

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

余翔¹, 陈俊橙¹, 王彬¹, 严勇¹, 冉江洪^{1*}, 贺飞², 彭波²

(1. 四川大学生命科学院, 生物资源与生态环境教育部重点实验室, 四川省濒危野生动物保护生物学重点实验室, 成都 610064;
2. 四川小寨子沟国家级自然保护区管理局, 四川北川 622750)

摘要: 2015年6—8月和2016年3—8月, 在四川小寨子沟国家级自然保护区及周边地区, 采用绝对密度调查法, 对繁殖期绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* 的密度进行了调查, 并基于 MaxEnt 对繁殖期绿尾虹雉的栖息地质量进行了评价。结果显示: 在保护区及其周边区域内, 绿尾虹雉繁殖期常活动于海拔 3 500~4 100 m 靠近阳坡的草甸、灌丛生境。在整个评价区域内适宜栖息地 120.05 km², 次适宜栖息地 141.67 km²; 在保护区内繁殖期绿尾虹雉的平均密度为 4.99 只/km², 适宜栖息地 49.17 km², 次适宜栖息地 48.27 km², 推测其种群数量为 245 只。放牧、资源采集等人类活动是影响绿尾虹雉种群密度的主要因子, 因此在本区域的保护区网络间需要加强对人类活动的控制, 限制放牧活动, 以保护高海拔区域的生物多样性。

关键词: 绿尾虹雉; 种群密度; 栖息地评价; 岷山山系; 保护区

中图分类号: Q959.7; Q958.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7083 (2017) 04-0000-00

Population Density Estimation and Habitat Suitability Assessment of Chinese Monal During Breeding Season in Xiaozhaizigou National Nature Reserve

YU Xiang¹, CHEN Juncheng¹, WANG Bin¹, YAN Yong¹, RAN Jianghong^{1*}, HE Fei², PENG Bo²

(1. College of Life Sciences, Sichuan University, Key Laboratory of Bio-resources and Eco-environment of Ministry Education, Key Laboratory of Conservation Biology on Endangered Wildlife of Sichuan Province, Chengdu 610064, China; 2. Administration of Xiaozhaizigou National Nature Reserve, Beichuan, Sichuan Province 622750, China)

Abstract: From June to August in 2015 and March to August in 2016, by using population census method, the density of Chinese monal (*Lophophorus lhuysii*) was investigated in Xiaozhaizigou National Nature Reserve and its surrounding region during breeding season. And the habitat quality of Chinese monal was assessed based on MaxEnt modeling. The results showed that: during the breeding season, Chinese monal occurred in the meadow and shrub habitat at the altitude between 3 500 - 4 100 m but with sunny slope. Throughout the entire study area, the suitable habitat covered an area of 120.05 km² and the sub-suitable habitat covered 141.67 km². The suitable and sub-suitable habitat area was 49.17 km² and 48.27 km² in the Xiaozhaizigou Nature Reserve, respectively. The population density of Chinese monal was estimated as 4.99 adults/km², and the population size within the Xiaozhaizigou Nature Reserve was evaluated to be 245 adults. Grazing and herb collection are likely the main local disturbance threatening Chinese monal population. Therefore, it is necessary to control the grazing activities and other human disturbances in the nature reserve to protect the biodiversity of alpine regions.

Keywords: *Lophophorus lhuysii*; density; habitat assessment; Minshan Mountains; nature reserve

绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* 隶属于鸡形目 Galliformes 雉科 Phasianidae, 是我国特有的一种高山大型雉类, 主要栖息于甘肃东南部、西藏东北部、青海东南部、云南西北部和四川等地海拔 3 000~4 900 m 的高山、亚高山灌丛和草甸生境(约翰·马敬能等, 2000; 郑光美, 2015)。绿尾虹雉是国家 I 级重点保护野生动物, CITES 附录 I 和 IUCN 易危物种。基于系统发育多样性的研究也将绿尾虹雉确立为我国特有鸟类中保护价值最高的物种之一(Chen, 2013)。然而, 近年来对这一珍稀濒危雉类野生种群的研究非常有限。已有的野外研究集中于 20 世纪后期, 涉及该物种的栖息地利用、种群密度、行为节律、食性和繁殖生态等内容(何芬奇等, 1986; 卢汰春等, 1986; 马国瑶, 1988, 1989; 张涛, 1995)。由于绿尾虹雉生活在高海拔地段, 研究条件艰苦且不易观察, 近 20 年来野外研究资料几乎为空白。种群数量及栖息地分布是物种的基础种群参数, 也是对物种濒危等级评定及保护策略制定所必须的基础资料。因此, 开展野外种群数量及栖息地分布的调查研究, 对于珍稀濒危物种的保护具有重要意义。

