

# 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

贾晓东<sup>1,2</sup> 刘雪华<sup>2\*</sup> 杨兴中<sup>1</sup> 武鹏峰<sup>3</sup> Melissa Songer<sup>4</sup>

蔡琼<sup>5</sup> 何祥博<sup>6</sup> 朱云<sup>5</sup>

1 (西北大学生命科学学院, 西安 710069)

2 (清华大学环境学院, 北京 100084)

3 (沈阳师范大学化学与生命科学学院, 沈阳 110034)

4 (Conservation Ecology Center, Smithsonian Conservation Biology Institute, Front Royal, Virginia 22630, USA)

5 (陕西观音山自然保护区, 陕西佛坪 723400)

6 (陕西佛坪自然保护区, 陕西佛坪 723400)

**摘要:** 2009年8月至2013年4月期间, 在陕西观音山自然保护区, 利用18台红外相机收集到羚牛(*Budorcas taxicolor*)、川西斑羚(*Naemorhedus griseus*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)、小鹿(*Muntiacus reevesi*)、林麝(*Moschus berezovskii*) 6种有蹄类动物的照片数据, 通过相对丰富度指数分析了它们的活动规律及季节性差异。结果表明: (1)6种有蹄类动物在研究区域总丰富度达到了58.71%, 其中羚牛的相对丰富度是28.02%, 川西斑羚13.24%, 毛冠鹿10.08%, 中华鬣羚4.21%, 小鹿2.26%, 林麝0.90%。(2)6种有蹄类动物的月相对丰富度反映了其年活动格局, 其中羚牛、川西斑羚、毛冠鹿、中华鬣羚、小鹿表现出一致性, 即夏季活动最为频繁, 秋季减弱, 冬季达到活动低谷, 春季逐渐回升; 而林麝则在冬季活动最为频繁, 夏季最弱。(3)日时间段相对丰富度反映了动物全年的日活动规律, 其中川西斑羚和羚牛相似, 主要以白天活动为主; 毛冠鹿、小鹿、林麝具有明显的晨昏活动习性; 中华鬣羚活动高峰出现在02:00–06:00和20:00–22:00, 以夜间活动为主。(4)分析不同季节6种有蹄类动物日活动规律, 羚牛在春季出现一定的差异, 活动高峰出现在16:00–20:00; 川西斑羚、毛冠鹿、中华鬣羚在冬季表现出一定的差异, 活动高峰相对延迟或者提前; 小鹿春季表现出差异, 活动主要集中在00:00–10:00和18:00–20:00; 林麝由于数据相对较少, 在4个季节表现出不同的活动规律。(5)夜行性分析得到中华鬣羚具有较强的夜间活动能力, 夜间相对丰富度达到了65.81%。这些研究结果有助于监测有蹄类动物种群的变化, 为保护区有效保护管理提供了数据支持。

**关键词:** 相机陷阱, 有蹄类, 活动节律, 季节性差异

## Seasonal activity patterns of ungulates in Qinling Mountains based on camera-trap data

Xiaodong Jia<sup>1,2</sup>, Xuehua Liu<sup>2\*</sup>, Xingzhong Yang<sup>1</sup>, Pengfeng Wu<sup>3</sup>, Melissa Songer<sup>4</sup>, Qiong Cai<sup>5</sup>, Xiangbo He<sup>6</sup>, Yun Zhu<sup>5</sup>

1 School of Life Sciences, Northwestern University, Shaanxi 710069

2 School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084

3 School of Chemistry and Life Sciences, Shenyang Normal University, Liaoning 110034

4 Conservation Ecology Center, Smithsonian Conservation Biology Institute, Front Royal, Virginia 22630, USA

5 Shaanxi Guanyinshan Nature Reserve, Foping County, Shaanxi 723400

6 Shaanxi Foping Nature Reserve, Foping County, Shaanxi 723400

**Abstract:** Between August 2009 and April 2013, in the Guanyingshan Nature Reserve, Shaanxi Province, we

收稿日期: 2013-04-08; 接受日期: 2014-11-28

基金项目: 国家自然科学基金“干扰机制下秦岭森林景观格局对动物多样性及行为特征的影响”(41271194)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: xuehua-hjx@tsinghua.edu.cn

