

梵净山黔金丝猴与藏酋猴冬春季生态位分化初探

贾伟 何青青 闫莎莎 罗涛 吴欢欢 邓怀庆 周江*

贵州师范大学生命科学学院 贵阳 550001

摘要: 同域物种的共存往往是通过生态位分化实现的, 黔金丝猴 (*Rhinopithecus brelichi*) 和藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 为梵净山同域分布物种。为了理解二者的生态位分化关系, 2020年12月至2021年6月通过在梵净山保护区安放的24台红外相机进行冬春季的野外监测, 发现有18台相机捕获到藏酋猴, 4台相机捕获到黔金丝猴, 有3台相机对二者均有捕获。总共获得了黔金丝猴的照片23张, 事件发生8次; 藏酋猴的照片373张, 事件发生95次; 未捕获到黔金丝猴和藏酋猴同一时间段出现。通过海拔高度、采食行为、出现时间这些数据对二者生态位分化进行了分析, 得到了同域分布的这两种灵长类动物生态位分化模式。调查结果显示, 虽然梵净山冬春季黔金丝猴和藏酋猴的分布区域存在部分重叠, 但黔金丝猴活动高峰早于藏酋猴约2 h; 黔金丝猴更倾向于树上取食, 藏酋猴更倾向于地上取食, 避免了直接在食物资源上的竞争。二者通过活动节律和觅食策略差异实现生态位分化, 从而更好地适应生存环境, 以实现同域共存状态。

关键词: 梵净山; 黔金丝猴; 藏酋猴; 生态位分化; 同域分布

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2022) 04-503-11

Preliminary Study on the Niche Differentiation of Grey Snub-nosed Monkey and Tibetan Macaque in Fanjing Mountain in Winter and Spring

JIA Wei HE Qing-Qing YAN Sha-Sha LUO Tao WU Huan-Huan
DENG Huai-Qing ZHOU Jiang*

School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China

Abstract: [Objectives] The coexistence of competing species in the same area is often achieved through ecological niche differentiation. The Grey Snub-nosed Monkeys (*Rhinopithecus brelichi*) and Tibetan Macaques (*Macaca thibetana*) occupy the same area in the Fanjing Mountain. This study compares the ecological dispensing characteristics of the two sympatric primary species, and it is helpful for better

基金项目 贵州省科技厅基金项目 (黔科合基础-ZK[2021]一般 095), 生态环境部生物多样性调查评估项目 (No. 2019HJ2096001006), 国家自然科学基金项目 (No. 32070523, 3207030491), 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑[2018]2258号), 贵州师范大学学术新苗基金项目 (黔师新苗[2021]20号);

* 通讯作者, E-mail: zhoujiang@ioz.ac.cn;

第一作者介绍 贾伟, 男, 硕士研究生, 研究方向: 动物生态学, E-mail: 2465862467@qq.com.

收稿日期: 2021-11-08, 修回日期: 2022-05-10 DOI: 10.13859/j.cjz.202204003

protection of the endangered species. **[Methods]** From December 2020 to June 2021, we conducted camera trapping survey in Fanjingshan National Nature Reserve, Guizhou, in order to explore the ecological position of Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques, with 24 infrared cameras placed in Xvjiagou, Hugu Temple, Fanjingshan Village, and Lengjiaba in Fanjing Mountain Reserve (Fig. 1). Analysis of differences in the daily activity rhythms of two primate species was performed based on images captured by infrared cameras. Based on the independent events filmed by the infrared camera, the relative activity index (RAI) of each time during each period time is calculated every 2 hours. The ecological niche differentiation of the two species was analyzed using the altitude, feeding behavior, and emergence time, and the ecological niche differentiation patterns of these two species of primates with the same domain distribution were obtained. **[Results]** The results showed that: (1) Eighteen cameras captured Tibetan Macaques and four cameras captured Grey Snub-nosed Monkeys, while three cameras captured both Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques. Photos and videos taken continuously by the same camera within 30 minutes were grouped into the same trigger event. A total of 23 photos of Grey Snub-nosed Monkeys over eight events were obtained, while 373 photos of Tibetan Macaques over 95 events were obtained. There were no photos of Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques appearing together (Table 1). (2) The distribution areas of Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques in Fanjing Mountain in winter and spring partially overlapped at altitudes of 969 to 1 277 meters, with a certain degree of competition (Table 1). (3) The activities of Grey Snub-nosed Monkeys were influenced by those of the Tibetan Macaques, and Grey Snub-nosed Monkeys were in a competitive position between the two; the peak activity of Tibetan Macaques occurred about 2 hours later, and the two primates showed a clear divergence in peak activity time (Fig. 2 & Fig. 3). (4) The two species exhibited different feeding behaviors (56.5% of Grey Snub-nosed Monkeys preferred to feed in trees, while 61.9% of Tibetan Macaques preferred to feed on the ground), and there was a clear differentiation between the two in terms of feeding behavior (Table 2). **[Conclusion]** The differences in activity time and activity space formed different dimensions of differentiation in ecological niches, and feeding on different foods helped them to avoid direct competition for food resources. It can be assumed that the co-distributed Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques in Fanjingshan Mountain have achieved ecological differentiation and coexistence through these means.

