

# 夏季雌性藏羚昼间行为时间分配及活动节律

连新明<sup>1, 2</sup> 张同作<sup>1, 2</sup> 曹伊凡<sup>1</sup> 蔡振媛<sup>1, 2</sup> 苏建平<sup>1\*</sup>

(1中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001) (2中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 2003至2005年的6~9, 采用目标动物观察法在可可西里观察夏季雌性藏羚的昼间行为。将雌性藏羚的行为分为觅食、警戒、卧息、移动和“其他”5种类型, 各类行为所占时间比例分别为59.1%、7.3%、19.4%、13.0%和1.3%。觅食消耗的时间最多, 是藏羚的常见行为, 卧息、移动和警戒次之, 而“其他”行为消耗时间最短。觅食、警戒、卧息和移动的累计时间在不同时段之间均存在显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著 ( $P < 0.01$ ) 差异。觅食行为存在3个高峰, 分别在10 00~11 00, 13 00~14 00和18 00~19 00; 警戒的高峰期出现在早上08 00~09 00, 在15 00~16 00以及17 00~18 00也分别出现小的高峰, 但不明显; 卧息行为表现为双峰形, 分别为11 00~12 00和16 00~17 00。移动行为也表现为双峰, 出现在08 00~09 00和15 00~16 00; “其他”行为在各时段间没有明显的变化趋势。

**关键词:** 藏羚; 可可西里; 夏季; 行为时间分配; 活动节律

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2007) 01 - 0053 - 05

## D iurnal behavioral time budgets and activity rhythm of the female Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in summer

L IAN Xinning<sup>1, 2</sup>, ZHANG Tongzuo<sup>1, 2</sup>, CAO Yifan<sup>1</sup>, CA I Zhenyuan<sup>1, 2</sup>, SU Jianping<sup>1\*</sup>

(1 Northwest Institute of Plateau Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

(2 The Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** During June to September in 2003, 2004 and 2005, the ethogram (including foraging, vigilance, resting, moving and others) of the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in summer was formulated and then the diurnal activity budget and rhythm were studied by the focal-animal sampling in Hoh Xil region. During the day, the Tibetan antelopes spent 59.1% of time on foraging, 7.3% on vigilance, 19.4% on resting, 13.0% on moving and 1.3% on others. Kruskal-Wallis  $H$  tests indicated that difference in the accumulated times of foraging, vigilance, resting or moving among the periods of diurnal time were significant ( $P < 0.05$ ) or extremely significant ( $P < 0.01$ ). The peaks of foraging were recorded at 10 00 - 11 00, 13 00 - 14 00 and 18 00 - 19 00 and those of vigilance were at 08 00 - 09 00, 15 00 - 16 00 and 17 00 - 18 00. The rhythm trends of resting and moving were typically bimodal.

**Key words:** Activity rhythm; Behavioral time budget; Hoh Xil region; Summer; Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*)

行为作为动物应对环境变化的最直接形式 (Beltran and Delibes, 1994), 与能量的摄入和消耗密切相关。行为具有良好的可塑性, 动物可以根据周围环境条件 (如光照, 温度, 湿度, 捕食风险等) 的变化以及自身的生理状况来调整行为 (Flannigan and Stookey, 2002), 从而形成特定条件下的时间分配以及活动节律模式。行为时间分配和活动节律的研究作为动物行为研究的重要组成部分, 可以反映出动物个体的营养状态、社会地位

以及生存压力等参数, 这对于人们制定针对于濒危物种的保护措施无疑是非常重要的。

藏羚 (*Pantholops hodgsoni*) 是青藏高原特有物种 (冯祚建等, 1996)。近 20 年来, 因其羊绒特殊的经济价值而遭到疯狂盗猎, 数量急剧下降 (中国国家林业局, 2003; Schaller, 1998), 已被列入国家一级保护动物名录和《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录 中 (郑生武, 1994)。藏羚现主要分布于中国的青海、西藏和新疆三省区,

基金项目: 青海省重大科技攻关项目 (2002 - N - 105); 中国科学院知识创新工程领域前沿项目 (CXLY - 2002 - 3)

