

+doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.012

利用红外相机调查五道峡自然保护区鸟兽资源及节律特征

李怀祥^{1,2}, 李亭亭^{1,2}, 邓正斌³, 陈荣友⁴, 祝文龙^{1,2}, 任 帅^{1,2}, 汪正祥^{1,2}

(1. 湖北大学 资源环境学院, 湖北 武汉 430062; 2. 区域开发与环境响应湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430062;
3. 湖北五道峡国家级自然保护区管理局, 湖北 襄阳 441699; 4. 长江水资源保护科学研究所, 湖北 武汉 430051)

摘要:为掌握五道峡国家级自然保护区的鸟兽资源情况, 布设 62 台红外相机进行野生动物资源监测。调查发现, 1 433 张独立有效照片共记录兽类 7 目、12 科、19 种, 物种相对丰富度指数前 5 位的是小鹿、中华斑羚、野猪、猪獾和花面狸; 记录到鸟类 5 目、14 科、33 种, 物种相对丰富度前 3 位的是红腹锦鸡、白冠长尾雉和松鸦。节律特征分析结果表明, 夏季物种丰富度显著高于冬季 ($P < 0.05$), 与春季、秋季差异不明显, 野生动物在夏季活动频繁, 冬季动物活动频率较低; 小鹿、中华斑羚和野猪在早晨和黄昏活动频繁, 属昼行晨昏型动物, 白冠长尾雉和红腹锦鸡活动集中于早晨和黄昏。3 种偶蹄目兽类的日活动节律重叠程度的分析结果表明, 3 个优势物种间日活动节律表现为中等程度的重叠, 相互间存在不同程度的竞争。以期掌握五道峡国家级自然保护区鸟兽资源和节律信息, 为保护区生物多样性保护与持续监测提供依据。

关键词:红外相机; 相对丰富度指数; 活动节律; 季节分布; 五道峡国家级自然保护区

中图分类号: S759.9; S718.63; S718.65; S757.2; TB866 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)04-0073-08

引文格式: 李怀祥, 李亭亭, 邓正斌, 等. 利用红外相机调查五道峡自然保护区鸟兽资源及节律特征[J]. 林业调查规划, 2023, 48(4): 73-80. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.012

LI Huaixiang, LI Tingting, DENG Zhengbin, et al. Investigating Bird and Animal Resources and Rhythm Characteristics in Wudaoxia Nature Reserve with Infrared Cameras[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(4): 73-80. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.012

Investigating Bird and Animal Resources and Rhythm Characteristics in Wudaoxia Nature Reserve with Infrared Cameras

LI Huaixiang^{1,2}, LI Tingting^{1,2}, DENG Zhengbin³, CHEN Rongyou⁴, ZHU Wenlong^{1,2},
REN Shuai^{1,2}, WANG Zhengxiang^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan 430062, China;
2. Hubei Key Laboratory of Regional Development and Environmental Response, Wuhan 430062, China;
3. Administration of Wudaoxia National Nature Reserve, Xiangyang, Hubei 441699, China;
4. Changjiang Water Resources Protection Institute, Wuhan 430051, China)

Abstract: In order to grasp the situation of bird and animal resources in Wudaoxia National Nature Reserve, 62 infrared cameras were deployed for wildlife resource monitoring. The survey found that 1 433 independent and effective photos recorded 19 species, 12 families and 7 orders of mammals, the top 5 species in the relative abundance index were *Muntiacus reevesi*, *Naemorhedus griseus*, *Sus scrofa*, *Arct-*

收稿日期: 2022-02-15.

基金项目: 2019 年中央引导地方科技发展非政府采购项目(214002001004).

第一作者: 李怀祥(1996-), 男, 山东临沂人, 硕士研究生. 主要从事生物多样性研究. Email: Lihuaixiang202101@163.com

onyx collaris and *Paguma larvata*; 33 species, 14 families, and 5 orders of birds were recorded, and the top 3 species in relative abundance index were *Chrysolophus pictus*, *Syrmaticus reevesii* and *Garrulus glandarius*. The analysis of rhythm characteristics showed that the species abundance in summer was significantly higher than that in winter ($P < 0.05$), and was not significantly different from spring and autumn; wildlife activities were frequent in summer, while the frequency of animal activity in winter was relatively low; *Muntiacus reevesi*, *Naemorhedus griseus* and *Sus scrofa* were active frequently in the morning and dusk, belonging to the diurnal twilight type animals, and the activities of *Syrmaticus reevesii* and *Chrysolophus pictus* were concentrated in the morning and dusk. The analysis results of the overlap degree of the daily activity rhythms of the three cloven-hoofed beasts showed that the daily activity rhythms of the three dominant species showed a moderate degree of overlap, and there were different degrees of competition among each other. This paper basically mastered the types and rhythm information of bird and animal resources in Wudaoxia National Nature Reserve, which provided a basis for biodiversity conservation and continuous monitoring in the reserve.

