

基于红外相机技术分析鼬獾的活动节律

李安梅 李言阔* 邵瑞清 钱磊 申锦 张超 塔旗

江西师范大学生命科学院 南昌 330022

摘要: 鼬獾 (*Melogale moschata*) 是食肉目鼬科鼬獾属动物, 在我国分布广泛、种群数量丰富, 但有关鼬獾的生态研究报导比较少。为掌握鼬獾的活动节律及其影响因素, 2017年2月至2019年2月, 利用红外相机技术对江西省桃红岭梅花鹿国家级自然保护区、九岭山国家级自然保护区和齐云山国家级自然保护区的鼬獾进行了监测, 每个保护区布设的相机数量均为60台。桃红岭、九岭山和齐云山保护区的累计相机工作日分别为14 902日、24 498日和13 063日, 拍摄到鼬獾的相机数分别为30台、32台和53台; 鼬獾独立有效照片数分别为252张、196张和598张。拍摄率在齐云山(4.58张/日)最高, 桃红岭(1.69张/日)次之, 九岭山(0.80张/日)最低。鼬獾活动迹象最多和最少的月份, 桃红岭为1月和12月, 九岭山为3月、4月和9月, 齐云山为3月和11月, 鼬獾的出现次数均无显著的月际变化趋势 ($P > 0.05$); 鼬獾为明显的夜行性动物, 活动高峰时间段出现在0:00~05:00时和19:00~23:00时, 无显著的季节性变化; 鼬獾日活动节律在桃红岭和齐云山不同季节之间无显著差异, 在九岭山的春季和秋季之间差异显著。本研究结果有助于进一步了解鼬獾的活动节律模式及其季节性变化, 进一步了解鼬獾在自然状态下的生态习性, 为对这一物种的保护和管理提供科技支撑。

关键词: 红外相机监测; 鼬獾; 活动节律; 季节性节律

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2022) 02-225-11

Analysis of Activity Patterns of the Chinese Ferret Badger Using Infrared Camera Technology

LI An-Mei LI Yan-Kuo* SHAO Rui-Qing QIAN Lei SHEN Jin ZHANG Chao TA Qi

College of Life Sciences, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

Abstract: [Objectives] The Chinese Ferret Badger (*Melogale moschata*) is an animal of the order Carnivora, and the family Mustelidae. It is widely distributed and has a rich population in China; however, there has been relatively little research into the ecology of the Chinese Ferret Badger. **[Methods]** To understand the activity patterns of the Chinese Ferret Badger and the factors that influence them, camera trapping was used to monitor the Ferret Badgers in the Taohongling Sika Deer National Nature Reserve (hereafter Taohongling), Jiulingshan National Nature Reserve (hereafter referred to as Jiuling Mountain), and Qiyunshan National

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31460107);

* 通讯作者, E-mail: liyankuo@126.com;

第一作者介绍 李安梅, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物行为生态学; E-mail: 1074554036@qq.com.

收稿日期: 2021-09-22, 修回日期: 2022-01-03 DOI: 10.13859/j.cjz.202202008

Nature Reserve (hereafter referred to as Qiyun Mountain) in Jiangxi Province from February 2017 to February 2019. The number of cameras in each reserve was 60. **[Results]** The results showed that: (1) The cumulative number of days with working cameras in the Taohongling, Jiuling Mountain, and Qiyun Mountain nature reserves were 14 902, 24 498, and 13 063 respectively. The number of cameras that captured Chinese Ferret Badgers were 30, 32, and 53. The number of effective, independent photos of Chinese Ferret Badgers were 252, 196, and 598, respectively (Table 1). (2) The photographic rate was highest in Qiyun Mountain (4.58 photos per day), followed by Taohongling (1.69 photos per day), and Jiuling Mountain (0.80 photos per day) was the lowest. (3) The months with the most and least signs of activity in the three protected areas were Taohongling (January and December), Jiuling Mountain (March, April and September) and Qiyun Mountain (March and November). There was no significant monthly trend in the number of occurrences of Chinese Ferret Badgers ($P > 0.05$) (Fig. 2). (4) The peak time periods for activity in the three protected areas were all concentrated between 0:00 - 05:00 and 19:00 - 23:00, which indicates that the animals are nocturnal, and there was no significant seasonal change (Fig. 3). (5) There was no significant difference in the daily activity patterns between Taohongling and Qiyun Mountain in different seasons, but there was a significant difference between spring and autumn in Jiuling Mountain (Table 2). **[Conclusion]** The results of this study help us to further understand the activity patterns (and their seasonal changes) of the Chinese Ferret Badger, to further understand the ecological habits of the Chinese Ferret Badger in its natural habitat, and they provide scientific and technological support for the protection and management of this species.

