

DOI: 10.5846/stxb201805251148

周鸭仙, 李言阔, 李佳琦, 刘武华, 邵瑞清, 钟毅峰, 曹开强. 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, 2019, 39(13): - .

Zhou Y X, Li Y K, Li J Q, Liu W H, Shao R Q, Zhong Y F, Cao K Q. Use of camera trapping to investigate animal diversity in Taohongling Sika Deer National Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(13): - .

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

周鸭仙¹, 李言阔^{1,*}, 李佳琦², 刘武华³, 邵瑞清¹, 钟毅峰¹, 曹开强¹

1 江西师范大学生命科学院, 南昌 330022

2 环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042

3 江西桃红岭梅花鹿国家级自然保护区管理局, 九江 332700

摘要: 2017 年 3 月—2018 年 3 月期间, 采用红外相机技术调查了桃红岭梅花鹿国家级自然保护区内鸟类和兽类的物种多样性。红外相机监测期间, 共累计 4442 个相机日, 获得野生动物独立有效照片 1003 张, 其中兽类独立有效照片 683 张, 共 4 目 9 科 16 种; 鸟类独立有效照片 320 张, 共 9 目 23 科 46 种; 保护区内兽类相对丰富度最高的是小鹿 (*Muntiacus reevesi*), 鸟类丰富度最高的是黑领噪鹛 (*Garrulax perspicillatus*); 其中国家 I 级保护动物有 2 种, 梅花鹿 (*Cervus nippon*) 和白颈长尾雉 (*Syrnaticus ellioti*); 国家 II 级保护动物有 6 种, 分别为小灵猫 (*Viverricula indica*)、勺鸡 (*Pucrasia macrolopha*)、白鹇 (*Lophura nycthemera*)、草鹇 (*Tyto longimembris*)、红角鸮 (*Otus sunia*) 和松雀鹰 (*Accipiter virgatus*)。红外相机在灌丛中拍摄率最高, 在草甸中拍摄率最低。通过稀疏外推曲线对物种多样性进行估计可得, 保护区实际的物种数远大于监测到的物种数, 因此有待继续进行长期监测。通过物种与相机位点的 PCA 排序图可知, 各个相机位点和物种的相关性较强。调查结果为保护区提供了重要的兽类和鸟类资源信息, 为保护区对野生动物的有效管理和长期监测提供了数据支持。

关键词: 红外相机技术; 物种多样性; 相对丰富度; 拍摄率

Use of camera trapping to investigate animal diversity in Taohongling Sika Deer National Nature Reserve

ZHOU Yaxian¹, LI Yankuo^{1,*}, LI Jiaqi², LIU Wuhua³, SHAO Ruiqing¹, ZHONG Yifeng¹, CAO Kaiqiang¹

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

2 Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China

3 Taohongling National Nature Reserve, Jiujiang 332700, China

Abstract: Between March 2017 and March 2018, the diversity of avian and mammal species was surveyed with camera traps in Taohongling Sika Deer National Nature Reserve; 4442 camera dates and 1003 independent wildlife photographs were collected, including 683 photos of 16 mammal species from 9 families and 4 orders and 320 photos of 46 avian species from 23 families and 9 orders. *Muntiacus reevesi* and *Garrulax perspicillatus* possessed the highest relative abundance index among the mammal and avian species, respectively. *Cervus nippon* and *Syrnaticus ellioti* have been listed in the first category of nationally protected wildlife species in China; *Viverricula indica*, *Pucrasia macrolopha*, *Lophura nycthemera*, *Tyto longimembris*, *Otus sunia*, and *Accipiter virgatus* have been listed in the second category of nationally protected wildlife

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

收稿日期: 2018-05-25; **网络出版日期:** 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liyankuo@126.com

species. Infrared cameras showed the highest and lowest photographic rate for shrubs and meadow, respectively. According to principal component analysis (PCA), species had an extremely significant correlation with the infrared camera site. The number of species recorded with infrared cameras was less than the number of species estimated with rarefaction and extrapolation curves, which means that wildlife species diversity needs to be surveyed continuously. The results provided a comprehensive baseline for the wildlife resources in Taohongling Nature Reserve for biodiversity management and long-term monitoring.

Key Words: camera trapping; species diversity; relative abundance index; photographic rate

生物多样性的监测和评价是自然保护区的重要工作,鸟类和兽类是生物多样性保护和评价中的重要指标类群^[1-4]。我国保护区对野生动物资源的调查主要采用样线法,记录调查物种的数量、分布、活动规律以及人为干扰等,然而大部分的野生动物在实际野外工作中很难见到实体^[5-7]。近年来,红外相机(Camera-trapping)作为一种“非损伤性”的物种调查和记录技术,可以用来探测和记录大中型兽类和鸟类。红外相机技术在20世纪90年代开始应用于野生动物的研究,与传统调查方法相比,红外相机调查技术具有对动物干扰小、能探测到活动隐蔽的物种、记录客观准确和受环境因素影响小等优势^[8-11]。

江西省桃红岭梅花鹿国家级自然保护区内分布着约300—400头野生梅花鹿,其种群及栖息地受到国内外研究者的高度关注。有关研究主要集中在梅花鹿对栖息地的利用^[12]、梅花鹿种群动态^[13]、梅花鹿生境适宜性评价等^[14]。在2004—2007年期间,保护区的生物多样性调查发现保护区内共记录到兽类7目17科44种、鸟类16目40科173种以及爬行类3目9科29种等^[15]。随着红外相机技术的发展,桃红岭梅花鹿国家级自然保护区于2014年首次利用红外相机监测野生动物。但是,迄今为止,基于红外相机技术的桃红岭梅花鹿自然保护区鸟兽多样性研究未见报道,本研究利用红外相机对保护区内的鸟兽多样性进行了监测,旨在进一步摸清保护区本底资源现状,为保护区制定科学的野生动物保护管理决策提供科学依据。

