

引用格式: 杨创明, 徐怀亮, 窦亮, 等. 色达县猕猴的日活动节律及适宜栖息地分析[J]. 浙江农林大学学报, 2025, 42(6): 1264–1272. YANG Chuangming, XU Huailiang, DOU Liang, *et al.* Daily activity rhythm and assessment of suitable habitat of macaques (*Macaca mulatta*) in Seda County, China[J]. *Journal of Zhejiang A&F University*, 2025, 42(6): 1264–1272.

色达县猕猴的日活动节律及适宜栖息地分析

杨创明¹, 徐怀亮², 窦亮³, 肖启程¹, 王旭¹, 何兴成³, 廖静³,
周华明⁴, 李静⁴, 刘伟⁵

(1. 四川民族学院 生态与农学院, 四川 康定 626000; 2. 四川农业大学 生命科学学院, 四川 雅安 625014;
3. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610065; 4. 甘孜藏族自治州林业科学研究所, 四川 康定 626000; 5. 西南民族大学 畜牧兽医学院, 四川 成都 610065)

摘要: 【目的】探讨色达县猕猴 *Macaca mulatta* 的日活动节律及适宜栖息地时空分布特征, 为高海拔野外种群的保护和研究提供科学参考。【方法】2023 年 6 月至 2024 年 3 月, 通过样线法和红外相机陷阱法监测色达县的猕猴活动, 并结合非参数核密度函数和 MaxEnt 模型等分析色达县猕猴的日活动节律和适宜栖息地。【结果】猕猴的日活动强度分布不均 (日活动差异指数 $\alpha > 0.042$), 9:00—15:00 活动较多, 21:00 至次日 6:00 活动较少, 呈昼行性 (昼行性指数 $\beta = 0.98$)。在影响因子中, 最冷月最低气温、最湿月降水量、土地覆盖类型和年气温变化范围对猕猴栖息地分布的影响最大。猕猴在最冷月最低气温和最湿月降水量较高, 年气温变化范围、最干月降水量和气温日较差较小的栖息地分布概率较高。适宜栖息地分析表明: 色达县猕猴的适宜栖息地面积为 697 km², 主要分布在色达县东南侧, 次适宜栖息地面积为 1 708 km², 主要分布在色达县东侧和南侧; 年龙自然保护区内适宜栖息地面积仅有 40 km², 次适宜栖息地面积仅有 152 km²。【结论】色达县猕猴活动时间在白天且较集中, 栖息地大多数分布在色达县东南侧的保护区外。对当地猕猴的保护应同时关注保护区外更大的栖息地, 并加强在其活动高峰期 (9:00—15:00) 的管理和保护, 以减少人类密切接触等外部干扰对猕猴种群的影响。图 5 表 3 参 36

关键词: 猕猴; 时空利用; 日活动节律; 栖息地; 保护

中图分类号: Q958.1 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2025)06-1264-09

Daily activity rhythm and assessment of suitable habitat of macaques (*Macaca mulatta*) in Seda County, China

YANG Chuangming¹, XU Huailiang², DOU Liang³, XIAO Qicheng¹, WANG Xu¹, HE Xingcheng³,
LIAO Jing³, ZHOU Huaming⁴, LI Jing⁴, LIU Wei⁵

(1. College of Agriculture and Ecology, Sichuan Minzu College, Kangding 626000, Sichuan, China; 2. College of Life Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China; 3. College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065, Sichuan, China; 4. Institute of Forestry Science of Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture, Kangding 626000, Sichuan, China; 5. College of Animal Science and Veterinary Medicine, Southwest Minzu University, Chengdu 610065, Sichuan, China)

Abstract: [Objective] This study investigates the daily activity rhythms and the spatiotemporal distribution characteristics of suitable habitats for macaques (*Macaca mulatta*) in Seda County, providing scientific references for the conservation and research of high-altitude wild populations. [Method] From June 2023 to March 2024, macaque activity in Seda County was monitored using line transect surveys and infrared camera

收稿日期: 2024-11-14; 修回日期: 2025-06-10

基金项目: 四川省自然科学基金资助项目 (2023NSFSC0211)

作者简介: 杨创明 (ORCID: 0000-0003-2003-1659), 从事保护生物学和生态学研究。E-mail: 379035257@qq.com。

通信作者: 窦亮 (ORCID: 0009-0009-8200-5721), 从事保护生物学和生态学研究。E-mail: xiongying6363@163.com

traps. The daily activity rhythm and suitable habitats of macaques were analyzed through non-parametric kernel density estimation and MaxEnt model. [Result] The results indicated that the daily activity intensity of macaques was uneven (daily activity difference index $\alpha > 0.042$), with increased activity observed between 9:00 and 15:00 and minimal activity from 21:00 to 6:00 the following day, demonstrating a diurnal activity pattern (diurnal index $\beta = 0.98$). 4 variables, including coldest monthly minimum temperature, wettest monthly precipitation, land cover type, and range of annual temperature variation, were the main environmental factors affecting local macaque distribution. Macaques preferred habitats with coldest monthly minimum temperature and greater precipitation in the wettest month, along with smaller annual temperature ranges, lower precipitation in the driest month, and smaller daily temperature variations. The suitable habitat for macaques in Seda County was approximately 697 km², mainly distributed in the southeastern part of the county. The suboptimal habitat area was about 1 708 km², mainly located in the eastern and southern parts of Seda County. Within the Nianlong Nature Reserve, there were only 40 km² of suitable habitat and 152 km² of suboptimal habitat for macaques. [Conclusion] The activity of macaques in Serda County was concentrated during daylight hours, and most of their habitats were located outside the protected area in the southeast of Seda County. Therefore, these findings suggest that the conservation of macaque in Seda County should also focus on the larger habitats outside the reserve, and strengthen management and protection during its peak activity period (9:00 to 15:00) to reduce the impact of external disturbances, such as close human contact on the macaque population. [Ch, 5 fig. 3 tab. 36 ref.]

