

湖南高望界国家级自然保护区毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)活动节律及生境选择研究

向杰¹, 张自亮^{2*}, 谢增文¹, 何佳秀¹, 王秋盼¹, 鲁云¹, 刘菊敏¹, 黄玉萍²,
兰香英², 张佑祥¹, 吴涛^{1*}

(1. 吉首大学 生物资源与环境科学学院, 中国湖南 吉首 416000; 2. 湖南高望界国家级自然保护区管理局, 中国湖南 湘西自治州 416000)

摘要: 为弄清湖南高望界国家级自然保护区毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)的种群、活动节律及生境特征, 采用红外相机技术于2021年3月—2022年5月、2023年3月—12月对该保护区毛冠鹿进行了监测研究。结果表明: 1) 毛冠鹿位点出现率为66.67%, 相对多度指数(relative abundance index, RAI)为1.61; 2) 毛冠鹿日活动强度具有明显差异性, 在4:00—6:00相对多度指数最低, 在18:00—20:00相对多度指数最高; 3) 毛冠鹿月活动强度具有明显差异性, 在6月相对多度指数达到高峰, 形成单峰型活动节律; 4) 不同季节毛冠鹿对生境的选择不同, 在春季, 海拔、植被类型以及灌木盖度是影响毛冠鹿生境选择的主要因素, 在夏季, 海拔与灌木盖度是影响毛冠鹿生境选择的主要因素, 在秋季, 海拔与坡位是影响毛冠鹿生境选择的主要因素, 在冬季, 海拔、坡位、植被类型与乔木盖度均成为毛冠鹿生境选择的主导因素; 5) 毛冠鹿在冬季与其他3个季节对于乔木盖度、灌木盖度与坡向的选择有显著性差异, 其他3个季节偏向于乔木盖度为51%~75%、灌木盖度为51%~75%的半阴坡生境, 冬季偏向于乔木盖度为76%~100%、灌木盖度为26%~50%的半阳坡生境, 而春、夏、秋3个季节间的生境选择均无显著性差异。

关键词: 毛冠鹿; 高望界国家级自然保护区; 活动节律; 生境选择

中图分类号: Q958

文献标志码: A

文章编号: 1007-7847(2024)03-0258-09

Investigation of Activity Rhythm and Habitat Selection of *Elaphodus cephalophus* in Hunan Gaowangjie National Nature Reserve

XIANG Jie¹, ZHANG Ziliang^{2*}, XIE Zengwen¹, HE Jiaxiu¹, WANG Qiupan¹,
LU Yun¹, LIU Jumin¹, HUANG Yuping², LAN Xiangying², ZHANG Youxiang¹,
WU Tao^{1*}

(1. College of Biology and Environmental Sciences, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China; 2. Hunan Gaowangjie National Nature Reserve Administration, Xiangxi Tujiazu & Miaozi Autonomous Prefecture 416000, Hunan, China)

Abstract: To find out the population, activity rhythm and habitat characteristics of *Elaphodus cephalophus* in Gaowangjie National Nature Reserve, the animals in the region were monitored and studied from March 2021 to May 2022 and from March to December 2023 using infrared camera technology. The results showed that 1) The point-occurrence rate of *E. cephalophus* was 66.67%, and the relative abundance index (RAI) was 1.61; 2) There were significant differences in daily activity intensity, with the lowest RAI at 4:00—6:00

收稿日期: 2023-12-22; 修回日期: 2024-03-20; 网络首发日期: 2024-06-27

基金项目: 湖南省财政厅国家重点野生动植物保护项目“古丈县自然保护区地雉类的保护与监测研究”; 国家级大学生创新创业训练项目“基于红外相机技术的高望界哺乳类调查”(202110531026)

作者简介: 向杰(2000—), 男, 湖南吉首人, 学生, E-mail: 3263007464@qq.com; *通信作者: 吴涛(1992—), 男, 湖南湘西土家族苗族自治州人, 讲师, 主要从事脊椎动物学研究, E-mail: 623725242@qq.com; 张自亮(1973—), 男, 湖南湘西土家族苗族自治州人, 高级工程师, 主要从事生物多样性调查与保护研究, E-mail: 1016663970@qq.com。

and the highest RAI at 18:00—20:00; 3) There were significant differences in monthly activity intensity, and the RAI reached a peak in June, forming a unimodal activity rhythm; 4) Habitat selection was different in different seasons. Altitude, vegetation type and shrub coverage were the main factors affecting habitat selection in spring, altitude and shrub coverage in summer, altitude and slope position in autumn, and altitude, slope position, vegetation type and tree coverage in winter; 5) There were significant differences between spring and other 3 seasons in tree coverage, shrub coverage and slope direction selection. In winter, the animals tended to be active in semi-sunny slope habitats with tree coverage of 76%~100% and shrub coverage of 26%~50%, while in other 3 seasons, they tended to be active in semi-shaded slope habitats with tree coverage of 51%~75% and shrub coverage of 51%~75%. There was no significant difference in habitat selection in spring, summer and autumn.

Key words: *Elaphodus cephalophus*; Gaowangjie National Nature Reserve; activity rhythm; habitat selection (*Life Science Research*, 2024, 28(3): 258–266)

动物行为规律是动物为了适应各种环境变化而形成的一系列规律性行为模式^[1]。该领域是行为生态学研究的核心内容之一,旨在通过探究动物在不同时间、空间以及环境条件下的行为模式变化,深入理解动物的活动习性、种群繁衍策略及其面临的生存挑战等关键问题^[2-4]。动物的行为规律不仅受到其内在生物钟的调控,还受到环境中多种因素的影响和干扰^[5]。动物节律性活动研究对揭示环境因素对动物生活的影响及物种间竞争关系具有重要意义^[6]。在过去,研究者常采用无线电遥测技术^[7]和瞬时扫描取样^[8]等方法来调查野生动物,这些传统方法往往具有较强的主观性,操作难度大,且所获得的数据往往不够全面。近年来,红外触发相机陷阱技术(即红外相机技术)因其出色的隐蔽性、低干扰性以及能够在野外环境中长期连续工作的能力,已被广泛应用于野生动物行为学的研究^[9-12]。这一技术的应用,极大地推动了野生动物行为研究的深入和发展。

毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)为国家二级保护野生动物^[13],是鹿科中比较原始的种类,在我国有3个亚种,分别是华南亚种、华中亚种和指名亚种。湖南分布的为华南亚种^[14]。毛冠鹿不仅被我国于2016年列入《中国脊椎动物红色名录》——易危(vulnerable, VU)物种^[15],还被世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)于2015年列入濒危物种红色名录ver3.1——易危(VU)物种^[16]。近年来,由于栖息地的破坏、人类活动的干扰及非法捕猎等因素,毛冠鹿数量正急剧减少。高望界国家级自然保护区境内地形地貌结构独特,地势崎岖,沟壑纵横,森林覆盖率达到88.9%,主要以亚热带天然次生常绿阔叶林植

被为主,为毛冠鹿提供了极为优越的栖息、生长与繁衍环境^[17]。

当前,国内外学者对毛冠鹿进行了多方面的探讨。例如, Panyaboriban 等^[18]从生殖生物学的角度,深入研究了毛冠鹿雄性的生殖特征及其精液的冻存问题; Leslie 等^[19]对毛冠鹿物种进行了系统性的概述; 彭科等^[5]将毛冠鹿纳入到偶蹄类动物的活动节律研究之中; 王红娟等^[20]利用 Maxent 模型,探讨了毛冠鹿栖息地的适宜性; 贾国清等^[21]将毛冠鹿与同域分布的水鹿的活动节律进行了比较研究; 刘明星等^[22]关注了毛冠鹿的活动节律与季节变化的关系。然而,关于毛冠鹿的生境选择,尤其是在不同季节下的生境选择,目前的研究成果相对较少。此外,针对湖南高望界国家级自然保护区内毛冠鹿的研究尚属空白。因此,本研究利用红外相机技术对湖南高望界国家级自然保护区毛冠鹿的活动节律以及生境选择进行了研究,旨在填补这一空白,为湖南高望界国家级自然保护区乃至其他地区的毛冠鹿保护工作提供科学依据和参考资料。

1 研究方法

1.1 相机布置与数据采集

红外相机布设采用样线法与网格法相结合的方式。将高望界国家级自然保护区(功能区、实验区、缓冲区、核心区)划分为195个网格(图1),规格为1 km×1 km,根据保护区内植被类型、坡度、坡向、海拔、人为干扰等因素,又将其划分为9条样线。通过访问和实地调查,在有动物活动痕迹的地方选择适宜的位置布设红外相机,并且详细记录相机布设位置周边的生境因子数据。为提高相

机拍摄的有效性, 尽量选择在人为干扰程度低以及有动物活动痕迹的区域布设, 将相机固定在距离地面 40~80 cm 树干处位置, 去除相机前方遮挡物, 保证相机正常拍摄。

放置的红外相机每 3~5 个月进行一次数据回收。由于相机数量较多, 分批次前往收取相机监测数据并且及时拷贝进入电脑。数据收回后, 使用 bio-photo v2.1 软件, 自动生成 Excel 表格。根据《中国兽类名录(2021 版)》^[23]《中国哺乳动物多样性》^[24]等参考资料, 对每台相机的图片和视频进行筛选, 删除一些非动物触发造成误拍的照片和视频。相机日为每个位点每台红外相机拍摄 1 d, 将同一台相机在同一个地点拍摄的同一个物种照片或时间间隔小于 30 min 的连续照片视为 1 张独立有效照片。

1.2 指标计算方法

1) 毛冠鹿位点出现率(P)^[25]。计算公式为 $P=S/N \times 100\%$, 式中 S 为调查区内毛冠鹿被拍摄到的相机位点数, N 为调查区内所有正常工作的相机位点数。

2) 相对多度指数(relative abundance index, RAI; I_{RA})^[25]。计算公式为 $I_{RA}=N \times 100/D$, 式中 N 为调查区内毛冠鹿在所有相机位点被拍摄到的独立有效照片数, D 为调查区内所有相机位点连续工作的相机日总和。

3) 日相对多度指数^[26]。以 2 h 为一个时间段,

进行时间段的相对多度指数(I_{TRA})计算。具体公式如下: $I_{TRA}=\frac{N_t}{N} \times 100\%$, N_t 表示毛冠鹿在第 t 个时间段($t=1, 2, \dots, 12$)出现的照片数, N 代表拍摄到毛冠鹿的有效照片数。

4) 以 2 h 为一个时间段, 计算每个季节日活动节律的相对多度指数(I_{SRA})^[26]。计算公式为 $I_{SRA}=\frac{N_{jt}}{N_j} \times 100\%$, N_{jt} 代表第 j 个季节($j=1, 2, 3, 4$)中第 t 时间段出现的有效照片数, N_j 代表不同季节的有效照片总数。4 个季节的划分为: 3—5 月为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季, 12 月—次年 2 月为冬季^[27]。

5) 月相对多度指数(I_{MRA})^[26]。计算公式为 $I_{MRA}=\frac{1}{n} \times \sum_{k=1}^n \frac{N_{km}}{N_k} \times 100\%$, N_{km} 表示第 k 台红外相机第 m 月拍摄到毛冠鹿的有效照片数; N_k 表示第 k 台红外相机拍摄到毛冠鹿的有效照片总数; n 表示参与运算的红外相机台数。

6) 夜行性分析。以 18:00—6:00 作为夜行性的分析时间段, 以 2 h 作为时间间隔, 计算夜间相对多度指数(I_{NRA})^[28]。计算公式为 $I_{NRA}=\frac{D}{N} \times 100\%$, 其中, D 代表毛冠鹿在夜间时间段出现的有效照片数, N 代表各时刻有效照片总数。如果 $I_{NRA} > 13/24$, 则认为动物具备夜行性, 反之则不具备, 接近则

