

唐家河大中型林栖哺乳动物多样性与结构初析

张发瑞^{①#} 肖梅^{②#} 谌利民^② 李明富^② 蔡丽君^②

张如梅^① 郑维超^③ 官天培^{①*}

① 西南民族大学青藏高原研究院 成都 610225; ② 唐家河国家级自然保护区管理处 广元 628100;

③ 四川大熊猫科学研究院 成都 610057

摘要: 哺乳动物是生态系统的重要类群, 其多样性是生态系统功能的基础。为梳理大熊猫国家公园唐家河片区林栖哺乳动物的物种多样性现状、分布特征及结构, 本文整理了 2017 年 3 月至 2018 年 12 月布设于森林生境的 215 台红外触发相机数据, 初步分析了林栖哺乳动物活动的海拔与季节变化, 以及相对丰富度最高的 5 种有蹄类的海拔分布及日活动节律。经统计, 相机累计工作日达 47 196 d, 获得独立有效照片 73 635 张, 共识别到哺乳动物 4 目 12 科 22 种, 分别隶属于灵长目 ($n=3$)、啮齿目 ($n=4$)、食肉目 ($n=8$) 和鲸偶蹄目 ($n=7$), 包括国家一级重点保护野生动物 5 种, 国家二级重点保护野生动物 8 种。相对多度指数 (RAI , I_{RA}) 前 5 的林栖哺乳动物分别是小鹿 (*Muntiacus reevesi*, $I_{RA} = 340.46$)、野猪 (*Sus scrofa*, $I_{RA} = 192.61$)、扭角羚 (*Budorcas taxicolor*, $I_{RA} = 188.01$)、中华斑羚 (*Naemohedus griseus*, $I_{RA} = 101.37$) 和藏酋猴 (*Macaca thibetana*, $I_{RA} = 68.60$)。经分析, 唐家河林栖哺乳动物多样性结构有如下特征: (1) 依据哺乳动物相对多度指数, 不同海拔区间的物种多样性呈单峰形特征, 高海拔段 (2 101 ~ 2 700 m, $I_{RA} = 570.5 \pm 199.5$) 显著低于中海拔段 (1 601 ~ 2 100 m, $I_{RA} = 1 355.1 \pm 785.1$) 和低海拔段 (1 200 ~ 1 600 m, $I_{RA} = 1 223.8 \pm 1 017.8$)。其中, 中海拔段均匀度指数 (J) 和 Shannon-Wiener 指数 (H') 均最高 ($J = 0.74$, $H' = 2.17$), 低海拔段 ($J = 0.60$, $H' = 1.82$) 和高海拔段 ($J = 0.59$, $H' = 1.77$) 依次降低。(2) 冬季 ($I_{RA} = 936.1 \pm 809.6$) 和春季 ($I_{RA} = 870.5 \pm 598.6$) 的物种丰富度显著低于秋季 ($I_{RA} = 1 336.7 \pm 1 087.9$, $P < 0.05$), 夏季物种丰富度 ($I_{RA} = 1 178.3 \pm 1 032.2$) 和秋季、春季以及冬季间无显著差异。均匀度指数随季节的变化趋势为, 夏季 ($J = 0.69$)、秋季 ($J = 0.67$)、春季 ($J = 0.67$)、冬季 ($J = 0.66$) 依次降低。Shannon-Wiener 指数秋季最高 ($H' = 2.05$), 夏季次之 ($H' = 2.03$), 春季 ($H' = 2.00$) 和冬季 ($H' = 2.00$) 最低。(3) 小鹿 ($\rho = -0.6$)、野猪 ($\rho = -0.25$) 和中华斑羚 ($\rho = -0.35$) 相对丰富度均与海拔呈负相关, 扭角羚 ($\rho = 0.48$) 及毛冠鹿 (*Elaphodus cephalophus*) ($\rho = 0.31$) 相对丰富度与海拔呈正相关。小鹿 ($I_{RA} = 1 318.6 \pm 795.4$)、野猪 ($I_{RA} = 1 046.5 \pm 748.2$) 和中华斑羚 ($I_{RA} = 280.9 \pm 117.6$) 相对丰富度最高的海拔段均为 1 400 ~ 1 600 m; 毛冠鹿相对丰富度最高 ($I_{RA} = 131.6 \pm 85.7$) 的海拔段则位于 1 800 ~ 2 000 m; 扭角羚相对丰富度最高 ($I_{RA} = 384.6 \pm 123.3$) 的海拔段是 2 600 ~ 2 800 m。(4) 毛冠鹿、扭角羚、小鹿和中华斑羚日活动节律均呈现双峰形, 且偏向晨昏活动, 7:00 ~

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 32370548), 西南民族大学引进人才科研启动金资助项目 (No. RQD2022052), 西南民族大学研究生创新型科研项目 (No. YB2023085);

* 通讯作者, E-mail: tp-guan@hotmail.com;

共同第一作者 张发瑞, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: 1012561618@qq.com;

肖梅, 女, 工程师; 研究方向: 野生动物保护; E-mail: 599207971@qq.com。

收稿日期: 2024-06-21, 修回日期: 2024-12-01 DOI: 10.13859/j.cjz.202524148 CSTR: 32109.14.cjz.24148

9:00 时和 17:00 ~ 19:00 时是活动高峰, 12:00 ~ 14:00 时为活动低谷, 仅毛冠鹿与小鹿、扭角羚日活动节律存在显著差异 ($P < 0.05$); 野猪日活动节律近似单峰形, 17:00 ~ 19:00 时是活动高峰。本研究显示, 充分利用哺乳动物多样性监测数据能够有效识别区域性生物多样性名录中的存疑物种, 有助于获得更加客观的生物多样性评估, 有利于管理机构更加精准地定位保护管理问题。

关键词: 红外相机; 生物多样性; 相对多度; 丰富度; 野生动物监测

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2025) 03-342-14

Diversity and Structure of Forest-Dwelling Mammals in Tangjiahe, A Preliminary Analysis

ZHANG Fa-Rui^{①#} XIAO Mei^{②#} SHEN Li-Min^② LI Ming-Fu^② CAI Li-Jun^②
ZHANG Ru-Mei^① ZHENG Wei-Chao^③ GUAN Tian-Pei^{①*}

① Institute of Qinghai-Tibetan Plateau, Southwest Minzu University, Chengdu 610225; ② Tangjiahe National Nature Reserve, Guangyuan 628100; ③ Sichuan Academy of Giant Panda, Chengdu 610057, China

Abstract: [Objectives] Mammals play a crucial role as foundational elements of ecosystems, with their diversity and structure forming the basis of ecosystem functionality. In this study, we analyzed the current status of species diversity, distribution characteristics, and structure of forest-dwelling mammals in the Tangjiahe area of the Giant Panda National Park, Sichuan. We compiled data from 215 infrared-triggered cameras deployed in forest habitats to conduct a preliminary analysis of the altitudinal and seasonal variations in the activity of forest-dwelling species. In addition, we examined the altitudinal distribution and daily activity patterns of the five ungulate species with the highest relative abundance index. Our primary goals included updating species diversity and investigating spatiotemporal distribution patterns which had not been previously reported. **[Methods]** Data were collected from 215 camera traps deployed in forest habitats ranging from 1 210 to 2 694 m above sea level in the Tangjiahe area of the Giant Panda National Park (Fig. 1). The relative abundance index (RAI, I_{RA}), Shannon-Wiener index (H'), and Pielou's evenness index (J) were calculated for different altitudinal ranges and seasons. The Kruskal-Wallis test, ANOVA, or t -test were selected based on the normality test for significance analysis. Spearman's correlation coefficient was calculated between the relative abundance index of five dominant ungulate species and altitude. Daily activity patterns were analyzed using kernel density estimation. All analyses and chart creation were completed using Excel, R 4.2.1, ArcGIS 10.8, and Origin 2022. **[Results]** The total monitoring effort amounted to 47 196 camera-days, resulting in 73 635 independent photographs. We identified 22 mammal species belonging to 4 orders and 12 families, comprising 3 Primate species, 4 Rodentia species, 8 Carnivora species and 7 Artiodactyla species (Table 1). Among these mammals, 5 species were classified as Class I and 8 species as Class II key protected wildlife in China. Reeves' Muntjac *Muntiacus reevesi*, Wild Boar *Sus scrofa*, Takin *Budorcas taxicolor*, Chinese Goral *Naemorhedus griseus*, Tibetan Macaque *Macaca thibetana* were the 5 most abundant mammal species. Our findings revealed the following characteristics regarding forest mammal diversity in Tangjiahe: (1) The relative abundance index (RAI, I_{RA}) in the high-elevation band (2 101 - 2 700