Key words: macaques (*Macaca mulatta*); spatiotemporal utilization; daily activity rhythm; habitat; conservation

猕猴 *Macaca mulatta* 隶属灵长目 Primates 猴科 Cercopithecidae 猕猴属 *Mulatta*, 是生物医学、生物技术、药物开发等多个研究领域中的重要模式动物, 对人类生活和科技发展起着重要作用, 是重要的生物战略资源^[1-3]。猕猴被列入国家二级野生保护动物和国际贸易公约 (CITES) 附录 II^[4-5], 由于疫病、盗猎、人兽冲突、栖息地退化和消失等问题持续威胁着猕猴的生存与发展^[6], 因此, 猕猴的科学管护和持续健康发展备受人们的关注。

物种的日活动节律和适宜栖息地等时空利用或分布特征是种群生物研究的热点问题, 了解物种的相关基础生物、生态学知识能够促进人们有效管护猕猴等野生动物及其所在的生态系统^[7]。猕猴是全球分布范围最广的灵长类之一, 对环境有极强的适应能力。它栖息地多样, 活动海拔可从近海平面到 4 000 m 以上, 广泛分布于南亚和东南亚地区 11 个国家的干旱落叶林、温带森林、半荒漠地区、热带森林、红树林甚至人类社区附近。在中国, 除新疆、内蒙古、宁夏和东北三省外, 其他各省均有猕猴分布^[8-9]。猕猴具有昼行性特征, 不同地区的猕猴日活动节律存在差异。海南南湾、广西弄岗等地的猕猴上午、下午各出现一个觅食高峰^[10-11]; 而太行山的猕猴活动高峰期则出现在早晨和下午^[12]。这是因为猕猴的时空分布受到捕食、气候、地形特征等多重因素的影响^[10-12], 要充分认识猕猴对时间和空间的利用模式或特征, 并开展有效的保护工作, 需要来自更多不同区域的研究。目前, 国内有关猕猴日活动节律、适宜栖息地分布等基础生态、生物学的研究相对较少, 现有的研究大多集中在海南、广西以及太行山等低海拔地区^[9-13]。然而, 高海拔地区的猕猴适应高寒、低氧环境, 在形态、种群遗传等方面有着独特的生物学特征, 具有重要的科研和保护价值^[9, 14-15]。目前除了四川雅江等地区猕猴栖息地研究有报道以外^[9, 13, 15], 有关高海拔地区猕猴适宜栖息地分布和日活动节律等的研究依旧十分有限。这既不利于人们了解该物种在高海拔地区的生存状况, 也不利于对这一重要野生动物资源进行科学管理和保护。

色达县平均海拔为 4 127 m, 属川西北长江源区, 是国家重要的生态功能区, 也是猕猴在高海拔地区的重要分布地。目前, 有关色达县猕猴的研究十分匮乏, 猕猴在该区域的生存状况尚不清楚。鉴于此, 本研究对色达县猕猴日活动节律、适宜栖息地分布及影响猕猴栖息地分布的主要环境因子进行了分

析, 以期为高海拔地区猕猴的生存策略和科学管理提供参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

色达县(31°40'~33°03'N, 98°21'~101°00'E)地处青藏高原东南缘, 坐落在四川省甘孜藏族自治州西北部, 与青海省的班玛、达日和四川省的壤塘、甘孜、炉霍、石渠等县接壤, 面积达8 987.67 km², 研究区分布有年龙自然保护区和泥拉坝自然保护区。该县平均海拔为4 127 m, 境内大多数地区海拔超过4 000 m, 地势由西北向东南倾斜, 属高原丘陵区。受高海拔和季风气流等影响, 研究区气候寒冷、日均气温落差大, 且四季差距不明显, 年均气温仅为-5℃, 年均降水量为651.4 mm, 降水集中在6—9月, 属青藏高原特别气候区^[16]。色达县境内的达曲、泥曲两河汇聚流入雅砻江, 色曲和杜柯两河汇聚流入大渡河, 属典型的川西北长江源区, 境内分布有草地、森林、河流等重要生态系统, 孕育了丰富多样的生物, 拥有雪豹 *Panthera uncia*、马麝 *Moschus chrysogaster*、毛冠鹿 *Elaphodus cephalophus*、猕猴等多种国家重点保护动物, 珍稀濒危物种多, 被划入国家重要的生态功能区(川滇森林及生物多样性生态功能区)内, 包括猕猴在内的珍稀动物及所在生态系统是色达县重要的保护对象^[16-18]。

1.2 野外调查

1.2.1 样线调查 2023年6月至2024年3月, 在色达县的翁达、洛若、霍西、年龙、大则、亚龙、大章、泥朵、然充、旭日、甲学等乡镇开展了4次调查, 累计设置了23条样线, 每条样线长4~118 km(图1)。在开展调查的8:30—20:00, 2~3名研究人员驾驶汽车沿道路行进, 利用双筒望远镜(尼康 Monarch 10×42)观察道路两侧猕猴的活动, 并在道路两侧发现疑似有猕猴活动的部分区域, 以2~4 km·h⁻¹的速度步行进一步观察, 利用两步路标注猕猴活动的实际位点, 并记录猕猴数量、年龄等信息。

