

湖北巴东金丝猴国家级自然保护区兽类垂直分布格局

赵德缙¹, 陈奎¹, 谢佳², 谭文赤¹, 向子军¹, 刘虹^{2*}

(1 湖北巴东金丝猴国家级自然保护区管理局, 湖北 巴东 444300; 2 中南民族大学 生命科学学院, 武汉 430074)

摘要 海拔梯度研究物种多样性的垂直分布格局是生态学和生物地理学的热点. 为揭示湖北巴东金丝猴国家级自然保护区兽类多样性垂直分布特征, 研究采用红外相机网格化监测技术(900~2563 m, 200 m海拔间隔). 共记录兽类28种, 隶属6目15科25属, 其中偶蹄目、食肉目和啮齿目为优势类群. 多样性分析表明: 物种丰富度与香农指数在1100~1700 m中海拔段同步达到峰值, 其中1400 m左右为最丰富海拔. 小鹿(*Muntiacus reevesi*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)和梅花鹿(*Cervus nippon*)分别主导不同海拔段的优势种群, 川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)与猕猴(*Macaca mulatta*)呈现海拔隔离分布. 多样性沿海拔梯度呈单峰偏态分布模式, 峰值区向高海拔偏移, 提示保护区需要重视中高海拔(1100~1700 m)生态环境的保护管理.

关键词 湖北巴东金丝猴国家级自然保护区; 垂直分布格局; 物种多样性; 红外相机技术

中图分类号 Q958 文献标志码 A 文章编号 1672-4321(2026)01-0137-08

doi: 10.20056/j.cnki.ZNMDZK.20250838

Vertical distribution pattern of mammals in the Hubei Badong Golden Monkey National Nature Reserve

ZHAO Dejin¹, CHEN Kui¹, XIE Jia², TAN Wenchi¹, XIANG Zijun¹, LIU Hong^{2*}

(1 Administration Bureau of the Hubei Badong Golden Monkey National Nature Reserve, Badong 444300, Hubei China;

2 College of Life Sciences, South-Central Minzu University, Wuhan 430074, China)

Abstract The vertical distribution pattern of species diversity along the altitudinal gradient is a prominent topic in ecology and biogeography. To investigate the vertical distribution patterns of mammalian diversity in the Hubei Badong Golden Monkey National Nature Reserve, this study employed a camera-trapping grid system spanning 900~2563 m a. s. l. with 200 m elevational intervals. A total of 28 mammal species were documented, belonging to 6 orders, 15 families, and 25 genera, with Artiodactyla, Carnivora, and Rodentia constituting the dominant taxa. Diversity analyses revealed synchronized peaks in species richness and Shannon index within the mid-elevational zone (1100~1700 m), with maximum values occurring at approximately 1400 m. Key species exhibited elevational niche partitioning: Reeves's muntjac (*Muntiacus reevesi*), tufted deer (*Elaphodus cephalophus*), and sika deer (*Cervus nippon*) dominated distinct elevational bands, while sympatric primates, the golden monkey (*Rhinopithecus roxellana*) and rhesus macaque (*Macaca mulatta*), displayed vertical segregation. The unimodal skewed distribution pattern of diversity along the elevational gradient, characterized by a peak shift toward higher elevations, underscores the ecological significance of mid- to high-elevation habitats (1100~1700 m). These findings advocate prioritized conservation strategies targeting critical ecological corridors within this elevational range to mitigate habitat fragmentation risks.

Keywords Badong Golden Monkey National Nature Reserve; vertical distribution pattern; species diversity; infrared camera technology

收稿日期 2025-01-25

* 通信作者 刘虹(1977-), 女, 教授, 博士, 研究方向: 植物分类及植物资源, E-mail: liuhong@scuec.edu.cn

基金项目 2024年中央林业草原生态恢复资金资助项目(422803202406000128); 中南民族大学科研平台及学术创新团队经费项目资助(XTZ24020, CZD24002)