作者简介: 连新明 (1980 - ), 男, 博士研究生, 研究方向为保护生物学和行为生态学。

收稿日期: 2006 - 06 - 27; 修回日期: 2006 - 10 - 10

\* 通讯作者, correspondence author, E - mail: jpsu@nwpb.ac.cn

由于其独特的栖息环境和生活习性,国内外对藏羚的研究仅限于形态分类、地域分布、集群特征以及人为干扰、迁徙等方面(冯祚建等, 1980; Schaller and Ren, 1988; Cai *et al.*, 1990; Schaller *et al.*, 1991, 2006; Harris and Miller, 1995; Harris and Pletscheer, 1999; 苏建平等, 2003; 裘丽和冯祚建, 2004; 连新明等, 2005), 有关行为时间分配及活动节律的内容未见相关报道。

本文作者于 2003 至 2005 年 6~9 月在可可西里对藏羚的昼间行为时间分配以及活动节律进行了研究, 目的在于了解藏羚的行为策略, 探究其自身进化和环境适应的相互作用, 分析其行为影响因素, 为藏羚的生态学研究以及保护措施的制定提供借鉴。

## 1 研究地区特点

本研究主要在青藏公路沿线楚玛尔河大桥五道

梁路段 (93°04' ~ 93°18' E, 35°11' ~ 35°18' N) 开展。该地区平均海拔 4 620 m, 位于青海省可可西里国家级自然保护区的边缘, 气候寒冷, 空气稀薄, 自然条件恶劣, 全年平均气温 -5.6℃, 7 月最高温度为 23.2℃, 7 月份的平均气温为 5.4℃。6~8 月的降水量占全年降水量 (265.8 mm) 的 69%。全年大风频繁, 平均风速为 4.8 m/s, 最高可达 6.4 m/s (张琳, 1996)。该地区植被稀疏, 主要为高寒草原植被类型 (武素功等, 1996)。

## 2 研究方法

2003 年 6 月初对藏羚的行为类型进行预观察, 初步了解藏羚的行为种类及模式, 并根据以往有蹄类相关研究的结果 (蒋志刚, 2000; 何利军等, 2001; 刘振生等, 2005), 制定藏羚的行为谱 (表 1)。

表 1 藏羚行为谱

Table 1 Ethogram of the Tibetan antelope used in this study

觅食 Foraging	除饮水外, 站立或行走状态下头部低于肩部水平线 Standing or walking except drinking while the neck below the shoulder
警戒 Vigilance	站立并注视一定方向 Standing while watching
卧息 Resting	躺卧姿势蜷伏于地面 Sitting on the ground
移动 Moving	身体发生位移, 头部平行或高于肩部水平线 Walking, wandering or running while the neck above the shoulder
其他行为 Others	
哺乳 Sucking	用乳汁哺育幼体 Allowing the lamb to suck milk
舔羔 Licking-lamb	用舌舔舐幼体 Passing the tongue over the lamb's body
饮水 Drinking	喝水 Taking water into mouth and swallowing it
排遗 Excreting	呈下蹲姿势, 排尿排便 Urinating or defecating
搔痒 Titillating	动物用头或蹄摩擦身体, 或者抖动身体 Scratching the body with the head or legs
修饰 Grooming	用舌等身体的部位对身体进行梳理 Gentle displacement of hair of ones own or that of another individual
嬉戏 Playing	两者不停地来回跳动, 偶尔停下互相对视片刻 Gallop along with others without a definite purpose

创建行为谱后, 进入正式观察期 (2003~2005 年每年的 6~9 月), 观察时间为 08:00~20:00, 采用目标动物取样法 (Martin and Bateson, 1986)。沿青藏公路随机选取藏羚集群, 以汽车为掩体, 观察者借助 10×70 倍双目望远镜观察目标个体的行为, 并利用三星 SVR-S1330 录音笔进行行为描述

录音, 同时记录取样日期、时间、天气状况等信息。每次观察持续 10 min。如果因为某些原因 (如外界干扰, 目标动物离开视野范围等) 导致观察中断, 则舍弃该行为样本。一个观察周期结束后紧接着进行下一个目标动物的取样。为避免同一藏羚个体被重复取样, 我们只选取一个社群中的少量个

体进行观察，并且保证一天中不对同一地点的社群重复取样。经过 3 年的取样，累计获得 416 个有效行为样本。

结合播放软件 Voice Manager 和行为处理软件 EthoLog2.25 (Otoni, 2000) 将音频文件转换成文字形式，得到每个观察时段内各种行为类型的累计时间，利用 SPSS 11.5 for Windows 对数据进行统计分析。数据以平均值 ± 标准误表示。

