•研究报告•

利用红外相机研究白冠长尾雉日活动节律与人为干扰的关系

石江艳¹ 杨海² 华俊钦¹ 赵玉泽¹ 李建强¹ 徐基良^{1*}¹ (北京林业大学生态与自然保护学院, 北京 100083)² (河南连康山国家级自然保护区, 河南新县 465500)

摘要: 白冠长尾雉(*Syrnaticus reevesii*)为我国特有珍稀濒危鸟类, 其面临的人为干扰压力日趋严重。为更好地了解白冠长尾雉对不同人为干扰强度的响应, 我们于2018年3月至2019年4月, 在其东部分布区的河南连康山国家级自然保护区(连康山)、湖北中华山鸟类省级自然保护区(中华山)和湖北平靖关村及三潭风景区(平靖关), 利用红外相机技术研究了其日活动节律, 并借助重叠系数测算了其与人干扰在时间上的重叠程度以及与人干扰之间的关系。结果表明, 连康山的人为干扰强度最高, 而中华山和平靖关的人为干扰强度接近且均低于连康山。雄性白冠长尾雉繁殖期和非繁殖期的日活动节律在三地之间的差异均不显著; 雌性白冠长尾雉繁殖期日活动节律在平靖关与连康山之间存在显著差异, 而非繁殖期日活动节律在中华山与连康山之间、平靖关与连康山之间均存在显著差异。各地白冠长尾雉日活动高峰和人为干扰出现的高峰也存在差异, 呈现出较为明显的错峰活动现象, 其中在人为干扰最强的连康山, 白冠长尾雉的活动与人为干扰的重叠程度最低。这些结果表明白冠长尾雉的日活动节律可能受人为干扰的影响, 且在行为方面表现出一定的可塑性, 它们可以通过调整日活动节律来适应人为干扰。

关键词: 白冠长尾雉; 日活动节律; 人为干扰; 循环分布; 行为可塑性

The relationship between the diurnal activity rhythm of Reeves's pheasant (*Syrnaticus reevesii*) and human disturbance revealed by camera trapping

Jiangyan Shi¹, Hai Yang², Junqin Hua¹, Yuze Zhao¹, Jianqiang Li¹, Jiliang Xu^{1*}¹ School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083² Liankangshan National Nature Reserve, Xinxian, Henan 465500

Abstract: As a rare species endemic to China, Reeves's pheasant (*Syrnaticus reevesii*) is facing increasing pressure from human disturbance. To better understand how Reeves's pheasant responds to human disturbances, we studied the pheasant's diurnal activity rhythm in three areas in its eastern distribution region: Liankang Mountain National Nature Reserve in Henan (hereafter Liankang Mountain), Zhonghua Mountain Birds Provincial Nature Reserve in Hubei (hereafter Zhonghua Mountain), and Pingjingguan Village and Santan Scenic Area in Hubei (hereafter Pingjingguan). From March 2018 to April 2019, we used camera trapping to monitor both the diurnal activity rhythm of Reeves's pheasant and the degree of human disturbance. We calculated the overlapping coefficient between anthropogenic and pheasant activity. The results indicated that Liankang Mountain had a more intense degree of human disturbance, while Zhonghua Mountain and Pingjingguan exhibited a similar intensity of human disturbance. Male Reeves's pheasants' diurnal activity rhythm was similar in all three experimental areas in both breeding and non-breeding seasons. Females' diurnal activity rhythm during non-breeding season differed significantly between Zhonghua Mountain and Liankang Mountain, while it differed significantly in both breeding and non-breeding seasons between Pingjingguan and Liankang Mountain. The activity peak of Reeves's pheasant differed from that of anthropogenic disturbance, implying staggered shifts in the pheasant's activity pattern.

收稿日期: 2019-12-12; 接受日期: 2020-04-22

基金项目: 国家自然科学基金(31872240)和国家重点研发计划(2016YFC0503200)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xujiliang@bjfu.edu.cn

Moreover, the overlap between Reeves's pheasant and anthropogenic disturbance was lowest at Liankang Mountain. Our results demonstrated that the diurnal activity rhythm of Reeves's pheasant exhibits a high plasticity in responding to anthropogenic disturbance. This species adjusts its activity rhythm to adapt the anthropogenic disturbance to a certain extent.