Key words: Infrared-camera monitoring; *Melogale moschata*; Activity patterns; Seasonal activity patterns

动物的活动节律 (activity rhythm) 指动物在不同时间、不同季节和不同地点的活动强度及变化规律, 是动物行为学的一个重要研究内容 (Amstrup et al. 1976)。根据节律周期的长短可分为年活动节律、月活动节律、潮汐活动节律、昼夜活动节律 (也可称为日活动节律)、短周期活动节律和间歇活动节律 (尚玉昌 2006)。活动节律的研究内容是了解动物在不同时间、不同季节以及不同地区的活动强度及其变化规律, 从而探索野生动物在不同环境条件下的生存行为策略 (尚玉昌 2006)。活动节律的形成源于动物对各种环境条件 (包括生物因素和非生物因素) 的周期性变化所产生的综合适应, 也是动物根据环境条件和自身生理状况的变化来调整自己行为的结果 (Azevedo et al. 2018)。影响动物活动节律的因素既包括年龄、性别和繁殖状态等生物学因素, 也包括气候、光照、海拔、水资源、食物资源等外界环境因素, 除此之外, 人为活动的干扰也会对野生动物的活

动造成不同程度的影响 (陈立军等 2019, 李建亮等 2020)。

野生动物通常具有警惕性高、反应灵敏和行踪隐蔽等特点, 同时很多种类在夜间活动, 这使野生动物活动节律研究往往面临很多的困难, 如何实现无干扰状态下的动物行为观察是动物活动节律研究的关键 (贾晓东等 2014)。随着相机技术的进步和设备成本的降低, 红外线触发自动数码相机陷阱技术 (以下简称红外相机技术) 已广泛应用于野生动物的行为研究 (李晟等 2014, 肖治术 2019)。该技术不仅非常适合识别栖息在特定区域的物种, 可用于监测物种的绝对和相对丰度以及活动模式的研究, 同时也在解决各种生态与保护相关的问题中发挥着重要作用 (肖治术等 2014)。与传统的调查方法 (如样线法和样点法等) 相比, 红外相机技术具有隐蔽性强、受环境因素影响小、效率高、成本低、对动物干扰小且能全天 24 h 不间断监测等优点, 同时不会对动物造成伤害,

是监测野生动物的一种有效方法 (Ahumada et al. 2013, 李勤等 2013)。近年来, 该技术在野生动物活动节律研究中得到广泛应用, 成功地揭示了普式野马 (*Equus przewalskii*) (吴兵等 2017)、帚尾豪猪 (*Atherurus macrourus*) (温立嘉等 2016)、白鹇 (*Lophura nycthemera*) (余建平等 2017) 以及白冠长尾雉 (*Syrmaticus reevesii*) (石江艳等 2020) 等野生动物在自然状态下的活动节律。

鼬獾 (*Melogale moschata*) 隶属于哺乳纲食肉目鼬科鼬獾属, 为夜行性动物, 主要以蚯蚓为食, 常活动于海拔低于 2 000 m 的灌丛、草丛、山地的森林、河谷和沟谷等地 (姚维等 2021)。研究鼬獾活动节律有助于了解影响其活动模式和生境选择的因素。根据鼬獾在江西省的分布状况, 选取了江西省桃红岭梅花鹿国家级自然保护区 (以下简称桃红岭保护区)、江西省九岭山国家级自然保护区 (以下简称九岭山保护区) 和江西省齐云山国家级自然保护区 (以下简称齐云山保护区) 3 个地区作为研究区域。对鼬獾的活动节律展开红外相机监测, 分析不同区域的鼬獾活动节律模式及其季节性变化, 并进一步探究影响鼬獾活动节律的因素, 以期进一步了解鼬獾在自然状态下的生态习性, 为这一物种的保护管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

桃红岭梅花鹿国家级自然保护区 (29°42' ~ 29°53' N, 116°32' ~ 116°43' E) 位于江西省北部的彭泽县, 1981 年开始建立, 2001 年晋升为国家级自然保护区。保护区总面积为 12 500 hm², 其中, 实验区 1 830 hm², 缓冲区 8 000 hm², 核心区 2 670 hm², 气候为温暖湿润的亚热带季风气候, 日照充足, 雨量充沛, 全年平均气温为 15.1 °C, 平均降水量为 1 300 mm, 海拔多在 100 ~ 500 m。植被类型包括灌丛、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林和草甸, 主要保护对象为梅花鹿 (*Cervus nippon*) 南方

亚种及其生态系统 (蒋志刚 2009) (图 1)。

九岭山国家级自然保护区 (28°49' ~ 29°03' N, 115°03' ~ 115°24' E) 位于江西省北部的靖安县内, 1994 年开始建立, 1997 年晋升为省级自然保护区, 2010 年晋升为国家级自然保护区。保护区总面积为 11 541 hm², 其中, 实验区 3 746 hm², 缓冲区 3 461 hm², 核心区 4 334 hm², 气候为亚热带季风气候, 最低海拔为 81.5 m, 最高海拔为 1 333.2 m, 植被类型包括灌丛、竹林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林和针叶林, 主要保护对象为中亚热带低海拔区域的典型原生性常绿阔叶林、丘陵河流湿地生态系统和珍稀野生动植物 (李振基 2009)。

齐云山国家级自然保护区 (25°24' ~ 25°55' N, 113°55' ~ 114°38' E) 位于江西省南部的崇义县, 1997 年开始建立, 2004 年晋升为省级自然保护区, 2012 年晋升为国家级自然保护区。保护区总面积为 17 105 hm², 其中, 实验区 8 675 hm², 缓冲区 2 750 hm², 核心区 5 680 hm², 气候为中亚热带山地湿润季风气候, 四季分明, 雨量充沛, 年平均气温 18.0 ~ 18.4 °C, 年降雨量为 1 552 ~ 1 660 mm, 最低海拔为 300 m, 最高海拔为 2 061.3 m。植被类型为毛竹林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、山顶矮林和高山草甸 (刘小明 2010)。

