



江西桃红岭保护区 同域分布有蹄类动物活动节律差异

孔凡前^{1#}, 沈博文^{2#}, 李笑颖³, 周鸭仙³, 李言阔^{3*}, 李佳琦⁴,
万雅琼⁴, 詹建文⁵, 刘武华⁵, 胡慧建⁶, 刘丙万^{2*}, 马钰焱³

1. 江西庐山国家级自然保护区管理局, 九江, 332000;
2. 东北林业大学野生动物与自然保护地学院, 哈尔滨, 150040;
3. 江西师范大学生命科学学院, 南昌, 330022;
4. 生态环境部南京环境科学研究所, 南京, 210042;
5. 江西桃红岭梅花鹿国家级自然保护区管理局, 九江, 332700;
6. 广东省科学院动物研究所, 广州, 510260)

稿件运行过程

收稿日期: 2023-04-27
修回日期: 2023-08-18



关键词: 红外相机技术;
桃红岭保护区;
有蹄类;
活动节律;
季节性差异

Key words: Infrared camera technology;
Taohongling Reserve;
Ungulate;
Activity rhythm;
Seasonal variation

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号:

2310-1490(2024)-02-0242-09

DOI: 10.12375/ysdwx.20240202

摘要

为探究同域分布的有蹄类动物活动节律及其季节性差异,2017年3月—2019年5月,利用红外相机技术在江西桃红岭梅花鹿国家级自然保护区对有蹄类动物开展野外监测。在15 208个相机有效工作日中,共拍摄到梅花鹿(*Cervus nippon*)、野猪(*Sus scrofa*)和小鹿(*Muntiacus reevesi*)3种有蹄类动物,相对丰富度依次为3.90%、9.72%和39.59%。年活动格局分析表明,梅花鹿和野猪在4月相对丰富度最高,小鹿在5月和7月相对丰富度最高,三者均在12月相对丰富度最低。核密度估计和重叠系数的分析结果表明:(1)在日活动节律上,梅花鹿属于夜间活动为主、晨昏活动为辅类型,野猪与小鹿同属于以晨昏活动为主、昼间活动为辅类型。(2)梅花鹿日活动节律存在明显的季节性变化,春季与夏季的重叠系数最高($\Delta=0.83$)。野猪与小鹿日活动节律无明显季节性变化。(3)不同物种日活动节律的重叠系数存在差异。野猪与小鹿的日活动模式高度重叠,但与梅花鹿的活动高峰基本错开。研究揭示了3种有蹄类动物的活动节律及其季节性差异,为深入开展同域分布有蹄类物种的共存机制奠定了基础。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31460107);生态环境部生物多样性保护专项项目

第一作者简介: 孔凡前(1984—),男,高级工程师;主要从事野生动植物保护与利用、自然保护区管理研究。E-mail: fqkong@163.com

*共同第一作者: 孔凡前; 沈博文

*通信作者: 李言阔, E-mail: liyankuo@126.com; 刘丙万, E-mail: liubw1@sina.com

Analysis of Seasonal Activity Rhythm and Interspecific Differences in Sympatric Ungulates in Jiangxi Taohongling Reserve

KONG Fanqian^{1#}, SHEN Bowen^{2#}, LI Xiaoying³, ZHOU Yaxian³, LI Yankuo^{3*}, LI Jiaqi⁴, WAN Yaqiong⁴, ZHAN Jianwen⁵, LIU Wuhua⁵, HU Huijian⁶, LIU Bingwan^{2*}, MA Zhengyan³

(1. Management Bureau of Lushan National Nature Reserve, Jiujiang, 332000, China;

2. College of Wildlife and Protected Area, Northeast Forestry University, Harbin, 150040, China;

3. College of Life Science, Jiangxi Normal University, Nanchang, 330022, China;

4. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing, 210042, China;

5. Jiangxi Taohongling Sika Deer National Nature Reserve Administration, Jiujiang, 332700, China;

6. Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou, 510260, China)

Abstract: From March 2017 to May 2019, we used infrared camera to monitor the seasonal activity rhythm of the sympatric-distributed ungulates in the Taohongling Sika Deer National Nature Reserve. During 15,208 effective camera working days, three species of ungulates, namely, sika deer (*Cervus nippon*), wild boar (*Sus scrofa*), and Reeves' muntjac (*Muntiacus reevesi*) were captured with relative abundance index (RAI) of 3.90%, 9.72%, and 39.59%, respectively. The annual activity pattern analysis showed that monthly RAIs (MRAI) of sika deer and wild boar was the highest in April, the MRAI of Reeves' muntjac was the highest in May and July, and all the three species became inactive in December. With the "overlap" statistical package in R, we used the kernel density estimation and coefficient of overlap to analyze the relevant monitoring data. The statistical results indicated that: (1) In the daily activity rhythm, sika deer was mainly active at night, supplemented by morning and dusk activities, while wild boar and Reeves' muntjac were mainly active in the morning and dusk and supplemented by day activities. (2) The daily activity rhythm of sika deer had obvious seasonal variation, and the overlap coefficient between spring and summer is the highest ($\Delta=0.83$), while the daily activity rhythm of Reeves' muntjac and wild boar had no obvious seasonal changes. (3) There was a certain difference in the overlap coefficient of the daily activity rhythm between different species. The daily activity patterns of wild boar and Reeves' muntjac are highly overlapping, but their peak activity is basically staggered from that of sika deer. The study revealed the activity rhythm and seasonal differences of three species of ungulates, which laid a foundation for further exploring the co-existence mechanism of sympatric-distributed ungulates.