Key words: Reeves's pheasant; diurnal activity rhythm; human disturbance; circular distributions; behavioral plasticity

日活动节律是野生动物在一天中的活动强度和变换规律(孙儒泳, 2001; Oberosler et al, 2017)。野生动物日活动节律作为一个重要的行为和生态指标(Rowcliffe et al, 2014), 可以反映物种对所处环境做出的响应(Shamoon et al, 2018)。影响动物日活动节律的因素有很多, 既包括动物的食物选择、天敌躲避、繁殖需要和对干扰的恐惧程度等自身因素(Moretti et al, 2015), 也包括栖息地、天气、温度等环境因素(Fattorini et al, 2019; Luo et al, 2019)。人为干扰能够改变野生动物的活动节律(Ngoprasert et al, 2017; Oberosler et al, 2017; Gaynor et al, 2018; Roy et al, 2019; Shamoon et al, 2018), 对地面活动野生动物的影响更大(O'Connell et al, 2011; Van Doormaal et al, 2015; Ngoprasert et al, 2017; Gaynor et al, 2018)。同时, 不同种类野生动物对人为干扰的响应方式也有差异(Markovchick-Nicholls et al, 2008)。例如, 黑尾鹿(*Odocoileus hemionus*)在人为干扰强的周末会减少活动并回避露营地, 但美洲狮(*Puma concolor*)却对人类活动的增强没有明显的回避反应(Nix et al, 2018)。

白冠长尾雉(*Syrnaticus reevesii*)是我国特有珍稀雉类, 为典型的地栖性森林鸟类, 被列为国家II级重点保护野生动物(郑光美, 2017)、IUCN易危种(IUCN, 2019)和CITES公约附录II物种(CITES, 2019), 其目前所受的威胁可能远远超过我国很多国家I级重点保护野生动物(CITES, 2019)。由于农业用地、居民区、交通道路、旅游设施等人类活动与基础设施日益增加, 白冠长尾雉栖息地范围急剧萎缩, 人为干扰对白冠长尾雉的影响也日益受到关注(Zhou et al, 2015)。但是, 白冠长尾雉生性机警, 研究人员对该物种进行直接观察或监测比较困难(赵玉泽等, 2013; 郑光美, 2015), 因此目前关于人为干扰对这一大型地栖性鸟类活动节律的影响研究相对不足。前期实践表明, 利用红外相机技术监测白冠长尾雉, 进而分析其日活动规律, 具有较强的可

行性(赵玉泽等, 2013)。

为了解白冠长尾雉时间活动节律与人为干扰的关系, 我们于2018年3月至2019年4月在其东部分布区域内选取了3个研究区, 利用红外相机对其活动节律和人为干扰的出现规律进行了监测, 以探讨其对人为干扰的适应能力。

1 材料和方法

1.1 研究地概况

根据白冠长尾雉现有种群的分布状况(Zhou et al, 2015; 郑光美, 2017), 本研究在其分布区的东部片区选择了河南连康山国家级自然保护区(以下简称连康山)、湖北中华山鸟类省级自然保护区(以下简称中华山)、湖北平靖关村及三潭风景名胜(以下简称平靖关)3个地区作为研究区域。

连康山(31°31'–31°40' N, 114°45'–114°55' E)位于河南省信阳市新县, 面积7,426.6 ha, 年均气温15.1℃, 无霜期227 d, 年均降水量1,248 mm, 植被保存较为完好, 但其东边与县城接壤, 且与金兰山国家森林公园所在的区域范围有重叠部分, 区内存在旅游活动, 有常住人口300–350人(薛国庆, 2016)。

中华山(31°37'–31°43' N, 113°54'–113°58' E)位于湖北省随州市应山县, 面积10,580 ha, 年均温15.6℃, 年均无霜期为227 d, 年均降水量为1,021.5 mm, 植被保存完好, 区内未开展任何旅游活动, 有常住人口183人(汪正祥, 2017)。

平靖关(31°49'–31°52' N, 113°49'–113°57' E)位于湖北省广水市蔡河镇, 面积约3,152 ha, 年均温15.5℃, 无霜期220–240 d, 年均降水量865–1,070 mm(赵玉泽等, 2013), 是一个由村庄、茶园、板栗林、农田、旅游区组成的复合景观系统, 有常住人口650–700人, 生态旅游活跃, 野生动物栖息地破碎化严重。