生物多样性的空间分布格局逐渐成为生态学、保护生物学和动物地理学的研究热点.物种空间分布格局是指在一定区域内所研究的物种在经度、纬度和海拔三个维度的分布(分异)情况.物种空间分布格局的本质,是生物类群对环境筛选压力与生态位分化的时空响应表征,其形成受到多尺度因子的协同调控:在宏观尺度上,关键环境参数的梯度变化(如热量递减率、水分可利用性、大气氧分压)构成基础约束框架;在局域尺度上,生物资源空间异质性(如植被层片结构、猎物密度波动)与种间互作网络(如竞争排斥、共生依存)则主导着分布边界的动态调整.以典型的中峰格局为例,其峰值多样性常出现在中海拔带域——这一现象契合“生产力-胁迫平衡假说(Productivity-Stress Balance Hypothesis)”^[1],即中海拔带域因其适度的初级生产力和较低的环境胁迫强度(相较于低海拔的高温竞争压力和高海拔的低温资源限制),往往成为物种多样性最优化的生态过渡带.其主要包括两种分布格局,即垂直分布格局和水平分布格局^[2],垂直分布格局又可细分为四类:中峰格局(mid-elevation peaks):随海拔升高递增到一个峰值,然后随海拔升高,逐渐递减;低海拔高峰型格局(low plateau patterns with a mid-elevational peak):随海拔升高先递增然后单调递减;低海拔高平行格局(low plateau patterns):低海拔时平稳然后单调递减,常见于资源稳定的热带冠层生态系统;单调递减格局(monotonic decreasing richness patterns):随海拔升高单调递减,多出现在岛屿或极端干旱区.中峰格局在各类型分布格局中占比高达45%^[3].

聂海娟等在长青国家级自然保护区中低山小型兽类物种多样性垂直分布格局研究中^[4],利用夹日法辅以陷阱法,发现该保护区小型兽类多样性在中偏低海拔地区最高,其分布格局为左偏倚中峰模式.相较夹日法和陷阱法,本研究利用红外相机监测法研究巴东金丝猴国家级自然保护区兽类群落的组成及其垂直分布格局,具有可全天连续工作、节约人力和物力成本、人为干扰小的优点^[5],在监测对威胁敏感、行为隐蔽或具夜行性的兽类方面有明显优势^[6].因此,为调查保护区兽类物种组成及分布情况,研究采用红外相机监测技术对保护区内兽类进行持续监测,收集第一手数据,并结合文献资料进行分析,为湖北巴东金丝猴国家级自然保护区兽类保护提供可靠的数据支撑.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

湖北巴东金丝猴国家级自然保护区位于湖北省巴东县北部,大巴山东缘,处于中国西部高山向东部低山的过渡区域,北连神农架林区,东与兴山县接壤,南抵平阳坝河谷.保护区西距重庆巫山10 km,南距长江15 km.地理位置:东经110°15′51″~110°29′59″,北纬31°11′50″~31°24′40″.区内最高峰小神农架主峰海拔高3005 m,最低海拔平阳坝河岸240 m,相对高差达2765 m.

湖北巴东金丝猴国家级自然保护区地理层面上位于中国地形二级阶梯和三级阶梯的分界线上,同时也是全球生物地理区六大界中古北界与东洋界的过渡区域.由于受海拔和山脉影响,同一时间内,各地气温相差较大,季节变化明显,其中1月气温最低,7月最高,平均气温在7.7~17.7℃之间;全年日照总时数1200~1650 h,平均每天日照约3.4~4.5 h;低山平坝河谷海拔800 m以下地区无霜期一般为230~240 d,海拔800~1200 m地区为200~230 d,海拔1200 m以上的地方不足200 d,由此产生了明显的垂直差异性气候与立体多变性气候,造就了多样化的生态系统,也保留了许多古老的原生植物区系和珍稀物种.

1.2 物种调查方法

野生动物保护与监测是评估自然保护区管理成果的重要指标之一^[7-8],受益于科技发展,近年来,红外相机监测技术逐渐完善^[9-10].保护区野生动物监测自2022年启动,样点布设遵循分层随机抽样原则,划分200 m的分层抽样带,共计8个抽样带,每个抽样带分别布设25-40个拍摄位点.海拔范围选定900~2562 m,基于三方面考量:覆盖核心植被垂直带完整性(常绿阔叶林至高山草甸),排除低海拔人类活动密集区,并以保护区内可到达的高峰为自然生境上限.采用200 m海拔梯度设计的科学依据包括环境异质性最小单元划分(年均温变幅 $\leq 1.5^\circ\text{C}$)、统计功效验证确保物种组成差异显著性($P < 0.05$),以及兼容国际山地生物多样性研究标准.最终在可及区域(避开陡坡)布设260台易安卫士通用型4K超高清红外触发相机L720(图1).安置红外相机前,尽量充分掌握拟监测兽类的基本习性、活动区域和日常活动路线,尽量将相机安置在目标动物经常出没的通道上或其活动痕迹密集处.