Key words: infrared camera; relative abundance index; activity rhythm; seasonal distribution; Wudaoxia National Nature Reserve

野生动物是生态系统中重要组成部分^[1],是环境变化的指示种群,其多样性和分布模式体现了动物对环境变化的响应^[2],一直是生态学和动物学研究的热点。野生动物多样性的有效保护与管理,需要大范围、长时间的系统监测网络支持^[3]。20 世纪 90 年代中期以来,红外相机逐渐应用于野生动物的研究与监测中^[4-5],红外相机技术指使用带有红外传感功能的相机自动获取野生动物图像数据的技术方法,这些图像数据可用来分析野生动物的物种组成及数量分布信息^[6-7],由于其具有野外耐久性、对动物无伤性、非干扰性等优点^[8],成为自然保护区兽类与鸟类调查的最有效工具之一,广泛应用于各级自然保护区动物资源本底调查和专项调查研究,为区域生物多样性现状提供最直接和最基础的数据^[9]。浙江古田山国家级自然保护区^[10]、广东南岭国家级自然保护区^[11]、福建戴云山国家级自然保护区^[12]、浙江清凉峰国家级自然保护区^[13]等保护区陆续开展了大规模生物多样性的监测研究工作。

野生动物的活动行为分配具有明显的季节性和昼夜差异^[14],掌握动物的活动节律是分析其生存策略的前提,是动物行为在时间维度的分布,是对资源和环境高度适应的结果^[15],活动节律主要通过探查动物活动强度的时空变化及其规律的影响因素等以了解动物的生存行为策略^[16]。基于红外相机技术的五道峡国家级自然保护区鸟兽多样性研究未见报道,此前有关保护区野生动物研究多基于样线^[17]、样点、访问调查和兽类痕迹整理得出^[18],利用红外相机在该保护区开展鸟类和兽类资源调查监测和活

动特征研究,将有助于完善该地区兽类物种资料,进一步为保护区生物多样性保护和管理提供科学参考。

1 研究区概况

湖北五道峡国家级自然保护区(以下简称“保护区”)位于湖北省保康县境内,处于大巴山东延余脉荆山山脉主脉,地理坐标为 $31^{\circ}45'23'' \sim 31^{\circ}37'46''$ N, $111^{\circ}5'44'' \sim 111^{\circ}27'58''$ E,海拔 500 ~ 1 850 m。保护区总面积 20 860 km²,其中核心区面积 7 650 km²,缓冲区面积 6 352 km²,实验区面积 6 858 km²,属森林生态系统类型的保护区。保护区地处北亚热带向暖温带的过渡区域,年均温 8.5℃,年降雨量 900 ~ 1 300 mm。地理位置特殊,山陡谷深,生境复杂多样,孕育了丰富的野生动物资源,在湖北省的动植物区系中占有重要地位。

2 研究方法

2.1 红外相机布设

保护区呈东西走向,狭长分布。红外相机布设以保护区 3 个片区的核心区为主,缓冲区和实验区根据实际情况布设(图 1)。利用 ArcGIS 10.2 软件生成边长为 1 km 的正方形网格,依据实际地形每网格尽可能布设 1 台相机,共布置 66 台红外相机,覆盖 65 个网格,除丢失及损坏的红外相机 4 台,共统计 62 台红外相机数据;红外相机布设地点选择在林间小道、水源地、山脊、垭口、开阔地等动物活动频繁的区域,并记录其经纬度、海拔和生境,安放前对红

