



DOI:10.14188/j.ajsh.20260002

大梁保护区中华斑羚地理分布与昼夜活动节律

潘水波^{1,2}, 王直茂³, 韩倩², 赵冬冬², 鲍红艳¹, 罗振华¹, 艾辉^{1*}

- (1. 华中师范大学 生命科学院, 湖北 武汉 430079;
2. 武汉市伊美净科技发展有限公司, 湖北 武汉 430070;
3. 湖北大梁省级自然保护区管理局, 湖北 十堰 442600)

摘要: 中华斑羚 (*Naemoredus griseus*) 作为国家二级重点保护野生动物和易危物种, 研究其地理分布特征与昼夜活动节律可为湖北大梁自然保护区对该物种的保护和管理提供数据支持。2025年5月—7月在湖北大梁自然保护区布设45台红外相机监测中华斑羚活动, 并采用相对活动强度指数 (I_{RA}) 分析中华斑羚地理分布特征及昼夜活动节律, 利用广义线性模型对湖北大梁自然保护区不同海拔观测到的中华斑羚数量进行相关性分析, 再据实地考察结果分析中华斑羚食性。结果发现, 中华斑羚常见于常绿与落叶阔叶混交林的植被类型中, 且主要分布在海拔1 000~1 099 m。广义线性模型结果表明, 海拔对于中华斑羚出现有一定影响。中华斑羚的日活动节律呈现06:00后时段和17:00左右两个活动高峰, 其夜间活动强度较低, 属于典型昼行性物种。实地考察研究发现中华斑羚优先选择中高海拔森林、灌丛生境中植物的嫩叶、芽或果实等组织进行取食, 并随季节变化调整取食物种与觅食海拔。本研究可为理解北亚热带过渡区有蹄类物种的生境适应策略与节律分化机制提供案例, 亦为区域生物多样性保护网络构建、濒危物种精细化管理及生态系统完整性维护提供科学支撑与实践参考。

关键词: 中华斑羚; 红外相机; 地理分布; 广义线性模型; 活动节律; 食性

中图分类号: Q958.2

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2026)04-0381-09

Geographical distribution characteristics and diurnal activity rhythms of *Naemoredus griseus* in Hubei Daliang nature reserve

PAN Shuibō^{1,2}, WANG Zhimao³, HAN Qian², ZHAO Dongdong², BAO Hongyan¹, LUO Zhenhua¹, AI Hui^{1*}

- (1. School of Life Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079, Hubei, China;
2. Wuhan Yimeijing Technology Development Co., Ltd., Wuhan 430070, Hubei, China;
3. Hubei Daliang Provincial Nature Reserve Administration, Shiyan 442600, Hubei, China)

Abstract: As a class II national protected wild animal and a vulnerable species, *Naemoredus griseus* is of high conservation concern. Investigating its geographical distribution and diel activity rhythms can provide data support for the conservation and management of this species in Hubei Daliang nature reserve. From May to July 2025, 45 infrared camera traps were deployed in Hubei Daliang nature reserve to monitor the activity of *N. griseus*. The relative activity intensity index (I_{RA}) was used to analyze its geographical distribution and diel activity rhythms, generalized linear model (GLM) was applied to examine the correlation between elevation and the number of detected *N. griseus*, and its diet was analyzed based on field survey results. The results showed that *N. griseus* was commonly found in evergreen and deciduous broad-leaved mixed forests, primarily distributed at elevations of 1 000 to 1 099 m. The GLM result indicated

收稿日期: 2026-03-11 修回日期: 2026-08-01 接受日期: 2026-08-24

作者简介: 潘水波 (1998-), 男, 硕士, 研究方向为动物生态学, E-mail: ppanpa@163.com

* 通信作者: 艾辉 (1980-), 男, 博士, 教授, 主要从事动物生态及生物多样性保护研究, E-mail: aihui@ccnu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金 (32470549)

引用格式: 潘水波, 王直茂, 韩倩, 等. 大梁保护区中华斑羚地理分布与昼夜活动节律[J]. 生物资源, 2026, 48(4): 381-389.

Pan S B, Wang Z M, Han Q, et al. Geographical distribution characteristics and diurnal activity rhythms of *Naemoredus griseus* in Hubei Daliang nature reserve [J]. Biotic Resources, 2026, 48(4): 381-389.

that elevation had a certain influence on the occurrence of *N. griseus*. The diel activity rhythm of *N. griseus* exhibited two activity peaks: one after 06:00 and another around 17:00, with low activity intensity at night, classifying it as a typically diurnal species. Field surveys revealed that *N. griseus* preferentially feeds on young leaves, buds, fruits, and other plant tissues in mid- to high-elevation forests and shrub habitats, and adjusts its food species and foraging elevation with seasonal changes. This study provides a case for understanding the habitat adaptation strategies and rhythm differentiation mechanisms of ungulate species in the north subtropical transition zone, as well as scientific support and practical reference for the construction of regional biodiversity conservation networks, refined management of endangered species, and maintenance of ecosystem integrity.