这3个研究区域植被类型均属于常绿阔叶林和针阔混交林(赵玉泽等, 2013; 薛国庆, 2016; 汪正祥,

2017), 均为白冠长尾雉的适宜栖息地(Zhou et al, 2015)。

1.2 数据收集

2018年3月至2019年4月, 我们分别在中华山、连康山、平靖关安放了31台、25台、19台Ltl Acorn-6310WMC型(珠海市猎科电子有限公司)红外相机(图1)。参考赵玉泽等(2013)、王秦韵等(2016)的相机布设规则, 野外相机位点选取郁闭度较高、林下较为开阔且有野生动物路径的乔灌丛中。相机固定在中小型乔灌木上, 离地面20–50 cm, 镜头与地面水平线大致平行; 红外相机全天24 h工作, 拍摄的模式设置为3张照片和15 s视频, 时间间隔为30 s(赵玉泽等, 2013; 王秦韵等, 2016)。根据白冠长尾雉的活动区范围(赵玉泽等, 2013), 相机位点间的距离在400 m左右(O'Connell et al, 2011; 赵玉泽等, 2013)。

1.3 数据处理与分析

1台相机正常工作1天记为1个相机日(O'Brien et al, 2003), 将同一个相机位点含同一物种个体连续拍摄时间的间隔不小于0.5 h的照片和视频作为独立有效照片(independent photographs) (O'Brien et

al, 2003)。由于3个研究地中拍摄到的人及家养动物的独立有效照片数量不均, 不适合单独分析其对白冠长尾雉的影响, 故将红外相机中监测到的上述所有人及家养动物都归入人为干扰。同时, 独立有效照片可以区分不同人, 但不足以区分同一类家养动物的不同个体, 因此以各地记录白冠长尾雉和人为干扰出现的次数用于后续分析。

使用捕获率(capture rate, CR)量化3个研究地内红外相机拍摄到的人为干扰的强度和白冠长尾雉的相对丰度(章书声等, 2012)。

$$CR = \frac{N}{T} \times 100\% \quad (1)$$

其中, N 为拍摄到某一物种的独立有效照片数, T 为总有效相机日。

使用日活动强度指数(diurnal activity intensity index, DII)测度特定时段内白冠长尾雉活动强度或人为干扰强度(Azlan & Sharma, 2006)。公式如下:

$$DII = \frac{N_i}{N} \times 100 \quad (2)$$

式中, i 为时间段, 如05:00–05:59记为5, N_i 为*i*时段拍摄到的白冠长尾雉或人为干扰的独立有效照片数;

图1 研究区位置及相机位点

Fig. 1 The location of study areas and the camera sites in each study area

N 为拍到的白冠长尾雉或人为干扰的总独立有效照片数。 DII 越大,则表示白冠长尾雉活动或人为干扰在此时段内越强(Azlan & Sharma, 2006)。

为便于数据分析,参考孙全辉等(2003)将研究时间段划分为繁殖期(3–8月)和非繁殖期(9月至次年2月)。

采用循环分布(circular distributions)数据相关方法分析数据(Zar, 1999)。所有白冠长尾雉独立有效照片的准确出现时间划归于一天24 h中的相应时间段。使用循环数据统计软件Oriana 4.02将白冠长尾雉的活动时间绘制成玫瑰圆形直方图(Kovach, 2012; Karanth et al, 2017)。

在每个研究地内,根据每个时间段中拍摄的独立有效照片数,计算特定时间段内的人为干扰、所有白冠长尾雉以及各性别(雌性或雄性)白冠长尾雉的日活动强度指数。使用Watson双样本检验(Watson's two-sample test)比较同时间段白冠长尾雉日活动节律在研究地点间以及在性别间的差异,分析各时间段研究地点间人为干扰出现规律的差异,并分析人为干扰的出现规律与同时间段所有白冠长尾雉日活动节律的差异和人为干扰出现规律与每一性别的白冠长尾雉日活动节律的差异。该检验在R 3.6.1软件中使用“circular”包进行分析(Zar, 1999; Brodie & Pangau-Adam, 2015)。使用R软件“overlap”包对人为干扰的出现时间与同时间段所有白冠长尾雉或各性别的白冠长尾雉日活动节律进行核密度估计(kernel density estimation)方法分析,并计算人为干扰出现规律与白冠长尾雉日活动节律的重叠系数(coefficient of overlap),其值在0–1之间,两物种的重叠系数越接近于1,表明其日活动节律的重叠程度越高(Ridout & Linkie, 2009)。