### 3 研究结果

#### 3.1 行为时间分配

对 416 个藏羚行为样本的分析结果表明，藏羚在 10 min 的观察期内用于觅食的时间为  $354.71 \pm 11.88$  s，卧息时间为  $116.12 \pm 10.72$  s，移动时间为  $77.84 \pm 6.32$  s，警戒及“其他”两类行为的时间分别为  $43.86 \pm 4.00$  和  $7.47 \pm 1.40$  s。各类行为消耗时间的比例分别为觅食 59.1%，卧息 19.4%，移动 13.0%，警戒 7.3%，“其他” 1.3% (图 1)。Kruskal-Wallis  $H$  检验表明，5 类行为的累计时间存在极显著差异 ( $\chi^2 = 622.320$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.01$ )。上述结果表明，觅食是藏羚最常见的行为，卧息、移动和警戒次之，而“其他”行为则很少见到。

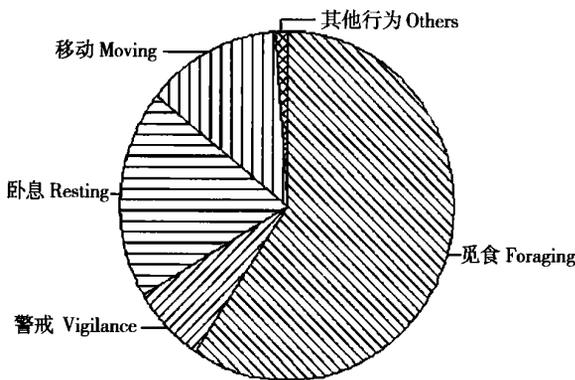


图 1 夏季藏羚的行为时间分配

Fig. 1 Diurnal time budgets of Tibetan antelope in summer

#### 3.2 昼间活动节律

按 1 h 为一个时段对白昼 08 00 ~ 20 00 进行行为取样，分别获得 8、37、70、66、52、23、23、28、36、31、22、20 个样本，分析得到藏羚的昼间活动节律如图 2 所示。觅食行为存在 3 个高峰，分别在 10 00 ~ 11 00，13 00 ~ 14 00 和 18 00 ~ 19 00；警戒的高峰期出现在早上 08 00 ~ 09 00，在 15 00 ~ 16 00 以及 17 00 ~ 18 00 也分

别出现小的高峰，但不明显；卧息行为表现为双峰形状，分别为 11 00 ~ 12 00 和 16 00 ~ 17 00。移动行为也表现为双峰，出现在 08 00 ~ 09 00 和 15 00 ~ 16 00；“其他”行为在各时段间没有明显的变化趋势。

Kruskal-Wallis  $H$  检验结果显示，白昼各时段之间觅食 ( $\chi^2 = 22.798$ ,  $df = 11$ ,  $P < 0.05$ )、警戒 ( $\chi^2 = 32.517$ ,  $df = 11$ ,  $P < 0.01$ )、卧息 ( $\chi^2 = 25.630$ ,  $df = 11$ ,  $P < 0.01$ ) 和移动 ( $\chi^2 = 34.497$ ,  $df = 11$ ,  $P < 0.01$ ) 这 4 类行为的时间分配存在显著或极显著差异，而“其他”行为没有差异 ( $\chi^2 = 13.921$ ,  $df = 11$ ,  $P > 0.05$ )。