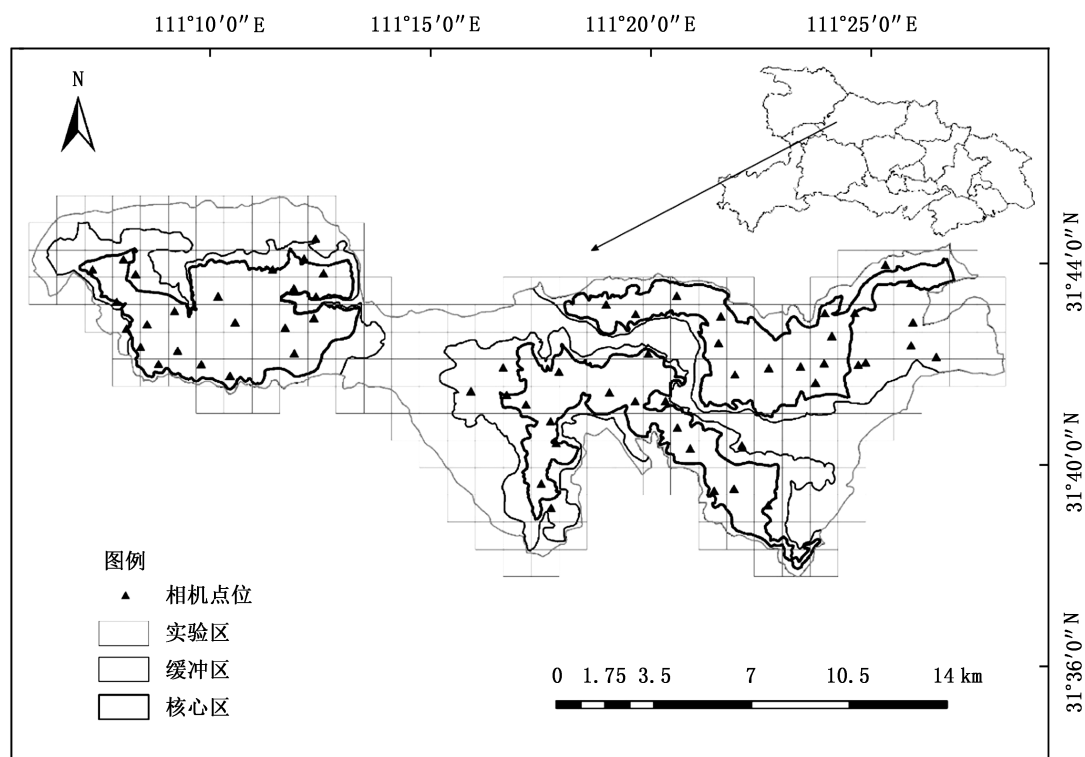


图1 五道峡国家级自然保护区相机布设位点

Fig. 1 Camera trapping sites in Wudaoxia National Nature Reserve

外相机(夜鹰 TM SG-880V)参数进行统一设置,工作时间为24 h,拍照模式为混合拍摄(3张照片+20 s视频),灵敏度中,对相机拍摄角度进行调整并固定,确保不会移位,将相机固定在较高大的乔木上,距地面约0.5 m,每3~4个月检查相机工作情况并更换电池和内存卡,雨季清理林下拍摄区域草灌茎叶,避免遮蔽红外相机视角。

2.2 数据整理与分析

将定期收回的照片通过分拣整理后录入 Excel 数据表中,物种鉴定参照《中国兽类野外手册》^[19]和《中国鸟类野外手册》^[20],物种分类系统参考《中国脊椎动物红色名录》^[21]和《中国鸟类分类和分布名录》(第三版)^[22],国家重点保护野生动物等级参照《国家重点保护野生动物名录》^[23],IUCN 濒危物种红色名录按照 IUCN Red List (<https://www.iucnredlist.org/>) 标准。分析与制图均在 R 4.02 软件的 overlap 包^[24]和 activity 包^[25]、ArcGIS 10.4 中完成。

将同一编号相机在30 min内拍到的同一物种的所有有效照片记为一张独立有效照片,分别计算各物种的有效拍摄数,并以有效拍摄数为基础,算出各物种的相对丰富度指数 RAI (relative abundance index)^[26],计算公式为:

$$RAI = \frac{A_i}{N} \times 100$$

式中: A_i 表示第*i*类物种出现的独立有效照片数; N 表示独立有效照片总数。

为探究不同季节野生动物的丰富度情况,利用2020年1—12月的红外相机数据进行动物季节活动规律分析,根据气候条件划分,2020年3—5月为春季,2020年6—8月为夏季,2020年9—11月为秋季,2020年12月、2020年1—2月为冬季,选取兽类丰富度最高的6种和鸟类2种参与季节分布分析,以不同季节各物种的独立有效照片代表该物种在该季的丰富度,并进行T检验。

研究日活动节律时,由于部分物种丰富度和代表性较低,在物种昼夜节律分析时选取兽类丰富度较高的3种偶蹄目兽类和鸟类丰富度最高的鸡形目2种进行分析,利用R语言将红外照片的时间数据转换为弧度数据,实质是先由时间(时—分—秒)数据转为小数(数值范围0~1),再转化为弧度数据;使用 densityPlot() 函数绘制单物种核密度曲线图,用 overlapEst() 函数计算重叠系数判断重叠程度,activity 包的 compareCkern() 函数利用 Wald test 对同一分布的循环预测值进行概率检验^[27]。

3 结果与分析

3.1 物种组成和相对丰富度指数

本次兽类资源监测获得兽类独立有效照片 1 065 张,占全部独立有效照片的 74.3%,鉴定出兽类 19 种,隶属 7 目、12 科,种类最多的是食肉目(Carnivora),7 种,占总数的 42%;其次是啮齿目(Rodentia)和偶蹄目,各 4 种,分别占比 31.6%,食虫目(Insectivora)、翼手目(Chiroptera)、灵长目(Primates)和兔形目(Lagomorpha)均只有 1 种。在拍摄到的兽类照片中,有国家 I 级保护动物 1 种,为小灵猫(*Viverricula indica*),国家 II 级保护动物 5 种,分别为猕猴(*Macaca mulatta*)、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、黄喉貂(*Martes flavigula*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)和中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)。在《中国脊椎动物红色名录》中属于易危(VU)动物 5 种,分别为小灵猫、豹猫、毛冠鹿、小鹿和中华斑羚,属于近危(NT)动物 4 种,分别是猪獾、黄喉貂、黄腹鼬和花