2015年6—8月和2016年3—8月, 我们在四川小寨子沟国家级自然保护区及其周边地区对绿尾虹雉进行了较系统的野外调查, 目标是: (1)了解绿尾虹雉的种群密度; (2)估算区域内绿尾虹雉数量; (3)评估绿尾虹雉繁殖栖息地质量。本研究希望进一步丰富绿尾虹雉的野外调查资料, 并为该物种的保护提供科学依据。

收稿日期: 2016-12-28 **接受日期:** 2017-03-28

作者简介: 余翔, 硕士研究生, 研究方向: 保护生物学, E-mail:yuxiang9212@gmail.com

*通信作者 Corresponding author, E-mail:rjhong-01@163.com

1 研究地点

研究区域位于岷山山系中部的四川小寨子沟国家级自然保护区及其周边区域(103°45'~104°26'E, 31°50'~32°16'N), 总面积约 1 920 km²。研究区域地形复杂, 山地切割剧烈, 属于北亚热带湿润季风气候类型, 最高海拔 4 769 m, 年均温 9.2 °C, 无霜期较短(4—10 月), 年日照 1 527.5 h, 年均降水量约 800 mm, 集中在 7—9 月(陈光升等, 2005)。研究区域的植被带谱明显, 4 100 m 以上主要为高山流石滩植被; 3 600~4 100 m 为高山草甸植被, 常见植物有橐吾 *Ligularia sibirica*、宽叶韭 *Allium bookeri*、扭歪马先蒿 *Pedicularis davidii*、珠芽蓼 *Polygonum viviparum*、金莲花 *Trollius* sp.、紫羊茅 *Festuca rubra*、羊茅 *F. ovina* 等; 3 300~3 600 m 主要为灌丛植被, 以杜鹃 *Rhododendron* spp.、金露梅 *Potentilla fruticosa*、香柏 *Sabia pingii* var. *wilsonii* 等植物为建群种; 2 500~3 300 m 为以岷江冷杉 *Abies faxoniana*、冷杉 *A. fabri* 等为主的亚高山常绿针叶林植被(卢汰春等, 1986; 张泽钧等, 2003; 罗辅燕, 2005)。

2 研究方法

2.1 野外调查方法

根据研究区域内高山草甸的分布, 并结合对保护区人员的访问, 在地形图上勾画出绿尾虹雉数量调查区域 7 块, 分别为块块棚子、干海子、小草塘、大草塘、老熊塘、龙池和筛子背。根据各调查区域到达难易程度和野外生活条件, 选择小草塘为长期固定调查区域, 而其他 6 个区域作一般数量调查区域(图 1)。对长期固定调查区域(小草塘), 在 2015 年 6—8 月和 2016 年 3—8 月每月都进行数量调查; 对 6 个一般数量调查区域, 在 2016 年 6—8 月, 每个调查区域各进行 1 次 7 d 左右的调查, 每次调查对绿尾虹雉的数量统计次数不低于 3 次。

绿尾虹雉体型较大, 并且在繁殖季有较强的占区、鸣叫行为(何芬奇, 卢汰春, 1985), 在野外较易探测其行踪并直接统计其个体数量, 因此采用绝对密度统计方法调查各区域内绿尾虹雉的密度。调查于每日 07:00—10:00 进行, 该时段绿尾虹雉通常已离开夜栖地到达草甸、灌丛生境开始觅食, 便于观察和计数。调查时, 2~3 名调查人员保持约 100 m 的间距, 由针叶林林缘开始, 平行地向高海拔区域行进, 沿途寻找绿尾虹雉。当发现绿尾虹雉时, 通过直接观察或借助望远镜(Nikon PROSTAFF 7S 10×42)辨别成鸟的性别并分别记录数量, 对幼鸟只记录其数量。绿尾虹雉雌雄成体间羽色差异明显, 易于区分; 当年孵化的幼鸟羽色与成体雌鸟相似, 体型明显小于成鸟易于区别, 但性别难以鉴定。