collected photo data on six ungulates (*Budorcas taxicolor*, *Naemorhedus griseus*, *Elaphodus cephalophus*, *Capricornis milneedwardsii*, *Muntiacus reevesi* and *Moschus berezovskii*) with 18 infrared cameras. Using the relative abundance index (RAI), we analyzed activity patterns and seasonal differences of these six species. The results show that: (1) their total RAI in the study area reaches 58.71%, the RAI of *B. taxicolor* was 28.02%, and it was 13.24% for *N. griseus*, 10.08% for *E. cephalophus*, 4.21% for *C. milneedwardsii*, 2.26% for *M. reevesi*, and 0.90% for *M. berezovskii*. (2) Monthly RAIs (MRAI) of six ungulates reflected seasonal activity patterns; *B. taxicolor*, *N. griseus*, *E. cephalophus*, *C. milneedwardsii*, *M. reevesi* exhibited similar activity patterns. These species were most active in summer, became inactive in autumn and winter, and then gradually increased activity in spring. *M. berezovskii*, on the other hand, was most active in winter and least active in summer. (3) The time-period relative abundance indices (TRAIs) of the six ungulates reflect their daily activity patterns. *B. taxicolor* and *N. griseus* have similar daily activity patterns with an active peak at 06:00–20:00. The daily activity pattern of *E. cephalophus*, *M. reevesi* and *M. berezovskii* showed obvious crepuscular habits. *C. milneedwardsii* also has two peaks but at 02:00–06:00 and 20:00–22:00 implying nocturnal activities. (4) Comparative analyses of daily activity patterns among the four seasons showed that *B. taxicolor* displayed a different pattern in spring with an activity peak at 16:00–20:00. Compared with other seasons, *N. griseus*, *E. cephalophus* and *C. milneedwardsii* have different patterns in winter with either a delayed or advanced activity peak. In the case of *M. reevesi*, spring daily activity patterns showed two peaks at 00:00–10:00 and 18:00–20:00. Due to a paucity of captures, *M. berezovskii* showed different activity patterns in all four seasons. (5) Analysis of the nocturnality showed that *C. milneedwardsii* was obviously nocturnal with a nighttime relative abundance index (NRAI) of 65.81%. Our results help us to understand the activity patterns of these ungulates in Qinling, to monitor their population dynamics, and provide a theoretical basis and data support for the nature reserves to protect the ungulate animals more efficiently.

**Key word:** activity patterns, camera trap, ungulates, relative abundance index (RAI), seasonal variation

红外相机技术是监测野生动物的有效方法, 可以24 h不间断运行以收集动物的种类、数量和行为等相关信息, 在国外应用已有较长的历史, 最早报道见于Champion(1927), Gysel等(1956)对其在野生动物研究上的应用进行了介绍。在20世纪90年代逐渐发展成熟, 现已广泛用于野生动物资源调查、活动规律、种群数量与密度的研究, 如利用该技术, 马世来和Harris(1996)对云南高黎贡地区的野生动物资源进行了调查, 卢学理等(2005)对陕西长青自然保护区大熊猫以及同域分布的野生动物资源调查, 余梁哥等(2013)对屏边县大围山倭蜂猴(*Nycticebus pygmaeus*)、蜂猴(*N. bengalensis*)及同域分布兽类资源进行了调查研究; Tape和Gustine(2014)分析了北美驯鹿(*Rangifer caribou*)和雷鸟(*Tetrao urogallus*)的季节性迁移习性与纬度之间的关系; Karanth(1995)、Wallace等(2003)利用该技术分别对孟加拉虎(*Panthera tigris*)、美洲豹(*Panthera onca*)的种群数量和密度进行了研究。这些成果对野生动物保护与管理具有积极意义。

虽然红外相机在野生动物监测中得到了广泛的应用, 但在利用该技术监测有蹄类动物方面的研

究仍然相对较少, 多数报道中有蹄类都被作为同域分布动物进行调查研究。利用红外相机技术, 武鹏峰等(2012)、Liu等(2013)监测秦岭观音山自然保护区内的大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)以及同域分布的野生动物, 涉及到4种有蹄类动物的相对丰富度; 胡天华和李元刚(2013)分析了贺兰山自然保护区、薛辉等(2013)分析了牯牛降自然保护区内野生动物的种类以及分布型, 涉及到马麝(*Moschus sifanicus*)、岩羊(*Pseudois nayaur*)、鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、小鹿(*Muntiacus reevesi*)等有蹄类; Rovero和Marshall(2009)分析了野外拍摄率和有蹄类动物密度之间的相互关系, 指出该技术在监测野生动物方面具有较大潜力。上述研究主要涉及有蹄类的种类与密度, 有关其活动规律以及季节性差异的研究仍相对缺乏。

本研究是以秦岭观音山自然保护区安装的18台红外相机在2009年8月至2013年4月期间所监测的数据为基础, 结合作者所属研究团队过去在研究区域中涉及到物种丰富度以及种群调查方面的研究(武鹏峰等, 2012; Liu *et al.*, 2013), 对秦岭6种有

蹄类动物包括羚牛(*Budorcas taxicolor*)、川西斑羚(*Naemorhedus griseus*)、中华鬣羚(*Capricornis milneedwardsii*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)、小麂(*Muntiacus reevesi*)、林麝(*Moschus berezovskii*)的相对丰富度和活动格局进行了分析与研究, 进而了解6种有蹄类动物的活动规律以及不同季节所表现出的差异, 这些研究有助于分析物种的生存状况, 对于该地区6种有蹄类动物保护、制定保护措施提供数据支持。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区域概况

研究区域位于陕西秦岭山脉中段的观音山自然保护区, 处于秦岭自然保护区群的核心位置。保护区地理坐标为107°51′–108°01′ E, 33°35′–33°45′ N, 总面积13,534 ha, 其中核心区面积4,274 ha。在自然地理划分上属于北亚热带湿润季风气候类型, 年平均气温11.5℃, 极端最高气温36.4℃, 极端最低气温–14.3℃, 年降水量922.8 mm, 四季划分和其他温带区域类似, 3–5月为春季, 6–8月为夏季, 9–11月为秋季, 12月到次年2月为冬季。植被类型主要有竹林、落叶阔叶林、针阔混交林和针叶林(武鹏峰等2012; Liu等, 2013)。