水源附近往往是动物活动频繁的区域,其他如盐井(天然或人工)、取食点(特殊食物资源,如坚果或浆果)、动物(尿液)标记处、求偶场、倒木、林间道路等也是动物经常活动的地点,优先考虑。

依照上述原则在每个样点于树干、树桩或岩石上布设 1 台红外感应自动相机.相机架设位置一般距离地面 0.3~1.0 m,架设朝向避免东方太阳直射处.相机镜头与地面大致平行,角度略向下倾,一般与动物活动路径呈锐角夹角,并清理相机前的空间,减少对照片成像质量的干扰.对相机编号,并用定位仪记录位置.根据设备供电情况,每隔 60 天巡视样点并更换电池,调试设备,下载数据。

本研究选取 2022 年 10 月至 2023 年 12 月的兽类监测数据,以 200 m 垂直梯度设置 8 个海拔带: [900, 1100] m; (1100, 1300] m; (1300, 1500] m; (1500, 1700] m; (1700, 1900] m; (1900, 2100] m; (2100, 2300] m; (2300, 2500] m, 记录各海拔带内兽类的物种名称、性别、拍摄时间、独立有效照片数。

1.3 数据处理与分析

1.3.1 红外数据鉴定与处理

兽类物种鉴定主要参考《中国兽类图鉴》、《中

国兽类野外手册》、《中国野生哺乳动物》和《国家重点保护野生动物图谱》等^[11-14].兽类物种分类主要参考《中国兽类名录》(2024 版)和《中国哺乳动物多样性》(第 2 版)等^[15-16].根据《国家重点保护野生动物名录》、《湖北省重点保护陆生野生动物名录》和《中国脊椎动物红色名录》对物种珍稀濒危等级、保护级别及中国特有种进行分类与整理^[17-19].

独立有效照片数:根据陆生野生动物监测指南规定,由于红外相机通过红外感应原理进行监控拍摄,会出现连续拍摄、录像的现象,出现此现象的原因是野生动物在相机拍照区内停留、求偶、觅食和活动等,为了消除同一个体短时间内记录多张照片的干扰,对于同一相机在同一地点拍摄到的同一物种的照片,将时间间隔小于 30 min 的连续照片算作一张独立有效照片.若同一相机在 30 min 内连续拍摄到同一物种,但有明显特征表明是两个个体时,也可以分别计为独立有效照片。

1.3.2 相对多度分析

某物种的相对多度(I_{RA})是指所有相机工作日中每 100 个工作日所监测到的该物种独立有效照片数,所得结果通常用于评估某个物种种群大小, I_{RA}

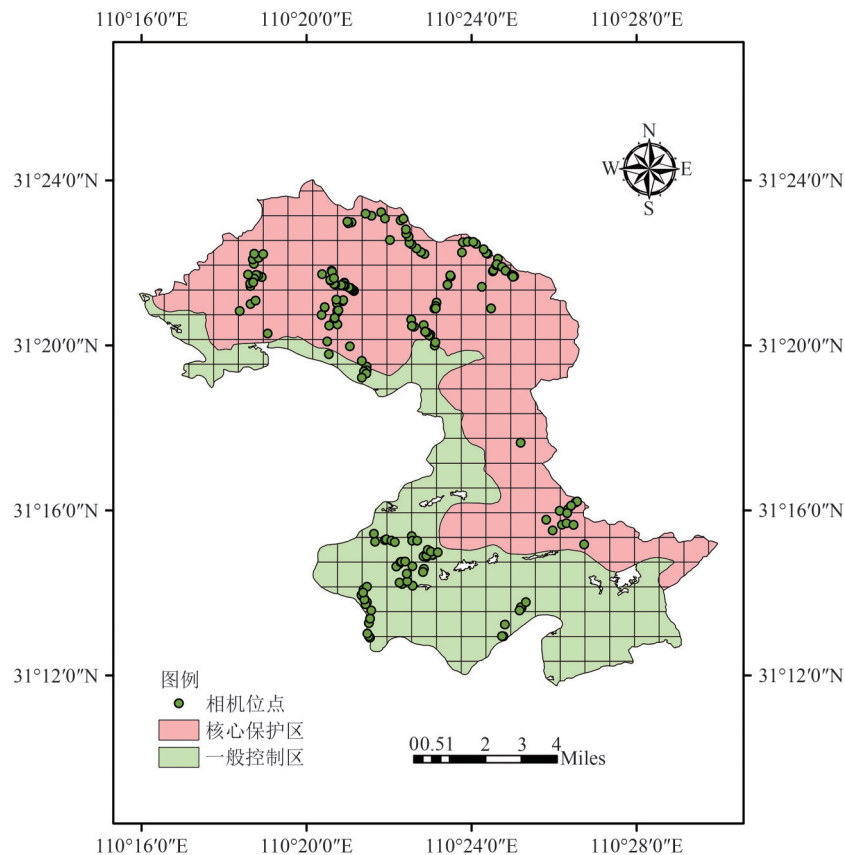


图1 相机位点分布表

Fig. 1 Camera location distribution

值越大则该物种种群越大^[20].

