

DOI: 10.5846/stxb201812252804

陆帅, 李建强, 田 珊, 华俊钦, 吴嘉君, 徐基良. 旅游对鸡形目鸟类巢成功率的影响——基于人工巢试验. 生态学报, 2020, 40(4): 1463-1472.

Lu S, Li J Q, Tian S, Hua J Q, Wu J J, Xu J L. Effects of tourism on nest survival rate of Galliformes based on artificial nest experiment. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(4): 1463-1472.

旅游对鸡形目鸟类巢成功率的影响 ——基于人工巢试验

陆 帅, 李建强, 田 珊, 华俊钦, 吴嘉君, 徐基良*

北京林业大学自然保护区学院, 北京 100083

摘要: 旅游快速发展对野生动物的繁衍和种群发展造成的影响不容忽视。鸡形目鸟类大多为地面营巢, 易受人为活动的影响。为揭示旅游对鸡形目鸟类巢成功率的影响, 于 2018 年 3—5 月在河南董寨国家级自然保护区采用地面人工巢进行了两轮模拟试验, 分析了试验轮次、巢密度、代表旅游活动强度的客流量和车流量, 及植被类型、海拔等栖息地影响因子对人工巢成功率的影响。结果显示: 客流量和海拔在繁殖成功巢和失败巢之间均存在不同程度的差异, 繁殖成功巢的客流量较大、海拔较小, 且在客流量较大、海拔较小的区域中人工巢的表观存活率明显较高。其中客流量是影响巢成功率的主导因素。此外, 第二轮试验人工巢表观存活率显著低于第一轮试验, 捕食者组成在不同试验轮次上也存在明显的差异, 第一轮试验主要是鸟类, 第二轮试验则是哺乳动物。白颈鸦、貉和野猪在本研究中是对巢威胁最大的捕食者。结果表明旅游活动可能会影响鸡形目鸟类的繁殖。因此建议在开展旅游活动时应综合考虑该区域所分布的野生动物及优先保护政策, 注意控制旅游活动强度, 以免对野生动物造成不良影响, 并加强栖息地的保护。

关键词: 人工巢; 旅游; 鸡形目; 巢成功率

Effects of tourism on nest survival rate of Galliformes based on artificial nest experiment

LU Shuai, LI Jianqiang, TIAN Shan, HUA Junqin, WU Jiajun, XU Jiliang*

School of Nature Reserve, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: It cannot be ignored that the impact of rapid development of tourism activities on reproduction and population expansion of wild animals. Most Galliformes nest on the ground and are susceptible to human activities. To investigate the impact of tourism activities on the nesting rate of Galliform species, the ground artificial nests were placed in Dongzhai National Nature Reserve, Henan Province for simulation test from March to May, 2018. We analyzed whether the experiment rounds, nest density, visitors flow rate, and vehicle flow rate representing the intensity of tourism activities had relationship with the nest survival rate. We also analyzed the influence of habitat factors such as vegetation type and altitude on the artificial nesting rate. We found that there were significant differences in altitude and visitors flow rate between the breeding success nests and failure nests. The breeding success nest were located in low altitude and large visitors flow rate area. The apparent survival rate of artificial nests was significantly higher in areas with high visitors flow rate and low altitude. The influence of visitors flow rate on nest survival rate is a dominant factor. In this study, the apparent survival rate of the artificial nest in the second round experiment was significantly lower than that in the first round experiment. Moreover, the composition of the artificial nest predators also showed significant differences in different test rounds. The first

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31872240)

收稿日期: 2018-12-25; 网络出版日期: 2019-11-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xujiliang@bjfu.edu.cn

round experiment was mostly birds, and the second round experiment was mammals. Collared crow, raccoon dog, and wild boar were the most threatening predators in this study. The results suggest that the moderate tourism may affect the reproduction of Galliformes. Therefore, it is suggested that the wildlife distributed in this area and priority protection policy should be taken into account in tourism activities. The intensity of tourism activities should be controlled in order to avoid adverse effects on wildlife and strengthen the protection of habitats.

Key Words: artificial nest; tourism; Galliformes; nest survival rate

基于自然资源的旅游已成为世界范围内最主要的旅游形式之一^[1-2]。鸟类是野生动物的重要组成部分^[3],旅游活动所带来的人为干扰,对旅游地鸟类的种群数量及繁殖可能会产生不良影响^[4-5],如增加雏鸟的死亡率^[6]、改变捕食者的分布^[7],从而影响鸟类的繁殖成功率。对于地面营巢的鸟类,这种影响更大,因为地面巢易被大多数捕食者接触^[8],人为活动可能降低地面巢的隐蔽性,进而增加了地面巢的被捕食风险^[9-10]。并且,一些捕食者可以根据人类的气味及视觉上的线索来确定巢的位置^[11-12]。如今,巢捕食已成为地面营巢鸟类生活史及种群动态的关键影响因子之一^[13-14]。掌握鸟类巢被捕食情况及其影响因子对于研究鸟类种群变化、繁殖特征,进而提出保护对策具有极其重要的意义^[15-17]。

目前对于旅游活动的研究涉及到旅游活动对旅游地环境^[1-2,18-19]、植被群落组成、植被多样性^[20]及生物多样性^[21-22]的影响等方面,其对野生动物的影响研究主要集中在个体行为反应和生理指标的改变、种群分布和物种组成的改变等方面^[23],而对鸟类影响的研究则主要包括旅游活动对鸟类繁殖成功率^[24-25]、行为反应^[26-28]以及生理指标的改变^[29-30]等方面。但旅游活动对多为地面营巢的鸡形目鸟类^[31]影响方面的研究则相对较少,这对在旅游目的地内制定科学措施来减少旅游活动对鸡形目鸟类的不利影响,进而提高鸡形目鸟类种群及其栖息地保护管理措施的有效性产生了不利影响。