### 1.2 红外相机安装维护

自2009年7月始, 分别在观音山自然保护区的凉风垭区域(海拔1,800–2,400 m, 优势植被主要以秦岭箭竹(*Fargesia qinlingensis*)林、针阔混交林为主, 典型的大熊猫夏季栖息地)和西沟区域(海拔1,300–1,800 m, 优势植被为龙头竹(*Fargesia dracocephala*)、落叶阔叶林, 典型的大熊猫冬季栖息地)确良(Liu *et al.*, 2013), 共选择了18个固定地点安装红外相机(相机机位不变), 13台位于凉风垭区域, 5台位于西沟区域(如图1, 改编自Liu等, 2013)。相机安装于植被监测的永久样方内(样方选择在大熊猫活动典型生境类型中)以及动物通道上或者明显发现动物痕迹(如有粪便、卧迹、蹄印、水源点、尸体残骸点等)较多的地点。相机设定采取全天候监测, 相机固定于离地面40–100 cm(视具体地形而定)的树干上, 相机镜头与地面平行, 统一设置相机参数(拍摄模式、日期、灵敏度、拍摄间隔和闪光灯等), 相机拍摄时间间隔为1 min, 1 min内连续拍摄2张, 2张照片的时间间隔为1 s, 相邻相机之间距离至少200 m,

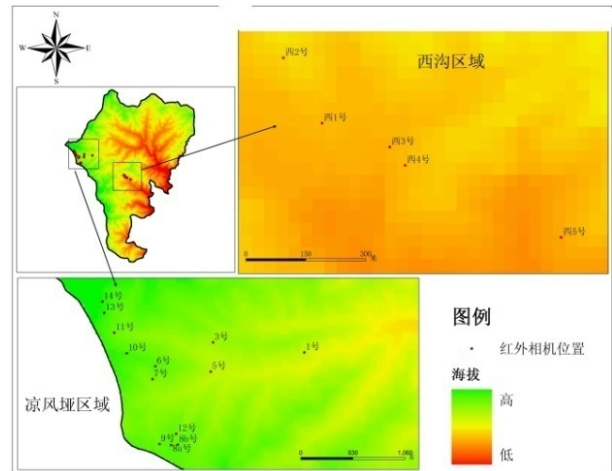


图1 红外相机安装位点

Fig. 1 Camera trapping sites in the study area at Guanyinshan

相机安装位点的海拔范围为1,584–2,282 m。

### 1.3 数据收集处理

从2009年8月初到2013年4月的45个月内, 每3个月收集一次红外相机数据。对所获得的红外相机数据首先进行动物照片分类, 然后去除重复动物个体的照片(即去除同一地点同一动物在连续拍摄的两张照片中的重复照片), 另外, 对于长时间停留在相机前的动物, 经过对比确认保留用于分析的有效照片数。在这45个月时间内共收集到有效动物照片数为3,679张, 其中6种有蹄类动物照片共2,160张, 各种动物及其四季的照片数见表1。

### 1.4 红外相机照片数据分析

#### 1.4.1 相对丰富度分析

用6种有蹄类动物的有效照片计算相对丰富度指数(relative abundance index, RAI) (武鹏峰等, 2012):

$$RAI = A_i / N \times 100 \quad (1)$$

其中,  $A_i$ 代表第*i*类( $i = 1 \dots 6$ )动物出现的有效照片数,  $N$ 代表有效照片总数。

#### 1.4.2 年活动格局分析

依据统计所得数据, 计算月相对丰富度指数(monthly relative abundance index, MRAI), 分析6种有蹄类动物的年活动规律:

$$MRAI = M_{ij} / N_j \times 100 \quad (2)$$

其中,  $M_{ij}$ 代表第*i*月( $i = 1 \dots 12$ )动物*j*出现的有效照片数, 分母 $N_j$ 代表动物*j*在45个月当中18台红外相机获得的有效照片总数。

表1 6种有蹄类动物春夏秋冬4个季节的照片数

Table 1 The number of photos of six ungulates in four seasons at Guanyinshan

物种 Species	有效照片数 Independent captures				样本量 Sample size
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	
总和 Sum	396	870	544	350	2,160
羚牛 <i>Budorcas taxicolor</i>	181	333	300	217	1,031
川西斑羚 <i>Naemorhedus griseus</i>	91	257	77	62	487
毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	62	176	115	18	371
中华鬣羚 <i>Capricornis milneedwardsii</i>	27	53	43	32	155
小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	26	45	4	8	83
林麝 <i>Moschus berezovskii</i>	9	6	5	13	33

### 1.4.3 日活动规律以及季节性差异分析

全天以每2个小时为时间段,计算6种有蹄类动物的时间段相对丰富度(time-period relative abundance index, TRAI),使用公式(3)做出日活动规律图(武鹏峰等,2012)。

$$TRAI = T_{ij}/N_i \times 100 \quad (3)$$

其中,  $T_{ij}$ 代表第*i*类( $i = 1 \dots 6$ )动物在第*j*时间段( $j = 1 \dots 12$ )出现的有效照片数,  $N_i$ 代表第*i*类动物的有效照片总数。季节差异性分析中 $T_{ijs}$ 代表第*i*类( $i = 1 \dots 6$ )动物在4个不同季节*s*中第*j*时间段出现的有效照片数,  $N_i$ 则代表第*i*类动物在不同季节的有效照片总数。