根据保护区当地的气候特征, 划分四季时段, 3 ~ 5 月春季, 6 ~ 8 月夏季, 9 ~ 11 月秋季, 12 月到翌年 2 月冬季。

1.2 红外相机野外布设与设置

2017 年 2 月至 2019 年 2 月, 借助地理信息系统 (ArcGIS 10.2) 将桃红岭保护区、九岭山保护区和齐云山保护区分别划分为 1 km × 1 km 的网格, 然后根据生境和海拔不同在保护区内设置 2 个样地, 保护区外设置 1 个样地, 每个样地内有 20 个网格, 每个网格选择合适位置放置 1 台相机 (图 1)。

相机主要安装于动物经常活动的地方, 如动物通道、水源地或动物痕迹较多的地方, 为

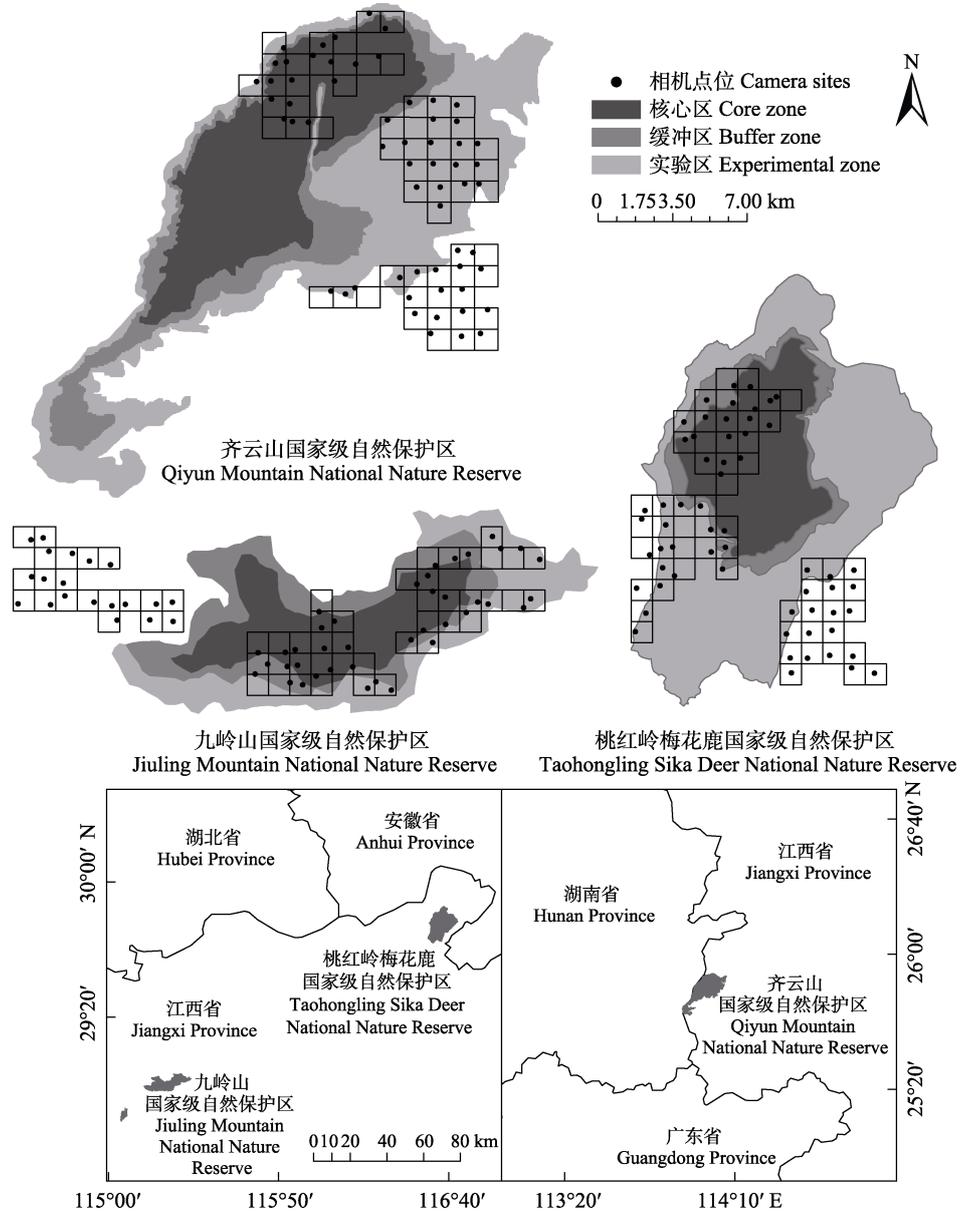


图 1 研究区位置及相机位点

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

避免相同动物在短时间内被重复拍摄，每两台相机之间的距离至少为 500 m，相机固定在距离地面 40~80 cm 的树干上，镜头尽量朝北且保持水平，镜头前的杂草等清理干净。所有相机均为全天 24 h 监测，且都统一设置相机参数，包括日期、拍摄模式（3 拍照 + 1 视频模式）、视频长度（10 s）、拍照时间间隔（1 s）、拍照

像素（1 200 万）、视频尺寸（1 080 P）以及灵敏度（中）。相机安装完毕后记录相机放置的日期、经纬度及生境等数据，每 3~5 个月收集一次红外相机数据，并更换补充损坏遗失的相机、储存卡和电池。生境类型包括落叶阔叶林、常绿阔叶林、针阔混交林、灌丛、针叶林、草甸和竹林。

