

# 营巢植物影响红头长尾山雀 的巢被捕食风险

朱家贵<sup>①</sup> 黄涛<sup>①</sup> 杜志勇<sup>①</sup> 胡骞<sup>②</sup> 李建强<sup>②</sup>

① 河南董寨国家级自然保护区管理局 罗山 464236; ② 北京林业大学生态与自然保护学院 北京 100083

**摘要:** 巢址选择对鸟类的巢捕食率具有重要影响, 研究鸟类的巢址特征与巢捕食率之间的关系有利于揭示不同巢址特征对鸟类成功繁殖的作用。本研究以 2014 至 2017 年在河南董寨国家级自然保护区观察的红头长尾山雀 (*Aegithalos concinnus*) 为研究对象, 分析了红头长尾山雀在卵期 (产卵及孵卵期) ( $n = 124$  巢) 及育雏期 ( $n = 119$  巢) 被捕食巢和成功巢的日存活率与发现巢的时间和营巢植物种类之间的关系, 同时还根据其巢址的总体特征对其巢址安全性进行评级, 以探究研究者评估的巢址安全等级对预测巢存活率的有效性。结果显示: 在卵期, 营巢于竹类植物 (如箬竹 *Indocalamus tessellatus* 和刚竹属 *Phyllostachys* sp. 植物)、茶 (*Camellia sinensis*)、灌草类植物 (如蔷薇 *Rosa* spp. 和禾本科 *Gramineae* 植物) 和杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 上的红头长尾山雀巢的日存活率皆显著高于在松柏类植物 (如油松 *Pinus massoniana*、侧柏 *Platycladus orientalis* 和圆柏 *Juniperus chinensis*) 上的巢; 在育雏期, 营巢于灌草类植物上巢的日存活率显著低于竹类、杉木和茶树上巢的日存活率。卵期巢的日存活率随巢日龄的增加而显著降低, 但育雏期巢的日存活率不随巢日龄显著变化。此外, 巢的日存活率与发现巢的日期之间没有显著关系, 研究者评估为巢址安全等级不同的巢, 其日存活率也无显著差异。综上所述, 本研究的结果表明, 营巢于某些特定植物有助于降低红头长尾山雀面临的巢捕食风险, 说明营巢植物种类对鸟类的繁殖成功率具有重要影响。

**关键词:** 红头长尾山雀; 巢日存活率; 营巢植物; 巢捕食; 巢址安全性

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2023) 03-330-11

## Nesting Plant Affects the Nest Predation Risk of the Black-Throated Tit *Aegithalos concinnus*

ZHU Jia-Gui<sup>①</sup> HUANG Tao<sup>①</sup> DU Zhi-Yong<sup>①</sup> HU Qian<sup>②</sup> LI Jian-Qiang<sup>②</sup>

① *Ministration Bureau of Dongzhai National Nature Reserve, Luoshan 464236;*

② *School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China*

**Abstract: [Objectives]** The nest predation of birds is often affected by nest-site selection. Studying the relationship between nest site and nest predation rate may help to reveal the role of different nest site

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31970421, 31472011);

**第一作者介绍** 朱家贵, 男, 高级工程师; 研究方向: 野生动植物保护与利用; E-mail: dzjg\_2022@163.com.

收稿日期: 2022-08-09, 修回日期: 2023-01-05 DOI: 10.13859/j.cjz.202303002

characteristics in the successful reproduction of birds. **[Methods]** Using Black-throated Tit (*Aegithalos concinnus*) nests that were predated and those succeeded in the Dongzhai National Nature Reserve of Henan province from 2014 to 2017 as our study subjects, we investigated the relationship of daily nest survival rate with the found date of nest, and nesting plants by using nest survival analysis with RMark (a R package that provides a formula-based interface for the program MARK). We also assessed their nest-site safety class based on nest-site characteristics and examined whether researchers' assessment of nest-site safety class could predict daily nest survival rate. Because nest predation might differ between different breeding stages, the egg stage (egg-laying and incubation stage; 124 nests) and nestling stage (119 nests) were analyzed separately. **[Results]** Daily nest survival rate decreased significantly with increasing nest age at the egg stage (Fig. 1, Table 2), but no significant relationship between nest age and nest survival rate existed in nestling stage (Table 3). In addition, daily nest survival rate did not change with the found dates of the nests and nest safety levels (Table 2, Table 3). However, at the egg stage, the nests built on bamboos (*Indocalamus tessellatus*, *Phyllostachys* sp.), Chinese firs (*Cunninghamia lanceolata*), bushes and grasses (e.g. *Rosa* spp.) and teas (*Camellia sinensis*) had a significantly higher daily nest survival rate than those built on cypress (*Platykladus orientalis*, *Juniperus chinensis*) and pine trees (*Pinus massoniana*) (Fig. 2a, Table 2). Furthermore, at the nestling stage, the nests built on bushes and grasses had a significantly lower daily nest survival rate than those built on teas, Chinese firs and bamboos (Fig. 2b, Table 3). **[Conclusion]** Our results suggest that nesting on certain plants may reduce the nest predation risk of the Black-throated Tit, highlighting the role of nesting plants in influencing the breeding success of birds.

**Key words:** *Aegithalos concinnus*; Daily nest survival rate; Nesting plant; Nest predation; Nest-site safety

鸟类的营巢成功率受很多因素的影响，如人为干扰、气候和巢捕食等 (Götmark 1992, Ibáñez-Álamo et al. 2012, Zhao et al. 2020)。其中，天敌对巢的捕食是影响鸟类繁殖成功率的重要因素之一。虽然鸟类会采取一定的策略去降低巢被捕食的风险，如减少访巢频次 (Martin et al. 2000) 以及进行巢防卫 (Redondo et al. 1989) 等，但巢址选择 (如巢址的特征) 对巢的被捕食率具有不可忽视的影响 (Martin 1993, Seibold et al. 2013, Guilherme et al. 2018)，其质量可能会影响鸟类的繁殖成功率并可能会影响到种群动态 (Murray et al. 2014)。

研究鸟类的巢址选择与巢被捕食风险之间的关系有利于揭示不同巢址特征对鸟类成功繁殖的作用。目前已有大量研究探讨了鸟类的巢被捕食率与巢址的隐蔽性 (Borgmann et al. 2015, Buehler et al. 2017, Liu et al. 2021)、营巢植物 (施丽敏等 2012)、巢高 (Guan et al.