### 1.4.4 夜行性分析

以18:00–06:00作为夜行性分析时间段,以2小时为时间间隔,计算夜间相对丰富度(NRAI),依据有蹄类活动时间段分布比例,结合公式(4)分析6种有蹄类动物的夜行性(公式4改编自宛新荣等,2002;武鹏峰等,2012)。

$$NRAI = \sum_{j=1}^6 D_{ij}/N_i \quad (4)$$

其中,  $D_{ij}$ 代表第*i*类( $i = 1 \dots 6$ )动物在夜间时间段*j* ( $j = 1 \dots 6$ )出现的有效相片数,  $N_i$ 代表第*i*类动物各时刻有效相片总数。若 $NRAI > 13/24$ ,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 结果

### 2.1 相对丰富度

本研究所涉及的6种有蹄类动物在整个研究区域内的相对丰富度达到了58.71%,其中羚牛的相对

丰富度(28.02%)最高,且明显高于其他几种,其次是川西斑羚(13.24%)、毛冠鹿(10.08%)、中华鬣羚(4.21%)、小鹿(2.26%)、林麝(0.90%)。

### 2.2 年活动格局

利用月相对丰富度分析6种有蹄类的年活动格局结果:羚牛、川西斑羚、毛冠鹿和中华鬣羚的年活动格局相似(图2a)。羚牛的年活动格局与海拔高度显著相关( $r = 0.771, P = 0.003$ ),2、3月份为全年最低,在4月份逐渐上升,6、7月份相继达到了全年活动的峰值,8月份之后开始逐渐降低,即夏季在高海拔区域内的相对丰富度较高,冬季则相对较低。小鹿和林麝的年活动格局不同于其他4种动物(图2b)。小鹿在3月和8月出现两个波峰,表明小鹿春夏季节在研究区域的相对丰富度较高,虽然在5月份出现低谷,但相对丰富度仍然明显高于秋冬季节。林麝的年活动规律较其他5种有蹄类有明显的差别,在4月份和12月份出现波峰,3月和8月降到全年最低。

### 2.3 日活动规律

利用时间段相对丰富度分析6种有蹄类的日活动规律(图3)。其中,羚牛和川西斑羚的日活动规律相似(图3a):06:00–10:00和16:00–20:00相对丰富度较高,20:00–06:00较低,但在12:00–14:00也都出现了一次波峰,10:00–12:00和14:00–16:00出现低谷;毛冠鹿、小鹿、林麝:06:00–08:00和18:00–20:00相对丰富度最高(图3b),20:00–06:00和10:00–16:00相对丰富度较低。中华鬣羚和其他5种有蹄类的日活动规律有明显的差异(图3b):02:00–06:00和20:00–22:00相对丰富度达到波峰,14:00–16:00到达低谷。

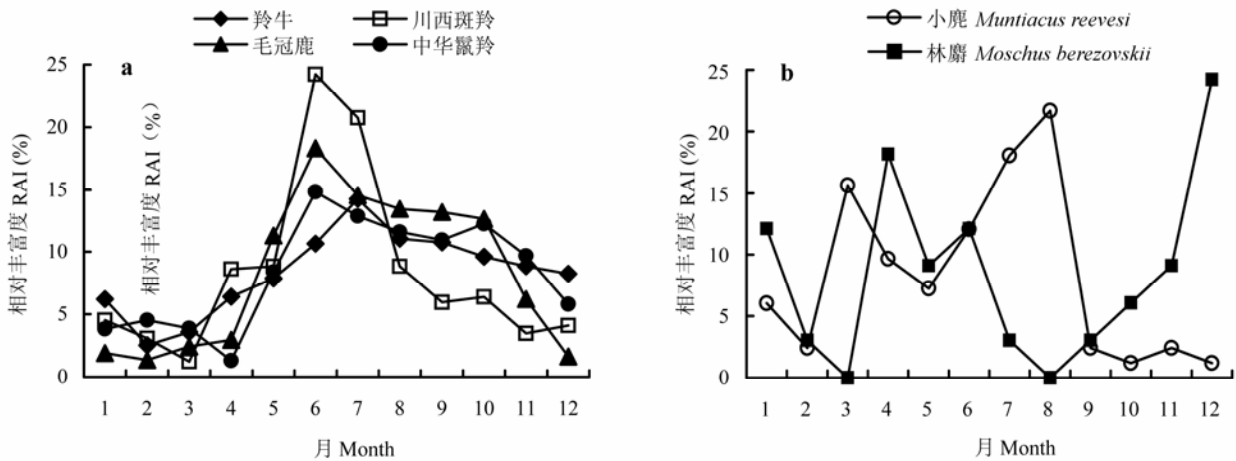


图2 观音山6种有蹄类动物的年活动格局

Fig. 2 Annual activity patterns of six ungulates at Guanyinshan. (a) *Budorcas taxicolor*; *Naemorhedus griseus*; *Elaphodus cephalophus*; *Capricornis milneedwardsii*; (b) *Muntiacus reevesi* and *Moschus berezovskii*.