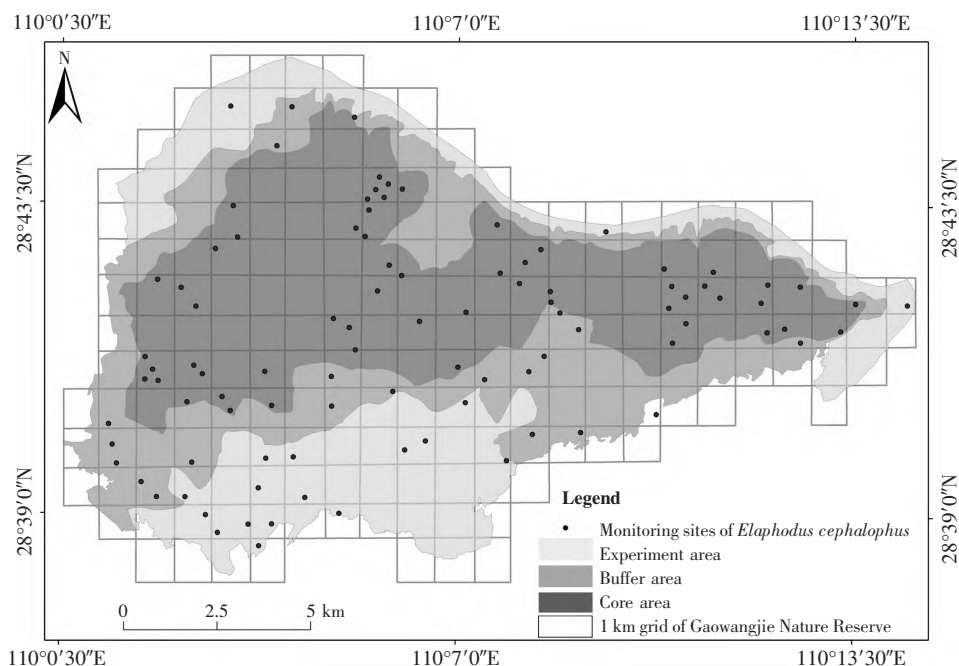


图 1 湖南高望界国家级自然保护区红外相机监测位点图

Fig.1 Map of monitoring sites by infrared camera in Gaowangjie National Nature Reserve, Hunan Province

认为夜行性不明显。

1.3 生境分析

为整合众多微生境变量的共同变化模式,并且克服多重共线性问题,对所有连续型变量分别赋值进行等级划分(表 1)。使用 SPSS 25.0 软件对不同季节生境的 6 个数值化生境因子进行主成分分析(principal component analysis, PCA),了解毛冠鹿在不同季节对生境的选择。提取出主成分特征值(eigenvalue)大于 1 的成分,将保留最大方差法标准旋转后的因子得分作为降维后的微生境变量^[29-30]。通过单因素多元方差分析研究毛冠鹿在不同季节对于相同生态因子的选择差异性。

2 结果

2.1 毛冠鹿种群分布

2021 年 3 月—2022 年 5 月,共布设 87 台相机进行拍摄记录,由于盗窃丢失、操作不当等,按照 83 台相机进行计数统计。2023 年 3 月—12 月,共布设 100 台相机,由于盗窃丢失等,按照 97 台相机进行计数统计。本次研究根据这两年数据综合进行分析。其中,2022 年 6 月—2023 年 2 月拍摄的是古丈县全境的野生动物,特不纳入研究。本次研究共有有效照片数 10 308 张,相机总计工作时长为 40 833 d,毛冠鹿有效照片数为 659 张。根据前述计算公式,毛冠鹿位点出现率为 66.67%,相对多度指数为 1.61。

2.2 日活动节律

以 18:00—6:00 作为夜行性的分析时间段,以 2 h 作为时间间隔,计算获得毛冠鹿的夜间相对多度指数(I_{NRA})为 71%,大于 13/24,说明调查区域的毛冠鹿具有夜行性。

根据图 2 所示,毛冠鹿的日相对多度指数在 4:00—16:00 的时间段内明显较低,这表明毛冠鹿在白天的活动频率极低。相反,在 16:00 至次日 4:00 的时间段内,毛冠鹿的日相对多度指数显著升高,说明毛冠鹿在此期间的活动非常频繁。特别是在 18:00—20:00,日相对多度指数达到峰值,表明毛冠鹿主要在夜晚的上半段进行活动。

通过对毛冠鹿在不同时间段的有效照片数进行标准化处理,并采用独立样本非参数检验方法对其进行分析,发现毛冠鹿在不同时间段的活动程度存在显著差异($P=0.01$)。这一发现进一步证实,毛冠鹿具有明显的昼夜活动模式,偏好在夜间进行活动,而在白天则较少活动。

从图 3 可知,春季毛冠鹿的日相对多度指数在 18:00—20:00 达到最高,在 4:00—6:00 非常低;夏季毛冠鹿的日相对多度指数在 18:00—20:00 达到最高,在 12:00—14:00 最低;秋季毛冠鹿的日相对多度指数在 18:00—20:00 达到最高,在 4:00—6:00 最低;冬季毛冠鹿仅在 16:00—24:00 有活动迹象,尤其是在 16:00—18:00,其日相对多度指数达到最高。对毛冠鹿四季的日相对多度指数进行独立样本非参数检验分析,发现毛冠鹿不同季节的日活动强度无明显差异($P=0.24$)。

2.3 月活动节律与季节性活动节律

从图 4 可知,2 月是毛冠鹿一年中月相对多度指数最低的月份,之后月相对多度指数逐渐增加,在 6 月达到高峰,形成一种单峰型活动现象。此外,在一年四季中,毛冠鹿主要在夏季、秋季活动比较频繁,春季次之,冬季的月相对多度指数最低。进一步对毛冠鹿四季的月相对多度指数进行独立样本非参数检验分析,发现毛冠鹿不同季

表 1 生境变量等级划分
Table 1 Habitat variable hierarchies of *E. cephalophus*

生境变量 Habitat variable	等级划分 Grade				
	1	2	3	4	5
植被类型 Vegetation type	针叶林	阔叶林	针阔混交林	其他	
海拔 Altitude/m	<300	300~500	500~700	700~900	>900
乔木盖度 Tree coverage/(%)	0~25	26~50	51~75	76~100	
灌木盖度 Shrub coverage/(%)	0~25	26~50	51~75	76~100	
坡位 Slope position	沟谷	下	中	上	山脊
坡向 Slope direction	阳坡	半阳坡	半阴坡	阴坡	