相对多度计算公式如下:

$$I_{RA}=(A_i/T)\times 100, \quad (1)$$

式中 A_i 为独立有效照片数, T 为相机总有效工作日.

1.3.3 多样性指数分析

本研究采用香农威纳指数(Shannon-Wiener index)、辛普森指数(Simpson index)、皮诺均匀度指数(Pielou index)3个综合性物种多样性指数作为比较不同海拔段兽类物种多样性高低的重要参考指标.各指数公式如下:

Shannon-Wiener 多样性指数 H 计算公式为:

$$H = -\sum_{i=1}^s (P_i)(\ln P_i), \quad (2)$$

式中, S 为样方内所有物种数, P_i 为物种 i 的个体在群落中所有个体所占比例.

Simpson 多样性指数 D 计算公式为:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2, \quad (3)$$

式中, S 为样方内所有物种数, P_i 为物种 i 的个体在群落中所有个体所占比例.

Pielou 均匀度指数 E 计算公式为:

$$E = \frac{H}{\ln S}, \quad (4)$$

式中, H 为香农威纳指数, S 为样方内所有物种数.

1.3.4 物种空间分布图的构建

运用 Python 3.13.0“data”命令读取物种海拔分布表并使用“plt”命令绘制物种海拔分布范围图.

运用 Python 3.13.0“numpy”模块根据各海拔带的香农威纳指数和物种丰富度指数进行多项式拟合,使用“matplotlib”模块绘制拟合曲线图.

2 结果

以一台相机在野外工作 24 h 为一个有效工作日,保护区 260 台相机共计 111280 个有效工作日、监测次数 79793 次、独立有效照片数 23132 张.

2.1 兽类群落组成

研究在巴东金丝猴国家级自然保护区监测到 28 种兽类,隶属于 6 目 15 科 25 属(表 1).在目水平,啮齿目最多,计 10 种,其次为偶蹄目 7 种、食肉目 7 种、灵长目 2 种、食虫目 1 种和兔形目 1 种;在科水平,鼬科和松鼠科最多,各计 4 种,其次为鼯鼠科和鹿科各 3 种,鼠科、牛科和猴科各 2 种,其余科均记录 1 种.

保护等级方面根据《中国生物多样性红色名

录》划分等级,无危 12 种;近危 7 种;易危 6 种;濒危梅花鹿(*Cervus hortulorum*)1 种;极危林麝(*Moschus berezovskii*)1 种.保护级别方面,国家一级保护动物川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)、林麝、梅花鹿 3 种;国家二级保护动物猕猴(*Macaca mulatta*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、亚洲黑熊(*Ursus thibetanus*)和黄喉貂(*Martes flavigula*)7 种;属于有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物 13 种.属于中国特有种川金丝猴、复齿鼯鼠(*Trogopterus xanthipes*)、红白鼯鼠(*Petaurista alborufus*)、岩松鼠(*Sciurotamias davidianus*)、小麝(*Moschus moschiferus*)和侯氏猬(*Mesechinus hughi*)6 种.湖北省重点保护陆生野生动物 11 种.

2.2 兽类相对多度分析

兽类相对多度指数(图 2)最高的是小麝($I_{RA}=3.671$),其次是毛冠鹿($I_{RA}=3.475$)、梅花鹿($I_{RA}=3.372$)、野猪($I_{RA}=2.194$)、中华斑羚($I_{RA}=2.013$)、豪猪($I_{RA}=1.960$)、花面狸($I_{RA}=0.965$)和中华鬣羚($I_{RA}=0.860$),由此可推测该保护区物种种群数量较多的为小麝、毛冠鹿、梅花鹿、野猪、中华斑羚、豪猪(*Hystrix hodgsoni*)、花面狸(*Paguma larvata*)和中华鬣羚等,从目的分类角度看,保护区兽类物种主要以偶蹄目、食肉目、啮齿目和灵长目为主.

