

章书声 鲍毅新* 王艳妮 方平福 叶彬

(浙江师范大学生态研究所, 金华 321004)

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2012) 04-0368-05

ZHANG Shusheng, BAO Yixin^{*}, WANG Yanni, FANG Pingfu, YE Bin

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

Key words: Activity pattern; Black muntjac (*Muntiacus crinifrons*); Infrared camera

thera pardus var.) 经常通宵达旦地搜寻猎物行踪 (Foster and Humphrey, 1995)。美洲豹 (*Panthera onca*) 和金猫 (*Catopuma temminckii*) 减少夜间活动, 主要活跃在黎明和黄昏以便最大限度契合偶蹄类的活动节律 (Azlan and Sharma, 2006)。为了逃避人类捕杀的胁迫和种内竞争, 拍摄发现美国黑熊 (*Ursus americanus*) 在秋天夜间活动加剧 (Bridges *et al.*, 2004)。一般认为昼夜更替是活动节律的决定因素, 遗传因素、食物、能量、性别、繁殖状况、社群因素、种间竞争以及天气状况等属于主导因素 (宋玉成, 2009)。不同动物的日活动模式的主导因素显然不同, 白昼时间长短的季节性变化是

作者简介: 章书声 (1987 -) 男, 硕士研究生, 主要从事动物生态学研究。

收稿日期: 2012-04-17; 修回日期: 2012-07-04

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

制约动物活动节律的一个重要因素（孟秀祥等，2002；刘振生等，2005）。基于黑麂活动节律研究的缺乏，本文在古田山自然保护区利用红外相机技术研究黑麂的日活动时间分布和季节变化，以探讨黑麂的活动节律。

1 研究方法

1.1 地域概况

古田山国家级自然保护区（29°10′19.4″N ~ 29°17′41.4″N，118°03′49.7″E ~ 118°11′12.2″E）位于浙江省开化县境内西北部，属典型中亚热带季风气候区，四季分明。该保护区主要以白颈长尾雉（*Syrnaticus reevesii*）、黑麂及其栖息地为保护对象（胡正华等，2004），区内保存着完好的以甜槠（*Castanopsis eyrei*）和木荷（*Schima superba*）等为主要优势种的常绿阔叶林，保护区总面积 81 km²，其中核心区面积为 15.5 km²，为森林的长期生物多样性动态监测和机理研究提供了很好的研究基地（李立等，2010）。根据古田山的气候特征，四季划分为春季 3 ~ 5 月，夏季 6 ~ 8 月，秋季 9 ~ 11 月，冬季 12 月至翌年 2 月。

1.2 相机布放方法

2010 年 6 月至 2011 年 8 月，在古田山沿海拔 300 ~ 1 100 m 共布置 58 台视保嘉 SG550 红外相机。相机具体布放模式及相机数据资料收集方法参见相关论文（章书声等，2012）。

1.3 数据处理与分析

对地点或时间相近，连续拍摄的黑麂照片比对相同侧面、部位的斑纹、体型、毛色等特征，以判断是否属同一次数，不同次数的照片定义为独立照片（Independent photograph, IP）。将每天的时间划分为连续的 24 个单位取样间隔（例如 00:00 ~ 01:00 等）。本文要涉及的术语定义如下：

i ：记录时间点数目，时间间隔为 1 h，全天 24 h 拍摄黑麂的日活动模式。

t_i ：第 i 个数据点的时间值，如 8:00 ~ 9:00 的时间值为 8，17:00 ~ 18:00 的时间值为 17。

p_i ：在 t_i 时刻拍摄到黑麂 IP 数，其中 p_i 表示每月 t_i 时刻拍摄到黑麂 IP 数， p_{i-3} 表示每个季度 t_i 时刻拍摄到黑麂 IP 数。

