

帚尾豪猪活动节律及其与月光周期的相关性

温立嘉 郭玉民* 黄建 宋阳

北京林业大学自然保护区学院 北京 100083

摘要: 2012年10月至2013年4月,在西藏墨脱县雅鲁藏布江河谷海拔1200 m附近的山地亚热带常绿阔叶林生境中,使用固定红外相机拍摄的方法,对帚尾豪猪(*Atherurus macrourus*)的活动情况进行记录。将记录到帚尾豪猪在每月每日各时间段的出现频次与月光周期相对应,计算帚尾豪猪的夜行性指数、活动模式和相对丰富度指数,分析帚尾豪猪的活动节律与月光周期的相关性。结果显示,帚尾豪猪为典型的夜行性动物,其活动模式为单峰型,每天的活动高峰为21:00~0:00时。帚尾豪猪的活动节律与月光周期存在相关性($R^2 = 0.897$):新月期和残月期活动较频繁,在活动不频繁的满月期显现晨昏活动趋向;上弦月期仅在上半夜(20:00~1:00时)活动,下弦月期仅在下半夜(1:00~6:00时)活动。帚尾豪猪强烈回避月光,或许是为了降低捕食风险。

关键词: 帚尾豪猪; 活动节律; 月光周期; 捕食风险; 西藏墨脱

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 03-347-06

The Activity Rhythm of the Asiatic Brush-tailed Porcupine *Atherurus macrourus* and Its Correlation with the Phases of the Moon

WEN Li-Jia GUO Yu-Min* HUANG Jian SONG Yang

School of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: During October 2012 and April 2013, we recorded the activities of the Asiatic brush-tailed porcupine (*Atherurus macrourus*) in the subtropical upland evergreen broad-leaved forest (elevation at 1200 m) of Yalu Tsangpo valley, Medog, Tibet, using camera traps. Matching the occurrence of the Asiatic Brush-tailed Porcupine in each month and day with the moon period (Table 1), we calculated the nocturnal index, activity pattern, relative abundance index and analyzed the correlation between the activity rhythm of the Asiatic Brush-tailed Porcupine and the phases of the moon. The results indicated that Asiatic Brush-tailed Porcupine was typically nocturnal with a single activity peak during 21:00 and 0:00 (Fig. 1). The activity rhythm of the Asiatic brush-tailed porcupine appeared to have a correlation with the phases of the moon (camera 7: $R^2 = 0.898$; camera 10: $R^2 = 0.862$; other camera: $R^2 = 0.784$; all camera: $R^2 = 0.897$) (Fig. 2): frequent occurrence was recorded at the new moon and waning crescent moon, while rare occurrence was at the full moon, and the occurrence during this period mostly concentrated on dawn and dusk; the occurrence

* 通讯作者, E-mail: bird168@126.com;

第一作者介绍 温立嘉, 男, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类生态学和保护生物学; E-mail: wenlj1992@126.com。

收稿日期: 2015-07-31, 修回日期: 2015-11-27 DOI: 10.13859/j.cjz.201603002

were only recorded in 20:00 - 1:00 at the waxing moon and 1:00 - 6:00 at the waning moon (Table 2). The obvious avoidance of the Asiatic brush-tailed porcupine to the moonlight may bring about a low risk of predation.

Key words: Asiatic brush-tailed porcupine; Activity rhythm; Phases of the moon; Predation risk; Medog Tibet

活动节律是动物每天进行各种活动的一个相对稳定的行为程序(唐华兴等 2011),是动物行为学研究的一个重要方面(Halle et al. 2000)。每种动物都有其特有的活动节律,并与其周围的环境有着密切的联系(石红艳等 2003)。一些学者对部分有蹄类动物(吉晟男等 2014)、爬行动物(邵发道等 1998)和啮齿动物(李俊生等 2003)的活动节律进行了研究。关于野生动物活动规律与月光周期的关系,国外学者通过对南非小沙鼠属(*Gerbillurus*)、更格卢鼠属(*Dipodomys*)等啮齿动物的研究表明,小型夜行性哺乳动物在明亮的月光下相对不活跃,其活动节律表现为强烈的月光回避性(Bowers 1990, Hughes et al. 1994)。我国对月光周期与野生动物活动关系的研究较少,仅有魏万红等(2002)对艾虎(*Mustela eversmanii*)室内和野外的研究显示,光照强度和月光周期对艾虎的活动没有明显影响。

