

红喉雉鹑繁殖季的夜栖行为与夜栖地选择

许路^① 赵联军^② 张塔星^① 白俊^① 罗春平^②
曹亚珍^① 郑勇^② 冉江洪^{①*}

① 四川大学生命科学学院, 生物资源与生态环境教育部重点实验室 成都 610065;

② 四川王朗国家级自然保护区管理局 平武 622550

摘要: 红喉雉鹑 (*Tetraophasis obscurus*) 是中国特有种, 国家一级重点保护野生动物, 研究其繁殖季的夜栖地选择, 能丰富该物种的基础资料, 理解其生存策略, 为该物种的保护和深入研究提供科学依据。2021 年和 2022 年的 3 ~ 7 月, 采用跟踪观察和系统搜索法, 对四川王朗国家级自然保护区繁殖期红喉雉鹑的夜栖行为和夜栖地选择进行了调查, 共记录夜栖地样方 34 个。采用卡方检验、配对样本 *T* 检验、Mann-Whitney *U* 检验和逻辑斯蒂回归模型方法对数据进行分析。红喉雉鹑主要夜栖于方枝柏 (*Sabina saltuaria*) 等针叶树, 常见 1 只单独夜栖或 2 只共同夜栖, 未见有集群夜栖; 夜栖树通常位于上坡位, 距离林缘和最近乔木较近, 具有较大的胸径和郁闭度, 栖枝距离地面高度 6.6 m 左右, 栖枝长度约 1.66 m; 夜栖地具有较大的坡度和落叶盖度, 而灌木盖度较小。安全因素 (夜栖树胸径、坡度) 和食物因素 (落叶盖度) 是红喉雉鹑选择夜栖地的最关键因素。

关键词: 红喉雉鹑; 繁殖季; 夜栖地选择; 雉科鸟类; 濒危物种

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 01-050-10

The Roosting Behavior and Roosting-Site Selection of *Tetraophasis obscurus* during Breeding Season

XU Lu^① ZHAO Lian-Jun^② ZHANG Ta-Xing^① BAI Jun^① LUO Chun-Ping^②
CAO Ya-Zhen^① ZHENG Yong^② RAN Jiang-Hong^{①*}

① Key Laboratory of Bio-Resource and Eco-Environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University,

Chengdu 610065; ② Wanglang National Nature Reserve Administration Bureau, Pingwu 622550, China

Abstract: [Objectives] Chestnut-throated Pheasant (*Tetraophasis obscurus*) is an endemic species in China and a national Class I key protected wildlife. The study of its roosting habitat selection during the breeding season can enrich the basic information of this species, improve understanding of its survival strategy, and provide a scientific basis for the conservation and in-depth study of this species. **[Methods]** From March to July of 2021 and 2022, roosting behavior and roosting site selection of Chestnut-throated Pheasant in Sichuan

基金项目 四川王朗保护区红喉雉鹑生态学调查项目 (No. 00204055A1070);

* 通讯作者, E-mail: rjhong-01@163.com;

第一作者介绍 许路, 男, 硕士研究生; 研究方向: 野生动植物保护与资源利用; E-mail: xuluemail@163.com。

收稿日期: 2022-07-27, 修回日期: 2022-11-12 DOI: 10.13859/j.cjz.202301004

Wanglang National Nature Reserve during the breeding season were investigated by tracking and systematic search method, 34 roosting habitat samples were recorded and 24 environmental factors were measured (Table 1). We first used the chi-square test to analyze the preference of Chestnut-throated Pheasant for slope location. When analyzing the differences between the environmental factors in the roosting samples of Chestnut-throated Pheasant and the random samples, the *K-S* test was used to determine whether the data conformed to a normal distribution, and the *T* test for matched samples was used for data that conformed to a normal distribution, and the Mann-Whitney *U* test was used for data that did not conform to a normal distribution. Environment factors with significant differences were included in a binary logistic regression after Spearman's correlation analysis to determine the key habitat factors affecting the choice of the roosting habitat of Chestnut-throated Pheasant during the breeding season, and all analyses were performed using SPSS 25 and MuMIn package in R 4.2.1. **[Results]** The Chestnut-throated Pheasant mainly roosts in coniferous trees, such as *Sabina saltuaria*, and it is common to roost alone or with another individual, but not in a group. Data analysis revealed significant differences in slope, diameter at breast height of the roosting tree, coverage of trees, average diameter at breast height of trees, coverage of shrub, coverage of leaf, distance to the forest edge, and distance to the nearest tree between roosting and random habitats (Table 2); roosting trees were usually located in the upper slope ($\chi^2 = 5.124$, $df = 1$, $P = 0.024$), closer to the forest edge and nearest trees, with a larger diameter at breast height and coverage of trees, perch height distance of about 6.62 ± 0.29 m from the ground, and perch length of 1.66 ± 0.13 m; roosting habitats had larger slope and coverage of leaf, while the shrub cover was smaller. A logistic regression model was established to analyze the determinants of roosting site selection for the Chestnut-throated Pheasant, and the results showed that the diameter at breast height of the roosting tree was the primary factor in determining roosting site selection, and the secondary factors were coverage of leaf and slope (Table 5). **[Conclusion]** our results indicated that safety factors (the diameter at breast height of the roosting tree, slope) and food factors (coverage of leaf) were the most critical factors in selecting the roosting site for the Chestnut-throated Pheasant.