Key words: *Naemorhedus griseus*; infrared camera; geographical distribution; generalized linear model; activity rhythm; feeding habit

0 引言

红外触发相机陷阱技术,简称红外相机技术,是一种基于被动红外传感器的自动影像记录系统,属于相机陷阱调查技术中的一种^[1]。红外相机技术作为野生动物监测的成熟手段,已广泛应用于各类物种调查研究^[2]。该技术基于被动红外感应原理,可在无人干扰下持续捕捉野外动物活动影像^[3-4],其凭借隐蔽性强、长期观测性好、人力成本低的优势,有效弥补了传统调查方法的不足^[5-6],并为生物多样性调查、物种丰富度评估和生态系统结构分析提供有力支撑^[7-11],尤其适用于中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)这类行动隐秘、活动范围广且易受人为干扰的物种监测。已有研究证实,红外相机技术可有效捕捉中华斑羚的活动痕迹,精准获取其种群分布及活动信息,是开展该物种监测的可靠手段^[11]。中华斑羚常活动于高海拔森林、灌丛等隐蔽生境,传统样线调查难以精准捕捉其活动痕迹,而红外相机可通过长期部署,有效规避人为干扰对其活动的影响,精准记录其分布、活动节律等关键信息,且能在中华斑羚活动的晨昏高峰时段持续监测,克服其活动隐秘、单次观测难度大的问题,同时可清晰捕捉其取食、移动等行为细节,可进一步为后续分析该物种活动规律与栖息地适应性奠定技术基础^[11]。

中华斑羚属于鲸偶蹄目(Cetartiodactyla)牛科(Bovidae)斑羚属(*Naemorhedus*),于2021年被认定为国家二级重点保护野生动物^[12],2023年又被《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》(IUCN)评估为“易危”等级。国内中华斑羚主要分布于中国中部与西南部地区,常见于海拔1 000~4 400 m的生境中,生性机警且隐秘,通常集小群活动于密林间的陡峭崖坡,或隐蔽于崖石岩洞周边及丛竹间的小道之上^[13-14]。中华斑羚主要以草、灌木枝叶和果实为食^[15],亦会摄食少量的苔藓、地衣^[16],近年来针对中华斑羚的研究主要集中于活动节律^[15]、食性分析^[17]、

激素水平^[18]、种群动态^[19]、栖息地变化^[20]等。栖息地选择是物种生态学的核心内容,动物会依据自身行为和时间变化选择不同栖息地,其活动节律的差异能直观反映关键物种在生态系统中的生存状态与生态地位,对动物活动节律的探究能促进了解动物对环境因子变化的响应模式,增进对区域内种间竞争及群落构建的理解^[21],从而为保护区内动物保护政策的制定提供更多数据支撑^[22-23]。目前,对于中华斑羚相关研究依然比较缺乏,特别是对在不同的保护区生境中中华斑羚表现出怎样的时空特征的相关研究还较少,难以支撑不同保护区开展更有针对性的日常保护管理工作。

鉴于红外相机技术在野生动物监测中的显著优势,且大梁省级自然保护区自设立以来尚未对区内有蹄类动物开展系统、全面的调查,而中华斑羚作为保护区内数量较多的有蹄类物种,目前尚缺乏其分布和活动节律的资料。地理分布、活动节律与食性是珍稀濒危物种研究的重要内容,三者并非相互独立的生态特征,而是中华斑羚为适应生存环境、实现种群延续所形成的协同演化策略。中华斑羚的地理分布受食性偏好驱动,集中于食物资源丰富的中高海拔森林、灌丛生境,其昼夜活动节律的形成则与食物可得性高峰相匹配,且会随食性与分布的季节性调整而发生相应变化^[17,19]。动物对生境的选择与利用方式,是其为维持生存和繁衍所需而演化出的适应性策略的直接体现,影响了动物的生存和繁殖^[24]。动物在一天内对于时间的分配,则反映出动物个体的生物状态、社会地位及生存压力等^[25]。动物的食性偏好与取食选择,是其适应生境、获取能量的核心策略,直接决定其生境利用效率与种群存活能力^[26]。研究物种对时间和空间的利用对于珍稀濒危物种和栖息地的保护同样意义重大,且研究动物活动节律是分析野生动物生存策略的基础。动物的昼夜活动节律,是一种量化其时间分配的生态指标,同时也反

映了其在能量获取与捕食风险之间的内在权衡。这种周期性变化一方面由动物的内部生物钟所调控,另一方面也受到外部环境因素(例如捕食压力、栖息地偏好、种间关系与食物可得性)的影响^[26]。哺乳动物昼夜活动节律的行为可塑性更是长期演化适应的结果,对揭示其生存策略及种群维持机制具有重要生态学意义^[27]。

本研究在前期布设红外相机所获得的基础数据上,探究中华斑羚在不同海拔、不同植被类型生境中的分布特征,分析其昼夜活动节律,并结合野外实地考察,对保护区中的植物种类与分布情况以及中华斑羚的取食偏好进行综合分析探讨,为后续保护区对于该物种的日常保护和管理提供数据支撑。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

湖北大梁省级自然保护区位于湖北省郧西县境内,地理范围为 $109^{\circ}47'38''\text{E}\sim 109^{\circ}52'53''\text{E}$, $33^{\circ}11'55''\text{N}\sim 33^{\circ}15'00''\text{N}$ 。保护区位于华北自然区域和华中自然区域的过渡地带,属北亚热带大陆性季风气候,年平均气温为 $12^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$,年平均降雨量 $800\sim 880\text{ mm}$,具有明显的从亚热带向暖温带过渡的气候特征。保护区平均海拔 800 m ,最高海拔 $1\,832\text{ m}$,总占地面积 $3\,357\text{ hm}^2$,本保护区的总功能区划包括核心区($1\,618\text{ hm}^2$)、缓冲区($1\,018\text{ hm}^2$)与实验区(721 hm^2)。在中国植被区划系统中,该保护区隶属于亚热带常绿阔叶林区域-东部(湿润)常绿阔叶林亚区域-北亚热带常绿、落叶阔叶混交林地带,地处秦巴山丘陵栎类林及巴山松林分布区。

