

DOI: 10.5846/stxb201712282340

程建祥, 黄相相, 陈东东, 鲍毅新. 清凉峰国家级自然保护区华南梅花鹿分布及活动规律. 生态学报, 2018, 38(22): - .

Cheng J X, Huang X X, Chen D D, Bao Y X. Study on the distribution and activity patterns of *Cervus pseudaxis* in the Qingliangfeng National Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): - .

## 清凉峰国家级自然保护区华南梅花鹿分布及活动规律

程建祥, 黄相相, 陈东东, 鲍毅新\*

浙江师范大学生态研究所, 金华 321004

**摘要:**2014 年 12 月至 2016 年 12 月, 在浙江清凉峰国家级自然保护区的千顷塘区域, 利用网格式红外相机法, 对华南梅花鹿的分布及活动规律进行研究。结果显示, 华南梅花鹿在千顷塘区域的核心区、缓冲区和实验区均有分布。其中华南梅花鹿在 1200—1300 m 的高海拔区域拍摄率最高 (10.32%), 其次是 700—800 m 的区域, 而 600—700 m 的低海拔区域最低; 在 6 种不同植被类型中, 落叶阔叶林中拍摄率最高 (4.60%), 其次是针叶林, 而常绿阔叶林最低。华南梅花鹿各月份的日活动差异指数  $\alpha$  存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 冬季的  $\alpha$  值的平均数明显高于其他 3 季, 这表明华南梅花鹿在冬季的活动时间分配相对其他季节更不均匀, 活动时间较为集中。华南梅花鹿各月份间的昼行性指数  $\beta$  存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 年度各月份  $\beta$  值的平均值为 0.60 ( $> 13/24$ ), 表明华南梅花鹿是一种昼行性动物。利用季节性活动强度指数  $\gamma$  发现, 华南梅花鹿四季活动有两个低谷期 (10:00—11:00 和 19:00—20:00),  $\gamma$  值不存在显著差异 ( $P > 0.05$ ), 而日活动高峰期一般有 3 个 (7:00—9:00, 12:00—14:00, 17:00—19:00)。

**关键词:**千顷塘; 华南梅花鹿; 红外相机技术; 分布; 活动规律

## Study on the distribution and activity patterns of *Cervus pseudaxis* in the Qingliangfeng National Nature Reserve

CHENG Jianxiang, HUANG Xiangxiang, CHEN Dongdong, BAO Yixin\*

Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

**Abstract:** From December 2014 to December 2016, a grid-type infrared camera method was used to study the distribution and activity patterns of *Cervus pseudaxis* in the Qianqingtang area of the Qingliangfeng National Nature Reserve in the Zhejiang Province. The results showed that *Cervus pseudaxis* in the Qianqingtang area was distributed in the core zone, buffer zone and experimental zone, and had the highest shooting rate (10.32%) in the high-altitude area of 1200—1300 m, followed by that in the area of 700—800 m, while the lowest rate was in the low altitude area of 600—700 m. Among the 6 different vegetation types, the highest shooting rate (4.60%) was found in the deciduous broad-leaved forest, followed by coniferous forest, while the shooting rate in the evergreen broad-leaved forest was the lowest. There was a significant difference ( $P < 0.01$ ) in daily activity difference index  $\alpha$  among *Cervus pseudaxis* individuals. The average  $\alpha$  value in winter was significantly higher than that in the other three seasons, which indicates that the activity time of *Cervus pseudaxis* in winter is not uniform compared to that in the other seasons, and the activity time is more concentrated during winter. There was a significant difference in the daytime index  $\beta$  among *Cervus pseudaxis* individuals ( $P < 0.01$ ). The average value of  $\beta$  in each month of the year was 0.60 ( $> 13/24$ ), which indicated that *Cervus pseudaxis* is a diurnal animal. Using the seasonal activity intensity index  $\gamma$ , it was found that there were two troughs (10:00—11:00 and 19:00—20:00) in the four seasons

基金项目: 清凉峰国家级自然保护区资助项目 (KJH2014051)

收稿日期: 2017-12-28; 网络出版日期: 2018-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sky90@zjnu.cn

for *Cervus pseudaxis*. There was no significant difference in the  $\gamma$  values ( $P>0.05$ ) and there were three daily activity peaks (7:00—9:00, 12:00—14:00, and 17:00—19:00).

**Key Words:** Qianqingtang; *Cervus pseudaxis*; Infrared-triggered camera; distribution; activity patterns

野生动物种群数量少,活动范围广,警惕性比较高,在野外调查中不仅不易发现其活动痕迹,更难以观察到实体,再加上许多动物只分布于人烟稀少的森林,靠人工监测很难取得比较好的效果。红外相机技术也被称作红外触发拍摄技术,在野外不需要人工操作,自动对经过红外相机的野生动物进行拍照或摄像<sup>[1]</sup>。红外相机作为对野生动物进行“非损伤”性采样的技术,已成为研究动物多样性、种群生态学及行为学的常用手段之一<sup>[2-5]</sup>,得到了广泛的应用。王长平等<sup>[6]</sup>利用红外相机收集的数据对秦岭观音山自然保护区内野猪(*Sus scrofa*)的行为进行了分析,结果表明在不同季节,野猪的主要行为是不同的,春夏季以走动为主,而秋冬季以采食为主。章书声等<sup>[7]</sup>利用红外相机技术对黑麂(*Muntiacus crinifrons*)的日活动节律和季节性变化进行了探讨,结果表明在冬季,黑麂的日活动时间不均匀,而在夏季,黑麂的日活动时间比较均匀;在黑麂活动的季节性变化中,春季、夏季、秋季呈现双峰模式,而冬季则变成单峰模式。胡磊<sup>[8]</sup>利用红外相机监测技术在内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区分析了马鹿(*Cervus elaphus*)的日活动节律及其季节性变化,结果表明马鹿日活动节律存在显著的季节性变化,秋冬两季的活动强度最强,春夏两季的活动强度相当,春夏两季,马鹿出现晨昏活动两个高峰时段。除偶蹄目动物之外,利用红外相机技术也研究了很多物种的行为和日活动节律,例如绿尾虹雉(*Lophophorus lhuysii*)<sup>[9]</sup>、红腹角雉(*Trgopan temminckii*)<sup>[10]</sup>、白鹇(*Lophura nycthemera*)<sup>[11]</sup>、灰腹噪鹛(*Garrulax henrici*)<sup>[12]</sup>、豹猫(*Prionailurus bengalensis*)<sup>[13]</sup>、大沙鼠(*Rhombomys opimus*)<sup>[14]</sup>、子午沙鼠(*Meriones meridianus*)<sup>[14]</sup>等。