鸡形目鸟类自然巢的数量有限,筑巢较为隐秘,难以寻找,而且利用自然巢进行研究会对其产生干扰^[12],降低其繁殖成功率^[32-33]。利用人工巢进行模拟研究,不仅可以有效的避免这些负面影响,还具有易操作性和试验条件的可控性,已被广泛用于鸟类巢被捕食风险^[34-36]、繁殖成功率^[33]、巢捕食者的捕食行为^[37]等方面的研究。并且,已有研究表明,采用人工巢代替自然巢进行试验与采用自然巢进行研究所得到的结果相似^[14,38]。因此,本研究采用地面人工巢进行模拟试验,探讨旅游活动对鸡形目鸟类繁殖成功率的影响,为更好地保护野生鸡形目鸟类的繁衍及种群数量提供参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区

研究地点位于河南省南部、大别山西段的董寨国家级自然保护区(114°18′—114°30′E, 31°28′—32°09′N)内的灵山保护站(图1)。该保护区海拔在100—840 m之间,地势总体为南部、西部较高,北部、东部较低^[39]。保护区内植被以针叶林、阔叶林、针阔叶混交林等天然林为主^[40],白冠长尾雉(*Syrnaticus reevesii*)、勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)和环颈雉(*Phasianus colchicus*)为主要的鸡形目鸟类^[41]。董寨国家级自然保护区灵山保护站现建有一处国家4A级景区——灵山风景名胜区,位于保护区的实验区,总面积约61.5 km²,旅游、农业生产等人类活动是该区域的野生动物面临的主要人为干扰形式^[42]。

1.2 人工巢的布置

野外试验于2018年3—5月即该地区鸡形目鸟类繁殖期内开展。人工巢址参照野生白冠长尾雉的巢址^[36,43-44]在景区主干道两侧0—50 m、50—100 m、100—150 m、150—200 m范围内随机选取。根据以往对鸡形目鸟类自然巢的了解^[43],人工巢搭建成长度约15—25 cm、宽度约10—20 cm、中间低外围高的椭圆碗型,采用地面落叶、枯草作为巢材进行简易搭建^[36,44]。每个人工巢中放置4枚人工养殖的环颈雉卵^[35-36,44]。环

颈雉的卵与白冠长尾雉、勺鸡卵的大小和颜色极其相似,而且环颈雉目前已被大量养殖,其卵很容易获取,所以本研究采用环颈雉的卵作为窝卵。

自然条件下白冠长尾雉卵的孵化期为 26—27 d^[43],勺鸡卵的孵化期为 25 d^[31],环颈雉卵的孵化期为 21—24 d^[45]。为便于查巢日期的确定及后期的分析,本研究每轮试验的周期定为 30 d^[44]。本研究共进行两轮试验,每轮试验放置 100 个人工巢。为保证人工巢之间的相互独立性,两轮试验人工巢址不同,且 200 个人工巢之间的距离均大于 50 m^[46-47]。

1.3 人工巢命运和捕食者信息的收集

在每个人工巢放置后的第 5 d、10 d、15 d、20 d、25 d、30 d 对巢内卵的存活情况进行检查,查巢日以每次查巢日期与人工巢放置日期的差值来确定^[48]。如果人工巢中有卵被破坏或被移出巢外或消失,则定义该巢为繁殖失败巢,反之则为存活巢。如果在本轮试验结束时该巢还存活,则定义该巢繁殖成功^[49]。

人工巢表观存活率通过如下公式计算:

$$\text{表观存活率} = \frac{\text{繁殖成功巢}}{(\text{繁殖成功巢} + \text{繁殖失败巢})} \times 100\%$$

两轮试验分别随机选取了 77 和 73 个人工巢进行红外相机监测,来确定巢捕食者种类。

1.4 旅游活动强度、栖息地环境因子及巢密度的测定

在旅游区内约 11 km 的主要旅游道路上每隔 1 km 放置 1 台红外相机拍摄经过该路段的客流量和车流量,共放置 12 台,每轮试验周期内拍摄 10 天,通过观看照片的形式统计经过该路段的客流量和车流量,区分重复拍摄。根据每 1 km 路段两台红外相机所拍摄的客流量或车流量的均值求得该路段平均每天的客流量和车流量,每个人工巢所经受的旅游活动干扰强度为距离最近路段平均每天的客流量和车流量。

本研究所测定的巢址栖息地环境因子包括:植被类型、坡度、坡向、10 cm 层、30 cm 层、50 cm 层、50 cm 以上植被盖度、距建筑物距离、距道路距离和海拔。其中植被盖度在每个人工巢布置完后立即采用以巢址为中心 1 m×1 m 的巢址样方进行测量;坡度、坡向采用指北针测得,坡向分为正北、东北、正东、东南、正南、西南、正西、西北 8 种类型;海拔采用 GPS 实地测得;距道路和距建筑物距离利用巢址坐标位点在 Google Earth (7.3.0.3832) 中进行测量,记录其平面距离。