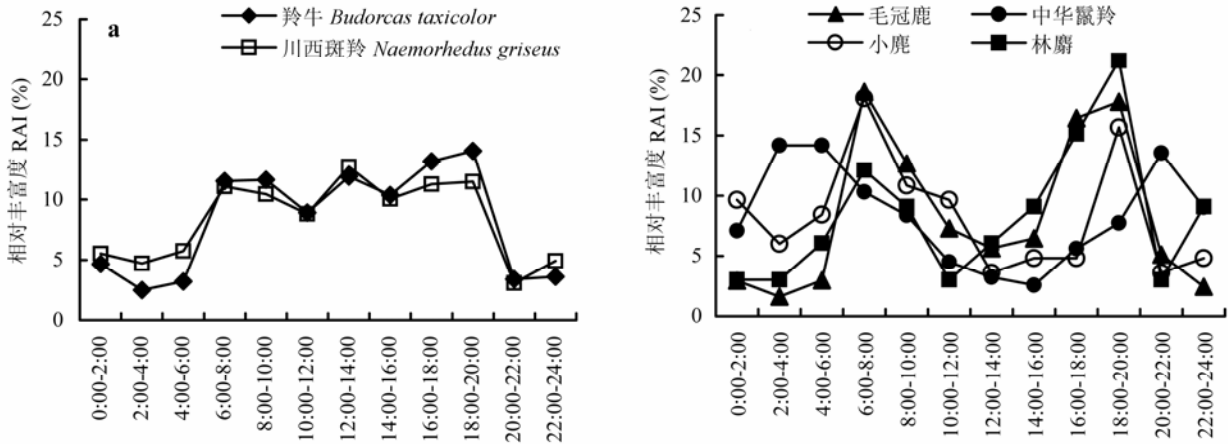


图3 观音山6种有蹄类动物的日活动规律

Fig. 3 The daily activity patterns of six ungulates at Guanyinshan. (a) *Budorcas taxicolor* and *Naemorhedus griseus*; (b) *Elaphodus cephalophus*; *Capricornis milneedwardsii*; *Muntiacus reevesi*; *Moschus berezovskii*.

### 2.4 日活动规律的季节性差异

羚牛(图4a)春季在06:00–18:00活动有明显的上升趋势,活动高峰出现在16:00–20:00;夏季活动高峰集中在06:00–08:00和18:00–20:00,但在10:00–16:00也处于较高水平;秋冬季节活动主要以白昼为主,和春季相比,在08:00–18:00之间的相对丰富度没有明显的变化,没有明显的晨昏活动习性。

川西斑羚(图4b)在春、夏、秋3个季节表现出比较一致的日活动规律,活动时间主要集中在白昼,即06:00–20:00时间段相对丰富度较高,夜间相对较低。冬季波动较大,白昼活动整体趋于下降趋势,在00:00–02:00相对丰富度较高,活动较强。

毛冠鹿(图4c)在春、夏、秋3季表现出比较一致的晨昏活动规律,活动高峰出现在06:00–10:00和16:00–20:00这两个时间段。冬季略有不同,10:00–12:00和14:00–20:00活动相对较多,相比之下,冬季清晨活动延迟,黄昏则相对提前,这也和北方冬季昼短夜长较一致。

中华鬣羚(图4d)在春、夏、秋3个季节活动规律基本一致,主要在20:00–08:00活动,表现出较强的夜间活动能力,08:00–18:00活动明显下降。冬季稍有变化,活动时间主要集中在02:00–10:00,在清晨活动时间相对延长。