Key words: *Tetraophasis obscurus*; Breeding season; Roosting site selection; Pheasant; Endangered species

栖息地 (habitat) 能够为鸟类的生存提供必需的食物、水分、繁殖和活动的场所, 是鸟类生存的必需条件 (杨维康等 2000)。夜栖地 (roosting site) 是动物夜间栖息的场所, 是一种最基本而特殊的栖息地 (康明江等 2007, Ali et al. 2015)。适宜的夜栖地可以为动物充分利用空间资源发挥重要作用, 并有助于降低被捕食的风险 (Elmore et al. 2004, 丛培昊等 2008)。研究鸟类夜栖地选择是濒危动物栖息地保护与研究的重点内容 (Engel et al. 1992, Elmore et al. 2004), 有助于加深对鸟类栖息地利用的理解, 其结果对于加强鸟类保护具有重要的参考价值 (Engel et al. 1992)。

红喉雉鹑 (*Tetraophasis obscurus*) 属鸡形

目 (Galliformes) 雉科 (Phasianidae), 是我国特有雉类, 分布于甘肃、青海东部和四川西北部 (约翰·马敬能等 2000, 郑光美 2017), 主要栖息于海拔 3 000 ~ 4 000 m 的多岩山地, 常集小群活动于近林线的针叶林至高山杜鹃 (*Rhododendron lapponicum*) 灌丛、高山草甸和碎石滩地带。由于分布区域狭窄, 栖息环境海拔较高, 受地形因素的限制, 使得不同种群间基因交流受到阻碍, 导致种群数量呈下降趋势 (张雁云等 2021), 已被列为国家一级重点保护野生动物和《中国生物多样性红色名录》中的易危级物种 (国家林业和草原局等 2021, 张雁云等 2021)。目前, 对该物种的研究严重不足, 仅只有对红喉雉鹑的种群密度、日活动

节律、繁殖生态和栖息环境等方面的少量调查报道(卢汰春等 1988, 卢汰春 1991, 文陇英等 2008, 曹亚珍等 2022), 对该物种夜栖地选择等则尚未有研究报道, 对其繁殖生态还缺乏足够的了解, 这限制了对该物种的保护策略制定以及监测、科研等保护工作的深入开展。本研究于 2021 和 2022 年在四川王朗国家级自然保护区对繁殖期红喉雉鹑的夜栖行为和夜栖地选择进行了调查, 以期了解红喉雉鹑的夜栖地选择, 丰富物种的生态学资料, 为该物种保护和生境管理提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区域概况

四川王朗国家级自然保护区位于四川省绵阳市平武县西北部(103°55'~104°10' E、32°49'~33°02' N), 总面积 32 297 hm², 是以大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)和川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)等珍稀动物及森林生态系统为主要保护对象的自然保护区。保护区地处岷山山系北部, 平均海拔 3 200 m, 海拔跨度 2 300~4 983 m, 相对高差近 2 700 m, 随着海拔的增加, 植被垂直带谱变化明显, 分别是亚高山落叶阔叶林(海拔 2 300~2 600 m)、亚高山寒温性针叶林(海拔 2 600~3 500 m)、高山灌丛和高山草甸带(海拔 3 500~4 400 m)、高山流石滩植被(海拔 4 400~4 900 m)。保护区气候属丹巴-松潘半湿润气候, 年平均气温 2.9 °C, 年降水量 859.9 mm。保护区雉类资源丰富, 分布有雉科鸟类 11 种, 与红喉雉鹑同域分布的雉类有血雉(*Ithaginis cruentus*)、斑尾榛鸡(*Bonasa sewerzowi*)和绿尾虹雉(*Lophophorus lhuysii*)等(尚晓彤等 2020)。目前已有对保护区红喉雉鹑种群密度的调查报道, 使用样线法和样点法估算的种群密度分别为 7.60 只/km²和 5.42~6.18 只/km²(曹亚珍等 2022)。

1.2 野外调查

2021 和 2022 年的 3~7 月, 在王朗自然保护区, 红喉雉鹑的典型繁殖栖息地(海拔 3 300

~3 800 m), 以紫果云杉(*Picea purpurea*)、方枝柏(*Sabina saltuaria*)、岷江冷杉(*Abies faxoniana*)和高山杜鹃(*Rhododendron lapponicum*)为主要树种的亚高山寒温性常绿针叶林和高山灌丛地区, 寻找红喉雉鹑的夜栖地, 并对其夜栖行为进行观察。

1.2.1 夜栖地的确定和夜栖行为观察 根据保护区红外相机调查和曹亚珍等(2022)样线调查结果, 了解红喉雉鹑活动频繁且数量多的区域, 选择 2 个重点区域, 开展夜栖地调查, 每个区域的红喉雉鹑数量在 20 只左右。调查人员驻扎在野外, 一般 2 或 3 人一组开展调查。

