

doi: 10.3969/j.issn.0490-6756.2020.01.026

# 四川白水河国家级自然保护区红腹锦鸡 种群密度及微生境选择

钟雪<sup>1</sup>, 邓玥<sup>2</sup>, 杨彪<sup>1,3</sup>, 赵成<sup>4</sup>, 王彬<sup>1,5</sup>, 周材权<sup>1,5</sup>

(1. 西华师范大学珍稀动植物研究所 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 南充 637002;  
2. 四川白水河国家级自然保护区, 彭州 611930; 3. 西华师范大学生命科学学院, 南充 637002;  
4. 宜宾师范学院生命科学与食品工程学院, 宜宾 644000; 5. 西华师范大学生态研究院, 南充 637002)

**摘要:** 为了探明四川白水河国家级自然保护区及周边区域红腹锦鸡的种群状况及其栖息地特征, 本研究于2018年采用样线法对该区域红腹锦鸡种群进行调查, 基于占区雄鸟鸣声估算其种群密度, 并采用样方法研究其微生境选择。结果显示: 红腹锦鸡繁殖期的平均种群密度为 $5.300 \pm 1.086$ 只/ $\text{km}^2$ , 推算研究区域内种群数量约为402只, 其中保护区内约209只; 红腹锦鸡偏好海拔较低、坡位靠下、靠近水源、植被原始、乔木层和灌木层发达、岩石和裸土盖度低的微生境。调查发现, 红腹锦鸡主要分布于保护区海拔较低的实验区及周边, 该区域旅游、资源采集等人为干扰严重, 因此, 建议在本区域内加强进山人员管理、合理开发旅游资源, 以保护低海拔地区的红腹锦鸡种群及其栖息地。

**关键词:** 红腹锦鸡; 种群密度; 微生境; 四川白水河国家级自然保护区

**中图分类号:** Q959.7; Q958.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2020)01-0174-07

## Population density estimation and microhabitat selection of Golden Pheasant in Sichuan Baishuihe National Nature Reserve

ZHONG Xue<sup>1</sup>, DENG Yue<sup>2</sup>, YANG Biao<sup>1,3</sup>, ZHAO Cheng<sup>4</sup>, WANG Bin<sup>1,5</sup>, ZHOU Cai-Quan<sup>1,5</sup>

(1. Institute of Rare Animal & Plant, Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, Ministry of Education, China West Normal University, Nanchong 637002, China;  
2. Sichuan Baishuihe National Nature Reserve, Pengzhou 611930, China;  
3. Collage of Life Science, China West Normal University, Nanchong 637002, China;  
4. College of Life Sciences and Food Engineering, Yibin University, Yibin 644000, China;  
5. Institute of Ecology, China West Normal University, Nanchong 637002, China)

**Abstract:** To ascertain the population and habitat status of Golden Pheasant (*Chrysolophus pictus*) in Baishuihe National Nature Reserve and its surrounding areas in Sichuan province, transect surveys and call counting method were used to investigate the population density of Golden Pheasant, quadrat sampling method was performed to study their microhabitat selection during breeding season of 2018. The results showed that: the average population density of Golden Pheasant was  $5.300 \pm 1.086$  individual/ $\text{km}^2$  during the breeding season. It was estimated that there were about 402 in study area, of which a-

收稿日期: 2019-02-28

基金项目: 四川省科技计划资助(2019YFS0460); 西华师范大学博士科研启动项目(17E075); 西华师范大学国家级一般培育项目(18B028)

作者简介: 钟雪(1989-), 女, 四川内江人, 硕士, 研究方向为保护生物学. E-mail: 844016222@qq.com

通讯作者: 王彬. E-mail: wangbin513@outlook.com

bout 209 were in reserve area. Golden Pheasants preferred to select microhabitat with lower altitude, lower slope position, closer to water resource, more primitive vegetation, better developed arbor and shrub stratum, and lower coverage of rock and bare soil. The survey found that Golden Pheasant was mainly distributed in the experimental area of the reserve with low altitude in protected area and its surrounding region, where was under intense human disturbance including tourism, herb medicine collection and so on. Therefore, to protect Golden Pheasant and its habitat, it is necessary to control human activities and develop tourism resources reasonably in low-altitude areas.