华南梅花鹿(*Cervus pseudaxis*)隶属于偶蹄目(Artiodactyla)鹿科(Cervidae)鹿属(*Cervus*),已经被国际列为濒危物种,也是我国的I级重点保护动物<sup>[15]</sup>。本文在清凉峰国家级自然保护区采用红外相机技术研究华南梅花鹿的日活动时间分布、季节性变化等,以探讨其栖息地选择及日活动节律,旨在为梅花鹿的研究提供数据支持以及为梅花鹿的保护提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 地域概况

浙江清凉峰国家级自然保护区(118°50′—119°12′E, 30°01′—30°18′N)位于浙江省西北部,地处浙江省临安市境内,坐落在天目山脉,最高峰为清凉峰(海拔高度1787.4 m)。浙江清凉峰国家级自然保护区总面积112.52 km<sup>2</sup>,由千顷塘(56.90 km<sup>2</sup>)、龙塘山(44.82 km<sup>2</sup>)、顺溪(10.80 km<sup>2</sup>)3个区域组成<sup>[16]</sup>(图1)。千顷塘区域位于整个保护区的北部,主要保护华南梅花鹿,而龙塘山区域和顺溪区域主要保护濒危植物。本区域属浙西山地丘陵区,是浙西北地势最高峻区,主要地貌类型为侵独剥蚀中山,山岳高峻,峰峦起伏,通常接近上部和岗顶,坡度平缓,山岗多浑圆而波状起伏。地处中亚热带季风气候区,气候温暖湿润,光照充足,四季分明。降雨量充沛,年平均降水量约1500—2000 mm,3—6月和8—9月降雨量较为集中,湿度相对较大。保护区属于中亚热带常绿阔叶林地带北部边缘,浙皖山丘青冈、苦槠林栽培植被区,地带性植被主要是以青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、木荷(*Schima superba*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)为优势(建群)种构成的常绿阔叶林。作为主要保护对象的华南梅

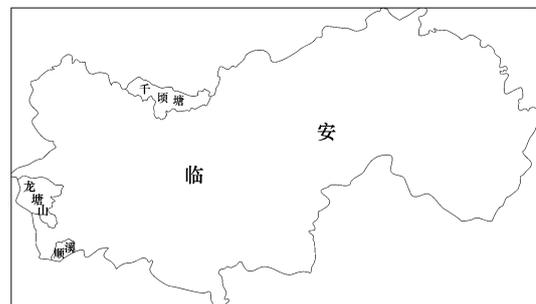


图1 浙江清凉峰国家级自然保护区地理位置示意图  
Fig.1 Location of study area in the National Nature Reserve of Qingliangfeng, Zhejiang Province

花鹿,主要分布在千顷塘区域。因此,本实验选择千顷塘区域布设红外相机,开展华南梅花鹿的分布及活动规律研究。

## 1.2 红外相机法

### 1.2.1 红外相机布设方法

2014年12月至2016年12月,在浙江清凉峰国家级自然保护区的千顷塘区域采用网格法(1 km×1 km)布设红外相机,将每个网格的中心位置作为红外相机安放位点,如果网格内的保护区面积只占一部分,则将相机布设于保护区范围内。

通过手持GPS引导,在野外找到预设的红外相机位置,在其附近20 m范围内选择实际相机布设位点(主要考虑靠近动物活动痕迹及路径的位置)。安放红外相机前对红外相机进行参数设置,再按照合适的离地高度(离地70—80 cm),将红外相机捆绑于大小合适的大型乔灌木上,记录安放时间和红外相机实际安放地点的植被类型、经纬度和海拔高度等原始数据信息。安放时尽量避免阳光直射红外相机镜头,以免对红外相机的正常运转和拍摄效果产生影响。

### 1.2.2 相机点位

根据绘制的清凉峰国家级自然保护区千顷塘区域红外相机网格图(图2),进行红外相机的布设。其中14号网格内的保护区面积较小,30号网格为军事管制区,所以均未放置相机;53、56、57号网格因在放置中发现红外相机故障且无备用相机而没有放置;保护区在22号和23号网格内人工设置了食物基地,因此我们在食物基地加密放置了59、60、61、62和63号相机。因此,整个保护区内共布设了58台红外相机,其布设位点的基本信息见表1。