Key words: Fanjing Mountain; Grey Snub-nosed Monkey, *Rhinopithecus brelichi*; Tibetan Macaque, *Macaca thibetana*; Niche differentiation; Sympatric distribution

同域分布的物种能够稳定共存通常都是以生态位分化为基础, 而研究同域分布物种的相互关系, 特别是生态位相近物种间的共存机制, 对于了解区域内生物多样性空间分布格局以及生物群落结构非常重要 (储诚进等 2017)。同域分布物种的生态位分化主要发生在时间、空间和食物三个维度上 (Schoener 1974), 即日活动节律和季节变化、海拔和植被类型、食物来源的区分和喜食食物的不同, 分别在时间、

空间和食物维度上导致生态位的分化。

在同一区域内, 生态位相近的物种间必定存在着生态位分化 (Hardin 1960), 经典生态位理论认为, 每一物种都有着特定的生态位需求, 物种只有在满足其生态位需求的多维空间中, 才能在没有迁入的条件下持续生存 (Hutchinson 1957)。研究比较同域分布灵长类物种的生态位分化特征, 有助于对濒危灵长类物种的保护实践 (Linnell et al. 2010)。如白

泚露 (2019) 在唐家河保护区同域分布的川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellanae*) 与藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 生境适应比较研究中, 发现川金丝猴具有明显的季节性垂直迁移现象, 而藏酋猴一年四季均在海拔较低的阔叶林带活动, 无明显的季节性垂直迁移变化; 川金丝猴在冬季会从针阔混交林迁移到海拔相对较低、食物资源相对丰富的阔叶林中活动, 使两种灵长类动物对低海拔地区的利用程度增大, 对食物资源的竞争加剧。同域分布的物种对同一资源的利用程度较高时, 势必会导致它们在生态位上的分离 (樊乃昌等 1995)。在唐家河保护区利用红外相机同时监测到川金丝猴和藏酋猴在同一区域不同时间段活动, 表明二者存在时间尺度上的回避; 同时, 在空间尺度上发现川金丝猴会主动避让已被藏酋猴占领的地方 (白泚露 2019)。因此, 二者很大程度上是通过生境分离以及不同的生境利用和空间避让实现共存, 不同的生境利用策略反映了它们不同的生态需求 (白泚露 2019)。

黔金丝猴 (*R. brelichi*) 隶属于灵长目 (Primates) 猴科 (Cercopithecidae) 疣猴亚科 (Colobinae) 仰鼻猴属, 只分布于中国贵州省境内武陵山脉的梵净山地区, 其种群数量稀少, 分布范围狭窄, 为国家 I 级重点保护野生动物 (国家林业和草原局 2021)。作为梵净山亚热带常绿阔叶林生态系统的重要物种, 黔金丝猴的种群状态是该生态系统健康程度的重要指标 (杨业勤等 2002)。同时, 根据对该区域内哺乳动物长期调查结果, 灵长目猴科猕猴属的藏酋猴也是梵净山亚热带常绿阔叶林生态系统的重要物种之一 (Xiang et al. 2009)。研究发现, 黔金丝猴全年平均分布在海拔范围 1 400~2 100 m 区域, 夏秋季主要在海拔 1 700~1 900 m 的狭窄区域内活动, 而在应对寒冷以及食物匮乏的冬春季时, 黔金丝猴更倾向于在 900~1 300 m 的低海拔地区活动, 以降低能量消耗和提高食物的可获得性 (Guo et al. 2018)。杨炯鑫 (1994) 在 5 和 6 月以及 10 和 11 月对梵净

山东北坡的藏酋猴进行跟踪观察, 发现其主要 在海拔 800~1 900 m 的常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林带活动。黔金丝猴全年可食植物种类 31 科 51 属 104 种, 夏秋季取食植物种类有 81 种, 约占总种类数的 77.9%, 而冬春季仅能取食 34 种植物, 约占总种类数的 32.7% (杨龙等 2002, Guo et al. 2018)。王丞等 (2020) 2017 年到 2019 年期间在梵净山东北部黔金丝猴和藏酋猴的集中分布区布设了 20 台红外相机, 初步调查了两者的空间分布情况, 发现冬季黔金丝猴与藏酋猴在常绿落叶阔叶混交林表现出一定的空间生态位重叠, 但并未深入分析两种灵长类物种通过何种方式实现生态位分化, 缓解竞争压力。

本研究以武陵山脉中部主峰的梵净山国家级自然保护区为研究区域, 利用红外相机监测技术在区内开展野外调查, 收集黔金丝猴与藏酋猴的空间分布、日活动节律及采食行为数据, 探讨区内冬春季黔金丝猴与藏酋猴如何在活动空间与时间以及采食行为策略上实现生态位分化, 阐明二者同域共存与竞争的维持机制。研究结果将为该区域内黔金丝猴等关键物种的科学保护与管理提供重要基础信息。

1 研究方法

1.1 研究区概况

梵净山国家级自然保护区位于贵州省东北部的江口、松桃和印江三县交界处, 地处武陵山脉中部, 且为武陵山脉的主峰, 保护区地理坐标为 108°45'55"~108°48'30" E, 27°49'50"~28°1'30" N, 保护区总面积 4.19 万 hm^2 。梵净山的植被类型随海拔高度表现出垂直分布, 海拔 1 300 m 以下为常绿阔叶林, 海拔 1 300~2 200 m 为常绿落叶阔叶混交林, 海拔 2 200 m 以上为针阔混交林和高山灌丛 (邓涵中 2014, 牛克锋等 2014)。按照四个方位将梵净山保护区内分为西南部徐家沟 (区域海拔 1 000 m 以下, 常绿阔叶林生境, 主要人为活动为农田开垦)、西北部护国寺 (区域海拔 1 000~2 200 m,

常绿落叶阔叶混交林生境，主要人为活动为盘山公路)、东南部梵净山村(区域海拔 1 000 ~ 2 200 m, 常绿落叶阔叶混交林生境，主要人为活动为旅游开发)和东北部冷家坝(区域海拔 1 000 ~ 2 200 m, 常绿落叶阔叶混交林生境，主要人为活动为农田开垦) 4 个研究区域，作为本次的主要研究区域(图 1)。

