

基于红外相机监测数据分析 安徽麝活动节律

熊子翔^① 许晓萌^① 唱意^① 吴昊玟^① 杜嘉和^① 姚子毅^①
徐红英^⑥ 杨勤跃^⑥ 李翔^{②③④*} 漆俊^{⑤*}

① 华中农业大学动物科技学院-动物医学院 武汉 430070; ② 动物遗传育种与繁殖国际联合研究中心 武汉 430070;
③ 农业动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室 武汉 430070; ④ 华中农业大学神农架科技创新中心 神农架 442400;
⑤ 湖北大别山国家级自然保护区管理局 黄冈 438021; ⑥ 湖北大别山国家级自然保护区罗田管理局 黄冈 438699

摘要: 安徽麝 (*Moschus anhuiensis*) 是我国特有种, 被列为国家一级重点保护野生动物, 狭窄地分布于安徽、河南及湖北三省交接的大别山区域。为明确安徽麝的活动节律及其与其他动物的相互关系, 2021年1月至12月, 在湖北大别山国家级自然保护区罗田县区域内布设43台红外相机, 对安徽麝及其同域物种进行研究。根据红外相机拍摄的时间, 统计安徽麝及其他物种的活动规律, 并进行节律重叠分析。结果表明: (1) 监测的43台红外相机, 共10142个工作日, 拍摄野生动物照片1042张, 其中10台红外相机拍摄到安徽麝, 共有效监测到安徽麝40次。安徽麝的相对多度 (I_{RA}) 为3.84; (2) 安徽麝主要分布于保护区的核心区范围, 落叶阔叶林是安徽麝优先选择的生境 ($\chi^2 = 98.99, df = 2, P < 0.001$); 日活动高峰为9:00~11:00时和21:00~23:00时, 4月和12月是安徽麝的年活动高峰期, 6至10月安徽麝的活动强度很低; 昼夜节律分析发现, 安徽麝具有较强的夜行性活动能力 ($I_{NRA} = 0.64$); (3) 安徽麝的活动节律与保护区内同属鲸偶蹄目的小鹿 (*Muntiacus reevesi*) 及野猪 (*Sus scrofa*) 均存在显著差异, 具有一定特异性。

关键词: 安徽麝; 湖北大别山; 活动节律; 夜行性

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2024) 01-019-10

Activity Rhythm of *Moschus anhuiensis* Based on Camera-Trapping Monitoring Data

XIONG Zi-Xiang^① XU Xiao-Meng^① CHANG Yi^① WU Hao-Wen^① DU Jia-He^①
YAO Zi-Yi^① XU Hong-Ying^⑥ YANG Qin-Yue^⑥ LI Xiang^{②③④*} QI Jun^{⑤*}

① College of Veterinary Medicine & College of Animal Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;
② Animal Genetics, Breeding and Reproduction of National Center for International Research, Wuhan 430070;
③ Key Laboratory of Agriculture Animal Genetics, Breeding and Reproduction, Ministry of Education, Wuhan 430070;
④ Shennongjia Science & Technology Innovation Center, Huazhong Agricultural University, Shennongjia 442400;

基金项目 2021年中央财政林业改革发展资金项目;

* 通讯作者, E-mail: xxianglli@mail.hzau.edu.cn, hbhgqj@163.com;

第一作者介绍 熊子翔, 男, 硕士研究生; 研究方向: 野生动物疾病与保护; E-mail: xiongzixiang@webmail.hzau.edu.cn.

收稿日期: 2023-01-18, 修回日期: 2023-08-08 DOI: 10.13859/j.cjz.202423006

⑤ Administration Bureau of Hubei Dabieshan National Nature Reserve, Huanggang 438021;

⑥ Luotian Branch of Hubei Dabieshan National Nature Reserve, Huanggang 438699, China

Abstract: [Objectives] The *Moschus anhuiensis* is an endemic species in China and is listed as the first-class national protected animals in China. Its distribution is highly limited to Dabieshan Mountains region in Anhui, Hubei, and Henan Provinces. Our study was carried out to understand the activity rhythm of *M. anhuiensis* and its differences from other species. **[Methods]** Forty-three infrared-triggered camera traps were placed in Luotian area of Hubei Dabieshan National Nature Reserve, Hubei Province, China to monitor *M. anhuiensis* and other wildlife from January 2021 to December 2021 (Fig. 1). Based on the monitoring data, we calculated the relative activity intensity index to model daytime-and-night activity rhythm, monthly rhythm, seasonal dynamics, preferred vegetation types, and rhythm-related species of *M. anhuiensis*. Using the ratio of the number of independently valid photos for a given condition to the total number of independently valid photos, we can calculate the activity preferences of *M. anhuiensis* and other wildlife as described above. To compare the rhythmic differences between *M. anhuiensis* and other animals, we selected data from *Muntiacus reevesi* and *Sus scrofa* monitored in the reserve for overlapping analysis with the daily activity rhythms of *Moschus anhuiensis*. All the analyses were conducted in R 4.0.3. The “overlap” package and the “activity” package were used to perform kernel density estimation of the rhythms. The significance of difference was tested using the functions in the “activity” package. **[Results]** The 43 infrared cameras worked for 10 142 working days and took 1 042 independently valid photos of wild animals, of which 10 infrared cameras captured *M. anhuiensis*, which was effectively monitored 40 times. The relative abundance index (I_{RA}) of *M. anhuiensis* was 3.84. The location of infrared cameras (Fig. 2) and the analysis of vegetational activity intensity index (I_{VAI}) indicated that *M. anhuiensis* is mainly distributed in the core area of the reserve, and deciduous broad-leaved forests are its favorite habitats ($\chi^2 = 98.99$, $df = 2$, $P < 0.001$). The kernel density estimation results showed that two peaks of daily activity are 9:00 to 11:00 and 21:00 to 23:00 (Fig. 4), April and December are the highest peak of monthly activity, and it has a very low activity intensity from June to October ($\chi^2 = 22.63$, $df = 11$, $P < 0.05$) (Fig. 5), its activities vary significantly in the four seasons ($\chi^2 = 13.40$, $df = 3$, $P < 0.01$). *M. anhuiensis* had a strong ability for nocturnal according to our analysis of circadian rhythms ($I_{NRA} = 0.64$). And we found that the relationship between *M. anhuiensis* and other species in the reserve is weak according to the analysis of activity rhythm, and there are remarkable differences between the activity rhythm of *M. anhuiensis* and the other Cetartiodactyla, such as *Muntiacus reevesi* ($\Delta = 0.70$, $P < 0.05$) and *S. scrofa* ($\Delta = 0.69$, $P < 0.05$) (Fig. 6). **[Conclusion]** *M. anhuiensis* is a nocturnal animal with a bimodal daily activity rhythm, most active in April and December. The activity rhythm of this species is unique and differs significantly from that of the animals in the same region.