2.3 兽类物种分布

基于红外相机监测技术,兽类分布范围如图 3 所示,受保护区植被类型、土壤类型、气温和天敌影响,橙色小鼯鼠(*Petaurista sybilla*)、灰头小鼯鼠(*Petaurista caniceps*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、鼬獾(*Melogale moschata*)在保护区低海拔分布;复齿鼯鼠和秦岭鼠兔(*Ochotona syrinx*)仅在保护区高海拔分布;豹猫、花面狸、黄喉貂、毛冠鹿、野猪、豪猪、中华鬣羚和中华斑羚在保护区全海拔带分布.兽类组成情况在(1100~1300)m、(1300~1500)m、(1500~1700)m 3 个海拔带兽类分布较多(表 2),独立有效照片数分别为 3416 张、6313 张和 5143 张.根据高海拔带兽类组成,[900~1500]m 优势物种为小麝;(1500~1700]m 和(2300~2500]m 优势物种为梅花鹿;(1700~2300]m 优势物种为毛冠鹿.2 种猴科川金丝猴和猕猴种群在保护区的海拔分布有明显区别,在 2100 m 海拔以上未监测到猕猴种群分布.

对比八个海拔带(表 3),(1100~1300]m 和(1300~1500]m 的物种多样性指数显著高于其他海拔带,其

表 1 兽类物种组成
Tab. 1 Mammal species composition

目	科	种	拉丁名	保护等级	保护级别	中国特有种	湖北省级
灵长目	猴科	猕猴	<i>Macaca mulatta</i>	LC	II		
灵长目	猴科	川金丝猴	<i>Rhinopithecus roxellana</i>	NT	I	*	
啮齿目	豪猪科	豪猪	<i>Hystrix hodgsoni</i>	LC	△		√
啮齿目	鼠科	北社鼠	<i>Niviventer confucianus</i>	LC			
啮齿目	鼠科	小泡巨鼠	<i>Leopoldamys edwards</i>	LC			
啮齿目	松鼠科	岩松鼠	<i>Sciurotamias davidianus</i>	LC	△	*	
啮齿目	松鼠科	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus</i>	LC	△		√
啮齿目	松鼠科	复齿鼯鼠	<i>Trogopterus xanthipes</i>	VU	△	*	√
啮齿目	松鼠科	倭花鼠	<i>Tamiops maritimus</i>	LC	△		
啮齿目	鼯鼠科	红白鼯鼠	<i>Petaurista alborufus</i>	LC	△	*	√
啮齿目	鼯鼠科	橙色小鼯鼠	<i>Petaurista sybilla</i>	LC			
啮齿目	鼯鼠科	灰头小鼯鼠	<i>Petaurista caniceps</i>	LC	△		
偶蹄目	鹿科	小麂	<i>Muntiacus reevesi</i>	NT	△	*	√
偶蹄目	鹿科	毛冠鹿	<i>Elaphodus cephalophus</i>	NT	II		
偶蹄目	鹿科	梅花鹿	<i>Cervus hortulorum</i>	EN	I		
偶蹄目	牛科	中华斑羚	<i>Naemorhedus griseus</i>	VU	II		
偶蹄目	牛科	中华鬣羚	<i>Capricornis milneedwardsii</i>	VU	II		
偶蹄目	麝科	林麝	<i>Moschus berezovskii</i>	CR	I		
偶蹄目	猪科	野猪	<i>Sus scrofa</i>	LC			
食虫目	猬科	侯氏猬	<i>Mesechinus hughii</i>	NT	△	*	√
食肉目	灵猫科	花面狸	<i>Paguma larvata</i>	NT	△		√
食肉目	猫科	豹猫	<i>Prionailurus bengalensis</i>	VU	II		
食肉目	熊科	亚洲黑熊	<i>Ursus thibetanus</i>	VU	II		
食肉目	鼬科	猪獾	<i>Arctonyx collaris</i>	NT	△		√
食肉目	鼬科	黄喉貂	<i>Martes flavigula</i>	VU	II		
食肉目	鼬科	黄鼬	<i>Mustela sibirica</i>	LC	△		√
食肉目	鼬科	鼬獾	<i>Melogale moschata</i>	NT	△		√
兔形目	鼠兔科	秦岭鼠兔	<i>Ochotona syrinx</i>	DD			√

注:EN:濒危;VU:易危;NT:近危;LC:无危;CR:极危;DD:数据不足.△:有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物.