1.2 数据收集

1.2.1 红外相机调查 2020 年 12 月至 2021 年 6 月，在梵净山保护区内部分地区开展大中型哺乳动物的红外相机野外调查。如图 1 所示，根据梵净山保护区边界，使用 ArcGIS10.2 生成覆盖全区的 1 km × 1 km 的标准网格阵列，以这些网格作为野外调查单元(李晟 2020)。然

后结合梵净山黔金丝猴与藏酋猴的分布特点(周政贤 1990, Guo et al. 2018)，在梵净山保护区内的西南部徐家沟、西北部护国寺、东南部梵净山村和东北部冷家坝 4 个研究区域，共 13 个千米网格，每个网格放置 1 ~ 3 台红外相机(猎科 LTL6210MC)，每台相机均放置在动物通道上或者发现动物痕迹(如有粪便、毛发或采食痕迹)较多的地点，共布设 24 台红外相机进行监测。海拔范围 526 m 到 1 849 m(图 1)，其中，冷家坝为黔金丝猴的集中分布区，故在黔金丝猴活动痕迹明显的位置也布放了红外相机(郭艳清等 2017)。相机设置为每次触发后连续拍摄 3 张照片和 1 段视频，视频长度 10 s。记录各调查位点的经纬度、地

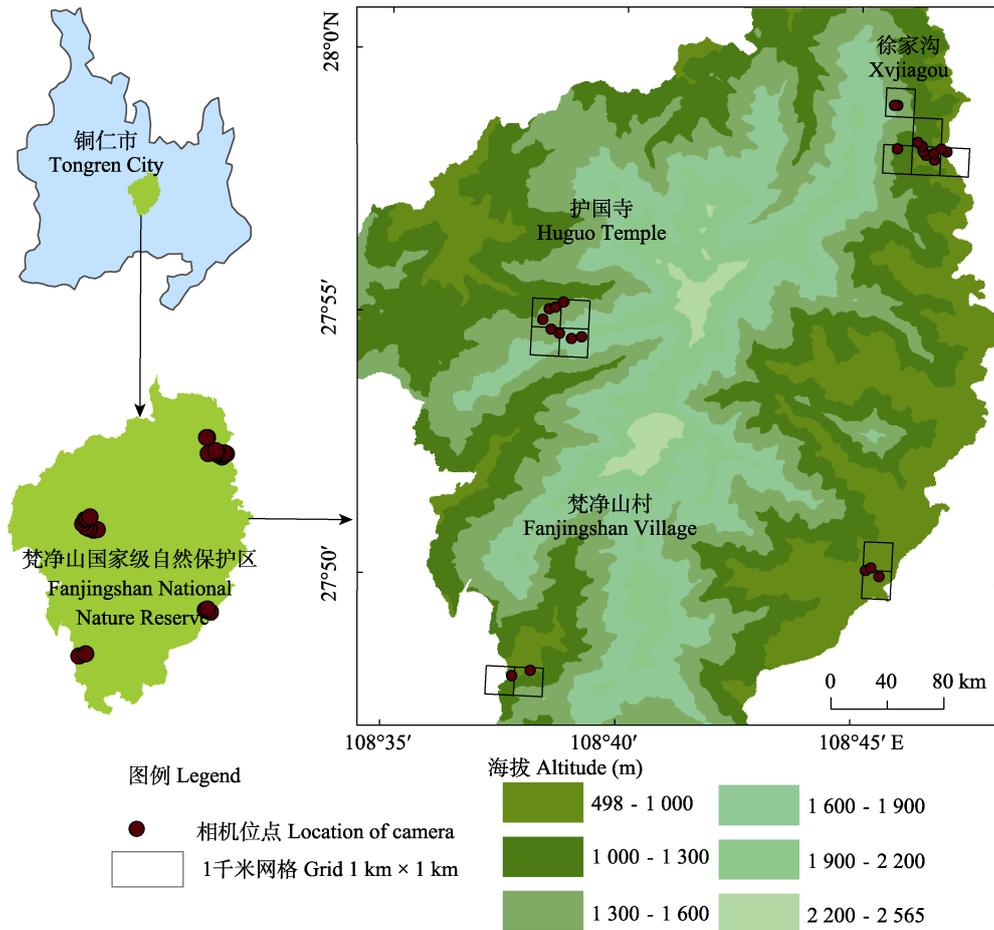


图 1 贵州省梵净山国家级自然保护区红外相机分布位点

Fig. 1 The camera trapping sites in Fanjingshan National Nature Reserve, Guizhou

形地貌、植被类型、林灌结构等小生境信息。根据梵净山地区的食物资源和气候特点(谢仁波等 2015, Guo et al. 2018), 并为保证时间的一致性, 将梵净山的冬季(12月至次年2月)和春季(3至5月)各作为一个调查周期, 在每个调查周期结束时, 更换电池和存储卡。