1.2 红外相机布设

2025年5月—7月,在湖北大梁省级自然保护区开展中华斑羚的红外相机监测工作,在监测区域内使用地理信息软件(ArcGIS 10.8)构建 $2\text{ km}\times 2\text{ km}$ 共13个监测网格(图1),每个网格内选择动物活动痕迹明显、靠近水源、粪便集中处进行相机(DL003,拍摄照片像素200万,录像分辨率为 $1\,080\text{ p}$)架设工作。在布设前,将所有红外相机的参数统一设定为:工作模式采用拍照(连续拍摄三张)并同步启动视频录制(10 s)。实地安装时,相机离地距离 $50\sim 120\text{ cm}$,调整相机镜头角度至对准可能出现野生动物的路径。同时,安装时应避免阳光直射相机镜头,且相机前方无遮挡物。安装完成后,需详细记录布设日期、相机编号、地理位置(经纬度及海拔)、地形特征(坡度与坡向)以及周边生境信息,并同步检查确认相机运行状态正常。为保障持续有效的拍摄效

果,应每3个月对电池和存储卡进行一次更换,同时根据相机拍摄动物情况决定是否调整相机布设位点。

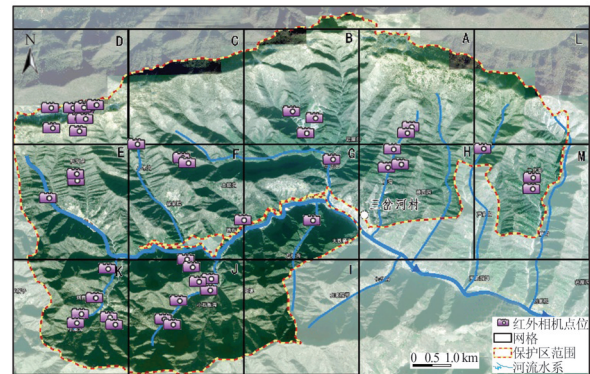


图1 红外相机网格位点

Figure 1 Grid sites of infrared cameras

1.3 数据分析

为支撑后续地理分布特征分析,基于研究区自然特征进行空间维度划分:海拔段结合湖北大梁省级自然保护区海拔数据(平均海拔 800 m ,最高海拔 $1\,832\text{ m}$)及红外相机布设位点的海拔分布范围,采用 100 m 为间隔的梯度划分方法,将研究区域划分为5个海拔段,分别为: 900 m 以下、 $900\sim 999\text{ m}$ 、 $1\,000\sim 1\,099\text{ m}$ 、 $1\,100\sim 1\,199\text{ m}$ 、 $1\,200\text{ m}$ 以上;植被类型依据《中国植被区划》分类标准及研究区植被实地调查结果,结合红外相机布设位点周边的优势植被群落特征,将研究区主要植被类型划分为4类,分别为常绿阔叶林(以壳斗科、樟科常绿树种为优势种,群落结构以常绿乔木层为核心)、常绿与落叶阔叶混交林(由常绿阔叶树种与落叶阔叶树种共同构成优势层,林下伴生灌木及草本植物)、灌丛(以蔷薇科、豆科等灌木为优势群,高度多在 $1\sim 3\text{ m}$,伴生少量草本)以及草甸(以禾本科、菊科草本植物为优势,无明显木本植物层)。

将所有收集到的红外相机照片按照相机号和网格号来分类,并进行物种鉴定和照片计数处理。物种鉴定主要参考《中国兽类图鉴》^[14]、《中国兽类野外手册》^[28]及《中国哺乳动物多样性》^[29]等权威资料。有效照片的判定标准为:同一台红外相机在连续30分钟内拍摄到同一物种的多张照片时,仅计其首次拍摄的照片为一次有效记录^[30]。首次拍摄照片的时间应记录为动物活动的有效时间点;在同一相机点位半小时内所拍摄的全部照片中,应取其中出现的最大动物个体数量,作为该次探测的有效动物数量^[31]。

1.3.1 相对活动强度指数计算

相对活动强度指数(relative activity intensity index, I_{RA})是衡量目标物种在特定区域的分布状况和活动强度。通过中华斑羚在不同植被类型或不同海拔段捕获的有效照片数量与有效照片总数的比例来表示^[32],计算公式如下:

$$I_{RA} = N_i / H \quad (1)$$

式中, I_{RA} 表示物种的相对丰富度; i 代表不同时间段、海拔、气温、坡度、坡向、距农田距离; N_i 表示在 i 条件下拍摄到的该物种的独立有效照片数; H 表示该物种被拍摄到的有效照片总数。

1.3.2 广义线性模型

广义线性模型(generalized linear model, GLM)是经典线性回归模型在理论框架上的重要扩展与推广,旨在通过放宽对数据分布和关系的严格假设,从而能够对更多样化的响应变量进行建模。其核心思想在于,它不再要求响应变量必须服从正态分布,也不再假定响应变量的期望与解释变量的线性组合之间存在直接的线性关系。

采用 R 4.5.1 中的广义线性模型,将相机编号及其对应的有效照片数和有效工作日数输入 Excel 表,并将表格另存为 csv 格式,在 RStudio 写好负二项回归分析代码并将数据输入,运行代码,得出数据图及结论。当 $P < 0.05$,表明海拔对物种出现有显著影响;当 $P > 0.05$,表明海拔对物种出现没有显著影响^[33]。

1.3.3 日活动节律

本研究运用核密度估计(Kernel-density estimation, KDE)方法分析中华斑羚的日活动节律。具体流程包括:首先提取该物种有效照片的拍摄时间,并在 Excel 中将时间统一转换为小数表示;随后将所得时间数据导入 R 语言,并转换为弧度制;最终利用 R 中 overlap 包和 activity 包提供的 densityPlot 函数绘制日活动核密度曲线,并采用 adjust 参数对曲线平滑度进行调节优化^[34]。