小鹿(图4e)在春季主要集中在00:00–10:00和

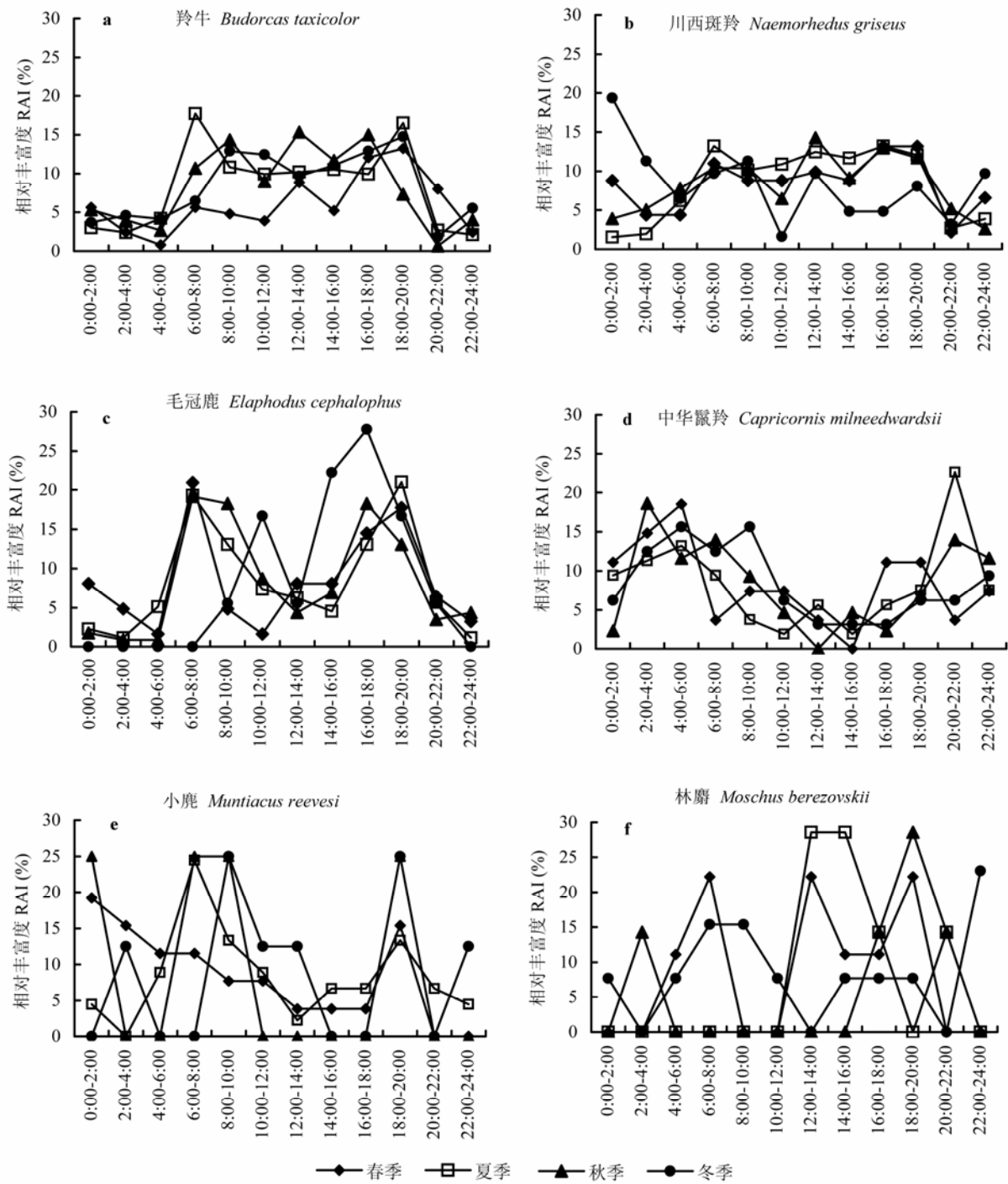


图4 观音山6种有蹄类动物不同季节的日活动规律  
 Fig. 4 Daily activity patterns of six ungulates in four seasons at Guanyinshan

18:00–20:00活动, 夏秋季主要在06:00–10:00和18:00–20:00时间段活动, 秋冬季节由于收集到的照片数量相对较少, 导致有的时间段没有数据, 但根据监测到的照片数据, 仍然集中在晨昏时间段活动。

林麝(图4f)因样本量较小, 在4个季节未表现出活动规律。

2.5 夜行性分析

如图5所示, 只有中华鬣羚达到了65.81%, 明

显高于13/24, 说明它夜间活动能力较强, 具有明显的夜行性。小鹿的夜间相对丰富度48.19%, 接近13/24, 夜行性不明显, 羚牛、川西斑羚、毛冠鹿、林麝4种有蹄类动物的夜间相对丰富度都低于13/24, 表明这四种动物不具有明显的夜行性。

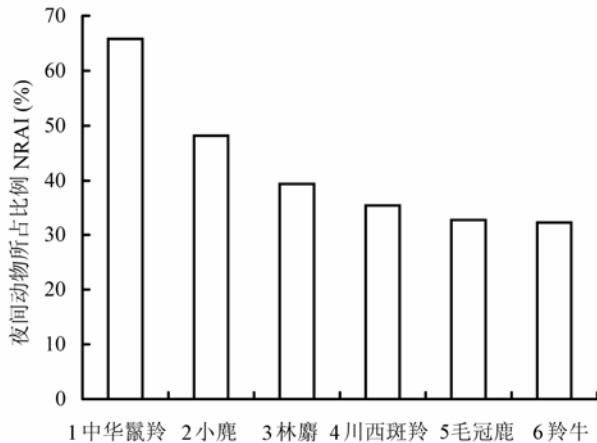


图5 观音山6种有蹄类动物的夜间相对丰富度

Fig. 5 The nocturnal RAI of six ungulates at Guanyinshan. 1. *Capricornis milneedwardsii*; 2. *Muntiacus reevesi*; 3. *Moschus berezovskii*; 4. *Naemorhedus griseus*; 5. *Elaphodus cephalopus*; 6. *Budorcas taxicolor*.