1.2.2 数据整理 根据相机编号建立对应文件夹, 将每一轮野外调查取回的存储卡数据导入电脑并存入相应的文件夹。使用 Bio-Photo (V2.1) 软件对红外相机拍摄的照片和视频进行批量处理, 自动提取其中的拍摄日期、时间等信息, 并按照统一格式对照片和视频进行系统重命名, 将红外相机拍摄到的照片和视频根据拍摄对象归为以下7类, 兽类、鸟类、家畜、工作人员、其他人员、空白和其他。对于黔金丝猴与藏酋猴的照片和视频, 进行动物行为的观察确认以及统计(李晟 2020)。将相同地点同一时间连续拍摄的照片和视频归为同一触发事件, 每个触发事件选取1张有效照片, 即同一相机在30 min内拍到多张藏酋猴或黔金丝猴的照片或视频, 只保留其出现数量最多的1张照片或视频作为有效照片。每张有效照片的相关信息在Microsoft Excel 2019上进行记录和统计, 以收集到的梵净山保护区范围内的黔金丝猴和藏酋猴分布位点数据为基础, 统计拍摄到黔金丝猴或藏酋猴相机位点的海拔、黔金丝猴或藏酋猴出现频率以及植被类型, 分析其空间活动规律。计算二者的相对活动强度(relative activity index, RAI), 分析其活动节律。统计每次触发事件中群体的数量, 记录个体觅食行为, 如在树上采食植物的花、种子、果实和幼嫩的叶等, 或在地面寻找食物, 如植物种子等。

对获得的藏酋猴和黔金丝猴照片数据(视频同样被视为照片)进行处理, 在处理连续照片时, 为降低同一物种照片的自相关性, 设置一定的时间间隔, 以30 min为间隔分开的照片作为1次独立事件(Michalski et al. 2010)。依据红外相机拍摄的两种动物独立事件, 全天以

每2 h为时间段, 计算每个时间段黔金丝猴和藏酋猴的相对活动强度, $I_{RA} = (N_f/N) 100\%$, 式中, I_{RA} 表示某种动物在某一时间段内的相对活动强度, N_f 表示该种动物在第 f 个时间段($f=1, 2, 3, \dots, 11, 12$)的独立事件数, N 表示所有红外相机拍摄到该种动物独立事件总数(Azlan et al. 2006)。

2 结果与分析

结果显示, 24个有效红外相机位点海拔范围526~1849 m, 总有效相机工作日4848 d, 获得照片8082张。共有4台相机拍摄到黔金丝猴, 海拔范围903~1277 m, 拍摄时间范围为9:10~18:00时, 照片23张, 独立事件8次; 共有18台相机拍摄到藏酋猴, 海拔范围526~1608 m, 拍摄时间范围为7:15~20:38时, 照片373张, 独立事件95次。有1台红外相机仅拍摄到黔金丝猴, 海拔903 m, 拍摄时间为9:43时, 共有黔金丝猴照片3张, 独立事件1次; 有3台红外相机于不同时间段分别拍摄到藏酋猴和黔金丝猴, 海拔分别为969 m、1008 m和1277 m, 拍摄时间范围为8:58~18:00时, 分别采集黔金丝猴照片23张(独立事件8次)和藏酋猴照片373张(独立事件95次), 共计396张, 独立事件103次; 未记录到黔金丝猴和藏酋猴同时出现的情况(表1)。

2.1 梵净山保护区黔金丝猴与藏酋猴的空间分布分析

徐家沟区域共放置2台相机, 均仅拍摄到藏酋猴; 护国寺共放置8台相机, 有2台仅拍摄到藏酋猴, 海拔分别为1288和1608 m, 有1台(海拔1277 m)同时拍摄到黔金丝猴和藏酋猴, 2种灵长类在该地区重叠分布; 梵净山村共放置3台相机, 均仅拍摄到藏酋猴, 海拔范围526~745 m; 冷家坝共放置11台相机, 有8台仅拍摄到藏酋猴, 海拔范围909~1129 m, 1台仅拍摄到黔金丝猴, 海拔903 m, 有2台同时拍摄到藏酋猴和黔金丝猴, 海拔范围969~1008 m, 2种灵长类于该地区重叠分布。

表 1 梵净山保护区不同区域红外相机所拍摄到的黔金丝猴与藏酋猴照片统计
Table 1 Summary of Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques photos taken by infrared cameras in different areas

研究区域 Study area	相机位点 Camera site	海拔 Elevation (m)	黔金丝猴 Grey Snub-nosed Monkey		藏酋猴 Tibetan Macaques	
			照片数 Photos number	事件次数 Number of events	照片数 Photos number	事件次数 Number of events
徐家沟 Xujiagou	XJG1	783			4	1
	XJG4	801			4	1
护国寺 Huguo Temple	HGS1-1	1 849				
	HGS1-2	1 751				
	HGS1-3	1 594				
	HGS1-4	1 608			16	2
	HGS1-5	1 359				
	HGS2-1	1 297				
	HGS2-2	1 288			14	4
梵净山村 Fanjingshan Village	HGS2-3	1 277	1	1	21	6
	FJSC1-1	526			12	3
	FJSC1-2	662			23	6
冷家坝 Lengjiaba	FJSC1-3	745			15	1
	THY1	903	3	1		
	THY2	969	8	3	21	5
	THY3	1 008	11	3	32	8
	THY4	1 046			12	3
	THY5	1 093			16	4
	THY6	1 129			34	9
	THY1-1	960			16	2
	THY1-2	1 097			88	23
DP1	909			22	6	
DP2	994			18	6	
DP3	1 065			5	5	
共计 Total			23	8	373	95

所有区域 24 台相机中拍摄到黔金丝猴或藏酋猴的红外相机共 19 台, 其中, 拍摄到藏酋猴的相机为 18 台, 海拔范围 526 ~ 1 608 m; 拍摄到黔金丝猴的相机为 4 台, 海拔范围 903 ~ 1 277 m; 二者同时拍摄到的相机为 3 台, 相机海拔范围为 969 ~ 1 277 m。同时拍摄到 2 种灵长类的位点数 (3 个) 占有拍摄到黔金丝猴或藏酋猴位点数 (19 个) 的 15.8%, 仅拍摄到 1 种的位点数 (16 个) 占有拍摄到黔金丝猴或藏酋猴位点数 (19 个) 的 84.2%。