**Keywords:** *Chrysolophus pictus*; Population density; Microhabitat; Sichuan Baishuihe National Nature Reserve

## 1 引言

动物种群密度和数量研究是动物生态学研究最基本的内容,特别是在珍稀濒危动物保护和管理中占有重要地位<sup>[1]</sup>. 只有充分了解物种种群密度,才能科学评定其生存现状,维持长期的种群动态监测和分析<sup>[2]</sup>. 动物的生境是维持动物正常生命活动的各种环境资源的总和<sup>[3]</sup>,生境选择研究是评估栖息地质量、预测适宜地理分布的重要前提<sup>[4]</sup>. 在生境斑块内的小空间尺度上,细微的生境特征变化塑造了微气候和隐蔽条件不同的微生境,动物对于微生境的选择主要是对食物获取、能量维持和捕食风险等方面权衡的结果<sup>[1-2]</sup>,直接影响着个体的生存、繁殖和适合度,是动物生活史的重要内涵,也与珍稀濒危物种的种群维持和保护息息相关.

红腹锦鸡 *Chrysolophus pictus* 隶属于鸡形目 Galliformes 雉科 Phasianidae 锦鸡属 *Chrysolophus*, 为中等体型雉类, 无亚种分化, 为我国特有种, 是国家Ⅱ重点保护野生动物, 《中国脊椎动物红色名录》和《中国濒危动物红皮书》分别将其列为近危(NT)和易危(V)物种<sup>[3-4]</sup>. 红腹锦鸡主要分布于我国中西部地区<sup>[5]</sup>, 目前, 已有学者对该物种在陕西<sup>[6-8]</sup>、山西<sup>[9]</sup>、贵州<sup>[10-11]</sup>、湖北<sup>[12-13]</sup>和重庆<sup>[12]</sup>等地区的种群数量进行过调查和估算. 对于红腹锦鸡的栖息地也已有一定的研究报道, 包括海拔分布和植被类型选择<sup>[7]</sup>、冬季的微生境选择<sup>[14]</sup>、夜栖地选择<sup>[15]</sup>、沙浴地利用<sup>[16]</sup>以及对林缘生境的利用<sup>[17]</sup>等. 这些研究工作积累了重要的红腹锦鸡基础生物学和生态学信息, 为该物种的研究和保护奠定了基础.

四川省是红腹锦鸡的重要分布区, 但关于红腹锦鸡的宏观生态学研究还较少, 尤其缺乏对其种群状况及栖息地特征的研究. 目前, 仅见李湘涛<sup>[7]</sup>于

30多年前对北川县红腹锦鸡的栖息地、习性、繁殖和种群数量等进行了描述性报道. 四川省内红腹锦鸡近年来的种群现状及其栖息地特征都尚不清楚, 制约着对该物种的有效保护, 相关的研究工作亟待开展. 基于此, 2018年我们在四川白水河国家级自然保护区及周边区域对红腹锦鸡进行了野外调查, 估算其种群密度并分析其微生境选择模式, 以期丰富该物种的基础生态学资料, 同时了解保护区红腹锦鸡的种群现状, 为该物种及其栖息地的保护提供科学支持.

## 2 材料与方法

### 2.1 研究地概况

四川白水河国家级自然保护区(31°10'~31°29'N、103°41'~103°57'E)位于四川龙门山脉东南部的彭州市境内, 主要以保护大熊猫 *Ailuropoda melanoleuca* 等珍稀野生动植物和生物多样性为目标. 保护区属亚热带湿润气候区, 年平均气温为15.6℃, 年平均降水量为932.5mm; 动植物资源丰富, 有国家Ⅰ级保护野生动物11种, 包括川金丝猴 *Rhinopithecus roxellanae*、大熊猫、金雕 *Aquila chrysaetos*、和绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* 等; 国家Ⅱ级保护野生动物36种, 包括红腹锦鸡、猕猴 *Macaca mulatta*、黑熊 *Selenarctos thibetanus*、灰鹤 *Grus grus* 等; 此外还有国家Ⅰ级保护植物3种, 分别是红豆杉 *Taxus chinensis*、珙桐和独叶草 *Kingdonia uniflora*, 国家Ⅱ级保护植物8种. 区内地形复杂, 相对高差大, 海拔跨度1481~4818m, 2500m以下主要是阔叶林, 2500~4100m主要是针叶林, 4100~4300m主要是亚高山灌丛, 4300~4700m主要是高山草甸, 4700m以上多为流石滩植被. 保护区自然环境优美, 旅游资源丰富, 有燕子沟、银厂沟、九峰山、太阳湾等多个景区.

