

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

唐卓^{1,2}, 杨建¹, 刘雪华^{2*}, 王鹏彦^{1*}, 李周园^{2,3}, LIU Cheng Simon²

(1. 卧龙国家级自然保护区管理局, 四川汶川 623006; 2. 清华大学环境学院, 北京 100084; 3. Water Systems and Global Change Group, Wageningen University & Research, Wageningen 6708 PB, Netherlands)

摘要: 绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* 是一种仅分布在中国西部山区的珍稀雉类。由于缺乏监测研究, 目前关于绿尾虹雉行为与栖息地的一手资料较少。2013年11月—2016年3月, 在四川卧龙国家级自然保护区高山带布设20台红外相机, 总相机工作日7 056 d, 拍摄记录约12万条。其中, 绿尾虹雉有效探测106次, 相对多度指数15.02。统计结果显示, 绿尾虹雉年活动高峰是7月; 日活动高峰是08:00—10:00和18:00—20:00, 日活动节律存在季节性和性别差异。绿尾虹雉活动最适宜的环境温度在0~10℃, 有集群和季节性垂直迁移现象, 目前在保护区生存状况较好。雄性绿尾虹雉的活动强度约为雌性的2倍。本研究有助于全面了解绿尾虹雉的生态习性, 为进一步保护和研究绿尾虹雉提供了基础信息。

关键词: 绿尾虹雉; 红外相机; 卧龙国家级自然保护区; 活动规律

中图分类号: Q958.1; Q959.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7083(2017)05-0582-06

Activity Pattern of *Lophophorus lhuysii* by Camera-trapping in Wolong National Nature Reserve, China

TANG Zhuo^{1,2}, YANG Jian¹, LIU Xuehua^{2*}, WANG Pengyan^{1*}, LI Zhouyuan^{2,3}, LIU Cheng Simon²

(1. Administration Bureau of Wolong National Nature Reserve, Wenchuan, Sichuan Province 623006, China; 2. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. Water Systems and Global Change Group, Wageningen University & Research, Wageningen 6708 PB, Netherlands)

Abstract: Chinese monal (*Lophophorus lhuysii*) is a kind of rare pheasant only restricted to the mountains of western China. At present, the first-hand data of Chinese monal about its behavior and habitats are inadequate due to the limited monitoring studies. In this study, from November 2013 to March 2016, 20 infrared-triggered camera-traps were installed in the alpine region of Wolong National Nature Reserve, Sichuan, China. A total of 7 056 camera-days of data were collected, including approximately 120 000 photos and video clips. The effective capture number of Chinese monal was 106, with relative abundance index 15.02. The statistical results showed that the annual activity peak of Chinese monal was in July, and the daily activity peaks were during the periods of 08:00–10:00 and 18:00–20:00. The daily activity rhythms were varied among genders and seasons. The range of preferred ambient temperatures for Chinese monal activity was detected from 0–10℃, and the population had the phenomena of assembling and seasonal vertical migration, indicated that the Wolong National Nature Reserve provides a relatively hospitable habitat for this species. The activity intensity of the male Chinese monal was nearly as twice as that of female. This study would be helpful to comprehend the ecological features of Chinese monal, and provide fundamental information for further protection and research.

Keywords: *Lophophorus lhuysii*; infrared camera; Wolong National Nature Reserve; activity pattern

绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* 是中国特有的大型高山鸟类, 属于鸡形目 Galliformes 雉科 Phasianidae 虹雉属 *Lophophorus* (郑光美, 2015)。绿尾虹雉分布在四川西部海拔3 000~4 900 m的山区, 并边缘性

见于云南西北部、西藏东部、甘肃南部和青海东南部(约翰·马敬能等, 2000)。绿尾虹雉是国家I级重点保护野生动物(国家林业局, 2003), CITES附录I物种(IUCN, 2013), 《中国脊椎动物红色名录》中被

收稿日期: 2017-04-16 接受日期: 2017-06-20

基金项目: 香港特区支持四川灾后重建川港卧龙自然保护区持续合作计划资助项目

作者简介: 唐卓, 男, 硕士, 主要从事野生动物的保护与研究, E-mail: 84039005@163.com

* 通信作者 Corresponding author, E-mail: xuehua-hjx@tsinghua.edu.cn; 1025203957@qq.com