活动节律是评价野生动物种群状态的重要参数,也是动物行为生态学研究中的一项重要内容^[1]。对动物活动节律进行研究,有助于了解动物的生态行为策略和种间关系^[2]。研究表明,同域共存的物种在资源竞争中必然存在生境、时间以及食物三个维度的生态位分化^[3]。对于同域分布的近缘物种而言,由于它们相似的形态特征与生理需求,它们的生态位分化将会决定它们以何种方式共存^[4]。红外相机监测技术与传统的野生动物调查方法相比,具有隐秘性高、干扰小、全天候持续工作以及能记录拍摄

日期和时间等优势,能更好地研究同域分布物种在时间生态位上的分化^[5-7]和开展野生动物活动节律研究^[8-10]。此类研究成果揭示了同域物种的行为差异,有助于进一步了解同域物种的共存机制。

江西桃红岭梅花鹿国家级自然保护区(以下简称“桃红岭保护区”)有蹄类物种丰富,分布有梅花鹿(*Cervus nippon*)、野猪(*Sus scrofa*)、小鹿(*Muntiacus reevesi*)和鬃羚(*Capricornis milneedwardsii*)等^[11]。自20世纪90年代以来,研究人员对桃红岭保护区内有蹄类动物的种群现状、生境选择和栖息地利用等开

展了一系列的研究^[12-14],但关于保护区内有蹄类动物活动节律的研究尚未见报道。为补充该方面的研究空白,于2017年3月—2019年5月利用红外相机监测技术在桃红岭保护区内开展了针对有蹄类动物活动模式的调查,以期掌握该地区有蹄类动物的相对丰富度与活动节律。

1 研究方法

1.1 研究区概况

桃红岭保护区位于长江中下游南岸的江西九江市彭泽县境内(29°42′—29°53′N,116°32′—116°42′E),总面积为12 500 hm²^[11]。保护区地貌为平缓起伏的低山丘陵,海拔100~500 m^[12]。亚热带季风类型,日光充足,雨量充沛^[14]。根据保护区当地的气象特征,将3—5月划分为春季,6—8月划分为夏季,9—11月划分为秋季,12—2月划分为冬季。桃红岭夏季日出最早,冬季日出最晚;冬季日落最早,秋季日落最晚。根据每个季节的平均日出日落时间,将一天分为4个时间段:昼间、夜间、清晨和黄昏(日出日落前后各1 h)^[15]。保护区内生态环境复杂,植被以灌草丛为主,次生阔叶林、常绿落叶阔叶林、混交林与人工针叶林所占比例较小^[16]。

1.2 研究方法

1.2.1 红外相机布设

桃红岭保护区于2017年被纳入生态环境部中国哺乳动物多样性观测网络,是全国哺乳动物红外相机观测样区之一^[17]。根据生态环境部生物多样性观测网络的统一调查方案,利用ArcGIS 10.2将桃红岭保护区及周边区域划分成1 km×1 km的网格,在保护区内选择2个样地,在保护区外选择1个样地。综合考虑植被类型、海拔、人为活动干扰强度和野生动物分布确定观测样地的位置,样地之间的距离大于3 km^[18],每个样地20个网格,作为放置红外相机的地理参考,然后将60台红外相机放置在目标网格内,选择人为干扰少、植被条件好、野生动物出没较多的地点。每个网格内放置1台红外相机(图1),观测网格之间保持连续状态,相邻2个相机之间至少相距500 m^[19]。安装相机时规避相机镜头对准正南方向,且将相机镜头与地面平行或呈<5°的俯视角,避免阳光直射并确保视野开阔。红外相机型号为Ltl6210,采用24 h不间断监测,照片为1 200万像素,视频像素为1 920×1 080,拍照模式为“3照片+1视频”,连续2次拍照间隔为1 s,视频长度为20 s。2017年3月—2019年5月,每3个月收集一次红外相机数据。

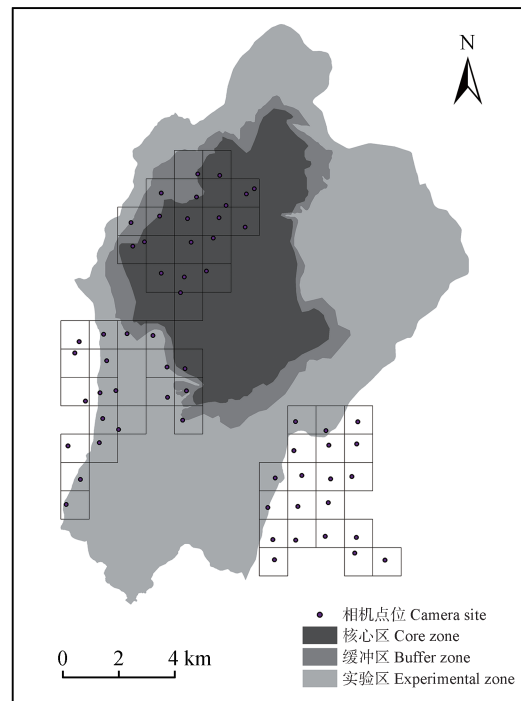


图1 红外相机布设位点

Fig. 1 The camera trapping sites

1.2.2 数据处理与分析

拍摄到的照片以及视频的日期和时间通过 Bio-Photo 软件自动提取,兽类分类系统参考《中国兽类野外手册》^[20]。在处理连续照片时,同一相机位点间隔少于 30 min 拍摄的同一物种的照片视为 1 张独立有效照片;拍摄到不同的物种属于不同的独立有效照片^[21]。根据独立有效照片计算相对丰富度指数(R_{AI})^[22],