面狸,无危动物(LC)10 种。

获得鸟类独立有效照片 368 张,占全部独立有效照片的 25.7%,鉴定显示鸟类 5 目、14 科、33 种,其中雀形目种数最多,有 10 科、25 种,其次是鸡形目 1 科、4 种,鸽形目 1 科、2 种,鹰形目 1 科、1 种,鸱形目 1 科、1 种。在监测到的鸟类中,属于国家 I 级保护动物 1 种,为白冠长尾雉(*Syrnaticus reevesii*),国家 II 级保护动物 8 种,分别为红腹角雉(*Tragopan temminckii*)、勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)、红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)、松雀鹰(*Accipiter virgatus*)、雕鸮(*Bubo bubo*)、画眉(*Garuulax canorus*)、白颊噪鹛(*Garuulax sannio*)和红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*);监测到的鸟类在《中国脊椎动物红色名录》中属濒危(EN)物种 1 种,为白冠长尾雉;近危(NT)物种 6 种,分别为红腹角雉、红腹锦鸡、雕鸮、画眉、眼纹噪鹛、黑胸鸫;无危(LC)级别的物种有 26 种。

保护区红外相机拍摄物种的相对丰富度指数如表 1 所示。

表 1 湖北五道峡国家级自然保护区红外相机拍摄物种统计

Tab. 1 Statistics of species captured by infrared cameras in Wudaoxia National Nature Reserve

目	科	种	红色名录	保护等级	独立有效照片/张	相对丰富度指数
食虫目 Insectivora	猬科 Erinaceidae	东北刺猬 <i>Erinaceus amurensis</i>	LC		8	0.52
翼手目 Chiroptera	蝙蝠科 Vespertilionidae	普通伏翼 <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC		3	0.21
灵长目 Primates	猴科 Cercopithecidae	猕猴 <i>Macaca mulatta</i>	LC	II	5	0.31
食肉目 Carnivora	鼬科 Mustelidae	猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	NT		69	4.82
		黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	NT	II	1	0.07
		黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	LC		2	0.42
		黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	NT		3	0.21
		花面狸 <i>Paguma larvata</i>	NT		68	4.72
		小灵猫 <i>Viverricula indica</i>	VU	I	2	0.10
	猫科 Felidae	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	VU	II	42	2.94
	猪科 Suidae	野猪 <i>Sus scrofa</i>	LC		183	12.79
		鹿科 Cervidae				
		毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	VU	II	14	0.94
偶蹄目 Artiodactyla		小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	VU		353	24.64
	牛科 Bovidae	中华斑羚 <i>Naemorhedus griseus</i>	VU	II	203	14.16
	松鼠科 Sciuridae	赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	LC		6	0.42
		红颊长吻松鼠 <i>Dremomys rufigenis</i>	LC		36	2.52
		红白鼯鼠 <i>Petaurista alborufus</i>	LC		6	0.42
		鼠科 Muridae	LC		54	3.77
	兔科 Leporidae	草兔 <i>Lepus capensis</i>	LC		6	0.42
兔形目 Lagomorpha						
鸡形目 Galliformes	雉科 Phasianidae	红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	NT	II	3	0.21
		勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha</i>	LC	II	9	0.63
		白冠长尾雉 <i>Syrnaticus reevesii</i>	EN	I	69	4.82