1.3 数据处理与分析

将每次收集到的红外相机照片和视频数据根据相机编号建立相应文件夹进行保存，并通过 Bio-Photo V 2.1 软件生成相应的 Excel 表格（周鸭仙等 2019），表格中的文件编号、文件格式、拍摄日期、拍摄时间和相机工作日等内容通过软件自动从文件夹中提取。然后参考《中国兽类野外手册》（Smith 等 2009）鉴别鼬獾，将其物种名称、数量以及独立有效照片探测次数分别补充在表格中。独立有效照片的定义为：

（1）同一物种或不同物种的不同个体的连续照片；（2）相隔 0.5 h 以上的同一物种个体的连续照片；（3）同一物种个体的非连续照片（O'Brien et al. 2003）；1 个相机工作日定义为，同一位点的红外相机在野外连续工作 24 h（Yasuda 2004）。

1.3.1 拍摄率 基于独立有效照片数和相机拍摄天数，分析鼬獾在不同地区和不同生境拍摄率（photographic rate, R_p ）， $R_p = (N/T) 100$ ，式中， N 为不同地区或不同海拔拍摄的鼬獾独立有效照片总数， T 为总有效相机日（周鸭仙等 2019）。

1.3.2 年活动规律 通过计算月相对多度指数（monthly relative abundance index, I_{MRA} ），分析鼬獾的年活动规律，计算公式如下（Wen et al. 2020）： $I_{MRA} = (M_i/N) 100$ ，其中， M_i 代表第 i 月中鼬獾出现的独立有效照片数， N 表示在调查期间所有红外相机获得的独立有效照片总数。

1.3.3 日活动节律分析 使用核密度估算方法（kernel density estimation）对鼬獾的日活动节律进行分析（Ridout et al. 2009）， $\hat{f}(x;v) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_v[d(x, x_i)]$ ，式中， k_v 为 von Mises 分布的概率密度函数， $d(x, x_i)$ 为任意一点 x 与样本量 i 之间的角度距离。

1.3.4 日活动节律季节性差异 春夏秋冬不同季节间鼬獾日活动节律的重叠程度采用重叠指数（coefficient of overlap）表示， $\Delta(f_1, f_2) =$

$1 - \frac{1}{2} \int |f_1(x) - f_2(x)| dx$ ，式中， f_1 和 f_2 为不同季节的核密度， Δ 为 0 表示完全分离， Δ 为 1 表示完全重叠（Ridout et al. 2009）。

经单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验，研究数据不符合正态分布，因此，季节因素对不同地区鼬獾的影响使用多个独立样本的 Kruskal-Wallis $H(K)$ 检验；不同季节之间的日活动节律使用两个独立样本的 Mann-Whitney U 检验。所有数据处理和分析在 SPSS 21.0 和 Excel 软件中进行，鼬獾的日活动节律曲线差异显著性和重叠系数（ Δ ）分别使用 R（R version 3.6.1 for Windows）软件的“activity”包和“overlap”包进行计算。

2 结果

2.1 不同地区和不同生境拍摄率

桃红岭保护区、九岭山保护区和齐云山保护区布设的红外相机数量均为 60 台，相机累计工作日分别为 14 902 日、24 498 日和 13 063 日，拍摄到鼬獾的相机数分别有 30 台、32 台和 53 台，鼬獾的独立有效照片数分别为 252 张、196 张和 598 张，拍摄率相应为 1.69 张/日、0.80 张/日和 4.58 张/日。

通过对研究区每种生境中拍摄到鼬獾的相机数量、独立有效照片数进行统计分析发现，研究地区不同生境的鼬獾红外相机拍摄率存在一定的差异（表 1）。其中，桃红岭保护区相机拍摄率由高到低为灌丛、针叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、草甸，针阔混交林中未记录到活动迹象，拍摄率为 0；九岭山保护区相机拍摄率由高到低为竹林、落叶阔叶林、针阔混交林、灌丛、针叶林、常绿阔叶林；齐云山保护区由高到低为落叶阔叶林、常绿阔叶林、竹林、针阔混交林、草甸，针叶林未记录到活动迹象，拍摄率为 0。

2.2 年活动格局

利用月相对多度指数分析鼬獾的年活动格局，桃红岭保护区不同季节记录到鼬獾的独立

表 1 鼬獾在不同植被类型下的拍摄率

Table 1 The photographic rates of Chinese Ferret-badger at different vegetation type

研究区域 Study area	植被类型 Vegetation	相机数 Number of cameras	独立有效照片数 Independent effective photo	相机日 Number of camera-days (d)	拍摄率 Photographic rate
桃红岭保护区 Taohongling National Nature Reserve	灌丛 Brush fallow	23	176	5 065	3.47
	针叶林 Coniferous forest	6	31	1 497	2.07
	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forests	23	42	6 784	0.62
	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forests	4	2	771	0.26
	草甸 Meadow	3	1	785	0.13
	针阔混交林 Mixed broad-leaved coniferous forests	1	0	0	0.00
九岭山保护区 Jiuling Mountain National Nature Reserve	竹林 Bamboo forest	4	31	2 470	1.26
	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forests	24	98	8 325	1.18
	针阔混交林 Mixed broad-leaved coniferous forests	20	56	8 452	0.66
	灌丛 Brush fallow	1	1	396	0.25
	针叶林 Coniferous forest	9	8	3 860	0.21
	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forests	2	2	995	0.20
齐云山保护区 Qiyun Mountain National Nature Reserve	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forests	28	274	5 569	4.92
	常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forests	25	279	5 734	4.87
	竹林 Bamboo forest	2	14	440	3.18
	针阔混交林 Mixed broad-leaved coniferous forests	4	27	1 012	2.67
	草甸 Meadow	1	4	308	1.30
	针叶林 Coniferous forest	0	0	0	0.00

