

哈尔滨家燕 *mandschurica* 亚种繁殖生态特征

李翔 谭霄鹏[#] 赵磊 陈睿涵 付昌健

向晨旭 袁立成 叶紫芸 邢晓莹^{*}

东北林业大学野生动物与自然保护地学院 哈尔滨 150040

摘要: 许多鸟种因具有较强的适应性而分布广泛,例如家燕 (*Hirundo rustica*)。在不同纬度地区研究其繁殖生态学特征有助于了解家燕对不同环境的适应。家燕 *mandschurica* 亚种在国内仅分布于黑龙江省,且该亚种的繁殖资料少有报道,为此,于2016和2017年每年的4至10月,在哈尔滨对其繁殖生态特征开展研究,并与国内目前已发表的家燕 *gutturalis* 亚种繁殖生态特征进行对比。家燕 *mandschurica* 亚种4月底或5月初迁来哈尔滨,9月下旬或10月初南迁;窝卵数为4~6枚 ($n=19$);卵长径 (18.7 ± 1.4) mm ($15.9 \sim 22.5$ mm)、卵短径 (13.0 ± 0.5) mm ($12.2 \sim 14.2$ mm),卵重 (1.6 ± 0.1) g ($1.3 \sim 1.9$ g), $n=35$; 孵卵期为 (16 ± 2) d ($14 \sim 18$ d, $n=19$); 育雏期为 (17 ± 1) d ($16 \sim 18$ d, $n=6$)。雏鸟的体长、翅长及尾羽长的生长曲线能与 Logistic 较好地拟合; 体重、嘴峰和跗跖在5日龄左右生长最快,体长和翅长在7日龄左右增长最快,雏鸟的生长模式符合能量分配假说。与我国南方的家燕 *gutturalis* 亚种相比,在哈尔滨繁殖的 *mandschurica* 亚种的卵更小、更轻,二者孵卵期相似,但后者育雏期更短。这或许与不同地区食物丰富度及亲鸟喂食策略有关。

关键词: 家燕 *mandschurica* 亚种; 哈尔滨; 繁殖生态

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2019) 06-793-07

Breeding Biology of the Barn Swallow *Hirundo rustica mandschurica* in Harbin City, China

LI Xiang TAN Xiao-Peng[#] ZHAO Lei CHEN Rui-Han FU Chang-Jian

XIANG Chen-Xu YUAN Li-Cheng YE Zi-Yun XING Xiao-Ying^{*}

College of Wildlife and Protected Area, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Abstract: The Barn Swallow (*Hirundo rustica*) is widely distributed in China, and the research on its reproduction ecology in different latitudes is helpful to reveal its adaptation to different environments. At present, the available records of the breeding ecology of the Barn Swallow is mainly focused on the

基金项目 中央高校基本科研业务费专项 (No. 2572019BE05), 国家自然科学基金项目 (No. 31501867, 31770454), 东北林业大学大学生创新训练项目 (No. 201810225026);

* 通讯作者, E-mail: ab71588@163.com;

第一作者介绍 李翔, 男, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类生态学; E-mail: ravenli0719@foxmail.com;