2.2 梵净山保护区黔金丝猴与藏酋猴的活动节律分析

通过比较所有相机拍摄到藏酋猴或黔金丝猴的日活动节律 (图 2) 与同一相机拍摄到黔金丝猴与藏酋猴的日活动节律 (图 3), 发现黔金丝猴的活动节律都呈多峰型, 最大相对活动强度 (I_{RAmax}) 为 42.86; 藏酋猴活动都呈单峰型, 最大相对活动强度 (I_{RAmax}) 为 46.15。两种情况下, 藏酋猴的日活动节律并没有显著变化, 但在同一相机拍摄到黔金丝猴与藏酋猴

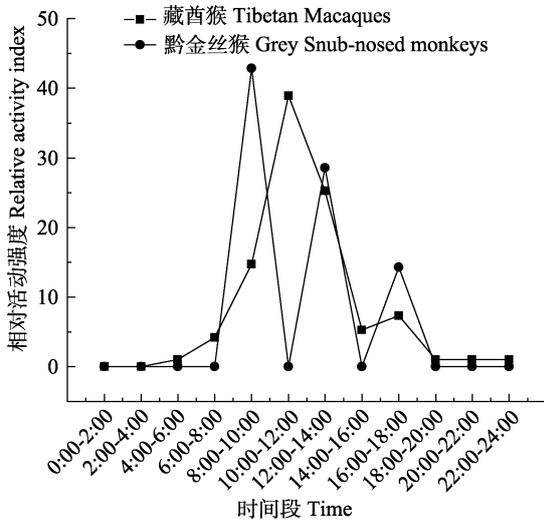


图2 所有相机拍摄到藏酋猴和黔金丝猴的日活动节律

Fig. 2 Daily activity rhythm of Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques captured by the all cameras

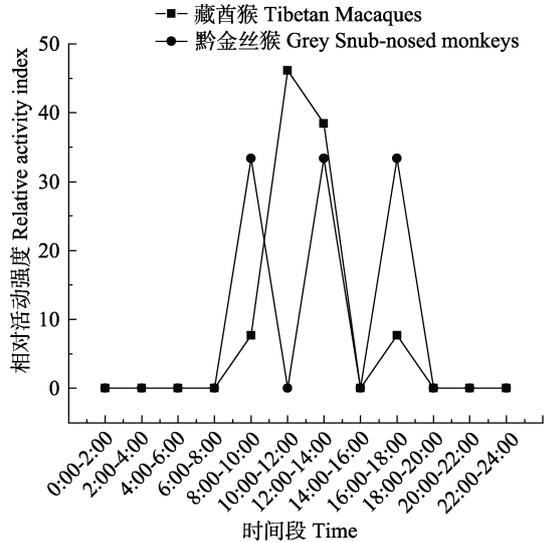


图3 同一相机拍摄到黔金丝猴与藏酋猴的日活动节律

Fig. 3 Daily activity rhythm of Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques captured by the same cameras

的情况下, 其最大活动强度 ($I_{RAmax} = 46.15$) 较单独被拍摄到时 ($I_{RAmax} = 38.46$) 增加; 而

黔金丝猴的活动节律却从单峰型变成多峰型, 且同一相机拍摄到黔金丝猴与藏酋猴时的最大活动强度 ($I_{RAmax} = 33.33$) 较所有相机拍摄到藏酋猴或黔金丝猴的日活动节律 ($I_{RAmax} = 42.86$) 增加减弱。

在3台同时拍摄到黔金丝猴与藏酋猴的相机数据中, 3台相机分别拍摄到了1、8、13只黔金丝猴, 事件发生数7次; 分别拍摄到了7、18、15只藏酋猴, 事件发生数19次, 这3台拍相机1台在护国寺、2台在冷家坝。其中, 护国寺的相机因时间设置问题, 故在结果部分未统计时间, 仅记录捕获到的只数和事件次数。拍到黔金丝猴的照片数量明显小于藏酋猴, 且藏酋猴的事件发生次数也多于黔金丝猴。冷家坝区域的2台相机最早于9:10时捕获到黔金丝猴活动, 最早于8:58时拍到藏酋猴活动。在8:00~10:00时黔金丝猴的活动强度 ($I_{RA} = 33.33$) 远远大于藏酋猴 ($I_{RA} = 7.69$); 在10:00~12:00时其活动强度 ($I_{RA} = 0$) 降低到低谷; 而这一时间段藏酋猴的活动强度 ($I_{RA} = 46.15$) 达到顶峰, 两者的活动高峰期显著错开; 12:00~14:00时藏酋猴的活动强度下降 ($I_{RA} = 38.46$), 虽大于黔金丝猴 ($I_{RA} = 33.33$), 但藏酋猴的活动强度 (46.15到38.36) 呈下降趋势, 而黔金丝猴的活动强度 (0到33.33) 却在上升; 14:00~16:00时两者活动强度都降低到低谷; 16:00~18:00时黔金丝猴的活动强度 ($I_{RA} = 33.33$) 远远大于藏酋猴 ($I_{RA} = 7.69$); 藏酋猴的活动峰值晚约2h, 2种灵长类在活动时间高峰出现了明显分化。

2.3 梵净山保护区黔金丝猴与藏酋猴采食行为分析

通过对黔金丝猴与藏酋猴采食行为统计 (表2), 所有相机中共有4台拍到了黔金丝猴, 共记录到其采食事件5次, 共拍到23只黔金丝猴的采食行为, 其中13只黔金丝猴在树上采食树叶或嫩芽, 占56.5%; 共10只黔金丝猴在地面寻找果实或种子, 占43.5%; 在树上采食的行为较地上采食行为多。所有相机中共有