采用跟踪观察和系统搜索两种方法确定红喉雉鹑的夜栖地。跟踪观察: 在日落前 2 h, 以鸣叫声、振翅声及新鲜粪便为线索, 在红喉雉鹑经常活动觅食的地方进行样线调查, 对发现的红喉雉鹑实体进行跟踪, 直至红喉雉鹑进入夜栖地开始夜栖, 并进入稳定夜栖状态, 记录夜栖树具体位置。参照张波等(2016)的调查方法, 在跟踪时, 观察人员身着迷彩服, 与被跟踪红喉雉鹑个体保持 30 m 以上距离, 以减少对其正常行为的干扰, 并借助双筒望远镜观察其夜栖行为。系统搜索: 通过白天观察确定红喉雉鹑的活动区域, 待天黑后(21:00 时后), 在红喉雉鹑的活动区域使用大屏手持热像仪(Infray PH35, 合肥英睿系统技术有限公司)进行系统搜索, 发现疑似目标后, 再使用手电筒确定, 发现夜栖的红喉雉鹑实体后, 标记并记录具体位置。

1.2.2 生境因子的测定 根据夜栖树下粪便的位置、数量和新鲜程度再次核实红喉雉鹑夜栖的具体位置, 并以夜栖树为中心, 设置 10 m × 10 m 的大样方, 在大样方内取 5 个 2 m × 2 m 的灌木样方; 每个 2 m × 2 m 的样方内取 2 个 1 m × 1 m 的草本样方(贾非等 2005)。测量地形特征、栖树特征和植被特征的 24 个环境因子(表 1)。以夜栖树为中心, 随机选择一个方向, 在该方向上的 100 m 处作为对照样方的中心, 若此处没有树木, 则选择距离该处最近的

表 1 红喉雉鹑夜栖地生境因子说明

Table 1 Description of habitat factors of *Tetraophasis obscurus*'s roosting site

环境特征类型 Types	生境参数 Variables	说明 Explanation	
地形特征 Terrain features	海拔 Altitude (m)	实测值, 使用 GPS 测量 Measured values. Measured using GPS	
	坡度 Slope (°)	实测值, 使用罗盘测量 Measured values. Measured with a compass	
	坡向 Aspect of slope (°)	实测值, 使用罗盘测量 Measured values. Measured with a compass	
	坡位 Slope position	估测值, 分上、中、下三个等级, 分别赋值 3、2、1 Estimated values. The upper, middle and lower levels are assigned values of 3, 2, and 1 respectively	
植被特征 Vegetation features	乔木郁闭度 Coverage of trees (%)	估测值, 10 m × 10 m 样方中乔木的郁闭度, 用盖度框法估测 (潘扬等 2019) Estimated values. Tree coverage was estimated by the cover box method in a 10 m × 10 m sample square	
	乔木数量 Number of trees (ind/m ²)	实测值, 10 m × 10 m 样方中乔木的数量 Measured values. Number of trees in a 10 m × 10 m sample square	
	乔木平均胸径 Average diameter at breast height of trees (cm)	实测值, 10 m × 10 m 样方中乔木胸径的平均值, 用卷尺测量 Measured values. The average tree diameter at breast height in a 10 m × 10 m sample square was measured with a tape measure	
	灌木盖度 Coverage of shrub (%)	估测值, 2 m × 2 m 样方灌木盖度的平均值, 用盖度框法估测 Estimated values. Mean of shrub cover in 2 m × 2 m samples, estimated by cover box method	
	灌木均高 The average height of shrub (cm)	实测值, 2 m × 2 m 样方中灌木高度的平均值, 用卷尺测量 Measured values. The mean shrub height in the 2 m × 2 samples was measured with a tape measure.	
	草本盖度 Coverage of grasses (%)	估测值, 1 m × 1 m 样方草本盖度的平均值, 用盖度框法估测 Estimated values. The mean values of herbaceous cover in 1 m × 1 m samples were estimated by the cover box method.	
	草本均高 The average height of grasses (cm)	估测值, 1 m × 1 m 样方草本高度的平均值 Estimated values. Mean of herbaceous height in 1 m × 1 m sample square	
	倒木数量 Number of logs (ind/m ²)	实测值, 10 m × 10 m 样方中倒木的数量 Measured values. Number of logs in a 10 m × 10 m sample square	
	裸地盖度 Coverage of bare land (%)	估测值, 10 m × 10 m 样方中裸地的盖度, 用盖度框法估测 Estimated values. The cover of bare ground in a 10 m × 10 m sample square was estimated by the cover box method.	
	落叶盖度 Coverage of leaf (%)	估测值, 10 m × 10 m 样方中落叶的盖度, 用盖度框法估测 Estimated values. The coverage of the leaf in a 10 m × 10 m sample square was estimated by the cover box method.	
	距林缘距离 Distance to the forest edge (m)	实测值, 夜栖树距林缘的距离, 用皮尺测量 Measured values. Distance of roosting trees from the forest edge, measured with a tape measure	
	栖树特征 Roosting tree features	夜栖树树种 Tree species of roosting	采集标本鉴定 Specimen collection for identification
		夜栖树胸径 Diameter at breast height of the roosting tree (cm)	实测值, 夜栖树 1.3 m 高处的直径, 使用卷尺测量 Measured values. Diameter at 1.3 m height of night roosting tree, measured using a tape measure
夜栖树第一枝高 Height of the lowest branch of the roosting tree (m)		实测值, 夜栖树最低枝条高度, 使用卷尺测量 Measured values. Minimum branch height of roosting trees, measured using a tape measure	
夜栖枝高度 Height of roosting branch (m)		实测值, 使用测高仪 (SNDWAY-SWM40) 测量 Measured values. Measured with an altimeter (SNDWAY-SWM40)	
夜栖枝长度 Length of roosting branch (m)		估测值, 夜栖枝条的长度 Estimated values. Length of nocturnal branches	
栖树上盖度 Upper cover of roosting branch (%)		估测值, 以红喉雉鹑栖位为中心上方 1 m × 1 m 的盖度, 用盖度框法估测 Estimated values. The coverage of 1 m × 1 m above the center of the Chestnut-throated Pheasant was estimated by the cover box method	