评估为濒危(蒋志刚等,2016),分布型是喜马拉雅-横断山区型(张荣祖,2011)。

目前关于绿尾虹雉的研究多集中于人工饲养种群,对野生绿尾虹雉的研究很少。已有的研究主要包括绿尾虹雉的繁殖习性(何芬奇等,1986)、分布范围(马国瑶,1988,1989)、人工授精(Durrant *et al.*,1995)、卵壳结构与成分(李金录等,1996)、演化与起源(Zhan *et al.*,2003)、消化系统(王育章等,2007)、鸣声(曾思敏等,2010)、繁殖期行为(杨本清等,2011)、繁殖参数(杨本清等,2012)、日行为节律(钟雪等,2013)、低繁殖率的原因及对策(陈冬梅等,2015)、求偶炫耀行为(窦亮等,2015)、营养对人工繁殖的影响(何松,2016)、光照对繁殖性能的影响(陈冬梅等,2017)等。而利用红外相机技术研究野生绿尾虹雉的活动规律,国内外还未见相关报道。

关于卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉的研究,仅见Li等(2010)使用红外相机在海拔3 600 m以上的亚高山灌丛拍到其照片。通过本研究可以增进对绿尾虹雉生态习性的了解,拟为进一步开展卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉以及高山生态系统的保护和研究提供基础数据。

1 研究区域

卧龙国家级自然保护区位于四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县,距离四川省成都市约120 km,处于四川盆地向青藏高原的过渡地带,地理坐标为102°52′~103°24′E、30°45′~31°25′N。保护区建于1963年,总面积2 000 km²,东部木江坪海拔1 150 m,西北部四姑娘山海拔6 250 m,相对高差达5 100 m。主要河流有皮条河、正河、西河和中河,河流两侧发育有各级支流,形成树枝状水系(周世强等,2016)。主要保护对象为大熊猫 *Ailuropoda melanoleuca*、川金丝猴 *Rhinopithecus roxellana*、四川羚牛 *Budorcas tibetanus*、珙桐 *Davidia involucrata*、水青树 *Tetracentron sinense* 等珍稀濒危动植物以及高山生态系统。

保护区的植被类型主要有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、温性针叶林、温性针阔混交林、寒温性针叶林、高山灌丛、高山草甸和高山流石滩稀疏植被等(黄金燕等,2007)。该保护区年平均气温9.8℃,月平均气温最低-1.7℃(1月),

最高17℃(7月),年平均日照时数926.7 h,年均降水量1 800 mm,年均蒸发量873.9 mm,相对湿度80%以上。

2 研究方法

2.1 红外相机数据获取

2013年11月—2016年3月,在保护区内的银厂沟热水、魏家沟毛狗洞和梯子沟木香坡(以下简称为银厂沟、魏家沟和梯子沟)的高山带安装了20台Ltl-6210MC红外相机。相机距地面40~50 cm,距离预计拍摄位置3~5 m。相机位点海拔3 536~4 481 m,生境类型包括高山灌草丛、高山草甸和高山流石滩。根据坡位、生境类型等情况的不同,相邻相机位点的直线距离在100~500 m。相机全天工作,拍3张照片后摄制10~20 s的视频,拍摄间隔20 s,灵敏度中档。研究过程中相机丢失4台,损坏3台,进行了补安装。相机位点共27个,包括银厂沟9个、魏家沟5个和梯子沟13个(图1)。相机安装生境示例参见唐卓等(2017)。

2.2 红外相机数据处理

红外相机数据包括照片和视频。本文对照片进行了分析,视频用于协助物种鉴定等。

2.2.1 独立有效照片的提取 为了降低同一种动物红外相机照片的相关性,参考Yasuda(2004)和薛亚东等(2014)的方法,按以下步骤提取出独立有效照片:每1台相机能够准确鉴定动物物种的照片中,与上一张照片动物物种相同且时间间隔 ≥ 30 min或动物物种不同的照片记为有效照片;比对可能重复的有效照片,删除动物物种相同且时间间隔 < 30 min的照片。