$$R_{AI} = A_i / N \times 100。$$

式中: A_i 代表第*i*类($i=1,2,3,\dots$)动物出现的独立有效照片数; N 代表独立有效照片总数。

利用月相对丰富度指数($R_{AI,M}$)分析有蹄类动物的年活动规律^[23],

$$R_{AI,M} = M_{i,j} / N_j \times 100。$$

式中: $M_{i,j}$ 代表第*i*月($i=1,2,\dots,12$)动物*j*($j=1,2,3,\dots$)出现的独立有效照片数; N_j 代表动物*j*出现的独立有效照片数。

采用核密度估计方法描述不同季节间有蹄类动物的日活动节律特征,该方法表示物种的每次探测是从连续的日活动节律分布中采集的随机样本,日活动节律分布描述了物种在某个特定的时间段被探测到的概率。核密度估计函数公式为

$$\hat{f}(x; v) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_v [d(x, x_i)]。$$

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^[24]。

采用重叠系数计算有蹄类动物日活动节律在春夏秋冬不同季节间的重叠程度,用不同季节间日活动节律密度曲线重叠的面积比 Δ 表示,其计算公式为

$$\Delta(f, g) = \int \min \{f(x), g(x)\} dx。$$

式中: $f(x)$ 和 $g(x)$ 分别表示有蹄类动物在不同季节的活动节律, Δ 取值为 $[0,1]$,0表示完全分离,1表示完全重叠^[25]。

利用 Microsoft Excel 计算有蹄类动物的相对丰富度和月相对丰富度。有蹄类日活动节律的季节性差异通过核密度函数建立模型,再计算不同季节间的重叠系数,其相关分析通过 R 软件中的“overlap”统计包完成。

2 结果

2.1 相对丰富度和年活动格局

在 15 208 个红外相机有效工作日中,共监测到

野生动物 79 种(不含无法鉴定的鼠类),其中有蹄类动物 3 种,分别为梅花鹿、野猪和小鹿;去重处理后共得野生动物独立有效照片 3 695 张,其中有蹄类动物的独立有效照片 1 966 张,相对丰富度达 53.21%;梅花鹿、野猪和小鹿有效照片数和相对丰富度依次为 144 张(3.90%)、359 张(9.72%)和 1 463 张(39.59%)。

有蹄类动物年活动格局分析结果表明,梅花鹿月相对丰富度在 4 月出现波峰,在 1 月、12 月出现低谷;野猪月相对丰富度在 4 月最高,12 月最低;小鹿在 5 月和 7 月月相对丰富度较高,在 12 月最低(图 2)。

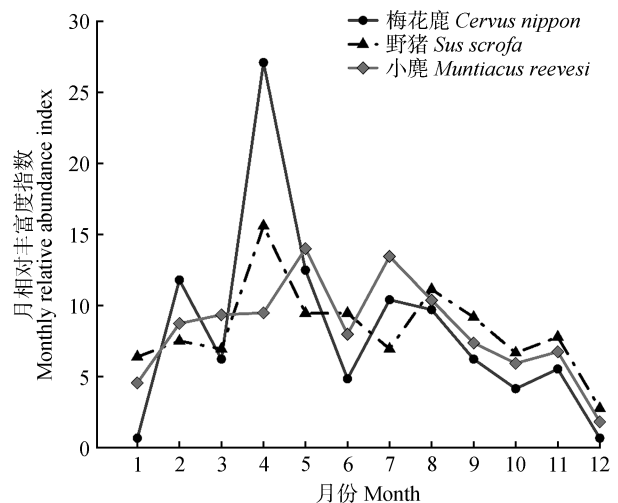


图 2 三种有蹄类动物的月相对丰富度指数

Fig. 2 Monthly relative abundance index of three species of ungulate

2.2 有蹄类动物日活动节律的季节性差异

梅花鹿日活动节律具有明显的季节性变化(图 3),呈以夜间活动模式为主、晨昏活动为辅的类型。日活动节律在春季和夏季的重叠系数最高($\Delta=0.83$),秋季和冬季最低($\Delta=0.56$)。春季、秋季和冬季的日活动模式相似,呈双峰型,但出现活动高峰的时间不同,春季的活动高峰主要出现在 03:00—04:00 和 18:00—19:00;秋季的活动高峰主要出现在 00:00—01:00 和 07:00—08:00;冬季在 04:00—05:00 和 19:00—20:00 出现活动高峰。夏季的日活动模式呈单峰型,在 18:00—20:00 出现活动高峰。

野猪日活动节律随季节变化不明显,重叠系数均在 0.80 以上,但活动高峰出现时间在个别季节间存在差异(图 4),呈以晨昏活动为主、昼间活动为辅的类型。春季,野猪的日活动模式呈双峰型,活动高

