



# 兽类学报

ACTA THERIOLOGICA SINICA

## 气候对不同地区川金丝猴出生模式的影响

陆展滔, 兰官伟, 李瑞源, 司旭蕊, 刘星宇, 莫诚, 姚辉, 齐敦武, 向左甫

### 引用本文:

陆展滔, 兰官伟, 李瑞源, 司旭蕊, 刘星宇, 莫诚, 姚辉, 齐敦武, 向左甫. 气候对不同地区川金丝猴出生模式的影响[J]. 兽类学报, 2024, 44(1): 26–36.

LU Zhantao, LAN Guanwei, LI Ruiyuan, SI Xurui, LIU Xingyu, MO Cheng, YAO Hui, QI Dun, XIANG Zuofu. The impact of climate on the birth pattern of *Rhinopithecus roxellana* in different regions[J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2024, 44(1): 26–36.

## 相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

### 神农架川金丝猴投食群的母婴关系

Mother–infant interaction in a provisioned group of golden snub–nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia, China  
兽类学报. 2016, 36(2): 158–168 <https://doi.org/10.16829/j.slx.201602004>

### 佛坪自然保护区川金丝猴种群动态

Dynamic status of Sichuan snub–nosed monkey in Foping National Nature Reserve, China  
兽类学报. 2018, 38(3): 247–259 <https://doi.org/10.16829/j.slx.150176>

### 白马雪山自然保护区响古箐滇金丝猴的交配行为

Mating behavior of Yunnan snub–nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) at Xiangguqing in Baimaxueshan National Nature Reserve, Yunnan, China  
兽类学报. 2016, 36(1): 1–14 <https://doi.org/10.16829/j.slx.201601001>

### 秦岭川金丝猴的携带死婴行为

Carrying of dead infants by golden snub–nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in the Qinling Mountains  
兽类学报. 2016, 36(2): 177–183 <https://doi.org/10.16829/j.slx.201602006>

### 生态旅游对川金丝猴肠道寄生虫的影响

The influence of ecotourism on the gastrointestinal parasites of golden snub–nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*)  
兽类学报. 2017, 37(1): 66–77 <https://doi.org/10.16829/j.slx.201701005>

## 气候对不同地区川金丝猴出生模式的影响

陆展滔<sup>1,2</sup> 兰官伟<sup>2,3</sup> 李瑞源<sup>1</sup> 司旭蕊<sup>1</sup> 刘星宇<sup>3</sup>  
莫诚<sup>4</sup> 姚辉<sup>5</sup> 齐敦武<sup>2\*</sup> 向左甫<sup>6\*</sup>

(1 中南林业科技大学生命科学与技术学院, 长沙 410004) (2 成都大熊猫繁育研究基地, 四川省濒危野生动物保护生物学重点实验室, 成都 610086) (3 西华师范大学, 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 南充 637002)

(4 四川白河国家级保护区, 九寨沟 623400) (5 湖北神农架金丝猴保育生物学湖北省重点实验室, 神农架 442411)

(6 中南林业科技大学林学院, 长沙 410004)

**摘要:** 多数非人灵长类动物的交配与出生有着严格的季节变化, 这种季节性除受自身生理机制影响外, 还受栖息环境的气候、海拔和食物供应的影响。了解栖息于不同地区的同种非人灵长类动物出生季节性差异有助于了解环境变量对动物繁殖的影响。本研究于2023年1—8月, 采用焦点动物取样法, 探索了四川白河国家级自然保护区王家山区域和湖北神农架国家公园大龙潭区域川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 群体中婴猴出生模式与季节性气候变化之间的关系。结果发现, 两个地区川金丝猴种群中的婴猴集中在3—5月出生, 但白河种群的出生季节时间跨度较长, 1—2月、7—8月都有婴猴出生; 尽管两组猴群出生模式不同, 但均发生于气温回暖, 降水上升的时期; 白河种群周婴猴/成雌值 (I/F) 变化与周平均气温、周降水量呈正相关; 神农架种群周 I/F 变化与周平均气温呈正相关, 但是与周降水量相关性不明显。气温上升可能是促进怀孕雌猴进行分娩环境响应因素, 降水量则通过影响食物供应的方式来引发繁殖事件。