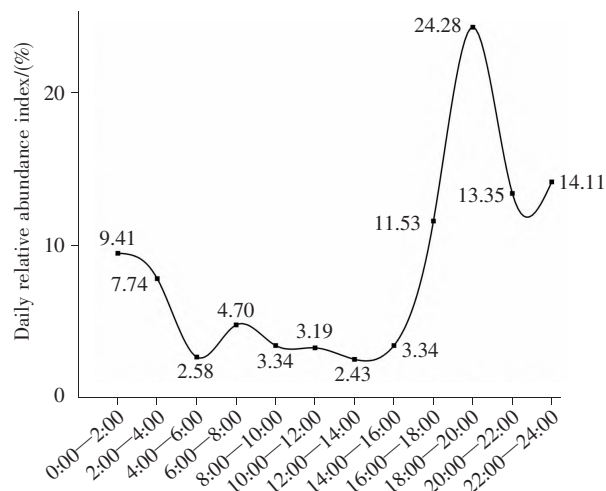


图 2 高望界国家级自然保护区毛冠鹿不同时间段的相对多度指数

Fig.2 Relative abundance index of *E. cephalophus* in Gaowangjie National Nature Reserve at different time periods

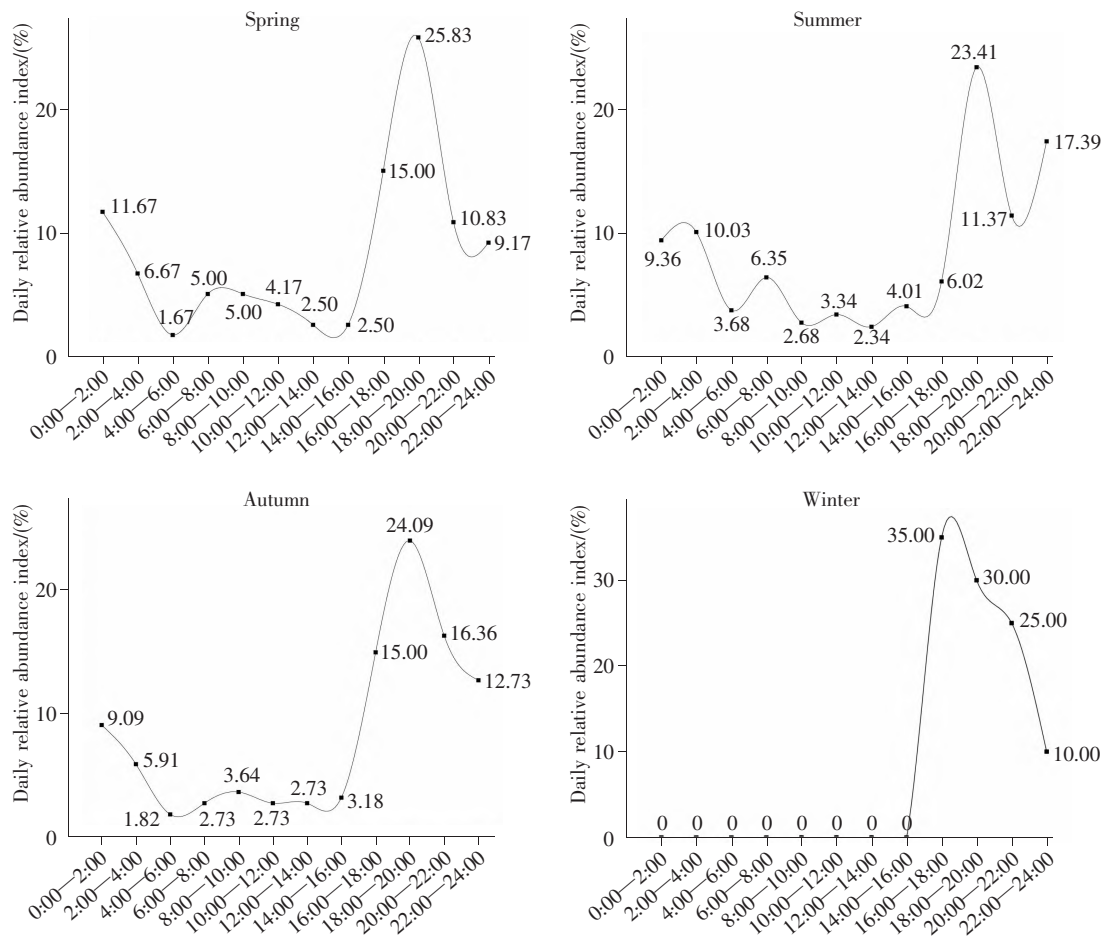


图 3 高望界国家级自然保护区毛冠鹿不同季节的日相对多度指数

Fig.3 Daily relative abundance index of *E. cephalophus* in Gaowangjie National Nature Reserve in different seasons

节的月活动强度具有明显的差异($P=0.02$)。

2.4 生境分析

2.4.1 主成分分析

使用 SPSS 25.0 软件对不同季节生境的 6 个数值化生境因子进行主成分分析, 结果如表 2 所

示: 在春季, 提取了 3 个特征值>1 的成分作为主成分来反映 6 个生境因子变量的信息, 3 个主成分的累计贡献率达到了 79.40%, 其中主成分 1 主要与海拔、植被类型正相关, 主成分 2 主要与灌木盖度正相关。在夏季, 提取了 2 个特征值>1 的成

分作为主成分,这2个主成分的累计贡献率达到了60.16%,其中,主成分1主要与植被类型、灌木盖度正相关,与乔木盖度负相关;主成分2主要与海拔、坡位正相关。在秋季,提取了2个特征值>1的成分作为主成分,2个主成分的累计贡献率达到了58.70%,其中主成分1主要与海拔、灌木盖度正相关,主成分2主要与海拔、乔木盖度、坡位正相关。在冬季,提取了2个特征值>1的成分作为主成分,这2个主成分的累计贡献率达到了81.46%,其中主成分1主要与海拔、植被类型、坡位正相关,主成分2主要与乔木盖度正相关。