帚尾豪猪(*Atherurus macrourus*)隶属啮齿目(Rodentia)豪猪科(Hystricidae)帚尾豪猪属。分布于四川、云南、贵州等地(Smith et al. 2009)。2014年作为西藏动物分布的新纪录在墨脱地区被发现(温立嘉等 2014)。本研究使用红外相机记录帚尾豪猪的活动,统计其在各时间段出现的频次,确定帚尾豪猪的活动节律,探讨其活动性与月光周期的关系。

1 研究地区及方法

西藏东南部是全球 34 个物种最丰富且受威胁最严重的生物多样性热点地区之一(Myers et al. 2000)。本项研究在西藏东南部墨脱县(27°34' ~ 29°56'N, 93°46' ~ 96°05'E)的雅鲁藏布江河谷海拔 1 200 m 附近的山地亚热带常绿阔叶林进行。墨脱县总面积约 30 000 km²

海拔 200 ~ 7 787 m。受喜马拉雅山的阻断和复杂的地质环境影响,该地区野生动物资源丰富,现记录有哺乳动物 72 ~ 73 种,鸟类 385 种(郭光普 2004, 温立嘉等 2014, Li et al. 2015)。

在兽径、倒木和巨石附近布设 12 部红外相机(型号 Ltl5210, 深圳维可信科技发展有限公司)。记录时间从 2012 年 10 月至 2013 年 4 月。每台相机设置为 24 h 工作,以北京时间设置日期和时间,拍摄频率设置为每次记录连拍 3 张照片和 1 段录像,每段录像的时间为 60 s,连拍间隔 5 s,两次记录间隔 60 s。

统计各相机所记录的帚尾豪猪出现次数及对应时间。连续的 3 张照片和 1 段录像记为 1 次。分析帚尾豪猪的日活动节律,按照通常评估啮齿动物活动模式的指标(宛新荣等 2002),计算帚尾豪猪的夜行性指数 β 、活动模式 γ 和相对丰富度指数 I_a (relative abundance index, RAI),分析帚尾豪猪活动规律与月光周期的关系。根据月亮的周期变化并参考以往的研究(Duncan et al. 1999)将阴历的初一至三十分为 5 个时期,即新月期(初一至初七)、上弦月期(初八至十一)、满月期(十二至十九)、下弦月期(二十至二十三)和残月期(二十四至三十)。统计 5 个时期帚尾豪猪出现的频次及对应时间。

相关公式: $\beta = \sum_{i=6}^{18} r_i$,

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \left\{ r_i \cdot \left[t_i - \sum_{i=1}^n (r_i \cdot t_i) \right]^2 \right\}, I_a = A_i \cdot 100\%$$

式中, n 为记录时间点数目,本研究记录的时间间隔为 1 h,记录时间段为全天 24 h,因此 $n = 24$; t_i 为第 i 个数据点的时间值,例如,9:00 时的时间数值为 9,16:00 时的时间数值为 16; f_i 为在 t_i 时刻记录到帚尾豪猪的次数; A_i 为 t_i 时刻的活动强度,定义为 t_i 时刻记录的帚尾豪

猪次数占总数的比例, 即 $A_i = \frac{f_i}{N}$, N 为记录到帚尾豪猪总的次数; r_i 为 t_i 时刻的相对活动强度, 定义为 $r_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$ 。判定法则如下: 如果 β

的数值接近 $13/24$ (0.542), 表示动物活动没有明显的昼夜差别; 如果 $\beta > 0.542$, 则表明动物以昼行性为主; 如果 $\beta < 0.542$, 则表示以夜行性为主。 γ 的数值越小, 越接近于单峰型; 数值越大, 越接近于双峰型。

2 结果

在所布置的 12 台红外相机中, 有 7 台相机记录到帚尾豪猪活动 (表 1)。总计获得帚尾豪猪照片 372 张及视频录像 71 段, 帚尾豪猪共出现 217 次。

2.1 昼夜活动节律

帚尾豪猪的夜行性指数 $\beta = 0.995 > 0.542$, 这表明帚尾豪猪为典型的夜行性动物; 其活动模式 $\gamma = 6.614$, 这表明帚尾豪猪是单峰型活动模式。