Key words: *Moschus anhuiensis*; Hubei Dabieshan; Camera-trapping; Activity rhythm

自然界的生命活动有着各种各样的节律，动物的活动节律是动物对自然环境长期适应过程中产生的规律活动，受到多种自然条件的综

合影响（肖义军等 2018）。目前，红外相机技术成为了研究陆生脊椎动物的主要工具之一，能够拓展陆生动物研究的空间和时间尺度，多

种指数，如相对活动强度（relative activity intensity index）、丰富度指数（relative abundance index）等用于评价动物活动规律（刘雪华等 2018，肖治术 2019）。利用红外相机技术，可以清楚地获取大部分地栖动物的活动时间，很好地研究一个范围内动物的昼夜节律和月节律，动物活动节律的差异性能够直观地帮助理清一个生态系统的构成状况以及反映其中重要栖息物种的生存状况及其生态地位。

安徽麝（*Moschus anhuiensis*）曾作为原麝安徽亚种（*M. moschiferus anhuiensis*），李明等（1999）和宿兵等（2001）的研究支持其独立成种，该种定名为安徽麝，现隶属于鲸偶蹄目（Cetartiodactyla）麝科（Moschidae）麝属，为国家一级重点保护野生动物（国家林业和草原局 2021），被《中国脊椎动物红色名录》列为极危级（蒋志刚等 2021）。2003 年的麝资源调查表明，安徽大别山区的金寨市和岳西县、湖北的麻城市和罗田县以及河南的商城和固始县都是安徽麝的分布区（汪成海 2010）。所有麝都是林栖动物，主要生活在海拔较高的多岩针阔混交林，也分布于针叶林和郁闭度较差的阔叶林（Zhang et al. 2022）。麝生性孤僻胆小，多单独活动，仅在发情季节才有数头相聚的现象；多以灌木嫩叶和双子叶植物为食，几乎不食禾本科及其他单子叶植物（周敏 2002）。目前国内对安徽麝的研究还停留在初步阶段，对其分布、种群动态、食性和行为学的研究都还比较滞后。红外触发式相机的布设除了能够深入研究安徽麝分布区域，还能通过连续记录研究其活动模式、行为和活动节律等生物学特性（Swan et al. 2004）。本研究于 2021 年 1 月至 12 月，在湖北大别山国家级自然保护区（以下简称湖北大别山保护区）罗田县境内选择了 43 个红外相机监控位点，安装红外相机，分析安徽麝的活动节律。

1 研究区概况

湖北大别山保护区（30°57'34" ~ 31°13'22"

N, 115°30'54" ~ 116°03'45" E）位于湖北省东部大别山南麓的黄冈市罗田县和英山县，是大别山脉向东南方向延伸的区域，总面积 16 048.20 hm²，最高峰天堂寨海拔 1 729 m。保护区属于长江中下游北亚热带湿润季风气候，气候温湿，雨量充沛，冬暖夏凉。由于湖北大别山保护区地理位置的特殊性以及气候的过渡性，所以孕育了非常丰富的动植物资源，其中主要保护对象包括安徽麝、小灵猫（*Viverricula indica*）、白冠长尾雉（*Syrnaticus reevesii*）、银杏（*Ginkgo biloba*）和南方红豆杉（*Taxus chinensis var. mairei*）等珍稀濒危野生动、植物。保护区内的植被垂直分布明显，包括有针叶林、阔叶林、灌丛、草甸等多种植被类型，构建了多种多样的生物群落（沈显生 1995，曹新光等 2022）。湖北省大别山保护区由西自东可分为罗田片区的黄狮寨林场、薄刀峰林场、青苔关林场、天堂寨林场和英山片区的吴家山及桃花冲风景区（图 1）。其中，罗田县地势自东北向西南倾斜，东北角天堂寨主峰与地势低点相对高差达到 1 683 m，海拔梯度落差极大（周火明等 2020）。由于英山片区吴家山和桃花冲风景区相距较远，地理位置分散，本次调查选择地理位置连成一片的大别山保护区罗田片区进行监测研究。