2018) 和人为干扰强度 (Yeldell et al. 2017) 等巢址特征之间的关系。为探究营巢植物种类、巢高和巢的隐蔽性对红头长尾山雀 (*Aegithalos concinnus*) 巢被捕食风险的影响，本研究于 2014 至 2017 年对河南董寨国家级自然保护区的红头长尾山雀进行了观察。在评估巢址隐蔽性的方法上，以往研究大多通过实际测量巢址周围的植被特征来评估巢址的隐蔽性 (李乐等 2011, Borgmann et al. 2015, 张雷等 2020)。然而，长时间在鸟类巢址附近停留测量相关隐蔽性特征指标可能会给正在繁殖的鸟类带来较多干扰 (Ringelman et al. 2019)。一种较为便捷的替代方法是研究人员根据巢址的环境特征主观判断其巢址的安全性，从而降低研究人员在巢址附近的干扰时间。因此，本研究由研究人员根据红头长尾山雀的巢址隐蔽性和巢址附近捕食者出现频率等因素主观评估其巢址安全性，并据此方法来分析巢址安全性与巢被捕食

风险的关系。

## 1 研究种群和方法

### 1.1 研究种群

研究地点位于河南董寨国家级自然保护区 (114°18′~14°30′ E, 31°28′~32°09′ N)。红头长尾山雀在保护区内为常见留鸟,一般在1月底或2月初开始营巢,繁殖季持续到5月底(Li et al. 2012)。其巢为囊状,筑于杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、圆柏 (*Juniperus chinensis*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*)、茶 (*Camellia sinensis*)、蔷薇 (*Rosa* spp.) 以及悬钩子 (*Rubus* spp.) 等多种植物上,巢高最低可到距地面 0.5 m 以下,最高可离地 10 m 以上 (Li et al. 2012)。一般每天产 1 枚卵,窝卵数为 5~8 枚,以 7 枚居多,孵卵期约为 13 d,育雏期约为 15 d (Li et al. 2012)。红头长尾山雀巢的表现存活率,即成功出飞巢数占发现总巢数的比例约为 33.6%,其筑巢期巢失败的主要原因为弃巢或巢被天敌破坏,卵期及育雏期的巢失败原因主要为巢捕食 (Li et al. 2012)。捕食者种类主要为鸦科 (*Corvidae*) 鸟类、雀鹰 (*Accipiter nisus*)、斑头鸺鹠 (*Glaucidium cuculoides*) 以及王锦蛇 (*Elaphe carinata*) 等,黄鼬 (*Mustela sibirica*) 和岩松鼠 (*Sciurotamias davidianus*) 等哺乳动物也可能是其潜在的巢捕食者 (Li et al. 2012)。根据观察,红头长尾山雀一般每年仅繁殖一次,但繁殖失败后会再次筑巢繁殖,极少数有繁殖两窝的情况。

### 1.2 研究方法

在繁殖季,通过系统搜索潜在营巢地点以及追踪叼巢材或食物的个体的方式寻找红头长尾山雀巢。找到巢后记录巢址的经纬度信息、巢高和营巢植物种类等,然后由研究人员依据经验根据巢址生境和隐蔽性、捕食者出现频率等因素对巢址安全性进行综合评价,并划分为 3 个等级 (I、II 和 III),等级越高 (III 为最高等级) 表示研究者认为巢的安全性越好,即巢

被捕食的风险越低。对于巢高较低的巢,通过卷尺精确测量巢距地面的高度;对于较高的巢,则目视估计其高度。此后,为确定巢的状态,一般每隔 1 d 或 2 d 查一次巢,即每 2 d 或每 3 d 查一次巢,但在接近产卵日期或破壳日期时,则每天查巢以确定产卵或雏鸟破壳日期。若巢繁殖失败,则记录失败原因 (弃巢、被捕食或疑似人为干扰等)。除此之外,对所找到巢的亲鸟,由工作人员捕捉并以不同颜色的彩环组合和全国鸟类环志中心发放的金属环进行环志标记,然后释放。

在分析巢址特征与巢的被捕食风险间的关系时,只用失败原因为巢捕食的巢进行分析,并以巢的日存活率代表其被捕食风险。因筑巢期失败的巢在巢未被破坏时不能准确判断是亲鸟弃巢还是巢捕食造成的,所以本研究只分析卵期 (包括产卵期和孵卵期) 及育雏期的巢。此外,由于卵期及育雏期面临的捕食风险可能不同 (Martin et al. 2000, McDonald et al. 2009),本研究将两个阶段单独进行分析 (卵期  $n = 124$  巢,育雏期  $n = 119$  巢)。在分析巢址特征与巢被捕食风险 (巢日存活率) 之间的关系时,本研究在 R 4.1.3 (R Development Core Team 2022) 中利用 R 包“RMark” (Laake 2013, Laake et al. 2022) 调用 MARK 9.0 软件 (White et al. 1999) 进行分析。其分析原理与广义线性模型 (generalized linear model) 类似 (Dinsmore et al. 2007),即通过构建数据分布类型为二项分布 (存活设为“0”,被捕食设为“1”) 连接函数为 logit 的广义线性模型来估计红头长尾山雀的巢日存活率,并分析其与巢址特征等因素的关系。在分析中,每个巢的监测历史 (encounter history) 的参数包括: FirstFound (每个巢在卵期或育雏期第一次被发现的日期)、LastPresent (在监测期中每个巢被发现仍存活的最后一天的日期)、LastChecked (每个巢在监测期中最后一次被监测的日期)、Fate (巢命运: 0 表示孵化成功或出飞成功,1 表示被捕食)、Freq (有相同监测信息的巢的数量)、AgeFound (每个