巢密度以在 ArcGIS 10.4 中测得的巢周围半径 100 m 内的人工巢的数量来计算。

1.5 数据分析

采用列联表检验分析植被类型和坡向等分类变量在繁殖失败巢和成功巢之间是否存在差异,只有差异显著的分类变量才进行下一步的分析。植被盖度等以百分数表示的连续性变量先进行平方根反正弦转换,然后将采集的 11 个连续性变量进行主成分分析,默认系统设置,并以每个主成分中载荷系数 ≥ 0.5 的变量作为高载荷变量。将试验轮次、获取的主成分及每个主成分和试验轮次的交互作用带入广义线性模型 (generalized linear mode, GLM) 中,从 P 值最大的交互项开始,逐步剔除不显著的模型项。剔除完交互项后,再根据 P 值从大到小逐步剔除单项因素 (如果一个因素涉及到的交互项是显著的,则不剔除这个因素)。剔除时,每次剔除一个不显著的交互项或单个因素,运行一次模型,然后根据结果进行下一次剔除,直到所有变量都对因变量具有显著影响为止,并以对因变量有显著影响的主成分所包含的高载荷变量作为影响巢成功率的关键因子。

采用重复测量 (Repeated Measures) 方差分析距道路不同区间内人工巢存活率的差异性。人工巢表观存

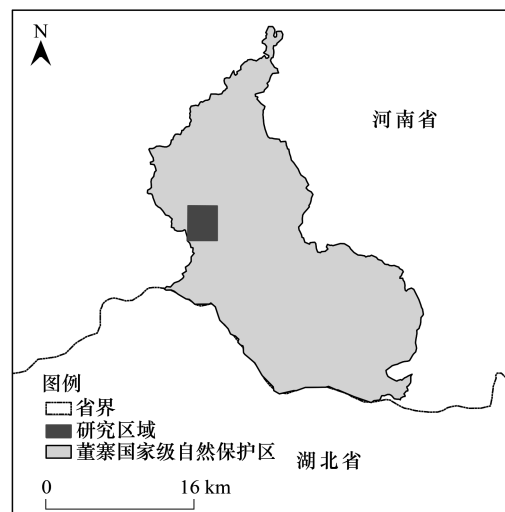


图 1 研究区域位置示意图

Fig.1 The location of the study area in central China

活率在不同试验轮次及研究区域中的差异性采用列联表检验进行分析。比较连续性变量在成功巢和失败巢之间的差异时,先用 Kolmogorov-Smirnov Z 检验变量数据是否符合正态分布。当变量符合正态分布时,使用独立样本 t-检验;当变量不符合正态分布时,使用 Mann-Whitney U-检验。对人工巢成功率影响较大的因素采用二元 Logistic 模型进行分析。基于 AIC 判定影响人工巢存活率的主导因素,根据每个模型的 AIC 值排序,AIC 值越低,模型越好,并计算出每个模型的 Akaike 权重值(W_i)。

上述分析均在 SPSS 22.0 中进行。

2 结果与分析

2.1 两轮试验人工巢表观存活率

第一轮试验巢存活率为 38.0%,被红外相机监测的 77 个人工巢的存活巢和失败巢分别有 38 和 39 个;第二轮试验巢存活率为 14.0%,被红外相机监测的 73 个人工巢的存活巢和失败巢分别有 14 和 59 个(图 2)。试验结束时第二轮试验人工巢表观存活率明显低于第一轮试验,差异性显著($\chi^2 = 11.077$, $df = 1$, $P = 0.001$),距道路不同区间内人工巢的表观存活率无显著差异($F = 2.157$, $df = 3$, $df_e = 20$, $P = 0.125$)。罗旭等人^[50]研究发现董寨国家级自然保护区内白冠长尾雉自然巢的表观存活率为 28.5%,本研究结果与白冠长尾雉自然巢的表观存活率无显著差异($\chi^2 = 0.164$, $df = 1$, $P = 0.686$)。

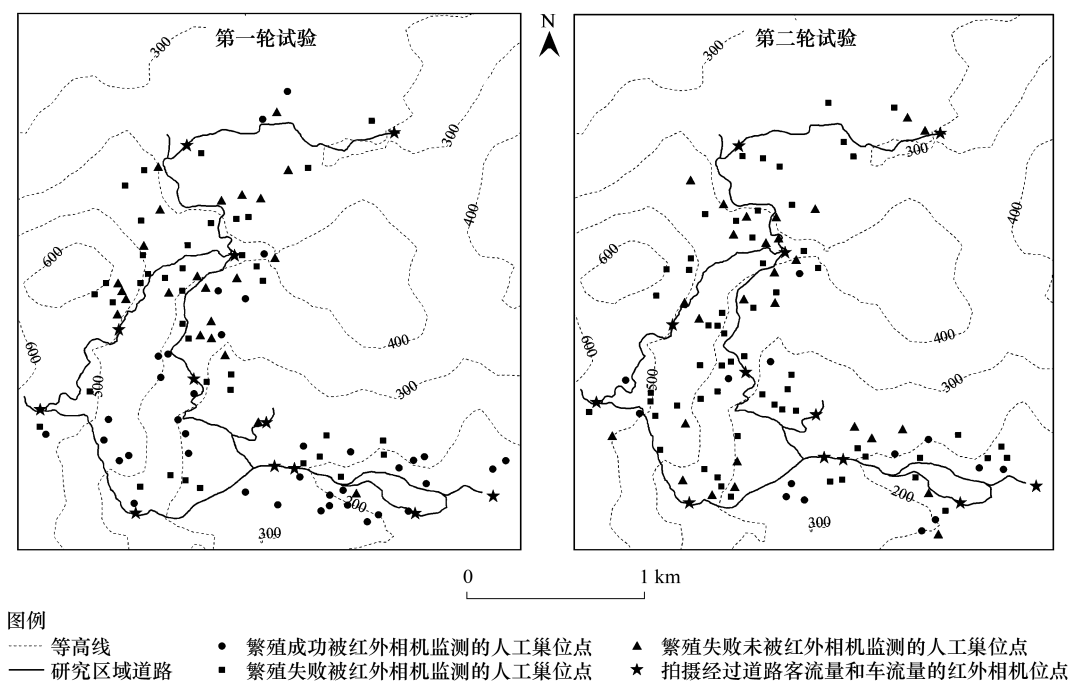


图2 研究区域道路、两轮试验人工巢布置位点及红外相机分布位点示意图

Fig.2 The locations of the roads, artificial nests location of the two rounds of tests and infrared camera in the study area