1.3.4 夜行性分析

夜间相对丰富度指数(night-time relative abundance index, I_{NRA})可用于表征动物在夜间的活动强度。结合大梁自然保护区的日出日落时间,将每天 18:00 至次日 06:00 作为夜行性分析目标时间段。通过夜间的有效照片数量与中华斑羚各时段的有效照片总数来计算其夜间相对丰富度^[35]。计算公式如下:

$$I_{NRA} = D / N \quad (2)$$

式中, D 代表中华斑羚在夜间时段记录到的独立有

效照片数量; N 表示该物种在所有时段内获得的独立有效照片总数。若该比值大于 13/24,则判定动物具有夜行性;若小于该阈值,则判定其具有昼行性;若比值接近 13/24,则认为其夜行性特征不明显^[35]。

1.3.5 食性分析

食物是维系动物与生存环境的重要桥梁,食性研究作为动物生态学的重要组成部分,不仅可直接反映野生动物对栖息环境的适应水平,还能清晰呈现其与同域共存其他物种的生态关系^[19]。本研究采用野外实地考察结合食性痕迹鉴定法开展中华斑羚食性分析,基于前期红外相机监测结果确定中华斑羚主要活动区域后,设置调查样线开展实地调查,一方面统计区域内植物种类及分布情况,建立潜在取食植物名录,另一方面搜寻中华斑羚啃食痕迹,采集对应植物样本并进行物种鉴定,明确取食植物种类及部位,最终通过数据统计与分析,研究其取食偏好,初步揭示中华斑羚的食性特征。

2 结果与分析

2025年5月—7月,在大梁自然保护区内共布设45台红外相机,有效相机位点33台,总相机工作日累计2045天,共拍摄照片977张,有效照片为822张。共有25个相机位点拍摄到中华斑羚,相机有效工作日累计1566天,相机位点占有率为75.80%,共获得有效照片164张,占总有效照片数的20.00%。

2.1 中华斑羚的分布特征

2.1.1 不同植被类型分布特征

中华斑羚在大梁自然保护区不同植被类型的相对活动强度如表1所示,在不同植被类型中,中华斑羚的相对活动强度呈现出明显差异:常绿与落叶阔叶混交林中该物种的相对活动强度最高,常绿阔叶林次之,灌丛中中华斑羚的相对活动强度低于常绿阔叶林,而草甸中中华斑羚的相对活动强度在这四种生境里最低。

2.1.2 不同海拔区域分布特征

中华斑羚在不同海拔区域的相对活动强度如表2所示,在不同海拔区域中,中华斑羚的相对活动强度存在显著差异:1000~1099 m 海拔区域内该物种的相对活动强度最高;900~999 m 海拔区域次之;900 m 以下海拔区域的中华斑羚相对活动强度低于900~999 m 海拔区域,但高于1200 m 以上海拔区域;1200 m 以上海拔区域的相对活动强度进一步低于900 m 以下海拔区域,仅高于1100~1199 m 海拔

区域;1 100~1 199 m海拔区域中中华斑羚的相对活动强度在上述各海拔区域里最低。

2.1.3 广义线性模型结果

采用广义线性模型对自然保护区不同海拔观测到的中华斑羚照片数进行分析,主要分析了33个有效相机位点的数据,包括每个相机的有效照片数以及有效工作日,海拔范围为749~1 745 m。模型分析结果如图2所示,反映了中华斑羚出现概率随海拔变化的趋势,表明海拔对于该物种出现有一定潜在影响。

表1 中华斑羚在不同植被类型中的活动情况
Table 1 Activity patterns of *N. griseus* in different vegetation types

植被类型	有效监测 相机/个	有效照片 数/张	相机有效 工作日/d	相对活动 强度/%
常绿阔叶林	9	38	554	23
常绿与落叶 阔叶混交林	10	100	654	61
灌丛	4	18	242	11
草甸	2	8	116	5
汇总	25	164	1 566	100

表2 中华斑羚在不同海拔区域的活动情况
Table 2 Activity patterns of *N. griseus* in different elevation zones

海拔/m	有效监测 相机/个	有效照片 数/张	相机有效 工作日/d	相对丰富 度/%
<900	3	19	187	11.59
900~999	6	45	380	27.44
1 000~1 099	10	74	631	45.12
1 100~1 199	2	11	136	6.71
>1 200	4	15	232	9.15

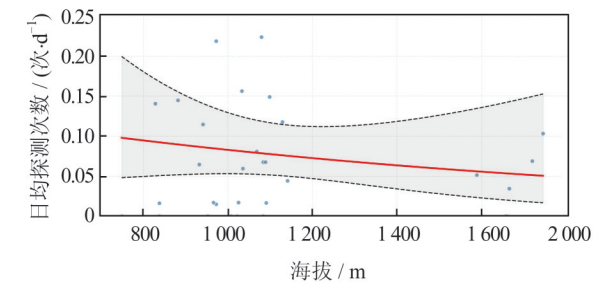


图2 中华斑羚出现与海拔的关系
Figure 2 Relationship between *N. griseus* occurrence and elevation

2.2 中华斑羚的活动节律

2.2.1 日活动节律

基于所获得的164次中华斑羚独立有效探测事件,本研究对其春夏季节日活动节律进行了分析。

研究结果表明,中华斑羚在春夏季节日活动模式呈现明显的双峰型活动节律,具有两个主要的活动高峰,其活动高峰主要集中在日出和日落前后(图3)。具体表现为:上午的活动强度从04:00左右逐渐上升,自06:00开始进入活动高峰,下午时段主要在17:00前后达到活动高峰,此后开始下降,夜间整体维持在较低水平(图3)。