表 1 帚尾豪猪被记录情况

Table 1 The recording frequency of Asiatic brush-tailed porcupine by each camera

相机编号 Camera No.	照片 Photos	视频 Videos	出现次数 Appearing times
1	76	23	37
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	17	1	13
6	0	0	0
7	37	17	79
8	11	1	4
9	0	7	7
10	119	20	68
11	0	0	0
12	12	2	9
总计 Total	372	71	217

利用相对丰富度指数分析帚尾豪猪的昼夜活动节律 (图 1), 其活动在昼夜时间相上呈典型的“U”型, 21:00 ~ 0:00 时是活动高峰期, 相对丰富度指数最高; 19:00 ~ 21:00 时相对丰富度指数上升, 活动逐渐增多; 0:00 ~ 4:00 时相对丰富度指数存在一定的波动, 活动较平均; 4:00 ~ 7:00 时相对丰富度指数快速下降, 活动较少; 8:00 ~ 19:00 时完全不活动。

2.2 活动节律与月光周期

帚尾豪猪出现频次在新月期平均为 9.71 次/d, 在上弦月期平均 4.50 次/d, 满月期平均 2.25 次/d, 下弦月期平均 8.00 次/d, 残月期平均 11.57 次/d。分别统计 7 号相机、10 号相机以及其余所有相机总计记录的帚尾豪猪在各时期出现的平均频次, 帚尾豪猪在满月期出现次数最少, 在新月期和残月期出现次数最多。对帚尾豪猪的出现频次与月光周期进行相关性分析, R^2 接近 1 (7 号相机、10 号相机、其余相机、所有相机分别为 0.898、0.862、0.784、0.897), 这表明帚尾豪猪的活动节律与月光周期存在显著的线性相关 (图 2)。

帚尾豪猪在月光周期 5 个时期各时间段出现的次数见表 2。在新月期, 仅在 20:00 ~ 5:00 时出现; 上弦月期仅在下半夜, 即 1:00 ~ 6:00 时出现; 满月期在 19:00 ~ 22:00 时和 3:00 ~ 8:00 时出现; 下弦月期仅在上半夜, 即 20:00 ~ 1:00 时出现; 残月期与新月期相同, 在 20:00 ~ 5:00 时出现。下弦月期出现的次数多于上弦月期, 残月期出现的次数多于新月期。

3 讨论

帚尾豪猪的夜行性指数 ($\beta = 0.995$) 远大于判定动物昼夜性的指数标准 (0.542), 表明帚尾豪猪为典型的夜行性动物。本研究得出的帚尾豪猪的活动模式 $\gamma = 6.614$, 与宛新荣等 (2006) 对布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*) 的研究结果相比, 峰值接近布氏田鼠 4 月份的单峰型峰值数, 远低于 5 月的双峰型峰值数, 这表明帚尾豪猪的活动模式为单峰型 (21:00 ~