N ：观察期间样地内黑麂个体总数，以 N 表示每个月内拍摄黑麂总 IP 数， N_3 表示每个季节内拍摄黑麂总 IP 数。

r_i ： t_i 时刻的相对活动强度，定义为 t_i 时刻内

拍摄到的黑麂 IP 数占样地内 N 的比例即 $r_i = \frac{p_i}{N}$ （宛新荣等，2006）。

利用以上数据对黑麂活动强度的日活动差异指数 α （Daily-discrepancy index, DDI），昼行性指数 β （Diurnal-nocturnal index, DNI），季节性活动强度指数 γ （Seasonal-activity index, SAI）进行计算，公式如下：

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

日活动差异指数 α 用于衡量动物日活动时间分配的均匀程度， α 的数值越大，表明黑麂 1 d 之内活动时间分配越不均匀。昼行性指数 β 用于判别黑麂究竟属于昼行性还是夜行性。如果 β 的数值接近 13/24（约为 0.54），表示活动没有明显的昼夜差别； $\beta > 13/24$ ，表明黑麂以昼行性为主； $\beta < 13/24$ ，表明以夜行性为主（宛新荣等，2002）。 γ 指标适于比较黑麂活动峰型的季节变化。

所有数据利用 SPSS 18.0 和 Excel 2003 处理。数据分析过程中，数据都先采用单样本 K-S 检验方法（One-sample Kolmogorov-Smirnov test）进行数据的正态性检验，其中 $P \leq 0.05$ 为显著差异， $P \leq 0.01$ 为极显著差异， $P > 0.05$ 为差异不显著。用 Origin 8.0 作图软件绘制图表。

2 结果

2.1 日活动时间分布和昼行性差异

研究期间每天 24 h 不间断监测黑麂的日活动时间分配结果如表 1 所示。共拍摄黑麂 IP 338 张，经 K-S 检验，各个月份日活动差异指数 α 和昼行性指数 β （图 1）均符合正态分布（ $P > 0.05$ ），各月份 α 值存在极显著差异（ $t = 11.003$ ， $df = 14$ ， $P < 0.01$ ）， β 值也存在极显著差异（ $t = 23.268$ ， $df = 14$ ， $P < 0.01$ ）且 β 值为 $0.55 > 13/24$ 。

2.2 季节差异

在 5 个季节（2010 年夏、秋、冬、2011 年春和夏）拍摄黑麂 IP 数分别为 62，78，41，66 和 99。经 K-S 检验，季节性活动强度指数 γ 不符合正态分布（ $P < 0.01$ ）。两个夏季 γ 值不存在显著差异（Mann-Whitney U 检验， $Z = -0.705$ ， $P = 0.481 > 0.05$ ）。独立多样本 Kruskal-wallis 检验前 4 季（2010.6 ~ 2011.5）活动峰型（无论低谷还是高峰，下同） γ 值不存在显著差异（ $\chi^2 = 1.764$ ， $df = 3$ ， $P = 0.623 > 0.05$ ），后 4 季（2010.9 ~

2011.8) 活动峰型 γ 值也不存在显著差异 ($\chi^2 = 2.144, df=3, P=0.543 > 0.05$) (图 2)。

表 1 2010 年 6 月至 2011 年 8 月每天各个时间段拍摄黑鹿独立照片 (平均值)

Table 1 Independent photos of black muntjac captured per time interval during June 2010 to August 2011

时间段 (t_i) Time interval	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
黑鹿独立照片 (p_i)	4	5	5	3	12	37	37	11	3	6	4	9
Independent photo of black muntjac												
时间段 (t_i) Time interval	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
黑鹿独立照片 (p_i)	6	7	7	13	38	56	31	8	10	11	7	8
Independent photo of black muntjac												