1 研究地概况

江西省桃红岭梅花鹿国家级自然保护区位于长江中下游南岸的江西省彭泽县境内(116°32′—116°43′E, 29°42′—29°53′N),总面积12500 hm²,其中核心区2670 hm²。地貌为平缓起伏的低山丘陵,海拔多在100—500 m。气候属亚热带季风气候类型,全年季节性变化明显,日照充足,雨量充沛。地带性植被组成复杂,主要植被类型有草丛、灌丛、针叶林、阔叶林以及竹林等^[13-16]。根据保护区当地的气象特征,将3—5月划为春季,6—8月为夏季,9—10月为秋季,12月—翌年2月为冬季。

2 研究方法

2.1 红外相机野外布设

借助地理信息系统(ArcGIS)将桃红岭梅花鹿国家级保护区划分为若干个1 km×1 km的网格,从中选取60个网格进行红外相机的布设(图1),将相机置于每个网格中动物经常活动的地点(譬如,兽径、水源地以及动物痕迹较多处等)。每两台相机之间至少相隔500 m,以避免短时间内重复拍摄相同动物。相机固定于离地面80—100 cm的树干上,相机镜头与地面平行或呈<5°的俯视角,避免阳光直射和确保视野开阔。红外相机正常工作后,记录每一台相机的编号、放置日期、GPS位点、海拔以及植被类型等。红外相机每隔3—5个月进行电池和数据储存卡的更换。对于丢失或没有拍到野生动物的相机位点,则在该位点的公里网格内另选一处位置重新放置红外相机。

2.2 红外相机野外设置

本研究使用Li6210红外相机,设置其拍照的物理像素为1200万,视频尺寸为1080 P,灵敏度为高,拍照模式为拍照+视频,即连续拍三张照片并录制一段10 s的视频为一组照片,其照片便于数据处理,视频便于监

测目标动物的行为和协助目标动物的物种鉴定。连续两次拍照时间间隔为 1 s,采用 24 h 监测。

2.3 数据分析

将红外相机拍摄到的照片按照相机编号建立文件夹进行物种鉴定和数据统计,其中照片和视频的拍摄日期和时间通过 Bio-Photo 软件从文件信息里自动提取。兽类物种鉴定和分类主要参考《中国兽类野外手册》和《中国脊椎动物红色名录》^[17-18],鸟类物种鉴定和分类主要参考《中国鸟类野外手册》和《中国鸟类分类和分布名录》(第三版)^[19-20],国家重点保护野生动物等级和濒危等级参考《国家重点保护野生动物名录》^[21]。相机日为相机在某一地点放置的工作天数。对于同一相机在同一地点拍摄到同一物种的照片,将时间间隔小于 30 min 的连续照片算作一张独立有效照片,以此计算动物物种数以及相对丰富度(Relative abundance index, RAI),即各物种出现的独立有效照片数与所拍到的动物的总有效照片数的百分比^[22-24]。

1) 相对丰富度(RAI)

$$RAI = \frac{A_i}{N} \times 100\%$$

式中, A_i 表示第 $i(i=1,2,3\cdots)$ 类物种出现的独立有效照片数, N 表示独立有效照片总数。

采用动物的拍摄率作为相对多度的指标,比较了不同海拔段(0—200 m 和 200—500 m)以及不同植被类型(草丛、灌丛、针叶林以及阔叶林)的拍摄率。

2) 拍摄率(photographic rate, PR)

$$\text{拍摄率} = (\text{有效照片数} \times 100) / \text{相机日}$$

利用 R 软件分别对鸟类和兽类基于个体丰度进行稀疏曲线和外推曲线的拟合来估计保护区的物种丰富度^[25-26],并根据相机位点与动物物种组成数据矩阵进行基于线性模型的主成分分析(Principal Components Analysis, PCA),PCA 排序图表示动物物种与相机位点之间的相关性^[27]。

3 结果与分析

3.1 鸟类和兽类组成以及相对丰富度(RAI)

2017 年 3 月—2018 年 3 月,利用红外相机对桃红岭梅花鹿国家级自然保护区进行鸟兽资源监测。保护区内共记录到鸟兽 62 种,鸟类 46 种,隶属 9 目 23 科,其中鸡形目 1 科 4 种,雀形目 14 科 33 种,啄木鸟目 1 科 1 种,鸮形目 2 科 2 种,鹤形目 1 科 1 种,佛法僧目 1 科 1 种,夜鹰目 1 科 1 种,鸽形目 1 科 2 种,鹰形目 1 科 1 种;兽类 16 种,隶属 4 目 9 科,其中啮齿目 3 科 6 种,兔形目 1 科 1 种,食肉目 3 科 6 种,鲸偶蹄目 2 科 3 种。国家 I 级保护动物有 2 种,分别为梅花鹿(*Cervus nippon*)和白颈长尾雉(*Syrnaticus ellioti*);国家 II 级保护动物有 6 种,分别为小灵猫(*Viverricula indica*)、勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)、白鹇(*Lophura nychemera*)、草鹇(*Tyto longimembris*)、红角鹇(*Otus sunia*)和松雀鹰(*Accipiter virgatus*)。在《中国脊椎动物红色名录》中属无危级别的物种有 49 种;近危物种 7 种,分别为花面狸(*Paguma larvata*)、画眉(*Garrulax canorus*)以及猪獾(*Arctonyx collaris*)等;易危等级物种 4 种,分别为豹猫(*Prionailurus bengalensis*)、小灵猫、白颈长尾雉(*Syrnaticus ellioti*)