m, $I_{RA} = 570.5 \pm 199.5$) was significantly lower than that of low-elevation band (1 200 - 1 600 m, $I_{RA} = 1\,223.8 \pm 1\,017.8$) and middle-elevation band (1 601 - 2 100 m, $I_{RA} = 1\,355.1 \pm 785.1$) (Fig. 2). The Shannon-Wiener index and the Pielou's index were highest at middle elevation band ($J = 0.74$, $H' = 2.17$), and decreased sequentially in low-elevation band ($J = 0.60$, $H' = 1.82$) and high-elevation band ($J = 0.59$, $H' = 1.77$) (Table 2). (2) The species richness in winter ($I_{RA} = 936.1 \pm 809.6$) and spring ($I_{RA} = 870.5 \pm 598.6$) was significantly lower than that in autumn ($I_{RA} = 1\,366.7 \pm 1\,087.9$, $P < 0.05$). There were no significant differences in species richness between summer ($I_{RA} = 1\,178.3 \pm 1\,032.2$) and autumn, spring, or winter (Fig. 3). (3) The Pielou's index is the highest in summer ($J = 0.69$), followed by autumn ($J = 0.67$) and spring ($J = 0.67$), and is the lowest in winter ($J = 0.66$). The Shannon-Wiener index was highest in autumn ($H' = 2.05$), followed by summer ($H' = 2.03$), with the lowest values in spring ($H' = 2.00$) and winter ($H' = 2.00$) (Table 3). The correlations of relative abundance with altitude for five ungulate species were as follows: Reeves' Muntjac ($\rho = -0.6$), Wild Boar ($\rho = -0.25$), and Chinese Goral ($\rho = -0.35$) showed a negative correlation with altitude, while Takin ($\rho = 0.48$) and Tufted Deer *Elaphodus cephalophus* ($\rho = 0.31$) showed positive correlations. The relative abundance of the Reeves' Muntjac was highest at an elevation range of 1 400 - 1 600 m ($I_{RA} = 1\,318.6 \pm 795.4$). Wild Boars ($I_{RA} = 1\,046.5 \pm 748.2$) and Chinese Goral ($I_{RA} = 280.9 \pm 117.6$) also had the highest relative abundance at 1 400 - 1 600 m. The highest relative abundance for Tufted Deer was found at an elevation range of 1 800 - 2 000 m ($I_{RA} = 131.6 \pm 85.7$). Takin had the highest relative abundance at an elevation range of 2 600 - 2 800 m ($I_{RA} = 384.6 \pm 123.3$). (4) Except for Wild Boar, all species exhibited a bimodal activity pattern, with peaks occurring during dawn and dusk. The peak activity times were 7:00 - 9:00 and 17:00 - 19:00, with a trough from 12:00 - 14:00 (Fig. 5). Significant differences ($P < 0.05$) were found in the diurnal activity rhythms between the Tufted Deer and the Reeves' Muntjac, as well as between the Tufted Deer and the Takin. The Wild Boar exhibited a unimodal activity pattern with peak activity from 17:00 - 19:00. **[Conclusion]** This study shows that making full use of mammal diversity monitoring data can effectively identify species of concern in regional biodiversity inventories, contributing to more objective biodiversity assessments and enabling management agencies to better target conservation and management issues.

Key words: Camera trap; Biodiversity; Relative abundance; Richness; Wildlife monitoring

大中型哺乳动物具有重要的生态系统功能 (Estes et al. 2011, Sobral et al. 2017), 其多样性是生态系统完整性的重要参考 (Estes et al. 2011, Lacher et al. 2019)。掌握大中型哺乳动物的多样性意味着评估物种的丰富度和组成, 确定物种丰富度的同时还需要对物种空间分布随时间变化的趋势做出推断 (Ceballos et al. 2006, O'Brien et al. 2010)。物种空间分布和活动节律是对环境资源波动的响应 (Hut et al. 2012), 是能量收支平衡的体现 (Main et al. 1996, Sinclair et al. 2003), 亦在一定程度上反映了群落结构特征 (Gaynor et al. 2018), 是野

生动物多样性调查与评估的重要内容。大中型哺乳动物所处的营养级, 使它们更易受狩猎、栖息地丧失、破碎化等干扰的威胁 (Gaston 2000, Schipper et al. 2008)。因此, 保护地内大中型哺乳动物多样性、活动节律和分布特征更是生物多样性评估以及制定保护计划的基础信息, 例如大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 和川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 等 (马克平 2011, 肖治术等 2017)。因此, 保护地不仅应实施系统的哺乳动物多样性监测 (张如梅等 2023), 还应充分利用监测数据, 适时更新区域生物多样性信息, 识别异常波动, 指导保护和管

理(刘鹏等 2020, 王东等 2020, 陈红等 2022)。

哺乳动物多样性监测是丰富生物多样性数据、更新区域物种信息、实施保护管理的基础,是各类型国家公园和各级自然保护区应定期实施的核心工作(肖治术等 2014)。大熊猫国家公园是在原有保护区网络的基础上扩展优化而成的,其中位于岷山北部的唐家河片区则是由唐家河国家级自然保护区(以下简称唐家河)发展而来(胡锦矗 2005)。唐家河分别于 2003 年和 2013 年组织科考队通过样线法、样方法、痕迹调查等方法,对区内野生动植物资源进行了本底调查,对野生动植物资源有一定掌握(胡锦矗 2005, 张泽钧 2016)。但是,早期的大中型陆生哺乳动物调查方法在获取动物的分布与相对多度数据上主要依赖目击,获取稀有和夜行性动物的分布证据及丰富度数据较少,因此物种名录可能存在客观性不足的问题,不利于掌握真实的生物多样性现状。

随着技术普及,红外触发相机由于其优秀的监测效率,已经广泛应用于大多数保护地的野生动物监测和研究,形成了丰富的数据集,促进了物种多样性格局及动态的识别(田佳等 2021)。近年的研究报道显示,保护区物种名录中的豹(*Panthera pardus*)、豺(*Cuon alpinus*)、小熊猫(*Ailurus styani*)、马麝(*Moschus chrysogaster*)和岩羊(*Pseudois nayaur*)等物种均缺乏有效的分布证据(范元英等 2015, 白泚露等 2021, 肖梅等 2022),可能属于分布存疑种,应及时确认和评估。

为了促进大熊猫国家公园哺乳动物物种名录的更新与修订、完善大中型哺乳动物的分布信息,并提升大熊猫国家公园保护和监测工作的有效性,笔者整理了唐家河 2017 年 3 月至 2018 年 12 月的红外触发相机数据,并进行了针对林栖哺乳动物的初步分析。本文期望通过对唐家河林栖哺乳动物物种多样性数据的分析,提高管理机构对生物多样性信息时效性的关注,为生物多样性评估和保护对策制定提供可靠依据。