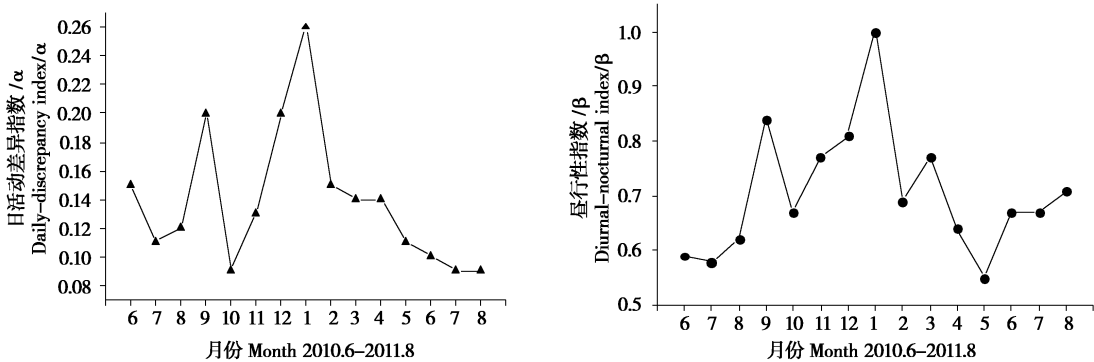


图 1 日活动差异指数 (α) 和昼行性指数 (β) 的月变化

Fig. 1 The monthly change of daily-discrepancy index (α) and diurnal-nocturnal index (β)