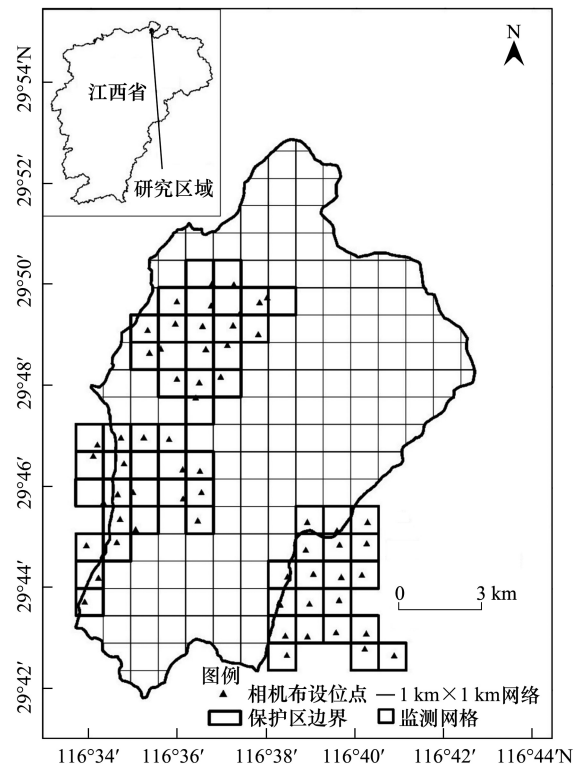


图1 江西省桃红岭梅花鹿国家级自然保护区红外相机布设位点

Fig.1 The camera trapping sites in Taohongling Sika Deer National Nature Reserve

以及小鹿 (*Muntiacus reevesi*); 极危等级物种 1 种, 为梅花鹿; 数据缺乏等级物种 1 种, 为东方草鹛 (表 1)。

红外相机在保护区内共累计相机日 4442 天, 野生动物独立有效照片 1003 张, 兽类独立有效照片数为 683 张, 独立有效照片数最多的物种为小鹿 (339 张), 相对丰富度最高的物种为小鹿 (0.339), 最低的为倭松鼠 (*Tamiops maritimus*) (0.001)、豹猫 (0.001)、小灵猫 (0.001) 和红腿长吻松鼠 (*Dremomys pyrrhomerus*) (0.001) 等。鸟类独立有效照片数为 320 张, 独立有效照片数最多的物种是黑领噪鹛 (*Garrulax pectoralis*) (43 张), 其次是白鹇 (35 张), 相对丰富度最高的为黑领噪鹛 (0.043), 最低的家燕 (*Hirundo rustica*) (0.001)、棕背伯劳 (*Lanius schach*) (0.001)、大山雀 (*Parus cinereus*) (0.001) 和斑鸫 (*Turdus eunomus*) (0.001) 等 (表 1)。

表 1 桃红岭梅花鹿国家级自然保护区物种名录和相对丰富度

Table 1 Species list and RAI in Taohongling Sika Deer National Nature Reserve

物种 Species	保护等级 Protection class	红色名录 Red List	独立有效照片 Independent effective photo	相对丰富度 Relative abundance index (RAI)
兽类 Mammal				
食肉目 Carnivora				
猫科 Felidae				
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>		VU	1	0.001
灵猫科 Viverridae				
花面狸 <i>Paguma larvata</i>		NT	9	0.009
小灵猫 <i>Viverricula indica</i>	II	VU	1	0.001
鼬科 Mustelidae				
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>		NT	15	0.015
鼬獾 <i>Melogale moschata</i>		NT	67	0.067
黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>		NT	3	0.003
鲸偶蹄目 Cetartiodactyla				
猪科 Suidae				
野猪 <i>Sus scrofa</i>		LC	53	0.053
鹿科 Cervidae				
小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>		VU	339	0.339
梅花鹿 <i>Cervus nippon</i>	I	CR	31	0.031
兔形目 Legomorpha				
兔科 Leporidae				
华南兔 <i>Lepus sinensis</i>		LC	8	0.008
啮齿目 Rodentia				
松鼠科 Sciuridae				
倭松鼠 <i>Tamiops maritimus</i>		LC	1	0.001
赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>		LC	5	0.005
岩松鼠 <i>Sciurotamias davidianus</i>		LC	31	0.031
红腿长吻松鼠 <i>Dremomys pyrrhomerus</i>		NT	1	0.001
豪猪科 Hystricidae				
中国豪猪 <i>Hystrix hodgsoni</i>		LC	2	0.002
鼠科 Muridae				
鼠 <i>Muridae</i>		LC	116	0.116
鸟类 Avian				
夜鹰目 Caprimulgiformes				
夜鹰科 Caprimulgidae				
普通夜鹰 <i>Caprimulgus jotaka</i>		LC	2	0.002