1.2.2 相机布设 为了比较均匀地布设红外相机, 2023年6月至2024年3月, 按10 km×10 km的网格, 在色达县林地、高山灌丛草甸、高山流石滩等生境中(海拔为3 222~4 893 m), 分批次布设了63台次的红外相机, 用于监测猕猴等动物的活动(图1), 每批次安放相机时间为2个月。由于部分位点重复安放了2次, 调查人员共计通过4个批次在23个网格中布设了52个位点。相机安放根据动物活动痕迹

和地形等情况确定, 尽可能安放在预定路线中猕猴活动痕迹附近相对狭窄的兽径上, 安装高度为50~60 cm, 相机角度避开正东和正西方向, 防止日出日落时光线直射造成误拍^[19]。相机统一设置成“拍照+摄像”模式, 即连续拍摄3张照片后录制10 s视频。

1.3 数据分析

1.3.1 日活动节律分析方法 研究基于红外相机拍摄的独立照片数, 利用非参数核密度函数建立猕猴的日活动节律模型, 利用日活动差异指数(α)分析1 d中猕猴活动时间分配是否均匀, 利用昼行性指数(β)分析猕猴活动主要在白天还是夜晚^[20-22], 独立照片是指30 min内拍摄到同一个物种的所有照片和视频, 即30 min内连续拍摄到的同一物种视为1次捕获, 算作1个独立事件^[23]。

非参数核密度函数 $[\hat{f}(x, v)]$ 、日活动差异指数(α)和昼行性指数(β)的计算公式分别为:

$$\hat{f}(x, v) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_v[d(x, x_j)]; \quad \alpha = \sum_{i=1}^n (P_i/N)^2; \quad \beta = \sum_{i=7}^{19} (P_i/N), \quad \text{其中, } K_v \text{ 表示 von Mises 分布概率密度函数;}$$

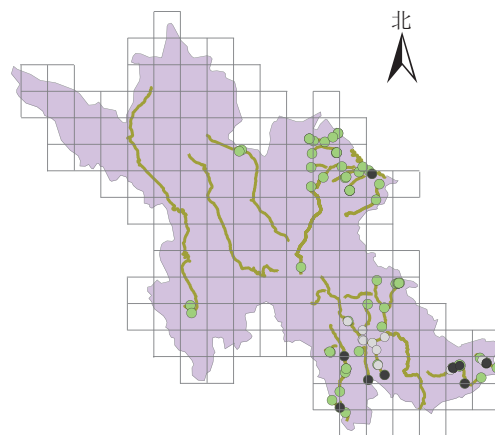


图1 研究区调查样线、红外相机布设及猕猴位点分布示意图
Figure 1 Schematic diagram of survey sample line, infrared camera layout, and distribution of macaque loci in study area

$d(x, x_j)$ 为任意一点 x 与样本量 j 之间的角度距离^[18-20]； n 为时间段总数，即将 [0:00, 1:00) 记为时间段 1，[1:00, 2:00) 记为时间段 2，以此类推，共计 24 个时间段； P_i 为 i 时间段内拍摄到的独立照片数， N 为独立照片总数。将 $\alpha=0.042$ 定义为物种日活动时间分配完全均匀， α 越大，说明一天中该物种的活动时间分配越不均匀，反之亦然^[19]。 $\beta>13/24$ 表示猕猴活动以白天为主， $\beta<13/24$ 表示猕猴活动以夜间为主， $\beta=13/24$ (即 $\beta=0.54$) 表示猕猴昼夜活动强度无差别^[19]。

1.3.2 栖息地影响因子及适宜栖息地分布的分析方法 基于猕猴分布位点，结合气候、地形、土地覆盖类型等数据，利用 MaxEnt 模型分析猕猴的栖息地影响因子，预测其适宜栖息地的分布^[24-26]。

首先初选了 4 个类型 28 个环境变量 (表 1)，利用 ArcMap 中重采样工具将所有变量调整为 1 km×1 km 的栅格数据，并按相关系数 $|r|>0.7$ 的原则剔除共线性特别高的变量^[26]，最终保留最冷月最低气温、最湿月降水量、土地覆盖类型、年气温变化范围、最干月降水量、气温日较差、坡向、到河流距离、平均增强型植被指数 (EVI) 变幅、海拔、坡度、年平均 EVI 和年最大 EVI，共计筛选出 13 个对 MaxEnt 模型运行结果贡献率较高或影响更为直接的环境变量，用于开展栖息地影响因子和适宜栖息地分析。

表 1 初选变量及来源

Table 1 Primary selection variables and sources		
类型	环境变量	数据来源及处理方法
生物学变量	平均增强型植被指数(EVI)、年最大EVI、EVI变幅	EVI来源于美国宇航局土地卫星装载的中分辨率成像光谱仪MOD13Q1数据(分辨率为250 m, https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/index.php)，利用MRT 4.0、ArcGIS 10.2.2等工具处理获得
	年均气温、气温日较差、等温性、气温季节性变动率、最热月最高气温、最冷月最低气温、年气温变化范围、最湿季平均气温、最干季平均气温、最热季平均气温、最冷季平均气温、年均降水量、最湿月降水量、最干月降水量、降水量季节变化、最湿季降水量、最干季降水量、最热季降水量、最冷季降水量	
生物气候变量		下载自WorldClim2.1(http://www.worldclim.org)，为1970—2000年的均值 ^[19]
地形变量	海拔、坡度、坡向、崎岖度	坡向、坡度和崎岖度由数字高程模型(DEM)计算并转换得到，其中，坡向和坡度利用ArcMap 10.2.2中的表面分析模块计算得到，崎岖度利用ArcMap中的矢量崎岖度测量插件计算得到 ^[19]
其他	土地覆盖类型	来源于为中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云Landsat 8卫星数字产品(http://www.gscloud.cn/)，利用ERDAS 9.2进行非监督分类得到(解译总精度>90%)