有效照片数分别为春季(48张)、夏季(71张)、秋季(47张)和冬季(86张),无明显的季节性变化($Z=2.806, df=3, P>0.05$)。月相对多度指数在1和2月及5月和7月较高,且在1月达到了峰值,为17.06,在12月最低,仅1.59(图2)。

九岭山保护区不同季节记录到鼬獾的独立有效照片数分别为春季(131张)、夏季(37张)、秋季(12张)和冬季(16张),季节性变化差异不显著($Z=6.922, df=3, P>0.05$)。月相对多度指数在3月和4月最高,均为26.02,在9月最低,为1.02(图2)。

齐云山保护区不同季节记录到鼬獾的独立有效照片数分别为春季(202张)、夏季(178张)、秋季(56张)和冬季(162张),无显著的季节性变化差异($Z=3.720, df=3, P>0.05$)。月相对多度指数在3月最高,为17.73;在11月最低,为1.17(图2)。

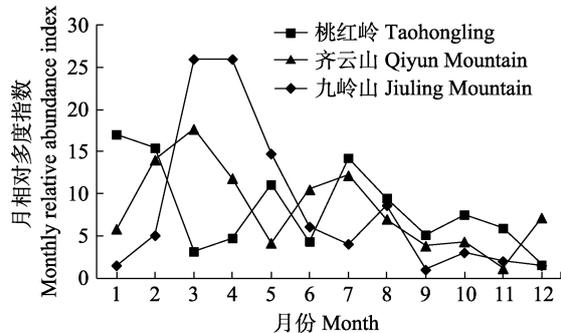


图 2 鼬獾的年活动规律

Fig. 2 Annual activity pattern of Chinese Ferret-badger

2.3 日活动节律及其季节性差异

三个保护区鼬獾的日活动节律相似,均从日落之后开始活动,日出时活动强度急剧下降,呈现出明显的双峰趋势。活动高峰出现在0:00~05:00时和19:00~24:00时,而06:00~18:00时活动迹象很少甚至大部分时段未记录

到活动迹象，但不同季节鼬獾的活动节律并不完全相同（图 3a）。

桃红岭保护区的鼬獾春季从 19:00 时才开始活动，04:00 时开始活动强度逐渐减少，05:00~19:00 时间段无任何活动迹象；夏季和秋季活动开始的时间比春季提前 1 h，均在 18:00 时，但夏季在 06:00~07:00 时还有少许的活动，秋季则从 06:00 时开始就没有了活动迹象；冬季鼬獾开始活动的时间更早，在 17:00 时便出现了活动迹象，04:00~05:00 时活动强度达到最高峰，之后逐渐下降，直至 07:00 时停止活动（图 3b）。其日活动节律在夏季和冬季重叠指数最高（ $\Delta = 0.88$ ），春季和秋季最低（ $\Delta = 0.77$ ），各季节间差异不显著（ $P > 0.05$ ）

（表 2）。

九岭山保护区的鼬獾春季在 18:00 时开始活动，活动强度较高，且一直持续到翌日 06:00 时才结束；秋季和冬季也是从 18:00 时开始出现活动迹象，但活动高峰集中在 18:00~24:00 时，而 00:00~05:00 时活动迹象较少；夏季则在 19:00 时开始活动，活动强度较春季而言较少，但 19:00~06:00 时一直存在活动迹象（图 3c）。其日活动节律在春季和夏季重叠指数最高（ $\Delta = 0.89$ ），夏季和冬季最低（ $\Delta = 0.65$ ）。春季和秋季之间日活动节律差异显著（ $U = 198.000$ ， $Z = -2.075$ ， $P < 0.05$ ），而春季和夏季、春季和冬季、夏季和秋季、夏季和冬季以及秋季和冬季之间差异不显著（ $P > 0.05$ ）（表 2）。