续表

物种 Species	保护等级 Protection class	红色名录 Red List	独立有效照片 Independent effective photo	相对丰富度 Relative abundance index (RAI)
鸽形目 Columbiformes				
鸽鸠科 Columbidae				
山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>		LC	7	0.007
珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>		LC	1	0.001
佛法僧目 Coraciiformes				
翠鸟科 Alcedinidae				
蓝翡翠 <i>Halcyon pileata</i>		LC	1	0.001
鹰形目 Accipitriformes				
鹰科 Accipitridae				
松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	II	LC	2	0.002
鸡形目 Galliformes				
雉科 Phasianidae				
灰胸竹鸡 <i>Bambusicola thoracicus</i>		LC	13	0.013
白颈长尾雉 <i>Syrnaticus ellioti</i>	I	VU	24	0.024
勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha</i>	II	LC	7	0.007
白鹇 <i>Lophura nycthemera</i>	II	LC	35	0.035
鹤形目 Gruiformes				
秧鸡科 Rallidae				
红脚田鸡 <i>Zapornia akool</i>		LC	1	0.001
雀形目 Passeriformes				
鸦科 Corvidae				
红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythroryncha</i>		LC	11	0.011
松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>		LC	4	0.004
灰树鹊 <i>Dendrocitta formosae</i>		LC	10	0.010
燕科 Hirundinidae				
家燕 <i>Hirundo rustica</i>		LC	1	0.001
梅花雀科 Estrildidae				
白腰文鸟 <i>Lonchura striata</i>		LC	2	0.002
伯劳科 Laniidae				
棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>		LC	1	0.001
树莺科 Cettiidae				
强脚树莺 <i>Horornis fortipes</i>		LC	4	0.004
棕脸鹟莺 <i>Abroscopus albogularis</i>		LC	2	0.002
莺鹟科 Sylviidae				
棕头鸦雀 <i>Sinosuthora webbiana</i>		LC	4	0.004
灰头鸦雀 <i>Psittiparus gularis</i>		LC	2	0.002
山雀科 Paridae				
大山雀 <i>Parus cinereus</i>		LC	1	0.001
鹎科 Pycnonotidae				
白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>		LC	6	0.006
领雀嘴鹎 <i>Spizixos semitorques</i>		LC	2	0.002
黑短脚鹎 <i>Hypsipetes leucocephalus</i>		LC	3	0.003
鹀科 Emberizidae				
白眉鹀 <i>Emberiza tristrami</i>		NT	4	0.004

续表

物种 Species	保护等级 Protection class	红色名录 Red List	独立有效照片 Independent effective photo	相对丰富度 Relative abundance index (RAI)
鹟科 Muscicapidae				
紫啸鸫 <i>Myophonus caeruleus</i>		LC	10	0.010
红胁蓝尾鸫 <i>Tarsiger cyanurus</i>		LC	3	0.003
白额燕尾 <i>Enicurus leschenaulti</i>		LC	5	0.005
红尾歌鸲 <i>Larivora sibilans</i>		LC	1	0.001
蓝歌鸲 <i>Larivora cyane</i>		LC	3	0.003
鸫科 Turdidae				
斑鸫 <i>Turdus eunomus</i>		LC	1	0.001
虎斑地鸫 <i>Zoothera aurea</i>		LC	5	0.005
灰背鸫 <i>Turdus hortulorum</i>		LC	8	0.008
噪鹛科 Leiothrichidae				
黑领噪鹛 <i>Garrulax pectoralis</i>		LC	43	0.043
小黑领噪鹛 <i>Garrulax monileger</i>		LC	10	0.010
灰翅噪鹛 <i>Garrulax cineraceus</i>		LC	5	0.005
画眉 <i>Garrulax canorus</i>		NT	13	0.013
黑脸噪鹛 <i>Garrulax perspicillatus</i>		LC	3	0.003
红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>		LC	19	0.019
林鸫科 Timaliidae				
斑胸钩嘴鹛 <i>Erythrogenys gravivox</i>		LC	13	0.013
棕颈钩嘴鹛 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>		LC	11	0.011
红头穗鹛 <i>Cyanoderma ruficeps</i>		LC	1	0.001
幽鹛科 Pellorneidae				
灰眶雀鹛 <i>Alcippe morrisonia</i>		LC	8	0.008
啄木鸟目 Piciformes				
啄木鸟科 Picidae				
斑姬啄木鸟 <i>Picumnus innominatus</i>		LC	1	0.001
鸮形目 Strigiformes				
草鸮科 Tytonidae				
草鸮 <i>Tyto longimembris</i>	II	DD	1	0.001
鸱鸃科 Strigidae				
红角鸮 <i>Otus sunia</i>	II	LC	6	0.006

I :国家一级保护动物; II :国家二级保护动物; LC:无危 Least concern; VU:易危 Vulnerable; CR:极危 Critically endangered; DD:数据缺乏 Data deficient; NT:近危 Near threatened

3.2 季节独立有效照片和月独立有效照片的比较

不同季节以及不同月份拍摄到物种的有效照片数存在一定差异。在春季和夏季拍摄到物种的独立有效照片多于秋季和冬季。从月份上来看,兽类在5月和7月独立有效照片最多,在1月、2月和12月独立有效照片最少;鸟类在4月和7月独立有效照片最多,在1月和2月独立有效照片最少。此外,兽类的独立有效照片多于鸟类的独立有效照片(图2)。

3.3 不同栖息地类型的红外相机拍摄率分析

在不同的海拔和生境中,红外相机的拍摄率存在着一定的差异。在200—500 m的海拔段,红外相机的拍摄率显著高于0—200 m的海拔段($X^2=12.914$, $df=1$, $P<0.001$)。在灌丛中,红外相机的拍摄率显著高于阔叶林以及针叶林和草甸($X^2=23.712$, $df=3$, $P<0.001$);红外相机在灌丛中拍摄到的物种数最多,其次是阔叶林