1 研究方法

1.1 研究区域

唐家河位于四川省广元市青川县境内(104°37'~104°53'E, 32°32'~32°41'N)总面积约 400 km²。北与甘肃白水江国家级自然保护区相连,西与四川平武县毗邻。区内年均气温 12℃,年均降雨量 1 100~1 200 mm,属亚热带季风气候(张泽钧 2016)。唐家河最高海拔约 3 800 m,海拔落差约 2 600 m,较大的相对落差促进了水、热分布的垂直变化,造就了适宜不同物种生存的微生境,形成了典型的山地植被垂直带谱和丰富的植物资源,其中包括植物 267 科 969 属 2 422 种(胡锦矗 2005)。唐家河的地势呈西北高东南低的特征,属于四川盆地边缘的低山丘陵向高原过渡的高山峡谷地区。地形复杂,海拔落差大(黄尤优等 2009, 魏俊等 2019),大致可分为常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林、亚高山针叶林、高寒草甸和高山灌丛(张泽钧 2016)。

1.2 红外相机布设

因使用权限约束,本文分析的研究数据源于 2017 年 3 月至 2018 年 8 月期间,陆续布设于唐家河的 215 台红外触发相机(图 1)。相机布设在区内人为干扰低、野生动物遇见率高的区域,整体上按照沟系和监测线路布设,基本覆盖了保护区林线以下海拔段(1 200~2 700 m)及主要植被类型(常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林和针阔叶混交林)。在选择具体的布设位置时参考了植被类型及实际地形特征,优先选择野生动物活动痕迹相对丰富地区或水源地附近,且每个相机位点间隔不少于 100 m。红外相机的参数设置参考同类研究(李晟等 2016, 胡茜茜等 2018, 陈星等 2020)。按照野外操作要求,布设相机时应记录每个相机位点的基本环境信息,但由于记录以及录入相机信息时,部分相机信息遗失,导致相机原始数据中的位置信息存在空缺或遗漏,故分析物种多样性空间分布格局时仅参考具有经纬度信息的 98 台相机数据。

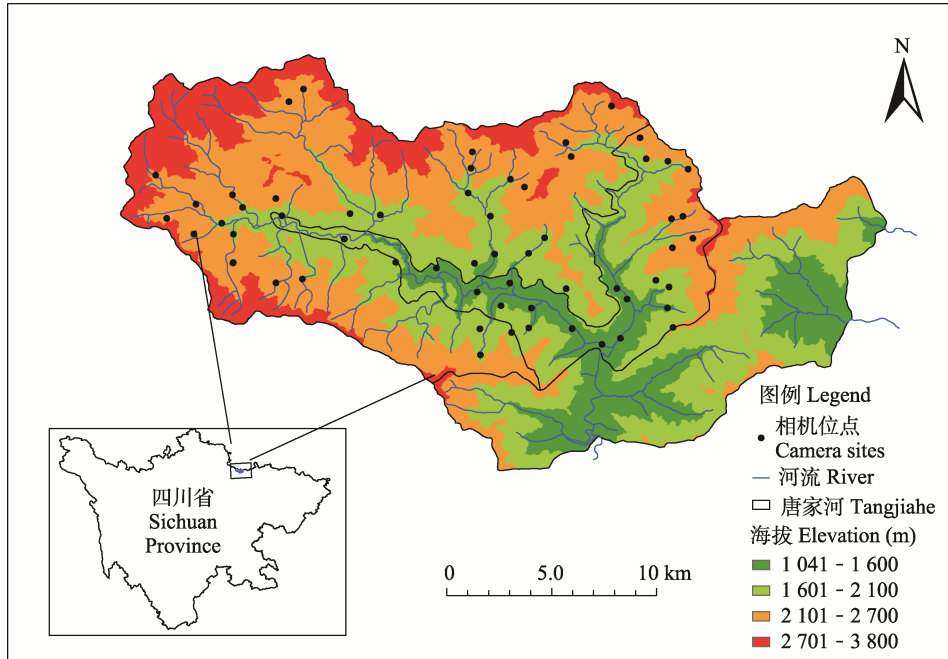


图 1 唐家河红外相机布设位点示意图

Fig. 1 Sketch map of camera trap sites in Tangjiahe

1.3 数据处理与分析

基于监测期间正常工作且可依据照片背景和原始生境信息判断为森林生境的 215 台相机数据, 本研究中的林区为林线以下的区域, 即唐家河片区高山草甸以下的森林区域, 为保证监测强度相近, 不同海拔段相机数和面积比例近似, 1 200 ~ 1 600 m 约 40%、1 600 ~ 2 100 m 约 30%、2 100 ~ 2 700 m 约 30%, 经筛选后满足工作时间超过 90 d 的相机数量有 59 台, 由低至高三个海拔段可用相机数分别为 24、22 和 13 台, 并基于这些相机数据进行林栖哺乳动物海拔分布的分析。在进行哺乳动物多样性的季节特征、时间节律差异分析时, 基于监测持续时间在反映哺乳动物多样性季节特征上的影响, 将相机筛选的标准设定为工作时间超过 270 d 且各季节均有记录, 共有 44 台相机符合该要求。计算物种在不同海拔段或季节的相对多度时, 以目标物种在该海拔段内或季节内的独立有效照片数除以目标季节或目标海拔段内相机监测点总有效相机工作日。由于小型哺乳

动物主要活跃于夜间, 黑暗条件下记录到的小型哺乳动物图片清晰度低、鉴定特征难以识别是该技术在小型哺乳动物多样性调查中广泛运用的瓶颈 (吴政浩等 2023), 因此结果中未包括小型哺乳动物。

在分析优势有蹄类海拔分布时, 以每 200 m 为间隔计算不同海拔区间相对多度指数的平均值。利用核密度估计方法对优势有蹄类日活动节律进行比对。依据数据正态性, 选择 Kruskal-Wallis 秩和检验、方差分析或 t 检验, 采用 Spearman 计算相关性 (ρ)。数据统计分析及图表制作在 Excel、R 4.2.1、ArcGIS 10.8 和 Origin 2022 中完成。

1.3.1 物种名录 物种鉴定主要参考《中国兽类野外手册》(Smith 等 2009) 和《四川兽类原色图鉴》(王西之等 1999)。物种保护级别和 IUCN 濒危等级的划分分别参考《国家重点保护野生动物名录》(<http://www.forestry.gov.cn/main/3954/content-1063883.html>) 和 IUCN 物种红色名录 (<https://www.iucnredlist.org/>)。物种

名录对照参考《四川唐家河自然保护区综合科学考察报告》(胡锦涛 2005)和《四川唐家河国家级自然保护区生物多样性研究》(张泽钧 2016)。使用 Bio-photoV2.1 软件提取照片和视频的基础信息(李晟等 2014a),形成红外相机信息表,再通过识别每一张图片与每一段视频中的物种记录物种及独立有效照片信息,通过相关文献资料确定其是否以森林为主要栖息地完成其生命周期的大部分活动,作为林栖哺乳动物的判断依据。独立有效照片是按照单台红外相机在 30 min 内连续拍到的同一物种的标准进行确定的(Kelly et al. 2008)。每个红外相机位点的有效工作日以该相机拍摄的第一张照片和最后一张照片的日期间隔为准,由软件自动提取。

1.3.2 多样性分析 本研究分别使用相对多度指数(relative abundance index, RAI, I_{RA})和 Shannon-Wiener 指数评估物种的相对丰富度及物种多样性,通过海拔和季节两个层次分析唐家河林栖哺乳动物的结构。在分析物种组成的季节性特征时,我们参考了本地气候及文献(白汭露等 2021),将 3~5 月划为春季、6~8 月划为夏季、9~11 月划为秋季、12 月至次年 2 月划为冬季。其次,依据研究区域的海拔段及典型植被类型(黄允优等 2009, 张泽钧 2016),将调查区域划分为低海拔(1 200~1 600 m,常绿阔叶林带)、中海拔(1 601~2 100 m,常绿与落叶阔叶混交林带)和高海拔(2 101~2 700 m,针阔混交林带)三组,用于林栖哺乳动物垂直结构的描述与分析。