续表 1

目	科	种	红色名录	保护等级	独立有效照片/张	相对丰富度指数
鸽形目 Columbiformes	鸠鸽科 Columbidae	红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>	NT	II	140	9.78
		山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	LC		6	0.42
		珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	LC		9	0.63
鹰形目 Accipitriformes	鹰科 Accipitridae	松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	LC	II	3	0.21
鸮形目 Strigiformes	鸱鸮科 Strigidae	雕鸮 <i>Bubo bubo</i>	NT	II	2	0.14
雀形目 Passeriformes	鸦科 Corvidae	松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>	LC	II	29	2.03
		红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythrorhyncha</i>	LC		9	0.63
	山雀科 Paridae	大山雀 <i>Parus cinereus</i>	LC		3	0.21
		绿背山雀 <i>Parus monticolus</i>	LC		5	0.35
		领雀嘴鹀 <i>Spizixos semitorques</i>	LC		2	0.14
	鹎科 Pycnonotidae	棕头雀鹀 <i>Fulvetta ruficapilla</i>	LC		2	0.14
	莺鹟科 Sylviidae	棕颈钩嘴鹟 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>	LC		2	0.14
	噪鹛科 Leiothrichidae	画眉 <i>Garrulax canorus</i>	NT		3	0.21
		灰翅噪鹛 <i>Garrulax cineraceus</i>	LC		11	0.77
		眼纹噪鹛 <i>Garrulax ocellatus</i>	NT		9	0.63
		白喉噪鹛 <i>Garrulax albogularis</i>	LC		3	0.21
		黑领噪鹛 <i>Garrulax pectoralis</i>	LC		3	0.21
		小黑领噪鹛 <i>Garrulax monileger</i>	LC		3	0.21
		白颊噪鹛 <i>Garrulax sannio</i>	LC		2	0.14
		橙翅噪鹛 <i>Trochalopteron elliotii</i>	LC		6	0.42
		红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>	LC		12	0.84
	鹇科 Sittidae	普通鹇 <i>Sitta europaea</i>	LC		3	0.21
	鸫科 Turdidae	虎斑地鸫 <i>Zoothera aurea</i>	LC		3	0.21
		黑胸鸫 <i>Turdus dissimilis</i>	NT		2	0.14
		灰头鸫 <i>Turdus rubrocanus</i>	LC		2	0.14
		斑鸫 <i>Turdus eunomus</i>	LC		3	0.21
		鹊鸲 <i>Copsychus saularis</i>	LC		2	0.14
	鹟科 Muscicapidae	北红尾鹟 <i>Phoenicurus aureoreus</i>	LC		5	0.35
		紫啸鸫 <i>Myophonus caeruleus</i>	LC		6	0.42
	雀科 Passeridae	山麻雀 <i>Passer cinnamomeus</i>	LC		3	0.21

注: I 表示国家一级保护动物; II 表示国家二级保护动物; CR 表示极危 (critically endangered); NT 表示近危 (near threatened); VU 表示易危 (vulnerable); LC 表示无危 (least concern)。

从表 1 可知,兽类相对丰富度指数排前 8 位的物种是小鹿 (*Muntiacus reevesi*)、中华斑羚、野猪 (*Sus scrofa*)、猪獾 (*Arctonyx collaris*)、花面狸 (*Paguma larvata*)、鼠 (*Muridae*)、豹猫、红颊长吻松鼠 (*Dremomys rufigenis*), 分别为 24.64、14.16、12.79、4.82、4.72、3.77、2.94、2.52。鸟类相对丰富度指数显示,红腹锦鸡 (38.0) 最高,其次是白冠长尾雉 (18.8)。

3.2 季节分布特征

在不同季节中,冬季捕获动物活动有效照片最

少,只有 130 张,显著低于夏季 (388 张) 和秋季 (346 张), $P < 0.05$,夏季动物活动频率最高,冬季动物活动频率最低。对 4 个季节的物种相对丰富度指数进行曲线拟合,显示全年当中夏季动物相对丰富度指数较高,其次分别是秋季、春季和冬季,春季、夏季和秋季动物相对丰富度指数差异不显著 (图 2)。

不同物种在不同季节活动情况不同,小鹿在夏季和秋季活动频繁,春季活动频率低;中华斑羚在秋季活动频率较高,其他季节活动频率接近;野猪活动

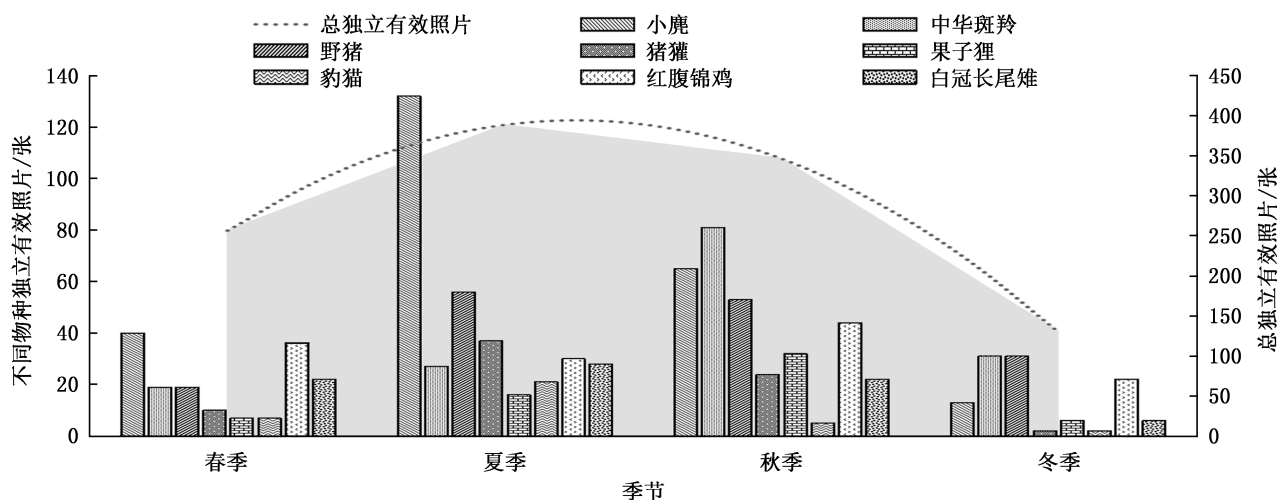


图 2 湖北五道峡国家级自然保护区不同季节物种拍摄情况

Fig. 2 Shooting of species in different seasons in Wudaoxia National Nature Reserve