2 结果

2.1 白冠长尾雉监测概况及日活动节律

中华山、连康山及平靖关的相机工作日分别为8,548个、6,368个和5,256个,收集到白冠长尾雉独立有效照片数相应为469张、192张和430张,拍摄率分别为5.49%、3.02%、8.18%。繁殖期白冠长尾雉的活动节律在三地之间没有显著差异(表1,图2)。在非繁殖期,白冠长尾雉的日活动节律在中华山与连康山之间存在显著差异(表1),其中在连康山的白冠长尾雉仅2个活动高峰,而中华山与平靖关均在中午左右还存在1个活动高峰(图2)。对各性别白冠长尾雉的活动节律分开分析,雄性白冠长尾雉在繁殖期和非繁殖期的日活动节律在三地之间的差异均不显著(表2,图3),而雌性白冠长尾雉繁殖期的日活动节律在平靖关与连康山之间存在显著差异,其非繁殖期在中华山与连康山之间、平靖关与连康山之间也存在显著差异(表2,图3)。在繁殖期,连康山的雌性白冠长尾雉具有明显的上下午2个高峰,而平靖关的雌性白冠长尾雉活动强度在全天相对较为均匀,仅在上午具有2个明显的高峰(图3)。非繁殖期,雌性白冠长尾雉在连康山的日活动节律与其在中华山和平靖关之间的不同在于其在连康山的主要活动高峰集中于16:00–18:00(图3)。

2.2 各研究地点的人为干扰出现规律与白冠长尾雉活动节律的关系

中华山、连康山、平靖关三地拍摄到人为干扰的独立有效照片分别为201张、609张、284张,其拍摄率相应为2.35%、9.56%、2.40%。连康山所拍摄到的放牧活动较为频繁,偶见当地居民上山采集、游客、巡护人员日常巡护以及家犬和家猫;平靖关

表1 白冠长尾雉日活动节律在三个研究区之间的异同

Table 1 Comparison of diurnal activity patterns of Reeves's pheasants between different study areas

时间范围 Time range	研究区 Study area	U^2	P
繁殖期 Breeding season	中华山 vs. 连康山 Zhonghua Mountain vs. Liankang Mountain	0.177	< 0.1
	中华山 vs. 平靖关 Zhonghua Mountain vs. Pingjingguan	0.071	> 0.1
	平靖关 vs. 连康山 Pingjingguan vs. Liankang Mountain	0.141	> 0.1
非繁殖期 Non-breeding season	中华山 vs. 连康山 Zhonghua Mountain vs. Liankang Mountain	0.190	< 0.05*
	中华山 vs. 平靖关 Zhonghua Mountain vs. Pingjingguan	0.092	> 0.1
	平靖关 vs. 连康山 Pingjingguan vs. Liankang Mountain	0.174	< 0.1

* $P < 0.05$ 代表两区域白冠长尾雉日活动节律有显著差异。 $P < 0.05$ represents diurnal activity patterns of Reeves's pheasants have significant differences.

图2 不同研究地区同时期白冠长尾雉的日活动节律比较
Fig. 2 Diurnal activity patterns of Reeves's pheasant in different study areas in the same time period

表2 不同时期内同性别白冠长尾雉日活动节律之间的异同
Table 2 Comparison of diurnal activity patterns of same gender Reeves's pheasants between different study areas in different time periods

时间范围	Time range	性别	Gender	研究区	Study area	U ²	P
繁殖期	Breeding season	雄性	Male	中华山 vs. 连康山	Zhonghua Mountain vs. Liankang Mountain	0.148	> 0.1
				中华山 vs. 平靖关	Zhonghua Mountain vs. Pingjingguan	0.133	> 0.1
				平靖关 vs. 连康山	Pingjingguan vs. Liankang Mountain	0.183	< 0.1
		雌性	Female	中华山 vs. 连康山	Zhonghua Mountain vs. Liankang Mountain	0.171	< 0.1
				中华山 vs. 平靖关	Zhonghua Mountain vs. Pingjingguan	0.052	> 0.1
				平靖关 vs. 连康山	Pingjingguan vs. Liankang Mountain	0.225	< 0.05*
非繁殖期	Non-breeding season	雄性	Male	中华山 vs. 连康山	Zhonghua Mountain vs. Liankang Mountain	0.132	> 0.1
				中华山 vs. 平靖关	Zhonghua Mountain vs. Pingjingguan	0.061	> 0.1
				平靖关 vs. 连康山	Pingjingguan vs. Liankang Mountain	0.157	< 0.1
		雌性	Female	中华山 vs. 连康山	Zhonghua Mountain vs. Liankang Mountain	0.203	< 0.05*
				中华山 vs. 平靖关	Zhonghua Mountain vs. Pingjingguan	0.046	> 0.1
				平靖关 vs. 连康山	Pingjingguan vs. Liankang Mountain	0.203	< 0.05*