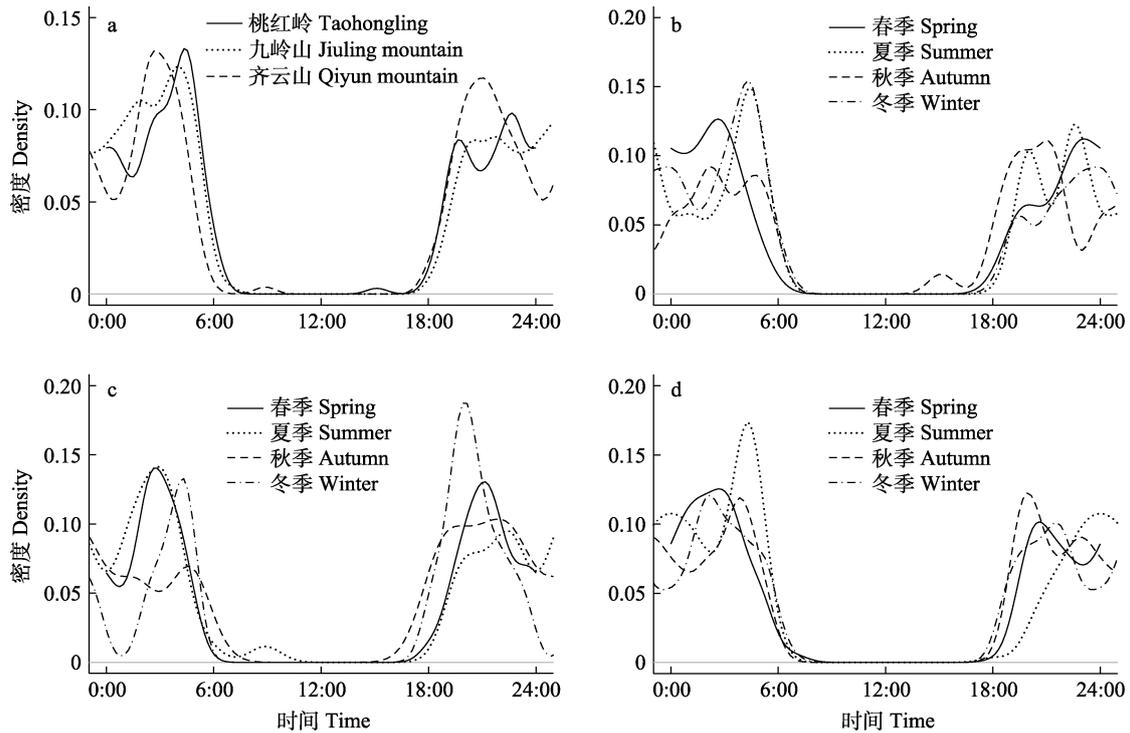


图 3 鼬獾的日活动规律

Fig. 3 The daily activity patterns of Chinese ferret-badger

a. 三个保护区全年的日活动规律；b. 桃红岭保护区不同季节的日活动规律；c. 九岭山保护区不同季节的日活动规律；d. 齐云山保护区不同季节的日活动规律。

a. The daily activity patterns of the three reserves throughout the year; b. The daily activity patterns of Taohongling Reserve in different seasons; c. The daily activity patterns of Jiuling Mountain Reserve in different seasons; d. The daily activity patterns of Qiyun Mountain Reserve in different seasons.

表 2 不同研究地区鼬獾日活动节律在四个季节之间的重叠指数及异同

Table 2 The overlapping equals and comparison of daily activity patterns of Chinese Ferret-badger among seasons in different study area

研究区域 Study area	季节 Season	重叠系数 Overlapping equals	<i>U</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
桃红岭保护区 Taohongling National Nature Reserve	春季 vs. 夏季 Spring vs. summer	0.77	242.000	- 1.026	0.305
	春季 vs. 秋季 Spring vs. autumn	0.71	281.500	- 0.147	0.883
	春季 vs. 冬季 Spring vs. winter	0.81	221.500	- 1.468	0.142
	夏季 vs. 秋季 Summer vs. autumn	0.75	253.500	- 0.433	0.443
	夏季 vs. 冬季 Summer vs. winter	0.88	268.000	- 0.431	0.666
九岭山保护区 Jiuling Mountain National Nature Reserve	秋季 vs. 冬季 Autumn vs. winter	0.77	230.500	- 1.248	0.212
	春季 vs. 夏季 Spring vs. summer	0.89	233.500	- 1.202	0.229
	春季 vs. 秋季 Spring vs. autumn	0.79	198.000	- 2.075	0.038
	春季 vs. 冬季 Spring vs. winter	0.73	206.000	- 1.867	0.062
	夏季 vs. 秋季 Summer vs. autumn	0.75	216.000	- 1.665	0.096
齐云山保护区 Qiyun Mountain National Nature Reserve	夏季 vs. 冬季 Summer vs. winter	0.65	229.500	- 1.335	0.182
	秋季 vs. 冬季 Autumn vs. winter	0.77	272.000	- 0.388	0.698
	春季 vs. 夏季 Spring vs. summer	0.77	272.500	- 0.336	0.737
	春季 vs. 秋季 Spring vs. autumn	0.85	216.000	- 1.588	0.112
	春季 vs. 冬季 Spring vs. winter	0.89	267.000	- 0.456	0.649
	夏季 vs. 秋季 Summer vs. autumn	0.78	229.500	- 1.291	0.197
	夏季 vs. 冬季 Summer vs. winter	0.74	286.500	- 0.033	0.974
	秋季 vs. 冬季 Autumn vs. winter	0.86	207.500	- 1.776	0.076

齐云山保护区的鼬獾在春季、夏季和冬季活动规律一致，均从 18:00 时开始活动，一直持续到翌日 07:00 时才结束活动，但春季的活动强度最高，夏季次之，冬季最少；秋季的活动时间则为 19:00~06:00 时，且一直存在活动迹象（图 3d）。其日活动节律在春季和冬季重叠指数最高（ $\Delta = 0.89$ ），夏季和冬季最低（ $\Delta = 0.74$ ），但各季节间不存在显著差异（ $P > 0.05$ ）（表 2）。

3 讨论

本研究利用红外相机技术获取鼬獾野外活动数据，为保护区对鼬獾进行科学合理的保护奠定了基础。红外相机技术近年来被广泛应用于野生动物的监测和研究，当红外相机的部署正确合理时，就能够提供野生动物极其有价值的信息，包括物种多样性、物种丰富度以及群落结构等（Tobler et al. 2008, 肖治术 2019）。