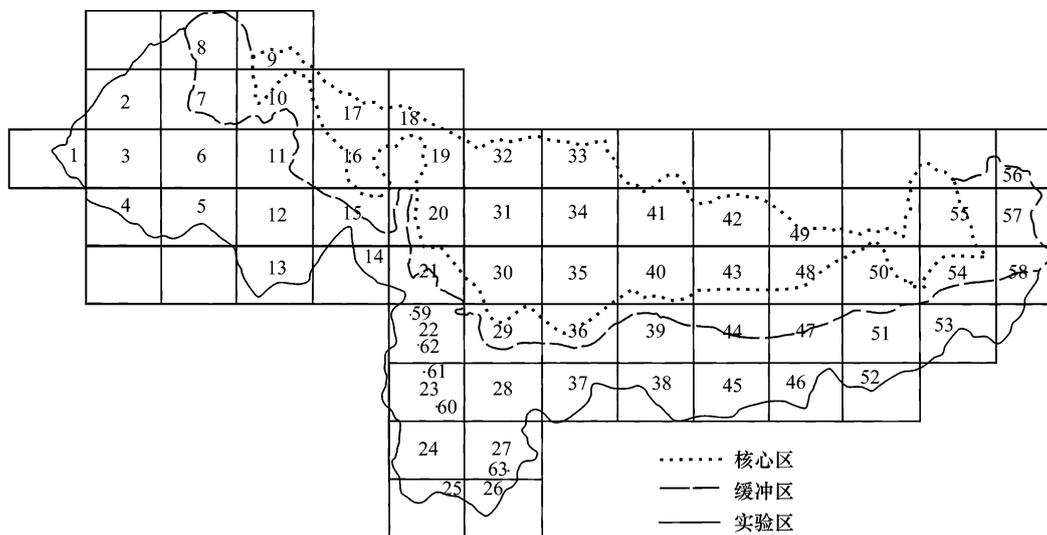


图2 千顷塘区域布设红外相机的网格位置

Fig.2 Location of the infrared triggered camera in Qianqingtang

表1 千顷塘区域红外相机布设点基本信息

Table 1 Place the coordinates of the infrared camera in the Qianqingtang

相机编号 Camera number	北纬 North latitude/N	东经 East longitude/E	海拔 Elevation/m	生境 Habitat
1	30°18'6.08"	119°3'42.00"	1031	DBF
2	30°18'46.00"	119°4'7.20"	850	CF
3	30°18'14.07"	119°4'8.70"	804	CF
4	30°17'59.06"	119°4'19.22"	862	CF

续表

相机编号 Camera number	北纬 North latitude/N	东经 East longitude/E	海拔 Elevation/m	生境 Habitat
5	30°17'47.29"	119°4'53.88"	710	CF
6	30°18'7.96"	119°5'3.29"	805	CF
7	30°18'40.01"	119°4'57.79"	1095	DBF
8	30°19'17.41"	119°4'56.26"	1183	CF
9	30°19'2.03"	119°5'47.02"	1038	DBF
10	30°18'41.62"	119°5'41.59"	915	CF
11	30°18'12.46"	119°5'35.85"	763	MF
12	30°17'38.46"	119°5'36.62"	912	EBF
13	30°17'18.55"	119°5'34.80"	937	CF
15	30°17'49.19"	119°6'24.33"	1259	CF
16	30°18'17.21"	119°6'28.71"	1207	CF
17	30°18'45.39"	119°6'24.58"	1202	MF
18	30°18'40.23"	119°6'55.41"	1175	DBF
19	30°18'16.66"	119°7'10.39"	1123	DBF
20	30°17'43.27"	119°7'2.62"	1163	DBF
21	30°17'7.27"	119°7'1.37"	1188	MF
22	30°16'43.18"	119°7'4.99"	1047	MF
23	30°16'15.17"	119°7'5.05"	1037	MF
24	30°15'45.84"	119°7'6.14"	1027	CF
25	30°15'21.47"	119°6'59.04"	1015	CF
26	30°15'25.07"	119°7'40.20"	850	CF
27	30°15'46.61"	119°7'47.39"	922	CF
28	30°16'4.02"	119°7'54.33"	1154	DBF
29	30°16'41.70"	119°7'49.64"	1234	MF
31	30°17'46.80"	119°7'54.90"	1108	DBF
32	30°18'15.00"	119°7'54.20"	1240	DBF
33	30°18'17.10"	119°8'38.90"	1063	DBF
34	30°17'44.20"	119°8'36.30"	965	DBF
35	30°17'16.40"	119°8'37.00"	882	DBF
36	30°16'43.01"	119°8'36.64"	1151	DBF
37	30°16'16.96"	119°8'36.80"	1107	MF
38	30°16'17.10"	119°9'27.20"	922	MF
39	30°16'40.00"	119°9'17.50"	884	MF
40	30°17'13.50"	119°9'16.20"	1127	DBF
41	30°17'51.90"	119°9'21.40"	1146	DBF
42	30°17'53.70"	119°9'48.40"	1032	EBF
43	30°17'36.10"	119°9'46.40"	1038	MF
44	30°16'49.98"	119°9'55.03"	842	DBF
45	30°16'14.09"	119°10'09.97"	614	CF
46	30°16'15.02"	119°10'58.94"	968	MF
47	30°16'47.28"	119°10'57.82"	1103	DBF
48	30°17'17.63"	119°10'54.11"	1173	DBF
49	30°17'36.84"	119°10'47.48"	1159	CF
50	30°17'30.40"	119°11'36.00"	1006	DBF
51	30°16'44.80"	119°11'24.90"	840	SH
52	30°16'05.40"	119°11'37.10"	717	MF

续表

相机编号 Camera number	北纬 North latitude/N	东经 East longitude/E	海拔 Elevation/m	生境 Habitat
54	30°17'18.40"	119°12'43.60"	821	SH
55	30°17'44.70"	119°12'25.61"	902	DBF
58	30°17'17.70"	119°12'57.70"	824	SH
59	30°16'49.97"	119°6'57.46"	1160	RP
60	30°16'2.15"	119°7'6.02"	970	RP
61	30°16'20.70"	119°7'0.58"	1093	RP
62	30°16'39.91"	119°6'56.65"	1158	RP
63	30°15'37.23"	119°7'57.85"	1011	RP