* $P < 0.05$ 代表两区域白冠长尾雉日活动节律有显著差异。 $P < 0.05$ represents diurnal activity patterns of Reeves's pheasants have significant differences.

主要拍摄到居民以及游客，有少量的放牧；中华山主要拍摄到放牧以及较少的家犬、家猫和人。中华山和连康山、平靖关和连康山的人为干扰在繁殖期、非繁殖期均存在显著差异(Watson's two-sample test, $P < 0.05$)。

白冠长尾雉在3个地点与人为干扰均具有较高的时间重叠，但也存在一定的错峰活动的现象(图4)。繁殖期与非繁殖期白冠长尾雉日活动节律和人为干扰的重叠系数在中华山分别为0.824和0.800，连康山为0.664和0.567，平靖关为0.806和0.725，各地

图3 不同研究区域繁殖期与非繁殖期雄性和雌性白冠长尾雉的日活动节律
Fig. 3 Diurnal activity patterns of male and female Reeves's pheasants in different study areas during breeding and non-breeding seasons

繁殖期的重叠系数均高于非繁殖期。其中，人为干扰拍摄率最高的连康山，繁殖期和非繁殖期两个时间段内白冠长尾雉日活动节律与人为干扰出现规律的重叠系数均最低。

对于雄性白冠长尾雉，其繁殖期与非繁殖期的日活动节律与人为干扰的重叠系数在中华山为0.854和0.813，在连康山为0.650和0.602，在平靖关为0.815和0.732。对于雌性白冠长尾雉，其繁殖期与非繁殖期的日活动节律和人为干扰的重叠系数在

中华山为0.793和0.753，在连康山为0.618和0.560，在平靖关为0.802和0.723 (图5)。总体上，三地雄性白冠长尾雉的日活动与人为干扰的重叠程度均比雌性大。

3 讨论

用红外相机监测动物的日活动节律被广泛应用于大、中型的地栖性鸟类，如单垂鹤鸵(*Casuarus unappendiculatus*)与侏鹤鸵(*Casuarus bennetti*)

图4 繁殖期和非繁殖期白冠长尾雉的日活动节律与人为干扰的出现规律。1表示繁殖期, 2表示非繁殖期, 阴影部分表示人为干扰出现规律和白冠长尾雉活动节律的重叠值。

Fig. 4 Diurnal activity patterns of Reeves's pheasants and human disturbance during breeding and non-breeding seasons. 1 represents breeding season, and 2 represents non-breeding season. The shadow areas show the overlap of diurnal activity patterns between Reeves's pheasants and human disturbance.

(Brodie & Pangau-Adam, 2015、血雉(*Ithaginis cruentus*, Li et al, 2010)、白鹇(*Lophura nythemera*, 余建平等, 2017)、白眉山鹧鸪(*Arborophila gingica*)和灰胸竹鸡(*Bambusicola thoracica*)(陈立军等, 2019)、黄腹角雉(*Tragopan caboti*, 程松林等, 2015)、藏雪鸡(*Tetraogallus tibetanus*, Luo et al, 2019)等。利用红外相机技术监测白冠长尾雉, 在单一地点也已有多年的实践(赵玉泽等, 2013; 王秦韵等, 2016)。

连康山的人为干扰出现规律与中华山和平靖关两地均存在显著差异, 且连康山的人为干扰拍摄率最大。然而, 以前基于已有资料和经验性判断, 三地人为干扰强度常被主观估计为平靖关的最强、中华山的最低(赵玉泽等, 2013; 薛国庆, 2016; 汪正祥, 2017), 这表明基于已有资料来衡量研究地的人为干扰强度可能与实际人为干扰强度有偏差(如Karanth et al, 2017), 而红外相机实地同步记录的数据能够更好地如实反映研究地点的人为干扰状况, 这对于准确揭示野生动物行为变化与人为干扰的关系具有更为重要的实践价值(Oberosler et al, 2017; Lee et al, 2019)。