峰出现在06:00—07:00和18:00—19:00;夏季,野猪的日活动模式呈不明显的三峰型,活动最高峰出现在06:00—07:00,另有两个小波峰发生于11:00—12:00和14:00—15:00;秋季、冬季野猪的日活动模式均呈单峰型,但活动高峰出现时间不同,秋季的活动高峰出现在06:00—09:00,冬季的活动高峰出现在12:00—17:00。

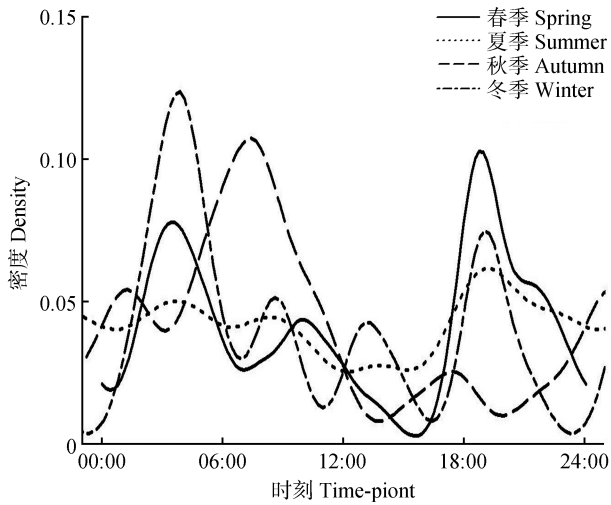


图3 梅花鹿不同季节间日活动节律

Fig. 3 Daily activity rhythm of sika deer in different seasons

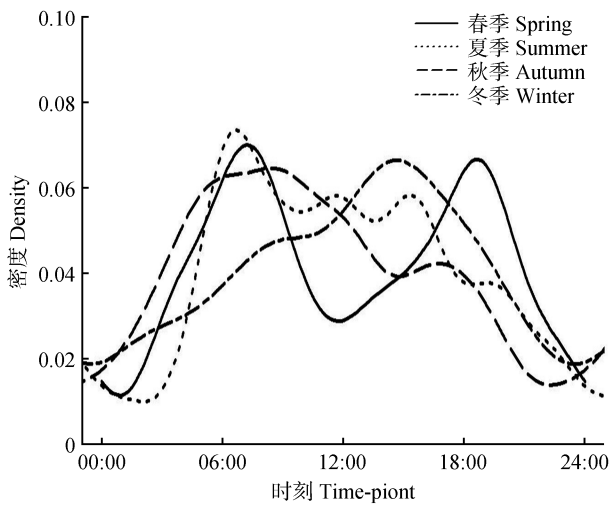


图4 野猪不同季节间日活动节律

Fig. 4 Daily activity patterns of wild boar in different seasons

小鹿日活动节律同样以晨昏活动为主,昼间活动为辅,日活动节律随季节变化不明显,重叠系数均在0.88以上。小鹿的日活动模式在各个季节都呈双峰型,活动高峰出现时间具有小幅度的季节变化(图5)。小鹿在春季、秋季的活动高峰都出现在07:00—08:00和17:00—18:00;夏季,在06:00—07:00和18:00—19:00活动强度较大;冬季,在06:00—07:00和13:00—18:00活动强度较大。