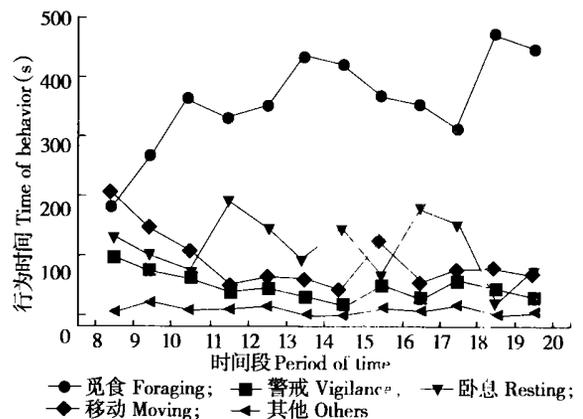


图 2 夏季藏羚的行为节律

Fig. 2 Diurnal activity rhythms of the Tibetan antelope in summer

### 4 讨论

#### 4.1 行为时间分配的特点及适应意义

动物的行为模式受到很多因素的影响，如营养需求、食物分布、气候条件以及捕食风险等 (Samson and Raymond, 1995; Hopewell *et al.*, 2005)。对捻角羚 (*Tragelaphus strepsiceros*) 的研究表明，觅食时间超过可利用时间的 50%，且温度是其主要影响因素 (Owen-Smith, 1998)。刘振生等 (2005) 对贺兰山岩羊 (*Pseudois nayaur*) 的研究认为，食物数量和质量的改变以及岩羊自身的生长阶段和生理时期是决定其昼间行为时间分配的主要因素。而在可可西里，藏羚的觅食时间高达 59.12%，这可能与食物资源匮乏和产羔迁徙期高的能量需求有关。研究表明，可可西里气候条件极为恶劣，植被极为稀疏，植物生长季节非常短，致使草食动物赖以生存的食物资源异常匮乏 (恰加, 1996)。此外，6 ~ 9 月是雌性藏羚的产羔迁徙季

节, 雌性个体组成大的集群加剧了对迁徙路线上食物资源的竞争 (连新明等, 2005)。以上原因都迫使藏羚投入大量的时间用于觅食, 以满足迁徙和产羔育幼过程的能量消耗。

藏羚的卧息时间所占比例为 19.35%, 仅次于觅食时间所占的比例, 这可能与藏羚在迁徙、产羔、育幼过程中消耗了过多的能量, 抵抗力下降, 需要及时恢复体力有关; 同时, 可可西里地区的风沙较大 (张琳, 1996), 卧息可以减少风力导致体热的过度散发 (Leuthold, 1977), 有助于保存和节省能量; 此外, 卧息往往伴随反刍行为的发生, 而充足的卧息有利于食物消化和促进能量吸收。

夏季雌性藏羚群中羊羔比例较大, 因此藏羚的主要天敌——狼 (*Canis lupus*) 常常尾随其后 (中国科学院西北高原生物研究所, 1989), 伺机捕杀幼体或防御能力较弱的成体, 对藏羚的生存构成了严重威胁, 因此藏羚理应花费较多的时间用于警戒以确保幼体和自身的安全。但是由于动物个体能够从集群中其他成员的警戒行为中获益, 个体的警戒投入时间会因此明显减少 (Beauchamp, 2003), 从而导致本研究中雌性藏羚警戒时间所占的比例并不高, 仅为 7.31%。

“其他”行为所占比例较低, 仅为 1.25%。这是因为该类行为所包含的饮水、排遗、瘙痒、修饰和嬉戏 5 种行为的发生次数很少, 持续时间也很短。只有哺乳和舔羔两种育幼行为在产羔后的 1 周内频繁出现, 以至育幼行为的时间占到“其他”行为累计时间的 93.60%。但是, 随着幼羚的逐渐长大, 开始觅食, 母羚的育幼行为也逐渐减少, 并最终消失, 而这一过程持续的时间大约为 1~1.5 月。因此, 尽管育幼行为在母羚产羔后的特定时间段内较频繁地出现, 但并不足以使“其他”行为类型的累计时间在整个夏季显著提高。此外, 为避免干扰藏羚的产羔过程, 本研究将行为观察点设在青藏公路附近藏羚的迁徙通道上, 它与产羔地 (卓乃湖) 的直线距离约 150 km, 因此, 由于以下两方面原因可能造成对哺乳和舔羔两种行为的取样偏低: 其一, 迁往产羔地的母羚除少数个体中途产羔外, 绝大多数尚未产羔, 没有育幼行为发生; 其二, 回迁途中, 由于天敌捕杀, 相当比例的羊羔已经夭折, 而幸存下来的羊羔已具备独立取食青草的能力。在今后的研究中, 对此应予重视。

#### 4.2 昼间活动节律

动物的昼夜节律是一种复杂的生物学现象, 是

动物对各种环境条件变化 (如光照、温度、湿度等非生物条件和食物条件、种内社群关系和种间关系等生物因素) 的一种综合适应 (孙儒泳, 2001)。本研究发现藏羚在一天中出现 3 个觅食高峰, 这与文献记载的晨昏觅食不符 (中国科学院西北高原生物研究所, 1989)。有关有蹄类活动节律的研究认为, 动物晨昏觅食是由于日出和日落前后气候凉爽, 适宜觅食 (陈立伟等, 1997; 刘昊等, 2004)。但在可可西里, 研究区域夏季晴天的日最低气温 ( $< 0$ ) 在 07:00 时, 最高气温在 15:00~17:00 (张琳, 1996)。因此作者认为, 温度仍然可能是藏羚觅食节律的影响因子, 只是因为研究区域特殊的温度变化趋势, 藏羚的觅食高峰会避开极端温度时段。此外, 藏羚中午的觅食高峰可能更多与人类活动有关。因为夏季正是研究区域道路维修的最佳季节, 道路维修工人天天作业, 而此时段却是工人们的休息时间, 人为干扰相对其他时段较小, 因此动物减少其对干扰的警戒时间, 将更多的时间用于觅食。