## 2.2 研究方法

**2.2.1 样线布设** 根据保护区及周边的植被类型、地形条件和人为影响等因素,结合以往研究报告的红腹锦鸡生境特点<sup>[14, 18-19]</sup>和访问当地居民,在红腹锦鸡可能分布的区域系统布设 15 条固定样线(图 1,表 1). 每条样线尽可能穿越多种地形和植被类型,样线总长度约 54.44 km,基本覆盖了红腹锦鸡可能分布的区域. 在 2018 年 1 月、3 月、5 月和 8 月对每条固定样线进行重复调查. 为了尽可能多地获得实体和鸣叫探测数据,样线调查选择在雉类活动最为活跃的早晨(08:00~11:00)和下午进行(14:00~18:00)进行. 调查时,调查队员与向导 2 人一组,以  $1\sim 1.5\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  的速度沿样线慢速行进,沿途对红腹锦鸡的实体、鸣叫、羽毛及粪便等信号进行搜寻和记录.



图 1 保护区位置及调查样线分布图

Fig. 1 Map of Baishuihe National Nature Reserve showing the transect lines

**2.2.2 种群调查** 在繁殖季节,红腹锦鸡雄鸟会占据明确而相对固定的领域并频繁鸣叫以吸引配偶,这种强烈的占区鸣叫是红腹锦鸡种群密度调查的有效方法<sup>[12]</sup>. 研究显示,红腹锦鸡 95% 鸣叫都发生在 200 m 的距离以内<sup>[25]</sup>. 因此,本次调查将这一距

离视为红腹锦鸡雄鸟占区鸣叫的有效探测距离,设置样线单侧宽度为 200 m 以调查红腹锦鸡占区雄鸟密度. 样线调查时沿途记录红腹锦鸡的实体,当发现雄鸟鸣叫信号时,记录调查者所在位置经纬度及鸣声的方向和距离,后期借助 ArcGIS 软件确定鸣叫发生的实际位点.

**2.2.3 微生境调查** 在样线调查中,一旦探测到红腹锦鸡实体、鸣叫、羽毛或粪便等信号,则视为红腹锦鸡利用微生境,以手持 GPS 测定物种出现点经纬度,并建立样方测定微生境特征. 首先,建立  $20\text{ m}\times 20\text{ m}$  的大样方,记录样方植被类型和地形、乔木层相关参数;然后,将大样方平均分成 4 个  $5\text{ m}\times 5\text{ m}$  的中样方,记录灌木层的相关参数;再在 4 个中样方的中心各设置 1 个  $1\text{ m}\times 1\text{ m}$  的小样方,记录草本层和地表层相关参数. 测定每个利用样方内的地形、乔木、灌木、草本和地表等 5 个方面的共 17 个微生境特征,这些特征主要反映了物种获取食物、躲避天敌及热量维持等 3 方面利益<sup>[1-2]</sup>. 此外,按照系统取样法,每条样线海拔每升高 100 m 设置 1 个对照样方,以代表研究区域内物种的可利用微生境. 对照样方的设置和参数测量与利用样方一致.

**2.2.4 种群密度和数量计算** 红腹锦鸡在繁殖季会表现出强烈的领域性,雄鸟会占据专有领域并排斥其他雄性个体进入,根据实体的发现位置和相对距离能够区分不同的繁殖群体. 因此,在红腹锦鸡种群密度的估算中,只使用繁殖季,即 3 月和 5 月的样线调查结果. 已有研究表明,红腹锦鸡繁殖季的平均领域面积为  $1.53\pm 1.09\text{ hm}^2$ <sup>[21]</sup>,近似于半径 70 m 的圆. 本次调查中根据此距离区分繁殖群体,从而尽量减小重复计数的可能性. 将每条样线 2 次调查的结果合并,将所有直线距离小于 70 m 的鸣声记录位点视作发自同一占区雄鸟个体.