2 研究方法

2.1 红外相机安装及参数设置

2021 年 1 月至 12 月，在湖北大别山保护区内利用红外相机对安徽麝进行监测，43 台红外相机按照 1 km × 1 km 网格布设，保持各月份监测强度相同。为避免相机在短时间内拍摄到重复的目标动物，设置 2 台相机间直线距离大于 500 m（肖治术等 2014，施小刚等 2023）。将红外相机固定于距离地面 60 ~ 100 cm 高的树干上，确保红外相机视野内无杂草，视野开阔，避免太阳光直射。记录每台红外相机的编号、日期、生境以及 GPS 位点等信息（Pei 1995）。

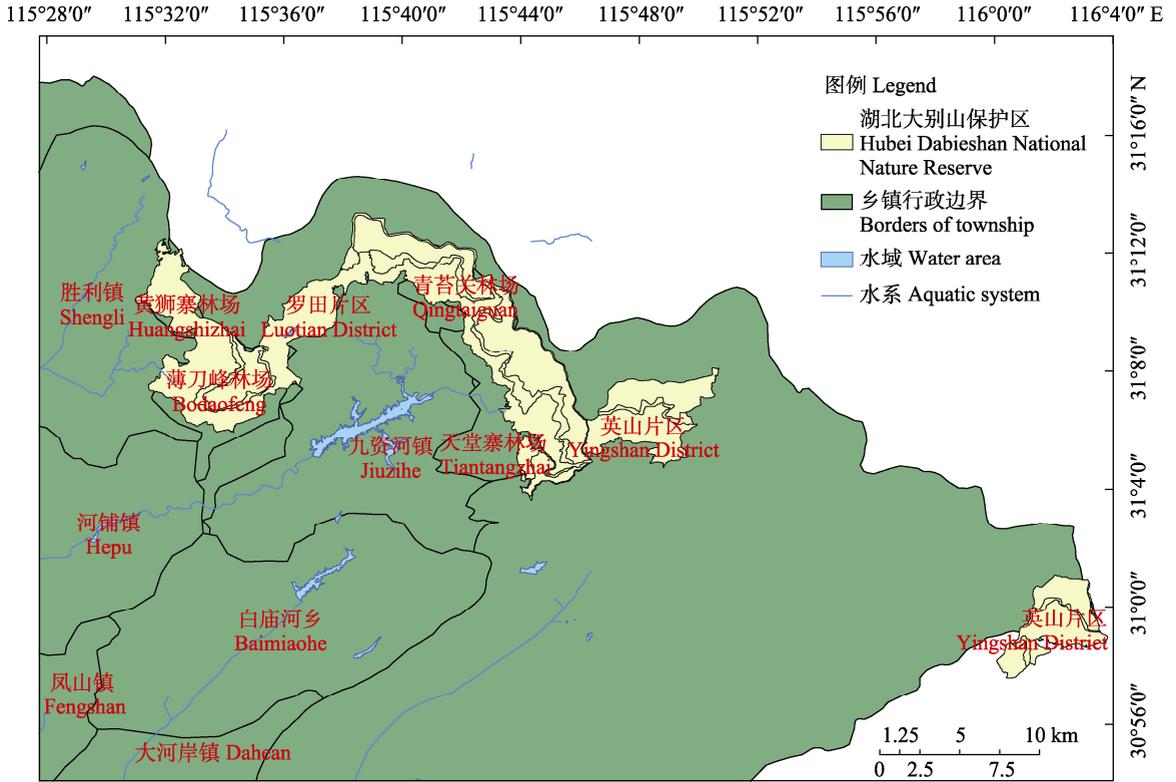


图 1 湖北省大别山保护区地理位置

Fig. 1 Location of Hubei Dabieshan National Nature Reserve

2.2 数据处理

将获得的物种照片进行整理与命名，记录照片编号、动物名称、拍摄位点、生境类型、拍摄日期、拍摄时间等信息，在 Microsoft Excel 2010 上进行数据整理，筛选出安徽麝和其他有蹄类动物的相关信息以便分析。

2.2.1 相对多度分析 在对红外相机照片数据的分析中，为了避免同一种动物的假重复，将拍摄 2 张相同动物照片之间的时间间隔小于等于 30 min 的照片记为 1 张独立有效照片 (Kawanishi et al. 1999, O'Brien et al. 2003)。计算并比较 3 种有蹄类动物的独立有效照片数的相对多度指数 (relative abundance index, I_{RA}) (Liu et al. 2013): $I_{RA} = 100 (A_i/N)$, 其中, A_i 代表第 i 类动物出现的独立有效照片数, N 代表独立有效照片总数。

2.2.2 样地植被类型 记录 43 台红外相机放置位置的植被类型，并计算不同植被类型所在地红外相机拍摄到安徽麝的独立有效照片数。通过植被类型活动强度指数 (vegetational activity intensity index, I_{VAI}) 分析安徽麝对植被类型的选择，计算公式为 (Şekercioğlu et al. 2011): $I_{VAI} = 100 (V_i/N_a)$, 式中, V_i 表示安徽麝在某个植被类型的独立有效照片数, N_a 表示安徽麝的独立有效照片总数, I_{VAI} 值越大表明安徽麝在某个植被类型的活动频率越高。

2.2.3 日活动节律 日活动节律的数据是以 24 h 为周期的数据类型，对于该类数据的分析采用核密度估计 (kernel density estimation) 方法，即假设动物的活动是在一日 24 h 内连续分布，而拍摄到的红外照片是对动物活动的随机抽样，通过抽样结果本身可以模拟动物活动的

分布, 从而通过分布模型计算出特定时间动物的活动水平 (activity level) (Rowcliffe et al. 2014), 通过 R 4.0.3 软件的 activity 包进行数据的处理和运算。