2.2 影响人工巢成功率的关键因子

两轮试验繁殖成功巢和失败巢之间的植被类型和坡向均没有显著差异($P > 0.05$)。主成分分析结果(表 1)显示,前 5 个主成分的特征值均大于 1,其累积贡献率为 70.1%,说明前 5 个主成分基本包含了 11 种变量所具有的信息。

5 个主成分、试验轮次和每个主成分与试验轮次的交互作用在广义线性模型中对不显著的变量剔除后的结果(表 2)表明,对人工巢成功率有显著影响的变量有试验轮次和主成分 1。其中试验轮次即繁殖时期,根据其系数可知,旅游活动在繁殖早期对巢的影响更大。主成分 1 包括的高载荷影响因子有海拔、距建筑物距

离、客流量、车流量(表1),这4个影响因子即为影响人工巢成功率的关键因子。其中海拔、客流量在两轮试验繁殖成功巢和失败巢之间均存在不同程度的显著差异(表3),且繁殖成功巢的客流量较大,海拔较小。

表1 人工巢成功率影响因素的主成分分析矩阵、特征值及贡献率

Table 1 Component matrix, eigenvalue and contribution rate of principal components analysis of the variables affecting the survival rate of artificial nests

变量 Variables	主成分 Principal component				
	1	2	3	4	5
10 cm 植被盖度 10 cm vegetation coverage	0.372	0.569	0.477	-0.188	0.013
30 cm 植被盖度 30 cm vegetation coverage	0.405	0.704	0.371	-0.201	-0.065
50 cm 植被盖度 50 cm vegetation coverage	0.144	0.706	-0.340	0.127	0.068
50 cm 以上植被盖度 Vegetation coverage over 50 cm	0.061	0.476	-0.614	0.238	0.126
坡度 Slope/(°)	-0.182	0.165	-0.295	-0.234	0.596
海拔 Altitude/m	-0.791	0.388	0.019	-0.126	-0.058
距道路距离 Distance to road/m	0.064	0.075	0.310	0.769	0.230
距建筑物距离/m Distance to structure	-0.519	0.125	0.448	0.414	0.144
客流量/(人次/d) Visitors flow rate	0.806	-0.172	0.088	-0.098	0.070
车流量/(辆/d) Vehicle flow rate	0.654	-0.179	-0.150	0.269	0.258
巢密度 Nest density/个	-0.143	-0.179	0.279	-0.314	0.687
特征值 Eigenvalue	2.356	1.836	1.351	1.163	1.001
贡献率 Contribution rate/%	21.418	16.694	12.284	10.574	9.096
累积贡献率/% Cumulative contribution rate	21.418	38.112	50.396	60.971	70.066

表2 在广义线性模型中对巢成功率有显著影响的变量及其参数估计

Table 2 Variables and their parameter estimates which have significant influence on the nest survival rate in the generalized linear model

变量 Variables	系数(B) Coefficient	标准误(SE) Standard Error	Wald' χ^2	P	95%置信区间	
					95% Wald Confidence interval	
					最小值 Lower	最大值 Upper
试验轮次 Test round	-1.735	0.4018	18.647	<0.001	-2.522	-0.948
主成分 1 Principal component 1	0.908	0.1930	22.144	<0.001	0.530	1.287

表3 影响巢成功率的关键因子在繁殖成功巢和失败巢之间的差异性比较(平均值±标准差)

Table 3 Comparisons of the key factors affecting the nests survival rate between the successful ones and the failure ones (Mean±SD)

变量 Variables	第一轮试验 First round test		t	Z	第二轮试验 Second round test		t	Z
	失败巢	成功巢			失败巢	成功巢		
	Failure nests	Success nests			Failure nests	Success nests		
海拔 Altitude/m	380.4±107.6	284.6±98.7	NA	-4.12 ***	351.4±102.9	275.7±117.9	NA	-2.57 *
客流量/(人次/d) Visitors flow rate	792.0±167.8	2920.7±3146.3	NA	-3.60 ***	1554.2±1916.0	2821.4±1860.1	NA	-2.39 *
车流量/(辆/d) Vehicle flow rate	139.4±225.3	215.6±285.1	NA	-0.22	308.7±421.9	563.0±551.3	NA	-1.48
距建筑物距离/m Distance to structure	216.9±114.4	208.3±119.1	-0.36	NA	220.0±104.7	184.4±95.9	-1.19	NA

* $P < 0.05$; *** $P < 0.001$; NA: 不适用 Not Applicable

2.3 不同区域中人工巢的表观存活率及影响人工巢成功率的主导因子

根据数据计算得出两轮试验平均客流量为 1666.3 人次/天,海拔为 342.4 m。在客流量较大、海拔较小的区域中人工巢的表观存活率较大(图 3),且不同客流量和海拔区域中的人工巢表观存活率均存在显著差异(客流量: $\chi^2=6.119$, $df=1$, $P=0.013$; 海拔: $\chi^2=12.519$, $df=1$, $P<0.001$)。