续表 1

环境特征类型 Types	生境参数 Variables	说明 Explanation
栖树特征 Roosting tree features	栖位下盖度 Lower cover of roosting branch (%)	估测值, 以红喉雉鹑栖位为中心下方 1 m × 1 m 的盖度, 用盖度框法估测 Estimated values. The coverage of 1 m × 1 m below the center of the Chestnut-throated Pheasant was estimated by the cover box method.
	最近乔木距离 Distance to the nearest tree (m)	实测值, 距离夜栖树最近的乔木的距离, 用卷尺测量 Measured values. Distance to the nearest tree of the roosting roost, measured with a tape measure
	最近乔木胸径 Diameter at breast height of the nearest tree (cm)	实测值, 距离夜栖树最近的乔木的胸径, 用卷尺测量 Measured values. The diameter at breast height of the nearest tree to the roosting tree, measured with a tape measure

树木作为对照样方的中心 (Thompson 2003, 张波等 2016), 同时保证对照样方和夜栖地样方在相同植被范围内 (Jones 2001, 周毅等 2020), 对照样方中除栖树特征方面的参数不记录外, 其余参数测量方法与夜栖样方相同, 同一颗夜栖树只做 1 次记录。

1.2.3 数据分析 采用 χ^2 检验分析红喉雉鹑对坡位是否具有选择偏好, 由于坡向是循环数据, 因此对坡向进行余弦值转换, 然后再与其他数据一起处理。分析夜栖样方与对照样方之间的特征差异时, 首先使用 *K-S* 检验确定数据是否符合正态分布, 若数据符合正态分布, 则使用配对样本 *T* 检验, 若数据不符合正态分布, 则使用 Mann-Whitney *U* 检验。将具有显著差异的生境因子, 采用二元逻辑斯蒂回归分析以确定影响红喉雉鹑在繁殖季选择夜栖地的关键生境因子, 在进行逻辑斯蒂分析之前, 对差异显著的变量进行 Spearman 相关性分析, 当两个变量的相关性系数 *r* 大于 0.6 时, 仅保留生态意义更重要的因子进入逻辑斯蒂分析 (贾非等 2005)。将满足要求的环境变量纳入逻辑斯蒂回归模型, 建立所有可能的备选模型, 使用赤池信息准则 (Akaike's information criterion, AICc) 对所有模型进行评价 (Akaike 1974), 若存在多个模型的 $\Delta_{AICc} \leq 2$, 则将这些模型进行平均得到最终模型 (王彬等 2022)。所有数据分析采用 SPSS 25 和 R4.2.1 中的 MuMIn 包进行统计分析, 数据以平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示。

2 结果

2.1 夜栖行为

红喉雉鹑上树夜栖前, 会在夜栖地附近觅食, 待日落后半小时内, 会直接从觅食地飞往夜栖树或夜栖树附近的乔灌木, 然后随着树木枝条向上或从夜栖树附近的树飞往夜栖树, 直至到达理想的夜栖位置并调整身体方向, 期间振翅声较大, 十余米外能明显听见。通常红喉雉鹑在准备离开地面时会发出小声的“咕~咕~”声以号召同伴, 同时尾羽存在明显的先向两边散开后收缩的动作。天微亮时红喉雉鹑下树觅食, 下树时间与天气状况有关, 通常集中在 5:40 ~ 7:00 时, 下树前在树上发出响亮刺耳的鸣叫, 然后飞下夜栖树。

夜栖时, 常 1 只单独夜栖或 2 只共同夜栖。在繁殖前期 (3 月底至 5 月底), 以 2 只紧靠共同夜栖的情况最多 ($n = 23$), 占 67.6% (图 1)。在繁殖及繁殖后期 (5 月底至 7 月), 以单独夜栖最多 ($n = 11$), 占 32.4%。也发现红喉雉鹑在一定时间内连续或不连续多次夜栖于同一位置 ($n = 2$), 在树下能发现数量庞大的成堆粪便。

2.2 夜栖地特征分析

共调查了 34 个夜栖样方和 34 个对照样方, 夜栖树种为方枝柏 ($n = 31$)、紫果云杉 ($n = 2$) 和岷江冷杉 ($n = 1$), 主要在方枝柏树上。对夜栖坡位的卡方检验结果表明, 红喉雉鹑在繁殖季偏好选择上坡位夜栖地 ($\chi^2 = 5.124$, $df = 1$, $P = 0.024$)。红喉雉鹑栖位上盖度为 54.97% \pm