**关键词:** 川金丝猴; 出生季节性; 气温; 降水

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2024) 01-0026-11

The impact of climate on the birth pattern of *Rhinopithecus roxellana* in different regionsLU Zhantao<sup>1,2</sup>, LAN Guanwei<sup>2,3</sup>, LI Ruiyuan<sup>1</sup>, SI Xurui<sup>1</sup>, LIU Xingyu<sup>3</sup>, MO Cheng<sup>4</sup>, YAO Hui<sup>5</sup>, QI Dunwu<sup>2\*</sup>, XIANG Zuofu<sup>6\*</sup>

(1 College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry &amp; Technology, Changsha 410004, China)

(2 Chengdu Research Base of Giant Panda Breeding, Sichuan Key Laboratory of Conservation Biology for Endangered Wildlife, Chengdu 610086, China)

(3 China West Normal University, Key Laboratory of Southwest Wildlife and Plant Resources Protection, Ministry of Education, Nanchong 637002, China)

(4 Sichuan Baihe National Nature Reserve, Sichuan Province, Jiuzhai Valley 623400, China)

(5 Key Lab of Conservation Biology for Shennongjia Golden Monkey, Shennongjia 442411, China)

(6 College of Forestry, Central South University of Forestry &amp; Technology, Changsha 410004, China)

**Abstract:** The mating and reproduction of most non-human primates undergo strict seasonality, which are not only influenced by their own reproductive mechanisms, but also by the climate, altitude, and food supply in their habitats. Understanding the seasonal differences in the birth of the same primate species residing in different regions can help identify the impact of environmental variables on animal reproduction. From January 2023 to August 2023, by using focal animal sampling, we analyzed the relationship between climate and birth season in two groups of habituated *Rhinopithecus roxellana* populations in the Sichuan Baihe National Reserve (Baihe group) and the Dalongtan area in the Hubei Shen-

**基金项目:** 国家自然科学基金 (32171487); 四川白河国家级自然保护区2022年白河科研川金丝猴健康状况评估及种群可持续发展管理规划 (N5132252022000101-3)

**作者简介:** 陆展滔 (2000–), 男, 硕士研究生, 主要从事灵长类生态学研究。

**收稿日期:** 2023-10-07; **接受日期:** 2023-12-24

\* 通讯作者, Corresponding authors, E-mail: xiangzf@csuft.edu.cn; qidunwu@163.com

nongjia National Park (Shennongjia group), China. The results showed that births occurred mainly between March and May in the two populations, but a few individuals were born in January, February, July, and August in the Baihe group. The birth patterns of the two groups were different, but the birth events were all distributed during periods of warming temperatures and rising precipitation. We detected a positive correlation between the weekly changes in infant / adult female values (I / F) and the weekly average temperature and precipitation in the Baihe group. The weekly variation of infant / adult female values (I / F) in the Shennongjia group is positively correlated with the weekly average temperature, but the correlation with weekly precipitation is not significant. The increase in temperature may be a factor in promoting the environmental response of pregnant female monkeys to childbirth, while precipitation can trigger reproductive events by affecting the food supply.

**Key words:** *Rhinopithecus roxellana*; Birth seasonality; Temperature; Precipitation

关于非人灵长类动物出生模式的描述首次出现在猴和猿类的年生殖周期研究中 (Lancaster and Lee, 1965), 被划分为 3 种, 即显著的季节性出生、高峰性出生、无规律性出生 (Struhsaker and Leland, 1986)。季节性出生被定义为出生事件只发生在明确划定的时期内 (van Schaik *et al.*, 1999), 如云南拉沙山滇金丝猴 (*Rhinopithecus bieti*) 社群的出生事件只发生在 2—4 月, 表现出严格的出生季节性 (Huang *et al.*, 2012; 王双金等, 2012); 猕猴 (*Macaca mulatta*) 74% 的出生事件集中在 5—6 月, 表现为高峰性出生 (Vandenbergh and Vessey, 1968); 某些物种则几乎全年都存在出生情况, 如野生鬃毛吼猴 (*Alouatta palliata*) 全年的大部分月份均有新生婴猴被记录, 出生季节分布没有显著差异, 表现为无规律性出生 (Glander, 1980); 有些物种则表现出出生高峰期不明显或者较弱, 如郁乌叶猴 (*Trachypithecus obscurus*); 而有些物种则表现出非季节性的繁殖模式, 如红吼猴 (*Alouatta seniculus*) 每月都有婴猴出生, 但是存在一个出生低谷期 (Crockett and Rudran, 1987)。