DBF:落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest; CF:针叶林 Coniferous forest; MF:针阔混交林 Mixed coniferous and broad-leaved forest; EBF:常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest; SH:灌木林 Shrubbery; RP:萝卜种植地 Radish plantations

红外相机位点海拔最低点为 45 号相机(614 m),最高点为 15 号相机(1259 m),海拔垂直梯度变化达到 645 m。红外相机放置位点的植被类型包括落叶阔叶林、常绿阔叶林、针叶林、针阔混交林、灌木林和种植地等 6 种,基本涵盖调查区域的主要植被类型,其它的植被型如灌草丛、草丛等地由于不易安放及视野开阔相机容易丢失等原因没有进行红外相机的安放。

### 1.2.3 照片的处理

取回红外相机的照片后,及时进行照片整理,对拍摄到的兽类照片进行详细分类和鉴定,并记录其拍摄时间、拍摄地点、连拍张数等基本数据。为了消除因同一种动物个体而拍摄的连续多张照片的干扰,通常把同一红外相机拍摄到的同一物种照片,时间相隔 30 min 以上的认为是该物种的独立照片。

## 1.3 数据处理

### 1.3.1 华南梅花鹿的空间分布

每个网格放置的红外相机如获得华南梅花鹿的照片,我们认为该网格所覆盖的地区为华南梅花鹿的分布区,反之则不是;将每个网格中红外相机所获得的华南梅花鹿独立照片  $p_i$  累加后与独立照片总数  $P_i$  的比值作为华南梅花鹿分布强度参数  $F$ ,即:

$$F = \sum_{i=1}^n p_i / \sum_{i=1}^N P_i \times 100\%$$

式中, $n$ :表示拍摄到梅花鹿的相机数。 $N$ :表示所放置的总相机数。

### 1.3.2 华南梅花鹿的拍摄率

拍摄率(RT)以每个红外相机在有效工作日拍到的华南梅花鹿独立照片数为衡量标准,有效工作日是指每台相机工作周期内除去相机维护、损坏并正常运转的天数,按以下公式计算:

$$\text{拍摄率}(\%) = \text{该物种被拍摄的独立照片数} / \text{该相机有效工作日} \times 100$$

### 1.3.3 华南梅花鹿的活动节律

以日活动差异指数  $\alpha$ (Daily-discrepancy index, DDI),昼行性指数  $\beta$ (Diurnal-nocturnal index, DNI),季节性活动强度指数  $\gamma$ (Seasonal-activity index, SAI)对华南梅花鹿活动节律进行研究,具体计算公式如下:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n r_i^2 \quad \beta = \sum_{i=6}^{18} r_i \quad \gamma = \frac{P_{i-3}}{N_3}$$

将每天的时间划分为连续的 24 个单位取样间隔(例如 01:00—02:00 等)。

式中, $i$ :记录时间点数量,时间相隔为 1 h,全天候拍摄华南梅花鹿的活动状况。 $t_i$ :第  $i$  个数据点的时间值,如 7:00—8:00 的时间值为 7,13:00—14:00 的时间值为 13。 $P_i$ :每个月  $t_i$  时刻拍摄到的华南梅花鹿独立照片数, $P_{i-3}$  表示每个季度  $t_i$  时刻拍摄到华南梅花鹿的独立照片数。 $N$ :表示每个月内拍摄到华南梅花鹿的独立照片总数, $N_3$  表示每个季度内拍摄到华南梅花鹿的独立照片总数。 $r_i$ :表示  $t_i$  时刻的相对活动强度,定义为  $t_i$  时刻内

拍摄到的华南梅花鹿独立照片数占  $N$  的比例。

日活动差异指数  $\alpha$  可以用于指示华南梅花鹿日活动时间分配的均匀程度,  $\alpha$  的数值越大, 则表明华南梅花鹿一天的活动时间分配越不平均。昼行性指数  $\beta$  是用来确定华南梅花鹿是昼行性动物还是夜行性动物。若是  $\beta$  的估算值大小等于  $13/24$  (约等于  $0.54$ ), 表明华南梅花鹿活动不存在显著的昼夜性差异;  $\beta > 13/24$ , 表明以昼行性为主;  $\beta < 13/24$ , 表明以夜行性为主<sup>[17]</sup>。而  $\gamma$  指标参数用于指示华南梅花鹿活动峰型的季节变化。

## 2 结果与分析

### 2.1 华南梅花鹿的空间分布

两年中共得到 56 台相机(其中 12 号和 63 号相机丢失和损坏而不统计在内)的数据, 拍摄到华南梅花鹿独立照片 1470 张。在千顷塘区域中, 华南梅花鹿在核心区、缓冲区和实验区都有分布, 位于核心区的天池周边地区和位于实验区的大源塘水库周边地区是华南梅花鹿的主要分布区(图 3)。