1.87%, 栖位下盖度为 $30.44\% \pm 2.70\%$, 夜栖枝条高度(6.62 ± 0.29)m, 夜栖枝条长度(1.66 ± 0.13) m。对比夜栖样方和对照样方, 坡度、夜栖树胸径、乔木郁闭度、乔木平均胸径、灌木盖度、落叶盖度、距林缘距离和最近乔木距

离这 8 个因子具有显著差异。在繁殖季, 红喉雉鹑的夜栖地偏向于选择距离林缘较近, 具有较大的坡度、乔木郁闭度、乔木平均胸径、落叶盖度和较小的灌木盖度的上坡位, 并且夜栖树通常胸径较大且距最近乔木较近(表 2)。

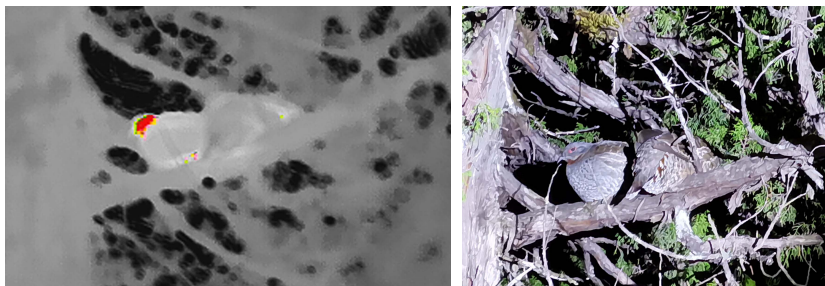


图 1 热像仪中红喉雉鹑夜栖状态(左)和实际红喉雉鹑夜栖状态(右)

Fig. 1 The roosting state of the Chestnut-throated Pheasant in the thermal imager (left) and the actual roosting state of the Chestnut-throated Pheasant (right)

表 2 红喉雉鹑繁殖季夜栖样方与对照样方各生境因子比较

Table 2 Comparison of variables between roosting sites and random sites of Chestnut-throated Pheasant during the breeding season

生境参数 Variables	夜栖样方 Roosting	对照样方 Random	T 值 T value	Z 值 Z value	P 值 P value
海拔 Altitude (m)	$3\ 460.9 \pm 9.9$	$3\ 436.0 \pm 7.5$		1.816	0.069
坡度 Slope (°)	37.24 ± 1.29	28.44 ± 0.62	6.466		< 0.001
坡向余弦值 Cosine value of aspect of slope	-0.73 ± 0.06	-0.77 ± 0.04		-0.259	0.768
夜栖树胸径 Diameter at breast height of roosting tree (cm)	39.31 ± 1.93	25.91 ± 1.10	5.996		< 0.001
乔木郁闭度 Coverage of trees (%)	50.06 ± 2.52	32.12 ± 2.37		4.315	< 0.001
乔木数量 Number of trees (ind/m ²)	0.042 ± 0.004	0.034 ± 0.003		1.026	0.305
乔木平均胸径 Average diameter at the chest-height of trees (cm)	32.74 ± 1.65	29.12 ± 1.44		2.164	0.030
灌木盖度 Coverage of shrub (%)	22.79 ± 2.69	37.79 ± 3.49		-3.211	0.001
灌木均高 Average height of shrub (cm)	86.68 ± 8.22	95.19 ± 8.45		-1.083	0.279
草本盖度 Coverage of grasses (%)	45.03 ± 3.32	54.85 ± 3.17		-1.795	0.073
草本均高 Average height of grasses (cm)	8.63 ± 0.93	10.15 ± 0.81		-1.772	0.076
倒木数量 Number of logs (ind/m ²)	0.011 ± 0.002	0.008 ± 0.001		0.525	0.599
裸地盖度 Coverage of bare land (%)	15.15 ± 2.44	9.59 ± 1.57		1.633	0.102
落叶盖度 Coverage of leaf (%)	33.29 ± 1.32	18.62 ± 1.27	9.949		< 0.001
距林缘距离 Distance to the forest edge (m)	33.35 ± 2.42	86.23 ± 3.53		-7.011	< 0.001
最近乔木距离 Distance to the nearest tree (m)	2.42 ± 0.36	3.13 ± 0.26		-2.153	0.031
最近乔木胸径 Diameter at breast height of nearest tree (cm)	26.72 ± 2.24	20.86 ± 1.45		1.865	0.062
夜栖树第一枝高 Height of the lowest roosting tree branch (cm)	156.14 ± 18.63	178.26 ± 15.57		-1.938	0.053
栖位上盖度 Upper cover of the roosting branch (%)	54.97 ± 1.87				
栖位下盖度 Lower cover of roosting branch (%)	30.44 ± 2.70				
夜栖枝高度 Height of roosting branch (m)	6.62 ± 0.29				
夜栖枝长度 Length of roost branch (m)	1.66 ± 0.13				

2.3 夜栖因子关系分析

在逻辑斯蒂分析之前需对具有显著差异的参数坡度、夜栖树胸径、乔木郁闭度、乔木平均胸径、灌木盖度、落叶盖度、距林缘距离和最近乔木距离进行 Spearman 相关性分析,距林缘距离与坡度的相关性系数大于 0.6 (表 3)。删除距林缘距离,然后将另外 7 个环境参数纳