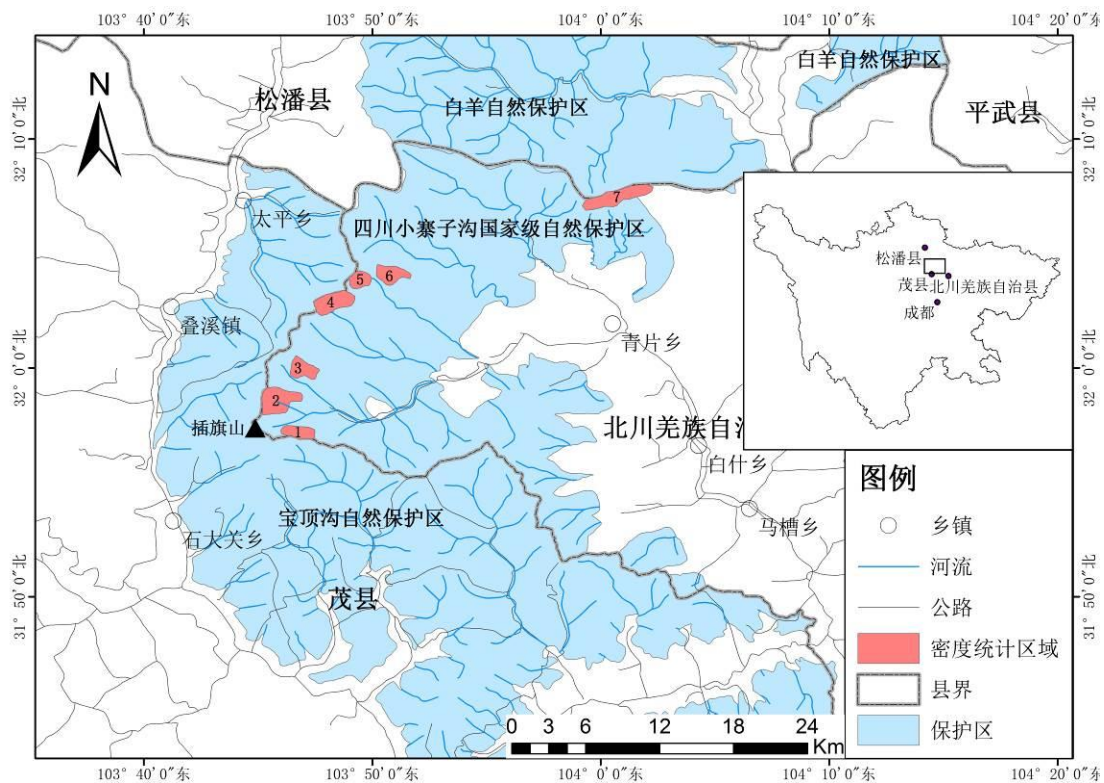


图 1 调查区域分布图

Fig. 1 Distribution of survey area

1. 块块棚子, 2. 干海子, 3. 小草塘, 4. 大草塘, 5. 老熊塘, 6. 龙池, 7. 筛子背。

1. Kuaiquai pengzi, 2. Ganhaizi, 3. Xiaocaotang, 4. Daccaotang, 5. Laoxiongtang, 6. Longchi, 7. Shaizibei.

2.2 密度计算方法

各个调查区域的绿尾虹雉数量以调查记录数量最多的 1 次计算, 不包含当年出生幼体数量。在 ArcGIS 10.3 中勾画出密度调查区域, 并计算面积。利用 $D=N/S$ 计算各区域绿尾虹雉的绝对密度, 式中 D 为调查区域内绿尾虹雉的密度, N 为调查区域内绿尾虹雉的数量, S 为调查区域的面积。

2.3 栖息地分析方法

在动物栖息地评价的众多模型中, MaxEnt 模型的预测结果被认为是较准确的(Hernandez *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007; Viña *et al.*, 2010), 因此, 本研究选用 MaxEnt 对绿尾虹雉繁殖期的栖息地质量进行评价。

2.3.1 MaxEnt 模型数据来源及预处理 绿尾虹雉分布点数据由野外调查得到。考虑到绿尾虹雉活动范围较大, 痕迹点距离过近可能会因空间自相关而影响模型预测的精度(齐增湘等, 2011), 因此根据夏季一对绿尾虹雉活动范围在 $1\sim 1.5\text{ km}^2$ (何芬奇, 卢汰春, 1985)对绿尾虹雉记录点进行 buffer 分析, 去除间距小于 560 m 的痕迹点, 最终保留 47 个绿尾虹雉的痕迹点用于模型构建。

数字高程图(DEM)数据来自中国科学院数据库, 分辨率 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$ 。坡度、坡向数据通过 ArcGIS 10.3 中的空间分析从 DEM 图层提取得到。由于坡向为圆周变量, 主要通过影响阳光照射对动物产生影响, 因此对坡向数据进行提取值减去 180° 后取绝对值处理, 以反映各栅格靠近正南阳坡的程度。