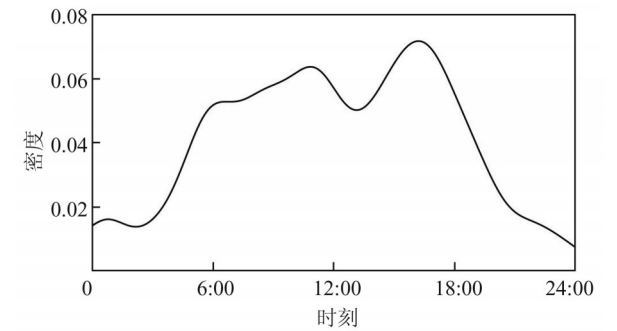


图3 中华斑羚的日活动节律曲线
Figure 3 Diurnal activity rhythm curve of *N. griseus*

2.2.2 夜行性分析

中华斑羚在每天18:00至次日凌晨06:00这一时间段内的有效照片数为51张,根据夜行性指数计算公式,中华斑羚的夜行性指数计算结果为0.31,该数值低于13/24,表明该物种主要在白天活动,属于典型的昼行性物种。

2.3 食性分析

中华斑羚是典型的植食性动物,其食性具有明显的季节性和地域性。食物组成以栖息地内的优势植被为核心,遵循“高营养、低防御”的取食策略,其取食的具体植物种类因栖息地植被组成而异,表3所示为大梁自然保护区内中华斑羚潜在偏好的食物种类。在阔叶林丰富的保护区,中华斑羚常取食壳斗科、桦木科等树种的嫩叶、嫩枝和果实;而在其他地区,蔷薇科灌木、禾本科以及莎草科草本等可能是其主要食物来源。在食物部位选择上,中华斑羚偏好选择营养丰富、适口性好的植物部位,全年优先取食嫩叶、嫩芽、果实等营养密集部位,仅在冬季资源匮乏时,才被迫增加对树皮、老叶等低营养部位的取食,以维持生存。

此外,基于文献与生境特征的推断,中华斑羚的食性可能会受保护区季节气候影响而呈现显著季节变化,且与海拔迁移行为高度同步,具体如表4所示,在春夏温暖季节,随着雪线上升和低海拔植物老化,中华斑羚会向中高海拔区域迁移,以充分利用那里灌丛和林缘新发的嫩叶、嫩芽等营养密集食物,此时食物种类最为丰富。

表3 中华斑羚潜在取食植物种类
Table 3 Main plant species consumed by *N. griseus*

植物种类	
科	种
桑科(Moraceae)	桑树(<i>Morus alba</i>)
	鸡桑(<i>Morus australis</i>)
	华桑(<i>Morus cathayana</i>)
豆科(Fabaceae)	胡枝子(<i>Lespedeza bicolor</i>)
	美丽胡枝子(<i>Lespedeza formosa</i>)
	绿叶胡枝子(<i>Lespedeza buergeri</i>)
	中华胡枝子(<i>Lespedeza chinensis</i>)
石竹科(Caryophyllaceae)	蝇子草(<i>Silene fortunei</i>)
	石生蝇子草(<i>Silene tatarinowii</i>)
禾本科(Gramineae)	鹅观草(<i>Roegneria kamoji</i>)
	油芒(<i>Eccoilopus cotulifer</i>)
菊科(Asteraceae)	野艾蒿(<i>Artemisia lavandulaefolia</i>)
	黄花蒿(<i>Artemisia annua</i>)
蔷薇科(Rosaceae)	地榆(<i>Sanguisorba officinalis</i>)
	插田泡(<i>Rubus coreanus</i>)
马桑科(Coriariaceae)	马桑(<i>Coriaria nepalensis</i>)
壳斗科(Fagaceae)	茅栗(<i>Castanea seguinii</i>)
	锐齿槲栎(<i>Quercus aliena</i>)
桦木科(Corylaceae)	川榛(<i>Corylus heterophylla</i>)
	亮叶桦(<i>Betula luminifera</i>)
莎草科(Cyperaceae)	柄状薹草(<i>Carex pediformis</i>)

3 讨 论

食物的可利用性和质量决定了有蹄类动物的栖息地选择,而植被类型与食物具有密不可分的联系^[36]。从调查结果来看,中华斑羚在各植被类型中的分布具有显著差异,中华斑羚的相对丰富度指数在常绿阔叶林(23.17%)和常绿与落叶阔叶混交林(60.98%)要高于灌丛(10.98%)和草甸(4.88%),这与王勃等^[37]在四川省蜂桶寨自然保护区对中华斑羚春季生境偏好的调查结果一致。阔叶树在春季萌发新叶,提供高营养的嫩叶,同时混交林下光照适中,促进草本植物生长,补充了斑羚的食草需求。另外,阔叶林枝条密集,形成天然屏障,满足了中华斑羚的隐蔽需求,从而成为了优质的育幼场所。

表4 中华斑羚春夏季节取食植物类别
Table 4 Plant categories foraged by *N. griseus* in spring and summer

季节	代表性食物	取食生境	适配策略
春季 (3月—5月)	壳斗科嫩叶(锐齿槲栎、栓皮栎)、 蔷薇科芽(山莓)等	中低海拔(1 000~1 400 m) 落叶阔叶林缘	高海拔残雪消融后向中低海拔迁移,取食新 萌嫩组织补充越冬后营养
夏季 (6月—8月)	桦木科嫩枝(亮叶桦)、禾本科草 本(五节芒、荩草)等	中高海拔(1 400~1 800 m) 针阔混交林	雨季草本生长旺盛,优先取食高水分草本