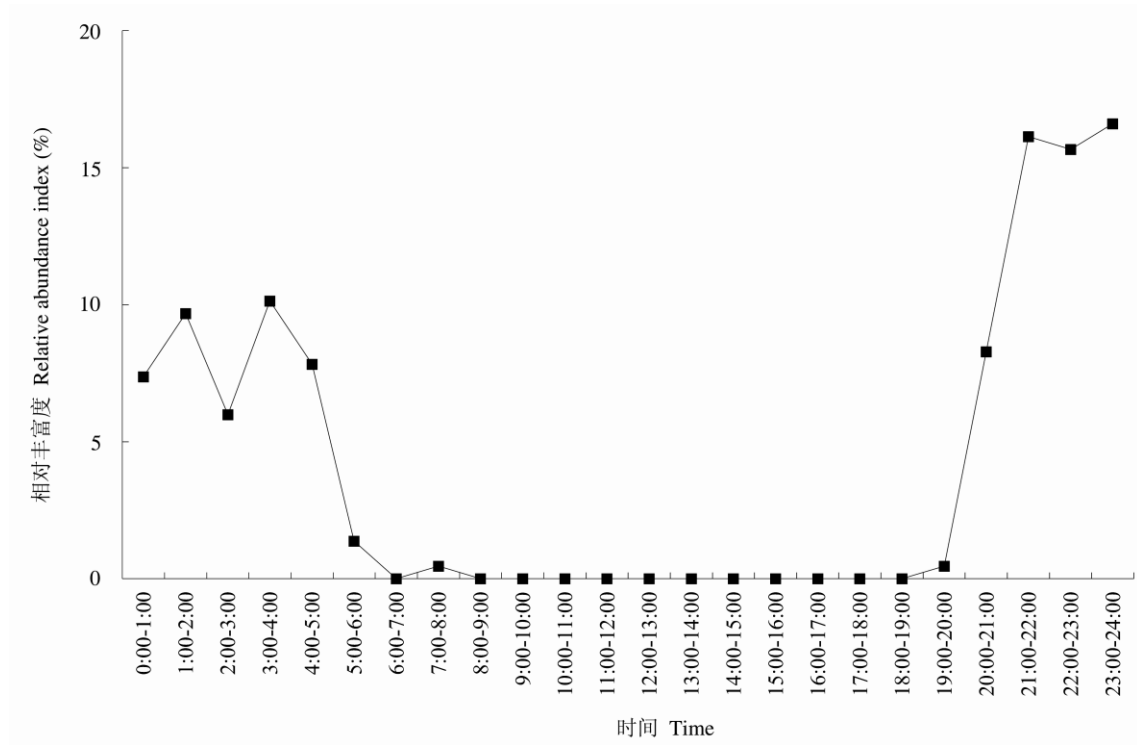


图 1 帚尾豪猪一天中活动的相对丰富度指数

Fig. 1 The RAI of Asiatic brush-tailed porcupine in one day

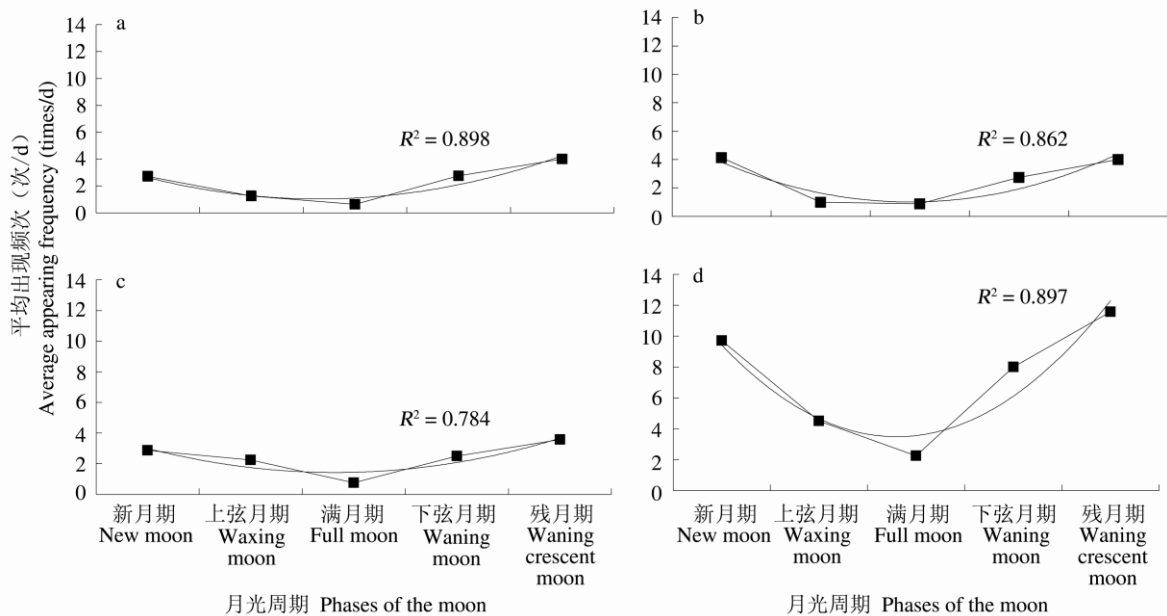


图 2 帚尾豪猪平均出现频次与月光周期的关系

Fig. 2 Relationship between phases of the moon and average appearing frequency of Asiatic brush-tailed porcupine

a. 7号相机; b. 10号相机; c. 其余相机; d. 全部相机。 a. Camera 7; b. Camera 10; c. Other camera; d. All camera.