2.2.2 有效探测的信息录入 每张独立有效照片中的每种动物视为1次有效探测,用红外相机数据管理系统录入动物物种、数量、时间、温度等信息。

2.3 红外相机数据分析

2.3.1 绿尾虹雉相对多度指数 相对多度指数(relative abundance index, RAI)以红外相机调查中的拍摄率为基础,数值的高低与动物种群数量之间存在正相关的函数关系(李晟等,2016),公式如下:

$$RAI = A/N \times 1\ 000 \quad (1)$$

式中, A 代表绿尾虹雉的有效探测次数; N 代表相机工作日天数。1台红外相机持续正常工作24 h记为1个相机工作日。

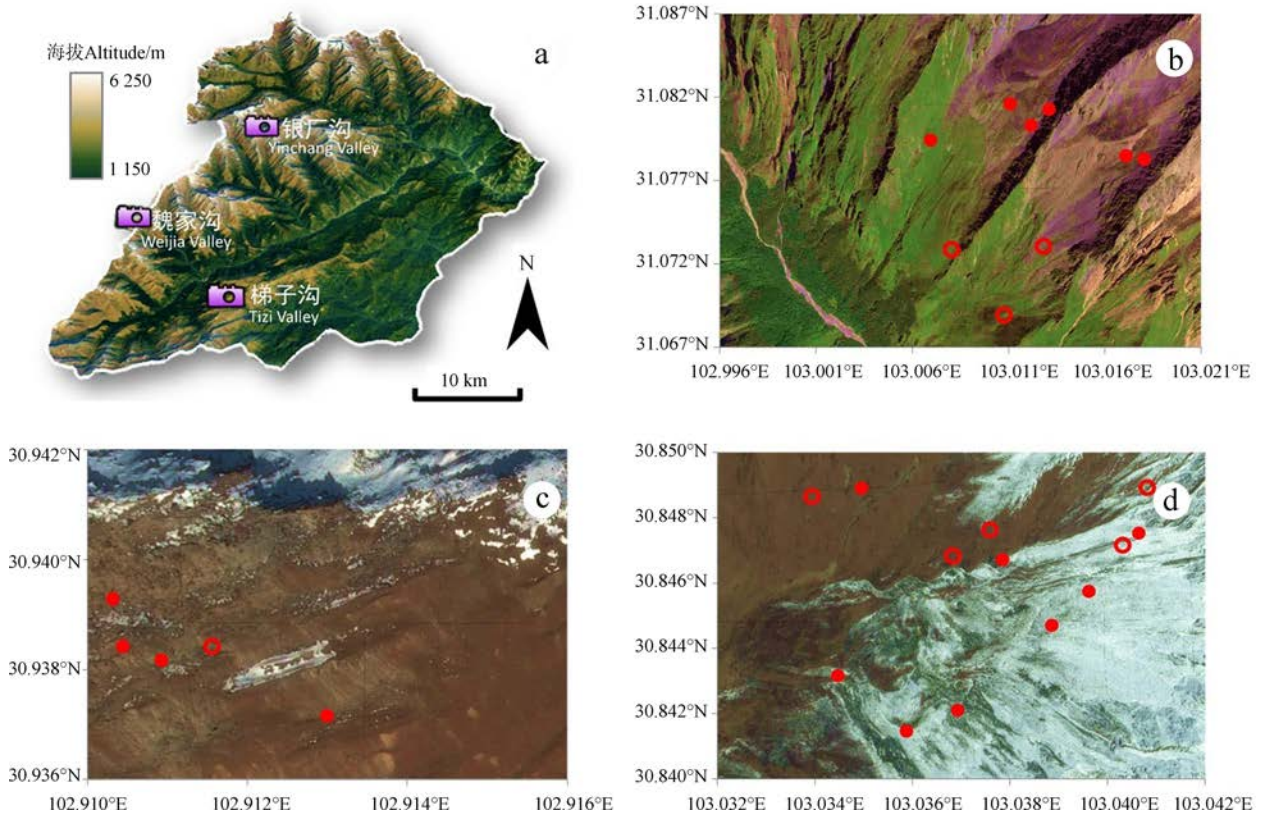


图 1 卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉研究的红外相机位置

Fig. 1 Infrared cameras installation positions for studying *Lophophorus lhuysii* in Wolong National Nature Reserve

a. 红外相机位置示意图, b. 银厂沟, c. 魏家沟, d. 梯子沟; 圆点代表观测到绿尾虹雉的相机, 圆圈代表未观测到绿尾虹雉的相机。

a. Sketch map of infrared cameras positions, b. Yinchang Valley, c. Weijia Valley, d. Tizi Valley; spots mean the cameras with the monal, circles means the cameras with no monal.