从美国地质勘探局(USGS, <http://glovis.usgs.gov/>)下载研究区域 2014 年 6 月的 LANDSAT 8 遥感影像数据(分辨率 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$)。在 ERDAS IMAGINE 9.2 中, 根据实地调查的生境参考点对遥感数据进行非监督分类, 将生境划分为流石滩、草甸、灌丛、针叶林和阔叶林 5 种类型。

已有研究提出绿尾虹雉喜好在草甸、灌丛交界带活动, 因此将植被图层中的灌丛生境斑块导出, 在 ArcGIS 10.3 中以欧式距离法计算并生成研究区域内每一栅格距最近灌丛生境距离的图层。

增强型植被指数(Enhanced vegetation index, EVI)数据来自 Land Processes Distributed Active Archive Center(<https://lpdaac.usgs.gov/>)2014—2015 年的 MOD13Q1 数据, 分辨率为 250 m。在 ArcGIS 中, 利用空间分析对每年 23 个数据图层进行计算, 得到年最大 EVI、年最小 EVI、年 EVI 变幅、年 EVI 标准差和年 EVI 总和, 然后再对两年的计算结果进行平均, 用于模型构建。其中: 年 EVI 总和表示植被初级生产力; 年最大 EVI 表示植被最大生产力; 年最小 EVI 表示植被最小生产力; 年 EVI 标准差表示年内植被生产力变异程度; 年 EVI 变幅为年最大 EVI 一年最小 EVI, 表示植被生产力的变化程度(Rahman *et al.*, 2005)。

在 ArcGIS 10.3 中, 将所有环境变量图层的栅格重采样为统一的 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$, 将坐标系统一为 WGS-1984-UTM-Zone-48N, 并将图层边界统一, 最后将环境变量图层转化为 MaxEnt 需要的 ASCII 格式文件。

2.3.2 模型建立和适应性分析 将绿尾虹雉分布点数据和 10 个环境因子数据导入 MaxEnt, 随机选取 75%绿尾虹雉分布点用于建立模型, 剩余的 25%绿尾虹雉分布点用于模型验证, 其余设置保持为默认。为保证模型结果的稳定性, 进行 20 次自举法重复。以受试者工作特征曲线(ROC)下的面积(AUC)评价模型结果, AUC 在 0.5~0.6 为失败, 0.6~0.7 为较差, 0.7~0.8 为一般, 0.8~0.9 为好, 0.9~1 为非常好(刘振生等, 2013)。

根据 20 次重复后 MaxEnt 输出的平均栖息地适宜度指数(Habitat suitability index, HSI)对研究区域绿尾虹雉栖息地的质量进行评价。在 ArcGIS 10.3 中以最大约登指数和 TPT 平衡阈值对模型结果进行重分类, 将栖息地分为不适宜生境、次适宜生境和适宜生境三类(侯宁等, 2014)。

3 结果

3.1 绿尾虹雉适宜栖息地分析与评价

通过 20 次的重复, 平均 ROC 曲线评价结果(图 2)为: 绿尾虹雉繁殖期栖息地模型训练集与测试集的 AUC 值分别为 0.974 和 0.962, 表明 MaxEnt 模型的预测结果达到了非常好的水平。

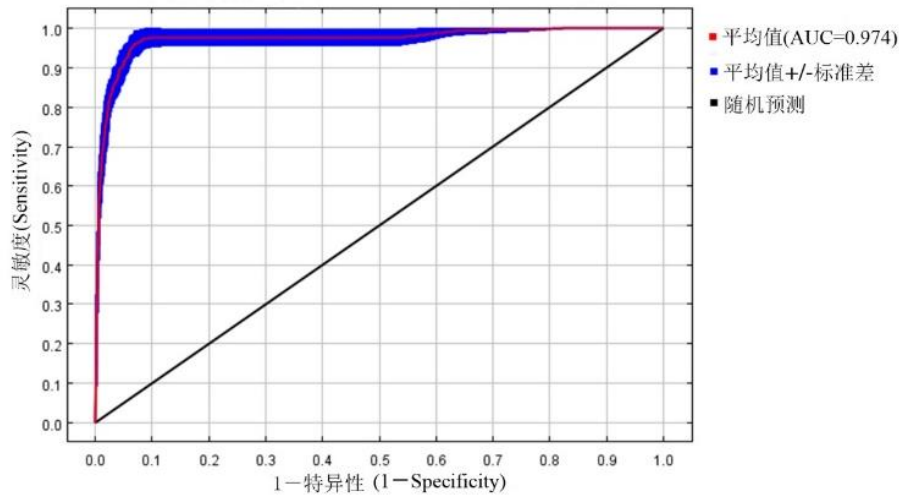


图2 绿尾虹雉栖息地分布预测结果的平均 ROC 曲线验证

Fig. 2 ROC curve of habitat distribution of Chinese monal

比较各环境变量对 MaxEnt 模型的贡献百分比发现：贡献百分比最高的环境因子为海拔(54.9%)、生境类型(22.2%)、坡向(8.2%)和年 EVI 变幅(7.4%)，这 4 个环境变量对模型的累计贡献百分比达到了 92.7%，能够较好地反映绿尾虹雉繁殖期对栖息地的选择情况。