虽然雄性白冠长尾雉各时期的活动节律在三地之间不存在显著差异, 但雌性白冠长尾雉各时期

在三地之间的差异表明, 人为干扰强度的差异可能是导致白冠长尾雉的日活动节律区域间变化的潜在原因。白冠长尾雉的日活动节律与人为干扰的关系还体现在其与各地人为干扰出现规律的重叠性上。三个地点白冠长尾雉日活动节律和人为干扰出现规律的高峰都有一定程度的差别, 显示出错峰活动的现象, 这进一步说明白冠长尾雉可能存在对人为干扰的主动回避。相比雄性白冠长尾雉, 雌性的活动与人为干扰的重叠程度更低, 这可能与雌性白冠长尾雉更为机警有关。

综上所述, 本研究通过分析3个地区白冠长尾雉的日活动节律和人为干扰出现的规律, 初步发现白冠长尾雉的日活动节律可能受到人为干扰的影响并表现出一定的可塑性, 即白冠长尾雉会根据人为干扰的出现规律来调整自身活动节律以适应人为干扰, 这和许多野生动物适应人为干扰的表现相同(如Greenberg & Holekamp, 2017; Reilly et al, 2017)。虽然目前尚不了解人为干扰对白冠长尾雉种群生存的影响程度有多大, 但本文的结果说明在白冠长尾雉的保护工作中, 有必要采取措施减少人为干扰对白冠长尾雉的影响。同时本研究中拍摄到的许多人为干扰来自于牛、羊、犬、猫等家养动物, 而

图5 繁殖期与非繁殖期雌性和雄性白冠长尾雉日活动节律与人为干扰的出现规律。1♂表示繁殖期雄性, 1♀表示繁殖期雌性, 2♂表示非繁殖期雄性, 2♀表示非繁殖期雌性, 阴影部分表示人为干扰出现规律和白冠长尾雉活动节律的重叠值。

Fig. 5 Diurnal activity patterns of male and female Reeves's pheasants and human disturbance during breeding and non-breeding seasons. 1♂ represents the males in breeding season, 1♀ represents the females in breeding season, 2♂ represents the males in non-breeding season, and 2♀ represents the females in non-breeding season. The shadow areas show the overlap of diurnal activity patterns between Reeves's pheasants and human disturbance.

国内外很多其他研究也表明放牧(Zhang et al, 2017)、家犬和家猫(Hughes & Macdonald, 2013; Doherty et al, 2017)等家养动物对野生动物的活动产生了影响。因此, 在野生动物保护工作中, 也亟需采取有效措施, 平衡当地经济发展和居民日常生活需求与野生动物保护之间的矛盾, 减少人为干扰在自然生境中的出现。

参考文献

Azlan JM, Sharma DSK (2006) The diversity and activity patterns of wild felids in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Oryx*, 40, 36–41.

Brodie JF, Pangau-Adam M (2015) Human impacts on two endemic cassowary species in Indonesian New Guinea. *Oryx*, 51, 354–360.

Chen LJ, Shu ZF, Xiao ZS (2019) Application of

camera-trapping data to study daily activity patterns of Galliformes in Guangdong Chebaling National Nature Reserve. Biodiversity Science, 27, 266–272. (in Chinese with English abstract) [陈立军, 束祖飞, 肖治术 (2019) 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. 生物多样性, 27, 266–272.]