07:00和18:00—19:00活动强度较大;冬季,在06:00—07:00和13:00—18:00活动强度较大。

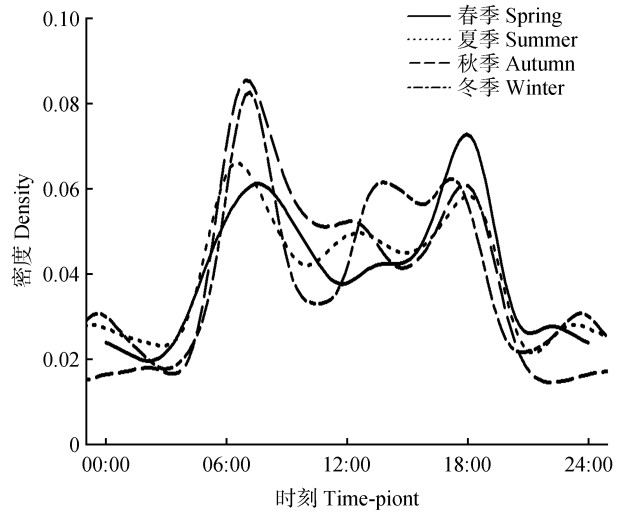


图5 小鹿不同季节间日活动节律

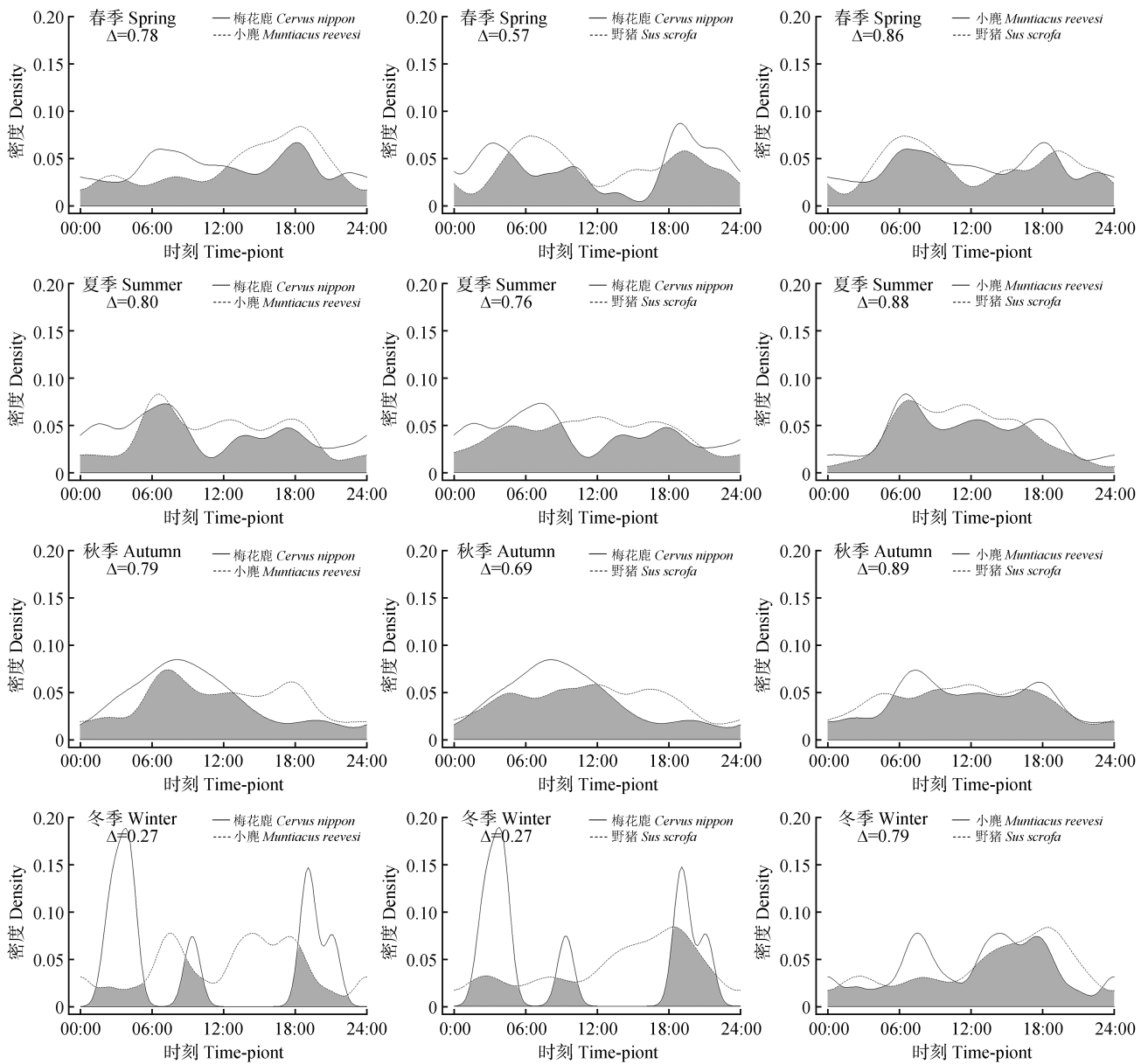
Fig. 5 Daily activity patterns of Reeves' muntjac in different seasons

2.3 相同季节不同物种的日活动节律差异

对3种有蹄类动物的日活动节律进行重叠分析发现,野猪与小鹿在4个季节的日活动节律高度重叠,春季、夏季、秋季和冬季的重叠系数依次为0.86、0.88、0.89和0.79;两者日活动模式均以晨昏活动为主、昼间活动为辅。四个季节物种间日活动节律重叠系数相对最低的为梅花鹿与野猪,重叠系数依次为0.57、0.76、0.69和0.27,梅花鹿以夜间活动为主,野猪以晨昏活动为主、昼间活动为辅,两者的活动高峰期大体上错开(图6)。

3 讨论

本研究首次利用红外相机技术对桃红岭保护区有蹄类动物活动节律及其季节性差异进行了分析。通过为期27个月的红外相机监测,成功记录到梅花鹿、小鹿和野猪,采集了大量有蹄类动物自然状态下的活动影像,为有蹄类动物活动节律分析提供了翔实的数据。虽然该保护区有鬃羚分布记录^[11],但本研究没有监测到,可能是该区鬃羚种群较小或相机布设位点不在其活动范围内。在本研究记录到的3种有蹄类物种中,小鹿的相对丰富度最高,是保护区内的优势有蹄类物种,其次是野猪。这两个物种在我国南方森林生态系统中通常是优势物种^[26-27]。梅花鹿是我国一级重点保护野生动物,在中国生物



灰色部分表示为两密度曲线所占面积的重叠部分，重叠系数为 Δ 。

The coefficient of overlapping(Δ) equals the area below both curves, shaded grey in this diagram.

图6 三种有蹄类动物在同一季节的日活动节律

Fig. 6 Comparison of the activity patterns of three ungulates in the same season

多样性红色名录中被列为“濒危”等级^[28]。目前华南梅花鹿种群仅分布于江西、浙江、安徽等省内狭窄的区域，形成多个孤立种群^[29]。桃红岭保护区是以保护华南梅花鹿及其生态系统为主的保护区，拥有华南梅花鹿现存的最大种群^[13]，但由于生境退化，梅花鹿种群增长缓慢，种群数量较少，加之生性机敏，警惕性高，因而相机记录频次相对较少。