海拔是影响生物分布格局的重要环境因子之一,随着海拔梯度的变化,温度、降水、大气成分和光照等气候要素均发生显著变化,从而对生物的分布格局产生重要影响^[38]。本研究结果表明,中华斑羚频繁活动于900~1 099 m的海拔区域内,并在1 000~1 099 m海拔段区域内具有最大的相对丰富度指数(45.12%)。这与中华斑羚多分布于海拔1 600 m以上^[20,39-40]的已有研究报道存在一定差异。本研究中较低海拔(1 000 m左右)分布占优的现象,可能与中华斑羚的季节性迁徙习性相关^[19],春夏季节为其觅食期,中华斑羚可能会向中低海拔迁移,该区域此时嫩叶及草本资源丰富、气候适宜,因而可能更利于其栖息与繁殖。此外,由于该海拔段广泛分布的蔷薇科、桦木科及壳斗科植物,既能为中华斑羚提供充足的嫩叶、草本与果实资源,也可形成适宜的活动空间与生境,兼顾其觅食与隐蔽需求,因此中华斑羚可能更倾向于向中低海拔段迁移。

本研究对大梁自然保护区中华斑羚日活动节律的分析结果表明,中华斑羚活动高峰集中于06:00至11:00及16:00至18:00,与既往研究中普遍报道的晨昏性活动模式相似^[35,41]。中华斑羚在首个活动高峰时间较长,且第二个活动高峰较其他研究报道提前1~2小时,这种差异可能源于区域异质性因素,包括气候条件、食物资源分布、植被类型及人为干扰强度等,这些因素均可显著影响物种的活动模式,导致同一物种在不同地区表现出节律性差异。另外,种间相互作用也会显著影响动物的活动节律。同域分布的有蹄类动物,往往通过减少在同一生态维度(如时间、空间或资源利用)上的重叠,以提升共存可能性^[42]。在大梁自然保护区内,林麝(*Moschus berezovskii*)、小麂(*Muntiacus reevesi*)、野猪(*Sus scrofa*)等有蹄类动物与中华斑羚存在生态位重叠。当活动时间产生重叠时,中华斑羚可能会通过调整自身节律,减少时间资源竞争,从而促进多物种共存^[11]。

此外,本研究通过野外调查对中华斑羚的食性进行了初步研究,发现中华斑羚的食性与栖息地植被资源、季节变化及生境特征高度适配,其食性呈现

出“木本为主、草本为辅,季节动态明显,规避珍稀有毒物种”的核心特征。现有研究表明^[36,43],中华斑羚的主要食物来源为常见的阔叶树种和广布草本植物,尚未见其大量取食国家重点保护植物或已知有毒植物的报道,这有助于保护珍稀植物资源,但具体影响需进一步研究。中华斑羚食性策略与湖北大梁保护区的自然环境高度适配,在植被类型上,它主要依赖区内广布的落叶阔叶林和常绿灌丛提供枝叶;在海拔梯度上,它通过垂直迁移追踪不同季节的食物资源;在气候物候上,其取食节律与植物的生长周期紧密同步。因此,中华斑羚既依赖保护区丰富的植物多样性维持生存,又通过这种有选择、有节制的取食行为,避免了过度啃食珍稀物种,与生态系统形成了良性循环。后续保护需重点维护阔叶林及灌丛植被的完整性与连通性,避免栖息地碎片化导致其食物资源网络断裂,同时应注意加强对冬季低海拔常绿植被健康状况的监测,保障其越冬的关键食物供给。

综上所述,本研究通过红外相机陷阱技术分析探讨了中华斑羚在大梁自然保护区的植被类型和海拔区段间分布特征及日活动节律,研究所获得的基础数据既为保护区制定针对性保护措施提供了科学依据,也为深入了解中华斑羚的生态习性奠定了基础。目前监测周期主要为其活动较为频繁的春夏季节,后续研究需拓展至秋冬季等多时空尺度的红外相机调查,以系统揭示不同季节背景下其生境选择策略与行为节律的时空异质性。