相对多度指数(RAI, I_{RA})基于红外相机调查到的同一物种有效照片数及拍摄率计算,计算公式为: $I_{RA} = 1\,000$ (有效探测数/总有效相机工作日)(李勤等 2013, 李晟等 2014a)。由于相机的工作日和数量存在差异,故在量化不同海拔段林栖哺乳动物的优势度时,同时计算单台相机的相对多度指数(RAI, I_{RA}),即 $I_{RA} = 1\,000$ (单台相机林栖哺乳动物独立有效探测数/单台相机有效工作日)。计算不同季节

的林栖哺乳动物相对多度方法同上。最后,采用 Shannon-Wiener (H') 指数(Shannon 1948)量化海拔分组与季节分组的物种多样性,并比较不同分组间的差异。以 Pielou 均匀度指数(J)反映不同海拔、季节的林栖哺乳动物均匀度差异(Pielou 1966)。

2 结果

2.1 林栖哺乳动物多样性编目

2017 年 3 月至 2018 年 12 月,215 台红外相机累计工作日达 47 196 d,获得哺乳动物独立有效照片 73 635 张,人为扰动(非工作人员活动)独立有效照片 24 张,无家养动物活动记录。共识别到哺乳动物 22 种,隶属 4 目 12 科,包括灵长目 1 科 3 种,啮齿目 3 科 4 种,鲸偶蹄目 4 科 7 种,食肉目 4 科 8 种(表 1)。

调查显示,唐家河的林栖哺乳动物包括国家一级重点保护野生动物 5 种,分别为川金丝猴、扭角羚(*Budorcas taxicolor*)、林麝(*Moschus berezovskii*)、金猫(*Catopuma temminckii*)和大熊猫;国家二级重点保护野生动物 8 种,分别为藏酋猴(*Macaca thibetana*)、猕猴(*M. mulatta*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、中华斑羚(*Naemohedus griseus*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、黄喉貂(*Martes flavigula*)和亚洲黑熊(*Ursus thibetanus*)。其中,林麝和川金丝猴被 IUCN 物种红色名录评估为濒危级(Endangered, EN),扭角羚、中华鬣羚、中华斑羚、亚洲黑熊和大熊猫被评估为易危级(Vulnerable, VU),藏酋猴、毛冠鹿和金猫被评估为近危级(Near Threatened, NT)。

依据相对多度指数,唐家河相对多度最高的林栖哺乳动物是小鹿($I_{RA} = 340.46$),其次依次为野猪($I_{RA} = 192.61$)、扭角羚($I_{RA} = 188.01$)、中华斑羚($I_{RA} = 101.37$)、藏酋猴($I_{RA} = 68.60$)以及毛冠鹿($I_{RA} = 44.25$)。出现位点最多、分布最广的是扭角羚($n = 205$, 占有监测点的 95.3%, n 代表监测到该物种

表 1 大熊猫国家公园唐家河片区林栖哺乳动物名录

Table 1 List of mammals recorded by camera trapping in Tangjiahe region, Giant Panda National Park

物种 Species	国家保护等级 National protection level	IUCN 红色 物种名录 IUCN Red List	独立有效照片数 No. of independent photographs	出现位点数 No. of occurrence locations	相对多度指数 Relative abundance index
灵长目 Primates					
猴科 Cercopithecidae					
川金丝猴 <i>Rhinopithecus roxellana</i>	I	EN	610	115	14.77
藏酋猴 <i>Macaca thibetana</i>	II	NT	2 834	166	68.60
猕猴 <i>M. mulatta</i>	II	LC	249	50	6.03
啮齿目 Rodentia					
松鼠科 Sciuridae					
隐纹花鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>		LC	5	2	0.12
岩松鼠 <i>Sciurotamias davidianus</i>		LC	525	40	12.71
豪猪科 Hystricidae					
帚尾豪猪 <i>Atherurus macrourus</i>		LC	638	119	32.92
鼯鼠科 Pteromyidae					
灰鼯鼠 <i>Petaurista xanthotis</i>		LC	7	7	0.17
鲸偶蹄目 Cetartiodactyla					
鹿科 Cervidae					
毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	II	NT	1 828	153	44.25
小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>		LC	14 065	170	340.46
牛科 Bovidae					
扭角羚 <i>Budorcas taxicolor</i>	I	VU	7 767	205	188.01
中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	II	VU	463	110	11.21
中华斑羚 <i>Naemorhedus griseus</i>	II	VU	4 188	186	101.37
猪科 Suidae					
野猪 <i>Sus scrofa</i>		LC	7 957	195	192.61
麝科 Moschidae					
林麝 <i>Moschus berezovskii</i>	I	EN	15	11	0.36
食肉目 Carnivora					
猫科 Felidae					
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	II	LC	564	96	13.65
金猫 <i>Catopuma temminckii</i>	I	NT	218	57	5.28
熊科 Ursidae					
亚洲黑熊 <i>Ursus thibetanus</i>	II	VU	301	105	7.29
大熊猫 <i>Ailuropoda melanoleuca</i>	I	VU	16	7	0.39
鼬科 Mustelidae					
黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>		LC	4	4	0.10
黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	II	LC	271	31	6.56
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>		VU	638	113	15.44
灵猫科 Viverridae					
花面狸 <i>Paguma larvata</i>		LC	548	77	13.26

I. 国家一级重点保护野生动物; II. 国家二级重点保护野生动物; EN. 濒危级; VU. 易危级; NT. 近危级; LC. 无危级。

I. National first-class protected animal; II. National second-class protected animal; EN. Endangered; VU. Vulnerable; NT. Near Threatened; LC. Least Concern.

的相机位点数), 其次分别为野猪 ($n = 195$, 90.7%)、中华斑羚 ($n = 186$, 86.5%)、小鹿 ($n = 170$, 79.1%)、藏酋猴 ($n = 166$, 77.2%)。

2.2 林栖哺乳动物多样性时空特征

2.2.1 海拔分布特征 依据相机分布海拔和相对丰富度指数可知, 唐家河林栖哺乳动物呈

现“单峰形”的海拔分布格局，即中海拔段林栖哺乳动物相对多度最高，低海拔和高海拔段次之。Kruskal-Wallis 检验显示（图 2），高海拔相对多度指数值（ $I_{RA} = 570.5 \pm 199.5$ ）显著低于中海拔（ $I_{RA} = 1\,355.1 \pm 785.1$ ， $t' = 10.24$ ， $df' = 1$ ， $P < 0.001$ ）和低海拔（ $I_{RA} = 1\,223.8 \pm 1\,017.8$ ， $t' = 8.18$ ， $df' = 1$ ， $P < 0.001$ ），而中、

低海拔段间的差异不显著（ $t' = 0.20$ ， $df' = 1$ ， $P > 0.05$ ）。

据 Shannon-Wiener (H') 指数（表 2），唐家河林栖哺乳动物的多样性同样呈近似于“单峰形”的分布格局，即林栖哺乳动物多样性中海拔段最高，其次是低海拔段和高海拔段。Pielou 均匀度指数 (J) 显示，物种均匀度由高到低分别是中海拔段、低海拔段、高海拔段（表 2）。

2.2.2 季节特征 唐家河林栖哺乳动物的相对多度在秋季最高、其后依次为夏季，冬季和春季（图 3）。Kruskal-Wallis 检验显示，冬季和春季的相对多度指数值显著低于秋季（ $P < 0.05$ ）。夏季与其他三个季节差异不显著（ $P > 0.05$ ）（图 3）。

唐家河林栖哺乳动物多样性在秋季最高，夏季、冬季和春季次之，呈现与相对多度较一致的变化趋势。Peliou (J) 指数显示，物种均匀度呈现夏季最高，秋季、春季、冬季次之（表 3）。

