑。2012。台灣降遷鳥類在不同季節的棲地選擇。國立東華大學自然資源與環境學系碩士論文，67 頁。
- 廖煥彰。2006。塔塔加地區不同植群演替階段之鳥類群聚研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文，55 頁。
- 翟鵬。1977。臺灣鳥類生態隔離的研究。東海大學生物學研究所碩士論文，73 頁。
- 楊玉祥、丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、林瑞興、蔡乙榮、潘致遠。2014。2014 年臺灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會，28 頁。
- 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)。林務局，663 頁。
- 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)。林務局，663 頁。
- 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)。林務局，663 頁。
- 劉良力。1991。栗背林鴿之生物學研究。國立臺灣師範大學生物學研究所碩士論文，64 頁。
- 賴彥廷。2012。雪山地區 369 山莊酒紅朱雀的食性研究。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文，54 頁。
- Boyle WA. 2008. Partial migration in birds: tests of three hypotheses in a tropical lekking frugivore. *Journal of Animal Ecology* 77:1122-1128.
- Boyle WA. 2010. Does food abundance explain altitudinal migration in a tropical frugivorous bird? *Canadian Journal of Zoology* 88:204-213.
- Buckland ST, DR Anderson, KP Burnham, JL Laake. 1993. Distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London, UK.
- Burrows MT, DS Schoeman, LB Buckley, P Moore, ES Poloczanska, KM Brander, C Brown, JF Bruno, CM Duarte, BS Halpern, J Holding, CV Kappel, W Kiessling, MI O'Connor, JM Pandolfi, C Parmesan, FB Schwing, WJ Sydeman, AJ Richardson. 2011. The Pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science* 334:652-655.
- Chen I-C, JK Hill, R Ohlemüller, DB Roy, CD Thomas. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333:1024-1026.
- Clay, R. G. 2012. Cross-seasonal habitat selection of altitudinal migratory birds in Taiwan. National Dong Hwa University Department of Nature Resource Management Master's Thesis.
- Ding T-S, P-F Lee, and Y-S Lin. 1997. Avian distribution pattern of highland areas in Central Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 8:55-64.
- Ding T-S, H-C Liao, and H-W Yuan. 2008. Breeding bird community composition in different successional vegetation in the montane coniferous forests zone of Taiwan. *Forest Ecology and Management* 255:2038-2048.
- Dirnböck T, S Dullinger and G Grabherr. 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* 30:401-417.
- La Sorte, FA and W Jetz. 2010. Projected range contractions of montane biodiversity under global warming. *Proceeding of the Royal Society B: Biological Science* 277:3401-3410.
- Levey, DJ. 1988. Spatial and temporal variation in Costa Rican fruit and fruit-eating bird abundance. *Ecological Monographs* 58:251-269.
- Parmesan C and G Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421:37-42.
- Pauli H, M Gottfried, S Dullinger, O Abdaladze, M Akhalkatsi, J.L.B Alonso, G Coldea, J Dick, B Erschbamer, R.F Calzado, D Ghosn, J.I Holten, R Kanka, G Kazakis, J Kollár, P Larsson, P Moiseev, D Moiseev, U Molau, J.M Mesa, L Nagy, G Pelino, M Puşcaş, G Rossi, A Stanisci, A.O Syverhuset, J.-P Theurillat, M Tomaselli, P Unterluggauer, L Villar, P Vittoz, and G Grabherr. 2012. Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336: 353-355.
- Reynolds RT, JM Scott, and RA Nussbaum. 1980. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82:309-313.
- Schmeller DS, B Gruber, E Budrys, E Framsted, S Lengyel and K Henle. 2008. National responsibilities in European species conservation: a methodological review. *Conservation Biology* 22(3):593-601.
- Vittoz P, D Cherixa, Y Gonsseth, V Lubinid, R Magginie, N Zbindenf, S Zumbachg. 2013. Climate change impacts on biodiversity in Switzerland: A review. *Journal of Nature Conservation* 21:154-162.