2.2.4 月、季节活动节律 通过月度/季度活动强度指数 (monthly/seasonal activity intensity index, $I_{MAI}(I_{SAI})$) 分析不同月份、季节安徽麝的活动时间分配, $I_{MAI}(I_{SAI}) = 100 (S_i/N_a)$ (Li et al. 2010), 式中, S_i 表示安徽麝在某个月份或季节的独立有效照片数, 根据大别山当地实际情况分别把 3~5 月、6~8 月、9~11 月、12 月至翌年 2 月划分为春季、夏季、秋季、冬季, N_a 表示安徽麝的独立有效照片总数, $I_{MAI}(I_{SAI})$ 值越大表明安徽麝在某个月份或季节的活动频率越高。

2.2.5 活动强度差异分析 采用 Excel 2010 和 SPSS 25.0 软件处理数据, 经单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验, 研究数据不符合正态分布, 因此需对安徽麝在不同月份、不同季节和不同植被类型的活动强度差异性进行卡方检验。

2.2.6 夜行性分析 将每天 18:00 时到次日清晨 06:00 时的时间作为夜行性分析时间段, 计算安徽麝的夜间相对丰富度 (night-time relative abundance index, I_{NRA})。依据安徽麝各个活动时间段分布的比例, 根据计算公式分析安徽麝的夜行性 (Azlan et al. 2006): $I_{NRA} = 100(D/N_a)$, 式中, D 表示安徽麝在夜间时段出现的独立有效照片数, N_a 代表安徽麝各时段独立有效照片总数。若 $I_{NRA} > 13/24$, 则认为动物具有夜行性, 反之则具有昼行性, 接近则认为夜行性不明显。

2.2.7 安徽麝和其他有蹄类动物的节律重叠 为了比较安徽麝与其他动物间的节律差异, 选取保护区监测到的小鹿 (*Muntiacus reevesi*) 和野猪 (*Sus scrofa*) 的数据与安徽麝的日活动节律进行重叠分析。它们同属于鲸偶蹄目, 在生态位和生活习性上有一定相似性 (夏武平 1988, 盛和林 1992), 且已有许多相关的节律研究, 便于与安徽麝的节律相比较。

基于 2.2.3 所述的核密度估计方法对安徽麝、小鹿和野猪的日活动节律进行了描述, 并通过 R 4.0.3 软件的 overlap 包对它们的日活动节律进行差异分析 (Meredith et al. 2014), 节律差异使用重叠系数 (A) 体现 (Ridout et al. 2009), 日活动节律的差异显著性利用 activity 包中的 Wald test 对同一分布的循环预测值进行概率检验得到 (Schmid et al. 2007, 陈立军等 2019)。

3 结果

3.1 相机监测结果统计

2021 年 1 月至 12 月, 监测区域内的 43 台红外相机共工作 10 164 个相机日, 拍摄了野生动物的独立有效照片 1 042 张, 其中, 鸟类的独立有效照片 345 张, 兽类的独立有效照片 697 张。兽类中有蹄类动物共发现 3 种, 为野猪、小鹿和安徽麝。

3.2 相对多度

在监测到的 3 种有蹄类动物中, 相对多度指数从高到低依次为小鹿 (30.13)、野猪 (8.73) 和安徽麝 (3.84)。

3.3 安徽麝的分布

共有 10 台红外相机拍摄到安徽麝, 共获得独立有效照片 40 张。主要拍摄区域在大别山保护区核心区以及邻近核心区的实验区。表 1 记录了拍摄到安徽麝样地的植被类型, 安徽麝在不同植被类型栖息地间的活动强度有极显著差异 ($\chi^2 = 98.99$, $df = 2$, $P < 0.001$), 落叶阔叶林是拍摄到安徽麝最常见的生境。图 2 为本次监测研究布设的红外相机位点以及拍摄到安徽麝的红外相机分布位点, 图 3 为研究中红外相机拍摄到的 4 张具有代表性的安徽麝照片。

3.4 日活动节律

安徽麝在 1 d 中出现 2 个活动高峰, 上午的活动高峰从 06:00 时开始, 一直持续到 12:00 时, 活动的最高峰在 10:00 时, 活动的低谷出现在 13:00~18:00 时; 下午的活动高峰从 18:00

表 1 湖北大别山监测到安徽麝的样地植被类型

Table 1 Vegetational type of the sample area where *Moschus anhuiensis* was photographed

植被类型 Vegetation types	有效监测相机数 Number of effective infrared cameras	独立有效照片数 Number of independent photographs	植被类型活动强度指数 Vegetational activity intensity index, I_{VAI}
裸岩 Bare rock	1	1	2.5
落叶阔叶林 Broad-leaved deciduous forest	6	32	80.0
针阔混交林 Mixed coniferous/broad-leaved forest	3	7	17.5