2.4.2 单因素多元方差分析

通过对毛冠鹿不同季节同一个生境因子进行单因素方差分析可知,毛冠鹿不同季节在植被类型、海拔、坡位3个生境因子的选择上无显著性差异(图5)。但是在冬季与其他3个季节,毛冠鹿在乔木盖度、灌木盖度的选择上有显著性差异,其他3个季节更偏向于乔木盖度为51%~75%、灌木盖度为51%~75%,冬季则更偏向于乔木盖度为76%~100%、灌木盖度为26%~50%;此外,在坡向的选择上也有显著性差异,其他3个季节偏向于半阴坡,冬季偏向于半阳坡(图5)。

3 讨论

3.1 毛冠鹿的活动节律

活动节律是动物对环境适应性的一种表现形式,普遍认为季节变换和昼夜交替是动物活动模式的主要决定因素。此外,食物资源、性别差异、

遗传特性、种间竞争以及气候条件等也被视为影响动物活动规律的关键因素^[31]。众多研究成果揭示,有蹄类动物普遍展现出明显的晨昏活动模式^[5, 7, 32]。例如,小鹿(*Muntiacus reevesi*)^[33]、林麝(*Moschus moschiferus*)^[34]等物种的活动高峰期通常出现在日出和日落的前后时段,遵循一种典型的取食-休息-取食的日常规律。本研究结果(图2)显示,毛冠鹿的日活动主要集中在16:00—次日4:00之间,尤其是在18:00—20:00期间,活动频率达到峰值,表明毛冠鹿的活动倾向于夜间,而在白天则相对较少,高望界国家级自然保护区的毛冠鹿形成了昼休息、夜活动的活动模式。这与部分研究给出的毛冠鹿显著的晨昏活动模式的观察结果^[21-22]存在差异,但与蒲丹等^[13]和谢波等^[35]的研究发现相吻合,即毛冠鹿在18:00—20:00的相对多度指数达到最高。这一现象的形成主要归因于夜间光线较暗、可见度低,有利于毛冠鹿规避潜在威胁;同时,夜间活动有助于避免白天高温导致的体液过度蒸发^[36]。根据本研究结果,毛冠鹿表现出夜行性特征,这与一些研究认为的毛冠鹿不具夜行性的观点^[5, 13, 22]不同,说明毛冠鹿的活动节律可能会根据特定环境条件发生变化。本研究发现,白天山区频繁的人为活动可能是导致毛冠鹿形成昼休夜活模式的主要原因之一。此外,在不同季节,毛冠鹿的日活动强度并未显示出明显差异,其不同季节的主要活动时间段均为16:00—24:00(图3)。然而,毛冠鹿的月活动强度在不同季节间表现出显著的差异性(图4),夏季活动最为频繁,秋季开始减少,冬季

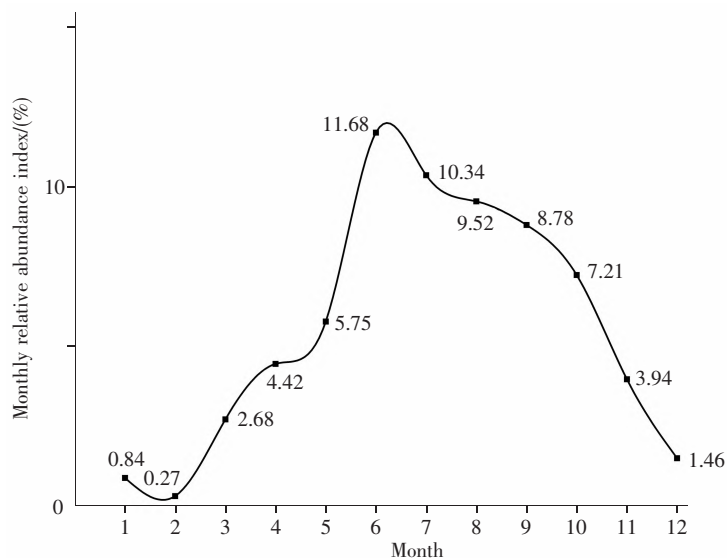


图4 高望界国家级自然保护区毛冠鹿的月相对多度指数

Fig.4 Monthly relative abundance index of *E. cephalophus* in Gaowangjie National Nature Reserve

表 2 毛冠鹿不同季节生境选择指标的主成分贡献率

Table 2 Principal component feature vectors of habitat selection of *E. cephalophus* in different seasons

生境 变量 Habitat variable	主成分贡献率 Principal component feature vector									
	春季 Spring			夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter		
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2	
	Principal component 1	Principal component 2	Principal component 3	Principal component 1	Principal component 2	Principal component 1	Principal component 2	Principal component 1	Principal component 2	
海拔 Altitude	0.831	0.406	-0.134	0.284	0.837	0.699	0.557	0.901	0.149	
植被类型 Vegetation type	0.735	-0.357	-0.268	0.706	-0.243	0.479	-0.524	0.919	-0.045	
乔木盖度 Tree coverage	-0.591	0.350	0.579	-0.833	0.244	-0.610	0.567	-0.175	0.923	
灌木盖度 Shrub coverage	-0.218	0.729	-0.501	0.790	-0.107	0.649	-0.380	-0.603	-0.551	
坡位 Slope position	0.691	0.498	0.319	0.338	0.795	0.564	0.607	0.843	0.219	
坡向 Slope direction	0.670	-0.079	0.479	-0.343	0.136	0.242	0.462	0.647	-0.692	
解释方 百分比 Percentage of explanatory variable/%	42.608	19.997	16.793	35.471	24.692	31.486	27.211	53.010	28.452	
累积解释 方差 Cumulative explained variance/%	42.608	62.605	79.398	35.471	60.164	31.486	58.697	53.010	81.462	