和针叶林,草甸拍摄到的物种数最低(表 2)。

3.4 物种稀疏外推曲线预测物种丰富度

在 0—200 m 海拔段观察到的兽类物种数高于 200—500 m 海拔段,其曲线先急剧上升后变为渐近线,最后呈缓慢上升趋势,表明取样充分,也表明物种数随着个体丰度的增加而增加。鸟类在 0—200 m 海拔区域观察到的物种数明显高于 200—500 m 海拔区域,其 200—500 m 海拔区域的曲线呈急剧上升趋势,表明其取样不充分,其物种丰富度远远大于监测到的物种丰富度。0—200 m 海拔区域的鸟类稀疏外推曲线先呈急剧上升趋势后变成渐近线,上升缓慢,表明取样充分,也表明其真实存在的物种数比监测到的物种数多(图 3—图 4)。

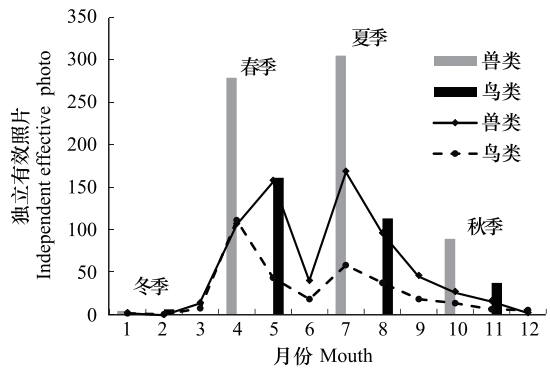


图 2 鸟类和兽类的季节和月份独立有效照片
Fig.2 Seasonal and monthly independent effective photo of avian and mammal

表 2 不同海拔和植被类型下红外相机的拍摄率

变量 Variable	类别 Category	相机数 Number of cameras	物种数 Number of species	独立有效照片 Independent effective photo	相机日 Day of camera/d	拍摄率 Photographic rate/%
海拔 Elevation	0—200 m	52	55	689	3707	18.59
	200—500 m	8	26	352	735	47.89
植被类型 Vegetation type	草甸	3	8	44	359	12.26
	灌丛	23	50	544	1359	40.01
	针叶林	6	22	102	724	14.09
	阔叶林	28	42	351	2000	17.55

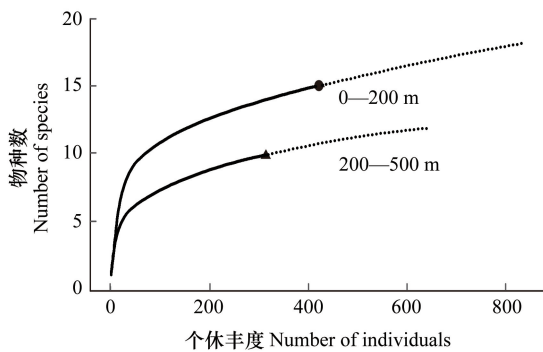


图 3 兽类物种稀疏外推曲线
Fig.3 rarefaction and extrapolation curve of mammal species
实线表示稀疏部分,虚线表示外推部分,实心点和实心三角形表示观察到的物种数

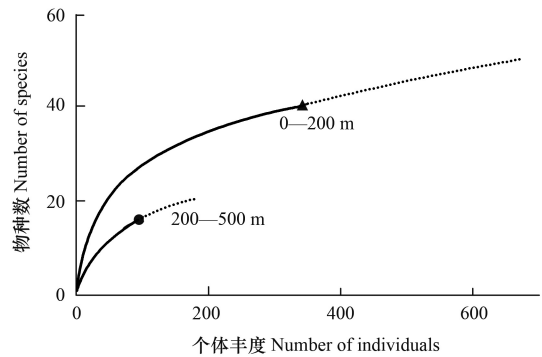


图 4 鸟类物种稀疏外推曲线
Fig.4 rarefaction and extrapolation curve of avian species
实线表示稀疏部分,虚线表示外推部分,实心点和实心三角形表示观察到的物种数

3.5 物种与位点的 PCA 排序

PCA 排序图能反应出物种与相机位点之间的相关性,在 PCA 排序图中,物种与相机位点的距离越近则表明该相机位点拍摄到该物种的概率越大,图中相机位点之间的距离越近则表明拍摄到的物种组成越相似。分别选取兽类相对丰富度(≥ 0.005)较高的 10 种物种和鸟类相对丰富度(≥ 0.01)较高的 12 种物种进行 PCA

分析。结果表明,在兽类的排序图中,大部分相机位点集聚在一起,说明这些相机位点所拍摄到的物种组成相似,此外,相机位点 25 号与梅花鹿距离较近,表明该位点更容易拍摄到梅花鹿。在鸟类的排序图中,白颈长尾雉和白鹇距离位点 12 号、17 号、30 号和 31 号较近,表明这些位点拍摄到白颈长尾雉和白鹇的概率高(图 5—图 6)。