巢在发现时的日龄。卵期分析中为巢在发现时距离其产首枚卵当天的天数, 育雏期分析中为巢在发现时距离其首只雏鸟破壳当天的天数) 以及 AgeDay1 (卵期分析中为每个巢产首枚卵的日期距每年中产首枚卵日期的天数, 育雏期分析中为每个巢首只雏鸟破壳的日期距每年中首只雏鸟破壳日期的天数)。由于不同巢在被发现时的繁殖阶段不同, 在不同时期发现的巢 “AgeFound” 也不同。在分析卵期的巢日存活率时: (1) 对于在筑巢期发现的巢, “AgeFound” 为 1 日龄。(2) 对于在卵期发现的巢, 根据红头长尾山雀一般每天产 1 枚卵, 在产满卵当天开始孵卵且平均孵卵期长度约为 13 d (Li et al. 2012) 来推测该巢的产卵日期和日龄。例如, 在产卵期发现的巢已产 3 枚卵, 则其日龄为 3, 而对于在孵卵期发现的巢, 若其成功孵化, 则根据平均孵卵期长度 13 d 及其窝卵数推算其被发现时的日龄。(3) 对于在孵卵期发现但未存活到育雏期的巢, 因未能获取到其破壳日期而不能估算其日龄, 此部分巢未纳入分析。在分析育雏期的巢日存活率时, 在育雏期之前(筑巢期和卵期)发现巢的 “AgeFound” 为 1 日龄; 而对于在育雏期发现的巢, 则通过研究人员在工作中积累的经验, 依据雏鸟大小和羽毛发育程度与日龄的关系来推断其日龄 (误差约  $\pm 1$  d)。

在分析前, 预先构建广义线性模型并利用 R 包 “car” (John et al. 2019) 中的 “vif” 函数计算变量间的方差膨胀因子 (variance expansion factor, VIF), 同时参考以往研究 (Higgott et al. 2020, Lundblad et al. 2021), 认为当 VIF 大于 2 时变量间的共线性较高。结果显示, 无论是卵期还是育雏期, 巢高与营巢植物种类的共线性皆较高 (VIF 超过 2), 因此未将巢高纳入分析。最终分析中的协变量包括巢日龄、发现巢的时间、营巢植物种类 (分类变量)、安全等级 (分类变量) 和年份 (分类变量)。其中, 发现巢的时间为每个巢在被发现的当天距当年 1 月

1 号的天数 (包括 1 月 1 号)。在卵期的分析中, 植物种类划分为杉木 ( $n = 18$  巢)、松柏类 (包括马尾松、圆柏和侧柏,  $n = 19$  巢)、茶 ( $n = 65$  巢)、竹类 (包括箬竹 *Indocalamus tessellatus* 和刚竹属植物 *Phyllostachys* sp.,  $n = 14$  巢) 及灌草类 (包括蔷薇科 Rosaceae 和禾本科 Gramineae 植物等相对低矮的植物,  $n = 8$  巢) 五类, 巢址安全等级为 I、II、III 的分别有 31、69 和 24 个巢。育雏期的分析中, 植物种类划分为杉木 ( $n = 18$  巢)、松柏类 ( $n = 11$  巢)、茶 ( $n = 63$  巢)、竹类 ( $n = 18$  巢) 及灌草类 ( $n = 9$  巢) 五类, 巢址安全等级为 I、II、III 的分别有 28、66、25 个巢。对于分类变量内部不同类别间差异的比较, 本研究通过轮流设置参照类别进行分析。分析时通过 R 包 “MuMIn” 中的 “dredge” 函数构建所有可能的变量组合 (Bartoń 2019), 最优模型通过针对小样本量修正的赤池信息量准则 (Akaike information criterion corrected for small sample size, AICc) 进行排序。参照以往研究 (Touhri et al. 2017, Hu et al. 2020), 本研究认为  $\Delta_{AICc} < 4$  的模型皆具有同等支持力。若  $\Delta_{AICc} < 4$  的模型不止 1 个, 则通过 R 包 “MuMIn” 中的 “model.avg” 函数进行模型平均并输出模型平均后的结果 (conditional approach)。当  $P < 0.05$  时认为变量具有显著影响或差异。

## 2 结果

本研究中, 卵期孵化成功的巢共计 58 个, 因巢捕食而失败的巢 66 个。育雏期成功出飞的巢 82 个, 因巢捕食而失败的巢 37 个。卵期和育雏期分析的模型选择结果见表 1。模型分析结果显示, 红头长尾山雀在卵期的巢日存活率随巢日龄的增加而显著降低 (表 2, 图 1), 而育雏期的巢日存活率随巢日龄增加无显著变化 (表 3)。无论是在卵期还是在育雏期, 红头长尾山雀的巢日存活率均不随发现巢的日期而显著变化 (表 2, 3), 也不随研究人员对巢评估

的安全等级的不同而有差异（表 2，3）。然而，松柏类植物上巢的卵期日存活率显著低于其他植物种类上的巢，其余营巢植物种类间的巢日存活率无显著差异（表 2，图 2a）。在育雏期，在灌草类植物上的巢日存活率显著低于在竹类、杉木和茶树上的巢，其余植物种类巢间无显著差异（表 3，图 2b）。此外，在卵期的分析中，2015 年的巢日存活率显著高于 2016 年，其余年份间皆无显著差异（表 2）。育雏期分析的最优模型（表 1）未包含年份，说明年份对育雏期的巢日存活率无显著影响（表 3）。

### 3 讨论

郭贵云等（2006）和岩道等（2012）曾分别对分布于四川南充和云南楚雄的红头长尾山雀的巢址选择进行过研究，皆发现红头长尾山雀偏向于选择在较为隐蔽的环境中营巢，但上述研究未分析不同巢址特征与其营巢成功率的关系。巢隐蔽性假说认为，因为隐蔽性较高的巢可能会降低被天敌发现或接触到的概率，所以巢址隐蔽性较高的巢繁殖成功率应较高（Martin et al. 1988, Borgmann et al. 2015）。然