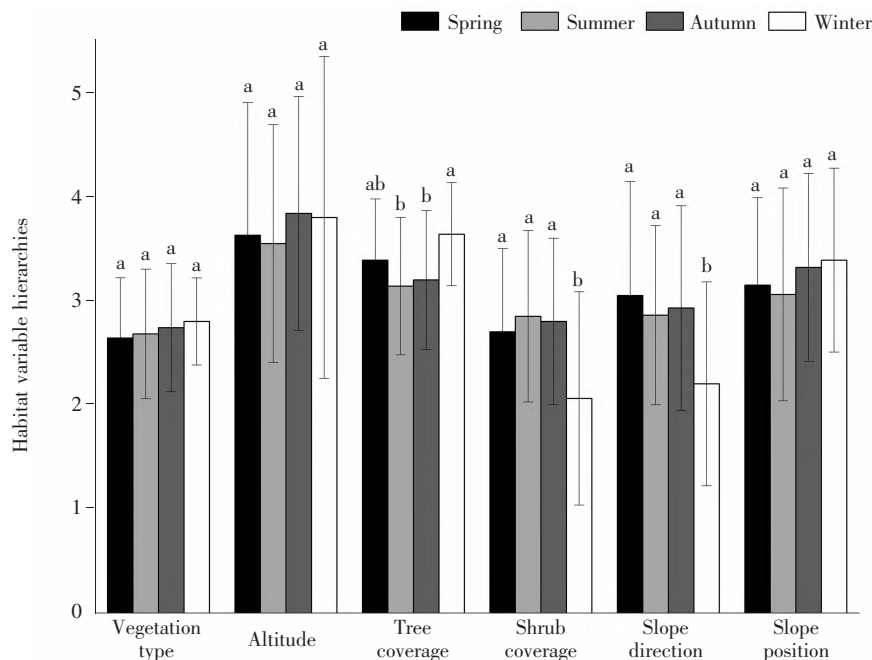


图 5 毛冠鹿不同季节生境选择指标的多重比较

同一指标不同季节之间的小写字母不同表示在 0.05 水平差异显著; 同一指标不同季节之间的字母相同表示在 0.05 水平差异不显著。

Fig.5 Multiple comparisons of habitat selection factors of *E. cephalophus* in different seasons

Different lowercase letters in different seasons indicate significant difference at 0.05 level for the same index, and the same letter in different seasons indicates no significant difference at 0.05 level for the same index.

降至最低,而春季则逐渐回升,这与李平等^[37]的研究结果相一致。特别是在夏季的6月,相对多度指数达到最高,这可能与夏季高温、雨水充沛以及食物资源丰富有关,这样的生境为毛冠鹿外出觅食及繁衍后代提供了有利条件^[38]。

3.2 毛冠鹿的生境选择

栖息地为动物提供了生存所需的关键资源,包括食物、水源及隐蔽场所等,是动物生活的必需环境。在众多影响动物栖息地选择的生态因素中,以上因素的影响力并非均等,其中部分因素起着决定性的作用^[39]。本研究显示,毛冠鹿在不同季节对其生境的选择呈现出明显的差异性(表2)。在春季,海拔、植被类型及灌木盖度是影响毛冠鹿生境选择的主要因素,这是因为中低海拔地区的植被在春季较早萌芽,能够为毛冠鹿提供更为丰富的食物资源^[40]。在夏季,灌木盖度与海拔则成为其生境选择的关键因素,这是由于毛冠鹿在春末夏初繁殖,中低海拔地区因靠近水源且食物丰富,有利于幼崽的成长^[38]。在秋季,海拔与坡位是影响毛冠鹿生境选择的主要因素。而到了冬季,海拔、植被类型、坡位及乔木盖度均成为其生境选择的主导因素。这是因为,冬季时,高海拔地区的草本植物被冰雪所覆盖,食物匮乏迫使毛冠鹿不得不迁徙至中低海拔的针阔混交林或阔叶林中寻找食物,这一发现与张泽钧等^[41]的研究结果相吻合。此外,在植被类型、海拔、坡位3个因素的选择上,毛冠鹿在不同季节间并无显著性差异(图5),主要活动范围集中在海拔500~900 m的中坡位针阔混交林与阔叶林,这与程松林等^[42]的研究结果基本一致。毛冠鹿在冬季与其他3个季节对于乔木盖度、灌木盖度以及坡向3个因素的选择表现出显著性差异(图5),在其他3个季节更偏向于乔木盖度为51%~75%、灌木盖度为51%~75%的半阴坡生境,在冬季则更偏向于乔木盖度为76%~100%、灌木盖度为26%~50%的半阳坡生境。

参考文献(References):

- [1] FLANNIGAN G, STOOKEY J M. Day-time time budgets of pregnant mares housed in tie stalls: a comparison of draft versus light mares[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2002, 78(2/3/4): 125-143.
- [2] AGHA M, BATTER T, BOLAS E C, *et al.* A review of wildlife camera trapping trends across Africa[J]. *African Journal of Ecology*, 2018, 56(4): 694-701.
- [3] LINKIE M, RIDOUT M S. Assessing tiger-prey interactions in Sumatran rainforests[J]. *Journal of Zoology*, 2011, 284(3): 224-

229.