主要环境特征变量的平均响应曲线(图 3)显示：绿尾虹雉在繁殖期主要活动于海拔 3 500~4 100 m 的区域，海拔过高或过低，绿尾虹雉出现的概率都显著降低；偏好活动于草甸和灌丛生境，在针叶林等其他生境中出现概率都较低；主要活动于靠阳坡的环境，越靠近阴坡，绿尾虹雉出现的概率也越低；其活动区域内植被年生产力变化幅度较大。

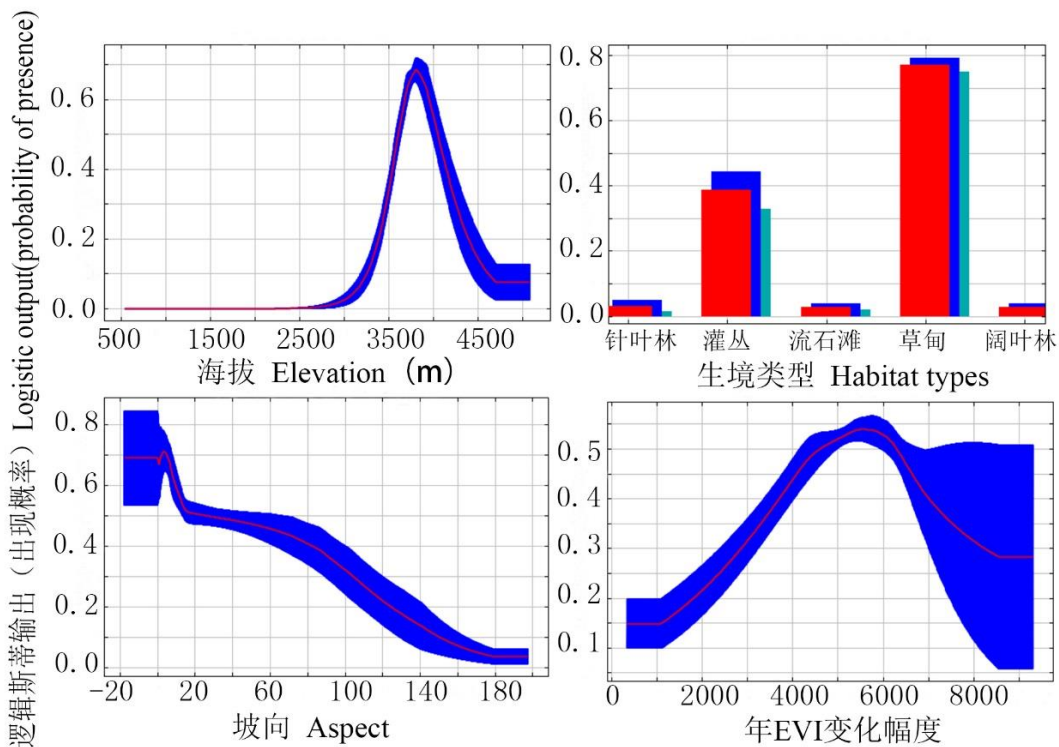


图3 环境因子对模型预测的平均响应曲线(红色：20 次重复的平均响应曲线；蓝色：平均值±标准差)

Fig. 3 Response curves of environment factorson model prediction (Red: the mean response curves of 20 replicate MaxEnt runs; Blue: the mean ± standard deviation)

根据 MaxEnt 模型对绿尾虹雉繁殖期适宜栖息地分布分析，确定适宜最佳断点和次适宜阈值分别为 0.130 和 0.025。因此将栖息地重分类为 3 类：0<HSI<0.025 为不适宜栖息地，0.025<HSI<0.130 为次适宜栖息地，0.130<HSI 为适宜栖息地。对 MaxEnt 预测栖息地分布结果重分类后，将较小斑块进行融合，得到绿尾虹雉繁殖期栖息地分布图(图 4)。