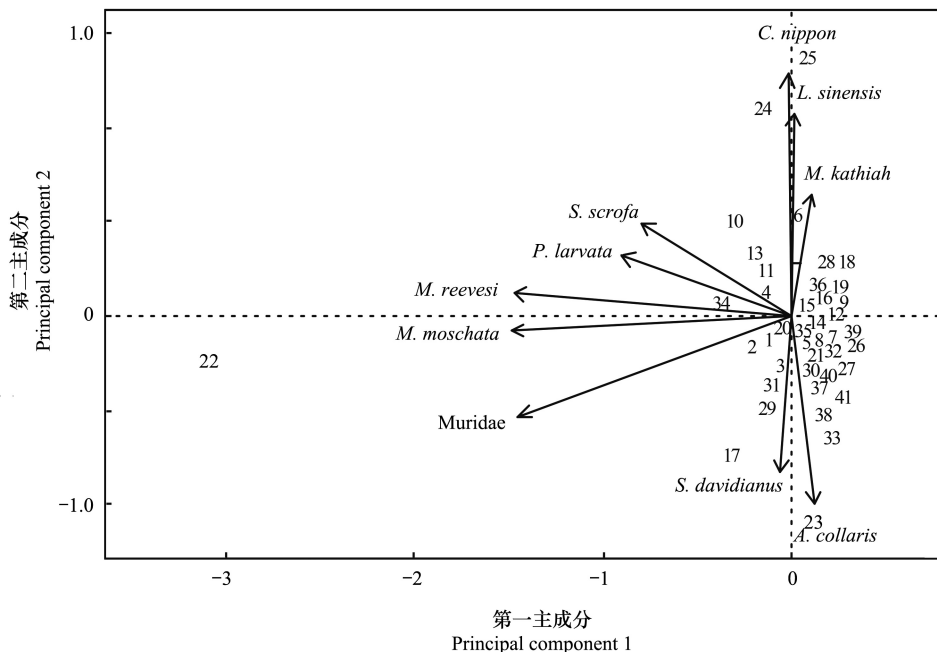


图 5 兽类物种与位点 PCA 排序图

Fig.5 PCA ordination diagram of mammal and site

A. collaris: 猪獾; *C. nippon*: 梅花鹿; *L. sinensis*: 华南兔; *M. kathiah*: 黄腹鼬; *M. moschata*: 鼬獾; *M. reevesi*: 小鹿; *Muridae*: 鼠; *P. larvata*: 花面狸; *S. davidianus*: 岩松鼠; *S. scrofa*: 野猪

4 讨论

我国各级自然保护区是我国生物多样性保护的重要区域,对保护区内野生动物资源进行清查和长期监测是保护区重要职责之一^[10,28]。本研究利用红外相机,系统性地调查了江西省桃红岭梅花鹿国家级自然保护区内的兽类和鸟类多样性,获得了大量的野生动物图片和视频资料。调查中共鉴定 16 种兽类和 46 种,分别占桃红岭保护区已记录到的兽类和鸟类种数的 36% 和 27%^[29]。说明了红外相机适用于调查大中型兽类和鸟类资源,这与李晟等研究得出的结论相似^[30]。

拍摄率可以作为衡量野生动物相对丰富度的一个指标^[23]。不同生境下红外相机的拍摄率表明了动物对不同植被类型的喜爱和偏好程度^[31]。保护区内的红外相机位点分为 4 种不同的生境类型:草甸、灌丛、阔叶林和针叶林。不同生境下的拍摄率依次为灌丛>阔叶林>针叶林>草甸,表明保护区大部分鸟类和兽类更偏好于在灌丛区域活动。这与李佳^[32]等在分析梅花鹿对生境的选择中表明梅花鹿更偏向于草丛和灌丛的研究结果相似。

在森林生态系统中开展鸟类监测主要获得的是林下鸟类的信息数据,主要原因可能是因为相机固定在树干上,其镜头对应的拍摄范围与大多数鸟类的活动范围不对应^[4,7]。因此,相比之下,鸟类的季节和月份独立有效照片数明显低于兽类。兽类和鸟类在春季和夏季监测到的独立有效照片数多,在秋季和冬季时监测到的独立有效照片少。兽类在 5 月和 7 月份监测到的独立有效照片最多,鸟类在 4 月份监测到的独立有效照片最多。表明保护区内兽类月活动的高峰期是 5 月和 7 月,鸟类月活动高峰期是 4 月。从季节来看,保护区内野生动物在春季和夏季最活跃。研究区域内的动物独立有效照片数随季节发生相应的变化,这可能与不同季节