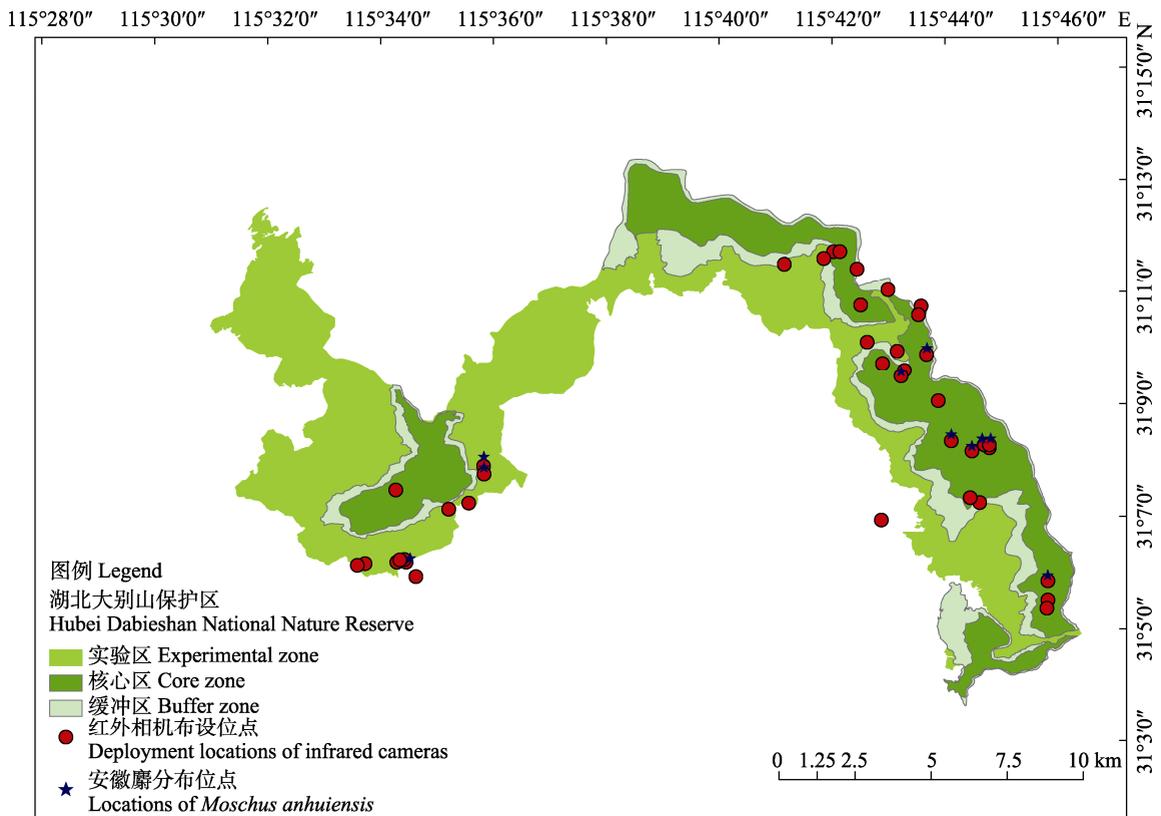


图 2 红外相机布设位点以及拍摄到安徽麝的位置

Fig. 2 Infrared camera deployment locations and locations where *Moschus anhuiensis* was photographed

时开始，一直持续到次日 00:00 时，活动的最高峰在 22:00 时，活动最高峰过后，其活动频率快速下降，其日活动节律曲线为双峰型（图 4）。

3.5 月活动节律

由安徽麝的月活动强度指数分析安徽麝在各个月份间的相对活动强度存在显著差异 ($\chi^2 = 22.63$, $df = 11$, $P < 0.05$)。从活动规律的趋势

上看，安徽麝从 2 月开始活动频率逐渐上升，在 4 月达到峰值，5 月开始活动频率逐渐下降，6~10 月是安徽麝的活动低谷期，11 月、12 月及翌年 1 月是另一个活动小高峰（图 5）。

3.6 季节活动节律

在不同季节间，安徽麝的相对活动强度也不同，春季、夏季、秋季、冬季安徽麝的相对

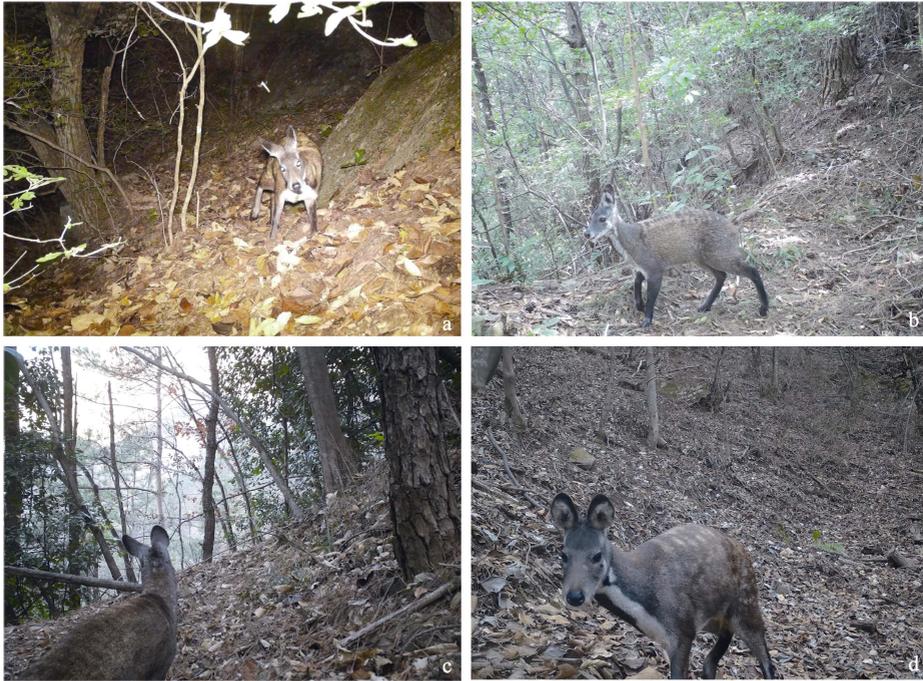


图 3 湖北大别山红外相机拍摄的安徽麝照片

Fig. 3 The photos of *Moschus anhuiensis* by infrared cameras in Dabieshan Mountain, Hubei Province

a. 薄刀峰拍摄到的安徽麝；b、c. 天堂寨拍摄到的安徽麝；d. 青苔关拍摄到的安徽麝。

a. *M. anhuiensis* photoed in Bodaofeng; b and c. *M. anhuiensis* photoed in Tiantangzhai; d. *M. anhuiensis* photoed in Qingtaiguan.