2.3.2 绿尾虹雉年和季节活动节律 特定时间段内动物被红外相机记录到的概率与其本身活动强度成正相关(李明富等,2011),因此RAI的大小可以反映绿尾虹雉的活动强度。分别比较绿尾虹雉在各个月份和季节的RAI大小,分析其年和季节活动节律。根据保护区的物候特征,定义3—5月为春季,6—8月为夏季,9—11月为秋季,12月至翌年2月为冬季。

2.3.3 绿尾虹雉日活动节律及其季节和性别差异 通过时间段活动强度指数(time-period activity intensity index, TAI)分析绿尾虹雉的日活动节律及其季节和性别差异,公式如下:

$$TAI = (A_i / A) \times 100 \quad (2)$$

式中,TAI代表绿尾虹雉在第*i*个时间段(*i* = 1,2,3,……,10,11,12,以每2个小时为1个时间段)的活动强度;*A_i*代表绿尾虹雉在第*i*个时间段的有效探测次数。春季和冬季未得到有统计意义数量的绿尾虹雉活动观测记录,故分析其日活动节律的季节差异时只包含夏季和秋季。

2.3.4 绿尾虹雉活动对环境温度的选择 通过温度活动强度指数(temperature activity intensity index, TEAI)分析绿尾虹雉活动对环境温度的选择,公式如下:

$$TEAI = T_i / A \times 100 \quad (3)$$

式中,TEAI代表绿尾虹雉在环境温度为*i*℃(*i* = -10, -9, -8, …… , 23, 24, 25)的活动强度;*T_i*代表绿尾虹雉在环境温度为*i*℃的有效探测次数。其中,环境温度数据读取自红外相机照片上显示的温度值,该值为照片拍摄时刻周边环境的参考温度。

3 研究结果

3.1 绿尾虹雉拍摄概况

经统计,相机工作日7056d,红外相机的照片和视频文件约12万个。野生动物有效探测2251次,其中鸟类494次。绿尾虹雉有效探测106次,占野生动物有效探测次数的4.71%,占鸟类有效探测次数的21.46%,RAI为15.02。

时间上,最早拍摄到绿尾虹雉是2013年12月,

最晚是2015年11月。10—12月很少拍到绿尾虹雉,1—3月完全没有拍到。清晨最早拍摄到绿尾虹雉的时间是05:51,黄昏最晚是20:28,分别是在白昼较长的6月和7月。空间上,18个相机位点拍摄到绿尾虹雉,包括银厂沟6个、魏家沟4个和梯子沟8个,海拔为3811~4458m,覆盖了相机安装的所有生境类型。绿尾虹雉106次有效探测中,93次有效探测只有1只绿尾虹雉,其中31次是

雌性,62次是雄性;13次有效探测有2只及以上绿尾虹雉,最多是4只。几乎整个研究阶段和大部分相机位点都拍摄到绿尾虹雉,并且有雌雄绿尾虹雉集群的现象,说明绿尾虹雉在保护区生存状况较好。