- [4] HALLE S. Polyphasic activity patterns in small mammals[J]. *Folia Primatologica*, 2006, 77(1/2): 15-26.
- [5] 彭科, 陈旭, 温平, 等. 基于红外相机的白水河国家级自然保护区偶蹄类活动节律调查[J]. 四川林业科技(PENG Ke, CHEN Xu, WEN Ping, *et al.* The activity rhythm survey of ungulates in Baishuihe National Nature Reserve based on infrared camera trapping[J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*), 2021, 42(1): 76-82.
- [6] STREET G M, RODGERS A R, FRYXELL J M. Mid-day temperature variation influences seasonal habitat selection by moose[J]. *The Journal of Wildlife Management*, 2015, 79(3): 505-512.
- [7] 曾治高, 宋延龄. 秦岭羚牛春夏季昼夜活动节律与时间分配[J]. 兽类学报(ZENG Zhigao, SONG Yanling. Daily activity rhythm and time budget of golden takin in spring and summer[J]. *Acta Theriologica Sinica*), 2001, 21(1): 7-13.
- [8] ALTMANN J. Observational study of behavior: sampling methods[J]. *Behaviour*, 1974, 49(3): 227-267.
- [9] 李军杰, 房以好, 王浩瀚, 等. 基于红外相机技术的云龙天池国家级自然保护区鸟兽多样性调查[J]. 四川动物(LI Junjie, FANG Yihao, WANG Haohan, *et al.* Camera trap survey of bird and mammal diversity in the Yunlong Tianchi National Nature Reserve, Yunnan[J]. *Sichuan Journal of Zoology*), 2023, 42(2): 222-233.
- [10] 蒙金超, 杨雪珂, 冯悦恒, 等. 基于红外相机技术的海南长臂猿分布区林冠层伴生鸟兽多样性的研究[J]. 热带生物学报(MENG Jinchao, YANG Xueke, FENG Yueheng, *et al.* Diversity of companion mammals and birds based on infrared camera trapping in the forest canopy of Hainan gibbon range[J]. *Journal of Tropical Biology*), 2023, 14(3): 289-297.
- [11] MEEK P D, BALLARD G A, VERNES K, *et al.* The history of wildlife camera trapping as a survey tool in Australia[J]. *Australian Mammalogy*, 2015, 37(1): 1-12.
- [12] BOTTS R T, EPPERT A A, WIEGMAN T J, *et al.* Circadian activity patterns of mammalian predators and prey in Costa Rica[J]. *Journal of Mammalogy*, 2020, 101(5): 1313-1331.
- [13] 蒲丹, 陈玉祥, 张茹梅, 等. 四川美姑大风顶国家级自然保护区毛冠鹿活动节律[J]. 普洱学院学报(PU Dan, CHEN Yuxiang, ZHANG Rumei, *et al.* Activity rhythm of tufted deer in Dafengding National Nature Reserve, Sichuan[J]. *Journal of Pu'er University*), 2021, 37(3): 1-5.
- [14] 王威, 夏霖, 胡锦鑫. 中国毛冠鹿三亚种头骨比较分析[J]. 四川动物(WANG Wei, XIA Lin, HU Jinchu. Differentiation of cranial characteristics of three subspecies of tufted deer in China[J]. *Sichuan Journal of Zoology*), 2007, 26(4): 777-781.
- [15] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性(JIANG Zhigang, JIANG Jianping, WANG Yuezhao, *et al.* Red list of China's vertebrates[J]. *Biodiversity Science*), 2016, 24(5): 500-551.
- [16] 姚可侃, 刘龙海, 吴国平. 圈养条件下毛冠鹿的饲养管理[J]. 浙江畜牧兽医(YAO Kekan, LIU Longhai, WU Guoping. Feeding and management of tufted deer in captivity[J]. *Zhejiang Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*), 2022, 47(3): 15-17.
- [17] 刘芳, 宿秀江, 李迪强, 等. 利用红外相机调查湖南高望界国家级自然保护区鸟兽多样性[J]. 生物多样性(LIU Fang, SU Xiujiang, LI Diqiang, *et al.* Using camera trap to investigate animal diversity in Hunan Gaowangjie National Nature Reserve[J]. *Biodiversity Science*), 2014, 22(6): 779-784.