尤其是该技术具备全天 24 h 监测的优点，在进行动物的活动节律研究时，能够解决许多野生动物昼伏夜出的习性带来的诸多困难（李晟等 2014, 李勤等 2013）。

3.1 不同地区及不同生境拍摄率

红外相机调查数据表明，鼬獾的拍摄率在齐云山保护区最高，桃红岭保护区次之，九岭山保护区最低。这可能是由于齐云山保护区森林覆盖率高达 97.6%，常绿阔叶林生长繁茂（刘小明等 2010），不仅能够为鼬獾的主要食物土壤无脊椎动物提供合适的栖息环境，如喜欢在阴凉湿润、土壤腐殖层较厚的灌木和落叶林中生活的蚯蚓（Chuang et al. 1997），同时，这种高密度的植被还能够提供良好的隐蔽条件，有利于鼬獾隐藏或避开如花面狸（*Paguma larvata*）、金雕（*Aquila chrysaetos*）、云豹（*Neofelis nebulosa*）等天敌，降低自身被捕食的风险。另外，齐云山保护区的植被从垂直分

布上来看，常绿阔叶林和落叶阔叶林大致分布在 400~1 500 m 海拔段（刘小明 2010），该海拔段人为活动较少，因此鼬獾的活动频率会明显增加。

桃红岭保护区和九岭山保护区鼬獾的拍摄率较低，究其原因可能是桃红岭保护区最高海拔仅 536.6 m，存在较强的人为干扰因素；同时，该保护区的植被主要为亚热带灌草丛或灌丛（蒋志刚 2009），无法为蚯蚓等土壤无脊椎动物提供良好的栖息环境，也不能为鼬獾提供良好的隐蔽环境。虽然九岭山保护区的主要植被是常绿阔叶林，森林覆盖率达 90% 以上，最高海拔在 1 000 m 以上，是鼬獾作为栖息地的良好选择，但云豹、豹猫等食肉动物是九岭山保护区的重点保护对象，作为鼬獾的天敌会为其带来巨大的捕食压力（李振基 2009）。

通过分析本研究区不同生境的拍摄率发现，鼬獾在桃红岭保护区灌丛和针叶林中拍摄率较高，在九岭山保护区的竹林和落叶阔叶林较高，在齐云山保护区的落叶阔叶林和常绿阔叶林较高，这说明鼬獾对栖息地的利用往往具有较大的弹性，能够在不同的生境间做出权衡。

3.2 年活动格局

根据不同季节鼬獾的出现频次来看，分布在桃红岭保护区的鼬獾在冬季活动迹象最为频繁，夏季较为频繁，春季次之，秋季最少；而分布在九岭山和齐云山保护区的鼬獾均在春季活动迹象最为频繁，夏季较多，冬季次之，秋季最少。这可能与鼬獾自身繁殖活动的季节性差异有关。鼬獾在 3 月开始发情交配，为了确保繁殖需求，会相应增加活动时间从而提高遇见异性的频率；在 5 和 6 月产仔时需补充大量能量，也会增加活动时间，所以在春季和夏季观测到鼬獾的活动迹象较为频繁。随后的 1 或 2 个月由于幼崽会随着母亲生活，鼬獾不得降低活动强度来保护幼崽以及自身的安全，因此秋季时鼬獾的行为活动往往会比较难以监测，使得该时期监测到鼬獾的活动迹象最少（姚维等 2021）。幼崽的出生使得种群数量增加，且

幼崽随母亲生活 2 个月后开始独立行动，因此在冬季监测到鼬獾的活动迹象开始增加。

3.3 日活动节律及季节性差异

本研究中，在三个保护区鼬獾的日活动节律模式均呈双峰型，活动时间分别为 0:00~06:00 时和 18:00~24:00 时，属于典型的夜行性动物，这与盛和林（1982）关于鼬獾昼夜节律行为的研究结果一致。通过对众多关于鼬獾活动节律的研究结果分析后发现，不同研究地区鼬獾活动高峰的出现时间存在差异。如本研究中桃红岭保护区和齐云山保护区的鼬獾活动高峰均出现在 0:00~05:00 时和 19:00~24:00 时，而九岭山保护区为 01:00~04:00 时和 19:00~24:00 时；广西弄岗的鼬獾活动高峰分别出现在 01:00~05:00 时和 21:00~24:00 时（姚维等 2021）；台湾南部的鼬獾活动峰值出现在 01:00~05:00 时（Chen et al. 2009）；台湾鼬獾的活动高峰时间则为 02:00~04:00 时或者 05:00~06:00 时（Pei 1998）。这说明随着分布区域的不同，同一物种的活动节律会存在一定差异。

本研究中，三个保护区鼬獾的日活动节律均不存在显著的季节性差异，这与广西弄岗地区鼬獾（姚维等 2021）和台湾地区鼬獾（Chen et al. 2009）的研究结果相似。不同季节鼬獾的活动高峰时间虽然存在差异，但活动时间基本都处于 0:00~05:00 时和 19:00~23:00 时，这说明鼬獾的活动模式虽然会随着季节变化发生一定的变动，但是并不会改变其基本的生活习性。动物的行为节律是其自身的生理与周围的环境共同作用进化的结果，往往相对固定（尚玉昌 2006）。