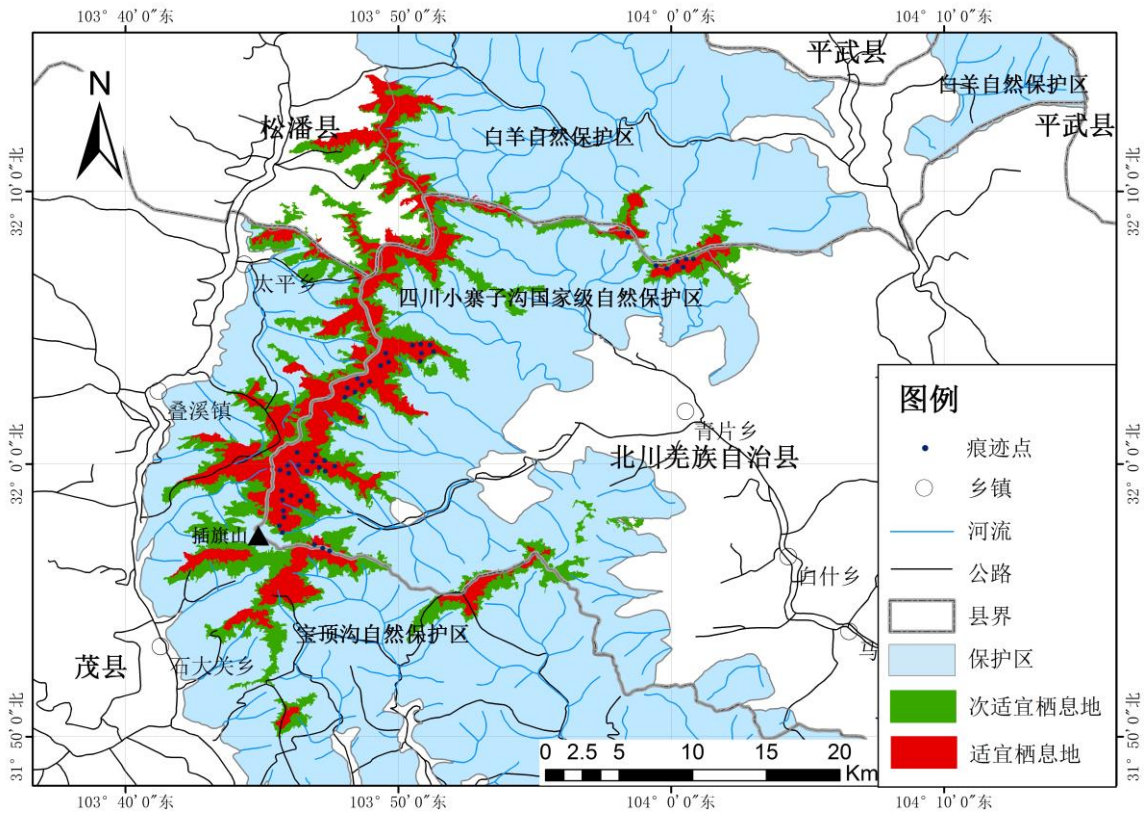


图4 绿尾虹雉栖息地分布图

Fig. 4 Habitat distribution of Chinese monal

通过 ArcGIS 计算得出, 在评价区域内绿尾虹雉繁殖期适宜栖息地面积为 120.05 km², 次适宜栖息地面积为 141.67 km²。其中保护区内适宜栖息地面积为 49.17 km², 次适宜栖息地面积为 48.27 km², 合计为 97.44 km²。

3.2 绿尾虹雉种群密度

在研究区域内共对 7 块区域进行了密度调查统计, 但由于连续雨雾天气影响, 其中 2 个区域无法达到重复 3 次的统计要求, 故不纳入密度计算中, 但均发现有绿尾虹雉分布。由于部分区域开展调查的时间较早, 当年幼鸟可能还未完全孵出, 故不将幼鸟数据纳入统计。在调查区域中, 繁殖季节绿尾虹雉成体最大密度为 7.63 只/km², 最低密度只有 2.58 只/km², 平均密度为 4.99 只/km²(表 1)。

在野外调查统计到的 73 只成体中, 2 只未准确辨别性别, 雌性个体 30 只, 雄性个体 41 只, 性比为 1.37:1。

表 1 绿尾虹雉繁殖期成体密度调查结果

Table 1 Adult density survey results of Chinese monal during breeding period

地点	数量/只	面积/km ²	密度/(只/km ²)
小草塘	12(7♂5♀)	2.31	5.19
龙池	19(11♂8♀)	2.49	7.63
大草塘	25(15♂10♀)	3.54	7.06
干海子	12(5♂5♀2*)	4.35	2.76
块块棚子	5(3♂2♀)	1.94	2.58
合计	73	14.63	4.99

注:* 未准确辨别雌雄的成体。

Note: * Not identify male or female accurately.