表 1 分析不同因素对红头长尾山雀巢日存活率影响的候选模型列表 ( $\Delta_{AICc} < 4$ )

Table 1 Model selection results of the candidate model set ( $\Delta_{AICc} < 4$ ) for daily nest survival rate at the egg and nestling stage of Black-throated Tits

候选模型 Candidate models	<i>k</i>	logLik	$\Delta_{AICc}^*$	$w_i$
卵期 Egg stage				
巢日龄 + 营巢植物种类 + 年份 Nest age + Plants + Year	9	- 152.25	0.00	0.24
巢日龄 + 安全等级 + 营巢植物种类 + 年份 Nest age + Safety class + Plants + Year	11	- 150.61	0.77	0.17
巢日龄 + 营巢植物种类 Nest age + Plants	6	- 155.99	1.44	0.12
发现时间 + 巢日龄 + 营巢植物种类 + 年份 Found date + Nest age + Plants + Year	10	- 151.96	1.46	0.12
发现时间 + 巢日龄 + 安全等级 + 营巢植物种类 + 年份 Found date + Nest age + Safety class + Plants + Year	12	- 150.30	2.19	0.08
巢日龄 + 安全等级 + 营巢植物种类 Nest age + Safety class + Plants	8	- 154.65	2.79	0.06
发现时间 + 巢日龄 + 营巢植物种类 Found date + Nest age + Plants	7	- 155.83	3.12	0.05
育雏期 Nestling stage				
零模型 Null model	1	- 159.33	0.00	0.19
发现时间 Found date	2	- 158.33	0.01	0.19
营巢植物种类 Plants	5	- 155.97	1.34	0.10
巢日龄 Nest age	2	- 159.30	1.95	0.07
发现时间 + 巢日龄 Found date + Nest age	3	- 158.32	2.00	0.07
发现时间 + 营巢植物种类 Found date + Plants	6	- 155.37	2.14	0.06
巢日龄 + 营巢植物种类 Nest age + Plants	6	- 155.87	3.14	0.04
安全等级 Safety class	3	- 158.95	3.25	0.04
发现时间 + 安全等级 Found date + Safety class	4	- 157.99	3.35	0.04

\* 卵期和育雏期中，针对小样本量修正的赤池信息量（AICc）最小值分别为 322.60 和 320.66。

*k* 是模型中所有参数的水平数，LogLik 是对数似然比。模型通过针对小样本量修正的赤池信息量 ( $\Delta_{AICc}$ ) 和 Akaike 权重 ( $w_i$ ) 进行排序。

\* The minimum AICc value in the models of egg and nestling stage is 322.60 and 320.66, respectively.

*k* is the number of levels for all model parameters in each model, logLik is the log-likelihood. Models are ranked based on the difference in corrected Akaike's Information Criterion ( $\Delta_{AICc}$ ) and Akaike weight ( $w_i$ ).

表 2 红头长尾山雀卵期巢日存活率分析的模型平均结果

Table 2 Model-averaged results from the best model set for the daily nest survival rate of Black-throated Tits at the egg stage

变量 Variables	参数估计 Estimate	标准误 SE	<i>z</i>	<i>P</i>
截距 Intercept	3.54	0.86	4.11	< 0.001
巢日龄 Nest age	- 0.10	0.04	2.88	0.004
发现时间 Found date	- 0.01	0.01	0.73	0.466
安全等级 (II) Safety class (II) <sup>a</sup>	0.69	0.40	1.72	0.086
安全等级 (III) Safety class (III) <sup>a</sup>	0.69	0.50	1.37	0.171
植物种类 (竹类) Plants (bamboos) <sup>b</sup>	1.44	0.68	2.12	0.034
植物种类 (杉木) Plants (Chinese firs) <sup>b</sup>	1.69	0.66	2.55	0.011
植物种类 (灌草) Plants (bushes and grasses) <sup>b</sup>	2.15	1.08	1.99	0.046
植物种类 (茶) Plants (tea) <sup>b</sup>	1.49	0.46	3.25	0.001
年份 (2015) Year (2015) <sup>c</sup>	1.47	0.79	1.86	0.063
年份 (2016) Year (2016) <sup>c</sup>	- 0.21	0.56	0.38	0.707
年份 (2017) Year (2017) <sup>c</sup>	0.32	0.56	0.58	0.559

a. 以安全等级 I 为参照; b. 以松柏类植物为参照; c. 以 2014 年为参照。

安全等级 III 与安全等级 II 无显著差异 (参数估计值  $\pm$  标准误 =  $- 0.01 \pm 0.47$ ,  $z = 0.01$ ,  $P = 0.991$ ); 2016 年的巢日存活率显著低于 2015 年 (参数估计值  $\pm$  标准误 =  $- 1.68 \pm 0.68$ ,  $z = 2.46$ ,  $P = 0.014$ ); 2017 年与 2016 年无显著差异 (参数估计值  $\pm$  标准误 =  $0.54 \pm 0.39$ ,  $z = 1.36$ ,  $P = 0.173$ )。

a. Safety class I is the reference category; b. Pine and cypress are the reference category; c. Year 2014 is the reference category.

There is no significant difference between safety class III and safety class II (Estimate  $\pm$  SE =  $- 0.01 \pm 0.47$ ,  $z = 0.01$ ,  $P = 0.991$ ); the daily nest survival rate of year 2016 significantly lower than 2015 (Estimate  $\pm$  SE =  $- 1.68 \pm 0.68$ ,  $z = 2.46$ ,  $P = 0.014$ ); there is no significant difference between year 2017 and 2016 (Estimate  $\pm$  SE =  $0.54 \pm 0.39$ ,  $z = 1.36$ ,  $P = 0.173$ ).