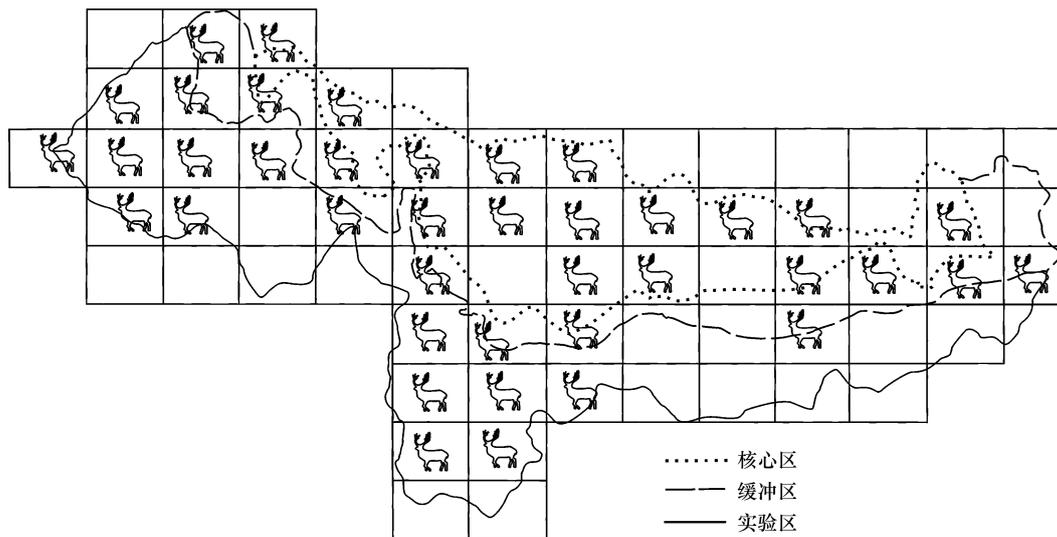


图 3 千顷塘区域华南梅花鹿的分布

Fig.3 Distribution map of *Cervus pseudaxis* in Qianqingtang

从表 2 中可见, 在所有的红外相机位点中, 15 号位点的华南梅花鹿分布强度参数  $F$  最高(11.90%), 其次是 18 号位点和 5 号位点(分别为 7.96% 和 7.41%)。华南梅花鹿在保护区分布广泛, 5、15 和 18 号相机位点的华南梅花鹿分布强度参数值均位于前列, 3 台相机所在位点都在保护区边界区域, 而位于临近昌化镇的红外相机位点(38、45、46、52 号), 华南梅花鹿的分布强度参数值接近于零, 说明该区域基本上不存在华南梅花鹿的活动。从表 3 中可见, 核心区的平均分布强度最高(2.52%), 其次是缓冲区(1.49%), 实验区最低(1.42%)。

### 2.2 华南梅花鹿的栖息地选择

本研究所安置的红外相机海拔跨度在 600—1300 m 之间, 布放在落叶阔叶林、常绿阔叶林、针叶林、针阔混交林、灌木林和种植地等 6 种植被类型环境中。结果显示, 在不同海拔(表 4)、植被类型(表 5)条件下华南梅花鹿的拍摄率不同。

从海拔高度来看, 拍摄率的大小依次为 1200—1300 m > 700—800 m > 1100—1200 m > 1000—1100 m > 800—1000 m, 在海拔高度最高的区域拍摄率也最高, 在海拔较低的区域拍摄率也相对较低, 而在海拔高度为 700—800 m 的区域也有着较高的拍摄率。在不同植被类型中, 落叶阔叶林的拍摄率最高, 然后依次为针叶林、种植地、针阔混交林、灌木林, 而常绿阔叶林最低。

表 2 千顷塘区域华南梅花鹿分布强度指数

Table 2 Distribution Index of *Cervus pseudaxis* in Qianqingtang

位点 Site	平均值 Average	分布强度 Distribution intensity/%	位点 Site	平均值 Average	分布强度 Distribution intensity/%	位点 Site	平均值 Average	分布强度 Distribution intensity/%
1	4.5	1.22	22	6.8	1.84	42	4.3	1.16
2	1.3	0.34	23	1.5	0.41	43	0.3	0.07
3	0.5	0.14	24	8.3	2.24	44	0.0	0.00
4	2.3	0.61	25	3.0	0.82	45	0.0	0.00
5	27.3	7.41	26	0.3	0.07	46	0.0	0.00
6	4.5	1.22	27	0.8	0.20	47	3.0	0.82
7	10.5	2.86	28	8.8	2.38	48	7.5	2.04
8	6.3	1.70	29	11.3	3.06	49	7.5	2.04
9	7.0	1.90	31	11.0	2.99	50	8.8	2.38
10	5.5	1.50	32	14.0	3.81	51	1.0	0.27
11	0.5	0.14	33	5.3	1.43	52	0.0	0.00
13	0.8	0.20	34	1.8	0.48	54	3.8	1.02
15	43.8	11.9	35	2.0	0.54	55	2.8	0.75
16	5.8	1.56	36	3.0	0.82	58	0.3	0.07
17	19.5	5.31	37	4.8	1.29	59	10.5	2.86
18	29.3	7.96	38	0.0	0.00	60	1.0	0.27
19	24.3	6.60	39	0.3	0.07	61	9.8	2.65
20	12.8	3.47	40	1.5	0.41	62	1.3	0.34
21	5.8	1.56	41	10.3	2.79			

表 3 不同区域华南梅花鹿分布强度指数

Table 3 Distribution Index of *Cervus pseudaxis* in different area

分布区 Distribution area	有效照片总数 Independent photos	总照片数 Total number of photos	相机数 Number of cameras	平均强度 Average intensity/%
核心区 Core zone	666	1470	18	2.52
缓冲区 Buffer zone	197	1470	9	1.49
实验区 Experimental zone	607	1470	29	1.42

表 4 华南梅花鹿在不同海拔中的拍摄率

Table 4 Shooting rate of *Cervus pseudaxis* at different elevations

海拔段 Elevation section/m	相机有效工作日 Camera effective working day/d	独立照片数 Number of independent photos	相机数 Number of cameras/台	拍摄率 Shooting rate/%
600—700	730	0	1	0.00
700—800	2190	111	3	5.07
800—900	8030	64	11	0.80
900—1000	5840	50	8	0.86
1000—1100	8760	279	12	3.18
1100—1200	11680	589	16	5.04
1200—1300	3650	377	5	10.32
合计 Total	40880	1470	56	