占区雄鸟密度采用如下公式计算: $D_c = C / (L \times 200 \times 2)$ ,其中, $D_c$  为样线上红腹锦鸡占区雄鸟的密度, $C$  是样线上发现的红腹锦鸡鸣叫总频次, $L$  表示样线长度,200 为鸣声记录的单侧样线宽度(单位为 m). 由于基于鸣声只能对占区雄性的个体进行计数,而无法直接测算雌性个体的数量,因此根据红腹锦鸡的性比来换算红腹锦鸡整体种群密度. 参考丁长青的研究结果,红腹锦鸡的雄雌性比为  $\delta : \text{♀} = 1 : 1.12$ ,成幼比则为  $1 : 0.49$ <sup>[8]</sup>,如此,根据占区雄鸟密度可以推算红腹锦鸡繁殖期种群密度( $D_c'$ ),公式为: $D_c' = 3.16 \times D_c$ . 此外,根据

夏珊珊等的研究结果, 研究区域内红腹锦鸡的适宜宏生境面积为 75.92 km<sup>2</sup>, 其中 39.35 km<sup>2</sup> 位于白水河保护区内<sup>[22]</sup>, 以此推算红腹锦鸡繁殖期种群数量。

2.2.5 微生境分析 在微生境样方调查中, 为了尽可能减小调查人员在估测各种变量时的主观测量差异, 首先对人为估算的微生境变量进行分级, 即将原始的连续性变量划分为多个等级变量, 具体划分参考文献<sup>[22]</sup>。

为了解众多微生境变量的共同变化模式, 对过多的变量进行降维, 并且克服多重共线性问题, 对所有连续性变量进行主成分分析 (principal components analysis, PCA), 提取特征根 (eigenvalue) > 1 的主成分, 保留最大方差法标准旋转后的因子得分, 作为降维后的微生境变量进入后续分析。用二项式逻辑斯蒂回归模型 (binary logistic regression) 对红腹锦鸡的利用样方和对照样方的差异进行比较, 分析其微生境选择偏好和影响利用的重要变量。在进行逻辑斯蒂回归分析时, 纳入各主成分作为单级因子 (不考虑变量间二级以上的变量交互作用), 建立所有可能的备选模型 (包括零模型), 使用小样本量修正的赤池信息准则 (AICc) 来评价所有可能的模型结果, AICc 值越小模型准确性越高。

若在所有模型结果中得到单一模型  $\Delta AICc > 2$ , 则视其为最优模型; 否则, 表明多个模型对于变量有相近的解释效能, 对所有  $\Delta AICc \leq 2$  的备选模型采用多模型平均的方法求出参数估计值及其标准误差<sup>[23]</sup>, 并计算所有平均模型中各个变量的 Akaike 权重总和 ( $w_i +$ ) 以表示各变量的相对重要性。

逻辑斯蒂回归模型分析在 R 3.3.2 中进行, 使用了包 glmulti、MuMIn。统计分析结果以平均值  $\pm$  标准误差显示, 显著性水平设为 0.05。

## 3 结 果

### 3.1 红腹锦鸡种群密度及数量

在春季 (3 月) 和夏季 (5 月) 的 2 次样线调查中, 在 14 条样线上均发现了红腹锦鸡, 一共记录到 41 次鸣叫, 根据记录位点间距整理后保留 34 次鸣叫记录, 各条样线上的红腹锦鸡种群密度见表 1。在有红腹锦鸡分布的区域中, 密度最小的太阳湾, 为 1.188 只/km<sup>2</sup>, 密度最大的是锅框岩, 为 10.705 只/km<sup>2</sup>。研究区域内红腹锦鸡在繁殖期占区雄鸟的平均密度为 1.677  $\pm$  0.343 只/km<sup>2</sup>, 平均种群密度为 5.300  $\pm$  1.086 只/km<sup>2</sup>, 以此推算种群数量约为 402 只, 其中保护区内种群数量约 209 只。

表 1 基于占区雄鸟鸣声统计的红腹锦鸡种群密度估算

Tab. 1 Population density estimation of *Chrysolophus pictus* based on calling male counting