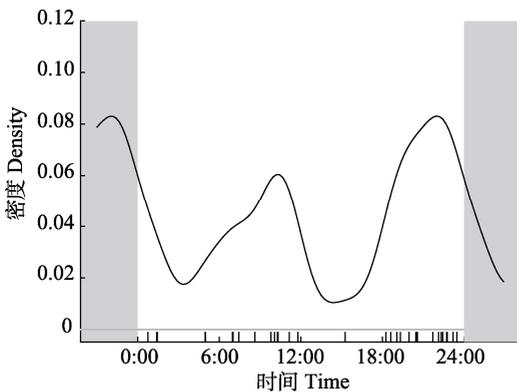


图 4 安徽麝的日活动节律

Fig. 4 Diurnal activity rhythms of *Moschus anhuiensis*

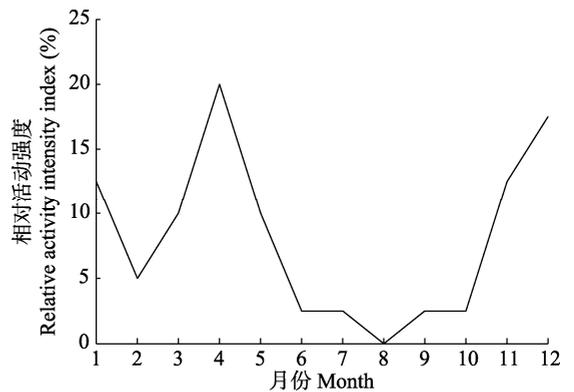


图 5 安徽麝的月活动节律

Fig. 5 Monthly activity rhythms of *Moschus anhuiensis*

活动强度指数依次为 40.0%、5.0%、17.5%和 37.5%，各季节间的相对活动强度差异显著 ($\chi^2 = 13.40$, $df = 3$, $P < 0.01$), 表明安徽麝的活动季节性差异明显, 安徽麝在春季和冬季的

活动频率相对较高, 夏季和秋季的活动频率相对较低。

3.7 夜行性分析

安徽麝的夜行性指数 $I_{NRA} = 0.64$, 大于

13/24, 表明安徽麝的活动模式为夜行性。

3.8 安徽麝与小鹿及野猪日活动节律的重叠

为了分析安徽麝和保护区内其他有蹄类动物的节律相似性, 使用大别山保护区安徽麝和小鹿(314张)及野猪(91张)的独立有效照片进行日活动节律重叠分析。小鹿和野猪的日活动节律曲线也表现为双峰型, 小鹿一日内的两个活动高峰分别在早晨 8:00 时和下午 18:00 时, 野猪一日内的两个活动高峰分别在早晨 10:00 时和下午 18:00 时, 但两者与安徽麝相比, 活动高峰时间都更早。重叠分析表明, 安徽麝和小鹿日活动节律曲线重叠系数为 0.70, 日活动节律曲线存在显著差异($\Delta = 0.70, P < 0.05$); 安徽麝和野猪日活动节律曲线重叠系数为 0.69, 日活动节律曲线存在显著差异($\Delta = 0.69, P < 0.05$); 安徽麝与小鹿、野猪的活动重叠时间均集中在上午和傍晚, 分离程度较大(图 6)。

4 讨论

安徽麝是中国特有的珍稀濒危动物, 分布局限我国大别山及周边地区。由于其数量稀少、分布狭窄, 对于它的有关研究一直较少。运用红外触发式相机对安徽麝的活动和分布进

行监测是对这类林栖动物进行研究的最好方法 (Chen et al. 2011), 本次研究将红外相机布置在常见安徽麝活动或曾发现安徽麝活动踪迹的位点, 在长达一年的监测时间内拍摄到的安徽麝有效照片仍然较少, 这提示安徽麝的活动规律仍需要进一步深入研究。

本研究首先对大别山保护区内红外相机拍摄到的 3 种有蹄类动物的相对多度进行了研究。其中, 保护区内安徽麝的相对多度约为野猪的 1/2, 约为小鹿的 1/8。本研究中拍摄到安徽麝的相对多度相比陕西观音山保护区林麝 (*M. berezovskii*, $I_{RA} = 0.90$, 贾晓东等 2014) 和吉林珲春保护区原麝 ($I_{RA} = 0.07$, 肖文宏等 2014) 更高, 但低于四川白水河保护区内林麝的相对多度 ($I_{RA} = 13.2$, 彭科等 2021)。对安徽麝的分布和植被类型偏好进行的研究显示, 大别山保护区内拍摄到安徽麝的相机位点主要在核心区及与核心区邻近的实验区, 拍摄到安徽麝活动偏好的植被类型是落叶阔叶林。落叶阔叶林在大别山区域数量庞大, 海拔跨度 800 ~ 1 600 m, (刘鹏等 1994), 高海拔的气候条件与丰沛的植物资源共同塑造了安徽麝适宜生存的特殊生境, 而大别山区闭塞的环境则造就了