影响非人灵长类动物出生模式的因素有很多, 栖息地环境温度可以影响动物出生模式, 因为温度与动物的能量消耗和体温调节有关。对于恒温动物而言, 在过高或过低的温度条件下, 需要消耗能量来维持体温的恒定, 从而减少自身在繁殖上所花费的能量。随着温度上升, 圈养松鼠猴 (*Saimiri sciureus*) 每月出生婴猴数量增加 (Trevino, 2007); 阿根廷查科地区的夜猴 (*Aotus azarai*) 每年 4—5 月进行交配 (Fernandez-Duque *et al.*, 2002), 以避免极端高温给受孕个体带来的能量代谢挑战; 降水量也会对动物的繁殖产生影响, 如栖息于热带地区的北绒毛蛛猴 (*Brachyteles hypoxanthus*), 每

年的气温变化幅度小, 其出生季节受降水影响大, 雨季延长会导致出生季节的跨度延长 (Wiederholt and Post, 2011); 黑猩猩 (*Pan troglodytes*) 在每年雨季 (食物供应高峰) 开始发情, 降水量的季节性变化通过影响食物供应对其繁殖起间接作用 (Brockman and van Schaik, 2005; Anderson *et al.*, 2005)。

动物繁殖期消耗能量巨大, 其将繁殖周期中最需要能量的时期与每年食物供应的高峰时期相匹配, 因此繁殖与栖息环境食物供应的波动关联很大 (Di Bitetti and Janson, 2000; Bronson, 2009)。基于食物供应与动物季节性繁殖之间的联系, 可以划分为收入繁殖者 (income breeder) 与资本繁殖者 (capital breeder) 两种不同的繁殖类型 (Di Bitetti and Janson, 2000; Brockman and van Schaik, 2005)。资本繁殖者为了生殖活动而提前储存能量, 为随后的怀孕、分娩、育幼做准备, 如马达加斯加西北部狐猴 (*Lemuridae*) 会在雨季提高食物摄入量、增加体重和怀孕, 而出生季节则集中在食物缺乏的旱季 (Pichon and Simmen, 2015); 收入繁殖者则根据当前的食物摄入量开始繁殖活动, 如栖息在刚果盆地的山魈 (*Mandrillus sphinx*) 在食物匮乏的季节 (旱季) 受孕, 其出生高峰期与食物丰富的季节 (雨季) 相符, 在哺乳期的前半段, 雌性山魈摄入食物以满足婴猴的营养需求, 在哺乳期的后半段, 婴猴可以独立进食 (Dezeure *et al.*, 2022)。美国洛杉矶动物园中的皇桧柳猴 (*Saguinus imperator*) 几乎在所有月份都有婴猴出生, 园内有超过七成的雌性在 3—7 月分娩, 而野生的皇桧柳猴种群的出生高峰期却出现在 4—8 月, 出生季节比圈养种群晚, 可能的原因是圈养种群拥有稳定的食物供应 (Baker and Woods, 1992)。