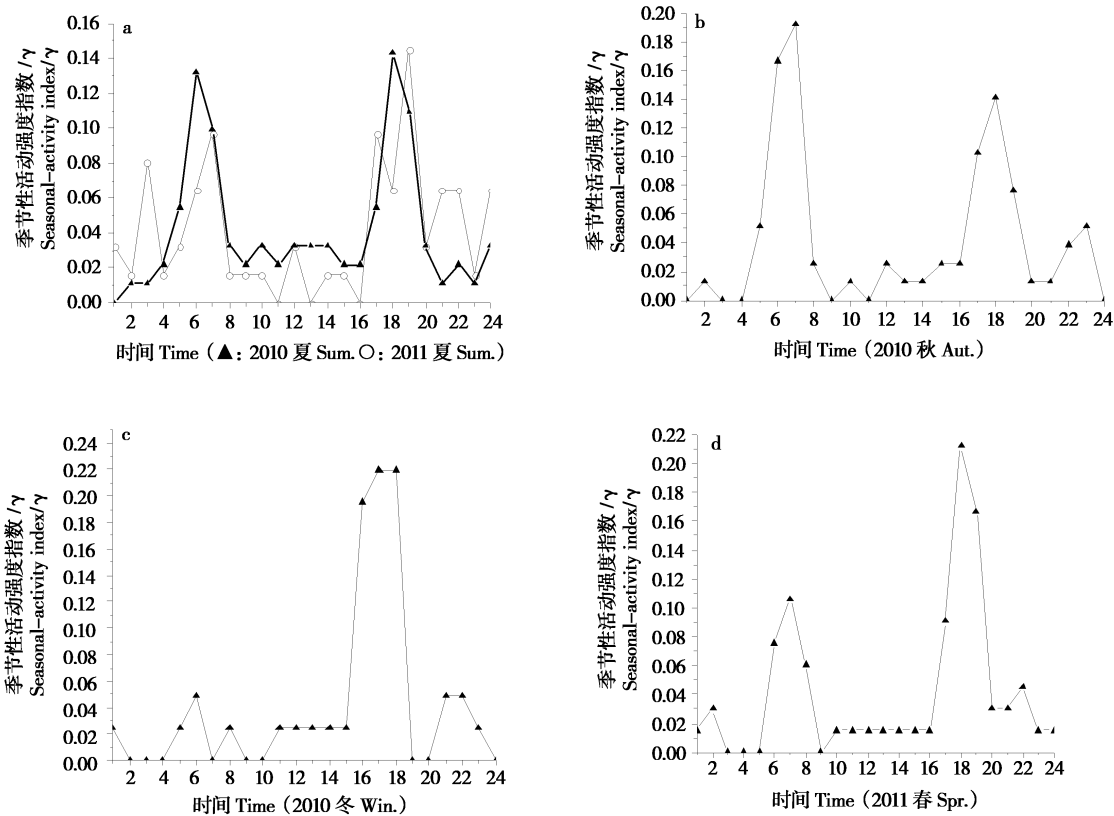


图 2 黑鹿昼夜活动节律季节变化

Fig. 2 Seasonal changes in the daily activity patterns of black muntjac

3 讨论

李明富等 (2011) 研究发现动物的活动强度与被相机拍摄到的概率呈正相关, 相对活动强度指数越高, 说明动物在此时间段内更加活跃。日活动差异指数 α 主要衡量动物日活动强度的差异程度, 本研究中黑麂的各月份日活动差异指数 α 存在极显著差异 ($P < 0.01$), 冬季 3 个月份的 α 值高于其他 3 季, 说明冬季黑麂的活动时间分配并不均匀, 活动主要集中于某一时间段。两个夏季的 α 值均小于其他 3 季, 说明夏季黑麂在 1 d 之内活动时间分配相对均匀。2010 年 9 月份由于在古田山 24 hm² 大样地内进行植物多样性调查, 人类干扰程度较大, 此月黑麂的活动时间为不均匀分布。

连新明等 (2012) 对有蹄类行为的研究证实大多数有蹄类具有晨昏活动的行为节律, 活动高峰期出现在日出和日落前后。武鹏峰等 (2012) 利用红外相机对 6 种兽类动物的活动节律进行了研究总结, 发现有蹄类动物具有晨昏活动的行为节律。本研究发现各月份昼行性指数 β 差异极显著 ($P < 0.01$), 且 β 值为 $0.55 > 13/24$, 说明黑麂属于以晨昏型为主的昼行性动物, 活动时间集中于白天且均匀分布, 可以验证日活动差异指数和昼行性指数的折线图比较相像。但在夏季白天由于阳光强, 气温高, 活动时间会相对减少, 而晚上甚至深夜活动时间相对增加。

原宝东和孔繁繁 (2011) 的研究结果也认为偶蹄目一般属于白昼型并具有相对的活动高峰。季节性活动强度指数 γ 就是甄别黑麂的活动究竟接近于 (或者属于) 单峰型还是双峰型。本研究发现黑麂四季活动低谷期 (11:00 ~ 15:00, 1:00 ~ 4:00) γ 值不存在显著差异 ($P > 0.05$)。但 1 d 之内一般有 2 个活动高峰期 (6:00 ~ 8:00, 17:00 ~ 20:00), 春、夏和秋季的晨昏活动高峰期类似; 冬季可能由于光照时间缩短, 黑麂在早晨的活动高峰期不明显, 黄昏的活动高峰也提前至 15:00 ~ 19:00, 以尽可能延长活动时间。对于黑麂等草食性动物, 晨昏型的活动节律对其的有利性体现于两个方面, 一是早晨的嫩叶或草具有露水能够提供水分; 二是有利于降低搜寻水源时被捕猎的危险性, 也可躲避正午的阳光减少体内水分散失 (原宝东和孔繁繁, 2011)。

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.

Bridges A S, Vaughan M R, Klenzendorf S. 2004. Seasonal variation in American black bear *Ursus americanus* activity patterns: quantification via remote photography. *Wildlife Biology*, **10** (4): 277 - 284.

Foster M L, Humphrey S R. 1995. Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, **23** (1): 95 - 100.

Hu Z H, Yu M J, Wu R J, He D L. 2004. Discussion on exploitation of ecotourism in Gutian Mountain National Nature Reserve in Zhejiang Province. *Economic Geography*, **24** (4): 539 - 541, 545. (in Chinese)

Li L, Chen J H, Ren H B, Zhu X C, Yu M J, Yang B. 2010. Spatial patterns of *Castanopsis eyrei* and *Schima superba* in mid-subtropical broad-leaved evergreen forest in Gutianshan National Reserve, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, **34** (3): 241 - 252. (in Chinese)

Li M F, Li S, Wang D J, William J M, Guan T P, Chen L M. 2011. The daily activity patterns of takin *Budorcas taxicolor* in winter and spring at Tangjiahe Nature Reserve, Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, **30** (6): 850 - 855. (in Chinese)

Lian X M, Li X X, Yan P S, Zhang T Z, Su J P. 2012. Behavioural time budgets and diurnal rhythms of the female Tibetan gazelles in the Kekexili National Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, **32** (3): 663 - 670. (in Chinese)

Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y, Li X Q. 2005. Seasonal variation of diurnal activity budgets by blue sheep (*Pseudois nayaur*) with different age-sex classes in Helan Mountain. *Zoological Research*, **26** (4): 350 - 357. (in Chinese)

Meng X X, Yang Q S, Feng Z J, Xia L, Wang P M, Jiang Y W, Bai Z Q, Li G L. 2002. Preliminary studies on active patterns during summer, autumn and winter seasons in captive alpine musk deer. *Acta Theriologica Sinica*, **22** (2): 87 - 97. (in Chinese)

Song Y C, Zhao H, Shi L. 2009. Daily activity rhythm and its affecting environmental factors of *Teratoscincus roborowskii*. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, **32** (1): 22 - 25. (in Chinese)

Wan X R, Liu W, Wang G H, Wang M J, Zhong W Q. 2006. Seasonal changes of the activity of Brandt's vole (*Lasiopodomys brandtii*) in the typical steppe in Inner Mongolia. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (3): 226 - 234. (in Chinese)

Wan X R, Wang M J, Liu W, Wang G H, Zhong W Q. 2002. Numerical for evaluating the activity patterns of rodent species. *Acta Theriologica Sinica*, **22** (3): 211 - 217. (in Chinese)

Wu P F, Liu X H, Cai Q, He X B, Melissa S, Zhu Y, Shao X M. 2012. The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi. *Acta Theriologica Sinica*, **32** (1): 67 - 71. (in Chinese)

Yuan B D, Kong F F. 2011. Research on mammal activity rhythm. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, **39** (2): 1056 - 1058, 1162. (in Chinese)

Zhang S S, Bao Y X, Wang Y N, Fang P F, Ye B. 2012. Compari-

- sons of different camera trap placement patterns in monitoring mammal resources in Gutianshan National Nature Reserve. *Chinese Journal of Ecology*, **31** (8): 2016–2022. (in Chinese)
- 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英, 李新庆. 2005. 贺兰山岩羊不同年龄和性别昼间时间分配的季节差异. *动物学研究*, **26** (4): 350–357.
- 宋玉成, 赵蕙, 时磊. 2009. 吐鲁番沙虎的活动节律及其影响因子分析. *新疆农业大学学报*, **32** (1): 22–25.
- 李立, 陈建华, 任海保, 朱湘成, 于明坚, 杨波. 2010. 古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析. *植物生态学报*, **34** (3): 241–252.
- 李明富, 李晟, 王大军, William J M, 官天培, 谌利民. 2011. 四川唐家河自然保护区扭角羚冬春季日活动模式研究. *四川动物*, **30** (6): 850–855.
- 连新明, 李晓晓, 颜培实, 张同作, 苏建平. 2012. 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*, **32** (3): 663–670.
- 孟秀祥, 杨奇森, 冯祚建, 夏霖, 王培民, 蒋应文, 白正清, 李国林. 2002. 圈养马麝夏秋冬活动格局的比较. *兽类学报*, **22** (2): 87–97.
- 宛新荣, 王梦军, 刘伟, 王广和, 钟文勤. 2002. 啮齿动物活动模式的几种数值指标. *兽类学报*, **22** (3): 211–217.
- 宛新荣, 刘伟, 王广和, 王梦军, 钟文勤. 2006. 典型草原区布氏田鼠的活动节律及其季节变化. *兽类学报*, **26** (3): 226–234.
- 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 何祥博, Melissa S, 朱云, 邵小明. 2012. 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*, **32** (1): 67–71.
- 胡正华, 于明坚, 吴荣军, 何都良. 2004. 浙江古田山国家级自然保护区生态旅游开发探讨. *经济地理*, **24** (4): 539–541, 545.
- 原宝东, 孔繁繁. 2011. 哺乳动物活动节律研究进展. *安徽农业科学*, **39** (2): 1056–1058, 1162.
- 章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 方平福, 叶彬. 2012. 不同相机布放模式在古田山兽类资源监测中的比较. *生态学杂志*, **31** (8): 2016–2022.