2.2.3 优势有蹄类海拔分布 依据物种的相对多度指数，唐家河的优势有蹄类包括小鹿、野猪、中华斑羚、扭角羚和毛冠鹿 5 种（图 4）。检验物种相对丰富度与海拔的相关性（Spearman 相关性， ρ ），小鹿（ $\rho = -0.62$ ， $t' = 15.81$ ， $df' = 1$ ， $P < 0.05$ ）、野猪（ $\rho = -0.25$ ， $t' = 2.55$ ， $df' = 1$ ， $0.05 < P < 0.10$ ）及中华斑羚（ $\rho = -0.35$ ， $t' = 6.14$ ， $df' = 1$ ， $P < 0.05$ ）相对丰富度与海拔呈负相关，扭角羚（ $\rho = 0.48$ ， $t' =$

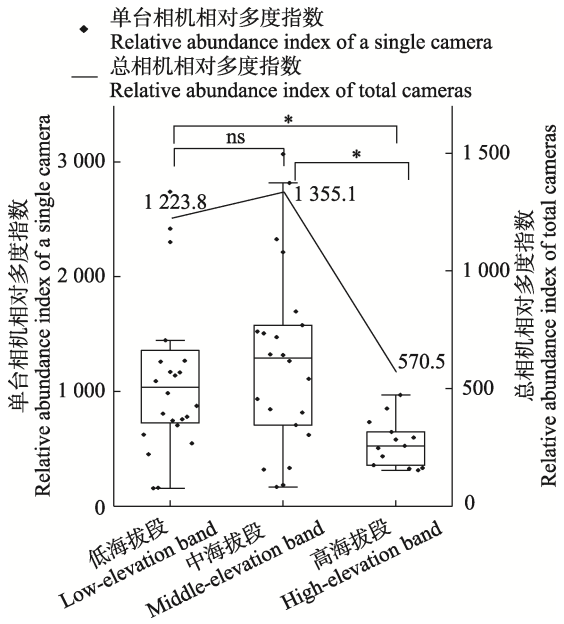


图 2 不同海拔段林栖哺乳动物相对丰度

Fig. 2 Relative abundance of forest-dwelling mammals at different elevation bands

图中*表示差异显著， $P < 0.05$ ；ns 表示差异不显著， $P > 0.05$ 。
In the figure, * indicates significant difference ($P < 0.05$); ns indicates no significant difference ($P > 0.05$).

表 2 唐家河不同海拔梯度林栖哺乳动物多样性

Table 2 Forest-dwelling mammals' diversity at different elevation bands in Tangjiahe

海拔 Elevation	物种数 No. of species	均匀度指数 Pielou index (J)	香农-维纳 多样性指数 Shannon-Wiener (H')	相机位点总数 The total number of camera trap sites	相机有效 工作日 (d) Effective camera days	独立有效 照片数 No. of independent photographs
低海拔段 (1 200 ~ 1 600 m) Low-elevation band	19	0.60	1.82	24	7 167	8 717
中海拔段 (1 601 ~ 2 100 m) Middle-elevation band	19	0.74	2.17	22	6 920	9 239
高海拔段 (2 101 ~ 2 700 m) High-elevation band	20	0.59	1.77	13	3 804	2 170

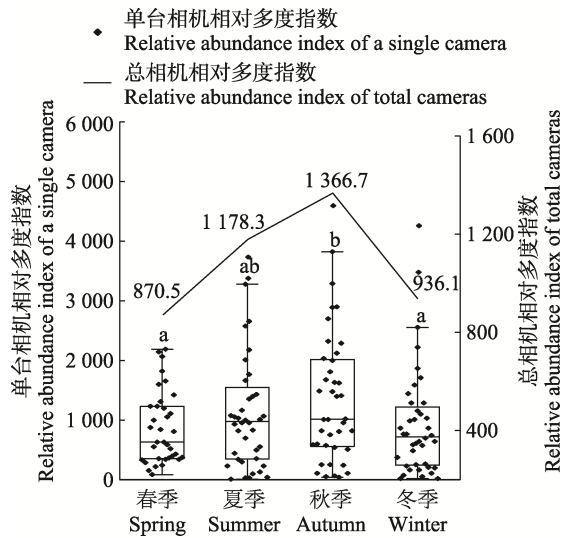


图3 不同季节林下哺乳动物相对多度

Fig. 3 Seasonal relative abundance of forest-dwelling mammals

相同字母代表各组无显著差异 ($P > 0.05$), 不同字母代表差异显著 ($P < 0.05$)。

The same letter represents no significant difference between the groups ($P > 0.05$), Different letters represent significant differences ($P < 0.05$).

11.16, $df = 1$, $P < 0.05$) 和毛冠鹿 ($\rho = 0.31$, $t' = 3.72$, $df = 1$, $P < 0.05$) 相对丰富度与海拔呈正相关。毛冠鹿相对丰富度最高的海拔段在 1 800 ~ 2 000 m ($I_{RA} = 131.6 \pm 85.7$), 野猪 ($I_{RA} = 1\ 046.5 \pm 748.2$)、中华斑羚 ($I_{RA} = 280.9 \pm 117.6$) 和小鹿 ($I_{RA} = 1\ 318.6 \pm 795.4$) 相对丰富度最高的海拔段均为 1 400 ~ 1 600 m, 扭角羚在 2 600 ~ 2 800 m 相对丰富度最高 ($I_{RA} = 384.6 \pm 123.3$)。

2.2.4 优势有蹄类日活动节律 野猪日活动节律近似单峰型, 偏好在黄昏时段活动, 在午间也有较多活动; 其他 4 种均呈双峰形, 偏向晨昏活动, 上午 7:00 ~ 9:00 时及下午 17:00 ~ 19:00 时是活动高峰期, 中午 11:00 ~ 13:00 时为活动低谷, 20:00 时至次日 6:00 时活动强度低, 波动较小 (图 5)。通过 Kruskal-Wallis 检验发现仅毛冠鹿与小鹿 ($t' = 7.61$, $df = 1$, $P < 0.05$)、扭角羚 ($t' = 16.86$, $df = 1$, $P < 0.05$) 之间日活动节律存在显著差异, 其他物种间差异不显著。

3 讨论

大中型哺乳动物是山地森林中的优先监测对象, 因为它们的多样性和结构代表了食物链和营养级的多样性与完整性, 是生态系统功能的重要组成, 直接参与营养循环、碳储存、种子扩散、营养调节等多种生态系统功能, 也是环境质量的重要参考 (Estes et al. 2011, Sobral et al. 2017)。本研究涉及的红外相机基本覆盖林线以下的各海拔段和主要植被类型, 较全面地反映了唐家河林栖大中型哺乳动物多样性与分布。

本研究显示, 目前通过红外触发相机确认唐家河确有分布的林栖哺乳动物达 22 种 (不含小型哺乳动物), 包括 5 种国家一级和 8 种国家二级重点保护野生动物。据胡锦涛 (2005) 和张泽钧 (2016) 的两次综合科学考察报告, 目前记录到的一级和二级重点保护哺乳动物物种分别占本底资料中相应类别的 45% 和 47%。本

表3 唐家河不同季节林栖哺乳动物多样性

Table 3 Seasonal diversity of forest-dwelling mammals in Tangjiahe

季节 Season	物种数 Species	均匀度指数 Pielou index (J)	香农-维纳 多样性指数 Shannon-Wiener(H')	相机位点总数 The total number of Camera trap sites	相机有效工作日 Effective camera days	独立有效照片数 No. of independent photographs
春季 Spring	19	0.67	2.00	35	3 150	2 742
夏季 Summer	20	0.69	2.03	40	3 600	4 242
秋季 Autumn	21	0.67	2.05	42	3 780	6 176
冬季 Winter	18	0.66	2.00	40	3 600	3 370