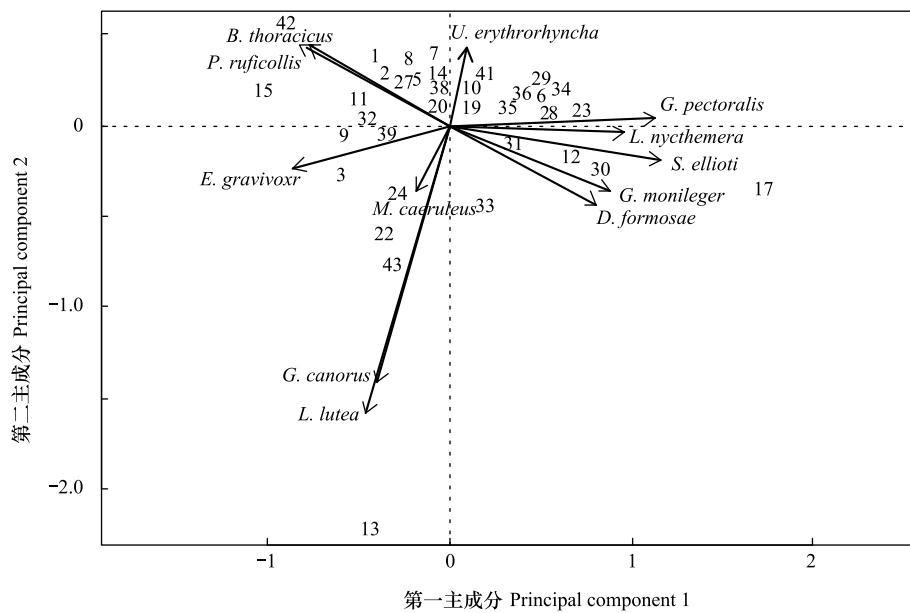


图 6 鸟类物种与位点 PCA 排序图

Fig.6 PCA ordination diagram of avian and site

S.ellioti:白颈长尾雉;*L.nycthemera*:白鹇;*B.thoracicus*:灰胸竹鸡;*M.caeruleus*:紫啸鸫;*L.lutea*:红嘴相思鸟;*G.canorus*:画眉;*G.monileger*:小黑领噪鹛;*P.ruficollis*:棕颈钩嘴鹛;*U.erythrorhyncha*:红嘴蓝鹊;*E.gravivoxr*:斑胸钩嘴鹛;*G.pectoralis*:黑领噪鹛;*D.formosae*:灰树鹊

的食物资源有关^[33]。

在生物对气候变化响应的背景下,物种在海拔梯度上的分布挑战了我们对生态系统的理解^[34]。物种丰富度沿海拔梯度的变化格局及其形成机制一直是生态学和生物多样性研究的重要议题,不同海拔梯度中的环境因子对物种丰富度的影响,成为生态学家研究物种丰富度以及分布规律的重要研究对象^[35-36]。桃红岭梅花鹿国家级自然保护区内布设的相机位点按海拔分为 0—200 m 和 200—500 m 两个梯度,在基于个体丰度条件下的稀疏外推曲线中可以看出,兽类在两个海拔梯度中取样充分,0—200 m 海拔中观察到的物种数和估计值都高于 200—500 m。鸟类在 0—200 m 海拔抽样充分,且物种多样性明显高于 200—500 m,主要原因是在 200—500 m 海拔中抽样不充分以及相机对应的拍摄范围与大部分鸟类的活动范围不一致。低海拔监测到的鸟兽较多,高海拔监测到的鸟兽较少,这可能与相机位点有关,因为在 0—200 m 海拔中布设了 52 台相机,监测范围广,所以监测的物种多,在 200—500 m 海拔区域中仅布设了 8 台相机,导致监测到的物种多样性有差异。不同海拔梯度中物种的多样性存在一定差异,这与 Longino 等研究者在研究不同海拔梯度中物种组成和多样性等研究结果相似^[34]。

PCA 分析是研究多个定量变量间相关性的一种多元统计方法,常被用来寻找某种事物和现象的综合指标,并将综合指标所蕴含的信息适当解释以揭示事物的内在规律^[27,31]。排序图表明,相机位点与拍摄到的物种相关性明显,也表明根据公里网格安放的红外相机是合理的。红外相机技术为长时间监测野生动物提供了契机^[37],目前,安装在保护区内的红外相机仍在监测中,获得的数据和信息为保护区野生动物的生态研究和保护管理提供了重要信息来源。

致谢:感谢桃红岭梅花鹿国家级自然保护区工作人员对野外调查的帮助。

参考文献 (References):

- [1] Brodie J F, Giordano A J, Ambu L. Differential responses of large mammals to logging and edge effects. *Mammalian Biology*, 2015, 80(1): 7-13.
- [2] Muldoon K M, Goodman S M. Primates as predictors of mammal community diversity in the forest ecosystems of Madagascar. *PLoS One*, 2015, 10(9): e0136787.