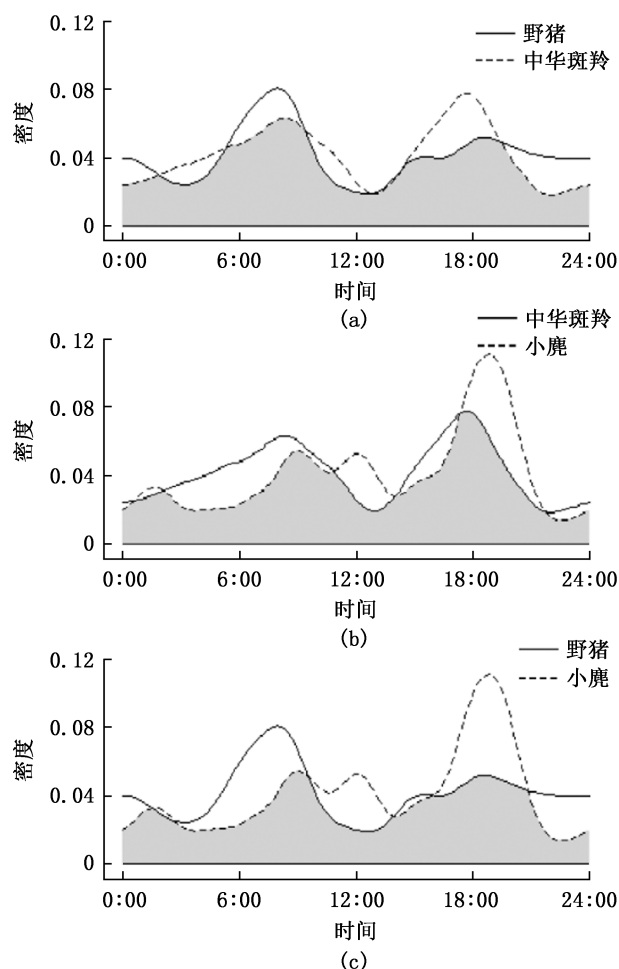
集中于夏季和秋季,冬季和春季活动相对较少;猪獾在冬季少见,多见于春季、夏季和秋季;花面狸在夏季和秋季活动较为频繁,冬季活动频率最低;豹猫主要活动于夏季,其次是秋季;白冠长尾雉活动集中于秋季;红腹锦鸡全年活动较为平均,各个季节均有活动。

3.3 保护区部分物种昼夜节律分析

保护区部分物种活动节律曲线比较情况见图 3,图 4。

从保护区 3 种有蹄目兽类的活动节律曲线可以看出,小鹿的日活动节律表现为单峰型并伴有 3 个小峰,第一个活动小高峰出现在凌晨 2:00 左右,后 2 个小高峰出现在 9:00—12:00,小鹿活动最频繁时间在 19:00 前后;中华斑羚日活动节律属于昼行晨昏型,夜晚也有出现,活动高峰集中于早上 7:00 和下午 18:00;野猪具有晨昏活动习性,且以白昼活动为主,夜晚也有出现,第一个活动高峰在早上 7:00 左右,中午活动频率降低。白冠长尾雉全天第一个活动小高峰位于早上 8:00—9:00,中午过后活动频率逐渐升高,直到下午 18:00 达到一天内的活动高峰,夜晚无活动迹象;红腹锦鸡全天活动高峰在上午 10:00 左右出现,之后活动频率降低,到接近 18:00 时达到一天中第二个小高峰,夜晚无活动迹象。

监测结果显示,记录到小鹿的相机仅 32 台,占比 51.6%,记录到中华斑羚的相机 32 台,占比 51.6%,记录到野猪的相机 37 台,占比 59.7%;同时记录到小鹿和野猪的相机 24 台,占比 38.7%,小鹿和野猪的活动节律重叠系数为 0.74,日活动节律曲线差异显著 ($\Delta=0.74, P<0.01$);同时记录到中华斑



注:灰色为重叠区域。下同。

图 3 湖北五道峡国家级自然保护区小鹿、中华斑羚、野猪的活动节律曲线比较

Fig. 3 Comparison of daily activity patterns of *Muntiacus reevesi*, *Naemorhedus griseus* and *Sus scrofa* in Wudaoxia Nature Reserve