图2是本研究中红外相机拍摄的4张有代表性的绿尾虹雉照片,从中可以看出绿尾虹雉的雌雄外形差异、集群情况和生境类型等。

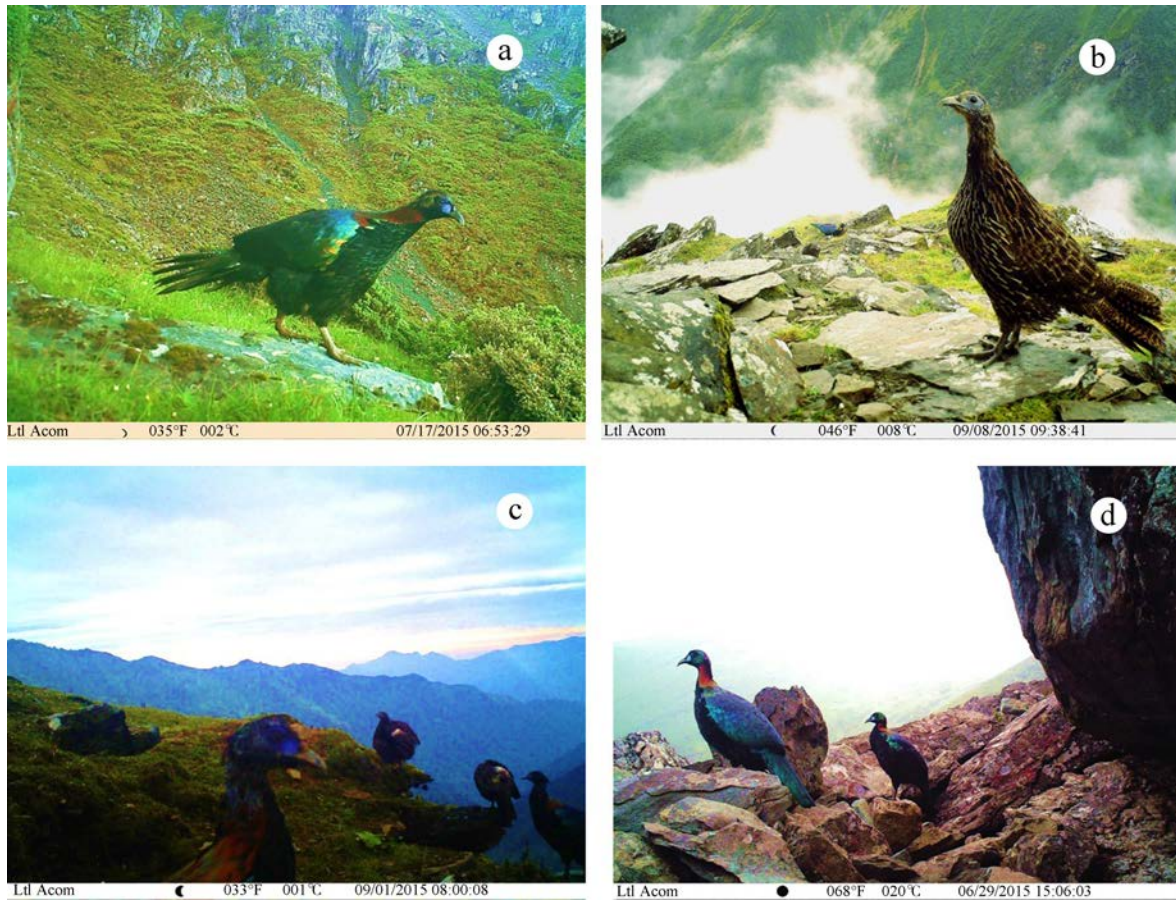


图2 卧龙国家级自然保护区红外相机拍摄的绿尾虹雉照片

Fig. 2 The photos of *Lophophorus lhuysii* that trapped by the infrared cameras in Wolong National Nature Reserve

a. 1 雄, b. 1 雄 1 雌, c. 2 雄 2 雌, d. 2 雄。

a. one male, b. one male and one female, c. two males and two females, d. two males.

3.2 绿尾虹雉年和季节活动节律

绿尾虹雉的RAI在1—3月都是0,4月开始曲折上升,7月达到高峰,8月出现一个下降后9月回升至次高峰,10—12月都很低。从季节上看,绿尾虹雉在夏季活动频繁,秋季次之,春季第三,冬季活动最少(图3)。

3.3 绿尾虹雉日活动节律及其季节和性别差异

绿尾虹雉在06:00—08:00活动强度迅速升高,08:00—10:00达到早高峰后降低较快,12:00—18:00维持在一个中等水平,18:00—20:00出现晚高

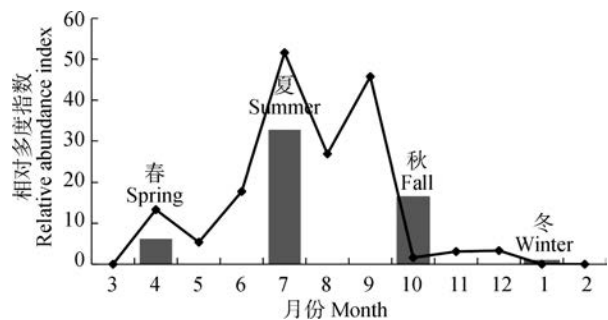


图3 卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉年和季节活动节律
Fig. 3 Annual and seasonal activity rhythm of *Lophophorus lhuysii* in Wolong National Nature Reserve