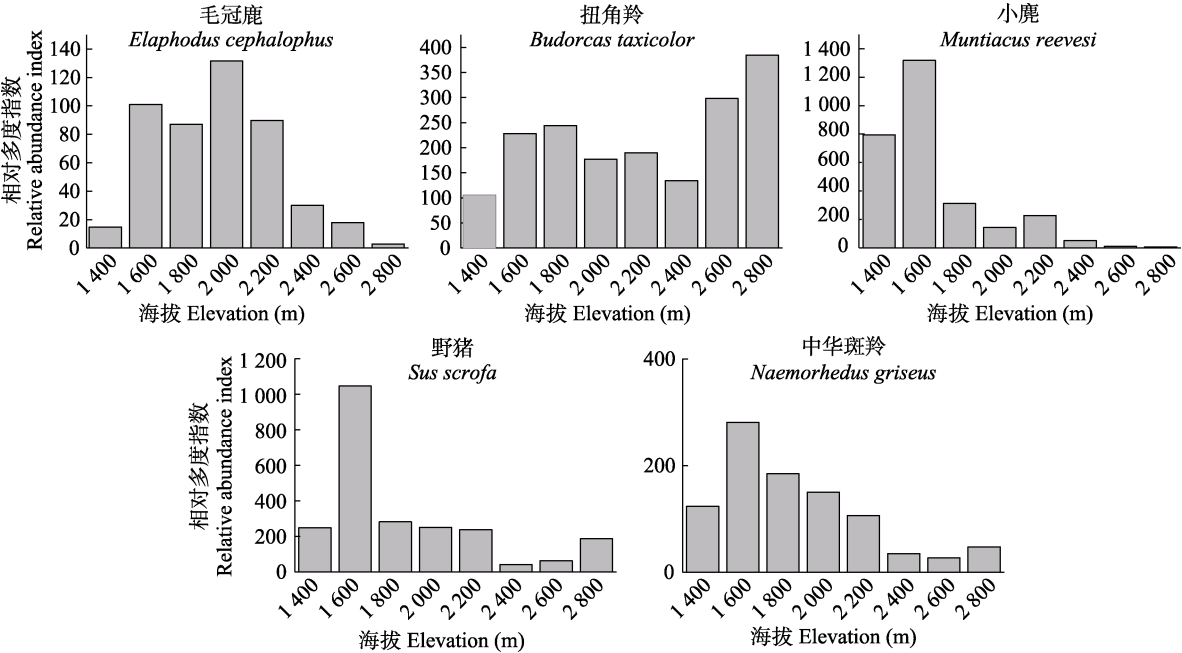


图 4 5 种优势有蹄类海拔分布

Fig. 4 Altitudinal distribution of five dominant ungulates

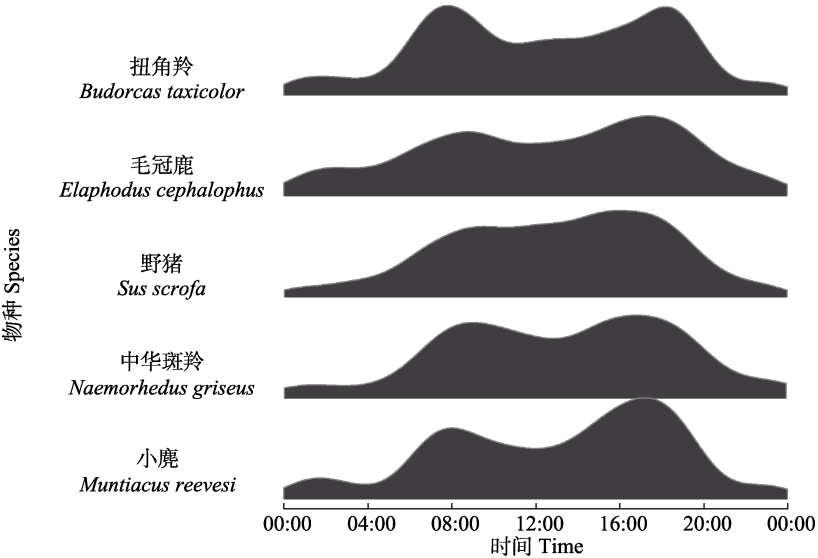


图 5 5 种优势有蹄类日活动节律差异

Fig. 5 The daily activity rhythms of five dominant ungulates

底资料中有记录但未在本次数据统计中发现的物种包括云豹 (*Neofelis nebulosa*)、豹、豺、小熊猫、兔狲 (*Otocolobus manul*)、猞猁 (*Lynx lynx*)、貉 (*Nyctereutes procyonoides*)、岩羊、欧亚水獭 (*Lutra lutra*)、香鼬 (*Mustela altaica*)、

狗獾 (*Meles leucurus*)、大灵猫 (*Viverra zibetha*)、小灵猫 (*Viverricula indica*)、赤狐 (*Vulpes vulpes*)、藏狐 (*V. ferrilata*)、马麝和狍 (*Capreolus pygargus*) 共 17 种。可能由于本研究聚焦于林栖哺乳动物的调查与监测，在

空间上并未覆盖非典型林栖物种的生境,如欧亚水獭喜好的溪流及河床附近的生境(张璐等 2020)、藏狐主要分布在海拔 2 500 ~ 5 200 m 的草甸生境(刘群秀 2009)。事实上,唐家河已有欧亚水獭分布的确凿证据(张璐等 2020),本监测未监测到该物种应源于相机设置于山地森林并非欧亚水獭的生境所致。

唐家河林栖哺乳动物的垂直海拔分布应属于该区域较典型的格局,即高海拔生境哺乳动物的丰富度低于中、低海拔段(Carlson et al. 2000, 刘明星等 2022),且多样性格局与其他区域相似,即呈中间高两端低的形态,如岷山北部(刘明星等 2022)和秦岭南坡(曾治高等 2005, 李晟等 2014b)。同样的,物种相对丰富度以及多样性亦呈现了季节波动特征,如冬季的相对多度指数(RAI, I_{RA})显著降低。一般地,由于低温引发植物休眠、枝叶脱落或生长停滞使冬季食物低质且匮乏,故食草动物较低的冬季活动强度可能与减少低效活动、提升生存预期有关(Carlson et al. 2000, Körner et al. 2007)。除食物资源的影响,哺乳动物的分布和活动强度也受到生活史特征的影响(Sinclair et al. 2003),如毛冠鹿和中华斑羚等有蹄类的繁殖期(张源笙等 2017, 谢波等 2022, 张德丞 2022)以及中华鬣羚、扭角羚等的季节性迁移(吴华等 2000, Guan et al. 2013),均可能导致秋季相对多度指数(RAI, I_{RA})的显著增加(Hazlerigg et al. 2015)。

在唐家河遇见率较高、较优势的有蹄类包括扭角羚、小鹿、毛冠鹿、中华斑羚和野猪。它们在森林生境的空间重叠度较高,与秦岭有蹄类空间分布格局的研究结果较一致(Zhang et al. 2021, Li et al. 2022)。这些有蹄类在森林中的共现可能表明了森林生境中的资源丰富,促进了它们的相对集中(Donadio et al. 2006, Karanth et al. 2017)。5 种有蹄类相对丰富度最高的海拔段,则呈现了错峰分布特征,这种分布格局符合物种共存理论的预期(Owen-Smith et al. 2014, Letten et al. 2017)。此外,5 种有蹄

类的日活动节律仅毛冠鹿和小鹿、扭角羚之间存在差异,其他有蹄类之间无显著差异。在四川王朗(孙佳欣等 2018)、湖南壶瓶山(于桂清等 2018)对毛冠鹿日活动节律的研究结果同样表明,毛冠鹿日活动模式为双峰形,但相较于小鹿和扭角羚的活动高峰存在差异。日活动节律除野猪外均呈双峰格局,与湖南八大山的野猪研究结果相似(阮向东等 2023)。这些调查结论意味着相同物种在不同区域间的日活动节律可因生物和非生物条件差异而不同,因为种间关系、环境因素、人为干扰均可引起活动节律的差异化(Bradshaw et al. 2010, Libert et al. 2012, Spoelstra et al. 2016)。因此活动节律和分布的动态变化也为生物多样性评估了提供丰富的信息和多样的角度。