表 3 红头长尾山雀育雏期巢日存活率分析的模型平均结果

Table 3 Model-averaged results from the best model set for the daily nest survival rate of Black-throated Tits at the nestling stage

变量 Variables	参数估计 Estimate	标准误 SE	<i>z</i>	<i>P</i>
截距 Intercept	3.55	0.86	4.13	< 0.001
巢日龄 Nest age	- 0.01	0.04	0.24	0.807
发现时间 Found date	- 0.01	0.01	1.36	0.174
安全等级 (II) Safety class (II) <sup>a</sup>	0.30	0.39	0.78	0.436
安全等级 (III) Safety class (III) <sup>a</sup>	0.07	0.46	0.15	0.884
植物种类 (竹类) Plants (bamboos) <sup>b</sup>	1.61	0.67	2.42	0.016
植物种类 (杉木) Plants (Chinese firs) <sup>b</sup>	1.20	0.60	2.01	0.045
植物种类 (松柏) Plants (pine and cypress) <sup>b</sup>	1.13	0.67	1.70	0.090
植物种类 (茶) Plants (tea) <sup>b</sup>	1.21	0.50	2.41	0.016

a. 以安全等级 I 为参照; b. 以灌草类植物为参照。

安全等级 II 与安全等级 III 之间无显著差异 (参数估计值  $\pm$  标准误 =  $- 0.23 \pm 0.41$ ,  $z = 0.57$ ,  $P = 0.572$ )。

a. Safety class I is the reference category; b. Bushes and grasses are the reference category.

There is no significant difference between safety class II and safety class III (Estimate  $\pm$  SE =  $- 0.23 \pm 0.41$ ,  $z = 0.57$ ,  $P = 0.572$ ).

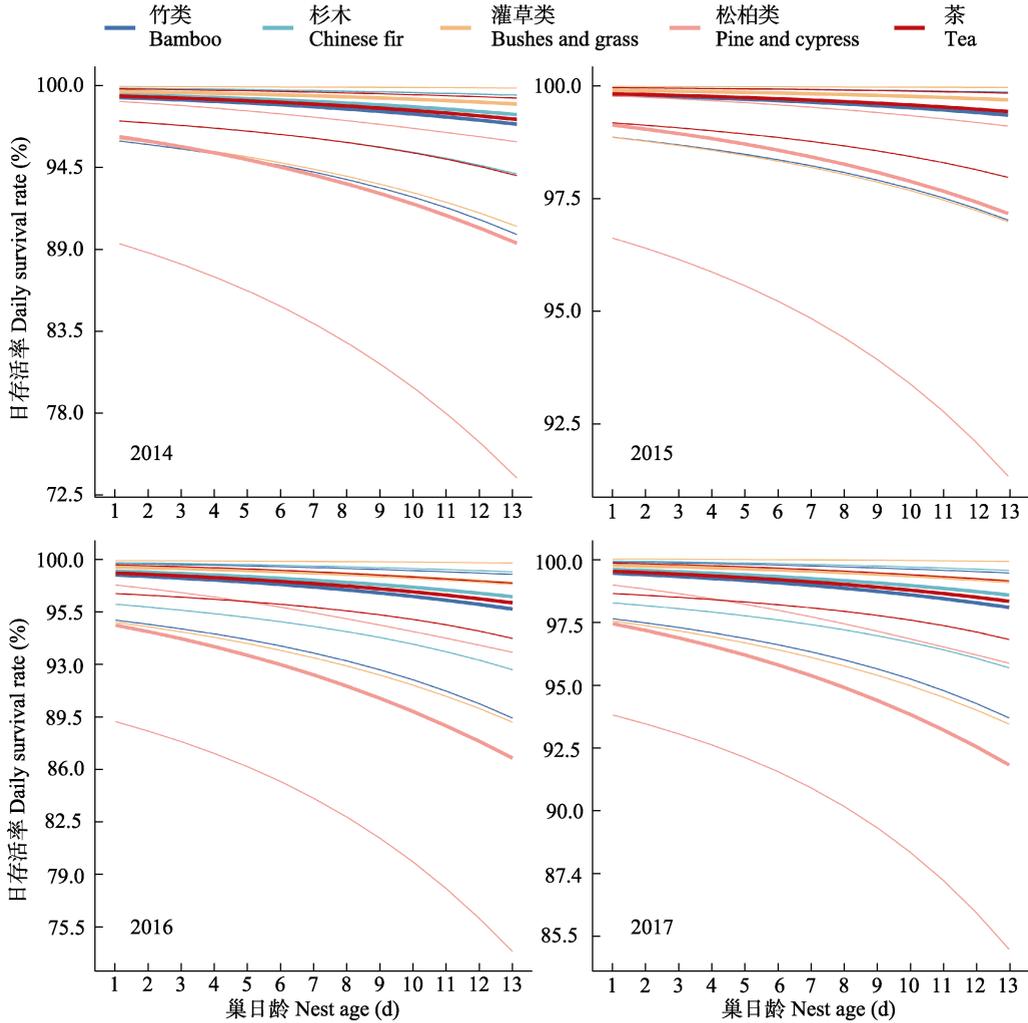


图 1 模型预测 2014 至 2017 年间不同营巢植物上红头长尾山雀卵期巢日存活率与巢日龄的关系

Fig. 1 The model predicted daily survival rate of egg-stage Black-throated Tit nests in relation to nest age and nesting plants from year 2014 to 2017

图中不同植物上的巢日存活率与巢日龄的关系以最优模型（表 1 中卵期分析的巢日龄 + 营巢植物种类 + 年份模型）进行预测，粗线为预测值，细线为 95%置信区间。因本研究可用分析的数据中无 2015 年筑在杉木上的巢，因此缺少该年在杉木上巢的日存活率的预测值。

The predicted relationships between daily survival rates of nests on different plants and nest age were from the best model (Nest age + Plants + Year, the first model of egg stage in the Table 1). The thick lines represent the predicted values and the thin lines show the 95% confidence intervals. As no nest built on the Chinese fir in 2015 was available for analyses, there is no predicted value of the daily survival rate of the nests on the Chinese fir in 2015.