峰,20:00—06:00 几乎没有活动。季节上,绿尾虹雉活动的早高峰在夏季早于秋季,晚高峰在秋季不明显且早于夏季。性别上,雄性绿尾虹雉的活动相较于雌性更集中于早晚高峰,且早高峰晚于雌性(图 4)。

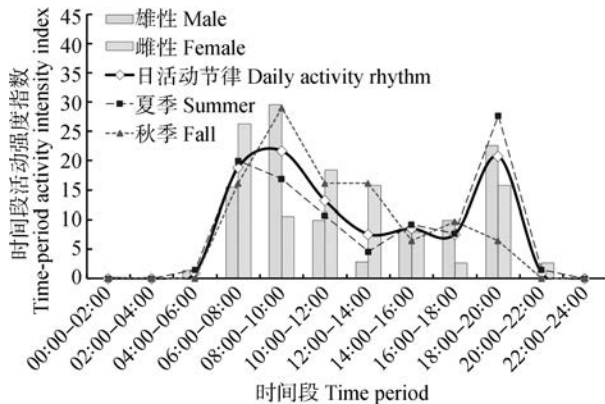


图 4 卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉日活动节律及其季节和性别差异

Fig. 4 Daily activity rhythm of *Lophophorus lhuysii* and its variation on genders and seasons in Wolong National Nature Reserve

3.4 绿尾虹雉活动对环境温度的选择

数据显示,拍摄到绿尾虹雉的最低环境温度是 -8°C ,最高环境温度是 24°C ,平均环境温度是 6.04°C 。绿尾虹雉较高的 TEAII 集中在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 且呈偏态分布,说明这是绿尾虹雉活动最适宜的环境温度范围(图 5)。

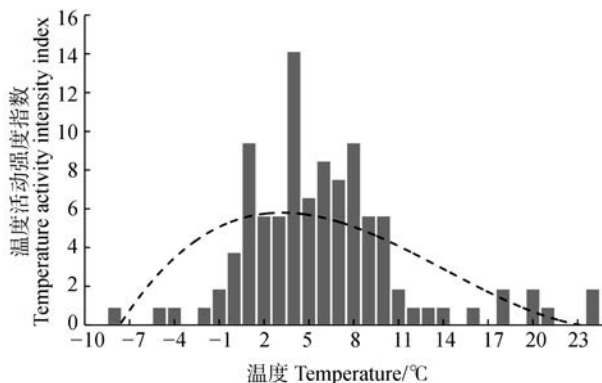


图 5 卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉活动对环境温度的选择
Fig. 5 Preference for ambient temperature of *Lophophorus lhuysii* in Wolong National Nature Reserve

4 讨论

4.1 卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉的活动规律

在日活动节律上,绿尾虹雉是白天活动,08:00—10:00 和 18:00—20:00 是其活动高峰。隆廷伦等(1998)研究发现早晨和傍晚是绿尾虹雉的觅食高峰,晚上不活动,这与本文的研究结果一致。

雄性绿尾虹雉的活动比雌性更集中于早晚高峰,可能是羽色差异造成的。雄性绿尾虹雉羽毛绚丽,有耀眼的金属光泽,雌性体色相对暗淡,保护色较好。中大型的隼形目 Falconiformes 猛禽是绿尾虹雉的天敌之一,但通常需要借助日出后的上升暖气流进行翱翔(何芬奇,卢汰春,1985),因此雄性绿尾虹雉在中午的活动比雌性少。

绿尾虹雉较高的 TEAII 集中在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$,可见绿尾虹雉并不喜欢非常寒冷的气候。程彩云等(1996)对绿尾虹雉原产地的环境调查表明,绿尾虹雉生存的气候条件为寒温型。本研究中 10 月至翌年 3 月几乎没有拍到绿尾虹雉,作者推测其受温度、食物等影响而到海拔相对较低的高山灌丛、寒温性针叶林和针阔混交林等生境越冬。王香亭等(1979)在甘肃白水江自然保护区也发现绿尾虹雉有季节性垂直迁移现象。