表 2 帚尾豪猪在月光周期各时期不同时段出现频次

Table 2 Appearing frequency of Asiatic brush-tailed porcupine in different phases of the moon

时间段 Time	新月期 New moon	上弦月期 Waxing moon	满月期 Full moon	下弦月期 Waning moon	残月期 Waning crescent moon
19:00 ~ 20:00	0	0	1	0	0
20:00 ~ 21:00	5	0	5	1	7
21:00 ~ 22:00	9	0	8	10	8
22:00 ~ 23:00	11	0	0	11	12
23:00 ~ 0:00	10	0	0	7	19
0:00 ~ 1:00	11	0	0	2	3
1:00 ~ 2:00	7	3	0	0	11
2:00 ~ 3:00	6	2	0	0	5
3:00 ~ 4:00	7	6	1	0	8
4:00 ~ 5:00	3	6	0	0	8
5:00 ~ 6:00	0	1	2	0	0
6:00 ~ 7:00	0	0	0	0	0
7:00 ~ 8:00	0	0	1	0	0
总计 Total	69	18	18	31	81

0:00 时为活动高峰)。动物的活动节律作为动物对环境条件的高度适应 (Halle et al. 1992), 受遗传因素、食物、性别、种间竞争、季节等诸多因素的影响 (Madison 1985)。在本研究中, 记录到帚尾豪猪活动的红外相机还记录到了金猫 (*Catopuma temminckii*)、云猫 (*Pardofelis marmorata*)、豹猫 (*Prionailurus bengalensis*)、云豹 (*Neofelis nebulosa*) 等, 这些捕食者多在晨昏活动, 帚尾豪猪选择典型的夜行性恰好避开了这些可能的捕食者的活动高峰。7:00 时之后记录到的帚尾豪猪仅有 1 次 (1 月 25 日), 但照片光线极暗, 此期该地区的日出时间是在 8:00 时之后, 帚尾豪猪仍表现为夜行性, 这表明该种为完全的夜行性动物。帚尾豪猪的视频记录显示, 大部分时间是在觅食活动中。

帚尾豪猪的活动规律与月光周期存在相关性 ($R^2 = 0.897$), 以新月期和残月期活动最为频繁, 满月期活动最少, 这可能是受捕食风险的影响。捕食风险是猎物种群对捕食者攻击的承受能力, 也是捕食者对猎物的威胁和限制能力, 任何突然中断动物活动的因素都可作为捕食风险 (Cowlshaw 1997, Hill et al. 1998)。捕食风险影响着猎物动物觅食活动的时间格局。

在一些以脊椎动物尤其是夜行性小型哺乳类为对象的研究中, 学者们还考虑了一个重要的非捕食因素——月光周期 (路纪琪等 2004)。夜行性动物主要表现为受月光强度和月光周期的影响, 猎物对光照强度和周期有较强的敏感性, 光照成为猎物估计环境中捕食风险大小的主要因素之一 (魏万红等 2004)。通过圈养 (Wolfe et al. 1989) 和野外人工投食 (Lockard et al. 1974) 得到的数据预测, 如果月光周期对动物夜间活动的捕食风险有影响, 那么表现为: (1) 与新月期相比, 动物会在满月期活动更少; (2) 动物优先选择在夜晚没有月光的时期活动。帚尾豪猪的昼夜活动节律表现为月光强度最低的时间段活动最频繁; 活动节律与月光周期的相关性表现为在月光强度最低的新月期和残月期活动最频繁, 光照强度最强的满月期活动最不频繁。这些结果印证了上述理论和预测。

与月光周期对动物夜间活动的捕食风险的影响相比, 月光周期对动物晨昏活动的捕食风险影响较小。满月期, 动物会减少夜间活动, 通过增加在晨昏的活动进行部分补偿。对梅氏跳囊鼠 (*Dipodomys merriami*) 活动规律的研究发现, 梅氏跳囊鼠在满月期更倾向于晨昏活动

(Daly et al. 1992)。本研究结果显示, 帚尾豪猪在满月期也更倾向于晨昏活动, 亦印证了上述预测。比较帚尾豪猪在上弦月与下弦月期的出现次数, 上弦月期仅在 1:00 ~ 6:00 时出现, 此时月光相对更弱, 光线更暗; 下弦月期仅在 20:00 ~ 1:00 时出现, 此时月光相对更弱, 光线更暗。这也充分说明了帚尾豪猪的活动节律与月光周期存在一定的关系, 其活动表现为强烈的月光回避性。这与 Lockard 等 (1974) 和 Kaufman 等 (1982) 对其他啮齿动物的研究结果一致。

致谢 本研究布设的红外相机得到了西藏墨脱当地门巴族村民的看护, 文稿修改中得到了刘小龙、韩雪松等的帮助, 特致谢!