海拔梯度的增加导致气温降低, 甚至高海拔

地区的最低气温可能会达到寒温带地区常见的水平,而降水量在一定范围内随着海拔上升而增加,通常在连续海拔梯度的中等高度位置达到高峰(van Schaik and Brockman, 2005),导致植被类型沿海拔梯度变化垂直分布,一般来说,高海拔地区与低海拔或中等海拔地区相比,其植物丰富度和初级生产力相对较低(Rahbek, 1995),因此海拔梯度引起的极端气候与食物供应的变化影响灵长类动物的繁殖,这一观点在对藏酋猴(*Macaca thibetana*) (Zhao and Deng, 1988; Zhao, 1994)、黑猩猩(*Pan troglodytes schweinfurthii*) (Matthews et al., 2021),以及大型食草动物如马鹿(*Cervus canadensis*) (Moyes et al., 2011)、豹(*Capreolus pygargus*) (Peláez et al., 2020)和大角羊(*Ovis canadensis*) (Festa-Bianchet, 1988)的研究中得到证实。

纬度位置也可以用于解释灵长类动物出生模式的变化。通常纬度越高其出生季节性越强,因为与靠近赤道的地区相比,高纬度地区的气候与食物供应呈明显的季节性变化(Janson and Verdolin, 2005; Heldstab et al., 2020)。例如西藏小昌都(北纬29°15',东经98°37')和云南拉沙山(北纬26°20',东经99°15')的野生滇金丝猴群出生同步模式不同,前者出生季节第2周出生数量最多,后者第1、4周出生数量最多(Xiang and Sayers, 2009; 王双金等, 2012)。Trebouet等(2021)基于13个野生猕猴属(*Macaca*)种群出生模式的调查发现,随着纬度的上升,猴群出生模式趋向于严格的季节性,其中北纬12°以上的种群呈现严格的季节性繁殖,北纬3°~14°和南纬5°范围内存在中度季节性繁殖种,南纬1°~北纬3°之间为非季节性繁殖种。

灵长类的繁殖行为也受到光周期的影响,光照诱导褪黑激素释放,进而调节下丘脑-垂体-性腺(Hypothalamic-pituitary-gonadal axis)轴系统复杂的神经内分泌过程,来调控动物的繁殖(Bradshaw and Holzapfel, 2007; Dardente, 2012)。例如Fernandez-Duque等(2002)研究发现,每年4—5月,光照时间缩短刺激阿根廷夜猴(*Aotus azarai*)交配活动的开始。光周期通常由纬度决定,Rasmussen(1985)发现生活在不同纬度区域的狐猴(*Lemuridae*),其交配季节开始日期不同,高纬度种群的交配与出生季节开始日期晚,因此通过比较分布于不同纬度的灵长类种群的出生模式可以探究光周

期对繁殖的影响。

川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)属于我国一级重点保护野生动物,分类上隶属于灵长目(Primates)猴科(Cercopithecidae)疣猴亚科(Colobinae)仰鼻猴属(*Rhinopithecus*),是我国特有的珍稀濒危灵长类物种,分布于四川、甘肃、陕西及湖北,栖息于海拔1 000~4 100 m的温带高山、亚高山森林(向左甫, 2020)。川金丝猴是季节性繁殖的灵长类动物(Qi et al., 1995; Xiang et al., 2017),有研究发现圈养川金丝猴出生高峰期在3—6月(Zhang et al., 2000; Ren et al., 2003),但野生川金丝猴多数集中于3月下旬至5月上旬生育(Xiang et al., 2017),目前对川金丝猴出生季节性的研究较多,但是鲜有将两地猴群的出生情况进行对比,以探讨气候等因素对川金丝猴出生季节性的影响。

本文报道了2023年1—8月四川白河国家级保护区王家山地区和湖北神农架大龙潭区域川金丝猴投食群的婴猴出生情况,分析了两个种群出生季节性以及气候对婴猴出生事件的潜在影响。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地点与对象

研究地点为四川白河国家级自然保护区和湖北神农架国家公园。白河国家级自然保护区(北纬33°10'~33°22',东经104°01'~104°12')位于四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县,保护区地处岷山山系北段,海拔1 240~4 453 m,属温带半湿润气候(李艳忠等, 2016; 金贵祥等, 2020),猴群位于王家山区域(北纬104°08',东经33°15',海拔1 700~2 200 m),主要植被类型包括常绿阔叶林、落叶阔叶林、针叶阔叶林和高山针叶林(彭振中等, 2022)。