从红外相机技术的原理分析,绿尾虹雉的雌雄比例和雌雄不同的活动强度都会影响有效探测中的雌雄比例。卢汰春等(1986)的研究结果显示野生绿尾虹雉的雌雄比例约为 1:1,本研究的有效探测中绿尾虹雉的雌雄比例约为 1:2,据此推断雄性绿尾虹雉的活动强度约是雌性绿尾虹雉的 2 倍。史东仇(1986)的研究发现冬季雄性绿尾虹雉的活动范围大于雌性,在一定程度上可以印证此推断,但还有待进一步检验,并探究其行为成因。

4.2 卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉的研究方向

卧龙国家级自然保护区绿尾虹雉的分布、种群数量和密度、栖息地评价、食性、繁殖、人为干扰对其影响等还需要深入研究。这需要科研人员采用多种方法开展长期的工作,难度较大。科研人员已在其他区域进行了一些探索。卢汰春等(1986)采用叫声和观察相结合的方法调查出四川茶坪山和夹金山绿尾虹雉的种群密度为 $1.32\sim 1.58$ 只/ km^2 。张涛(1995)发现白水江自然保护区绿尾虹雉分布的海拔为 $2\ 300\sim 4\ 000$ m,以植物性食物为主,特别喜食贝母。Ma 等(2010)测定了绿尾虹雉完整的线粒体基因组,阐明了它在雉科中的系统发育位置,并发现其与黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii* 有非常近的关系。余翔等(2017)运用 MaxEnt 模型评价了四川小寨子沟国家级自然保护区绿尾虹雉繁殖期的栖息地质量,得出保护区内绿尾虹雉繁殖期的适宜栖息地面积为 $49.17\ \text{km}^2$,结合环境影响评价技术(Liu *et al.*, 2015),可以发展针对此类珍稀物种的综合生态影响

评价方法。这些探索可以为研究卧龙国家级自然保护区的绿尾虹雉提供参考。

致谢:野外工作期间得到卧龙国家级自然保护区管理局邓生保护站全体职工以及卧龙特别行政区部分人员的帮助;香港海洋公园保育基金赞助本文作者唐卓在清华大学攻读硕士研究生的学费。在此一并表示衷心的感谢!

参考文献:

- 陈冬梅, 何松, 韦毅, 等. 2017. 光照影响绿尾虹雉繁殖效果初报[J]. 四川动物, 36(1): 19-24.
- 陈冬梅, 韦毅, 符明泰, 等. 2015. 绿尾虹雉人工繁殖探讨[J]. 经济动物学报, 19(3): 163-166.
- 程彩云, 李金录, 刘凤玲. 1996. 绿尾虹雉迁地保护繁殖研究[J]. 动物学报, 42(S1): 54-61.
- 窦亮, 徐雨, 耿秋扎西, 等. 2015. 笼养绿尾虹雉炫耀行为节律及天气因素对该行为的影响研究[J]. 四川动物, 34(3): 399-402.
- 国家林业局. 2003. 国家重点保护野生动物名录[S/OL]. (2003-02-21) [2016-11-10]. <http://zdx.forestry.gov.cn/portal/bhxb/s/645/content-334732.html>.
- 何芬奇, 卢汰春, 卢春雷, 等. 1986. 绿尾虹雉的繁殖生态研究[J]. 生态学报, 6(2): 186-192.
- 何芬奇, 卢汰春. 1985. 绿尾虹雉的冬季生态研究[J]. 动物学研究, 6(4): 345-352.
- 何松. 2016. 营养、光照对绿尾虹雉(*Lophophorus lhuysii*)人工繁殖的影响[D]. 南充: 西华师范大学: 47-48.
- 黄金燕, 周世强, 谭迎春, 等. 2007. 卧龙自然保护区大熊猫栖息地植物群落多样性研究: 丰富度、物种多样性指数和均匀度[J]. 林业科学, 43(3): 73-78.
- 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 2016. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性, 24(5): 500-551.
- 李金录, 程彩云, 张正旺. 1996. 绿尾虹雉卵壳超微结构和化学成分的研究[J]. 动物学报, 42(S1): 133-134.
- 李明富, 李晟, 王大军, 等. 2011. 四川唐家河自然保护区扭角羚冬春季日活动模式研究[J]. 四川动物, 30(6): 850-855.
- 李晟, 王大军, 卜红亮, 等. 2016. 四川省老河沟自然保护区兽类多样性红外相机调查[J]. 兽类学报, 36(3): 282-291.
- 隆廷伦, 邵开清, 郭耕, 等. 1998. 绿尾虹雉冬季生态的跟踪观测研究[J]. 四川动物, 17(3): 104-105.
- 卢汰春, 刘如笋, 何芬奇, 等. 1986. 绿尾虹雉生态学[J]. 动物学报, 32(3): 273-280.
- 马国瑶. 1988. 甘肃绿尾虹雉的观察初报[J]. 四川动物, 7(2): 41-42.
- 马国瑶. 1989. 绿尾虹雉在甘肃的分布和生态初步观察[J]. 天水师范学院学报, (1): 101-104.
- 史东仇. 1986. 雉鹑和绿尾虹雉的羽毛数[J]. 动物学研究, 7(1): 85-87.
- 唐卓, 杨建, 刘雪华, 等. 2017. 基于红外相机技术对四川卧龙国家级自然保护区雪豹(*Panthera uncia*)的研究[J]. 生物多样性, 25(1): 62-70.
- 王香亭, 宋志明, 杨友桃, 等. 1979. 甘肃省“白水江自然保护区”鸟类区系研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), (2): 98-111.
- 王育章, 岳兴建, 胡锦鑫, 等. 2007. 绿尾虹雉消化系统形态学的初步研究[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 28(1): 7-10.
- 薛亚东, 刘芳, 郭铁征, 等. 2014. 基于相机陷阱技术的阿尔金山北坡水源地鸟兽物种监测[J]. 兽类学报, 34(2): 164-171.
- 杨本清, 窦亮, 邓春国, 等. 2011. 四川宝兴笼养绿尾虹雉的繁殖期行为观察[J]. 四川动物, 30(4): 590-592.
- 杨本清, 窦亮, 马洪, 等. 2012. 笼养绿尾虹雉繁殖参数的观察与分析[J]. 四川动物, 31(2): 264-268.
- 余翔, 陈俊橙, 王彬, 等. 2017. 四川小寨子沟国家级自然保护区绿尾虹雉种群密度调查与栖息地评价[J]. 四川动物, 36(4): 361-367.
- 约翰·马敏能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇. 2000. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社: 31-32.
- 曾思敏, 周材权, 杨本清, 等. 2010. 笼养状态下绿尾虹雉的鸣声行为特征[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 31(1): 8-15.
- 张荣祖. 2011. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社: 259-288.
- 张涛. 1995. 甘肃白水江自然保护区绿尾虹雉分布与生态的初步观察[J]. 动物学杂志, 30(4): 25-28.
- 郑光美. 2015. 中国雉类[M]. 北京: 高等教育出版社: 337-351.
- 钟雪, 窦亮, 杨本清, 等. 2013. 笼养绿尾虹雉繁殖季节的日行为节律和时间分配[J]. 四川动物, 32(4): 521-525.
- 周世强, Hull V, 张晋东, 等. 2016. 野生大熊猫与放牧家畜的空间利用格局比较[J]. 兽类学报, 36(2): 138-151.
- Durrant BS, Burch CD, Yamada JK, et al. 1995. Seminal characteristics and artificial insemination of Chinese pheasants, *Tragopan temminckii*, *Lophophorus impeyanus*, and *Lophophorus lhuysii* [J]. Zoo Biology, 14(6): 523-531.
- IUCN(世界自然保护联盟). 2013. CITES(濒危野生动植物种国际贸易公约) [EB/OL]. (2013-06-12) [2016-11-10]. <http://www.cites.org/cn/article/list.php?catid=20>.
- Li S, Meshea WJ, Wang DJ, et al. 2010. The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in Sichuan province, China [J]. Ibis, 152(2): 299-309.
- Liu XH, Li ZY, Liao CH, et al. 2015. The development of ecological impact assessment in China [J]. Environment International, 85: 46-53.
- Ma LL, Zhang XY, Yue BS, et al. 2010. Complete mitochondrial genome of the Chinese monal pheasant *Lophophorus lhuysii*, with phylogenetic implication in Phasianidae [J]. Mitochondrial DNA, 21(1): 5-7.
- Yasuda M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan [J]. Journal of the Mammalogical Society of Japan, 29(1): 37-46.
- Zhan XJ, Zhang ZW, Wu AP, et al. 2003. Phylogenetic relationships of monal pheasants *Lophophorus* inferred from sequences of mitochondrial cytochrome b gene [J]. Zoological Research, 24(5): 337-342.