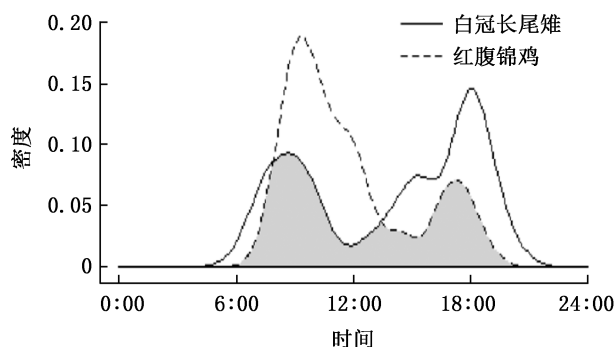


图4 湖北五道峡国家级自然保护区白冠长尾雉和红腹锦鸡活动节律曲线比较

Fig. 4 Comparison of daily activity patterns of *Chrysolophus pictus* and *Syrmaticus reevesii* in Wudaoxia Nature Reserve

羚和小鹿的相机18台,占比29%,中华斑羚和小鹿日活动节律重叠系数0.80,日活动节律曲线差异显著($\Delta = 0.80, P = 0.01$);同时记录到中华斑羚和野猪的相机18台,占比29%,中华斑羚和野猪活动节律的重叠系数为0.84,日活动节律曲线差异不显著($\Delta = 0.84, P = 0.28$);白冠长尾雉和红腹锦鸡的活动节律重叠系数为0.58,日活动节律曲线差异显著($\Delta = 0.58, P < 0.01$)。

4 讨论

保护区内野生动物调查和长期监测是保护区的重要工作。五道峡国家级自然保护区属新晋升国家级的森林生态系统类自然保护区,以往野生动物研究多集中于样线、样点、访问调查和兽类痕迹整理,首次利用红外相机并采用公里网格布设方法进行大规模野生动物资源监测调查,本次调查监测获取了大量照片及视频资料,可基本反映保护区内动物资源状况和活动节律情况。红外相机调查记录到19种兽类和33种鸟类,兽类均为保护区原脊椎动物名录中所记录物种,而监测记录到保护区鸟类新纪录种2种,为小黑领噪鹛和领雀嘴鹛。由于森林生态系统野生动物调查中红外相机视角多集中于中下部且与大多鸟类的活动范围不符^[28],因此鸟类记录物种较少,兽类的有效捕获照片数量多于鸟类,这也解释了雀形目拍摄物种数最多但鸡形目的相对物种丰富度指数最高的原因。

保护区以1500 m以下的山脉为主,地形复杂,森林资源丰富,中华斑羚和小鹿的适宜栖息地较多,使中华斑羚和小鹿的相对丰富度指数较高^[29]。由

于野猪繁殖能力较强,目前在保护区内没有天敌,所以保护区内野猪分布广泛,预期其种群数量将逐步增加,对保护区内实验区人工种植农作物威胁较大。保护区猪獾和花面狸的数量也较多,食物资源丰富,各类型树果和啮齿类动物为其主要食物来源,且受人类活动干扰小,使其相对丰富度指数仅次于有蹄类物种,是否存在与其他物种的竞争或干扰,有必要进行深入研究。

野生动物季节分布情况不均,与各季节的食物资源有关,部分兽类的冬眠习性和鸟类的迁徙特点使冬季拍摄的有效照片数量低于其他3个季节。保护区内鸟类和兽类在一天内各时间段的相对丰富度指数不同,可能由于哺乳动物内源性的昼夜节律对环境的高度适应^[30],有蹄类动物都具有明显的晨昏活动习性^[31-32],大都采取夜间活动的策略可能是为避开人类活动。本调查也显示小鹿和中华斑羚在红外相机附近活动时,出现注视和探听行为,也说明二者生性机敏且均有夜行性,且回避程度不同,这与前人的研究结果相似^[33]。保护区小鹿与野猪、中华斑羚日活动节律差异显著,活动高峰不一致,这表明小鹿作为优势种与中华斑羚和野猪等具有明显的日活动节律分化,而中华斑羚和野猪的活动节律无显著分化。同时拍摄到中华斑羚和野猪的相机最多,且活动节律无明显分化,说明中华斑羚和野猪存在一定程度的相互竞争,但推测由于二者形态和取食部位不同,从而降低二者在有限食物资源间的竞争,形成生态位分化。

五道峡国家级自然保护区具有丰富野生动物资源,但由于保护区面积较大,动物多样性调查在短时间难以完全覆盖保护区内所有动物类群,后续研究中建议扩大监测范围,增加监测相机数量,针对重点保护兽类开展栖息地质量评估和野生动物专项调查研究等科研工作,以期更好地建立保护区内的野生动物保护与监测机制。