而，本研究发现，研究人员根据巢址隐蔽性及捕食者出现频率等因素综合评判得出的不同安全评级红头长尾山雀巢间的日存活率无显著差异，说明研究人员的主观评价与红头长尾山雀巢址的实际安全性有一定偏差。不过，这一结果也可能与本研究中对红头长尾山雀巢安全等

级进行评价的时间有关。本研究对巢安全等级的评价多在早春红头长尾山雀的筑巢阶段，随着繁殖季的推进，巢址周围的植物郁闭度等因素可能发生变化，对巢早期安全等级的评判可能不能反映其巢后期的安全等级 (McConnell et al. 2017, Ringelman et al. 2019)。今后的研

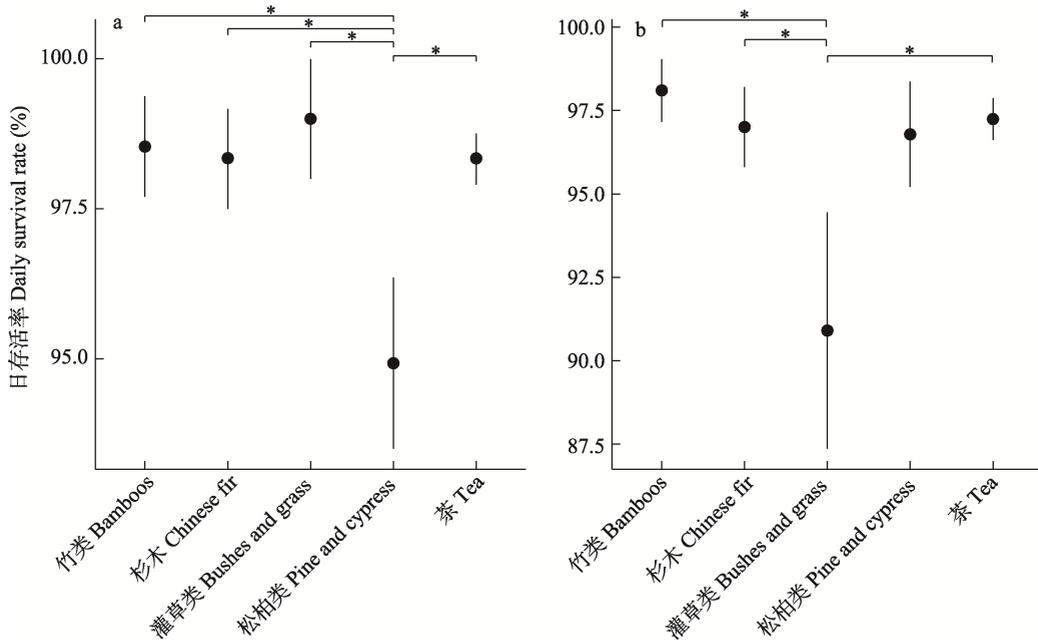


图 2 模型预测的不同类型营巢植物上的红头长尾山雀巢的日存活率 (± 标准误) 的比较

Fig. 2 Comparisons of Black-throated Tit's model predicted daily nest survival rates (± SE) between different plant types

a. 孵卵期; b. 育雏期。巢日存活率存在显著差异的两类植物在图中均以“\*”标注, 未标注的其他任意两类植物间的巢日存活率均无显著差异。预测的巢日存活率数据来源于候选模型中包含营巢植物种类这一变量且  $\Delta_{AICc}$  值最小的模型。其中, 卵期的巢日存活率数据以 2014 年为例 (因为年份间无显著差异), 源于表 1 中卵期分析的巢日龄 + 营巢植物种类 + 年份模型, 育雏期的巢日存活率数据源于表 1 中育雏期分析的营巢植物种类模型, 该模型仅包含营巢植物这一变量。

a. Egg stage; b. Nestling stage. Any two types of nesting plants having a significant difference in daily nest survival rates are indicated by “\*”. The predicted values are from the outputs of the model that contained the variable of plant types and with the lowest  $\Delta_{AICc}$ , where the values of egg stage were from the first model (Nest age + Plants + Year) of the egg stage analysis in Table 1 (with the nests of year 2014 as an example, because there is no significant difference between years), and the values of nestling stage were from the third model of nestling stage analysis in Table 1 (this model only includes the variable of plant types).

究可在其繁殖后期对巢的安全等级进行再次评估, 以确定不同时期巢安全等级的差异, 进一步探究研究人员是否可以对其巢址安全性进行有效评估。此外, 今后也可以通过测量隐蔽度、植被盖度等量化指标来更好地评判研究人员主观判断的巢址安全等级是否能够反映巢址安全性。

以往研究认为, 由于亲鸟频繁回巢, 随着巢暴露给天敌的时间的增加, 巢被天敌发现的概率会增大 (Grant et al. 2005)。本研究仅发现, 卵期的红头长尾山雀巢日存活率随巢日龄的增加而显著降低, 但育雏期的巢日存活率不随巢

日龄的增加而显著变化。这与 Hu 等 (2020) 对与本研究的红头长尾山雀种群同域分布的银喉长尾山雀 (*A. glaucogularis*) 的研究发现类似。我们猜测这一差异可能是因为较为暴露的红头长尾山雀巢在卵期早已被天敌捕食, 因而剩余存活至育雏期的巢存活率与巢日龄的关系不再明显。此外, 以往研究发现, 随着繁殖季的推进, 鸟类巢的日存活率会降低 (Bonnot et al. 2008), 然而本研究结果显示, 红头长尾山雀巢的日存活率不随其被发现日期显著变化。