入逻辑斯蒂回归分析,共建立备选模型 128(2^7)个,其中满足 $\Delta AICc \leq 2$ 的最优模型有 5 个(表 4),对该 5 个最优模型进行平均,夜栖树胸径、落叶盖度和坡度对繁殖季红喉雉鹑的夜栖地选择具有显著影响,红喉雉鹑偏好于选择具有较大的夜栖树胸径、落叶盖度和坡度的生境作为夜栖地(表 5)。

表 3 差异显著生境参数的 Spearman 相关性分析结果

Table 3 Spearman correlation analysis of variables with significant differences

生境参数 Variables	坡度 Slope	夜栖树胸径 DBH of roosting tree	乔木郁闭度 Coverage of trees	乔木平均胸径 Average DBH of trees	灌木盖度 Coverage of shrub	落叶盖度 Coverage of leaf	距林缘距离 Distance to the forest edge	最近乔木距离 Distance to the nearest tree
坡度 Slope	1.000	0.397**	0.427**	0.250*	- 0.383*	0.546**	- 0.640**	- 0.268*
夜栖树胸径 DBH of roosting tree		1.000	0.503**	0.433**	- 0.211	0.350**	- 0.509**	- 0.170
乔木郁闭度 Coverage of trees			1.000	0.183	- 0.343**	0.366**	- 0.526**	- 0.036
乔木平均胸径 Average DBH of trees				1.000	0.021	0.215	- 0.200	0.194
灌木盖度 Coverage of shrub					1.000	- 0.424**	0.283*	0.428**
落叶盖度 Coverage of leaf						1.000	- 0.615	- 0.260
距林缘距离 Distance to the forest edge							1.000	0.123
最近乔木距离 Distance to the nearest tree								1.000

DBH. 胸径; * $P < 0.05$, 差异显著; ** $P < 0.01$, 差异极显著。

DBH. Diameter at breast height; * $P < 0.05$, significant difference; ** $P < 0.01$, highly significant difference.

表 4 红喉雉鹑繁殖季夜栖地逻辑斯蒂回归拟合的最优模型

Table 4 Optimal logistic regression models ($\Delta AICc \leq 2$) predicting roosting sites selection by *Tetraophasis obscurus* during the breeding season

模型 Models	参数数量 Number of parameters	对数似然值 LogLik	赤池信息量 AICc	AICc 变化值 $\Delta AICc$
DB + SL + CL	4	- 11.54	31.72	0.00
CT + DB + SL + CL	5	- 10.90	32.77	1.05
AD + DB + SL + CL	5	- 11.02	33.01	1.29
AD + DB + DN + SL + CL	6	- 9.91	33.21	1.48
DB + DN + SL + CL	5	- 11.26	33.49	1.77

AD. 乔木平均胸径; DB. 夜栖树胸径; DN. 最近乔木距离; SL. 坡度; CL. 落叶盖度; CT. 乔木郁闭度。

AD. Average diameter at breast height of trees; DB. Diameter at breast height of roosting tree; DN. Distance to the nearest tree; SL. Slope; CL. Coverage of leaf; CT. Coverage of trees.

表 5 红喉雉鹑繁殖季夜栖地选择逻辑斯蒂回归拟合的平均模型系数

Table 5 Average model coefficients of optimal logistic regression models predicting roosting sites selection by *Tetraophasis obscurus* during the breeding season

生境参数 Variable	参数估计值 \pm 标准误 Estimate \pm SE	Z 值 Z value	P 值 P value	权重 Weight
截距 Intercept	0.654 \pm 0.705	0.910	0.363	
夜栖树胸径 Diameter at breast height of the roosting tree	2.886 \pm 1.136	2.497	0.013	1.00
坡度 Slope	2.186 \pm 0.944	2.274	0.023	1.00
落叶盖度 Coverage of leaf	2.891 \pm 1.195	2.378	0.017	1.00
乔木郁闭度 Coverage of trees	0.740 \pm 0.688	1.054	0.292	0.20
乔木平均胸径 Average diameter at breast height of trees	- 1.054 \pm 0.934	1.110	0.267	0.33
最近乔木距离 Distance to the nearest tree	1.012 \pm 1.024	0.972	0.331	0.30

3 讨论

3.1 夜栖树选择

红喉雉鹑选择针叶树种作为夜栖树种, 这与白冠长尾雉 (*Syrnaticus reevesii*) (孙全辉等 2002)、黄喉雉鹑 (*T. szechenyii*) (张波等 2016) 的研究结果类似, 可能是因为针叶树种能够提供稳定的盖度, 保证安全的夜栖环境。但三者夜栖树种不一致, 红喉雉鹑主要选择方枝柏作为夜栖树种, 较少选择紫果云杉和岷江冷杉, 其原因可能是研究区域的方枝柏数量较多, 且具有更加茂密的枝条, 能够提供更加隐蔽的夜栖环境。白冠长尾雉利用马尾松 (*Pinus massoniana*) 和杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 等 (孙全辉等 2002), 四川雉鹑利用鳞皮冷杉 (*Abies squamata*) 和大果红杉 (*Larix potaninii*) (Xu et al. 2010)。这是由于在不同的研究区域的主要树种存在差异, 物种根据自己的选择偏好在有限的环境中做出选择。适宜的栖位高度和较大的栖位上盖度能减小被猛禽类天敌发现的概率, 栖位下盖度较小能尽早发现捕食兽类的威胁, 从而增加红喉雉鹑避险的时间。