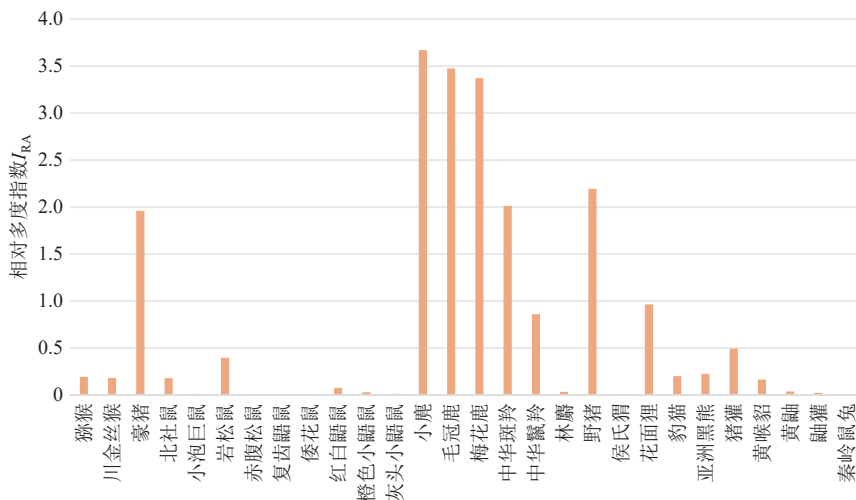


图 2 兽类相对多度指数

Fig. 2 Relative abundance of mammals index

中(1100~1300]m的 Shannon-Wiener 指数(2.342)和 Pielou 指数(0.711)达到峰值.这一现象可能归因于保护区独特的气候过渡性与植被垂直带谱的协同

作用.保护区中海拔段(1100~1500 m)作为北亚热带向暖温带气候的过渡区域,年均温(7.7~17.7 °C)和无霜期(200~230 d)介于低海拔的湿热环境与高

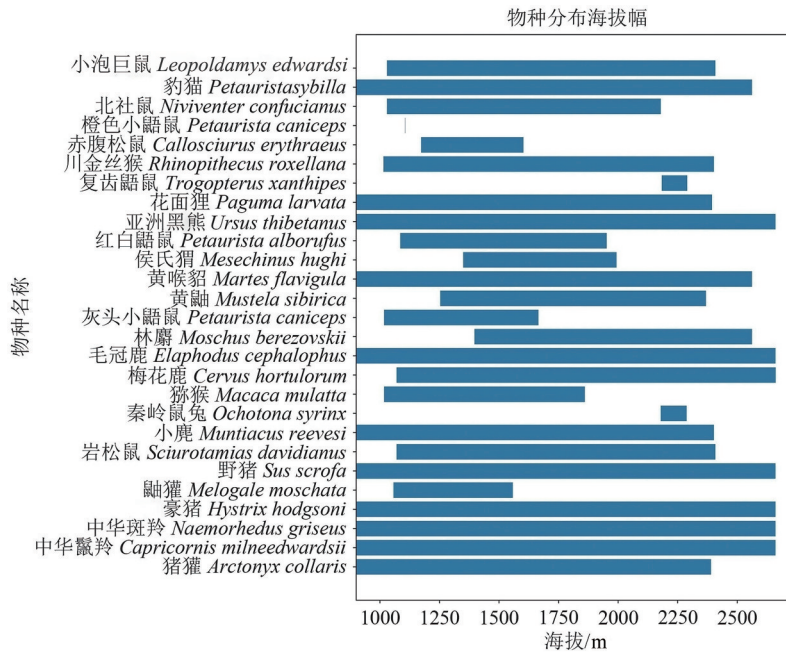


图3 物种的海拔分布范围

Fig. 3 Elevation distribution range of species

表2 各海拔带兽类组成

Tab. 2 Composition of mammals in each altitude zone

物种	海拔带/m							
	[900~1100]	(1100~1300]	(1300~1500]	(1500~1700]	(1700~1900]	(1900~2100]	(2100~2300]	(2300~2500]
小泡巨鼠	1	6	2	1	0	1	0	1
豹猫	12	38	90	35	15	5	11	16
北社鼠	34	29	129	6	0	0	2	0
橙色小鼯鼠	0	32	0	0	0	0	0	0
赤腹松鼠	0	2	0	3	0	0	0	0
川金丝猴	4	17	38	57	18	24	29	16
复齿鼯鼠	0	0	0	0	0	0	5	0
花面狸	147	335	339	108	34	41	66	4
亚洲黑熊	10	31	70	39	19	10	37	32
红白鼯鼠	1	41	4	3	0	36	0	0
侯氏猬	0	0	1	0	0	2	0	0
黄喉貂	2	18	59	41	18	15	27	1
黄鼬	0	4	1	2	7	6	20	2
灰头小鼯鼠	2	9	0	4	0	0	0	0
林麝	0	0	6	16	6	0	2	7
毛冠鹿	41	269	587	1060	631	283	678	315
梅花鹿	2	58	780	1426	101	34	346	983
猕猴	43	30	133	7	2	0	0	0
秦岭鼠兔	0	0	0	0	0	0	6	0
小鹿	848	913	1551	731	9	27	7	0
岩松鼠	7	95	106	26	9	60	132	5
野猪	191	401	831	404	277	69	54	202
鼬獾	2	9	8	2	0	0	0	0
豪猪	283	497	823	357	82	25	57	41
中华斑羚	40	296	412	632	124	247	331	120
中华鬣羚	24	126	97	147	80	59	268	144