表 2 黔金丝猴与藏酋猴采食行为统计

Table 2 Statistics of feeding behavior of Grey Snub-nosed Monkeys and Tibetan Macaques

相机位点 Camera site	黔金丝猴 Grey Snub-nosed Monkey			藏酋猴 Tibetan Macaques		
	采食事件次数 Number of feeding events	树上采食只数 Number of feeding on the trees	地上采食只数 Number of feeding on the ground	采食事件次数 Number of feeding events	树上采食只数 Number of feeding on the trees	地上采食只数 Number of feeding on the ground
XJG1				1	0	1
XJG4				1	0	1
HGS1-4				2	2	2
HGS2-2				3	2	2
HGS2-3	1	3	3	5	1	4
FJSC1-1				3	1	4
FJSC1-2				6	1	5
FJSC1-3				1	0	1
THY1	1	4	1			
THY2	2	3	5	5	7	10
THY3	1	3	1	7	4	5
THY4				3	3	4
THY5				3	1	2
THY6				7	3	5
THY1-1				1	3	4
THY1-2				20	9	13
DP1				6	3	3
DP2				5	2	3
DP3				5	3	4
共计 Total	5	13	10	84	45	73

18 台拍到了藏酋猴，共记录到其采食事件 84 次，共拍到 118 只藏酋猴的采食行为，其中 45 只藏酋猴在树上采食树叶或嫩芽，占 38.1%；共 73 只藏酋猴在地上寻找果实或种子，占 61.9%，在地面采食的行为较树上采食行为多。整体来看，黔金丝猴更倾向于在树上采食树上的树叶，而藏酋猴更倾向于在地上获得果实或种子，二者在取食行为上存在着明显的分化。

3 讨论

梵净山自然保护区内从护国寺开发的旅游线路从西到东将梵净山分隔成了南北两部分，黔金丝猴为树栖灵长类动物，由于护国寺区域缺乏高大乔木连通所构建的廊道，因此很难到达南部区域活动。另外，保护区修建的梵净山

公路以及东南部的旅游索道等基础设施都严重影响了黔金丝猴的栖息地选择 (Guo et al. 2018)。本研究中不同区域拍摄到两种灵长类的情况也进一步验证了黔金丝猴在梵净山的栖息地选择和利用结果。西南部的徐家沟仅拍到藏酋猴，没有拍到黔金丝猴，表明黔金丝猴在冬春季节并未出现在保护区西南部的低海拔区域，即 800 m 以下；东南部的梵净山村仅拍摄到藏酋猴，未拍到黔金丝猴，黔金丝猴也未出现在保护区东南部海拔更低的区域，即南部区域海拔范围 500 ~ 1 800 m 均无黔金丝猴的分布；西北部的护国寺拍到藏酋猴和黔金丝猴；东北部的冷家坝拍摄到了藏酋猴和黔金丝猴。不同研究区域内拍摄到不同的黔金丝猴分布情况与 Guo 等 (2018) 的研究结果一致——黔金

丝猴全年平均分布在海拔范围 1 000 ~ 2 100 m, 冬季最多下降到海拔 900 m 左右活动。结合 4 个调查区域对藏酋猴和黔金丝猴在保护区内分布进行总结, 即藏酋猴主要分布在保护区全境海拔 500 ~ 1 600 m 的常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林中, 而黔金丝猴集中分布在保护区东北部区域海拔 900 m 以上的常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林中; 冬春季两种灵长类主要是在保护区北部 900 ~ 1 300 m 的常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林区域产生重叠。两者存在着一定程度的竞争关系, 这是因为冬春季黔金丝猴的食物资源比较匮乏, 梵净山 1 300 m 以下的低海拔地区的植被密度高且无雪覆盖, 能够提供丰富的食物资源, 黔金丝猴会迁移到 900 ~ 1 300 m 的较低海拔的阔叶林中活动, 又因藏酋猴一年四季均在海拔 500 ~ 1 600 m 的阔叶林中活动, 使得两种灵长类动物对该地区的利用程度增大, 对食物的竞争加剧。

在 3 台同时捕获到黔金丝猴与藏酋猴的相机数据中, 拍到黔金丝猴的数量 (22 只) 明显小于藏酋猴 (40 只) 且藏酋猴的事件发生次数 (19 次) 也多于黔金丝猴 (7 次), 说明该区域藏酋猴的种群数量较大, 且活动较黔金丝猴频繁。黔金丝猴在 8:00 ~ 10:00 时就到达最大活动强度, 而藏酋猴在相同区域于 10:00 ~ 12:00 时到达最大活动强度, 说明 2 种灵长类在活动时间高峰出现了明显分化, 与黔金丝猴相比, 藏酋猴的活动高峰期往后推延约 2 h, 说明黔金丝猴和藏酋猴可以通过不同活动时间缓解在活动时间上冲突, 这是二者在长期共存过程中在日活动节律上产生的适应对策。通过对红外相机单独捕获与同时捕获状况下的两种灵长类动物日活动节律比较, 发现黔金丝猴与藏酋猴均为昼行性灵长类, 二者均在活动高峰后出现了活动强度的下降, 这在灵长类中也较为常见, 被认为是其在进行一段时间的取食活动后, 活动减弱并开始休息消化食物 (Ding et al. 2004, 唐创斌等 2017)。不同灵长类活动强度的时间差异也决定了休息时段的不同 (Harrison