本研究发现研究区域内有蹄类动物的相对丰富度在春季和夏季较高，秋季开始逐渐降低，并在冬季

达到低谷，这可能与保护区内不同季节的食物丰富度差异有关：在春夏季，保护区内食物资源丰富，有蹄类动物选择在人为干扰小的保护区内活动，所以红外相机拍摄率高；而在冬季，保护区内食物及水源地减少，有蹄类动物向周边水库及农田迁移寻找食物，导致拍摄的照片数减少，所以3种有蹄类的相对丰富度低。在调查期间，与当地居民交流时得知，野猪在冬季通常会频繁活动于周边农田。在后期的调查研究中，应当在冬季增加农田和林地交

接地带的相机监测力度,进一步验证。

本研究发现梅花鹿的日活动模式具有明显的季节性变化,在春季、秋季和冬季的日活动模式都呈双峰型,夏季呈单峰型,这可能与梅花鹿的生理状态及食物丰富度有关。秋季梅花鹿处于发情期,频繁活动寻找配偶;冬季保护区内食物资源匮乏,需要增加觅食活动。因此在秋冬季为储备能量过冬或进入发情期可能是导致有蹄类活动频繁的重要原因^[30]。在春季,梅花鹿处于生茸期与妊娠期,营养和能量需求高,需要增加觅食活动,从而出现双峰型。野猪和小鹿的日活动节律模式表现为晨昏活动为主、昼间活动为辅,在夜间几乎不活动,季节间变化不明显。有蹄类为从食物中获取水分或避免阳光直晒造成体内水分流失,通常倾向于晨昏活动^[31]。但在冬季,它们明显增加昼间活动频率,在13:00—17:00都保持较高的活动强度,这与其他学者对野猪、小鹿的研究结果^[32-33]一致,这可能与冬季食物资源短缺有关。

本研究发现,同为草食性动物的梅花鹿与小鹿的活动模式明显不同步,二者活动高峰期往往错开。这种不同步可能与它们的生理差异密不可分。体型是影响食草动物反刍行为重要的因素,体型越大的动物能使食物在瘤胃停留的时间越长^[34-35]。梅花鹿体型是小鹿的2~3倍,瘤胃容纳的食物量大,食物停留时间也相对更长,取食后用于消化食物的时间也更长,所以梅花鹿的活动高峰间隔相对小鹿时间更长。这种不同步也可能与它们的种间竞争有关,梅花鹿与小鹿的食性相似,都偏好于取食蔷薇科(Rosaceae)、豆科(Fabaceae)、禾本科(Poaceae)植物的嫩叶、嫩芽^[36-37],存在较大的食物资源竞争。此外,保护区内人类活动也可能是影响它们活动模式的重要因素。梅花鹿喜好灌草地生境,加之个体较大而醒目,可能面临更大的被捕杀压力,对人类活动更敏感,它们的活动更多地选择在人类活动少的夜间。

杂食性的野猪和小鹿活动模式明显重叠,活动高峰期也非常相似,这可能与野猪和小鹿较小的种间竞争有关。野猪和小鹿的食性以及反捕食策略不同,野猪偏好淀粉、糖、脂肪较多的植物果实,反捕食策略为逃跑,通常选择乔木密度低和草本密度低的生境,该处可以为其提供植物地下根茎与果实,同时更易于逃跑。小鹿则以青草、树叶、嫩芽为食,反捕食策略为隐藏,通常选择灌木密度高和草本密度低的生境,该处可以为其提供植物嫩芽嫩叶和隐蔽

身形^[38-39]。

本研究基于红外相机的监测数据,对桃红岭保护区有蹄类动物不同季节的活动节律进行了初步分析,发现有蹄类活动时间上的节律差异可能在一定程度上减少生态位重叠,降低种间竞争强度,为进一步了解同域分布物种的共存机制和有蹄类行为生态学研究提供了必要的科学依据。同时为保护区提供了有蹄类动物保护和管理的科学支撑,保护管理部门在日常巡护时应注意有蹄类动物活动频繁的季节、月份和时间段,避免干扰到野生动物的日常活动。

参考文献:

- [1] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 3版. 北京: 北京师范大学出版社, 2001: 93-98.
SUN R Y. Principles of animal ecology[M]. 3rd ed. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001: 93-98.
- [2] BU H L, WANG F, MCSHEA W J, *et al.* Spatial co-occurrence and activity patterns of mesocarnivores in the temperate forests of southwest China[J]. *PLoS One*, 2016, 11(10): e0164271.
- [3] SCHOENER T W. Resource partitioning in ecological communities[J]. *Science*, 1974, 185(4145): 27-39.
- [4] 夏珊珊, 胡大明, 邓玥, 等. 同域分布红腹锦鸡和红腹角雉在不同空间尺度下的生境分化[J]. *生态学报*, 2019, 39(5): 1627-1638.
XIA S S, HU D M, DENG Y, *et al.* Habitat partitioning between sympatric golden pheasant and Temminck's tragopan at different spatial scales[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(5): 1627-1638.
- [5] CHEN M T, TEWES M E, PEI K J, *et al.* Activity patterns and habitat use of sympatric small carnivores in southern Taiwan[J]. *Mammalia*, 2009, 73(1): 20-26.
- [6] 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.
LI S, WANG D J, XIAO Z S, *et al.* Camera-trapping in wildlife research and conservation in China: review and outlook[J]. *Biodiversity Science*, 2014, 22(6): 685-695.
- [7] 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.
XIAO Z S, LI X H, JIANG G S. Applications of camera trapping to wildlife surveys in China[J]. *Biodiversity Science*, 2014, 22(6): 683-684.
- [8] AZEVEDO F C, LEMOS F G, FREITAS-JUNIOR M C, *et al.* Puma activity patterns and temporal overlap with prey in a human-modified landscape at southeastern Brazil[J]. *Journal of Zoology*, 2018, 305(4): 246-255.
- [9] 李友邦, 农娟丽, 杨婉琳, 等. 弄岗同域分布赤腹松鼠和红颊长吻松鼠活动节律研究[J]. *广西师范大学学报(自然科学*