表 3 各海拔带的物种多样性指数

Tab. 3 Species diversity indices at different elevation zones

海拔/m	Shannon-Wiener 指数	Simpson 指数	Pielou 指数
[900~1100]	1.754	0.718	0.532
(1100~1300]	2.342	0.865	0.711
(1300~1500]	2.324	0.871	0.705
(1500~1700]	2.064	0.833	0.626
(1700~1900]	1.867	0.753	0.566
(1900~2100]	2.201	0.832	0.668
(2100~2300]	2.035	0.817	0.617
(2300~2500]	1.554	0.680	0.472

海拔的冷湿环境之间,形成稳定的水热条件,加之生长季集中降水(占全年 86.8%)的持续补给,有效缓解了极端气候对物种存活的胁迫.与此同时,该海拔带发育的常绿-落叶阔叶混交林至针阔混交林过渡植被通过垂直分层结构和物候互补性(如珙桐的夏秋果实与冷杉的冬春嫩芽),为不同生态需求的

动物(如川金丝猴、红腹锦鸡)提供了多样化的觅食空间与庇护场所,从而支撑了物种共存与多样性维持.

2.4 物种多样性垂直分布格局

各海拔带兽类物种相对多度和丰富度指数可以直观地体现物种的分布模式,下图物种相对多度以香农威纳指数体现(图 4).使用 Python 进行多项式拟合,丰富度指数呈现一元三次曲线模型, $Y = -4.306 \times 10^{-7} X^3 + 0.0025 X^2 - 4.191 X + 2267$ ($P = 0.038$, $R^2 = 0.782$),沿海拔先上升,最高峰在海拔 1300 m 左右,随后沿海拔变化逐渐递减;香农威纳指数多项式拟合曲线为一元三次模型, $Y = -3.287 \times 10^{-7} X^3 + 1.242 \times 10^{-3} X^2 - 1.456 X + 656.9$ ($P = 0.016$, $R^2 = 0.891$),最高峰在海拔 1500 m 左右随后逐渐递减,综合丰富度和香农威纳指数拟合曲线,该保护区兽类物种垂直分布格局为右偏倚中峰格局模式,峰值区向高海拔偏移.

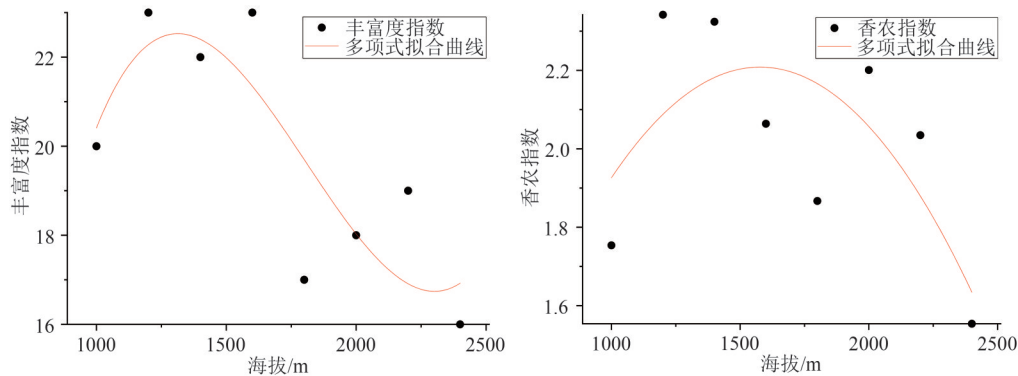


图 4 丰富度和香农威纳指数沿海拔梯度变化的拟合曲线

Fig. 4 Fitted curves of richness and Shannon Wiener index along the elevation gradient

3 讨论

此次调查的不足在于相机布设并未涵盖保护区实测最高峰,因为高峰处向上攀登难度陡增,危险因素增加且天然水源、取食点、植被类型减少,故未在特高海拔布设相机,后续可制定登高方案,尽可能让相机位点涵盖特高峰.红外相机在针对夜行性物种和隐蔽种的调查中具有明显的优势,如鼯鼠科的动物较多在夜间活动,监测到的视频及照片数据的时间多分布于夜晚.红外相机无噪声、持续工作的特性对于监测林麝、豹猫和红白鼯鼠等行为较隐蔽的动物有优势.同时此次调查所用的红外相机也有明显的缺陷,对于小型哺乳动物(如小型啮齿类)的拍摄不够灵敏.