为减少取样偏差对 MaxEnt 模型运算结果的影响，分析数据时，按 1 km×1 km 的网格剔除相隔太近的冗余位点，以减少取样偏差对模型运算结果的影响^[27-28]，再将猕猴分布位点和选好的环境变量导入 MaxEnt 模型，设置模型参数，使模型随机选取 75% 的数据作为训练样本，其余 25% 数据作为检验样本，然后，利用受试者工作特征 (ROC) 曲线分析运行结果的可靠性，采用模型重复运算 20 次的平均值作为栖息地影响因子及适宜栖息地评估的分析结果。

在分析猕猴栖息地分布时，研究采用 “Maximum training sensitivity plus specificity Logistic threshold” 值和 “Balance training omission, predicted area and threshold value logistic threshold” 值作为节点，根据 MaxEnt 输出栅格图层中栖息地适宜度指数 (HSI) 的大小，将研究区域分为适宜栖息地、次适宜栖息地和非适宜栖息地等 3 类^[25]。

1.4 数据处理

数据处理与分析采用 R 3.4.3，其中，活动节律分析使用 R 中的 overlap 包完成。

2 结果与分析

2.1 猕猴数量分布

共计在 11 个位点的 15 台次红外相机中拍摄到 173 张猕猴照片或视频,并在样线调查中的 10 个位点观察到猕猴,记录到 5 个猴群的数量,平均每群约 20 只(共计 103 只),最大群 32 只,最小群 2 只。

2.2 猕猴日活动节律

本研究共计有 49 张独立照片用以分析猕猴的日活动节律。从图 2 可见:猕猴的日活动差异指数 α 为 0.094,昼行性指数 β 为 0.98,说明猕猴日活动强度分布不均($\alpha > 0.042$),以日间活动为主($\beta > 0.54$)。猕猴在 9:00—15:00 活动较强,12:00 活动强度稍有回落,在 21:00 至次日 6:00 活动较少(图 2)。

2.3 栖息地影响因子

本研究共记录到 21 个猕猴分布位点,按照 1 km×1 km 网格剔除后,有 19 个位点用于 MaxEnt 模型分析。从图 3 可见:受试者工作特征(ROC)曲线下的面积(AUC)为 0.974,说明 MaxEnt 模型分析和预测结果较好。

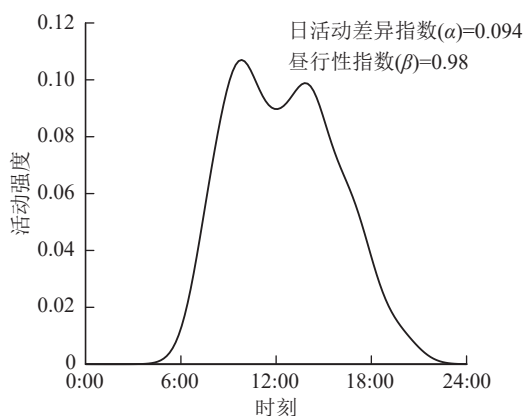


图 2 色达县猕猴日活动节律

Figure 2 Daily activity rhythm of macaques in Seda County

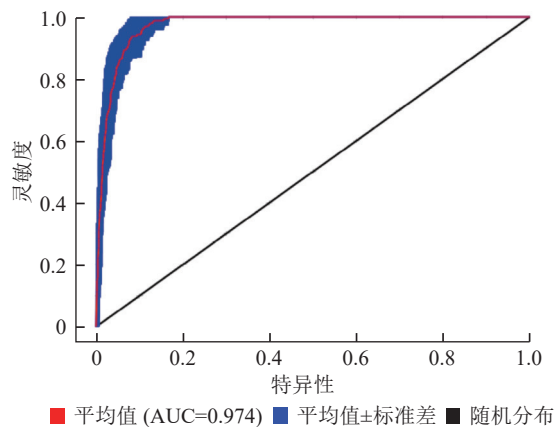


图 3 MaxEnt 模型预测结果的 ROC 曲线

Figure 3 ROC curve of predict results of MaxEnt model

在 13 个环境变量中,选择对 MaxEnt 模型影响相对较大的 9 个变量(贡献率 $> 0.7\%$,且置换重要性 $> 0.5\%$ 的变量)进行贡献率排序,从大到小依次为最冷月最低气温、最湿月降水量、土地覆盖类型、年气温变化范围、最干月降水量、气温日较差、坡向、到河流距离、EVI 变幅(表 2)。其中,最冷月最低气温、最湿月降水量、土地覆盖类型和年气温变化范围对模型的贡献率较高(各变量的贡献率均 $\geq 10\%$),它们的累计贡献率达 78.1%,是猕猴栖息地分布的主要影响因子。最干月降水量、气温日较差、坡向和到河流距离对模型的贡献率为 4.1%~6.3%,对猕猴的栖息地分布也有较大的影响。进一步选择对猕猴分布概率影响较大的前 6 个环境变量(贡献率 $> 4\%$,且置换重要性 $> 5\%$ 的变量)

研究发现:猕猴偏好林地,在最冷月最低气温、最湿月降水量较高,年气温变化范围、最干月降水量、气温日较差较小的栖息地中猕猴分布概率较高。当最冷月最低气温高于 $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$,最湿月降水量大于 140 mm,年气温变化范围低于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,最干月降水量低于 3 mm,气温日较差低于 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,猕猴出现的概率较大(图 4)。

表 2 MaxEnt 模型中环境变量的贡献率和置换重要性

Table 2 Contribution rate and permutation importance of environmental variables in MaxEnt model