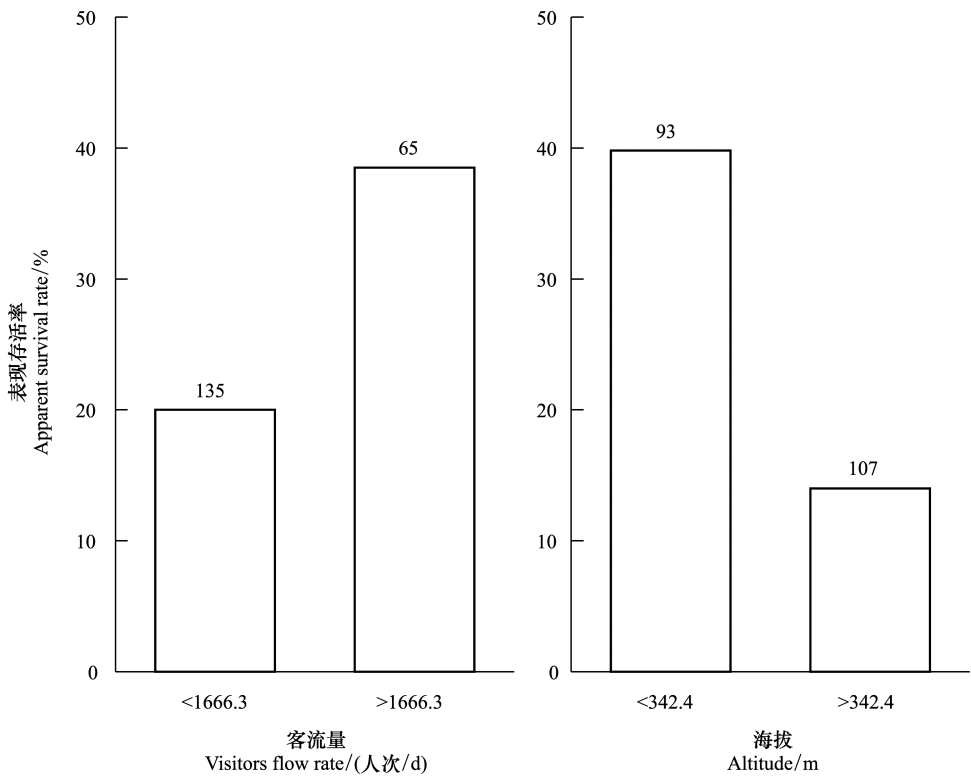


图 3 不同客流量、海拔区域中人工巢的表观存活率

Fig.3 Apparent survival rates of artificial nests in different regions of visitors flow rate and altitude
条形图上方标注的数字为人工巢数量

影响巢成功率的关键因子海拔和客流量及其交互作用在二元 Logistic 模型中的评估结果(表 4)表明,拟合度最好的模型所包含的变量为客流量,且明显优于其他模型($\Delta i >10$)。因此,客流量为影响巢成功率的主导因子。

表 4 客流量、海拔及其交互作用在 Logistic 模型中的评估结果

模型变量 Model structure	第一轮试验 First round test				第二轮试验 Second round test			
	AIC	Δi	W_i	Log-likelihood	AIC	Δi	W_i	Log-likelihood
客流量 Visitors flow rate	50.4	0	0.99	-23.2	29.5	0	0.99	-12.8
海拔 Altitude	112.1	61.7	<0.01	-54.1	75.8	46.3	<0.01	-35.9
海拔+客流量 Altitude + Visitors flow rate	116.8	66.4	<0.01	-55.4	78.9	49.4	<0.01	-36.4
海拔+客流量+海拔×客流量 Altitude + Visitors flow rate + Interaction effect between altitude and visitors flow rate	118.6	68.2	<0.01	-55.3	80.8	51.3	<0.01	-36.4

AIC: 信息准则 Akaike information criterion; Δi : 该模型与最优模型的 AIC 值之差; W_i : 模型的 Akaike 权重值; Log-likelihood: 对数似然

2.4 巢捕食者

两轮试验分别有 56.5% (35 个)、53.5% (46 个) 的繁殖失败巢能被确定捕食者种类,记录到捕食者物种数分别有 6 和 7 种(表 5)。第一轮试验比例最高的前 3 种捕食者为白颈鸦(*Corvus torquatus*, 51.4%)、野猪(*Sus scrofa*, 22.8%),貉(*Nyctereutes procyonoides*)和猪獾(*Arctonyx collaris*)并列第 3,占 8.6%;第二轮试验为白颈鸦(41.3%)、貉(26.1%)和野猪(13.0%)。在第一轮试验中鸟类是对人工巢威胁程度最大的捕食者(57.1%),第二轮试验主要为哺乳动物(52.2%)。

表 5 两轮试验人工巢捕食者及捕食者比例对比/%

Table 5 Comparison of artificial nest predator and predator ratio in two round tests

物种 Species	第一轮试验 First round test	第二轮试验 Second round test	物种 Species	第一轮试验 First round test	第二轮试验 Second round test
白颈鸦 <i>Corvus torquatus</i>	51.4	41.3	大嘴乌鸦 <i>Corvus macrorhynchos</i>	0	4.3
野猪 <i>Sus scrofa</i>	22.8	13.0	人为拾取 Picked by human	2.9	0
貉 <i>Nyctereutes procyonoides</i>	8.6	26.1	红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythroryncha</i>	0	2.2
猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	8.6	10.9	刺猬 <i>Erinaceus europaeus</i>	0	2.2
松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>	5.7	0			