## 2.3 华南梅花鹿的活动节律

### 2.3.1 华南梅花鹿日活动时间分布和昼夜差异

表 6 为每天各个时间段拍摄的华南梅花鹿独立照片数,图 4 为各月份华南梅花鹿的日活动差异指数  $\alpha$  和

昼行性指数  $\beta$ 。

表 5 华南梅花鹿在不同植被中的拍摄率

Table 5 Percentage of *Cervus pseudaxis* under different vegetation types

生境 Habitat	相机有效工作日 Camera effective working day/d	独立照片数 Number of independent photos	相机数 Number of cameras /台	拍摄率 Shooting rate/%
DBF	14600	671	20	4.60
CF	11680	470	16	4.02
MF	8760	217	12	2.48
RP	2920	91	4	3.12
SH	2190	19	3	0.87
EBF	730	2	1	0.27
合计 Total	40880	1470	56	

表 6 每天各个时间段拍摄的华南梅花鹿独立照片(总数)

Table 6 Independent photographs of *Cervus pseudaxis* taken at various times of the day (total)

时间段 $t_i$ Time period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
独立照片 $P_i$ Independent photo	52	42	42	40	86	82	78	65	47	49	38	46
时间段 $t_i$ Time period	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
独立照片 $P_i$ Independent photo	72	54	61	69	99	90	66	47	50	62	67	66

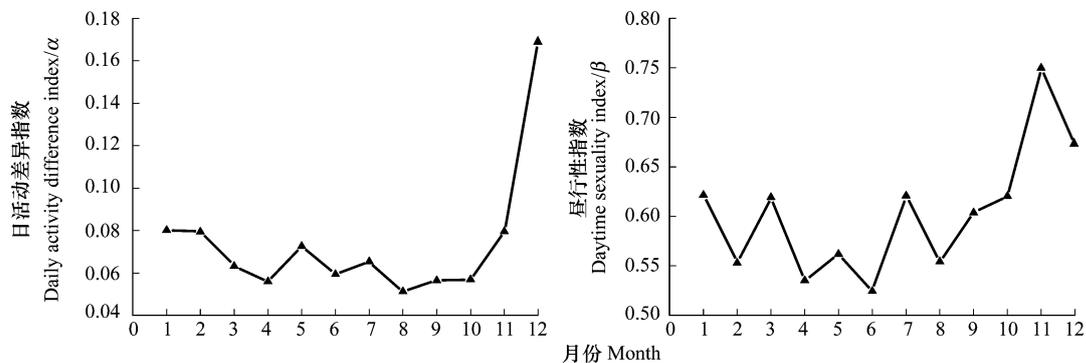


图 4 日活动差异指数( $\alpha$ )和昼行性指数( $\beta$ )的月变化

Fig.4 Monthly variation of daily activity difference index ( $\alpha$ ) and daytime sexuality index ( $\beta$ )

经 K-S 检验,华南梅花鹿在 12 个月份中的日活动差异指数  $\alpha$  以及昼行性指数  $\beta$  都符合正态分布 ( $P > 0.05$ ),各月份  $\alpha$  值存在极显著差异 ( $t = 8.143, df = 11, P < 0.01$ ),  $\beta$  值也存在极显著差异 ( $t = 32.656, df = 11, P < 0.01$ ) 且  $\beta$  值为  $0.60 > 13/24$ , 可以说明华南梅花鹿是昼行性动物,活动时间分配主要集中于白天且分布比较均匀。

### 2.3.2 华南梅花鹿活动的季节性差异

在春夏秋冬四个季节拍摄到的华南梅花鹿独立照片数分别为 225、394、548 和 303。两年各个季节  $\gamma$  值均不存在显著差异 ( $P > 0.05$ )。图 5 表示了不同季节华南梅花鹿的昼夜活动节律,可以看出华南梅花鹿在不同季节中的昼夜活动有两个比较明显的低谷期(10:00—11:00 和 19:00—20:00),且  $\gamma$  值不存在显著差异 ( $P > 0.05$ ),而活动高峰期一般有 3 个(7:00—9:00, 12:00—14:00, 17:00—19:00)。夏季、秋季和冬季的晨昏活动高峰期十分类似,而在春季略有不同。