警戒和移动两类行为出现高峰重叠, 这可能由于移动与规避捕食风险有关。当环境中的捕食风险升高时, 警戒水平也会升高, 导致藏羚主动规避捕食风险, 从而移动行为增加。卧息行为表现为双峰, 高峰均处于觅食高峰或移动高峰前后, 这一方面是因为卧息伴随着反刍行为, 可以将食物进一步消化, 转化为能量, 另一方面卧息也有助于保存和恢复体能, 减少能量的消耗。“其他”行为的节律不明显, 这与其所占比例较低, 不能够表现出明显的变化趋势有关。

#### 参考文献:

- Beauchamp G. 2003. Group-size effects on vigilance: a search for mechanisms. *Behavioural Processes*, **63**: 111 - 121.
- Beltran J, Delibes M. 1994. Environmental determinants of circadian activity of free-ranging Iberian lynxes. *Journal of Mammalogy*, **75**: 382 - 393.
- Cai G Q, Liu Y S, O'Gara B W. 1990. Observations of large mammals in the Qaidam Basin and its peripheral mountainous areas in the People's Republic of China. *Canadian Journal of Zoology*, **68**: 2021 - 2024.
- Chen L W, Feng Z J, Cai P, Li Y B, Chen H J, Jiang Z G. 1997. Studies on the diurnal activities and time budgets of Przewalski's gazelle. *Acta Theriologica Sinica*, **17** (3): 172 - 183. (in Chinese)
- Feng Z J, Zheng C L, Cai G Q. 1980. On mammals from southeastern Xizang (Tibet). *Acta Zoologica Sinica*, **26** (1): 91 - 97. (in