3 讨论

3.1 旅游活动对巢成功率及捕食者的影响

成功巢和失败巢在客流量和海拔两方面都存在显著差异(表 3),但利用逻辑斯蒂回归模型同时分析这两个因子的结果(表 4)表明客流量是影响人工巢成功率的主导因素。以往的研究表明人为活动会降低鸟类的繁殖成功率^[51],且人为活动强度越大鸟类的繁殖成功率越低^[52]。但也有研究指出,人为活动对鸟类的繁殖成功率没有明显的影响^[53-54]。Pearce-Higgins 等人^[55]认为,只有当人为干扰强度较大时才会对鸟类的巢成功率产生影响。而且,栖息地的状况也是影响鸟类巢成功率的重要因素之一^[56-57]。鸡形目鸟类扩散能力较弱^[58],对栖息地干扰更为敏感^[59-60]。通过对研究区域的调查发现,在客流量较大的区域,人为踩踏较为严重,栖息地质量下降。有研究指出,一定的人为活动干扰能够驱离野生动物^[61],改变野生动物的分布^[23],降低该区域的生物多样性^[62-63]。如 Cunha^[64]研究发现,在旅游活动区域内的哺乳动物和鸟类的丰富度明显较少。所以本研究中高客流量区域中人工巢存活率较高,可能是因为旅游活动强度较大,导致该区域分布的捕食者丰度减少所致。

旅游活动并非仅包含客流量和车流量。本研究采用客流量和车流量代表旅游活动强度,是因为目前该研究区域内的旅游活动干扰形式主要以游客参观浏览及车辆的进入为主。除了游客及车辆的进入对保护地带来的干扰以外,旅游活动基础设施建设也会对旅游地的环境^[65]和野生动植物^[66]产生不可忽视的影响。如基础设施建设会导致土地利用方式的变化^[67]、野生动植物致死^[66]等。

3.2 不同繁殖时期巢成功率及捕食者的差异

试验轮次,即季节因素,代表着鸟类不同的繁殖时期。不仅对人工巢的存活率有显著的影响,对人工巢的捕食者组成也有显著影响^[44, 50]。本研究中第二轮试验人工巢的表观存活率显著低于第一轮试验,主要原因可能是随着时间的变化,环境温度升高^[46, 68]、人为干扰强度随之增加所致^[69]。如随着温度的升高,窝卵气味更强烈,更容易被捕食者发现^[46]。巢捕食者组成在时间上也存在明显的差异^[35],这可能是因为随着时间的推移,鸟类的其他食物(如昆虫)增多^[70],导致鸟类对窝卵的捕食压力有所缓解。

3.3 对保护区管理的启示

综上,旅游活动可能会影响鸡形目鸟类的繁殖。与以往研究不同的是,本研究发现在客流量较大的区域人工巢的存活率较高,但并不代表本研究支持在保护地中开展旅游活动。因为鸟类的繁殖是否成功不仅取决

于卵的存续,还包括卵能否成功孵化,如孵卵雌鸟受到人为干扰时可能会弃巢^[33],即使卵未被捕食也仍然是繁殖失败。所以,自然状态下鸡形目鸟类的繁殖对旅游活动的干扰是否会有同样的响应,仍需进一步研究。因此,建议,在保护地开展旅游活动时,应加强旅游活动干扰对该地区所分布的野生动物自然种群生态影响的研究,并结合优先保护策略,制定严格的保护管理机制,这将更有利于物种的保护^[71]。同时,开展旅游活动的保护地,应严格控制旅游人次及车辆的进入,将旅游活动强度控制在适度的、环境承载量范围内,尤其是在野生动物繁殖季节,并加强对栖息地质量的保护。

参考文献 (References):