环境变量	贡献率/%	置换重要性/%
最冷月最低气温	34.7	37.7
最湿月降水量	19.3	17.3
土地覆盖类型	13.3	3.2
年气温变化范围	10.8	6.1
最干月降水量	6.3	10.0
气温日较差	4.4	12.2
坡向	4.3	5.1
到河流距离	4.1	4.7
EVI 变幅	0.7	0.5

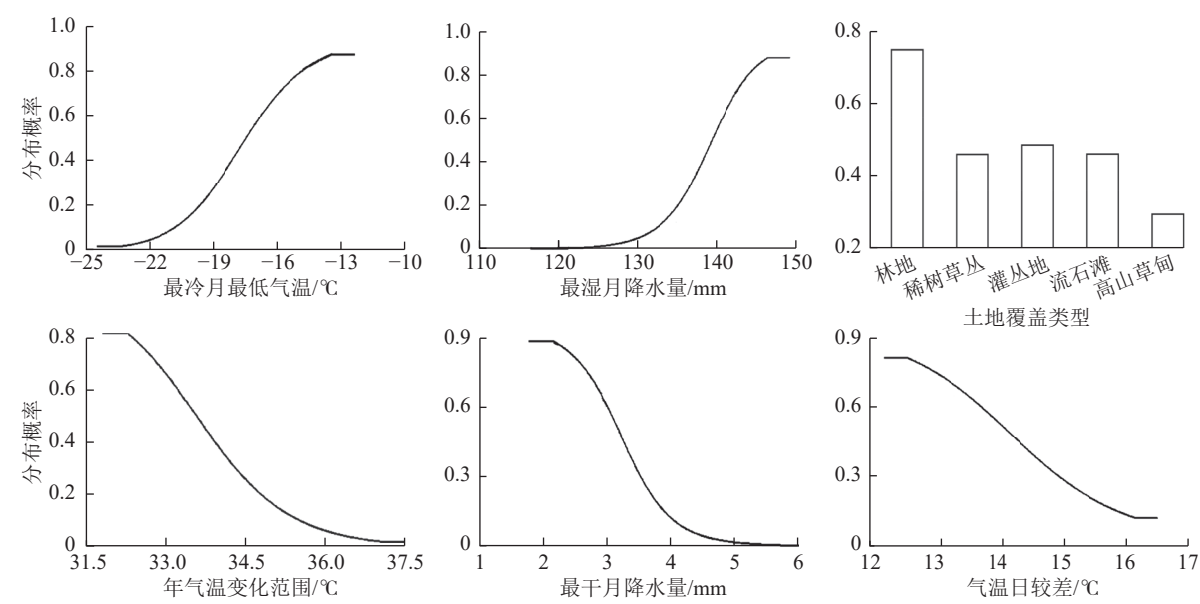


图 4 猕猴分布概率对环境因子的响应曲线

Figure 4 Response curves of macaques's presence probability to environmental variables

2.4 适宜栖息地分布预测

从图 5 和表 3 可见：猕猴的适宜栖息地面积为 697 km²，主要分布在色达县的东南侧，次适宜栖息地面积为 1 708 km²，主要分布在色达县的东侧和南侧。其中年龙自然保护区内猕猴适宜栖息地面积为 40 km²，次适宜栖息地面积为 152 km²，分别占整个色达县适宜栖息地和次适宜栖息地面积的 5.74% 和 8.90%，泥拉坝自然保护区无猕猴栖息地分布。

3 讨论

研究区内猕猴呈昼行性，这与前人^[8, 10, 12]的研究结果相似，进一步说明猕猴具有昼行性的特点。但张东庆等^[12]在太行山地区和唐创斌等^[10]在广西弄岗国家级自然保护区的研究中，猕猴活动高峰在上午 7:00—10:00 和下午 15:00—18:00，中午休息，而本研究的猕猴主要在 9:00—15:00 活动，中午 12:00 活动稍有回落，但强度依旧较大，这可能与研究区的气温差异等有关。苏龙飞^[29]在济源五龙口地区研究发现：猕猴的移动行为与气温呈负相关，未成年猕猴休息行为与最高气温呈显著正相关。通常 1 d 内中午时分的气温最高。色达县 1—7 月的日最高气温为 1.0~20.0 ℃ (<https://www.tianqi24.com/seda/history2024.html>)，比济源 (8.0~35.0 ℃，<https://www.tianqi24.com/jiuyuan/history.html>) 和广西 (15.5~32.6 ℃，https://www.tianqi.com/qiwen/city_guangxi/) 各月的日最高气温低，也比济源和广西各月的日最低气温低。相对上述低海拔地区，色达县平均海拔较高 (>4 000 m)，气温较低，导致猕猴中午时分可能活动依旧较强。

本研究发现：最冷月最低气温与最湿月降水量是影响色达县猕猴栖息地分布的关键环境因子。气温

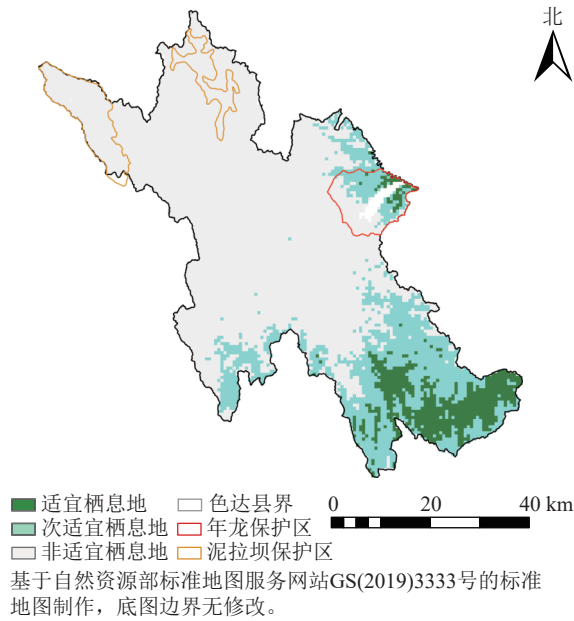


图 5 色达县猕猴适宜栖息地分布示意图

Figure 5 Distribution of suitable habitats for macaques in Seda County

表 3 猕猴栖息地面积估算			
Table 3 Estimation of habitat area for macaques			
栖息地类型	栖息地面积/km ²		
	保护区内	保护区外	合计
适宜栖息地	40	657	697
次适宜栖息地	152	1 556	1 708
合计	192	2 213	2 405