神农架国家公园大龙潭川金丝猴野外科研基地(北纬31°29',东经110°117')位于湖北省西北部的神农架国家公园大龙潭区域内(北纬31°21'~31°36',东经110°03'~110°33'),该保护区地处大巴山系,海拔约2 200 m(Yao et al., 2011),地跨中、北亚热带,春季短暂(4—5月底),而冬季漫长(11至翌年3月底),全年气候温暖湿润,季节性变化明显,属于亚热带季风气候(朱兆泉和宋朝枢, 1999)。

研究对象为白河王家山及神农架大龙潭区域

的两个习惯化了的川金丝猴种群。2023年8月，白河种群个体总数约130只，由7个一雄多雌社会单元 (one-male unit, OMU) 和1个全雄社会单元 (all-male unit, AMU) 组成；神农架种群个体总数约90只，由6个OMU和1个AMU组成；白河种群成年雌性个体数量为45只，神农架种群成年雌性个体数量为32只，所有的成年雌性个体均被观察到参与交配活动；OMU单元成年雄雌比，白河种群约为1:6.4，神农架种群约为1:5.3 (表1)。两地工人每日在固定地点投喂食物2次，猴群中的所有个体，包括成年、亚成年、青少年和婴幼猴，均可通过面部特征 (五官形状、皱纹多寡)、受伤情况 (伤疤形状、身体残疾) 和毛发特征等进行个体识别。两猴群已经习惯研究人员的存在，可在离猴群5~20 m的距离内观察猴群。

表1 2023年白河种群、神农架种群一雄多雌单元基本结构

Table 1 Basic structure of one-male unit in Baihe and Shennongjia groups in 2023

单元 Unit	白河种群 Baihe group		神农架种群 Shennongjia group	
	成年雄性 Adult male	成年雌性 Adult female	成年雄性 Adult male	成年雌性 Adult female
单元一 Unit one	1	7	1	7
单元二 Unit two	1	4	1	2
单元三 Unit three	1	7	1	6
单元四 Unit four	1	4	1	5
单元五 Unit five	1	7	1	3
单元六 Unit six	1	8	1	9
单元七 Unit seven	1	8	—	—
共计 Total	7	45	6	32

## 1.2 数据收集

2023年1—8月，两名研究人员在白河种群活动范围内进行跟踪观察，当发现刚出生的婴猴时，采用焦点动物取样法 (focal animal sampling method) 记录婴猴出生日期、婴猴性别、雌性个体信息，并用单反相机 (日本，佳能700D) 进行拍照记录，在整个观察期间，对出生婴猴数量及成年雌性数量进行统计；神农架猴群，相同的信息由大龙潭基地研究人员提供。并对白河保护区王家山区域及神农架大龙潭区域气候信息 (气温、降水) 进行统计，资料来源于欧洲中期天气中心 (<http://www.ecmwf.int>)。

## 1.3 数据分析

根据 Eisenberg 等 (1981) 的方法，以观察期内

第一个婴猴出生日期为起始，将猴群的出生季节每7天作为一个周期进行划分，计算出出生季节的婴猴平均出生日期、出生日期中值和标准差，以及周婴猴/成雌值 (I/F)，其中I为当前婴猴出生总数，F为观察期内成年雌性总数。根据 van Schaik 等 (1999) 的定义，3个月内发生2/3的出生事件，可以认为该物种具有出生季节性。按照 Caughley (1977) 的方法分析猴群出生季节性是否符合脉冲模型，即如果一个种群出生季节标准差小于30 d，那么此物种可被视作季节性出生的物种。计算公式为：

$$\text{平均出生日期: } M_n = \frac{\sum f \cdot x}{\sum f} \quad (1)$$

$$\text{出生季节中值: } M_d = L + \frac{g \cdot C}{d} \quad (2)$$

$$\text{方差: } s^2 = \frac{\sum f \cdot x^2 - (\sum fx)^2 / \sum f}{\sum f} - \frac{1}{12} \quad (3)$$

$$\text{标准差: } SD = \sqrt{s^2} \quad (4)$$

公式中f为每周期婴猴出生数量，x为周期序号，L为观察期内婴猴出生总数达到一半时所在周期的上限日期前的累积天数，g为观察期内婴猴出生总数的一半与观察期内婴猴出生总数达到一半时所在周期前的婴猴出生个体数的差，C为周期天数 (7天)，d为中值所在周期的婴猴出生数量。