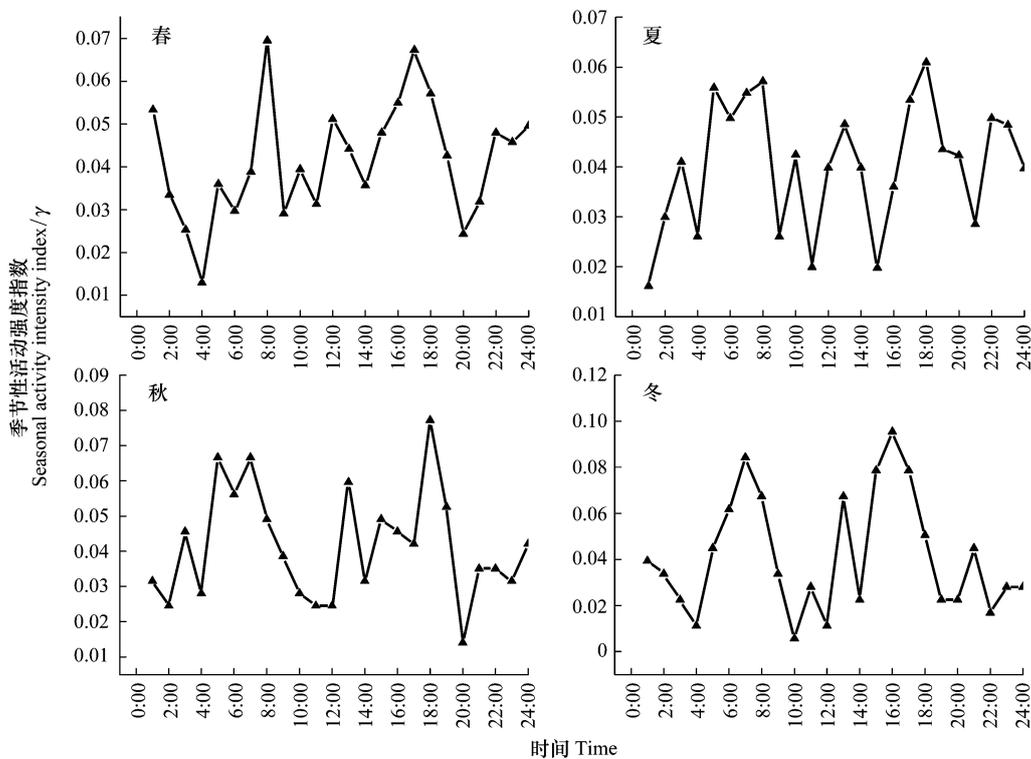


图5 华南梅花鹿不同季节昼夜活动节律

Fig.5 Circadian rhythm of *Cervus pseudaxis* in different seasons

### 3 讨论

#### 3.1 华南梅花鹿的空间分布及栖息地选择

华南梅花鹿在千顷塘区域的核心区、缓冲区和实验区都有分布,说明整个千顷塘区域是非常合适华南梅花鹿生存繁殖的一个区域。通过对不同区域华南梅花鹿分布强度的比较分析得出,核心区的平均分布强度最高,其次是缓冲区,实验区最低。在核心区,水资源丰富的天池和大源塘水库是华南梅花鹿的最主要分布区,可以满足华南梅花鹿对水源的需求<sup>[18]</sup>。缓冲区和实验区虽然也有分布,但分布强度相对偏低,华南梅花鹿的数量相对较少。而15号相机虽然不在核心区但拥有较高的分布强度,主要原因是该区域的海拔较高,又临近水库区域,华南梅花鹿分布在该区域可以满足对水源的需求。缓冲区和实验区以落叶阔叶林和针叶林为主,植被密度比较大,不利于华南梅花鹿的觅食。此外这两个区域存在着较大的人为干扰,影响华南梅花鹿的生存和繁殖。

在乔木层的植被类型中,落叶阔叶林和针叶林中华南梅花鹿的拍摄率相对较高,并有相对较高的活跃度,说明林间食物资源虽然不是非常丰富,但是乔木层能降低人为干扰,并能够为华南梅花鹿提供一定的保护。对拍摄到的照片进行分析,发现华南梅花鹿大都是处于行走状态,很少观察到在林间觅食或较长时间的驻足,说明这两种植被类型不是华南梅花鹿的主要觅食植被类型。马继飞等<sup>[19]</sup>利用多种生态因子对华南梅花鹿的栖息地选择进行了研究,发现在不同植被类型中,灌草丛和草甸-山地沼泽栖息地是华南梅花鹿选择的最主要的栖息地类型,处于植被初级演替阶段的草本灌丛和草甸-沼泽植被类型可以为华南梅花鹿提供十分丰富和有营养的食物,例如随着冬季的到来,一年生草本植物相继枯死,华南梅花鹿会更多地食用残留的果实来度过冬季,灌木丛还可为华南梅花鹿提供安全的隐蔽场所。杨月伟等<sup>[20]</sup>采用直接跟踪法和样方法对清凉峰自然保护区内华南梅花鹿的冬春栖息地特征进行了研究,发现华南梅花鹿对其栖息地有较强的选择性,华南梅花鹿对乔木层利用较少,乔木林仅是梅花鹿经过的区域,很少观察到在此取食或较长时间的停留。华南梅花鹿

的栖息地主要为灌丛和草坡。在保护区 22 号和 23 号网格内人工设置的食物基地也有一定的拍摄率,主要是因为萝卜种植地可以为梅花鹿提供丰富的食物。

### 3.2 华南梅花鹿的活动节律

冬季日活动差异指数  $\alpha$  值的平均数明显高于另外 3 个季节,表明相比于其他季节,华南梅花鹿在冬季的活动时间分配更不均匀,活动的时间可能相对比较集中。秋季的  $\alpha$  值均小于其他 3 个季节,则说明在秋季华南梅花鹿一天之内的活动时间分配相对均匀。可以认为,季节的变化会对华南梅花鹿的日活动差异产生较大的影响。在华南梅花鹿的昼夜活动研究中,夏季的  $\beta$  值均小于其他 3 个季节,这可能是因为在夏季白天光照太强,温度较高,活动时间会相对减少,而晚上和凌晨的活动时间会有所增加。而冬季的  $\beta$  值均高于其他 3 个季节,可能是因为白天气温较高,而晚上气温很低,所以华南梅花鹿在白天的活动时间也会相对增加。分析华南梅花鹿的昼行性指数  $\beta$  的平均值不难发现,华南梅花鹿是以晨昏型为主的昼行性动物。武鹏峰等<sup>[21]</sup>和连新明等<sup>[22]</sup>通过对多种兽类行为的研究发现有蹄类动物大都具有晨昏活动的活动节律,活动高峰期一般出现在早晨和傍晚。本文得出的结果与之相符。