- 版), 2021, 39(1): 71-78.
- LI Y B, NONG J L, YANG W L, *et al.* Daily activity patterns of two sympatric squirrels *Callosciurus erythraeus* and *Dremomys rufigenis* in Nonggang, Guangxi, China[J]. Journal of Guangxi Normal University (Natural Science Edition), 2021, 39(1): 71-78.
- [10] 陈星, 胡茜茜, 刘明星, 等. 有蹄类昼夜活动时空动态: 以岩羊 (*Pseudois nayaur*) 为例[J]. 生态学报, 2021, 41(3): 1251-1258.
- CHEN X, HU X X, LIU M X, *et al.* A preliminary analysis on the spatio-temporal dynamic of ungulate's circadian activities: a case study of bharal (*Pseudois nayaur*) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(3): 1251-1258.
- [11] 吴问国, 朱文, 高依敏, 等. 江西桃红岭梅花鹿自然保护区生物多样性现状[J]. 野生动物, 2012, 33(4): 221-224.
- WU W G, ZHU W, GAO Y M, *et al.* Biodiversity in Jiangxi Taohong Ridge Sika Deer Nature Reserve[J]. Chinese Journal of Wildlife, 2012, 33(4): 221-224.
- [12] 付义强, 胡锦涛, 郭延蜀, 等. 桃红岭自然保护区梅花鹿对春季栖息地的利用[J]. 动物学杂志, 2006, 41(4): 60-63.
- FU Y Q, HU J C, GUO Y S, *et al.* Habitat use of sika deer in spring at Taohongling Natural Reserve [J]. Chinese Journal of Zoology, 2006, 41(4): 60-63.
- [13] 蒋志刚, 徐向荣, 刘武华, 等. 桃红岭国家级自然保护区梅花鹿种群现状[J]. 野生动物, 2012, 33(6): 305-308.
- JIANG Z G, XU X R, LIU W H, *et al.* Population status of south China sika deer in Taohongling National Nature Reserve [J]. Chinese Journal of Wildlife, 2012, 33(6): 305-308.
- [14] 李佳, 李言阔, 缪沪君, 等. 江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价[J]. 生态学报, 2014, 34(5): 1274-1283.
- LI J, LI Y K, MIAO L J, *et al.* Habitat assessment of sika deer (*Cervus nippon*) in the Taohongling National Nature Reserve, Jiangxi Province, China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(5): 1274-1283.
- [15] LUCHERINI M, REPPUCCI J I, WALKER R S, *et al.* Activity pattern segregation of carnivores in the High Andes [J]. Journal of Mammalogy, 2009, 90(6): 1404-1409.
- [16] 杨道德, 熊建利, 谷颖乐, 等. 江西桃红岭梅花鹿国家级自然保护区爬行动物资源调查[J]. 四川动物, 2007, 26(2): 365-367.
- YANG D D, XIONG J L, GU Y L, *et al.* Reptile resources at Taohongling Sika Deer National Nature Reserve of Jiangxi Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2007, 26(2): 365-367.
- [17] 李佳琦, 徐海根, 万雅琼, 等. 全国哺乳动物多样性观测网络 (China BON-Mammals) 建设进展[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(1): 12-19.
- LI J Q, XU H G, WAN Y Q, *et al.* Progress in construction of China mammal diversity observation network (China BON-Mammals) [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2018, 34(1): 12-19.
- [18] 万雅琼, 李佳琦, 杨兴文, 等. 基于红外相机的中国哺乳动物多样性观测网络建设进展[J]. 生物多样性, 2020, 28(9): 1115-1124.
- WAN Y Q, LI J Q, YANG X W, *et al.* Progress of the China mammal diversity observation network (China BON-Mammal) based on camera-trapping [J]. Biodiversity Science, 2020, 28(9): 1115-1124.
- [19] 钱磊, 李言阔, 李佳琦, 等. 利用红外相机技术调查江西省齐云山国家级自然保护区鸟类和兽类多样性[J]. 生态与农村环境学报, 2022, 38(7): 890-896.
- QIAN L, LI Y K, LI J Q, *et al.* Camera-trapping survey of the diversity of mammals and birds in Qiyunshan National Nature Reserve [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2022, 38(7): 890-896.
- [20] SMITH A T, 解焱. 中国兽类野外手册[M]. GEMMA F, 绘. 陈延熹, 杨戎生, 张劲硕, 等译. 长沙: 湖南教育出版社, 2009: 17-18.
- SMITH A T, XIE Y. A guide to the mammals of China [M]. GEMMA F, Illus. CHEN Y X, YANG R S, ZHANG J S, *et al.* trans. Changsha: Hunan Education Publishing House, 2009: 17-18.
- [21] O'BRIEN T G, KINNAIRD M F, WIBISONO H T. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape [J]. Animal Conservation, 2006, 6(2): 131-139.
- [22] 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.
- WU P F, LIU X H, CAI Q, *et al.* The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi [J]. Acta Theriologica Sinica, 2012, 32(1): 67-71.
- [23] 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.
- JIA X D, LIU X H, YANG X Z, *et al.* Seasonal activity patterns of ungulates in Qinling Mountains based on camera-trap data [J]. Biodiversity Science, 2014, 22(6): 737-745.
- [24] RIDOUT M S, LINKIE M. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data [J]. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, 2009, 14(3): 322-337.
- [25] MEREDITH M, RIDOUT M. Overview of the overlap package [Z/OL]. (2014-06-06) [2023-04-27]. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:13724284>.
- [26] 陈声文, 余建平, 陈小南, 等. 利用红外相机网络调查古田山自然保护区的兽类及雉类多样性[J]. 兽类学报, 2016, 36(3): 292-301.
- CHEN S W, YU J P, CHEN X N, *et al.* Camera-trapping survey on the diversity of mammal and pheasant species in Gutianshan National Nature Reserve, Zhejiang Province [J]. Acta Theriologica Sinica, 2016, 36(3): 292-301.
- [27] 于桂清, 康祖杰, 刘美斯, 等. 利用红外相机对湖南壶瓶山国家级自然保护区兽类和鸟类多样性的初步调查[J]. 兽类