- Chinese)
- Flannigan G, Stookey J M. 2002. Day-time time budgets of pregnant mares housed in tie stalls: a comparison of draft versus light mares. *Applied Animal Behaviour Science*, **78**: 125 - 143.
- Harris R B, Miller D J. 1995. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan plateau ungulates. *Mammals*, **59**: 197 - 212.
- Harris R B, Pletscher K H. 1999. Status and trends of Tibetan plateau mammalian fauna, Yuniougou China. *Biological Conservation*, **87**: 13 - 19.
- He L J, Ding Y Z, Wang X M, Xia S Z. 2001. Time budget and behaviour pattern of *Cervus albinostri* in captivity. *Chinese Journal of Ecology*, **20** (2): 27 - 29. ( in Chinese )
- Hopewell L, Rossiter R, Bower E, Leaver L, Goto K. 2005. Grazing and vigilance by Soay sheep on Lundy island: influence of group size, terrain and the distribution of vegetation. *Behavioural Processes*, **70**: 186 - 193.
- Jiang Z G. 2000. Behavior coding and ethogram of the Père David's deer. *Acta Theriologica Sinica*, **20** (1): 1 - 12. ( in Chinese )
- Leuthold W. 1977. African ungulates: a comparative review of their ethology and behavioral ecology. New York: Springer-Verlag
- Lian X M, Su J P, Zhang T Z, Cao Y F. 2005. The characteristics of social groups of the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in the Kekexili region. *Acta Ecologica Sinica*, **25**: 1341 - 1346. ( in Chinese )
- Liu H, Shi H Y, Hu J C. 2004. Daily activity rhythm and time budget of sichuan sika deer (*Cervus nippon sichuanicus*) in spring. *Acta Theriologica Sinica*, **24**: 282 - 285. ( in Chinese )
- Liu Z S, Wang X M, Cao L R. 2005. Diurnal behavior and activity rhythm of captive blue sheep in winter. *Journal of Northeast Forestry University*, **33** (1): 41 - 43, 51. ( 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**: 350 - 357. ( in Chinese )
- Martin P, Bateson P. 1986. Measuring Behavior. Cambridge: Cambridge University Press
- Otoni E B. 2000. EthoLog 2.2: a tool for the transcription and timing of behavior observation sessions. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, **32** (3), 446 - 449.
- Owen-Smith N. 1998. How high ambient temperature affects the daily activity and foraging time of a subtropical ungulate, the greater kudu (*Tragelaphus strepsiceros*). *Journal of Zoology*, **246**: 183 - 192.
- Qiu L, Feng Z J. 2004. Effects of traffic during daytime and other human activities on the migration of Tibetan antelope along the Qinghai-Tibet high-way, Qinghai-Tibet plateau. *Acta Zoologica Sinica*, **50** (4): 669 - 674. ( in Chinese )
- Samson C, Raymond M. 1995. Daily activity pattern and time budget of stoats (*Mustela erminea*) during summer in southern Quebec. *Mammalia*, **59**: 501 - 510.
- Schaller G B, Ren J R. 1988. Effects of a snowstorm on Tibetan antelope. *Journal of Mammalogy*, **69**: 631 - 634.
- Schaller G B, Ren J, Qiu M. 1991. Observations on the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*). *Applied Animal Behaviour Science*, **29**: 361 - 378.
- Schaller G B. 1998. Wildlife of the Tibetan steppe. Chicago: University Chicago Press
- Schaller G B, Kang A L, Cai X B, Liu Y L. 2006. Migratory and calving behavior of Tibetan antelope population. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (2): 105 - 113.
- Su J P, Lian X M, Cao Y F, Zhang T Z, Cui Q H. 2003. A LING: the first domesticated Tibetan antelope. *Acta Theriologica Sinica*, **23** (1): 83 - 84. ( in Chinese )
- 中国国家林业局. 2003. 中国藏羚羊保护现状. 森林与人类, **2**: 9 - 12.
- 中国科学院西北高原生物研究所. 1989. 青海经济动物志. 西宁: 青海人民出版社.
- 冯祚建, 何玉邦, 叶晓堤. 1996. 青海可可西里地区的哺乳类. 见: 武素功, 冯祚建主编. 青海可可西里地区生物与人体高山生理. 北京: 科学出版社, 302 - 320.
- 冯祚建, 郑昌琳, 蔡桂全. 1980. 西藏东南部兽类区系调查. 动物学报, **26** (1): 91 - 97.
- 刘昊, 石红艳, 胡锦涛. 2004. 四川梅花鹿春季昼夜活动节律与时间分配. 兽类学报, **24**: 282 - 285.
- 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**: 350 - 357.
- 刘振生, 王小明, 曹丽荣. 2005. 圈养条件下岩羊冬季昼间的行为及活动节律. 东北林业大学学报, **33** (1): 41 - 43, 51.
- 孙儒泳. 2001. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社.
- 何利军, 丁由中, 王小明, 夏述忠. 2001. 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, **20** (2): 27 - 29.
- 张琳. 1996. 气候. 见: 李炳元主编. 青海可可西里地区自然环境. 北京: 科学出版社, 16 - 46.
- 苏建平, 连新明, 曹伊凡, 张同作, 崔庆虎. 2003. 爱羚: 第一只家养成功的藏羚. 兽类学报, **23** (1): 83 - 84.
- 连新明, 苏建平, 张同作, 曹伊凡. 2005. 可可西里地区藏羚的社群特征. 生态学报, **25**: 1341 - 1346.
- 陈立伟, 冯祚建, 蔡平, 李永波, 陈洪舰, 蒋志刚. 1997. 普氏原羚昼间行为时间分配的研究. 兽类学报, **17** (3): 172 - 183.
- 武素功, 杨永平, 黄荣福. 1996. 青海可可西里地区植物区系的特征及演变. 见: 武素功, 冯祚建主编. 青海可可西里地区生物与人体高山生理. 北京: 科学出版社, 1 - 23.
- 郑生武. 1994. 中国西北地区珍稀濒危动物志. 北京: 中国林业出版社.
- 恰加. 1996. 青海可可西里地区的草地资源. 见: 武素功, 冯祚建主编. 青海可可西里地区生物与人体高山生理. 北京: 科学出版社, 107 - 128.
- 蒋志刚. 2000. 麋鹿行为谱及 PAE 编码系统. 兽类学报, **20** (1): 1 - 12.
- 裘丽, 冯祚建. 2004. 青藏公路沿线白昼交通运输等人类活动对藏羚羊迁徙的影响. 动物学报, **50** (4): 669 - 674.