- Cheng SL, Lei P, Hu EY, Yuan RB, Zou SC (2015) Diurnal behavior of Cabot's tragopan (*Tragopan caboti*) recorded by infrared-triggered cameras in Jiangxi Wuyishan National Nature Reserve, China. Chinese Journal of Zoology, 50, 695–702. (in Chinese with English abstract) [程松林, 雷平, 胡尔夷, 袁荣斌, 邹思成 (2015) 江西武夷山自然保护区黄腹角雉昼间行为的红外相机监测. 动物学杂志, 50, 695–702.]
- CITES (2019) Consideration of Proposals for Amendment of Appendices I and II. <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>. (accessed on 2019-12-02)
- Doherty TS, Dickman CR, Glen AS, Newsome TM, Nimmo DG, Ritchie EG, Vanak AT, Wirsing AJ (2017) The global impacts of domestic dogs on threatened vertebrates. Biological Conservation, 210, 56–59.
- Fattorini N, Brunetti C, Baruzzi C, Chiatante G, Lovari S, Ferretti F (2019) Temporal variation in foraging activity and grouping patterns in a mountain-dwelling herbivore: Environmental and endogenous drivers. Behavioural Processes, 167, 1–9.
- Gaynor KM, Hohnowski CE, Carter NH, Brashares JS (2018) The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. Science, 360, 1232–1235.
- Greenberg JR, Holekamp KE (2017) Human disturbance affects personality development in a wild carnivore. Animal Behaviour, 132, 303–312.
- Hughes J, Macdonald DW (2013) A review of the interactions between free-roaming domestic dogs and wildlife. Biological Conservation, 157, 341–351.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2019) The IUCN Red List of Threatened Species <https://www.iucnredlist.org>. (accessed on 2019-12-02)
- Karanth KU, Srivathsa A, Vasudev D, Puri M, Parameshwaran R, Kumar NS (2017) Spatio-temporal interactions facilitate large carnivore sympatry across a resource gradient. Biological Sciences, 284, 20161860.
- Kovach WL (2012) Oriana—Circular Statistics for Windows, version. 4.02. Kovach Computing Services, Pentraeth, UK.
- Lee HJ, Ha JW, Park SJ, Kim WY, Cha JY, Park JY, Choi SS, Chung CU, Oh HS (2019) A study on the analysis of mammals' activity patterns and the effect of human hiker interference using camera trapping. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 12, 57–62.
- Li S, McShea WJ, Wang DJ, Shao LK, Shi XG (2010) The use of infrared-triggered cameras for surveying Phasianids in Sichuan Province, China. Ibis, 152, 299–309.
- Luo G, Yang C, Zhou H, Seitz M, Wu Y, Ran J (2019) Habitat use and diel activity pattern of the Tibetan snowcock (*Tetraogallus tibetanus*): A case study using camera traps for surveying high-elevation bird species. Avian Research, 10, 23–31.
- Markovchick-Nicholls L, Regan HM, Deutschman DH, Widyanata A, Martin B, Noreke L, Hunt TA (2008) Relationships between human disturbance and wildlife land use in urban habitat fragments. Conservation Biology, 22, 99–109.
- Moretti L, Hentrup M, Kotrschal K, Range F (2015) The influence of relationships on neophobia and exploration in wolves and dogs. Animal Behaviour, 107, 159–173.
- Ngoprasert D, Lynam AJ, Gale GA (2017) Effects of temporary closure of a national park on leopard movement and behaviour in tropical Asia. Mammalian Biology, 82, 65–73.
- Nix JH, Howell RG, Hall LK, McMillan BR (2018) The influence of periodic increases of human activity on crepuscular and nocturnal mammals: Testing the weekend effect. Behavioural Processes, 146, 16–21.
- O'Brien TG, Kinnaird MF, Wibisono HT (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. Animal Conservation, 6, 131–139.
- O'Connell AF, Nichols JD, Karanth KU (2011) Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses. Springer, New York, USA.
- Obersoler V, Groff C, Iemma A, Pedrini P, Rovero F (2017) The influence of human disturbance on occupancy and activity patterns of mammals in the Italian Alps from systematic camera trapping. Mammalian Biology, 87, 50–61.
- Reilly ML, Tobler MW, Sonderegger DL, Beier P (2017) Spatial and temporal response of wildlife to recreational activities in the San Francisco Bay ecoregion. Biological Conservation, 207, 117–126.
- Ridout MS, Linkie M (2009) Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics, 14, 322–337.
- Rowcliffe JM, Kays R, Kranstauber B, Carbone C, Jansen PA (2014) Quantifying levels of animal activity using camera trap data. Methods in Ecology and Evolution, 5, 1170–1179.
- Roy S, Ghoshal A, Bijoor A, Suryawanshi K (2019) Distribution and activity pattern of stone marten *Martes foina* in relation to prey and predators. Mammalian Biology, 96, 110–117.
- Shamoon H, Maor R, Saltz D, Dayan T (2018) Increased mammal nocturnality in agricultural landscapes results in fragmentation due to cascading effects. Biological Conservation, 226, 32–41.
- Sun QH, Zhang ZW, Zheng GM, Zhang KY, Ruan XF, Zhu JG (2003) Ranging behaviour of territorial male Reeves's pheasants in the breeding season. Acta Zoologica Sinica, 49, 318–324. (in Chinese with English abstract) [孙全辉, 张正