将2023年1—7月的气候数据 (日平均气温、日降水量)，按照上述方法进行划分，计算每个周期的平均气温和累积降水量，使用SPSS 26.0数据分析，使用Circular statistics 和 Rayleigh test ( $Z = nr^2$ ) 分析出生季节性和出生模式 (王双金等，2012)，采用Hierarchical cluster analysis分析出生高峰期，通过Pearson相关性检验 (PCCs) 分析周平均气温、降水量与周I/F之间的相关性，显著性水平设置在 $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 出生季节性

白河种群出生日期为1月3日至8月20日，跨度为232 d，除6月外，其他月均有婴猴出生，其首例婴猴出生事件于2023年1月3日被研究人员记录。2月28日至3月20日、3月28日至4月25日、5月23日至6月6日，周I/F斜率增加，说明婴猴出生数量增加，婴猴数在8月20日达到最大值 (17个) (图1a)。

神农架种群出生日期为3月17日至5月23日，











- Fooden J, Aimi M. 2003. Birth-season variation in Japanese macaques, *Macaca fuscata*. *Primates*, **44**: 109–117.
- Glander K E. 1980. Reproduction and population growth in free-ranging mantled howling monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*, **53** (1): 25–36.
- Heldstab S A, van Schaik C P, Müller D W H, Rensch E, Lackey L B, Zerbe P, Hatt J M, Clauss M, Matsuda I. 2020. Reproductive seasonality in primates: patterns, concepts and unsolved questions. *Biological Reviews*, **99** (1): 66–88.
- Huang Z P, Cui L W, Scott M B, Wang S J, Xiao W. 2012. Seasonality of reproduction of wild black-and-white snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) at Mt. Lasha, Yunnan, China. *Primates*, **53** (3): 237–245.
- Janson C, Verdolin J. 2005. Seasonality of primate births in relation to climate. In: Brockman D K, van Schaik C P eds. *Seasonality in Primates*. New York: Cambridge University Press, 307–350.
- Lancaster J B, Lee R B. 1965. The annual reproductive cycle in monkeys and apes. In: DeVore I ed. *Primate Behavior: Field Studies of Monkeys and Apes*. New York: Holt, Reinhart, and Winston, 486–513.
- Li W J. 2010. Study of the correlation between grooming and mating in Qinling golden monkeys (*Rhinopithecus roxellana*). Master thesis. Xi'an: Northwestern University. (in Chinese)
- Li Y M. 2006. Seasonal variation of diet and food availability in a group of Sichuan snub-nosed monkeys in Shennongjia Nature Reserve, China. *American Journal of Primatology*, **68** (3): 217–233.
- Li Y W. 2016. Research on home range and diet of Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in Baihe Nature Reserve. Master thesis. Nanchong: China West Normal University. (in Chinese)
- Li Y Z, Dong X, Liu X H. 2016. Habitat pattern dynamics of the Golden snub-nosed monkey in Baihe Nature Reserve, Minshan Mountains, China, over the past 40 years. *Acta Ecologica Sinica*, **36** (7): 1803–1814. (in Chinese)
- Lubach G R, Kittrell E M, Coe C L. 1992. Maternal influences on body temperature in the infant primate. *Physiol Behavior*, **51** (5): 987–994.
- Matthews J K, Ridley A, Kaplin B A, Grueter C C. 2021. Ecological and reproductive drivers of fission–fusion dynamics in chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) inhabiting a montane forest. *Behavioral Ecology Sociobiology*, **75**: 1–9.
- McFarland R, Henzi S P, Fuller A, Hetem R S, Young C, Barrett L. 2022. The thermal consequences of primate birth hour and its evolutionary implications. *Biology Letters*, **18** (1): 20210574.