致谢:感谢五道峡国家级自然保护区工作人员对野外工作的支持和帮助。

参考文献:

- [1] DAVID P, JOANNA B. Methodologies for assessing exposure to metals: Speciation, bioavailability of metals, and ecological host factors [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2003, 56(1): 110-121.
- [2] BURGER J, GOCHFELD M. Metals and radionuclides in birds and eggs from Amchitka and Kiska Islands in the Bering

- Sea/Pacific Ocean ecosystem[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2007, 127(1-3): 105-113.
- [3] 何百锁, 孙瑞谦, 陈鹏, 等. 基于红外相机技术调查长青国家级自然保护区兽类和鸟类多样性[J]. 兽类学报, 2016, 36(3): 348-356.
- [4] 李勤, 郭建国, 寇晓军, 等. 相机陷阱在野生动物种群生态学中的应用[J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 947-955.
- [5] 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.
- [6] ROWCLIFFE J M, JULIET F, SAMUEL T T, et al. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition[J]. Journal of Applied Ecology, 2008, 45(4): 1228-1236.
- [7] O'CONNEL F, NICHOLS J D, KARANTH K U. Camera traps in animal ecology: methods and analyses[M]. New York: Springer, 2011.
- [8] PAUL M, GUY B, PETER F. Are we getting the full picture? Animal responses to camera traps and implications for predator studies[J]. Ecology and Evolution, 2016, 6(10): 3216-3225.
- [9] 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用[J]. 生物多样性, 2014, 22(6): 683-684.
- [10] 章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 等. 不同相机布放模式在古田山兽类资源监测中的比较[J]. 生态学杂志, 2012, 31(8): 2016-2022.
- [11] 蔡玉生, 龚粤宁, 卢学理, 等. 南岭森林哺乳动物多样性的红外相机监测[J]. 生态科学, 2016, 35(2): 57-61.
- [12] 林开森, 徐建国, 李文周, 等. 福建省戴云山野生哺乳动物和鸟类红外相机监测[J]. 生物多样性, 2018, 26(12): 1332-1337.
- [13] 郭瑞, 许丽娟, 王旭池, 等. 浙江清凉峰国家级自然保护区千顷塘区域鸟兽资源的红外相机调查[J]. 兽类学报, 2020, 40(2): 183-192.
- [14] NIELSEN E T. Relation of behavioural activity rhythms to the changes of day and night: A revision of views[J]. Behaviour, 1984, 89(1/2): 147-173.
- [15] 陈立军, 束祖飞, 肖治术. 应用红外相机数据研究动物活动节律——以广东车八岭保护区鸡形目鸟类为例[J]. 生物多样性, 2019, 27(3): 266-272.
- [16] 尚玉昌. 动物的行为节律[J]. 生物学通报, 2006(10): 8-10.
- [17] 吴少斌, 吴法清, 何定富, 等. 五道峡自然保护区兽类资源生态评价[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2005(3): 389-394.
- [18] 汪正祥, 蔡德军. 湖北五道峡自然保护区生物多样性及其保护研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- [19] SMITH A T, 解焱. 中国兽类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2009.
- [20] 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2000.
- [21] 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, 2016, 24(5): 500-551.
- [22] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第三版)[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
- [23] 中国野生动植物保护司. 中华人民共和国野生动物保护法[M]. 北京: 中国法制出版社, 2021.
- [24] MEREDITH M, RIDOUT M. Overlap: Estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns[EB/OL]. (2021-05-23) [2021-12-01]. <https://CRAN.R-project.org/package=overlap>.
- [25] ROWCLIFFE M. Activity: Animal activity statistics[EB/OL]. [2019-01-07]. <https://CRAN.R-project.org/package=activity>.
- [26] 周鸭仙, 李言阔, 李佳琦, 等. 基于红外相机技术调查桃红岭梅花鹿国家级自然保护区鸟兽多样性[J]. 生态学报, 2019, 39(13): 4975-4984.
- [27] 陈立军, 束祖飞, 肖治术. 应用红外相机数据研究动物活动节律——以广东车八岭保护区鸡形目鸟类为例[J]. 生物多样性, 2019, 27(3): 7.
- [28] 夏万才, 邵发亮, 贾国清, 等. 贡嘎山鸟类的多样性、分布及区系[J]. 应用与环境生物学报, 2020, 26(4): 1028-1039.
- [29] AUNDERS D A, HOBBS R J, MARGULES C R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review[J]. Conservation Biology, 1991(5): 18-32.
- [30] 安扬, 徐璿. 哺乳动物昼夜节律机制研究进展[J]. 生命科学, 2015, 27(11): 1372-1379.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 张源笙, 蒋健, 蒋万杰, 等. 北京松山国家级自然保护区兽类活动节律初步研究[J]. 四川动物, 2017, 36(4): 460-467.

责任编辑: 陈旭