巢址的隐蔽性对鸟类巢被捕食率的影响在

以往研究中得到了很多关注 (Martin 1993, Borgmann et al. 2015, Liu et al. 2021), 而对于营巢植物种类对巢被捕食率的影响得到的关注则相对较少 (施丽敏等 2012)。考虑到不同植物群落环境中植被特征的差异以及捕食者种类和密度可能不同等情况, 营巢植物种类应该对鸟类的巢被捕食率有重要影响。本研究结果显示, 在卵期, 松柏类植物上巢的日存活率显著低于其他植物种类上的巢, 而其他植物种类间的巢成功率没有显著差异。这可能与在松柏类植物上筑巢的平均高度较高而易于被松鸦 (*Garrulus glandarius*) 和喜鹊 (*Pica pica*) 等鸟类捕食有关。在本研究中, 红头长尾山雀巢距地面平均高为  $(1.20 \pm 0.08)$  m (平均值  $\pm$  标准误,  $n = 155$ ), 而其在松柏类植物上营巢距地面的平均高为  $(2.77 \pm 0.37)$  m ( $n = 23$ )。Guan 等 (2018) 曾对银喉长尾山雀的巢高与巢成功率之间的关系进行研究, 发现营巢成功率随巢高的增加而显著降低。本研究中因为巢高和营巢植物种类存在较高的共线性而没有将巢高纳入分析。

在育雏期, 尽管在松柏类植物上的巢日存活率与其余植物种类间的差异不显著, 但也低于竹类、杉木和茶树上的巢, 表现出与卵期类似的趋势。此外, 在灌草类植物上育雏期巢的日存活率显著低于在竹类、杉木和茶树上巢的日存活率, 而在卵期这些植物上巢的日存活率均相似。这一现象这可能与卵期和育雏期的气温差异导致的捕食者活动差异有关。通常情况下, 红头长尾山雀在早春繁殖时卵期的气温相对较低, 而育雏期气温更高, 此时蛇类活动比在卵期可能更加频繁, 因而位于灌草丛上的红头长尾山雀巢因高度相对较低而更容易被蛇类捕食, 使其具有较低的巢存活率。与此相关的是, 虽然茶树上的巢也较低, 但红头长尾山雀育雏期通常与当地的采茶期有所重叠, 而采茶活动可能在一定程度上会驱离茶地中的蛇类等捕食者, 从而降低巢的被捕食率, 使茶树上的巢具有相对较高的存活率。此外, 与灌草丛相

比, 竹类植物生境中能为捕食者提供的食物资源可能较少且其生境在空间上一般较为封闭而不适宜大部分捕食者活动, 捕食者数量和种类可能都偏少, 因而使这类植物上的巢具有相对更高的存活率, 但这一推测需要进一步的研究去证实。

综上所述, 本研究的结果表明, 红头长尾山雀在某些特定植物上营巢可能获得相对更高的巢存活率, 说明了营巢植物种类对鸟类成功繁殖的重要性。此外, 虽然本研究未能在研究者对鸟类巢址安全性评估的有效性中提供有力的支持证据, 但建议未来在更多物种中开展相关研究。若研究人员能对鸟类巢址安全性进行准确评估, 对珍稀濒危鸟类而言, 就可以根据安全性较高的巢的巢址特征适当改变巢址环境以提高安全性较低巢址的安全性, 进而提高其繁殖成功率。

## 参 考 文 献

- Bartoń K. 2019. Package MuMIn. R package version 1.43.6. [R/OL]. [2019-10-27]. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- Bonnot T W, Rumble M A, Millsbaugh J J. 2008. Nest success of Black-backed Woodpeckers in forests with mountain pine beetle outbreaks in the Black Hills, South Dakota. *The Condor*, 110(3): 450–457.
- Borgmann K L, Conway C J. 2015. The nest-concealment hypothesis: New insights from a comparative analysis. *Wilson Journal of Ornithology*, 127(4): 646–660.
- Buehler R, Bosco L, Arlettaz R, et al. 2017. Nest site preferences of the Woodlark (*Lullula arborea*) and its association with artificial nest predation. *Acta Oecologica*, 78: 41–46.
- Dinsmore S J, Dinsmore J J. 2007. Modeling avian nest survival in program MARK. *Studies in Avian Biology*, 34: 73–83.
- Götmark F. 1992. The effects of investigator disturbance on nesting birds // Power D M. *Current Ornithology*. Boston: Springer, 63–104.
- Grant T A, Shaffer T L, Madden E M, et al. 2005. Time-specific variation in passerine nest survival: New insights into old questions. *Auk*, 122(2): 661–72.