- Moyes K, Nussey D H, Clements M N, Guinness F E, Morris A, Morris S, Pemberton J M, Kruuk L E, Clutton-Brock T H. 2011. Advancing breeding phenology in response to environmental change in a wild red deer population. *Global Change Biology*, **17** (7): 2455–2469.
- Peláez M, Gaillard J M, Bollmann K, Heurich M, Rehnus M. 2020. Large-scale variation in birth timing and synchrony of a large herbivore along the latitudinal and altitudinal gradients. *Journal of Animal Ecology*, **89** (8): 1906–1917.
- Pichon C, Simmen B. 2015. Energy management in crowned sifakas (*Propithecus coronatus*) and the timing of reproduction in a seasonal environment. *American Journal of Physical Anthropology*, **158** (2): 269–278.
- Qi H J, Liang B, Bao W Y, Jia Y C, Bing X S, Czekala N, Harvey N. 1995. Study on the change of female urine reproductive hormones in the Sichuan golden monkey. *Acta Theriologica Sinica*, **15** (2): 106–112.
- Rahbek C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, **18**: 200–205.
- Rasmussen D T. 1985. A comparative study of breeding seasonality and litter size in eleven taxa of captive lemurs (*Lemur* and *Varecia*). *International Journal of Primatology*, **6**: 501–517.
- Ren B P, Zhang S Y, Xia S Z, Li Q F, Liang B, Lu M Q. 2003. Annual reproductive behavior of *Rhinopithecus roxellana*. *International Journal of Primatology*, **24** (3): 575–589.
- Ren B P. 2002. Reproductive behaviors of the Sichuan snub-nosed monkeys, *Rhinopithecus roxellana*. Ph. D thesis. Beijing: Beijing Normal University. (in Chinese)
- Ruppenthal G C, Goodlin B L, Sackett G P. 1983. Perinatal hypothermia and maternal temperature declines during labor in pigtailed macaques (*Macaca nemestrina*). *American Journal of Primatology*, **4** (1): 81–92.
- Sousa M B C, Peregrino H, Cirne M F C, Mota M T S. 1999. Reproductive patterns and birth seasonality in a South-American breeding colony of common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Primates*, **40**: 327–336.
- Struhsaker T T, Leland L. 1986. Colobines: infanticide by adult males. In: Smuts B B, Cheney D L, Seyfarth R M, Wrangham R W eds. *Primate Societies*. Chicago: University of Chicago Press, 83–97.
- Terborgh J. 1984. *Five New World Primates: A Study in Comparative Ecology*. New Jersey: Princeton University Press.
- Tie J, Zhang J, Peng L P, Zhao B Y, Zhang Z X. 2011. Analysis of main factors influencing summer and autumn feeding of *Rhinopithecus roxellana* in Shennongjia Nature Reserve. *Scientia Silvae Sinicae*, **47** (7): 108–115. (in Chinese)
- Trebouet F, Malaivijitnond S, Reichard U H. 2021. Reproductive seasonality in wild northern pig-tailed macaques (*Macaca leonina*). *Primates*, **62**: 491–505.
- Trevathan W. 2015. Primate pelvic anatomy and implications for birth. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, **370** (1663): 20140065.
- Trevino H S. 2007. Seasonality of reproduction in captive squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *American Journal of Primatology*, **69** (9): 1001–1012.
- van Schaik C P, Brockman D K. 2005. Seasonality in primate ecology, reproduction, and life history: an overview. In: Brockman D K, van Schaik C P eds. *Seasonality in Primates*. Cambridge: Cambridge University Press, 3–20.