参考文献

- [1] Cutler T L, Swann D E. Using remote photography in wildlife ecology: a review[J]. Wildlife Society Bulletin, 1999, 27(3): 571-581.
- [2] 李晟,王大军,肖治术,等. 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[J]. 生物多样性, 2014, 22(6): 685-695.
Li S, Wang D J, Xiao Z S, et al. Camera-trapping in wildlife research and conservation in China: review and outlook [J]. Biodiversity Science, 2014, 22 (6) : 685-695.
- [3] 李张涛. 红外相机技术在野生动物调查中的应用浅析[J]. 山西林业, 2022(S2): 40-41.
Li Z T. Analysis on the application of infrared camera technology in wildlife investigation [J]. Forestry of Shanxi, 2022(S2): 40-41.
- [4] Kucera T E, Barrett R H. A history of camera trapping [M]//Camera Traps in Animal Ecology. Tokyo: Springer Japan, 2011: 9-26.
- [5] 肖治术. 红外相机技术在我国自然保护地野生动物清查与评估中的应用[J]. 生物多样性, 2019, 27(3): 235-236.
Xiao Z S. Application of camera trapping to species inventory and assessment of wild animals across China's protected areas [J]. Biodiversity Science, 2019, 27 (3): 235-236.
- [6] 韦日启. 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用[J]. 南方农业, 2021, 15(2): 198-199.
Wei R Q. Application of infrared camera technology in wildlife monitoring research in China [J]. South China Agriculture, 2021, 15(2): 198-199.
- [7] Karanth K U. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture: recapture models [J]. Biological Conservation, 1995, 71 (3) : 333-338.
- [8] Silveira L, Jácomo A T A, Diniz-Filho J A F. Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation[J]. Biological Conservation, 2003, 114 (3): 351-355.
- [9] 杨帆,胡素贤,王晶晶,等. 微生境尺度下有蹄类动物空间季节利用互作关系研究[J]. 野生动物学报, 2018, 39(2): 224-230.
Yang F, Hu S X, Wang J J, et al. Spatial interaction among free-ranging ungulates by season at the micro-habitat scale[J]. Chinese Journal of Wildlife, 2018, 39 (2): 224-230.
- [10] 冯悦恒,陈治斌,崔依林,等. 海南热带雨林国家公园毛瑞片区的鸟兽调查[J]. 热带生物学报, 2024, 15 (4): 414-418, 436.
Feng Y H, Chen Z B, Cui Y L, et al. Survey of birds and mammals in the Maorui area of Hainan Tropical Rainforest National Park[J]. Journal of Tropical Biology, 2024, 15(4): 414-418, 436.
- [11] 冯彬,胡露,赵姗姗,等. 同域分布中华鬣羚与中华斑羚时空生态位特征[J]. 生态学报, 2022, 42(13): 5275-5284.
Feng B, Hu L, Zhao S S, et al. Spatio-temporal niche characteristics of sympatric Chinese serow and Chinese goral[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(13): 5275-5284.
- [12] 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》(2021年2月1日修订)[J]. 野生动物学报, 2021, 42(2): 605-640.
National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. List of national key protected wild animals (revised on February 1, 2021) [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2021, 42 (2) : 605-640.

- [13] 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 中国兽类名录(2024版)[J]. 兽类学报, 2025, 45(1): 1-16.
Wei F W, Yang Q S, Wu Y, et al. Catalogue of mammals in China(2024)[J]. Acta Theriologica Sinica, 2025, 45(1): 1-16.
- [14] 刘少英, 吴毅. 中国兽类图鉴[M]. 福州: 海峡书局, 2019.
Liu S Y, Wu Y. Handbook of the mammals of China [M]. Fuzhou: Strait Publishing House, 2019.
- [15] 赵晨光, 何明超, 苏晋芬, 等. 基于红外相机技术对中华斑羚活动节律的研究[J]. 野生动物学报, 2022, 43(1): 32-37.
Zhao C G, He M C, Su J F, et al. Research on activity rhythms of Chinese goral (*Naemorhedus griseus*) revealed with infrared camera[J]. Chinese Journal of Wildlife, 2022, 43(1): 32-37.
- [16] 陈卫, 高武, 傅必谦. 北京兽类志[M]. 北京: 北京出版社, 2002.
Chen W, Gao W, Fu B Q. Fauna of Beijing[M]. Beijing: Beijing Publishing House Group, 2002.
- [17] 李峥, 夏凡, 房新民, 等. 北京市同域分布中华斑羚与狍冬季食物及肠道微生物分析显示中华斑羚具有竞争优势[J]. 中国科学: 生命科学, 2025, 55(4): 790-805.
Li Z, Xia F, Fang X M, et al. Analysis of winter food and gut microbiota of sympatric Chinese goral and roe deer revealed competitive advantage of Chinese goral in Beijing [J]. Scientia Sinica (Vita), 2025, 55(4): 790-805.
- [18] 张蕊, 陈照娟, 姜秀丽, 等. 赛罕乌拉自然保护区斑羚性激素水平的季节变化[J]. 生物学杂志, 2019, 36(3): 60-64.
Zhang R, Chen Z J, Jiang X L, et al. Seasonal variations of sex hormones in Chinese goral at the Saihanwula Nature Reserve, Inner Mongolia[J]. Journal of Biology, 2019, 36(3): 60-64.
- [19] 唐书培, 姜秀丽, 王晓玲, 等. 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区中华斑羚的季节性食物构成分析[J]. 四川动物, 2018, 37(3): 311-316.
Tang S P, Jiang X L, Wang X L, et al. Seasonal diet analysis of *Naemorhedus griseus* in saihanwula national nature reserve[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2018, 37(3): 311-316.
- [20] 温平, 彭科, 陈旭, 等. 基于MaxEnt模型的白水河国家级保护区有蹄类保护动物生境适宜性评价[J]. 四川林业科技, 2021, 42(1): 70-75.
Wen P, Peng K, Chen X, et al. Habitat suitability evaluation of four ungulate species in Baishuihe national nature reserve based on MaxEnt model[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2021, 42(1): 70-75.
- [21] 向杰, 张自亮, 谢增文, 等. 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[J]. 生命科学研究, 2024, 28(3): 258-266.
Xiang J, Zhang Z L, Xie Z W, et al. Investigation of activity rhythm and habitat selection of *Elaphodus cephalophus* in Hunan Gaowangjie national nature reserve [J]. Life Science Research, 2024, 28(3): 258-266.
- [22] 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麂活动节律研究[J]. 四川动物, 2022, 41(2): 175-183.
Xie B, Wang C, Fan H, 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.
- [23] 白小节, 肖文宏, 张廷跃, 等. 赤水桫欏自然保护区小灵猫及其潜在啮齿类猎物活动节律的季节适应格局[J]. 兽类学报, 2024, 44(3): 309-320.
Bai X J, Xiao W H, Zhang T Y, et al. Seasonal variation patterns of daily activity rhythm of small Indian civets (*Viverricula indica*) and their potential rodent prey in Guizhou Chishui *Alsophila* National Nature Reserve, China [J]. Acta Theriologica Sinica, 2024, 44(3): 309-320.
- [24] Chinn S M, Hepinstall-Cymerman J, Beasley J C. Reproduction drives changes in space use and habitat selection in a highly adaptable invasive mammal [J]. Journal of Mammalogy, 2023, 104(3): 479-495.
- [25] 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, 2011, 39(2): 1056-1058, 1162.
Yuan B D, Kong F F. Research on mammal activity rhythm [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(2): 1056-1058, 1162.
- [26] 卢佳玉, 石小亿, 多立安, 等. 基于红外相机技术的天津城市地栖哺乳动物昼夜活动节律评价[J]. 生物多样性, 2024, 32(8): 45-57.
Lu J Y, Shi X Y, Duo L A, et al. Circadian rhythms of urban terrestrial mammals in Tianjin based on camera trapping method [J]. Biodiversity Science, 2024, 32(8): 45-57.
- [27] Steen R. Diel activity patterns of urban Woodchucks (*Marmota monax*) revealed by camera traps at burrows in southwestern Ontario, Canada [J]. The Canadian Field-Naturalist, 2020, 134(4): 353-360.
- [28] Andrew T S, 解焱. 中国兽类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2009.
Andrew T S, Xie Y. A guide to the mammals of China [M]. Changsha: Hunan Education Publishing House,