- [1] Buultjens J, Ratnayake I, Gnanapala A, Aslam M. Tourism and its implications for management in Ruhuna National Park (Yala), Sri Lanka. *Tourism Management*, 2005, 26(5): 733-742.
- [2] 刘巧玲, 管东生. 旅游活动对自然景区的非污染生态影响. *生态学杂志*, 2005, 24(4): 443-447.
- [3] Wiens J A. *The Ecology of Bird Communities. 1 Foundations and Patterns*. United Kingdom: Cambridge University Press, 1989.
- [4] Bergin T M, Best L B, Freemark K E, Koehler K J. Effects of landscape structure on nest predation in roadsides of a midwestern agroecosystem: a multiscale analysis. *Landscape Ecology*, 2000, 15(2): 131-143.
- [5] Khamcha D, Corlett R T, Powell L A, Savini T, Lynam A J, Gale G A. Road induced edge effects on a forest bird community in tropical Asia. *Avian Research*, 2018, 9: 20.
- [6] McClung M R, Seddon P J, Massaro M, Setiawan A N. Nature-based tourism impacts on yellow-eyed penguins *Megadyptes antipodes*: does unregulated visitor access affect fledging weight and juvenile survival? *Biological Conservation*, 2004, 119(2): 279-285.
- [7] Reijnen R, Foppen R, Meeuwse H. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation*, 1996, 75(3): 255-260.
- [8] 张雷, 李东来, 马锐强, 奚长海, 万冬梅. 人工巢箱繁殖鸟类主要巢捕食者及其影响因素. *生态学报*, 2014, 34(5): 1235-1243.
- [9] Ruhlen T D, Abbott S, Stenzel L E, Page G W. Evidence that human disturbance reduces Snowy Plover chick survival. *Journal of Field Ornithology*, 2003, 74(3): 300-304.
- [10] Beale C M. *The Effects of Human Disturbance on Breeding and Foraging Birds*[D]. United Kingdom: University of Glasgow, 2004.
- [11] Götmark F. Blue eggs do not reduce nest predation in the song thrush, *Turdus philomelos*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1992, 30(3/4): 245-252.
- [12] Weidinger K. Nest monitoring does not increase nest predation in open-nesting songbirds: inference from continuous nest-survival data. *The Auk*, 2008, 125(4): 859-868.
- [13] Pedersen Å Ø, Asmyhr L, Pedersen H C, Eide N E. Nest-predator prevalence along a mountain birch-alpine tundra ecotone. *Wildlife Research*, 2011, 38(6): 525-536.
- [14] Melville H I A S, Conway W C, Morrison M L, Comer C E, Hardin J B. Artificial nests identify possible nest predators of eastern wild turkeys. *Southeastern Naturalist*, 2014, 13(1): 80-91.
- [15] Martin T E. Nest predation among vegetation layers and habitat types: revising the dogmas. *The American Naturalist*, 1993, 141(6): 897-913.
- [16] Chalfoun A D, Thompson III F R, Ratnaswamy M J. Nest predators and fragmentation: a review and meta-analysis. *Conservation Biology*, 2002, 16(2): 306-318.
- [17] Seibold S, Hempel A, Piehl S, Bässler C, Brandl R, Rösner S, Müller J. Forest vegetation structure has more influence on predation risk of artificial ground nests than human activities. *Basic and Applied Ecology*, 2013, 14(8): 687-693.
- [18] Burger J. Landscapes, tourism, and conservation. *Science of the Total Environment*, 2000, 249(1/3): 39-49.
- [19] 薛晨浩. 旅游活动对沙漠生态环境的影响研究——以宁夏沙漠景区为例[D]. 宁夏: 宁夏大学, 2014.
- [20] 吴甘霖, 黄敏毅, 段仁燕, 赵凯. 不同强度旅游干扰对黄山松群落物种多样性的影响. *生态学报*, 2006, 26(12): 3924-3930.
- [21] van der Duim R, Caalders J. Biodiversity and tourism: impacts and interventions. *Annals of Tourism Research*, 2002, 29(3): 743-761.
- [22] 朱珠, 包维楷, 庞学勇, 闫晓丽, 李玉武. 旅游干扰对九寨沟冷杉林下植物种类组成及多样性的影响. *生物多样性*, 2006, 14(4): 284-291.
- [23] 马建章, 程鲲. 自然保护区生态旅游对野生动物的影响. *生态学报*, 2008, 28(6): 2818-2827.
- [24] Liddle M J. *Recreation Ecology: The Ecological Impact of Outdoor Recreation and Ecotourism*. London: Chapman and Hall, 1997.
- [25] Liley D, Sutherland W J. Predicting the population consequences of human disturbance for ringed plovers *Charadrius hiaticula*: a game theory approach. *IBIS*, 2007, 149(S1): 82-94.

- [26] Buckley R C. Impacts of ecotourism on birds//Buckley R, ed. Environmental Impacts of Ecotourism. Cambridge: CABI, 2004.
- [27] 程鲲. 自然保护区生态旅游特征界定及旅游活动对白骨顶繁殖行为的影响[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008.
- [28] 李文斌, 杨登琴, 邓红艳, 杨顺美, 杨芳, 何海霞. 生态旅游对野生鸟类行为的影响探讨. 环境保护与循环经济, 2017, 37(11): 42-43, 54-54.
- [29] Müllner A, Linsenmair K E, Wikelski M. Exposure to ecotourism reduces survival and affects stress response in Hoatzin chicks (*Opisthocomus hoazin*). Biological Conservation, 2004, 118(4): 549-558.
- [30] Thiel D, Jenni-Eiermann S, Braunisch V, Palme R, Jenni L. Ski tourism affects habitat use and evokes a physiological stress response in capercaillie *Tetrao urogallus*: a new methodological approach. Journal of Applied Ecology, 2008, 45(3): 845-853.
- [31] 郑光美. 中国雉类. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [32] Verhulst S, Oosterbeek K, Ens B J. Experimental evidence for effects of human disturbance on foraging and parental care in oystercatchers. Biological Conservation, 2001, 101(3): 375-380.
- [33] Kurucz K, Batóry P, Frank K, Purger J J. Effects of daily nest monitoring on predation rate—an artificial nest experiment. North-Western Journal of Zoology, 2015, 11(2): 141605.
- [34] Major R E, Kendal C E. The contribution of artificial nest experiments to understanding avian reproductive success: a review of methods and conclusions. IBIS, 1996, 138(2): 298-307.
- [35] 孙吉吉. 千岛湖栖息地片段化效应对鸟类巢捕食风险的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [36] Luo X, Zhao Y Z, Ma J, Li J Q, Xu J L. Nest survival rate of Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*) based on artificial nest experiments. Zoological Research, 2017, 38(1): 49-54.
- [37] 刘亚男. 繁殖期杂色山雀应对不同类型巢捕食者行为研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2017.
- [38] Zanette L, Jenkins B. Nesting success and nest predators in forest fragments: a study using real and artificial nests. The Auk, 2000, 117(2): 445-454.
- [39] 徐基良, 张晓辉, 张正旺, 郑光美. 白冠长尾雉育雏期的栖息地选择. 动物学研究, 2002, 23(6): 471-476.
- [40] Xu J L, Zhang Z W, Zheng G M, Zhang X W, Sun Q H, McGowan P. Home range and habitat use of Reeves's Pheasant *Syrnaticus reevesii* in the protected areas created from forest farms in the Dabie Mountains, central China. Bird Conservation International, 2007, 17(4): 319-330.
- [41] 溪波, 朱家贵, 张可银, 杜志勇, 李辉. 董寨国家级自然保护区繁殖鸟类现状调查. 四川动物, 2013, 32(6): 932-937.
- [42] 马静, 罗旭, 白洁, 赵妍, 徐基良, 李忠. 白冠长尾雉保护中的社区影响——以董寨自然保护区为例. 林业资源管理, 2012, (3): 126-130.
- [43] 张晓辉, 徐基良, 张正旺, 郑光美, 阮祥锋, 谢福录. 河南陕西两地白冠长尾雉的集群行为. 动物学研究, 2004, 25(2): 89-95.
- [44] 王秦韵, 赵玉泽, 罗旭, 华俊钦, 李忠, 徐基良. 基于红外相机技术和人工巢试验分析白冠长尾雉巢潜在捕食者. 应用生态学报, 2016, 27(6): 1968-1974.
- [45] 乔桂芬. 野生雉鸡求偶行为与繁殖观察. 吉林林业科技, 2008, 37(4): 24-26.
- [46] Morris G, Conner L M. Effects of forest management practices, weather, and indices of nest predator abundance on nest predation: a 12-year artificial nest study. Forest Ecology and Management, 2016, 366: 23-31.
- [47] Rolek B W, Schrott G, Poulton D Z, Bowman R. Risk from cattle trampling to nests of an endangered passerine evaluated using artificial nest experiments and simulations. Avian Conservation and Ecology, 2016, 11(1): 6.
- [48] Dinsmore S J, White G C, Knopf F L. Advanced techniques for modeling avian nest survival. Ecology, 2002, 83(12): 3476-3488.
- [49] Noske R A, Fischer S, Brook B W. Artificial nest predation rates vary among habitats in the Australian monsoon tropics. Ecological Research, 2008, 23(3): 519-527.
- [50] 罗旭. 基于人工巢试验探究白冠长尾雉(*Syrnaticus reevesii*)的巢存活率及潜在捕食风险[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [51] Zuberogitia I, Zabala J, Martínez J A, Martínez J E, Azkona A. Effect of human activities on Egyptian Vulture breeding success. Animal Conservation, 2008, 11(4): 313-320.
- [52] Arroyo B, Razin M. Effect of human activities on bearded vulture behaviour and breeding success in the French Pyrenees. Biological Conservation, 2006, 128(2): 276-284.
- [53] Baines D, Richardson M. An experimental assessment of the potential effects of human disturbance on Black Grouse *Tetrao tetrix* in the North Pennines, England. IBIS, 2007, 149(S1): 56-64.
- [54] Lindsay K, Craig J, Low M. Tourism and conservation: the effects of track proximity on avian reproductive success and nest selection in an open sanctuary. Tourism Management, 2008, 29(4): 730-739.
- [55] Pearce-Higgins J W, Finney S K, Yalden D W, Langston R H W. Testing the effects of recreational disturbance on two upland breeding waders. IBIS, 2007, 149(S1): 45-55.