参 考 文 献

- Bowers M A. 1990. Exploitation of seed aggregates by Merriam's Kangaroo rat: Harvesting rates and predatory risk. *Ecology*, 71(6): 2334–2344.
- Cowlishaw G. 1997. Refuge use and predation risk in a desert baboon population. *Animal Behaviour*, 54(2): 241–253.
- Daly M, Behrends P R, Wilson M I, et al. 1992. Behavioural modulation of predation risk: moonlight avoidance and crepuscular compensation in a nocturnal desert rodent, *Dipodomys merriami*. *Animal Behaviour*, 44(1): 1–9.
- Duncan R S, Martin P. 1999. The effects of moonlight on microhabitat use by *Antechinus agilis* (Marsupialia: Dasyuridae). *Australian Journal of Zoology*, 47(1): 1–17.
- Halle S, Lehmann U. 1992. Cycle-correlated changes in the activity behaviour of field vole, *Microtus agrestis*. *Oikos*, 64(3): 489–497.
- Halle S, Stenseth N C. 2000. *Activity Patterns in Small Mammals: An Ecological Approach*. Berlin: Springer.
- Hill R A, Dunbar R I M. 1998. An evaluation of the roles of predation rate and predation risk as selective pressures on primate grouping behaviour. *Behaviour*, 135(4): 411–430.
- Hughes J J, Ward D, Perrin M R. 1994. Predation risk and competition affect habitat selection and activity of Namib desert gerbils. *Ecology*, 75(5): 1397–1405.
- Kaufman D W, Kaufman G A. 1982. Effect of moonlight on activity and microhabitat use by ord's Kangaroo rat (*Dipodomys ordii*). *Journal of Mammalogy*, 63(2): 309–312.
- Li C, Zhao C, Fan P F. 2015. White-cheeked macaque (*Macaca leucogenys*): a new macaque species from Medog, southeastern Tibet. *American Journal of Primatology*, 77(7): 753–766.
- Lockard R B, Owings D H. 1974. Moon-related surface activity of Bannertail (*Dipodomys spectabilis*) and Fresno (*D. nitratoides*) kangaroo rats. *Animal Behaviour*, 22(1): 262–273.
- Madison D M. 1985. *Activity rhythms and spacing* // Tamarin R H. *Biology of new world microtus*. Boston: The American Society of Mammalogists, 373–419.
- Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853–858.
- Wolfe J L, Summerlin C T. 1989. The influence of lunar light on nocturnal activity of the old-field mouse. *Animal Behaviour*, 37(3): 410–414.
- 郭光普. 2004. 西藏墨脱县野生动物和当地居民之间的关系研究. 上海: 华东师范大学博士学位论文.
- 吉晟男, 杨亮亮, 葛兴芳, 等. 2014. 圈养普氏野马繁殖期的昼间行为时间分配. *动物学杂志*, 49(1): 31–40.
- 李俊生, 马建章, 宋延龄. 2003. 松鼠秋冬季节日活动节律的初步研究. *动物学杂志*, 38(1): 33–37.
- 路纪琪, 张彬彬. 2004. 捕食风险及其对动物觅食行为的影响. *生态学杂志*, 23(2): 66–72.
- 石红艳, 吴毅, 胡锦涛. 2003. 中华山蝠的昼夜活动节律与光照等环境因子的关系. *动物学杂志*, 38(5): 25–30.
- Smith A T, 谢焱. 2009. *中国兽类野外手册*. 长沙: 湖南教育出版社.
- 邵发道, 李晓晨, 张富兴, 等. 1998. 秦岭蝮蛇的活动节律和反捕行为研究. *动物学杂志*, 33(4): 15–19.
- 唐华兴, 周岐海, 黄中豪, 等. 2011. 喀斯特生境中猕猴的活动节律和时间分配. *动物学杂志*, 46(2): 32–38.
- 宛新荣, 刘伟, 王广和, 等. 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.
- 宛新荣, 王梦军, 刘伟, 等. 2002. 啮齿动物活动模式的几种数值指标. *兽类学报*, 22(3): 211–217.
- 魏万红, 杨生妹, 樊乃昌, 等. 2004. 动物觅食行为对捕食风险的反应. *动物学杂志*, 39(3): 84–90.
- 魏万红, 周文扬, 樊乃昌. 2002. 月光及光照对艾虎活动的影响. *兽类学报*, 22(3): 179–186.
- 温立嘉, 时坤, 黄建, 等. 2014. 西藏墨脱鸟兽红外相机监测初报. *生物多样性*, 22(6): 798–799.