样线编号	小地名	长度/km	海拔跨度/m	面积/km <sup>2</sup>	鸣叫频次			占区雄鸟密度 Dc/(只/km <sup>2</sup> )	种群密度 Dc'/(只/km <sup>2</sup> )
					3月	5月	整理后		
1	梅子林沟	2.99	1 246~2 127	1.196	1	0	1	0.836	2.642
2	锅框岩	3.69	1 359~2 480	1.476	4	2	5	3.388	10.705
3	后坝	2.92	1 260~1 880	1.168	2	2	2	1.712	5.411
4	水黄桶	3.39	1 340~2 148	1.356	1	2	3	2.212	6.991
5	龙漕沟	2.88	1 212~1 753	1.152	1	1	2	1.736	5.486
6	太阳湾	6.65	1 381~2 040	2.66	0	1	1	0.376	1.188
7	大窑坪	1.58	1 306~1 760	0.632	1	0	1	1.582	5.000
8	回龙沟	2.60	1 357~1 683	1.04	0	1	1	0.962	3.038
9	燕子洞	4.16	1 423~1 940	1.664	0	0	0	0	0
10	红岩	3.42	1 304~2 265	1.368	5	2	7	5.117	16.170
11	洗澡坡	3.20	1 208~1 892	1.28	1	3	4	3.125	9.875
12	黑风洞	3.74	1 237~2 379	1.496	2	0	2	1.337	4.225
13	九峰山	3.70	1 452~2 861	1.48	0	1	1	0.676	2.135
14	银厂沟	4.80	1 374~1 461	1.92	2	0	2	1.042	3.292
15	小龙潭	4.72	1 435~2 083	1.888	1	2	2	1.059	3.347
合计/平均		54.44	1 212~2 861	21.776	21	17	34	1.677 $\pm$ 0.343	5.300 $\pm$ 1.086

### 3.2 红腹锦鸡微生境选择

3.2.1 微生境变量主成分分析 野外样线调查共获得 36 个红腹锦鸡利用样方和 90 个系统抽取的对照样方。主成分分析显示,在生成的 17 个主成分中,前 6 个主成分的特征根 > 1, 累计贡献率达 65.494%(表 2),表明红腹锦鸡的 17 个微生境变量所反映的信息可由这 6 个主成分有效反映。因此,我们提取了前 6 个主成分并计算出其相应的特征向量(表 2)。

从最大方差法旋转后的因子载荷矩阵可以看

出:主成分 1 主要反映微生境样方的位置特征、植被起源和乔木盖度,与海拔、坡位、距水远距及植被起源均呈正相关,与乔木盖度呈负相关;主成分 2 反映了发达的乔木层和更小的岩石盖度;主成分 3 反映了较大的坡度,繁茂的草本层以及更高的苔藓盖度;主成分 4 反映了发达的灌木层和低的裸土盖度;主成分 5 与岩石盖度呈负相关,而与乔木盖度和落叶盖度呈正相关;主成分 6 则反映了更向阳坡向和更陡峭的坡度、更小的苔藓盖度以及更原始的植被。

表 2 红腹锦鸡微生境因子的主成分载荷矩阵

Tab. 2 Principal component loading matrix of *Chrysolophus pictus* microhabitat factor

微生境变量	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
海拔	0.864	-0.029	-0.103	-0.042	-0.038	-0.129
坡向	-0.044	0.109	-0.051	0.120	0.024	0.637
坡位	0.776	0.296	0.168	0.201	0.032	-0.022
坡度	0.016	-0.066	0.426	0.139	0.077	0.650
距水源距离	0.564	0.332	0.026	0.304	0.115	-0.152
乔木均高	0.063	0.870	-0.129	-0.038	-0.127	0.092
乔木盖度	-0.445	0.453	0.296	-0.169	0.412	0.131
乔木胸径	0.234	0.588	0.032	-0.292	0.370	0.178
灌木均高	0.061	-0.108	-0.120	0.784	-0.203	0.033
灌木盖度	0.235	-0.119	0.245	0.730	0.076	0.017
草本均高	0.087	0.098	0.733	-0.054	-0.184	0.030
草本盖度	-0.114	-0.074	0.801	0.007	0.077	-0.038
苔藓盖度	0.104	-0.108	0.425	0.107	0.067	-0.532
裸土盖度	0.074	-0.145	0.110	-0.520	-0.217	-0.276
岩石盖度	-0.112	-0.506	-0.251	-0.309	-0.508	0.164
落叶盖度	0.068	-0.026	-0.147	-0.009	0.879	0.070
植被起源	0.669	-0.190	-0.003	-0.081	0.164	0.469
特征根	2.891	2.274	1.893	1.637	1.341	1.097
解释方差/%	17.009	13.377	11.138	9.629	7.887	6.455
累计解释方差/%	17.009	30.386	41.523	51.153	59.039	65.494