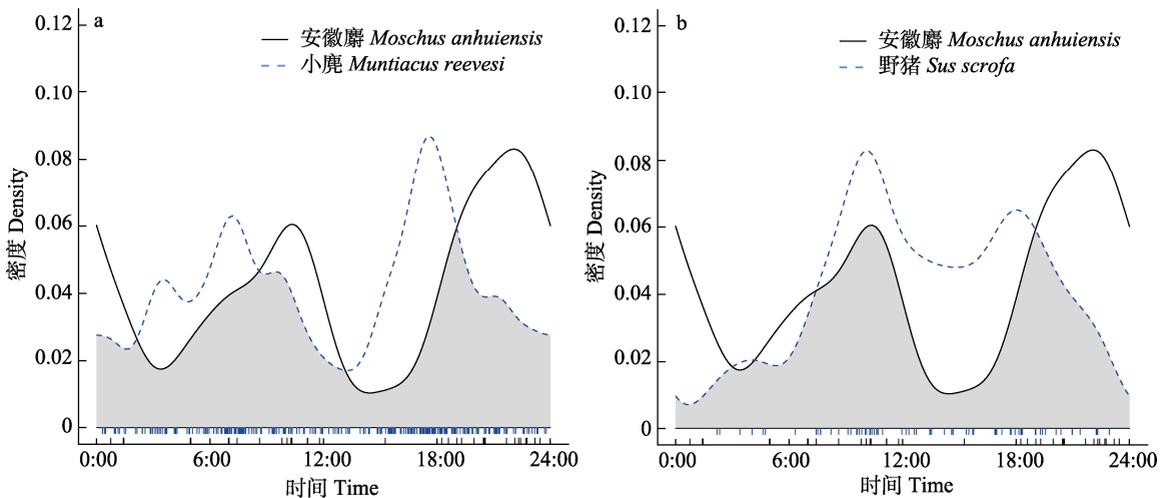


图 6 安徽麝与小鹿 (a)、野猪 (b) 日活动节律的重叠

Fig. 6 Overlapping of the daily activity rhythms of *Moschus anhuiensis* with *Muntiacus reevesi* (a) and *Sus scrofa* (b)

其狭窄的分布。本文还对安徽麝的日活动节律进行了分析，证实了安徽麝具有夜行性的活动特点。安徽麝在 1 d 中出现 2 个活动高峰，分别是 10:00 时和 22:00 时，在晨昏 2 个活动高峰之间，下午时段是其活动低谷。本次调查的安徽麝的日活动节律与孙佳欣等（2018）在四川调查的林麝活动节律相似，一个共同特点是安徽麝和林麝在日间的活动节律相较于其他晨昏活动的鹿类偏晚，日间的活动高峰在 9:00 ~ 11:00 时之间，推测可能与安徽麝的夜间活动习性和睡眠习惯有关。安徽麝的夜行性比较明显，其原因可能与夜间通过吸食植物叶片上的露水来补充水分有关（章书声等 2012）。

对林麝的研究发现，其交配季在每年 11 月至翌年 1 月，产仔期大多从 4 月份持续到 6 月份，随后进入长时间的育幼期（王涪等 2006）。通过对安徽麝的月活动节律及季节间活动强度存在显著差异。安徽麝的活动高峰期在 11 月至翌年 1 月以及 4 月。考虑到林麝与安徽麝间的遗传相似性较高，安徽麝的活动高峰期可能对应了每年 11 月至次年 1 月的交配季和 4 月前后雌麝产仔结束的时间点。林麝的母幼关系属于典型的隐蔽者（hider）类型，初生幼麝行为更加隐蔽，且与母麝保持 20 ~ 30 m 距离（杜卫国等 1996），在遭遇捕食者时，母麝还会做出诱离行为（盛和林 1992）来减轻幼麝的被捕食压力。在对安徽麝的监测过程中，从未拍摄到安徽麝幼体，这可能与安徽麝幼体的隐蔽行为有关。根据对林麝和其他鲸偶蹄目动物繁殖行为的报道，幼麝成长到 5 周龄后，其独立活动的程度就会逐渐提高（Green 1992），同时母麝的活动频率也将逐渐恢复。以林麝常见的产仔时间从 4 月持续到 6 月来计算，母麝和幼麝的相对活动强度应当在 5 月至 7 月持续升高，而本次对安徽麝的监测发现，安徽麝的活动频率从 6 月至 10 月进入了一个低谷期，到 11 月才开始恢复正常，这可能与安徽麝育幼模式中某些独特的行为有关，具体结论还需要更

多监测数据的支撑。

我们通过节律重叠分析比较了安徽麝与保护区内另外 2 种有蹄类动物的节律差异。安徽麝和小鹿的日活动节律曲线重叠系数为 0.70，安徽麝和野猪的日活动节律重叠系数为 0.69，安徽麝与这 2 种有蹄类动物的日活动节律曲线均存在显著差异。相比小鹿和野猪，安徽麝的活动时间向夜间偏移明显，三者活动重叠时间集中在上午和傍晚，分离程度较大。这可能是安徽麝与其他有蹄类动物产生生态位竞争后的节律偏移，在彭科等（2021）的研究中，林麝也与其他大型哺乳动物活动节律差异性较大，这证明了麝属动物在活动规律上的独特性。综上所述，安徽麝是一种夜行性动物，日活动节律呈现双峰性，一年内在 4 月和 12 月活动最为频繁。它的活动节律较为特殊，与同为鲸偶蹄目的小鹿和野猪活动节律有显著差异。

参 考 文 献

- Azlan J M, Sharma D S K. 2006. The diversity and activity patterns of wild felids in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Oryx*, 40(1): 36-41.
- Chen S Q, Fath B, Chen B, et al. 2011. Evaluation of the changed properties of aquatic animals after dam construction using ecological network analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 5: 114-119.
- Green W C H. 1992. The development of independence in bison: pre-weaning spatial relations between mothers and calves. *Animal Behaviour*, 43(5): 759-773.
- Kawanishi K, Sahak A M, Sunquist M. 1999. Preliminary analysis on abundance of large mammals at Sungai Relau, Taman Negara. *Journal of Wildlife and Parks*, 17: 62-82.
- Li S, McShea W J, Wang D J, et al. 2010. The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in Sichuan Province, China. *Ibis*, 152(2): 299-309.
- Liu X H, Wu P F, Songer M, et al. 2013. Monitoring wildlife abundance and diversity with infra-red camera traps in Guanyinshan Nature Reserve of Shaanxi Province, China. *Ecological Indicators*, 33: 121-128.