本研究发现：最冷月最低气温与最湿月降水量是影响色达县猕猴栖息地分布的关键环境因子。气温

对猕猴的生存繁衍影响较大。有研究表明:气温过低($<-5^{\circ}\text{C}$)时,猕猴的觅食时间会大幅减少^[30],不利于其生存繁衍,部分地区的猕猴会通过海拔迁移或在温泉中沐浴等方式来应对低温^[9]。色达县境内海拔大多在4 000 m以上,年均温仅为 -5°C ,最冷月平均最低气温达 -18°C ,极端温度甚至低至 -43°C (<https://www.tianqi24.com/seda/history2024.html>),最冷月气温过低的区域可能超出了猕猴的耐受能力,不利于它们过冬。同时,在高海拔地区,气温是重要的生态因素,特别冬季低温严重限制了栖息地的生产力^[31-32]。如在广西弄岗,同域分布的猕猴与熊猴 *M. assamensis* 都倾向于选择果实和嫩叶等首选食物资源较多的区域活动^[33]。色达县的最冷月气温和降水量也可能会通过食物资源分布影响猕猴及其高质量栖息地的分布。降水量同样与猕猴的食物资源息息相关。已有研究表明:在亚洲猕猴属动物的食物组成中,果实所占比例与栖息地降水量呈正相关。在地处高原的雅江地区,果实较少,猕猴喜欢吃的嫩叶(高蛋白质、低纤维素含量)比例也与栖息地降水量呈正相关,而果实和嫩叶等优质食物资源通常较为有限^[9]。色达县平均降水量仅为651.4 mm,降水多集中在6—9月(96~149 mm),多数月份降水极少,属于半湿润半干旱地区。在这样的环境下,最湿月降水量和最冷月最低气温较高的地区更有利于初级生产者及猕猴优质食物资源的生长。由于食物资源的数量和时空分布显著影响着灵长类对栖息地的选择与利用,因此在本研究中,猕猴很大程度上可能会在最冷月最低气温和最湿月降水量均较高的地区分布概率较高。除了气温和降水,其他环境因素也对色达县猕猴的分布有较大的影响。林地分布海拔相对较低,具有气温、初级生产力和隐蔽性都较高的特点,这可能造就了丰富的食物资源和较为安全的生存环境^[31]。年气温变化范围和气温日较差较小的地区,能为猕猴提供较为稳定的生存环境,可能是猕猴偏好此类栖息地的原因。相关环境因子对色达县猕猴的分布同样有着重要的影响。

色达县猕猴栖息地主要分布在东南侧的非保护区,因此,保护区外栖息地及猕猴的科学管理也应该得到足够的关注。为有效保护猕猴,可采取一些措施,如开展巡护、反盗猎、保护宣传等活动,以减少人类活动对猕猴的胁迫。在猕猴活动高峰期(9:00—15:00),加强保护区内外猕猴及重要栖息地(特别是人类活动较易到达的地区)的管护工作,可减少人兽冲突、盗猎、栖息地破碎化等发生。本研究在调查过程中时常观察到非保护区道路两侧的猕猴向行人乞食,该行为可能会对其种群健康发展产生不良影响。从健康风险角度来看,人类投喂猕猴可能造成人与猴的密切接触,从而增加猴疱疹病毒、猴泡沫病毒、猴淋巴细胞趋向性病毒等多种疾病在人和猴之间双向传播的风险^[34-35]。疾病是影响野生动物种群健康发展的重要因素,这种传播风险无疑会对猕猴的健康和种群造成负面影响。从社会冲突角度而言,人类投喂猕猴可能还会增加人兽冲突、偷猎等事件的发生概率,例如,在黄山野生猴谷的研究发现:当地有31.58%和13.16%的被调查者分别被猴挠伤和咬伤,抓咬事件大多因投喂食物所致^[34]。而在非洲喀麦隆南部某村庄约有20%被猴抓伤或咬伤的人感染了猴泡沫病毒^[36],这些问题最终可能会导致报复性猎杀,激化人兽冲突。甚至猕猴乞食还会增加盗猎的机会,这对猴群保护十分不利。综上所述,减少人类投食等可能与猕猴密切接触的行为,应受到足够的重视。

4 结论

色达县猕猴日活动强度分布不均,以日间活动为主,在9:00—15:00活动较强,12:00活动强度稍有回落,在21:00至次日6:00活动较少。当地猕猴的适宜栖息地面积为697 km²,主要分布在色达县的东南侧,次适宜栖息地面积为1 708 km²,主要分布在色达县的东侧和南侧,其中年龙自然保护区内猕猴适宜栖息地和次适宜栖息地面积分别占整个研究区域内的5.74%和8.90%,泥拉坝自然保护区内无猕猴栖息地分布。因此,当地猕猴的保护应同时关注保护区外更大的栖息地,并加强在其活动高峰期(9:00—15:00)的管理和保护。