注:加粗字体表示因子载荷绝对值大于 0.4 的主要变量<sup>[24]</sup>,即各主成分主要反映的微生境变量。

3.2.2 微生境选择的逻辑斯蒂回归模型 二元逻辑斯蒂回归使用 6 个主成分建立了 64(2<sup>6</sup>) 个备选模型,其中有 3 个模型的  $\Delta AICc < 2$ (表 3),表明这些模型在区分红腹锦鸡利用与对照微生境时具有相似的解释能力。因此,对这 3 个模型进行全模型平均。根据平均后的模型参数(表 4),主成分 1、2、4 的  $w_i +$  均为 1,远高于其他主成分,同时主成分 1 和 2 的 P 值达到统计显著,而主成分 4 的 P 值近显著,表明这 3 个主成分是最重要的微生境影响因

表 3 逻辑斯蒂回归模型中  $\Delta AICc < 2$  的备选模型

Tab. 3 The alternative model ( $\Delta AICc < 2$ ) in logistic regression model

备选模型	参数数量	log-likelihood	$\Delta AICc$	$w_i +$
PC1+PC2+PC4+PC5	5	-57.14	0	0.55
PC1+PC2+PC4	4	-59.12	1.81	0.22
PC1+PC2+PC3+PC4+PC5	6	-56.94	1.81	0.22

子。其中,主成分 2 和 4 的参数估计值为正,表明红

腹锦鸡利用微生境的可能性与主成分 2 和 4 呈正相关;同理,其选择的可能性与主成分 1 呈负相关。综上,结合各主成分的因子载荷矩阵(表 2)可以发现:红腹锦鸡偏好选择海拔较低、坡位靠下、靠近水源、植被原始、乔木层和灌木层发达、岩石和裸土盖度低的微生境。

表 4 逻辑斯蒂回归模型平均后的参数估计值和相对重要性

Tab. 4 The parameter estimation and Akaike weight sum

主成分	参数估计值	标准误	Z	P	$w_i +$
截距	-1.365 65	0.285 86	4.73	2.20E-06	
PC1	-1.229 71	0.324 3	3.754	0.000 174	1
PC2	0.646 89	0.266 52	2.403	0.016 256	1
PC4	0.540 78	0.273 33	1.959	0.050 084	1
PC5	0.387 33	0.307 54	1.253	0.210 371	0.78
PC3	0.033 33	0.127 79	0.259	0.795 806	0.22

## 4 讨 论

白水河保护区及周边红腹锦鸡的平均种群密度为 5.300 只/km<sup>2</sup> (1.188~10.705 只/km<sup>2</sup>),与其他地区的研究横向比较可以发现,这一种群密度处于较低水平。基于相似的鸣声统计方法,秦岭南麓的红腹锦鸡平均种群密度(包括幼鸟)为 15.14 只/km<sup>2</sup> (2.49 只/km<sup>2</sup> ~ 30.79 只/km<sup>2</sup>)<sup>[12]</sup>;在 2008 年雪灾后,三峡库区的繁殖季红腹锦鸡平均种群密度(包括亚成鸟)为 32.20 只/km<sup>2</sup> (2.11~69.32 只/km<sup>2</sup>)<sup>[16]</sup>;而在贵州宽阔水保护区内,仅红腹锦鸡占区雄鸟的密度就高达 12.40 只/km<sup>2</sup> (9.05~15.75 只/km<sup>2</sup>)<sup>[15]</sup>。白水河保护区红腹锦鸡种群密度较低,可能主要是由于其分布区域内人为干扰过大导致的。基于 MaxEnt 模型的分布预测显示,研究区域内的红腹锦鸡宏生境主要分布于保护区内海拔较低的实验区和保护区外围区域<sup>[27]</sup>。样线调查中发现,当地百姓在每年夏季都会频繁进山采集重楼 *Paris* spp. 等药材,同时,保护区及周边旅游业发达,外来游客全年都会进山徒步和游览,这些采药和旅游区域同样集中在低海拔带,与红腹锦鸡的适宜宏生境重叠程度极高,带来了时间长、范围广并且强度较大的直接干扰,可能显著地限制红腹锦鸡种群增长。