### 3 讨论

在森林中, 由于濒危物种数量稀少以及大多数野生动物对人类活动敏感, 而且某些野生动物的生态习性如警觉、行踪隐蔽、夜间活动等, 都增加了传统调查的难度。红外相机具有全天候不间断、隐蔽性强、非损伤性、较少受到环境条件和研究人员的限制等特征, 在野生动物调查研究中具有天然优势, 且红外相机安放样点可根据具体研究对象有选择地进行布置。

本研究是首次利用红外相机对秦岭观音山自然保护区有蹄类动物活动规律及季节性差异进行研究, 结果表明: 所涉及的6种有蹄类动物在研究区域内相对丰富度达到了58.71%, 即在动物有效照片中所占比例超过了一半, 其中羚牛的相对丰富度(28.02%)明显高于其他5种有蹄类。

年活动格局研究表明, 在研究区域内有蹄类动物活动的相对丰富度随季节发生相应的变化, 这可能与不同季节的食物资源分布有关: 夏季由于研究

区域内食物充足, 活动丰富度最高, 秋冬季随可利用食物资源减少而逐渐降低, 春季又逐渐上升。Wang等(2010)利用无线电遥感技术监测了羚牛迁移过程中沿海拔梯度对食物资源的利用, 证明了羚牛的季节性迁移习性与食物分布有关。类似的结论如: 吴华和胡锦矗(2001)、陈伟和胡锦矗(2012)关于羚牛和川西斑羚的季节性迁移研究, Chen等(2012)对毛冠鹿的季节性迁移研究, Chen等(2009)、孔飞等(2013)关于中华鬣羚冬夏栖息地选择的研究, 都证明其季节性迁移习性。小鹿冬季节往往在低海拔区域活动, 夏季则主要在高海拔区域, 另外研究发现小鹿在3月出现活动高峰, 这可能是由于春季食物资源尤其是小鹿喜食的植物嫩枝、嫩芽的大量增加, 虽然5月出现一次活动低谷, 但从整体趋势看, 这一时段的活动仍然处于较高水平。郑祥等(2006)、章书声等(2012)关于鹿属动物活动规律的研究也可证明小鹿具有季节性迁移习性。林麝与其他动物相比有明显的差异, 4-6月以及11-12月相对丰富度较高, 其他月份则处于较低水平, 这可能与林麝的生活习性有关。林麝发情期处于11月和12月, 雌雄个体相遇的几率大幅提升, 从而增加了活动丰富度; 而夏季林麝喜欢活动在阴凉、潮湿、隐蔽性较强的环境, 且以单独活动为主, 丰富度较低。张履冰等(2008)关于陕西凤县林麝的冬、春季食性的初步研究也证明了林麝的这种相反的季节性活动习性。

另外本研究发现, 羚牛和川西斑羚的日活动规律虽然也表现出一定的晨昏习性, 但在12:00-14:00也出现了较强的活动性, 可能与采食习性有关, 即在这一时段它们可能会短暂地采食, 这与曾治高和宋延龄(2001)通过跟踪数据对羚牛活动规律的研究有相似的结论。毛冠鹿、小鹿、林麝都具有明显的晨昏活动习性, 但随着季节的不同, 活动时间会有一些波动, 主要表现在冬季, 清晨活动相对延迟, 黄昏活动则提前。

依据季节性差异分析, 羚牛在春季的日活动规律存在一定的差异, 表现在06:00-16:00活动丰度逐渐上升, 16:00-20:00达到高峰, 表明羚牛在春季并没有表现出晨昏活动习性, 相反主要集中在黄昏活动, 这在前人的研究中很少报道。和其他季节相比, 川西斑羚在冬季明显增加了夜间的活动, 而白天活动则呈现下降的趋势; 毛冠鹿在4个季节都表现出了晨昏活动习性; 小鹿在春季明显增加了夜间活动

丰度,白天则活动减弱,没有表现出晨昏习性;林麝由于获得数据相对较少,不同季节的差异不明显。中华鬣羚不同季节的日活动规律没有明显的差异,表现出较强的夜行性。

本文根据羚牛、川西斑羚、中华鬣羚、毛冠鹿、小鹿、林麝6种有蹄类动物的月相对丰富度、日时间段相对丰富度分析了年活动格局、日活动规律以及不同季节日活动规律的差异和夜行性,在一定程度上揭示了保护区6种有蹄类动物的活动规律,虽然林麝获得的数据相对较少,但仍能客观地反映其年活动格局。