- van Schaik C P, van Noordwijk M A, Nunn C L. 1999. Sex and social evolution in primates. In: Lee P C ed. *Comparative Primate Socioecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 204–240.
- van Schaik C P, van Noordwijk M A. 1985. Interannual variability in fruit abundance and the reproductive seasonality in Sumatran long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). *Journal of Zoology*, **206** (4): 533–549.
- Vandenbergh J G, Vessey S. 1968. Seasonal breeding of free-ranging rhesus monkeys and related ecological factors. *Reproduction and Infertility*, **15** (1): 71–79.
- Wang S J, Huang Z P, He Y C, He X D, Li D H, Sun J, Cui L W, Xiao W. 2012. Mating behavior and birth seasonality of black-and-white snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) at Mt. Lasha. *Zoological Research*, **33** (3): 241–248. (in Chinese)
- Wei L. 2016. The research on copulatory behaviors of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in Hubei Shennongjia National Nature Reserve, China. Master thesis. Changsha: Central South University of Forestry & Technology. (in Chinese)
- Wiederholt R, Post E. 2011. Birth seasonality and offspring production in threatened neotropical primates related to climate. *Global Change Biology*, **17** (10): 3035–3045.
- Xiang Z P, Sayers K. 2009. Seasonality of mating and birth in wild black-and-white snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) at Xiaochangdu, Tibet. *Primates*, **50** (1): 50–55.
- Xiang Z P, Yang W, Qi X, Yao H, Grueter C C, Garber P A, Li B, Li M. 2017. An examination of factors potentially influencing birth distributions in golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*). *PeerJ*, **5** (2): e2892.
- Xiang Z P. 2020. A review on the socioecology of snub-nosed monkeys. *Chinese Bulletin of Life Sciences*, **32** (7): 692–703. (in Chinese)
- Yao H, Liu X C, Stanford C, Yang J Y, Huang T P, Wu F, Li Y M. 2011. Male dispersal in a provisioned multilevel group of *Rhinopithecus roxellana* in Shennongjia Nature Reserve, China. *American Journal of Primatology*, **73** (12): 1280–1288.
- Zhang S Y, Liang B, Wang L X. 2000. Seasonality of matings and births in captive Sichuan golden monkeys (*Rhinopithecus roxellana*). *American Journal of Primatology*, **51** (4): 265–269.
- Zhao Q K, Deng Z Y. 1988. *Macaca thibetana* at Mt. Emei, China: II. birth seasonality. *American Journal of Primatology*, **16** (3): 261–268.
- Zhao Q K. 1994. Birth timing shift with altitude and its ecological implication for *Macaca thibetana* at Mt Emei. *Oecologia Montana*, **3**: 24–26.
- 王双金, 黄志旁, 和育超, 何晓东, 李东晖, 孙军, 崔亮伟, 肖文. 2012. 云南拉沙山黑白仰鼻猴交配行为和出生季节. *动物学研究*, **33** (3): 241–248.
- 朱兆泉, 宋朝枢. 1999. 神农架自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社.
- 任宝平. 2002. 川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 繁殖行为学研究. 北京: 北京师范大学博士学位论文.
- 向左甫. 2020. 金丝猴社会生态学进展. *生命科学*, **32** (7): 692–703.
- 李文俊. 2010. 野生秦岭川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 理毛与交配的相互关系及其影响因素. 西安: 西北大学硕士学位论文.
- 李沂韦. 2016. 四川白河川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 的生态学: 家域利用与食物选择. 南充: 西华师范大学硕士学位论文.
- 李艳忠, 董鑫, 刘雪华. 2016. 40年岷山地区白河自然保护区川金丝猴的生境格局动态. *生态学报*, **36** (7): 1803–1814.
- 金贵祥, 李沂韦, 孙治宇, 任宝平, 冷志成, 黎大勇. 2020. 白河国家级自然保护区川金丝猴的分布和数量. *普洱学院学报*, **36** (3): 17–21.
- 铁军, 张晶, 彭林鹏, 王大兴, 胡德夫, 张志翔. 2010. 神农架川金丝猴冬春季节食性分析. *生态学杂志*, **29** (1): 62–68.
- 铁军, 张晶, 彭林鹏, 赵本元, 张志翔. 2011. 夏秋季节神农架川金丝猴取食主要影响因素分析. *林业科学*, **47** (7): 108–115.
- 彭振中, 朱必清, 夏万才, 刘星宇, 费汉榄, 黎大勇. 2022. 四川白河国家级自然保护区川金丝猴的食物可获得性研究. *普洱学院学报*, **38** (6): 1–4.
- 魏力. 2016. 神农架川金丝猴交配行为研究. 长沙: 中南林业科技大学硕士学位论文.