红腹锦鸡是典型的山地森林雉类,无法适应高海拔的严寒环境,研究结果表明锦鸡偏好选择海拔较低的微生境,符合该物种整体的海拔分布(800~

1 600 m)<sup>[5]</sup>。此外,它还展示出对坡位偏下的下位坡和沟谷地带的偏好,与大木山自然保护区红腹锦鸡的冬季微生境选择模式相似,这可能是由于下位坡和沟谷地带在冬季积雪较薄并且融化较快<sup>[14]</sup>。水源对于很多鸡形目鸟类都是至关重要的微生境要素,白冠长尾雉 *Syrmaticus reevesii*<sup>[25]</sup>、藏马鸡 *Crossoptilon harmani*<sup>[26]</sup>、褐马鸡 *Crossoptilon mantchuricum*<sup>[27]</sup> 等多种雉类的栖息地选择都表现出了对水源的依赖。河流或小溪不但能够给红腹锦鸡提供赖以生存的水源,其周围潮湿松软的地面和茂盛的植物也能够提供丰富的食物资源,因此,红腹锦鸡显著地偏好选择靠近河流和水源的微生境。

在植被结构上,红腹锦鸡偏好选择起源原始并且具有高大而茂密的乔木层的微生境。这主要是因为高郁闭度的林冠能够提供较高的隐蔽条件,使活动于林下的红腹锦鸡不易被天空中的猛禽类天敌发现,增加安全性<sup>[28]</sup>,同时还可提供适宜的夜栖场所<sup>[15]</sup>。红腹锦鸡还对发达的灌木层有显著的偏好。灌木层中的忍冬科 Caprifoliaceae、山茱萸科 Cornaceae、蔷薇科 Rosaceae 等多种植物的果实都能为红腹锦鸡提供食物<sup>[29]</sup>,是其夏秋季重要的食物来源,因此,红腹锦鸡对发达灌木层的偏好主要与取食活动有关。对于地表层而言,岩石的大面积覆盖会抑制地面植物的生长发育,无法为雉类提供充足的食物和遮蔽,同时地表岩石太多也不利于雉类的行走和奔跑<sup>[30]</sup>,因此红腹锦鸡不喜好岩石盖度过大的微生境。相反,虽然落叶同样不利于雉类活动,但是腐败的落叶会促进一些昆虫和土壤动物的生长,为红腹锦鸡提供丰富的动物性食物,这些营养丰富的动物性食物是雉类幼鸟生长发育期的重要蛋白质来源<sup>[31]</sup>。

基于本研究结果和野外观察,为有效保护白水河国家级自然保护区的红腹锦鸡种群资源,维持并提供其种群数量,合理管理其赖以生存的栖息地,提出了以下保护建议:1) 红腹锦鸡的生境主要分布于保护区海拔较低的实验区,该区域的旅游和采药活动带来了较大的人为干扰,未来应加强对进入保护区人员的管理,控制进山人数,并且加强宣传教育,严厉打击上山盗猎、偷采偷伐行为;2) 栖息地管理应关注红腹锦鸡偏好的微生境,重点保护具有海拔低、靠近水源、起源原始、乔木层和灌木层发达等特征的微生境,避免此类生境被不断扩张的人工林所侵占和破坏,防止红腹锦鸡优质微生境的进一步丧失和破碎化。