- [56] Newmark W D, Stanley T R. Habitat fragmentation reduces nest survival in an Afrotropical bird community in a biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(28): 11488-11493.
- [57] Tian S, Xu J L, Li J Q, Zhang Z W, Wang Y. Research advances of Galliformes since 1990 and future prospects. *Avian Research*, 2018, 9: 32.
- [58] Johnsgard P A. *The Pheasants of the World: Biology and Natural History*. Washington: Smithsonian Institution Press, 1999.
- [59] 汪松, 郑光美, 王歧山. 中国濒危动物红皮书·鸟类卷. 北京: 科学出版社, 1998.
- [60] Jiguet F, Julliard R. Inferences from common species communities for selecting conservation areas. *Biodiversity & Conservation*, 2006, 15(3): 799-815.
- [61] 刘刚, 龚明昊, 官天培, 谌利民, 李惠鑫, 张翼, 周天元. 生态旅游对大熊猫影响评价方法研究——以四川唐家河国家级自然保护区为例. *动物学杂志*, 2016, 51(5): 724-733.
- [62] Monz C A, Pickering C M, Hadwen W L. Recent advances in recreation ecology and the implications of different relationships between recreation use and ecological impacts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2013, 11(8): 441-446.
- [63] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义. *生态学报*, 2000, 20(4): 581-586.
- [64] Cunha A A. Negative effects of tourism in a Brazilian Atlantic forest National Park. *Journal for Nature Conservation*, 2010, 18(4): 291-295.
- [65] Pickering C M, Hill W. Impacts of recreation and tourism on plant biodiversity and vegetation in protected areas in Australia. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85(4): 791-800.
- [66] 李月辉, 胡远满, 李秀珍, 肖笃宁. 道路生态研究进展. *应用生态学报*, 2003, 14(3): 447-452.
- [67] Wong P P. Coastal tourism development in Southeast Asia: relevance and lessons for coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, 1998, 38(2): 89-109.
- [68] Cox W A, Thompson III F R, Reidy J L. The effects of temperature on nest predation by mammals, birds, and snakes. *The Auk*, 2013, 130(4): 784-790.
- [69] Zhang Z Q, Hou D H, Xun Y, Zuo X W, Yang D D, Zhang Z W. Nest-site microhabitat association of red-billed leiothrix in subtropical fragmented forest in central China: evidence for a reverse edge effect on nest predation risk? *Journal of Natural History*, 2016, 50(23/24): 1483-1501.
- [70] 蔡玥, 李东来, 李其久, 万冬梅. 杂色山雀繁殖期与非繁殖期食物组成及利用. *动物学杂志*, 2014, 49(6): 811-819.
- [71] Zhou C F, Xu J L, Zhang Z W. Dramatic decline of the vulnerable Reeves's Pheasant *Syrnaticus reevesii*, endemic to central China. *Oryx*, 2015, 49(3): 529-534.