3.3 绿尾虹雉数量

据长期观察的结果, 绿尾虹雉具有集群活动的习性, 并且主要活动于适宜栖息地内, 故估算数量时仅采用适宜栖息地面积进行。在保护区内适宜栖息地面积 49.17 km², 故推算该区域内绿尾虹雉数量为 245 只; 在岷山山系中部的整个评价区域内, 绿尾虹雉适宜栖息地面积为 120.05 km², 推算出绿尾虹雉总数量为 599 只。

4 讨论

在野外实际调查过程中观测到的结果与 MaxEnt 模型生成的研究区域内绿尾虹雉繁殖期栖息地的空间分布结果

比较一致, 这表明构建的栖息地模型较准确地反映了绿尾虹雉的栖息地情况, 栖息地的预测结果较好。

栖息地是鸟类生活繁殖的场所, 能够为鸟类提供充足的食物资源、适宜的繁殖地点、躲避天敌和不良气候的隐蔽和保护等一系列能够保证其生存和繁衍的基本条件(张正旺, 郑光美, 1999)。MaxEnt 模型分析结果显示, 海拔是绿尾虹雉栖息地选择的重要环境变量之一, 绿尾虹雉在繁殖期倾向于选择在海拔 3 500~4 100 m 的区域活动, 与之前的野外观察结果一致(何芬奇等, 1986)。本研究中发现的绿尾虹雉对草甸、灌丛生境的显著偏好也与之前的野外观察一致(何芬奇等, 1986; 张涛, 1995)。绿尾虹雉对这 2 类生境的偏好一方面可能是因为该物种为以植食性为主的杂食鸟类(卢汰春等, 1986), 草甸生境在繁殖季能够为其提供充足的食物; 另一方面可能是因为灌丛生境能够为其提供较好的隐蔽条件。野外观察也发现, 晴天中午时段, 绿尾虹雉常躲藏于灌丛中休息, 说明绿尾虹雉选择灌丛生境可能是因为灌丛能够为其提供隐蔽和休息的环境。此外, 绿尾虹雉还体现出对阳坡生境的偏好, 可能与研究区域内的草甸生境主要位于阳坡, 且阳坡草本植被生长得更好有关。

以往报道显示, 不同地区绿尾虹雉的种群密度差别较大, 松潘县小河乡西沟为 3.5 只/km²(隆廷伦等, 1998), 夹金山为 1.58 只/km²(卢汰春等, 1986), 甘肃白水江在高山稀疏灌丛、草甸、裸岩带 3.25 只/km²(张涛, 1995)。而即使在同一地区, 绿尾虹雉的密度在不同的小区域也有极大的差异: 张涛(1995)在甘肃白水江自然保护区的调查显示, 绿尾虹雉平均密度为 3.25 只/km², 但也有小区域的密度达 6~8 只/km²; 何芬奇和卢汰春(1985)在夹金山调查绿尾虹雉的密度低于 2 只/km², 同样也有的小区域密度达到 6~8 只/km²。本次调查也发现, 绿尾虹雉的密度在不同的调查小区域间存在较大的差异, 为 2.58~7.63 只/km², 造成密度差异的原因可能与绿尾虹雉的社群集合大小以及栖息地质量有关。本次调查的绿尾虹雉平均密度为 4.99 只/km², 比卢汰春等(1986)在相同区域内调查的密度 1.32 只/km²大了 2.8 倍。根据卢汰春等(1986)报道, 当时考察区内牧民不断扩大牦牛数量, 已经严重威胁绿尾虹雉的生存, 并且绿尾虹雉的繁殖期也正是当地群众上山挖贝母 *Fritillaria* sp. 的季节, 村民上山不仅捡拾绿尾虹雉卵还常对其进行猎杀, 严重削减了当地绿尾虹雉的种群数量。而近年来随着保护区管理和宣传力度的加大, 村民保护意识有所增强, 年轻人大多外出打工, 并且以前伐木场的林区公路被山洪冲毁, 进山难度增大, 进山偷猎、拾蛋、挖药等人类干扰活动因此减少, 使得绿尾虹雉的种群密度得到很好恢复。此外, 卢汰春等(1986)采用叫声和观察相结合的方法进行, 统计样方为 45 km², 而此次调查采用划定小区域进行绝对密度调查的方法, 各调查区域的面积为 1.94~4.35 km², 调查方法的不同也可能是造成密度差异的原因之一。