- [3] Parsons A W, Bland C, Forrester T, Baker-Whetton M C, Schuttler S G, McShea W J, Costello R, Kays R. The ecological impact of humans and dogs on wildlife in protected areas in eastern North America. *Biological Conservation*, 2016, 203: 75-88.
- [4] 包欣欣, 刘丙万. 黑龙江凉水水和丰林保护区鸟类和兽类多样性. *生态学报*, 2018, 38(2): 502-510.
- [5] 陈佑平, 蒋仕伟, 赵联军, 黄俊忠. 四川王朗自然保护区大熊猫及其栖息地监测. *四川动物*, 2003, 22(1): 49-50.
- [6] 古晓东, 杨志松, 王刚. 四川省大熊猫保护区生态监测现状分析. *四川动物*, 2004, 23(2): 146-148.
- [7] 刘芳, 宿秀江, 李迪强, 王本忠, 张自亮. 利用红外相机调查湖南高望界国家级自然保护区鸟兽多样性. *生物多样性*, 2014, 22(6): 779-784.
- [8] Carbone C, Christie S, Conforti K, Coulson T, Franklin N, Ginsberg J R, Griffiths M, Holden J, Kawanishi K, Kinnaird M, Laidlaw R, Lynam A, Macdonald D W, Martyr D, McDougal C, Nath L, O'Brien T, Seidensticker J, Smith D J L, Sunquist M, Tilson R, Wan Shahruddin W N. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation*, 2001, 4(1): 75-79.
- [9] Wegge P, Pokheral C P, Jnawali S R. Effects of trapping effort and trap shyness on estimates of tiger abundance from camera trap studies. *Animal Conservation*, 2004, 7(3): 251-256.
- [10] 李晟, 王大军, 肖治术, 李欣海, 王天明, 冯利民, 王云. 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*, 2014, 22(6): 685-695.
- [11] 张履冰, 崔绍朋, 黄元骏, 陈代强, 乔慧捷, 李春旺, 蒋志刚. 红外相机技术在我国野生动物监测中的应用: 问题与限制. *生物多样性*, 2014, 22(6): 696-703.
- [12] 高依敏, 余斌, 王洁清, 吴问国, 高彬. 桃红岭自然保护区梅花鹿对栖息地的利用性. *江西科学*, 2009, 27(6): 877-878, 891-891.
- [13] 蒋志刚, 徐向荣, 刘武华, 李春林, 李春旺, 卢学理, 肖金朋, 李言阔, 汤宋华, 平晓鸽, 李峰, 罗振华, 方红霞, 余斌, 章建华, 陈启俊, 高依敏, 吴建冬, 吴问国, 王淋波, 吴业飞, 朱欢兵, 王超, 代杰, 应霞, 王洁清, 刘钊, 陈静, 李琳琳, 陈代强, 张小伟, 崔绍朋, 李佳, 袁芳凯, 张斌斌, 朱建华, 高红志, 李洪宾, 陈裕禄, 陈永江, 林忠华, 王缘, 张楚, 周倩涵. 桃红岭国家级自然保护区梅花鹿种群现状. *野生动物*, 2012, 33(6): 305-308.
- [14] 李佳, 李言阔, 缪沪君, 谢光勇, 袁芳凯. 江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价. *生态学报*, 2014, 34(5): 1274-1283.
- [15] 吴问国, 朱文, 高依敏, 王洁清, 王良珍. 江西桃红岭梅花鹿自然保护区生物多样性现状. *野生动物*, 2012, 33(4): 221-224.
- [16] 付义强, 胡锦矗, 郭延蜀, 朱欢兵, 刘武华, 王业生. 桃红岭自然保护区梅花鹿对春季栖息地的利用. *动物学杂志*, 2006, 41(4): 60-63.
- [17] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鸮, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽. 中国脊椎动物红色名录. *生物多样性*, 2016, 24(5): 500-551.
- [18] Smith A T, 解焱. 中国兽类野外手册. 陈延熹, 译. 长沙: 湖南教育出版社, 2009.
- [19] 约翰·马敬能, 卡伦·菲力普斯. 中国鸟类野外手册. 何芬奇, 译. 长沙: 湖南教育出版社, 2000.
- [20] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第三版). 北京: 科学出版社, 2017.
- [21] 中国野生动植物保护司. 中国人民共和国野生动物保护法//国家重点保护野生动物名录. 北京: 中国法制出版社, 1989.
- [22] 马鸣, 徐峰, Chundawat R S, Jumabay K, 吴逸群, 艾则孜, 朱玛洪. 利用自动照相术获得天山雪豹拍摄率与个体数量. *动物学报*, 2006, 52(4): 788-793.
- [23] Liu X H, Wu P F, Songer M, Cai Q, He X B, Zhu Y, Shao X M. Monitoring wildlife abundance and diversity with infra-red camera traps in Guanyinshan Nature Reserve of Shaanxi Province, China. *Ecological Indicators*, 2013, 33: 121-128.
- [24] 陈声文, 余建平, 陈小南, 申小莉, 李晟, 马克平. 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. *兽类学报*, 2016, 36(3): 292-301.
- [25] Colwell R K, Chao A, Gotelli N J, Lin S Y, Mao C X, Chazdon R L, Longino J T. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 2012, 5(1): 3-21.
- [26] Hsieh T C, Ma K H, Chao A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 2016, 7(12): 1451-1456.
- [27] Borcard D, Gillet F, Legendre P. 数量生态学-R语言的应用. 赖江山, 译. 高等教育出版社, 2014: 106-118.
- [28] Morrison J C, Sechrest W, Dinerstein E, Wilcove D S, Lamoreux J F. Persistence of large mammal faunas as indicators of global human impacts. *Journal of Mammalogy*, 2007, 88(6): 1363-1380.
- [29] 蒋志刚. 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, 2009: 88-108.
- [30] Li S, McShea W J, Wang D J, Shao L K, Shi X G. The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in Sichuan Province, China. *IBIS*, 2010, 152(2): 299-309.
- [31] 李广良, 李迪强, 薛亚东, 王秀磊, 杨敬元, 余辉亮. 利用红外相机研究神农架自然保护区野生动物分布规律. *林业科学*, 2014, 50(9): 97-104.
- [32] 李佳, 李言阔, 缪沪君, 谢光勇, 袁芳凯. 桃红岭国家级自然保护区梅花鹿和野猪秋季生境选择差异. *四川动物*, 2015, 34(2): 300-305.
- [33] 贾晓东, 刘雪华, 杨兴中, 武鹏峰, Songer M, 蔡琼, 何祥博, 朱云. 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*, 2014, 22(6): 737-745.
- [34] Longino J T, Colwell R K. Density compensation, species composition, and richness of ants on a neotropical elevational gradient. *Ecosphere*, 2011, 2(3): 29.
- [35] Gaston K J. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 2000, 405(6783): 220-227.
- [36] 郑智, 龚大洁, 孙呈祥, 李晓军, 李万江. 秦岭两栖、爬行动物物种多样性海拔分布格局及其解释. *生物多样性*, 2014, 22(5): 596-607.
- [37] 李佳, 刘芳, 叶立新, 刘胜龙, 彭辉, 李迪强. 利用红外相机调查浙江省凤阳山兽类和鸟类多样性. *兽类学报*, 2018, 38(1): 95-103.