### 参考文献

- Champion FW (1927) *With a Camera in Tiger Land*. Chatto & Windus, London.
- Chen W (陈伟), Hu JC (胡锦涛) (2012) Seasonal differences in microhabitat use by tufted deer (*Elaphodus cephalophus*) in Tangjiahe Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **32**, 188–192. (in Chinese with English abstract)
- Chen W, Hu JC, Lu X (2009) Microhabitat use and separation between the serow (*Capricornis sumatraensis*) and the Chinese goral (*Naemorhedus griseus*) in winter. *Mammalia*, **73**, 249–252.
- Chen W, Wu QG, Hu JC, Lu X, You ZQ (2012) Seasonal habitat use of Chinese goral (*Naemorhedus griseus*) in a subtropical forest. *Russian Journal of Ecology*, **43**, 256–260.
- Gysel LW, Davis EM (1956) A simple automatic photographic unit for wildlife research. *Journal of Wildlife Management*, **20**, 451–453.
- Han LX (韩联宪), Liu SL (刘尚莲), Liang HM (梁惠媚), Yang XX (杨秀熙), Yang GS (杨光姒) (1999) A preliminary observation on behavior and activity circadian rhythms of *Muntiacus reevesi* in captivity. *Journal of Southwest Forestry College* (西南林学院学报), **19**, 192–195. (in Chinese with English abstract)
- Hu TH (胡天华), Li YG (李元刚) (2013) Application of infra-red triggered cameras to monitoring of wild animal in Helan Mountain Nature Reserve. *Ningxia Journal of Agriculture and Forest Science and Technology* (宁夏农林科技), **54**, 57–59. (in Chinese with English abstract)
- Karanth KU (1995) Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation*, **71**, 333–338.
- Kong F (孔飞), Zhu Y (朱云), Chang BH (常保华), Cai Q (蔡琼), Zhang HF (张洪峰), Li P (李鹏), Wu XM (吴晓民) (2013) Research on the habitats selection by mainland serow (*Capricornis sumatraensis*) in winter in Guanyin Mountain. *Shaanxi Forest Science and Technology* (陕西林业科技), (3), 25–27, 56. (in Chinese with English abstract)
- Liu XH, Wu PF, Songer M, Cai Q, He XB, Zhu Y, Shao XM (2013) Monitoring wildlife abundance and diversity with infra-red camera traps in Guanyinshan Nature Reserve of Shaanxi Province, China. *Ecological Indicators*, **33**, 121–128.
- Lu XL (卢学理), Jiang ZG (蒋志刚), Tang JR (唐继荣), Wang XJ (王学杰), Xiang DQ (向定乾), Zhang JP (张建平) (2005) Auto-trigger camera traps for studying giant panda and its sympatric wildlife species. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **51**, 495–500. (in Chinese with English abstract)
- Ma SL (马世来), Harris RB (1996) Use of auto-trigger camera system in wildlife survey. *Zoological Research* (动物学研究), **17**, 360–370. (in Chinese with English abstract)
- Rovero F, Marshall AR (2009) Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, **46**, 1011–1017.
- Tape KD, Gustine DD (2014) Capturing migration phenology of terrestrial wildlife using camera traps. *BioScience*, **64**, 117–124.
- Wallace RB, Gomez H, Ayala G, Espinoza F (2003) Camera trapping for jaguar (*Panthera onca*) in the Tuichi Valley, Bolivia. *Mastozoologia Neotropical*, **10**, 133–139.
- Wan XR (宛新荣), Wang MJ (王梦军), Wang GH (王广和), Liu W (刘伟), Zhong WQ (钟文勤) (2002) Numerical indices for evaluating the activity patterns of rodent species. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **22**, 211–217. (in Chinese with English abstract)
- Wang T, Skidmore AK, Zeng Z, Beck PSA, Si Y, Song Y, Liu X, Prins HHT (2010) Migration patterns of two endangered sympatric species from a remote sensing perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **76**, 1343–1352.
- Wu H (吴华), Hu JC (胡锦涛) (2001) A comparison in spring and winter habitat selection of takin, serow and goral in Tangjiahe, Sichuan. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**, 1627–1633. (in Chinese with English abstract)
- Wu PF (武鹏峰), Liu XH (刘雪华), Cai Q (蔡琼), He XB (何祥博), Melissa S, Zhu Y (朱云), Shao XM (邵小明) (2012) The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **32**, 67–71. (in Chinese with English abstract)
- Xue H (薛辉), Li YM (李永民), Wu XB (吴孝兵), Gu CM (顾长明), Chen WH (陈文豪), Wu JZ (吴建中) (2013) Application of the passive infrared sensor camera in the survey of pheasants and beasts in Guniujiang National Nature Reserve. *Anhui Forestry Science and Technology* (安徽林业科技), **39**, 36–38. (in Chinese with English abstract)
- Yu LG (余梁哥), Chen MJ (陈敏杰), Yang SJ (杨士剑), Li XY (李学友), Shi L (师蕾) (2013) Camera trapping survey of *Nycticebus pygmaeus*, *Nycticebus coucang* and other sympatric mammals at Dawei Mountain, Yunnan. *Sichuan Journal of Zoology* (四川动物), **32**, 814–818. (in Chinese)



- Zhang SS (章书声), Bao YY (鲍毅新), Wang YN (王艳妮), Fang PF (方平福), Ye B (叶彬) (2012) Activity rhythms of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) revealed with infrared camera. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **32**, 368–372. (in Chinese with English abstract)
- Zheng JQ (郑建清) (2011) Time budgets and behavior of captive red goral (*Nemorhaedus cranbrooki*) in summer. *Chinese Journal of Wildlife* (野生动物), **32**, 249–251. (in Chinese with English abstract)
- Zheng X (郑祥), Bao YY (鲍毅新), Ge BM (葛宝明), Zheng RQ (郑荣泉) (2006) Seasonal changes in habitat use of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) in Zhejiang. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **26**, 201–205. (in Chinese with English abstract)
- Zheng LB (张履冰), Xu HF (徐宏发), Xue WJ (薛文杰), Jiang HR (姜海瑞), Meng XX (孟秀祥) (2008) Winter and spring diet composition of musk deer in Feng County, Shaanxi. *Sichuan Journal of Zoology* (四川动物), **27**, 110–114. (in Chinese with English abstract)
- Zeng ZG (曾治高), Song YL (宋延龄) (2001) Daily activity rhythm and time budget of golden takin in spring and summer. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), **21**, 7–13. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 蒋学龙 责任编辑: 时意专)