- [18] PANYABORIBAN S, SINGH R P, SONGSASEN N, *et al.* Reproductive seasonality and sperm cryopreservation in the male tufted deer (*Elaphodus cephalophus*)[J]. *Theriogenology*, 2016, 86(4): 914–923.
- [19] LESLIE D M, LEE D N, DOLMAN R W. *Elaphodus cephalophus* (Artiodactyla: Cervidae)[J]. *Mammalian Species*, 2013, 45(904): 80–91.
- [20] 王红娟, 王健龙. 基于 Maxent 模型的长青自然保护区毛冠鹿栖息地适宜性评价[J]. *陕西林业科技*(WANG Hongjuan, WANG Jianlong. Maxent-based assessment of habitat suitability for *Elaphodus cephalophus* in Changqing Nature Reserve[J]. *Shaanxi Forest Science and Technology*), 2023, 51(5): 34–40.
- [21] 贾国清, 杨旭, 李永东, 等. 同域分布水鹿和毛冠鹿活动节律的比较研究——基于红外相机数据[J]. *四川林业科技*(JIA Guoqing, YANG Xu, LI Yongdong, *et al.* Comparison study on activity rhythms of sambar (*Cervus equinus*) and tufted deer (*Elaphodus cephalophus*) in the same region based on infrared camera data[J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*), 2022, 43(2): 38–46.
- [22] 刘明星, 朱必清, 王语洁, 等. 四川白河国家级自然保护区毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)活动节律及季节变化[J]. *四川林业科技*(LIU Mingxing, ZHU Biqing, WANG Yujie, *et al.* Activity rhythm and seasonal changes of *Elaphodus cephalophus* in Baihe National Nature Reserve, Sichuan Province[J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*), 2021, 42(2): 27–32.
- [23] 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 中国兽类名录(2021 版)[J]. *兽类学报*(WEI Fuwen, YANG Qisen, WU Yi, *et al.* Catalogue of mammals in China (2021)[J]. *Acta Theriologica Sinica*), 2021, 41(5): 487–501.
- [24] 蒋志刚, 马勇, 吴毅, 等. 中国哺乳动物多样性[J]. *生物多样性*(JIANG Zhigang, MA Yong, WU Yi, *et al.* China's mammalian diversity[J]. *Biodiversity Science*), 2015, 23(3): 351–364.
- [25] 焦慧芳. 山西阳城蟒河猕猴国家级自然保护区野猪种群调查[J]. *山西林业科技*(JIAO Huifang. Investigation on *Sus scrofa* population in Manghe *Macaca mulatta* National Nature Reserve in Yangcheng of Shanxi[J]. *Shanxi Forestry Science and Technology*), 2020, 49(4): 34–35, 66.
- [26] 王长平, 刘雪华, 武鹏峰, 等. 应用红外相机技术研究秦岭观音山自然保护区野猪的行为和丰富度[J]. *兽类学报*(WANG Changping, LIU Xuehua, WU Pengfeng, *et al.* Research on behavior and abundance of wild boar (*Sus scrofa*) via infrared camera in Guanyinshan Nature Reserve in Qinling mountains, China[J]. *Acta Theriologica Sinica*), 2015, 35(2): 147–156.
- [27] 陈涛, 袁喜生, 李超, 等. 湖南省近 54 年四季变化特征[J]. *气象科技*(CHEN Tao, YUAN Zhisheng, LI Chao, *et al.* Variation characteristics of four seasons in Hunan Province in recent 54 years[J]. *Meteorological Science and Technology*), 2017, 45(5): 851–857.
- [28] 孙佳欣, 李佳琦, 王雅琼, 等. 四川 9 种有蹄类动物夏秋季活动节律研究[J]. *生态与农村环境学报*(SUN Jiaxin, LI Jiaqi, WAN Yaqiong, *et al.* Study on the activity rhythms of nine ungulates in summer and autumn in Sichuan[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*), 2018, 34(11): 1003–1009.
- [29] 夏珊珊, 胡大明, 邓玥, 等. 同域分布红腹锦鸡和红腹角雉在不同空间尺度下的生境分化[J]. *生态学报*(XIA Shanshan, HU Daming, DENG Yue, *et al.* Habitat partitioning between sympatric Golden Pheasant and Temminck's Tragopan at different spatial scales[J]. *Acta Ecologica Sinica*), 2019, 39(5): 1627–1638.
- [30] 王秋盼, 张自亮, 王本忠, 等. 湖南高望界国家级自然保护区红腹锦鸡活动节律及生境选择研究[J]. *湖南林业科技*(WANG Qiupan, ZHANG Ziliang, WANG Benzong, *et al.* Study on the activity rhythm and habitat selection of *Chrysolophus pictus* in Hunan Gaowangjie National Nature Reserve[J]. *Hunan Forestry Science & Technology*), 2023, 50(5): 46–51.
- [31] 宋玉成, 赵惠, 时磊. 吐鲁番沙虎的活动节律及其影响因子分析[J]. *新疆农业大学学报*(SONG Yucheng, ZHAO Hui, SHI Lei. Daily activity rhythm and its affecting environmental factors of *Teratoscincus roborowskii*[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*), 2009, 32(1): 22–25.
- [32] 连新明, 李晓晓, 颜培实, 等. 夏季可可西里雌性藏原羚行为时间分配及活动节律[J]. *生态学报*(LIAN Xinming, LI Xiaoxiao, YAN Peishi, *et al.* Behavioural time budgets and diurnal rhythms of the female Tibetan gazelles in the Kekexili National Nature Reserve[J]. *Acta Ecologica Sinica*), 2012, 32(3): 663–670.
- [33] 官天培, 龚明昊, 胡婧, 等. 小麝秋季利用人工盐场的节律[J]. *动物学杂志*(GUAN Tianpei, GONG Minghao, HU Jing, *et al.* The rhythm of Chinese muntjac (*Muntiacus reevesi*) visiting artificial mineral licks during autumn[J]. *Chinese Journal of Zoology*), 2015, 50(2): 169–175.
- [34] 贾晓东, 刘雪华, 杨兴中, 等. 利用红外相机技术分析秦岭有蹄类动物活动节律的季节性差异[J]. *生物多样性*(JIA Xiaodong, LIU Xuehua, YANG Xingzhong, *et al.* Seasonal activity patterns of ungulates in Qinling mountains based on camera-trap data[J]. *Biodiversity Science*), 2014, 22(6): 737–745.
- [35] 谢波, 王丞, 樊涵, 等. 基于红外相机监测的梵净山同域分布毛冠鹿和小麝活动节律研究[J]. *四川动物*(XIE Bo, WANG Cheng, FAN Han, *et al.* Activity rhythm analysis of sympatric *Elaphodus cephalophus* and *Muntiacus reevesi* based on camera-traps in the Fanjingshan mountains[J]. *Sichuan Journal of Zoology*), 2022, 41(2): 175–183.
- [36] 原宝东, 孔繁繁. 哺乳动物活动节律研究进展[J]. *安徽农业科学*(YUAN Baodong, KONG Fanfan. Research on mammal activity rhythm[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*), 2011, 39(2): 1056–1058, 1162.
- [37] 李平, 张泽钧, 杨洪, 等. 基于红外相机技术对大相岭保护区有蹄类动物活动节律的初步研究[J]. *四川林业科技*(LI Ping, ZHANG Zejun, YANG Hong, *et al.* Study on the activity rhythms of ungulates in Daxiangling Nature Reserve based on infrared camera trapping[J]. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*), 2021, 42(3): 18–23.
- [38] 盛和林, 陆厚基. 毛冠鹿的分布、资源和习性[J]. *动物学报*(SHENG Helin, LU Houji. Distribution, habits and resource status of the tufted deer (*Elaphodus cephalophus*)[J]. *Acta Zoologica Sinica*), 1982, 28(3): 307–311.
- [39] 袁喜才, 夏伟, 李善元. 海南坡鹿对生境的选择[J]. *生态科学*(YUAN Xicai, XIA Wei, LI Shanyuan. Habitat selection of Hainan Eld's deer[J]. *Ecological Science*), 1996, 15(1): 52–56.
- [40] 刘梁, 胡锦鑫. 四川蜂桶寨自然保护区毛冠鹿(指名亚种)的春季生境选择[J]. *四川动物*(LIU Liang, HU Jinchu. Habitat selection by tufted deer (*Elaphodus cephalophus cephalophus*) in spring in Fengtongzhai Nature Reserve, Sichuan Province[J]. *Sichuan Journal of Zoology*), 2008, 27(1): 135–137, 141.
- [41] 张泽钧, 魏辅文. 蜂桶寨自然保护区毛冠鹿对冬季生境的选择[J]. *西华师范大学学报(自然科学版)*(ZHANG Zejun, WEI Fuwen. Winter habitat selection by tufted deer in Fengtongzhai Nature Reserve[J]. *Journal of China West Normal University (Natural Sciences)*), 2007, 28(1): 1–6, 10.
- [42] 程松林, 林剑声. 江西武夷山的毛冠鹿[J]. *动物学杂志*(CHENG Songlin, LIN Jiansheng. Tufted deer of Wuyishan, Jiangxi Province[J]. *Chinese Journal of Zoology*), 2011, 46(5): 40.