- 学报, 2018, 38(1): 104-112.
- YU G Q, KANG Z J, LIU M S, *et al.* Preliminary survey using infrared camera reveals fauna and avifauna diversity at Hupingshan National Nature Reserve, Hunan, China[J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2018, 38(1): 104-112.
- [28] 蒋志刚, 吴毅, 刘少龙, 等. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物: 第1卷: 哺乳动物: 上册[M]. 北京: 科学出版社, 2021: 286-287.
- JIANG Z G, WU Y, LIU S L, *et al.* China's red list of biodiversity: Vertebrates: Vol. I, Mammals: I [M]. Beijing: Science Press, 2021: 286-287.
- [29] 蒋志刚, 马勇, 吴毅, 等. 中国哺乳动物多样性及地理分布[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 201-202.
- JIANG Z G, MA Y, WU Y, *et al.* China's mammals diversity and geographic distribution[M]. Beijing: Science Press, 2015: 201-202.
- [30] VAN DOORMAAL N, OHASHI H, KOIKE S, *et al.* Influence of human activities on the activity patterns of Japanese sika deer (*Cervus nippon*) and wild boar (*Sus scrofa*) in central Japan[J]. *European Journal of Wildlife Research*, 2015, 61(4): 517-527.
- [31] 程建祥, 黄相相, 陈东东, 等. 清凉峰国家级自然保护区华南梅花鹿分布及活动规律[J]. *生态学报*, 2018, 38(22): 8213-8222.
- CHENG J X, HUANG X X, CHEN D D, *et al.* Study on the distribution and activity patterns of *Cervus pseudaxis* in the Qingliangfeng National Nature Reserve [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(22): 8213-8222.
- [32] 赵国静, 宫一男, 杨海涛, 等. 东北虎豹国家公园东部的野猪生境利用和活动节律初步研究[J]. *兽类学报*, 2019, 39(4): 431-441.
- ZHAO G J, GONG Y N, YANG H T, *et al.* Study on habitat use and activity rhythms of wild boar in eastern region of Northeast Tiger and Leopard National Park [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2019, 39(4): 431-441.
- [33] 杨婵, 万雅琼, 黄小富, 等. 基于红外相机技术的小鹿 (*Muntiacus reevesi*) 活动节律[J]. *广西师范大学学报(自然科学版)*, 2021, 39(1): 65-70.
- YANG C, WAN Y Q, HUANG X F, *et al.* Activity rhythm of *Muntiacus reevesi* based on infrared camera technology[J]. *Journal of Guangxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2021, 39(1): 65-70.
- [34] JARMAN P J. The social organisation of antelope in relation to their ecology[J]. *Behaviour*, 1974, 48(1/2/3/4): 215-267.
- [35] PÉREZ-BARBERÍA F J, GORDON I J. Factors affecting food comminution during chewing in ruminants: a view[J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1998, 63(2): 233-256.
- [36] 郭延蜀. 四川梅花鹿食性的研究[J]. *四川师范学院学报(自然科学版)*, 2001, 22(2): 112-119.
- GUO Y S. Study on the food habits of Sichuan sika deer (*Cervus nippon sichuanicus*) [J]. *Journal of Sichuan Teachers College (Natural Science)*, 2001, 22(2): 112-119.
- [37] 盛和林, 王培潮. 小鹿的生态和利用[J]. *动物学杂志*, 1976, 11(1): 39-40.
- SHENG H L, WANG P C. Ecology and utilization of *Muntiacus reevesi*[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1976, 11(1): 39-40.
- [38] 诸葛阳. 浙江动物志: 兽类[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1989: 137-139.
- ZHUGE Y. Zhejiang fauna: mammals [M]. Hangzhou: Zhejiang Science & Technology Press, 1989: 137-139.
- [39] 鲁庆彬, 于江傲, 高欣, 等. 冬季清凉峰山区小鹿和野猪的生境选择及差异[J]. *兽类学报*, 2007, 27(1): 45-52.
- LU Q B, YU J A, GAO X, *et al.* Winter habitat selection of Reeves's muntjac and wild boars in the Qingliangfeng Mountains [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2007, 27(1): 45-52.