季节性活动强度指数  $\gamma$  是用来分析动物的活动模式,探讨动物的活动高峰时间段。华南梅花鹿在一天之内有 3 个活动高峰,与刘振生等<sup>[23]</sup>研究结果相符合,而普氏原羚 (*Procapra przewalskii*)<sup>[24]</sup>、白唇鹿 (*Gervus albirostris*)<sup>[25]</sup>等物种也存在这种情况。章书声等<sup>[7]</sup>的研究结果发现黑鹿也属于昼行性动物并具有相对的活动高峰时间段,但是只有两个活动高峰。华南梅花鹿等食草性的动物,以早晨和傍晚为主的活动节律对其生存有着至关重要的作用,其有利性一般有两个方面:一是在早晨进行觅食,植物叶子上具有露珠能够为其提供一部分水分,傍晚活动则可以减少阳光暴晒来避免体内水分过快丧失;二是大大提高自身的安全性,降低了寻找水源和食物时被天敌捕猎的危险性<sup>[26]</sup>。

致谢:感谢中国计量大学徐爱春副教授和清凉峰国家级自然保护区管理局对本项研究的指导和帮助。

### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Cutler T L, Swann D E. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin*, 1999, 27(3): 571-581.
- [ 2 ] O'Connell A F, Nichols J D, Karanth K U. *Camera traps in animal ecology*. New York Springer, 2011
- [ 3 ] McCallum J. Changing use of camera traps in mammalian field research: habitats, taxa and study types. *Mammal Review*, 2013, 43(3): 196-206.
- [ 4 ] 裴家骥, 陈朝圳, 吴守从, 滕民强. 利用自动照相设备与地理资讯系统研究森林野生动物族群之空间分布. *中华林学季刊*, 1997, 30(3): 279-289.
- [ 5 ] 马鸣, 徐峰, Munkhtsog B, 吴逸群, McCarthy T, McCarthy K. 新疆雪豹种群密度监测方法探讨. *生态与农村环境学报*, 2011, 27(1): 79-83.
- [ 6 ] 王长平, 刘雪华, 武鹏峰, 蔡琼, 邵小明, 朱云, Songer M. 应用红外相机技术研究秦岭观音山自然保护区内野猪的行为和丰富度. *兽类学报*, 2015, 35(2): 147-156.
- [ 7 ] 章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 方平福, 叶彬. 基于红外相机技术的黑鹿活动节律. *兽类学报*, 2012, 32(4): 368-372.
- [ 8 ] 胡磊. 基于红外自动相机技术的马鹿和狍活动节律与马鹿集群行为[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [ 9 ] 唐卓, 杨建, 刘雪华, 王鹏彦, 李周园, Simon L C. 利用红外相机研究卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉的活动规律. *四川动物*, 2017, 36(5): 582-587.
- [ 10 ] 李佳, 刘芳, 李迪强, 徐海青, 蒋军. 基于红外相机监测分析的红腹角雉日活动节律. *林业科学*, 2017, 53(7): 170-176.
- [ 11 ] 余建平, 钱海源, 陈小南, 李晟, 申小莉. 基于红外相机技术的白鹇日活动节律研究. *动物学杂志*, 2017, 52(6): 937-944.
- [ 12 ] 高红梅, 王忠斌, 于晶晶, 杨晓林, 宗诚. 西藏林芝灰腹噪鹛 (*Garrulax henrici*) 繁殖生态及行为节律. *生态学杂志*, 2017, 36(7): 1917-1922.
- [ 13 ] 章书声, 李佳琦, 郑而重, 吴友贵, 刘菊莲, 陈小南, 徐爱春. 基于红外相机技术监测浙江省自然保护区豹猫生存状况. *浙江林业科技*, 2017, 37(4): 12-17.
- [ 14 ] 程晓甜, 杨永刚, 成东辉, 吴世明, 吴仪. 利用红外相机监测荒漠林鼠类及天敌活动规律研究. *防护林科技*, 2017, (7): 23-26.
- [ 15 ] Wemmer C. *Deer: Status Survey and Conservation Action Plan*. Gland, Switzerland: IUCN, 1998.
- [ 16 ] 翁东明. 浙西屋脊——清凉峰. *浙江林业*, 2004, (10): 38-38.
- [ 17 ] 宛新荣, 王梦军, 刘伟, 王广和, 钟文勤. 啮齿动物活动模式的几种数值指标. *兽类学报*, 2002, 22(3): 211-217.

- [18] 盛和林. 中国鹿类动物. 上海: 华东师范大学出版社, 1992.
- [19] 马继飞, 张恩迪, 章叔岩, 翁东明. 清凉峰自然保护区梅花鹿秋季对栖息地利用的初步分析. 动物学杂志, 2004, 39(5): 35-39.
- [20] 杨月伟, 章叔岩, 程爱兴. 华南梅花鹿冬春栖息地的特征. 东北林业大学学报, 2002, 30(6): 57-60.
- [21] 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 何祥博, Songer M, 朱云, 邵小明. 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. 兽类学报, 2012, 32(1): 67-71.
- [22] 连新明, 李晓晓, 颜培实, 张同作, 苏建平. 夏季可可西里雌性藏原羚行为时间分配及活动节律. 生态学报, 2012, 32(3): 663-670.
- [23] 刘振生, 吴建平, 腾立微. 散放条件下春季梅花鹿行为时间分配的研究. 生态学杂志, 2002, 21(6): 29-32.
- [24] 陈立伟, 冯祚建, 蔡平, 李永波, 陈洪舰, 蒋志刚. 普氏原羚昼间行为时间分配的研究. 兽类学报, 1997, 17(3): 172-183.
- [25] 何利军, 丁由中, 王小明, 夏述忠. 半圈养条件下白唇鹿行为时间分配及活动规律的研究. 生态学杂志, 2001, 20(2): 27-29.
- [26] 原宝东, 孔繁繁. 哺乳动物活动节律研究进展. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 1056-1058, 1162-1162.