5 参考文献

- [1] WEISS A, KING J E, MURRAY L. *Personality and Temperament in Nonhuman Primates* [M]. New York: Springer, 2011.
- [2] LANKAU E W, TURNER P V, MULLAN R J, et al. Use of nonhuman Primates in research in north America [J]. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 2014, **53**(3): 278–282.
- [3] 王宏, 季维智, 司维. 非人灵长类生物医学与人类健康[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2024, **49**(4): 211–220.
WANG Hong, JI Weizhi, SI Wei. Non-human primate biomedicine and human health [J]. *Journal of Kunming University of*

- Science and Technology (Natural Science)*, 2024, **49**(4): 211–220.
- [4] 国家林业和草原局. 国家重点保护野生动物名录[EB/OL]. 2021-02-01[2024-11-01]. https://www.forestry.gov.cn/html/main/main_5461/20210205122418860831352/file/20210205151950336764982.pdf.
National Forestry and Grassland Administration. List of State Key Protected Wild Animals in China [EB/OL]. 2021-02-01[2024-11-01]. https://www.forestry.gov.cn/html/main/main_5461/20210205122418860831352/file/20210205151950336764982.pdf.
- [5] UNEP-WCMC. *Checklist of CITES Species*[M/OL]. Cambridge: [s. n.], 2011. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.44852>.
- [6] 李玉滢, 陈向向, 应益山, 等. 浙江省龙游县野猪种群密度和日活动节律研究[J]. *浙江农林大学学报*, 2024, **41**(6): 1142–1149.
LI Yuying, CHEN Xiangxiang, YING Yishan, *et al.* Study on the population density and activity rhythm of wild boar in Longyou County, Zhejiang, China [J]. *Journal of Zhejiang A&F University*, 2024, **41**(6): 1142–1149.
- [7] 陈昕旸, 李耀宇, 谢培根, 等. 青海省都兰县棕熊适宜栖息地与日活动节律[J]. *兽类学报*, 2024, **44**(3): 321–332.
CHEN Xinyang, LI Yaoyu, XIE Peigen, *et al.* Suitable habitat and daily activity patterns of *Ursus arctos* pruinosus in Dulan County, Qinghai Province [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2024, **44**(3): 321–332.
- [8] FOODEN J. Systematic review of the rhesus macaques, *Macaca mulatta* (Zimmermann, 1780) [J]. *Fieldiana Zoology*, 2000, **96**: 1–180.
- [9] 张克处. 川西高原猕猴 (*Macaca mulatta*) 觅食行为生态学研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2022.
ZHANG Kechu. *Foraging Behavior Ecology of Macaques (Macaca mulatta) in Western Sichuan Plateau of China*[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2022.
- [10] 唐创斌, 蒋建波, 黄乘明, 等. 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[J]. *兽类学报*, 2017, **37**(2): 131–138.
TANG Chuangbin, JIANG Jianbo, HUANG Chengming, *et al.* Influence of environmental and social factors on activity rhythm and time budget of macaques (*Macaca mulatta*) in karst habitat [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2017, **37**(2): 131–138.
- [11] 路纪琪, 田军东, 张鹏. 中国猕猴生态学研究进展[J]. *兽类学报*, 2018, **38**(1): 74–84.
LU Jiqi, TIAN Jundong, ZHANG Peng. Advances in ecological research regarding macaques (*Macaca mulatta*) in China [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2018, **38**(1): 74–84.
- [12] 张东庆, 闫彪, 常东东, 等. 太行山猕猴日活动节律的季节性[J]. *广西师范大学学报 (自然科学版)*, 2023, **41**(5): 116–122.
ZHANG Dongqing, YAN Biao, CHANG Dongdong, *et al.* Seasonality of daily activity rhythms of Taihangshan macaque (*Macaca mulatta tcheliensis*) [J]. *Journal of Guangxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2023, **41**(5): 116–122.
- [13] 金祖祥. 川西高原猕猴 (*Macaca mulatta*) 栖息地植被群落多样性与生境选择研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2021.
JIN Zuxiang. *Study on Vegetation Community Diversity and Habitat Selection of Macaca mulatta Habitat in Western Sichuan Plateau*[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2021.
- [14] 苏倩. 青藏高原东南缘地区恒河猴遗传多样性研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2019.
SU Qian. *Study on Genetic Diversity of Rhesus Monkeys in Southeast Margin of the Qinghai-Tibet Plateau*[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2019.
- [15] 斯煌凯, 金祖祥, 张克处, 等. 川西高原地区猕猴栖息地选择的季节差异[J]. *兽类学报*, 2023, **43**(6): 676–688.
SI Huangkai, JIN Zuxiang, ZHANG Kechu, *et al.* Seasonal differences in habitat selection of Rhesus macaques (*Macaca mulatta*) in the Western Sichuan plateau region [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2023, **43**(6): 676–688.
- [16] 李雨薇. 高原丘陵区林木种质资源分布特征及环境解释——以色达县为例[D]. 成都: 成都理工大学, 2020.
LI Yuwei. *Distribution Characteristics and Environmental Interpretation of Forest Germplasm Resources in Plateau Hilly Region: Taking Seda County as An Example*[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2020.
- [17] 孟雪源, 陈刚, 郑志元. 国家重点生态功能区生态系统服务价值对土地利用变化的时空响应[J]. *浙江农林大学学报*, 2024, **41**(4): 830–840.
MENG Xueyuan, CHEN Gang, ZHENG Zhiyuan. Spatiotemporal response of ecosystem service value to land use changes in national key ecological functional areas [J]. *Journal of Zhejiang A&F University*, 2024, **41**(4): 830–840.
- [18] 林炜明, 翁悦, 阿家, 等. 四川八月林自然保护区大灵猫日活动节律、栖息地利用及其对人类活动响应的初步研究[J]. *兽类学报*, 2023, **43**(4): 364–377.
LIN Weiming, WENG Yue, A Jia, *et al.* Preliminary research on daily activity rhythm, habitat use and response to human activity of large Indian civet (*Viverra zibetha*) in Bayuelin Nature Reserve, Sichuan Province [J]. *Acta Theriologica Sinica*,