## 参考文献:

- [1] Sutherland W J, Newton I, Green R. Bird ecology and conservation: a handbook of techniques[M]. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- [2] Bibby C, Jones M, Marsden S. Expedition field techniques: bird surveys [M]. London: The Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society, 1998.
- [3] 郑光美, 王岐山. 中国濒危动物红皮书[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [4] 蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 中国脊椎动物红色名录[J]. 生物多样性, 2016, 24: 500.
- [5] 郑光美. 中国雉类[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [6] 杨君英. 陕西周至国家级自然保护区雉类的数量与分布[J]. 动物学报, 1996, 42: 163.
- [7] 李湘涛. 红腹锦鸡的繁殖生态[J]. 野生动物学报, 1988, 9: 13.
- [8] 丁长青, 巩会生, 赵雷刚, 等. 秦岭南麓不同地区红腹锦鸡繁殖密度的比较研究[A]// 中国鸟类学会编. 第四届海峡两岸鸟类学术研讨会文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [9] 蔡立帅, 李丽霞. 山西太宽河自然保护区红腹锦鸡种群调查[J]. 山西林业科技, 2016, 45: 35.
- [10] 余志刚, 蒋鸿, 梁伟. 红腹锦鸡生态研究[J]. 贵州科学, 1996, 14: 47.
- [11] 郭新亮, 杨灿朝, 李筑眉, 等. 贵州宽阔水自然保护区 3 种雉科鸟类的种群繁殖密度[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2012, 25: 304.
- [12] 苏化龙, 肖文发, 马强, 等. 2008 年雪灾之后三峡库区红腹锦鸡种群动态[J]. 林业科学, 2008, 44: 75.
- [13] Dahmer T D, Gui X J, Tian S R. Camera-trapping for south china tiger in hupingshan national nature reserve hunan province, China [J]. Chin J Wildli, 2014, 35: 19.
- [14] 李宏群, 韩宗先, 吴少斌, 等. 大木山自然保护区红腹锦鸡对冬季生境的选择性[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39: 76.
- [15] 邵晨, 施时迪. 红腹锦鸡对夜栖息地的选择与利用[J]. 台州学院学报, 2001, 23: 56.
- [16] 李宏群, 韩宗先, 吴少斌, 等. 重庆大木山自然保护区红腹锦鸡夏季沙浴地分析[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2012, 34: 68.
- [17] 梁伟, 郑光美, 张正旺, 等. 利用无线电遥测位点分析红腹锦鸡的生境利用[J]. 动物学报, 2003, 49: 179.
- [18] 王健龙, 王红娟. 基于 Maxent 模型的红腹锦鸡适宜生境分布研究[J]. 安徽林业科技, 2016, 42: 12.
- [19] 刘小斌, 韦伟, 郑筱光, 等. 红腹锦鸡和红腹角雉活动节律——基于红外相机监测数据[J]. 动物学杂志, 2017, 52: 194.
- [20] 许龙. 红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)繁殖种群密度及领域特征研究[D]. 北京: 北京师范大学, 2002.
- [21] 梁伟. 红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)的生态适应与保护[D]. 北京: 北京师范大学, 2000.
- [22] 夏珊珊, 胡大明, 邓玥, 等. 同域分布红腹锦鸡和红腹角雉在不同空间尺度下的生境分化[J]. 生态学报, 2019, 39: 1627.
- [23] Burnhan K P, Anderson D R. Model selection and multimodel inference: a practical Information-theoretic approach [M]. New York: Springer-Verlag, 2002.
- [24] Wang B, Zhang B, Yang N, et al. Cooperative breeding of buff-throated partridges in two natural populations: Demographic comparison with a habituated population [J]. Pak J Zool, 2017, 49: 573.
- [25] 徐基良, 张晓辉, 张正旺, 等. 白冠长尾雉育雏期的栖息地选择[J]. 动物学研究, 2002, 23: 471.
- [26] Lu X, Zheng G M. Habitat use of Tibetan Eared Pheasant *Crossoptilon harmani* flocks in the non-breeding season [J]. Ibis, 2002, 144: 17.
- [27] 李宏群, 廉振民, 陈存根, 等. 陕西黄龙山林区褐马鸡春季觅食地选择[J]. 动物学杂志, 2007, 42: 61.
- [28] 崔鹏, 康明江, 邓文洪. 繁殖季节同域分布的红腹角雉和血雉的觅食生境选择[J]. 生物多样性, 2008, 16: 143.
- [29] 邵晨. 红腹锦鸡的冬季栖息地[J]. 动物学杂志, 1998, 33: 38.
- [30] 于鹏飞. 四川雉鹑栖息地选择以及植物性食物资源研究[D]. 成都: 四川大学, 2011.
- [31] 刘少初, 次仁. 西藏的雉鹑[J]. 野生动物, 1993, 14: 18.

## 引用本文格式:

中文: 钟雪, 邓玥, 杨彪, 等. 四川白水河国家级自然保护区红腹锦鸡种群密度及微生境选择[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2020, 57: 174.

英文: Zhong X, Deng Y, Yang B, et al. Population density estimation and microhabitat selection of Golden Pheasant in Sichuan Baishuihe National Nature Reserve [J]. J Sichuan Univ; Nat Sci Ed, 2020, 57: 174.