3.2 夜栖行为

本研究结果显示, 繁殖季红喉雉鹑夜栖主要是 2 只 (3 ~ 5 月) 或者 1 只 (5 ~ 7 月) 个体, 未发现有集群夜栖的情况。即表明在产卵

繁殖前主要是以繁殖对一起夜栖, 而雌性进入产卵繁殖后, 雄性单独夜栖。这种同树共栖的习性与白腹锦鸡 (*Chrysolophus amherstiae*) (康明江等 2007) 和黄喉雉鹑 (Xu et al. 2010) 相似, 不同的是红喉雉鹑、黄喉雉鹑栖息在同一棵树的同一枝条上, 而白腹锦鸡雄鸟比雌鸟栖枝更高, 表明在处于不利条件的夜间, 不同鸡形目鸟类对于环境产生的适应策略不同。

3.3 夜栖地选择

鸡形目鸟类的飞行能力有限, 夜间视觉能力较差, 感知夜栖环境中威胁因素的反应迟缓, 使得其对夜栖环境做出选择以安全度过夜晚 (康明江等 2007, Xu et al. 2010)。红喉雉鹑繁殖季夜栖地的坡度、夜栖树胸径、乔木郁闭度、乔木平均胸径和落叶盖度显著高于对照样方, 而灌木盖度、距林缘距离和最近乔木距离显著低于对照样方, 逻辑斯蒂分析表明, 夜栖树胸径、落叶盖度和坡度是影响其夜栖地选择的关键因子, 这可能是其对安全因素和食物资源综合选择的结果。

与白冠长尾雉 (孙全辉等 2002)、白颈长尾雉 (*S. ellioti*) (丁平等 2002)、白马鸡 (*Crossoptilon crossoptilon*) (贾非等 2005)、红腹角雉 (*Tragopan temminckii*) (丛培昊等 2008)、褐马鸡 (*C. mantchuricum*) (李宏群等 2009) 的研究结果相似, 红喉雉鹑选择坡度较

大的上坡位进行夜栖，这有利于在受到干扰和惊吓后滑翔更远的距离。较大的夜栖树胸径和乔木平均胸径能够保证在风速较大时的稳定度。根据野外观察，红喉雉鹑在当地的天然敌主要有黑鸢 (*Milvus korschun*)、金雕 (*Aquila chrysaetos*) 等猛禽，还包括豹猫 (*Prionailurus bengalensis*)、黄鼬 (*Mustela sibirica*) 等兽类。理想的夜栖地具有较大的乔木郁闭度，既能够提供提供一个隐蔽的夜栖环境，减小被猛禽类天敌发现的概率，又能够在一定程度上减少热量的散失 (贾非等 2005, Xu et al. 2010)。同时研究区域夏季雨量充沛，茂密的夜栖树枝叶能够使红喉雉鹑下雨天气有效避雨。较小的灌木盖度有利于红喉雉鹑察觉兽类天敌的威胁，这与白腹锦鸡 (康明江等 2007)、黑颈长尾雉 (*S. humiae*) (周毅等 2020) 相似；最近乔木距离较小，不仅方便红喉雉鹑上树夜栖，即当红喉雉鹑直接飞上夜栖树存在一定困难时，可以先飞上距离夜栖树最近的乔木，然后再飞往夜栖树，还能够在紧急情况下逃离，从而保证自身的安全。

繁殖是生物体生命史中的一个特殊时期，在这一时期鸟类对于食物资源的需求不仅需要满足自身生存，还需要满足对繁殖行为的投入，如求偶、交配、产卵、育雏等，这些行为极度耗能且对营养物质的需求量大 (蔡玥等 2014)。红喉雉鹑是以植物根、地下鳞茎、果实和种子等为主，偶尔也食用小昆虫，通常使用啄啄食 (文陇英等 2008)。丰富的落叶层使土壤表层松软，有助于其在地面刨食，并且具有更高的食物丰富度。落叶层中既含有丰富的种子等植物性食物，能够为红喉雉鹑的日常活动提供能量；同时也分布着不同种类和大量的昆虫等小动物，富含多种蛋白质，能够满足红喉雉鹑繁殖期对营养物质的特殊需求。

红喉雉鹑最理想的栖息地类型是灌丛 (文陇英等 2008)，根据观察，在繁殖季清晨，红喉雉鹑下树后一边觅食一边走向海拔更高的灌丛，甚至走出林线，傍晚再从林线外的灌丛中

回到树上夜栖。夜栖地距林缘较近，缩短红喉雉鹑前往灌丛的直线距离，能够减少对能量的消耗，有利于将更多精力和能量投入到繁殖中。鸟类能够根据自己的偏好识别环境中的某些特征，并根据这些特征主动选择生活环境 (Lack 1933)。而每年此时，正值虫草 (*Ophiocordyceps sinensis*) 成熟时候，在离灌丛不远的草甸上，往往存在外来人员非法采集虫草的现象，对红喉雉鹑的栖息地造成干扰，需进一步加强人员管控，减少人类活动对该物种繁殖的影响。