- Meredith M, Ridout M. 2014. Overlap: estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns. [EB/OL]. [2019-01-07]. <https://CRAN.Rproject.org/package=overlap>.
- 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. 1995. Activity rhythm of the Spinous Country Rat (*Niviventer coxingi*) in Taiwan. *Zoological Studies*, 34(1): 55–58.
- Ridout M S, Linkie M. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 14(3): 322–337.
- Rowcliffe J M, Kays R, Kranstauber B, et al. 2014. Quantifying levels of animal activity using camera-trap data. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11): 1170–1179.
- Schmid F, Schmidt R. 2007. Multivariate extensions of Spearman's rho and related statistics. *Statistics & Probability Letters*, 77(4): 407–416.
- Swann D E, Hass C C, Dalton D C, et al. 2004. Infrared-triggered cameras for detecting wildlife: An evaluation and review. *Wildlife Society Bulletin*, 32(2): 357–365.
- Şekerciöglü Ç H, Primack R B, Wormworth J. 2012. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation*, 148(1): 1–18.
- Zhang C, Fan Y W, Chen M H, et al. 2022. Identification of conservation priority areas and a protection network for the Siberian Musk Deer (*Moschus moschiferus* L.) in northeast China. *Animals*, 12(3): 260.
- 曹新光, 刘美伦, 王免免, 等. 2022. 鄂东大别山古树名木资源科普旅游开发研究——以罗田县九资河镇为例. *黄冈师范学院学报*, 42(2): 70–75.
- 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.
- 杜卫国, 盛和林. 1996. 圈养林麝母幼关系的初步研究. *兽类学报*, 16(2): 89–94.
- 国家林业和草原局, 农业农村部. 2021. 《国家重点保护野生动物名录》(2021年2月1日修订). *野生动物学报*, 42(2): 605–640.
- 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, 吴毅, 刘少英, 等. 2021. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物(第一卷)哺乳动物. 北京: 科学出版社, 82–88.
- 李明, 李元广, 盛和林, 等. 1999. 原麝安徽亚种分类地位的再研究. *科学通报*, 44(2): 188–192.
- 刘鹏, 吴国芳. 1994. 大别山植物区系的特点和森林植被的研究. *华东师范大学学报: 自然科学版*, (1): 76–81.
- 刘雪华, 武鹏峰, 何祥博, 等. 2018. 红外相机技术在物种监测中的应用及数据挖掘. *生物多样性*, 26(8): 850–861.
- 彭科, 陈旭, 温平, 等. 2021. 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. *四川林业科技*, 42(1): 76–82.
- 沈显生. 1995. 大别山区植物区系的分析. *安徽大学学报: 自然科学版*, 19(4): 89–94.
- 盛和林. 1992. 中国鹿类动物. 上海: 华东师范大学出版社, 126–849.
- 盛和林. 2007. 中国麝科动物. 上海: 上海科学技术出版社, 105.
- 施小刚, 岳颖, 卢松, 等. 2023. 卧龙国家级自然保护区雪豹与牦牛活动的时空关系. *应用与环境生物学报*, 29(3): 523–527.
- 宿兵, 王应祥, 王岐山. 2001. 安徽麝线粒体DNA细胞色素b基因全长序列分析. *动物学研究*, 22(3): 169–173.
- 孙佳欣, 李佳琦, 万雅琼, 等. 2018. 四川9种有蹄类动物夏秋季活动节律研究. *生态与农村环境学报*, 34(11): 1003–1009.
- 汪成海. 2010. 安徽麝的种群分布及保护措施. *安徽林业*, 36(3): 65–66.
- 王涓, 姜海瑞, 薛文杰, 等. 2006. 林麝 (*Moschus berezovskii*) 研究概况和进展. *四川动物*, 25(1): 195–200.
- 夏武平. 1988. 中国动物图谱兽类. 北京: 科学出版社, 91.
- 肖文宏, 冯利民, 赵小丹, 等. 2014. 吉林珲春自然保护区东北虎和东北豹及其有蹄类猎物的多度与分布. *生物多样性*, 22(6): 717–724.
- 肖义军, 钟磊发. 2018. 哺乳动物昼夜节律的调控及其分子机制. *生物学通报*, 53(5): 2–4.
- 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, 王学志, 等. 2014. 探讨我国森林野生动物红外相机监测规范. *生物多样性*, 22(6): 704–711.
- 章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 等. 2012. 基于红外相机技术的黑鹿活动节律. *兽类学报*, 32(4): 368–372.
- 周火明, 汪宏伟, 林云, 等. 2020. 罗田县薄刀峰树种垂直分布特点分析. *绿色科技*, (23): 105–109.
- 周敏. 2002. 麝的生态习性与保护. *林业勘察设计*, (1): 67–69.