1985, 黄乘明等 2000), 这可能也是黔金丝猴与藏酋猴活动强度低谷期出现时间不同的原因。

冬季同域灵长类栖息地重叠会更加明显, 这与其食物的可获得性有关 (Zhou et al. 2014): 冬春季食物资源比较匮乏, 两种灵长类动物之间的食物竞争可能加剧。黔金丝猴的主要食物类型为树芽、树皮、嫩枝和常绿树种的叶片 (Niu et al. 2010)。牛克锋等 (2014) 于 2012 年雪季 (1 ~ 3 月) 在梵净山保护区内东北部冷家坝区域 (27°58' N, 108°45' E) 通过粪便采集分析发现, 黔金丝猴除采食树芽、树皮和成熟叶片外, 还会采食一些地表食物, 如灌木木姜子属 (*Litsea*) 植物嫩枝和落地的四照花 (*Dendrobenthamia japonica*) 种子。这也证明冬春季黔金丝猴的食物资源匮乏, 会通过加大取食丰富度, 取食木姜子属植物以及落在地上容易获取的四照花种子来度过食物匮乏期, 这也导致与偏好于地面采食的藏酋猴产生生态位重叠, 加大了两之间食物的竞争。本研究对 2 种灵长类动物采食行为分析, 发现黔金丝猴更倾向于在树上采食树上的树叶, 而藏酋猴更倾向于在地面获得果实或种子, 二者在取食高度上仍存在着明显的分化。这也与仰鼻猴属物种多为叶食性, 而猕猴属的物种多为杂食性, 前者为树栖灵长类, 而后者更多地在地面活动的习性一致 (熊成培 1984, 杨炯鑫 1994, 白伊露 2019)。二者通过取食高度上的差异避免了对食物资源的直接竞争, 实现了空间维度上的生态位分化。

同域分布的物种常会通过空间、时间和食物等资源的利用差异以实现共存 (Albrecht et al. 2001, Matsuo et al. 2009)。例如在南美玻利维亚北部同域分布的结尾猴 (*Callimico goeldii*) 和棕须怪柳猴 (*Saguinus fuscicollis*) 通过不同的采食高度和利用不同食物种类的取食策略实现了共存 (Poter 2004)。同样, 在唐家河保护区同域分布的川金丝猴和藏酋猴可通过季节性的空间利用差异实现同域共存 (白伊露 2019)。冬季, 唐家河的川金丝猴食物资源

比较匮乏,川金丝猴全年可食植物种类 31 科 97 种,而冬季食物仅由 26 种植物组成,占总数的 26.8% (张泽钧 2016),而冬季唐家河低海拔地区食物资源丰富,因此川金丝猴会在海拔低于 2 500 m 的落叶阔叶林和针阔混交林内活动,而藏酋猴一年四季均在海拔较低的常绿阔叶林和落叶阔叶林带活动,使得两种灵长类动物对低海拔地区的利用程度增大,对食物资源的竞争力加剧。在唐家河保护区内多台红外相机同时监测到川金丝猴和藏酋猴在同一区域不同时间段活动的场景,藏酋猴的出现时间也往往早于川金丝猴,且发现川金丝猴会主动避让已被其他猴群占领的地方 (白伊露 2019)。梵净山冬春季食物资源短缺,海拔 900~1 300 m 的常绿阔叶林生境为灵长类动物提供了丰富的食物来源。本研究发现,黔金丝猴和藏酋猴在冬春季有生态位重叠现象,这是由于冬春季节,梵净山高海拔地区的常绿落叶阔叶混交林能为黔金丝猴提供的食物资源有限,它们需下迁至较低海拔的常绿阔叶林中,因此与在该区域活动的藏酋猴产生生态位重叠,两者食物竞争加剧。虽然冬春季黔金丝猴与藏酋猴存在分布区域的重叠,但二者可通过活动高峰时间和取食策略的差异避免了对食物资源的直接竞争,从而实现生态位分化,以达到同域共存状态。

本研究中,红外相机的布置位于梵净山保护区内的东南、东北、西南和西北四个区域,中部地区由于旅游景区的开发,人为干扰程度较为严重,故没有在中部地区布设红外相机。而根据拍摄到黔金丝猴的相机数据结果,在保护区内西南部和东南部均没有拍摄到黔金丝猴,仅有 4 台相机在北部区域拍摄到黔金丝猴,且拍摄到黔金丝猴活动的相机绝大部分都位于东北部的冷家坝地区,这也符合前人对黔金丝猴栖息地选择与利用的研究结果 (Xiang et al. 2009, 2012, Guo et al. 2018)。由于拍摄到黔金丝猴的样本量 (探测次数) 过小且集中于东北部区域,故能得到梵净山东北部区域黔金丝

猴的日活动节律,但也由于样本量的限制可能导致本研究结果与两个物种在整个梵净山保护区内的日活动节律模式存在着一定的偏差。所以若要探讨整个保护区内的黔金丝猴的活动是否受到了藏酋猴活动的影响,以及两个物种之间日活动节律的相互关系,以后将会更加科学地按照千米网格来布置相机,例如在梵净山内现有红外相机的基础上,在东西南北四个区域各划分 10 个 1 km × 1 km 的网格,每个网格放置 1 台红外相机,并在相机工作模式上偏向于录像,以便获得黔金丝猴与藏酋猴的行为学数据。获得连续不同季节的两种灵长类相机拍摄数据之后,从而用更加完善且科学的数据支撑取得更加精确的梵净山黔金丝猴与藏酋猴生态位分化的结果。