不同季节鼬獾开始活动的时间、结束活动的时间以及活动强度有所差异，这可能是受不同地区海拔等地理因素的影响，以及季节变化引起如食物资源、光照、温度和水资源等外界因素发生变化，造成鼬獾活动时间和活动强度发生变化。如夏季气温高，鼬獾为了适应高温天气向高海拔地区转移，高海拔区域主要生境为草甸，无法为其提供隐蔽条件，且人为干扰

少；同时鼬科动物与其他动物比较有代谢快、食物需求量大特点（马建章等 1999），夏季植物稠密，隐蔽度好，且食物的种类和可利用性都非常大，鼬獾可以增加觅食时间，扩大觅食范围，获取更多的食物来满足自身生理代谢的需求，因此活动频率显著增加，使得红外相机的拍摄率增加。而在九岭山和齐云山等高海拔地区，冬季天气寒冷、食物匮乏，隐秘度较低，为了减少能量的损耗，鼬獾的活动频率较春季和夏季而言有所减少。

参 考 文 献

- Ahumada J A, Hurtado J, Lizcano D. 2013. Monitoring the status and trends of tropical forest terrestrial vertebrate communities from camera trap data: A Tool for Conservation. *PLoS One*, 8(9): e73707.
- Amstrup S C, Beecham J. 1976. Activity patterns of radio-collared black bears in Idaho. *The Journal of Wildlife Management*, 40(2): 340–348.
- Azevedo F C, Lemos F G, Freitas-Junior M C, et al. 2018. Puma activity patterns and temporal overlap with prey in a human-modified landscape at Southeastern Brazil. *Journal of Zoology*, 305(4): 246–255.
- Chen L J, Shu Z F, Xiao Z S. 2009. Application of camera-trapping data to study daily activity patterns of Galliformes in Guangdong Chebaling National Nature Reserve. *Biodiversity Science*, 27(3): 266–272.
- Chuang S A, Lee L L. 1997. Food habits of three carnivore species (*Viverricula indica*, *Herpestes urva*, and *Melogale moschata*) in Fushan Forest, northern Taiwan. *Journal of Zoology*, 243(1): 71–79.
- O'Brien T G, Kinnaird M F, Wibisono H T. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2): 131–139.
- Pei K. 1998. An evaluation of using auto-trigger camera to record activity patterns of wild animals. *Taiwan Journal of Forestry Science*, 13: 317–324.
- Ridout M S, Linkie M. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics*, 14(2): 322–327.
- Tobler M W, Carrillo-Percegué S E, Pitman R L, et al. 2010. An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11: 169–178.
- Wen X Y, Cheng X T, Dong Y Q, et al. 2020. Analysis of the activity rhythms of the great gerbil (*Rhombomys opimus*) and its predators and their correlations based on infrared camera technology. *Global Ecology and Conservation*, 24: e01337.
- Yasuda M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29(1): 37–46.
- 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(3): 266–272.
- 贾晓东, 刘雪华, 杨兴中, 等. 2014. 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. *生物多样性*, 22(6): 737–745.
- 蒋志刚. 2009. 江西桃红岭梅花鹿国家级自然保护区生物多样性研究. 北京: 清华大学出版社.
- 李晟, 王大军, 肖治术, 等. 2014. 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. *生物多样性*, 22(6): 685–695.
- 李建亮, 李佳琦, 王亮, 等. 2020. 基于红外相机技术分析极旱荒漠有蹄类动物的活动节律. *兽类学报*, 40(2): 120–128.
- 李勤, 鄂建国, 寇晓军, 等. 2013. 相机陷阱在野生动物种群生态学中的应用. *应用生态学报*, 24(4): 947–955.
- 李振基. 2009. 江西九岭山自然保护区综合科学考察报告. 北京: 科学出版社.
- 刘小明, 郭英荣, 刘仁林. 2010. 江西齐云山自然保护区综合科学考察集. 北京: 中国林业出版社.
- 马建章, 徐利, 张洪海, 等. 1999. 大兴安岭地区紫貂的活动节律. *兽类学报*, 19(2): 95–100.
- 尚玉昌. 2006. 动物的行为节律. *生物学通报*, 41(10): 8–10.
- 盛和林. 1982. 鼬獾的昼夜节律行为. *兽类学报*, 2(2): 132.
- 石江艳, 杨海, 华俊钦, 等. 2020. 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. *生物多样性*, 28(7): 796–805.
- Smith A T, 解焱, 陈延熹. 2009. 中国兽类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社.
- 温立嘉, 郭玉民, 黄建, 等. 2016. 帚尾豪猪活动节律及其与月光周期的相关性. *动物学杂志*, 51(3): 347–352.
- 吴兵, 初雯雯, 吴洪潘, 等. 2017. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区水源地野放普氏野马的活动节律: 基于红外相机监测数据.

- 动物学杂志, 52(4): 545–554.
- 肖治术. 2019. 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. 生物多样性, 27(3): 235–236.
- 肖治术, 李欣海, 姜广顺. 2014. 红外相机技术在我国野生动物监测研究中的应用. 生物多样性, 22(6): 683–684.
- 姚维, 汪国海, 林建忠, 等. 2021. 同域分布鼬獾和食蟹獾活动节律的比较. 兽类学报, 41(2): 128–135.
- 余建平, 钱海源, 陈小南, 等. 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(6): 937–944.
- 周鸣仙, 李言阔, 李佳琦, 等. 2019. 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. 生态学报, 39(13): 4975–4984.