- Guan H, Wen Y, Wang P, et al. 2018. Seasonal increase of nest height of the Silver-throated Tit (*Aegithalos glaucogularis*): Can it reduce predation risk? *Avian Research*, 9(4): 306–313.
- Guilherme J L, Burnside R J, Collar N J, et al. 2018. Consistent nest-site selection across habitats increases fitness in Asian Houbara. *The Auk*, 135(2): 192–205.
- Higgott C G, Evans K L, Hatchwell B J. 2020. Incubation in a temperate passerine: Do environmental conditions affect incubation period duration and hatching success? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8: 542179.
- Hu Q, Wen Y, Yu G, et al. 2020. Research activity does not affect nest predation rates of the Silver-throated Tit, a passerine bird building domed nests. *Avian Research*, 11(1): 1–10.
- Ibáñez-Álamo J D, Sanllorente O, Soler M. 2012. The impact of researcher disturbance on nest predation rates: A meta-analysis. *Ibis*, 154(1): 5–14.
- John A, Weisberg S, Price B, et al. 2019. Car: Companion to Applied Regression. R package version 3.1-0. [R/OL]. [2022-07-27]. <https://CRAN.R-project.org/package=car>.
- Laake J L. 2013. RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. Seattle: National Marine Mammal Laboratory, Alaska Fisheries Science Center.
- Laake J L, Rexstad E. 2022. R code for MARK analysis. R package version 3.0.0. [R/OL]. [2022-08-24]. <https://CRAN.R-project.org/package=RMark>.
- Li J, Lv L, Wang Y, et al. 2012. Breeding biology of two sympatric *Aegithalos* tits with helpers at the nest. *Journal of Ornithology*, 153(2): 273–283.
- Liu J, Yan H, Li G, et al. 2021. Nest concealment is associated with reproductive traits across sympatric bird species. *Ecology and Evolution*, 11(20): 14079–14087.
- Lundblad C G, Conway C J. 2021. Intraspecific variation in incubation behaviours along a latitudinal gradient is driven by nest microclimate and selection on neonate quality. *Functional Ecology*, 35(5): 1028–1040.
- Martin T E. 1993. Nest predation and nest sites: New perspectives on old patterns. *BioScience*, 43(8): 523–532.
- Martin T E, Roper J J. 1988. Nest predation and nest-site selection of a western population of the Hermit Thrush. *The Condor*, 90(1): 51–57.
- Martin T E, Scott J, Menge C. 2000. Nest predation increases with parental activity: Separating nest site and parental activity effects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 267(1459): 2287–2293.
- McConnell M D, Monroe A P, Burger L W, et al. 2017. Timing of nest vegetation measurement may obscure adaptive significance of nest-site characteristics: A simulation study. *Ecology and Evolution*, 7(4): 1259–1270.
- McDonald P G, Wilson D R, Evans C S. 2009. Nestling begging increases predation risk, regardless of spectral characteristics or avian mobbing. *Behavioral Ecology*, 20(4): 821–829.
- Murray L D, Best L B. 2014. Nest-site selection and reproductive success of Common Yellowthroats in managed Iowa grasslands. *The Condor*, 116(1): 74–83.
- R Development Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing version 4.1.3 Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. [R/OL]. [2022-04-28]. <https://www.r-project.org/>.
- Redondo T, Carranza J. 1989. Offspring reproductive value and nest defense in the Magpie (*Pica pica*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 25(5): 369–378.
- Ringelman K M, Skaggs C G. 2019. Vegetation phenology and nest survival: Diagnosing heterogeneous effects through time. *Ecology and Evolution*, 9(4): 2121–2130.
- Seibold S, Hempel A, Piehl S, et al. 2013. Forest vegetation structure has more influence on predation risk of artificial ground nests than human activities. *Basic and Applied Ecology*, 14(8): 687–693.
- Touihri M, Charfi F, Villard M A. 2017. Effects of landscape composition and native oak forest configuration on cavity-nesting birds of North Africa. *Forest Ecology and Management*, 385: 198–205.
- White G C, Burnham K P. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46: 120–139.
- Yeldell N A, Cohen B S, Little A R, et al. 2017. Nest site selection and nest survival of eastern wild turkeys in a pyric landscape.

- Journal of Wildlife Management, 81(6): 1073–1083.
- Zhao J M, Yang C, Lou Y Q, et al. 2020. Nesting season, nest age, and disturbance, but not habitat characteristics, affect nest survival of Chinese Grouse. *Current Zoology*, 66(1): 29–37.
- 郭贵云, 周友兵, 张君, 等. 2006. 四川南充市区红头长尾山雀的巢址选择、繁殖习性与帮手行为. *动物学杂志*, 41(6): 29–35.
- 李乐, 万冬梅, 刘鹤, 等. 2011. 人工巢箱条件下杂色山雀的巢位选择及其对繁殖成功率的影响. *生态学报*, 31(24): 7492–7499.
- 施丽敏, 刘迺发, 丁未, 等. 2012. 荒漠伯劳巢址选择和繁殖成功. *动物学杂志*, 47(6): 7–13.
- 岩道, 韩联究, 邓章文, 等. 2012. 紫溪山红头长尾山雀巢址选择及巢卵特征. *西南林业大学学报*, 32(6): 78–82.
- 张雷, 张海旺, 王娟, 等. 2020. 东北地区北红尾鸲巢址选择及繁殖成效. *生态学报*, 40(1): 70–76.

## 浙江淳安千岛湖发现一例白化乌鸫

### An Albino Chinese Blackbird Found in the Thousand Island Lake, Zhejiang

白化 (albino), 是指由于动物体内酪氨酸酶基因的缺陷, 无法正常合成酪氨酸酶, 其黑色素及其衍生物代谢障碍导致个体体色变为纯白 (Eviatar et al. 1957)。自然界中并非所有的白色鸟类都为白化个体 (van Grouw 2006), 有的鸟类天生羽毛纯白, 有的仅部分羽毛白化, 称为白变。白化常伴随一些病理性变化, 如神经系统紊乱、贫血、畏光等 (Searle 1990), 其异常的颜色会增加被捕食的概率, 因此自然界中白化个体非常少见。近年来, 国内相继发现了白化小鸺鹠 (*Tachybaptus ruficollis*, 吴庆明 2014)、白化环颈雉 (*Phasianus colchicus*, 刘彬等 2019)、白化画眉 (*Garrulax canorus*, 刘大伟等 2020) 等。

乌鸫 (*Turdus merula*) 为雀形目 (Passeriformes) 鸫科 (Turdidae) 鸟类, 其外形特征全身大致呈现黑色、黑褐色或乌褐色。2020 年 7 月在千岛湖采用网捕法进行淳安县林业部门准许的环志工作时, 在浙江省杭州市淳安县界首乡玛璜村 (29°33'32" N, 118°49'43" E) 捕获 1 只完全白化的鸟类个体。采集微量血液并测量身体参数后, 立即原地释放。其全身羽毛均为乳白色, 眼周与喙为淡黄色, 眼部呈现血红色 (图 1), 具有典型的白化特征。根据其体型、喙型、喙缘、眼睑后方特征, 初步判断其为白化乌鸫个体。

测量该白化乌鸫个体体重、体长、喙长、喙厚、跗跖长、翅长和尾长, 将其与在千岛湖环志的 16 只正常乌鸫个体的测量值进行对比, 均在正常范围内, 说明白化突变未导致此个体身体形态参数发生变化。从外观形态来看, 该白化乌鸫并无异常, 但其各器官参数、生长参数、存活指数等是否正常目前还无从考究。

(下转第 356 页)

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 32001124);

\* 通讯作者, E-mail: dingping@zju.edu.cn;

第一作者介绍 韩雨潇, 女, 博士研究生; 研究方向: 鸟类生态学; E-mail: 805291637@qq.com。

收稿日期: 2020-11-06, 修回日期: 2021-01-25 DOI: 10.13859/j.cjz.202303017