致谢 贵州师范大学生命科学学院的郭润、张天燕和梵净山国家级自然保护区管理局的工作人员对本次野外工作都提供了大力支持与帮助,在此致以诚挚的感谢。

参 考 文 献

- Albrecht M, Gotelli N J. 2001. Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants. *Oecologia*, 126(1): 134–141.
- Azlan J M, Sharma D S K. 2006. The diversity and activity patterns of wild felids in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Oryx*, 40(1): 36–41.
- Ding W, Zhao Q K. 2004. *Rhinopithecus bieti* at Tacheng, Yunnan: Diet and daytime activities. *International Journal of Primatology*, 25(3): 583–598.
- Guo Y Q, Zhou J, Xie J H, et al. 2018. Altitudinal ranging of the Guizhou golden monkey (*Rhinopithecus brelichi*): patterns of habitat selection and habitat use. *Global Ecology and Conservation*, 16: 473–486.
- Hardin G. 1960. The competitive exclusion principle. *Science*, 131(3409): 1292–1297.
- Harrison M J S. 1985. Time budget of the green monkey, *Cercopithecus sabaues*: Some optimal strategies. *International Journal of Primatology*, 6(5): 351–376.
- Hutchinson G E. 1957. Concluding remarks-cold Spring Harbor

- Symposia on quantitative biology. *Bulletin of Mathematical Biology*, 22(2): 415–427.
- Linnell J D C, Strand O. 2010. Interference interactions, coexistence and conservation of mammalian carnivores. *Diversity & Distributions*, 6(4): 169–176.
- Matsuo R, Ochiai K. 2009. Dietary overlap among two introduced and one native sympatric carnivore species, the raccoon, the masked palm civet, and the raccoon dog, in Chiba Prefecture, Japan. *Mammal Study*, 34(4): 187–194.
- Michalski F, Peres C A. 2010. Disturbance-mediated mammal persistence and abundance-areal relationships in Amazonian forest fragments. *Conservation Biology*, 21(6): 1626–1640.
- Niu K, Tan C L, Yang Y. 2010. Altitudinal movements of Guizhou snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus brelichi*) in Fanjingshan National Nature Reserve, China: implications for conservation management of a flagship species. *Folia Primatologica*, 81(4): 233–244.
- Porter L M. 2004. Forest use and activity patterns of *Callimico goeldii* in comparison to two sympatric tamarins, *Saguinus fuscicollis* and *Saguinus labiatus*. *American Journal of Physical Anthropology*, 124(2): 139–153.
- Schoener T W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185(4145): 27–39.
- Xiang Z F, Liang W B, Nie S G, et al. 2012. Diet and Feeding Behavior of *Rhinopithecus brelichi* at Yangaoping, Guizhou. *American Journal of Primatology*, 74(6): 551–560.
- Xiang Z F, Nie S G, Lei X P, et al. 2009. Current status and conservation of the gray snub-nosed monkey *Rhinopithecus brelichi* (Colobinae) in Guizhou, China. *Biological Conservation*, 142(3): 469–476.
- Zhou Q, Wei H, Tang H, et al. 2014. Niche separation of sympatric macaques, *Macaca assamensis* and *M. mulatta*, in limestone habitats of Nonggang, China. *Primates*, 55(1): 125–137.
- 白洪露. 2019. 同域分布川金丝猴和藏酋猴的生境适宜性比较. 南
- 充: 西华师范大学硕士学位论文, 44–46.
- 储诚进, 王酉石, 刘宇, 等. 2017. 物种共存理论研究进展. *生物多样性*, 25(4): 345–354.
- 邓涵中. 2014. 基于 RS-GIS 梵净山植被分布规律的研究. *贵州师范大学学报: 自然科学版*, 32(5): 32–37.
- 樊乃昌, 景增春. 1995. 高原鼠兔与达乌尔鼠兔食物资源维生态位的研究. *兽类学报*, 15(1): 36–40.
- 郭艳清, 周俊, 宋先华, 等. 2017. 贵州省梵净山自然保护区黔金丝猴的种群数量. *兽类学报*, 37(1): 104–108.
- 国家林业和草原局. 2021. 国家重点保护野生动物名录[EB/OL]. (2021-02-05) [2021-02-05]. <http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210205/122418860831352.html>.
- 黄乘明, 孙儒泳, 薛跃规. 2000. 白头叶猴食谱与觅食时间分配的研究. *人类学学报*, 19(1): 65–72.
- 李晟. 2020. 中国野生动物红外相机监测网络建设进展与展望. *生物多样性*, 28(9): 1045–1048.
- 牛克锋, Tan C L, 崔多英, 等. 2014. 黔金丝猴(*Rhinopithecus brelichi*)雪季地表食物利用. *野生动物学报*, 35(1): 31–37.
- 唐创斌, 蒋建波, 黄乘明. 2017. 环境和社会因素对喀斯特石山猕猴日活动节律和活动时间分配的影响. *兽类学报*, 37(2): 131–138.
- 王丞, 粟海军, 胡灿实, 等. 2020. 梵净山保护区同域分布黔金丝猴与藏酋猴的空间分布初探. *兽类学报*, 40(2): 193–200.
- 谢仁波, 毛江, 白琴琴. 2015. 梵净山气候特点及旅游气候初步分析. *贵州气象*, 39(2): 34–36.
- 熊成培. 1984. 短尾猴的生态研究. *兽类学报*, 4(1): 1–9.
- 杨炯鑫. 1994. 梵净山东北坡藏酋猴(*Macaca thibetana*)生态的研究. *环保科技*, (3): 18–20.
- 杨龙, 埃米莉·刘. 2002. 梵净山贵州金丝猴生境食用植物资源与植被组合特征. *贵州师范大学学报: 自然科学版*, 20(1): 18–24.
- 杨业勤, 雷孝平, 杨传东. 2002. 梵净山研究: 黔金丝猴的野外生态. 贵阳: 贵州科技出版社, 12–13.
- 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, 437–438.
- 周政贤. 1990. 梵净山研究. 贵阳: 贵州人民出版社, 20–22.