保护区海拔带 900~1100 m 的物种独立有效照

片较少,原因可能是人为活动频繁、干扰严重,海拔带 1700~1900 m 的物种独立有效照片少,原因可能是海拔较高,气温较低且该海拔段的植被类型单一,丰富度低.在海拔带 1200~1600 m 的物种最多,该海拔带的植物资源丰富、气温适宜,从国内相关研究来看,常绿阔叶林和落叶阔叶林中的物种多样性较高^[21].该研究反映出植被类型对兽类的垂直分布具有较大影响,建议保护区丰富植被类型来侧面改善兽类多样性.保护区大多数兽类在各海拔带都有分布,说明保护区的适生范围较广、生境质量较好,后续可以进行兽类适生区与生境质量评估的调查.

参 考 文 献

- [1] MCCAIN C M, GRYNES J. Elevational gradients in species richness[J]. Encyclopedia of Life Sciences, 2010: 1-10.

- [2] 王作波, 胡一鸣, 周智鑫, 等. 东喜马拉雅勒布沟非飞行小型兽类物种多样性垂直分布格局[J]. 兽类学报, 2020, 40(5): 493-502.
- [3] MCCAIN C M, BECK J. Species turnover in vertebrate communities along elevational gradients is idiosyncratic and unrelated to species richness[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2016, 25(3): 299-310.
- [4] 聂海娟, 张亚祖, 闫晓东, 等. 长青国家级自然保护区中低山小型兽类物种多样性垂直分布格局[J]. 兽类学报, 2024, 44(5): 622-631.
- [5] 钱磊, 李言阔, 李佳琦, 等. 利用红外相机技术调查江西省齐云山国家级自然保护区鸟类和兽类多样性[J]. 生态与农村环境学报, 2022, 38(7): 890-896.
- [6] 肖治术. 我国森林动态监测样地的野生动物红外相机监测[J]. 生物多样性, 2014, 22(6): 808-809.
- [7] 张德丞, 和延龙, 冯一帆, 等. 四川勿角自然保护区野生鸟兽的红外相机初步监测[J]. 四川动物, 2020, 39(2): 221-228.
- [8] 肖治术, 李学友, 向左甫, 等. 中国兽类多样性监测网的建设规划与进展[J]. 生物多样性, 2017, 25(3): 237-245.
- [9] 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 等. 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用[J]. 兽类学报, 2012, 32(1): 67-71.
- [10] 马堆芳, 孙章运, 胡大志, 等. 基于红外相机技术对甘肃祁连山国家级自然保护区哺乳动物多样性的初步调查[J]. 兽类学报, 2021, 41(1): 90-98.
- [11] 刘少英, 吴毅. 中国兽类图鉴[M]. 福州: 海峡书局, 2019.
- [12] SMITH A T, 解焱. 中国兽类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2009.
- [13] 大泰司纪之. 中国野生哺乳动物[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [14] 中国野生动物保护协会秘书处. 国家重点保护野生动物图谱[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990.
- [15] 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 中国兽类名录(2021版)[J]. 兽类学报, 2021, 41(5): 487-501.
- [16] 蒋志刚, 刘少英, 吴毅, 等. 中国哺乳动物多样性(第2版)[J]. 生物多样性, 2017, 25(8): 886-895.
- [17] 国家林业和草原局、农业农村部. 国家重点保护野生动物名录[EB/OL]. [2021-02-09]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-02/09/content_5586227.htm.
- [18] 湖北省林业局. 湖北省重点保护陆生野生动物名录[EB/OL]. (2024-02-18). <https://lyj.hubei.gov.cn/bsfw/cxfw/ysdwxc/index.html>.
- [19] 生态环境部. 中国生物多样性红色名录[EB/OL]. [2023-05-19]. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.
- [20] 陈典, 李云, 曹光宏, 等. 基于红外相机监测下的纳板河流域国家级自然保护区兽类资源研究[J]. 西部林业科学, 2024, 53(3): 62-67.
- [21] 付鑫. 贵州3处自然保护区红外相机野生动物监测与分析[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.

(责编&校对 姚春娜)