- 旺, 郑光美, 张可银, 阮祥峰, 朱家贵 (2003) 繁殖期白冠长尾雉占区雄鸟的活动区. 动物学报, 49, 318–324.]
- Sun RY (2001) Principles of Animal Ecology, 3rd edn. Beijing Normal University Publishing House, Beijing. (in Chinese) [孙儒泳 (2001) 动物生态学 (第三版). 科学出版社, 北京.]
- Van Doormaal N, Ohashi H, Koike S, Kaji K (2015) Influence of human activities on the activity patterns of Japanese sika deer (*Cervus nippon*) and wild boar (*Sus scrofa*) in Central Japan. European Journal of Wildlife Research, 61, 517–527.
- Wang QY, Zhao YZ, Luo X, Hua JQ, Li Z, Xu JL (2016) Potential nest predators of *Syrnaticus reevesii* based on camera traps and artificial nests. Chinese Journal of Applied Ecology, 27, 1968–1974. (in Chinese with English abstract) [王秦韵, 赵玉泽, 罗旭, 华俊钦, 李忠, 徐基良 (2016) 基于红外相机技术和人工巢试验分析白冠长尾雉巢潜在捕食者. 应用生态学报, 27, 1968–1974.]
- Wang ZX (2017) The Comprehensive Scientific Survey Report in Zhonghua Mountain Birds Nature Reserve. Hubei University Press, Wuhan. (in Chinese) [汪正祥 (2017) 湖北中华山鸟类自然保护区综合科学考察报告. 湖北大学出版社, 武汉.]
- Xue GQ (2016) Scientific Expedition of Liankang Mountain National Nature Reserve in Henan Province. Northeast Normal University Press, Changchun. (in Chinese) [薛国庆 (2016) 河南连康山国家级自然保护区科学考察集. 东北师范大学出版社, 长春.]
- Yu JP, Qian HY, Chen XN, Li S, Shen XL (2017) Daily activity pattern of silver pheasant (*Lophura nycthemera*) using camera-traps. Chinese Journal of Zoology, 52, 937–944. (in Chinese with English abstract) [余建平, 钱海源, 陈小南, 李晟, 申小莉 (2017) 基于红外相机技术的白鹇日活动节律研究. 动物学杂志, 52, 937–944.]
- Zar JH (1999) Biostatistical Analysis, 4th edn. Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Zhang JD, Hull V, Ouyang ZY, Li RG, Connor T, Yang HB, Zhang ZJ, Silet B, Zhang HM, Liu JG (2017) Divergent responses of sympatric species to livestock encroachment at fine spatiotemporal scales. Biological Conservation, 209, 119–129.
- Zhang SS, Bao YX, Wang YN, Fang PF, Ye B (2012) Activity rhythms of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) revealed with infrared camera. Acta Theriologica Sinica, 32, 368–372. (in Chinese with English abstract) [章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 方平福, 叶彬 (2012) 基于红外相机技术的黑麂活动节律. 兽类学报, 32, 368–372.]
- Zhao YZ, Wang ZC, Xu JL, Luo X, An LD (2013) Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's pheasant (*Syrnaticus reevesii*) using infrared camera. Acta Ecologica Sinica, 33, 6021–6027. (in Chinese with English abstract) [赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 罗旭, 安丽丹 (2013) 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配. 生态学报, 33, 6021–6027.]
- Zheng GM (2015) Pheasants in China. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑光美 (2015) 中国雉类. 科学出版社, 北京.]
- Zheng GM (2017) A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China, 3rd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese) [郑光美 (2017) 中国鸟类分类与分布名录 (第三版). 科学出版社, 北京.]
- Zhou CF, Xu JL, Zhang ZW (2015) Dramatic decline of the vulnerable Reeves's pheasant *Syrnaticus reevesii*, endemic to central China. Oryx, 49, 529–534.

(责任编辑: 丁平 责任编辑: 闫文杰)