唐家河森林生境内的数百台红外相机和数十条样线监测在近 20 年来一直未获得豹、豺等顶级捕食者的分布证据,意味着顶级捕食者种群密度极低和局域退化。虽然文献中(2003 ~ 2006 年)记载了顶级捕食者的分布信息,豹约 2 或 3 只、豺约 8 ~ 10 只,亦指出它们正处于衰退状态(胡锦矗 1999, 2005),而此后的可查文献中,再未见任何关于它们的研究或报道(张泽钧 2016, 王晓娟等 2023)。虽不能完全排除它们尚存的可能,但结合周边同类型保护地顶级捕食者的现状与顶级捕食者的整体发展趋势(田佳等 2021, 刘明星等 2022, 张如梅等 2023)以及近年发表的监测和调查报道,笔者认为豺和豹在唐家河局域消失的可能性较大。

本研究亦未发现岩羊和马麝的分布证据。不同于密度低、领域大的顶级捕食者,密度高、活动区小或集群的有蹄类应更易于被红外相机探测到。虽然岩羊和马麝在唐家河周边保护区中曾有记录(陈星等 2020, 刘明星等 2021, 高浩翔等 2023),意味着它们在唐家河亦有分布的可能。由于岩羊(分布海拔段 2 900 ~ 4 100 m)和马麝(分布海拔段 1 700 ~ 4 500 m)为常见于高海拔生境的哺乳动物,多栖于林缘灌

丛或高山草甸(陈星等 2020, 丁彦珂等 2023), 但该类型生境主要分布在唐家河的北部, 且面积较局限(胡茜茜等 2018, 2019)。因此这些物种在监测中的缺失可能源于相机布设生境类型不足, 或物种种群密度过低或无分布。虽然在 2015 年的综合科学考察过程中报道了岩羊和马麝的目击记录(张泽钧 2016), 但近 10 年的监测和研究均未发现岩羊和马麝的分布证据(肖梅等 2022, 王晓娟等 2023), 结合笔者在唐家河多年的野外工作经验, 推测它们在唐家河的分布存疑, 应提高林线以上生境的监测与调查强度。

综上, 管理机构及时整理监测数据有助于识别分布存疑物种、提升保护地物种名录的可靠性和时效性, 有利于实施针对性的补充调查及保护措施。

致谢 本文得到四川省林业和草原局及大熊猫国家公园唐家河片区的大力支持, 感谢唐家河野外监测人员的辛勤付出。

参 考 文 献

- Bradshaw W E, Holzapfel C M. 2010. What season is it anyway? Circadian tracking vs. photoperiodic anticipation in insects. *Journal of Biological Rhythms*, 25(3): 155–165.
- Carlson A. 2000. The effect of habitat loss on a deciduous forest specialist species: the white-backed woodpecker (*Dendrocopos leucotos*). *Forest Ecology and Management*, 131(1/3): 215–221.
- Ceballos G, Ehrlich P R. 2006. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(51): 19374–19379.
- Donadio E, Buskirk S W. 2006. Diet, morphology, and interspecific killing in Carnivora. *The American Naturalist*, 167(4): 524–536.
- Estes J A, Terborgh J, Brashares J S, et al. 2011. Trophic downgrading of planet earth. *Science*, 333(6040): 301–306.
- Gaston K J. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405(6783): 220–227.
- Gaynor K M, Hohnowski C E, Carter N H, et al. 2018. The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science*, 360(6394): 1232–1235.
- Guan T P, Ge B M, McShea W J, et al. 2013. Seasonal migration by a large forest ungulate: a study on Takin (*Budorcas taxicolor*) in Sichuan Province, China. *European Journal of Wildlife Research*, 59(1): 81–91.
- Hazlerigg D, Simonneaux V. 2015. Seasonal regulation of reproduction in mammals. *Knobil and Neill's Physiology of Reproduction*. Amsterdam: Elsevier: 1575–1604.
- Hut R A, Kronfeld-Schor N, van der Vinne V, et al. 2012. In search of a temporal niche: environmental factors. *Progress in Brain Research*, 199: 281–304.
- Karanth K U, Srivathsa A, Vasudev D, et al. 2017. Spatio-temporal interactions facilitate large carnivore sympatry across a resource gradient. *Proceedings Biological Sciences*, 284(1848): 20161860.
- Kelly M J, Holub E L. 2008. Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on salt pond mountain, giles county, Virginia. *Northeastern Naturalist*, 15(2): 249–262.
- Körner C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(11): 569–574.
- Lacher T E, Davidson A D, Fleming T H, et al. 2019. The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3): 942–964.
- Letten A D, Ke P J, Fukami T. 2017. Linking modern coexistence theory and contemporary niche theory. *Ecological Monographs*, 87(2): 161–177.
- Li J, Xue Y D, Liao M F, et al. 2022. Temporal and spatial activity patterns of sympatric wild ungulates in Qinling Mountains, China. *Animals*, 12(13): 1666.
- Libert S, Bonkowski M S, Pointer K, et al. 2012. Deviation of innate circadian period from 24 h reduces longevity in mice. *Aging Cell*, 11(5): 794–800.
- Main M B, Weckerly F W, Bleich V C. 1996. Sexual segregation in ungulates: new directions for research. *Journal of Mammalogy*, 77(2): 449–461.
- O'Brien T G, Baillie J E M, Krueger L, et al. 2010. The Wildlife Picture Index: monitoring top trophic levels. *Animal Conservation*, 13(4): 335–343.
- Owen-Smith N, Goodall V. 2014. Coping with savanna seasonality:

- comparative daily activity patterns of African ungulates as revealed by GPS telemetry. *Journal of Zoology*, 293(3): 181–191.
- Pielou E C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10(2): 370–383.
- Schipper J, Chanson J S, Chiozza F, et al. 2008. The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science*, 322(5899): 225–230.
- Shannon C E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379–423.
- Sinclair A R E. 2003. Mammal population regulation, keystone processes and ecosystem dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 358(1438): 1729–1740.
- Sobral M, Silvius K M, Overman H, et al. 2017. Mammal diversity influences the carbon cycle through trophic interactions in the Amazon. *Nature Ecology & Evolution*, 1(11): 1670–1676.
- Spoelstra K, Wikelski M, Daan S, et al. 2016. Natural selection against a circadian clock gene mutation in mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(3): 686–691.
- Zhang Y K, He X B, Liu X H, et al. 2021. Fine-scale activity patterns of large- and medium-sized mammals in a deciduous broadleaf forest in the Qinling Mountains, China. *Journal of Forestry Research*, 32(6): 2709–2717.
- 白淑露, 李艳红, 郑维超, 等. 2021. 唐家河国家级自然保护区川金丝猴生境适宜性评价. *生态学报*, 41(11): 4460–4468.
- 陈红, 吉晟男, 张勘, 等. 2022. 小相岭山系大中型兽类多样性的红外相机调查. *兽类学报*, 42(4): 461–470.
- 陈星, 赵联军, 胡茜茜, 等. 2020. 岩羊在森林-草甸交错生境活动的季节特征. *动物学杂志*, 55(6): 692–701.
- 丁彦珂, 姚志诚, 赵唱, 等. 2023. 贺兰山马麝 (*Moschus chrysogaster*) 生境适宜性评价. *生态学报*, 43(8): 3150–3156.
- 范元英, 黎大勇, 黄小富, 等. 2015. 岷山山系川金丝猴群的社会结构——以唐家河国家级自然保护区川金丝猴为例. *四川动物*, 34(6): 832–836.
- 高浩翔, 申立泉, 刘瑞, 等. 2023. 甘肃兴隆山国家级自然保护区马麝夏季种群分布与生境适宜性的关系. *野生动物学报*, 44(2): 284–289.
- 胡锦涛. 1999. 唐家河自然保护区兽类资源初析. *四川师范学院学报: 自然科学版*, 20(1): 10–14.
- 胡锦涛. 2005. 四川唐家河自然保护区综合科学考察报告. 成都: 四川科学技术出版社.
- 胡茜茜, 李佳琦, 罗旭, 等. 2019. 基于红外相机的四川亚丁国家级自然保护区鸟兽多样性初报. *兽类学报*, 39(3): 333–343.
- 胡茜茜, 郑维超, 李佳琦, 等. 2018. 四姑娘山国家级自然保护区鸟兽多样性初步调查. *生物多样性*, 26(12): 1325–1331.
- 黄尤优, 刘守江, 胡进耀, 等. 2009. 唐家河保护区主要植被类型景观格局的梯度分析. *长江流域资源与环境*, 18(2): 197–203.
- 李晟, 王大军, 卜红亮, 等. 2016. 四川省老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查. *兽类学报*, 36(3): 282–291.
- 李晟, 王大军, 肖治术, 等. 2014a. 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景. *生物多样性*, 22(6): 685–695.
- 李晟, 张晓峰, 陈鹏, 等. 2014b. 秦岭南坡森林有蹄类群落组成与垂直分布特征. *动物学杂志*, 49(5): 633–643.
- 李勤, 郭建国, 寇晓军, 等. 2013. 相机陷阱在野生动物种群生态学中的应用. *应用生态学报*, 24(4): 947–955.
- 刘明星, 陈星, 侯星羽, 等. 2021. 王朗国家级自然保护区岩羊集群结构及季节变化. *兽类学报*, 41(3): 321–329.
- 刘明星, 任宝平, 陈星, 等. 2022. 四川白河国家级自然保护区及其周边区域有蹄类多样性与空间分布初报. *兽类学报*, 42(3): 250–260.
- 刘鹏, 付明霞, 齐敦武, 等. 2020. 利用红外相机监测四川大相岭自然保护区鸟兽物种多样性. *生物多样性*, 28(7): 905–912.
- 刘群秀. 2009. 藏狐的活动规律、家域特征及生境选择的研究. 上海: 华东师范大学博士学位论文.
- 马克平. 2011. 监测是评估生物多样性保护进展的有效途径. *生物多样性*, 19(2): 125–126.
- 阮向东, 陈奕欣, 王博宇, 等. 2023. 湖南八大公山国家级自然保护区兽类和鸟类多样性及活动节律调查. *兽类学报*, 43(3): 342–351.
- Smith A T, 解焱. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社.
- 孙佳欣, 李佳琦, 万雅琼, 等. 2018. 四川 9 种有蹄类动物夏秋季活动节律研究. *生态与农村环境学报*, 34(11): 1003–1009.
- 田佳, 朱淑怡, 张晓峰, 等. 2021. 大熊猫国家公园的地栖大中型鸟兽多样性现状: 基于红外相机数据的分析. *生物多样性*, 29(11): 1490–1504.
- 王东, 万雅琼, 汪世钊, 等. 2020. 基于红外相机技术调查长江正源沱沱河流域鸟兽多样性. *生物多样性*, 28(9): 1132–1140.

- 王晓娟, 谌利民, 钟义, 等. 2023. 唐家河国家级自然保护区川金丝猴的种间关联和保护. 野生动物学报, 44(1): 1–13.
- 王西之, 胡锦矗. 1999. 四川兽类原色图鉴. 北京: 中国林业出版社.
- 魏俊, 郑维超, 杨陈, 等. 2019. 唐家河国家级自然保护区药用植物资源及多样性特征分析. 西北植物学报, 39(7): 1307–1315.
- 吴华, 胡锦矗, 陈万里, 等. 2000. 唐家河自然保护区鬣羚春冬季对生境的选择. 动物学研究, 21(5): 355–360.
- 吴政浩, 丁志锋, 周智鑫, 等. 2023. 中国陆生脊椎动物野外调查的发展现状与文献分析. 生物多样性, 31(3): 202–219.
- 肖梅, 何芳, 杨旭, 等. 2022. 唐家河国家级自然保护区四川羚牛 (*Budorcas betanous*) 活动节律及季节变化. 四川林业科技, 43(3): 36–43.
- 肖治术, 李欣海, 王学志, 等. 2014. 探讨我国森林野生动物红外相机监测规范. 生物多样性, 22(6): 704–711.
- 肖治术, 李学友, 向左甫, 等. 2017. 中国兽类多样性监测网的建设规划与进展. 生物多样性, 25(3): 237–245.
- 谢波, 王丞, 樊涵, 等. 2022. 基于红外相机监测的梵净山同域分布毛冠鹿和小鹿活动节律研究. 四川动物, 41(2): 175–183.
- 于桂清, 康祖杰, 刘美斯, 等. 2018. 利用红外相机对湖南壶瓶山国家级自然保护区兽类和鸟类多样性的初步调查. 兽类学报, 38(1): 104–112.
- 曾治高, 宋延龄, 麻应太, 等. 2005. 牛背梁自然保护区食肉目和偶蹄目动物的区系特征与生态分布. 生态学报, 25(9): 2249–2255.
- 张德丞. 2022. 利用红外相机研究大型兽类多样性及活动时空节律——以大熊猫国家公园九寨沟片区为例. 雅安: 四川农业大学硕士学位论文.
- 张璐, 范鹏飞. 2020. 中国水獭保护现状及珠江口水獭种群重建探讨. 兽类学报, 40(1): 71–80.
- 张如梅, 张庆, 杨道, 等. 2023. 高山生态系统哺乳动物多样性时空分布格局——以大熊猫国家公园雪宝顶片区为例. 兽类学报, 43(5): 533–543.
- 张源笙, 蒋健, 蒋万杰, 等. 2017. 北京松山国家级自然保护区兽类活动节律初步研究. 四川动物, 36(4): 460–467.
- 张泽钧. 2016. 四川唐家河国家级自然保护区生物多样性研究. 北京: 科学出版社.

(上接第 341 页)

叽喳柳莺隶属雀形目 (Passeriformes) 柳莺科 (Phylloscopidae), 分布几乎横贯古北界 (Baker 1997)。其中许多分类单元传统上都作为 *P. collybita* 异域分布的亚种 (Vaurie 1954)。国外有学者基于声音、形态学及分子生物学等方面的证据, 认为 *P. collybita* 应包括 5 个亚种, 即 *collybita*、*abietinus*、*brevirostris*、*caucasicus* 和 *menzbieri* (Clement et al. 1998)。国内传统上认为叽喳柳莺包括 7 个亚种 (赵正阶 2001, 郑作新 2010), 其中分布于兰萨罗特岛的 *exsul* 亚种很可能现已灭绝 (Baker 1997), 而在我国有分布的即 *tristis* 亚种。该鸟在我国夏季主要见于新疆, 冬季偶见于广东、香港、河北、河南、青海、湖北、北京, 安徽、上海、西藏、甘肃和山东 (郑作新 2010, 张建平 2020, 郑光美 2023)。经查阅《江苏鸟类》(鲁长虎 2015) 和《中国鸟类分类与分布名录》(第 4 版, 郑光美 2023) 等相关文献, 并检索 eBird (<http://www.ebird.org>) 和中国观鸟记录中心 (<http://www.birdreport.cn/>) 的数据, 均无叽喳柳莺在江苏的观测记录。

该鸟运动能力良好, 表现出正常的觅食等行为, 符合野生鸟类行为特点, 而且当地没有饲养和放生的记录, 因此确定为江苏省鸟类分布新记录种, 判断其居留型为迷鸟或罕见冬候鸟。本次发现对研究叽喳柳莺的地理分布与居留型提供了基础资料。

致谢 感谢北京师范大学张正旺教授和中山大学刘阳教授对本文提出的宝贵修改意见。

李兆楠^{①②} 张广志^③ 陆莉^④

① 北京市东城区青少年科技馆 北京 100011; ② 北京动物学会 北京 100076;

③ 徐州野鸟会 徐州 221114; ④ 自然之友野鸟会 北京 100029