- 2009.
- [29] 蒋志刚. 中国哺乳动物多样性: 编目、分布与保护 [M]. 福州: 海峡书局, 2024.
Jiang Z G. Diversity of China's mammals: inventory, distribution and conservation [M]. Fuzhou: Strait Publishing House, 2024.
- [30] 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.
- [31] 杨海婷, 颜文博, 曾治高, 等. 海南尖峰岭椰子狸的活动规律 [J]. *动物学杂志*, 2024, 59(6): 887-896.
Yang H T, Yan W B, Zeng Z G, et al. Activity regularity of common palm civets in Jianfengling, Hainan, China [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2024, 59(6): 887-896.
- [32] 刘雪, 祁新华, 程煜, 等. 武夷山国家公园白鹇和小麂活动节律及其影响因素 [J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2023, 36(1): 65-72.
Liu X, Qi X H, Cheng Y, et al. Activity rhythm of *Lophura nycthemera* and *Muntiacus reevesi* in Wuyishan National Park and its influencing factors [J]. *Journal of Hainan Normal University (Natural Science)*, 2023, 36(1): 65-72.
- [33] 宋景舒, 胡洁, 江波, 等. 天祝夏玛林场不同生境夏季鸟类多样性 [J]. *生态与农村环境学报*, 2020, 36(5): 606-611.
Song J S, Hu J, Jiang B, et al. Investigation on summer bird diversity in Xima forest farm, Tianzhu County, Gansu Province [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2020, 36(5): 606-611.
- [34] 刘春燕, 柳小山, 师杜娟, 等. 皇冠山自然保护区野猪分布与活动节律研究 [J]. *陕西林业科技*, 2025, 53(3): 60-65.
Liu C Y, Liu X S, Shi D J, et al. Distribution and activity patterns of *Sus scrofa* in Huangguanshan nature reserve [J]. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 2025, 53(3): 60-65.
- [35] 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*, 2014, 22(6): 737-745.
Jia X D, Liu X H, Yang X Z, et al. Seasonal activity patterns of ungulates in Qinling Mountains based on camera-trap data [J]. *Biodiversity Science*, 2014, 22(6): 737-745.
- [36] Cransac N, Hewison A J M. Seasonal use and selection of habitat by mouflon (*Ovis gmelini*): comparison of the sexes [J]. *Behavioural Processes*, 1997, 41(1): 57-67.
- [37] 王勃, 张君, 胡锦涛. 四川蜂桶寨自然保护区斑羚春季生境选择 [J]. *四川动物*, 2008, 27(2): 269-272.
Wang B, Zhang J, Hu J C. Habitat selection by Chinese goral (*Naemorhedus griseus*) in spring in Fentongzhai nature reserve [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2008, 27(2): 269-272.
- [38] Barry R G. *Mountain Weather and Climate* [M]. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, 2008.
- [39] 杨稀, 王晓虹, 付明霞, 等. 基于红外相机对拟建川藏铁路(康定至巴塘段)沿线6种有蹄类动物活动节律研究 [J]. *贵州师范大学学报(自然科学版)*, 2024, 42(3): 68-75.
Yang X, Wang X H, Fu M X, et al. Study on the activity rhythms of six ungulate species along the planned Sichuan-Tibet Railway (from Kangding to Batang section) based on infrared cameras [J]. *Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences)*, 2024, 42(3): 68-75.
- [40] 张发瑞, 肖梅, 谌利民, 等. 唐家河大中型林栖哺乳动物多样性与结构初析 [J]. *动物学杂志*, 2025, 60(3): 342-355.
Zhang F R, Xiao M, Shen L M, et al. Diversity and structure of forest-dwelling mammals in Tangjiahe, a preliminary analysis [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2025, 60(3): 342-355.
- [41] 孙佳欣, 李佳琦, 万雅琼, 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*, 2018, 34(11): 1003-1009.
Sun J X, Li J Q, Wan Y Q, 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.
- [42] Bagchi S, Goyal S P, Sankar K. Niche relationships of an ungulate assemblage in a dry tropical forest [J]. *Journal of Mammalogy*, 2003, 84(3): 981-988.
- [43] 刘夫仁, 贺伟, 赛罕, 等. 同域分布马鹿与中华斑羚的冬夏季食物构成比较 [J]. *动物学杂志*, 2022, 57(6): 845-854.
Liu F R, He W, Sai H, et al. Differences in winter and summer diet composition between sympatric red deer and Chinese goral [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2022, 57(6): 845-854.