致谢 感谢四川王朗国家级自然保护区傅晓波、余麟、聂成建、鲁超、梁春平、李芯锐、赵奎、赵和鑫、周华龙、周智强等工作人员对野外调查工作的帮助和支持，感谢四川大学曾涛老师、罗概、李明明等对数据分析和文章修改提出的宝贵意见。

参 考 文 献

- Akaike H T. 1974. New look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6): 716–723.
- Ali A H M S, Santhanakrishnan R. 2015. Tree and habitat preferences for open limb and cavity roosts of the Spotted Owl *Athene brama* (Temminck, 1821) in southern India. *Tropical Zoology*, 28(1): 23–33.
- Elmore L W, Miller D A, Vilella F J. 2004. Selection of diurnal roosts by Red Bats (*Lasiurus borealis*) in an intensively managed pine forest in Mississippi. *Forest Ecology and Management*, 199(1): 11–20.
- Engel K A, Young L S. 1992. Movements and habitat use by Common Ravens from roost sites in southwestern Idaho. *The Journal of Wildlife Management*, 56(3): 596.
- Jones J. 2001. Habitat selection studies in avian ecology: a critical review. *The Auk*, 118(2): 557–562.
- Lack D. 1933. Habitat selection in birds. With special reference to the effects of afforestation on the Breckland avifauna. *The Journal of Animal Ecology*, 2(2): 239–262.
- Thompson D J. 2003. Roosting Habitat and Poult Survival of Merriam's Turkeys in the Southern Black Hills of South Dakota. MS dissertation, South Dakota State University, Brookings, SD.

- Xu Y, Yang N, Wang Y, et al. 2010. Roosting behavior and roost selection by Buff-throated Partridges *Tetraophasis szechenyii* during the breeding season. *Zoological Studies*, 49(4): 461–469.
- 蔡玥, 李东来, 李其久, 等. 2014. 杂色山雀繁殖期与非繁殖期食物组成及利用. *动物学杂志*, 49(6): 811–819.
- 曹亚珍, 赵联军, 张塔星, 等. 2022. 四川王朗国家级自然保护区红喉雉鹑的日活动节律及种群密度. *四川动物*, 41(4): 379–386.
- 丛培昊, 郑光美. 2008. 四川老君山地区红腹角雉的夜栖行为和夜栖地选择. *生物多样性*, 16(4): 332–338.
- 丁平, 杨月伟, 李智, 等. 2002. 白颈长尾雉的夜宿地选择研究. *浙江大学学报: 理学版*, 29(5): 564–568.
- 国家林业和草原局, 农业农村部. 2021. 国家重点保护野生动物名录. [EB/OL]. [2022-07-18]. <http://www.forestry.gov.cn>.
- 贾非, 王楠, 郑光美. 2005. 冬季白马鸡群体夜栖地特征分析. *生态学杂志*, 24(2): 153–158.
- 康明江, 郑光美. 2007. 白腹锦鸡(*Chrysolophus amherstiae*)的夜栖地选择. *生态学报*, 27(7): 2929–2934.
- 李宏群, 廉振民, 陈存根. 2009. 陕西黄龙山林区褐马鸡春季夜栖地选择. *动物学杂志*, 44(2): 52–56.
- 卢汰春, 李桂垣, 胡锦涛. 1988. 四川宝兴雉类生态和垂直分布的调查研究. *动物学研究*, 9(1): 37–44.
- 卢汰春. 1991. 中国珍稀濒危野生鸡类. 福建: 福建科学技术出版社, 140–145.
- 潘扬, 高吉喜, 周可新, 等. 2019. 城市绿地中鹧鸪繁殖期和非繁殖期夜栖地选择. *生态学杂志*, 38(9): 2772–2779.
- 尚晓彤, 罗春平, 李斌, 等. 2020. 四川王朗国家级自然保护区鸟类多样性与区系组成. *四川动物*, 39(1): 93–106.
- 孙全辉, 张正旺, 朱家贵, 等. 2002. 白冠长尾雉冬季夜栖行为与夜栖地利用影响因子的研究. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 38(1): 108–112.
- 王彬, 朱博伟, 徐雨, 等. 2022. 四川雉鹑(*Tetraophasis szechenyii*)的微生境选择及其季节性动态. *生态学杂志*, 41(6): 1143–1148.
- 文隗英, 弓加文, 刘迺发, 等. 2008. 四川茂县雉鹑习性的调查. *动物学杂志*, 43(2): 73–76.
- 杨维康, 钟文勤, 高行宜. 2000. 鸟类栖息地选择研究进展. *干旱区研究*, 17(3): 71–78.
- 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬奇. 2000. 中国鸟类野外手册. 长沙: 湖南教育出版社, 19–20.
- 张波, 徐雨, 王彬, 等. 2016. 四川雉鹑的冬季夜栖地选择. *动物学杂志*, 51(4): 536–542.
- 张雁云, 郑光美. 2021. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物 第二卷 鸟类. 北京: 科学出版社, 192–193.
- 郑光美. 2017. 中国鸟类分类与分布名录. 3 版. 北京: 科学出版社, 1–20.
- 周毅, 冉景丞, 杨卫诚, 等. 2020. 贵州黑颈长尾雉对夜栖地的选择研究. *野生动物学报*, 41(4): 951–959.