根据野外实际观察情况, 对保护区内绿尾虹雉种群数量 245 只的推测较符合实际情况, 而对整个评价区域内绿尾虹雉数量 (599 只) 的推测可能偏高, 因为茂县一侧的绿尾虹雉适宜栖息地中存在较大的放牧干扰, 绿尾虹雉的数量明显感觉低于北川区域, 因此在整个评价区域内实际绿尾虹雉的种群数量可能会低于该值。

调查中发现, 龙池和大草塘调查区域内放牧较少且到达较困难, 人为干扰较小, 而这 2 处的绿尾虹雉密度均高于容易到达且放牧强度大、人类活动较多的小草塘和干海子区域, 这说明人为干扰可能是影响绿尾虹雉种群数量的主要原因之一。本区域位于生物多样性极其丰富的岷山山系中段, 由小寨子沟国家级保护区和宝顶沟、白羊省级自然保护区共同构成了保护区网络。然而从野外调查情况看, 在绿尾虹雉生活的部分高海拔区域放牧仍较为严重, 也时常有传统中药材采集活动发生。因此, 减少绿尾虹雉栖息地内的人为干扰, 控制放牧数量, 提高栖息地的质量, 对绿尾虹雉保护显得尤为重要。建议各保护区加强对高山区域的巡护监测及执法工作, 同时各保护区间加强信息共享和联合巡护、执法工作, 以保护好这一生物多样性极高的重要区域。

本研究只对繁殖季节绿尾虹雉的栖息地进行预测, 以往报道显示绿尾虹雉存在垂直迁徙, 但是何芬奇和卢汰春(1985)提出质疑。通过野外调查和访问发现, 绿尾虹雉在冬季会受下雪的影响, 活动区域会往下移, 为了更好地保护和了解该物种, 绿尾虹雉越冬适宜栖息地分布还需要进一步调查和研究。

致谢: 感谢四川小寨子沟国家级自然保护区管理局的资金支持, 朱云东、刘显东等对野外调查工作的支持和帮助。

参考文献:

- 陈光升, 齐代华, 杨远兵, 等. 2005. 四川小寨子沟自然保护区大熊猫生境植物群落结构特征[J]. 广西植物, 25(4): 305-309.
- 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.
- 侯宁, 戴强, 冉江洪, 等. 2014. 大相岭山系泥巴山大熊猫生境廊道设计[J]. 应用与环境生物学报, 20(6): 1039-1045.
- 刘振生, 高惠, 滕丽微, 等. 2013. 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价[J]. 生态学报, 33(22): 7243-7249.
- 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. 绿尾虹雉生态学研究[J]. 动物学报, 32(3): 273-279.
- 罗辅燕. 2005. 小寨子沟自然保护区的植被分类[J]. 内江师范学院学报, 20(4): 72-76.

- 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]. 天水师专学报, 1: 101-104.
- 齐增湘, 徐卫华, 熊兴耀, 等. 2011. 基于 MAXENT 模型的秦岭山系黑熊潜在生境评价[J]. 生物多样性, 19(3): 343-352.
- 约翰·马敬能, 卡伦·菲尔普斯, 何芬奇. 2000. 中国鸟类野外手册(中文版)[M]. 长沙: 湖南教育出版社: 31-32.
- 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.
- 张泽钧, 胡锦涛, 杨林. 2003. 四川小寨子沟自然保护区兽类区系初报[J]. 四川动物, 22(3): 173-175.
- 张正旺, 郑光美. 1999. 鸟类栖息地选择研究进展[M]// 中国动物学会. 中国动物科学研究. 北京: 中国林业出版社: 1099-1104.
- 郑光美. 2015. 中国雉类[M]. 北京: 高等教育出版社: 338-351.
- Chen Y. 2013. Conservation priority for endemic birds of mainland China based on a phylogenetic framework[J]. Chinese Birds, 4(3): 248-253.
- Hernandez PA, Graham CH, Master LL, *et al.* 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods[J]. Ecography, 29(5): 773-785.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, *et al.* 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar[J]. Journal of Biogeography, 34(1): 102-117.
- Rahman A, Sims D, Cordova V, *et al.* 2005. Potential of MODIS EVI and surface temperature for directly estimating per-pixel ecosystem C fluxes[J]. Geophysical Research Letters, 32(19): 156-171.
- Viña A, Tuanmu MN, Xu W, *et al.* 2010. Range-wide analysis of wildlife habitat: implications for conservation[J]. Biological Conservation, 143(9): 1960-1969.