- 2023, **43**(4): 364–377.
- [19] 杨创明. 四川贡嘎山地区的雪豹分布及其与同域动物和放牧活动的关系研究[D]. 成都: 四川大学, 2020.
YANG Chuangming. *A Study on the Distribution of Snow Leopard (Panthera uncia) and the Relationships with its Sympatric Species and Livestock Activities in the Gongga Mountain*[D]. Chengdu: Sichuan University, 2020.
- [20] RIDOUT M S, LINKIE M. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data [J]. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 2009, **14**(3): 322–337.
- [21] 陈章敏, 彭波, 贺飞, 等. 四川小寨子沟国家级自然保护区有蹄类的时空格局研究[J]. 四川动物, 2024, **43**(4): 373–384.
CHEN Zhangmin, PENG Bo, HE Fei, *et al.* A study on the temporal and spatial patterns of ungulates in the Xiaozhaizigou National Nature Reserve, Sichuan [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2024, **43**(4): 373–384.
- [22] 谢培根, 胡娟, 李婷婷, 等. 浙江清凉峰国家级自然保护区野猪空间分布及活动节律[J]. 兽类学报, 2022, **42**(2): 168–176.
XIE Peigen, HU Juan, LI Tingting, *et al.* Distribution and activity patterns of wild boar (*Sus scrofa*) in the Qingliangfeng National Nature Reserve, Zhejiang Province [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2022, **42**(2): 168–176.
- [23] O'BRIEN T G, KINNAIRD M F, WIBISONO H T. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape [J]. *Animal Conservation*, 2003, **6**(2): 131–139.
- [24] PHILLIPS S J, ANDERSON R P, SCHAPIRE R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions [J]. *Ecological Modelling*, 2006, **190**(3/4): 231–259.
- [25] 靳勇超. 长白山老爷岭南部东北虎栖息地、优先区域和生态廊道研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2023.
JIN Yongchao. *Habitat Assessment, Priority Areas and Ecological Corridors Identification of Amur Tiger in the Southern Laoyeling of Changbai Mountain*[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2023.
- [26] ZHANG Yuke, MATHEWSON P D, ZHANG Qiongyue, *et al.* An ecophysiological perspective on likely giant Panda habitat responses to climate change [J]. *Global Change Biology*, 2018, **24**(4): 1804–1816.
- [27] 杨创明, 何兴成, 廖静, 等. 贡嘎山地区雪豹的日活动节律、活动海拔及适宜栖息地[J]. 四川动物, 2024, **43**(6): 614–623.
YANG Chuangming, HE Xingcheng, LIAO Jing, *et al.* Daily activity rhythm, distribution elevation, and suitable habitat area of *Panthera uncia* in the Gongga Mountain [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2024, **43**(6): 614–623.
- [28] WARREN D L, SEIFERT S N. Ecological niche modeling in maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria [J]. *Ecological Applications*, 2011, **21**(2): 335–342.
- [29] 苏龙飞. 济源五龙口地区太行山猕猴活动时间分配研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2022.
SU Longfei. Study of the Activity Time Budget of Taihangshan Macaques (*Macaca mulatta tcheliensis*) Inhabiting Wulongkou Area, Jiuyuan[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2022.
- [30] ENARI H. Snow tolerance of Japanese macaques inhabiting high-latitude mountainous forests of Japan[M]// GROW N B, Gursky-Doyen S, Krzton A, *et al.* *High Altitude Primates*. New York: Springer, 2014: 133–151.
- [31] 高冬冬, 丹利, 范广洲, 等. 地球系统模式中植被净初级生产力百年尺度时空变化及其与气候的关系[J]. 气候与环境研究, 2019, **24**(6): 663–677.
GAO Dongdong, DAN Li, FAN Guangzhou, *et al.* Spatial and temporal variations of net primary productivity at century scale in earth system models and its relationship with climate [J]. *Climatic and Environmental Research*, 2019, **24**(6): 663–677.
- [32] HOU Rong, CHAPMAN C A, ROTHMAN J M, *et al.* The geometry of resource constraint: an empirical study of the golden snub-nosed monkey [J]. *Journal of Animal Ecology*, 2021, **90**(3): 751–765.
- [33] HUANG Zhonghao, HUANG Chengming, TANG Chuangbin, *et al.* Dietary adaptations of Assamese macaques (*Macaca assamensis*) in limestone forests in Southwest China [J]. *American Journal of Primatology*, 2015, **77**(2): 171–185.
- [34] 朱勇. 猕猴属动物源疾病传播风险及行为因素研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2014.
ZHU Yong. *The Risk of Virus Infection and Behavioral: Factors on Pathogen Transmission*[D]. Hefei: Anhui University, 2014.
- [35] 翟伟, 刘栋辉, 徐正中, 等. 猴结核病的流行与防控[J]. 中国实验动物学报, 2024, **32**(8): 1077–1083.
ZHAI Wei, LIU Donghui, XU Zhengzhong, *et al.* Prevalence, prevention, and control of tuberculosis in monkeys [J]. *Acta Laboratorium Animalis Scientia Sinica*, 2024, **32**(8): 1077–1083.
- [36] BETSEM E, RUA R, TORTEVOYE P, *et al.* Frequent and recent human acquisition of simian foamy viruses through apes' bites in central Africa[J/OL]. *PLoS Pathogens*, 2011, **7**(10): e1002306[2024-11-01]. DOI: [10.1371/journal.ppat.1002306](https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002306).