#并列第一作者 谭霄鹏, 男, 本科生; 研究方向: 鸟类生态学; E-mail: 3505433074@qq.com。

收稿日期: 2019-06-24, 修回日期: 2019-10-03 DOI: 10.13859/j.cjz.201906003

subspecies of *H. r. gutturalis*, while data from other subspecies is lacking. From April to October in 2016 and 2017, we studied the *H. r. mandschurica* subspecies of Barn Swallow, which distributed only in Heilongjiang Province, in Northeast Forestry University in Harbin of China. At the same time, the reproductive ecology data were supplemented to explore whether there were differences in reproductive ecology among subspecies with different phenotypes. The reproductive behaviors were observed daily after immigrating. The morphology (including body weight, body length, wing length, tarsus length, bill length and tail length) of the nestlings were measured daily. The data was sorted and analyzed with SPSS 22.0. Our results showed that swallows arrived at the breeding areas in late April or early May and migrated southward in late September or early October. The clutch size was 4 - 6 ($n = 19$), long diameter of egg was 18.7 ± 1.4 mm (15.9 - 22.5 mm), short diameter of egg was 13.0 ± 0.5 mm (12.2 - 14.2 mm), egg mass was 1.6 ± 0.1 g (1.3 - 1.9 g, $n = 35$), and the incubation period was 16 ± 2 d (14 - 18 d, $n = 19$). The nestling-feeding period was 17 ± 1 d (16 - 18 d, $n = 6$). Nestlings' growth curves (for body length, wing length and tail length) fitted well with a Logistic Growth Curve (Table 2). Body weight and tarsus grew the fastest at the age of 5 days, while body length and wing length increased the fastest at the age of 7 days (Table 1). The growth pattern of the nestlings conforms to the Energy Distribution Hypothesis. There are many differences in reproductive parameters between the swallows in the study area and other populations of *H. r. gutturalis*, including: eggs were smaller in size, lighter in weight, incubation period was similar to but feeding period was shorter than that of some southern populations of *H. r. gutturalis*. This may be caused by the differences of local food richness and parental feeding strategies among different populations.

Key words: Barn Swallow, *Hirundo rustica mandschurica*; Harbin; Breeding ecology

生活史研究对于了解鸟类如何适应不同生态环境、采取相关保护措施非常关键 (王勇等 2012)。家燕 (*Hirundo rustica*) 为广布种鸟类, 全世界 8 亚种, 我国 4 亚种 (郑光美 2017, Turner et al. 2019)。其繁殖生态研究已在我国不同纬度地区开展, 包括吉林 (周昌乔等 1959, 赵正阶 1982)、北京 (王先敏 1959)、山东 (张天印等 1988)、山西 (王春等 2010)、湖北 (植飞等 2018)、四川 (田丽等 2005, 2006)、广西 (Pagani-Núñez et al. 2016)、海南 (罗荣松等 2016) 等。指名亚种 *rustica* 主要分布在我国新疆和西藏西部, *gutturalis* 亚种在各省都有分布, *tyleri* 亚种主要分布在东部和北部, 而 *mandschurica* 亚种在我国只分布于黑龙江省 (郑光美 2017)。但目前对家燕的研究均是在我国广泛分布的 *gutturalis* 亚种, 缺乏家燕其他亚种的繁殖生态学资料。

黑龙江省位于我国最北部, 有家燕 3 个亚

种分布, 即 *gutturalis*、*tyleri* 和 *mandschurica*, 其中, *mandschurica* 亚种在我国只见于黑龙江省 (马建章 1992, 郑光美 2017)。这 3 个亚种的腹部羽色明显不同: *gutturalis* 亚种腹部颜色为奶白色, *tyleri* 亚种为红粟色, *mandschurica* 亚种为淡黄褐色 (Turner et al. 2019)。经前期拍照鉴定, 确定在本研究地东北林业大学家属区繁殖的家燕全部为 *mandschurica* 亚种。本研究观察家燕 *mandschurica* 亚种的繁殖生态特征, 并与目前已发表的国内其他地区不同亚种的相关数据进行对比, 明确亚种间在繁殖特征上的差异, 为了解种内不同亚种对当地环境的适应提供资料。

1 研究地概况及研究方法

哈尔滨市位于黑龙江省南部, 属中温带大陆性季风气候。研究地在东北林业大学家属区 (E126°38', N45°43', 海拔约 160 m), 面积

11.2 hm², 建筑为典型的 5~7 层居民楼, 每年都会有家燕迁来, 在楼道内筑巢繁殖。家属区附近有草坪、小型林场和河沟, 为家燕提供了食物、水和筑巢的泥土。

于 2016 和 2017 年每年的 4 至 10 月在东北林业大学家属区, 每天观察家燕的求偶、筑巢行为, 以及进出楼道窗户的情况, 隔天检查筑巢状况。家燕修补旧巢或建造新巢所使用的泥含有水分, 其颜色要明显深于旧巢, 以此作为家燕筑新巢或修补旧巢的依据。筑巢完成后, 每天检查巢以确定产首枚卵的时间、窝卵数以及第 1 只雏鸟孵化的时间。雏鸟孵出后每天用 HEC-300 电子秤(深圳市铭霞创贸易有限公司, 量程 100 g, 精度 0.01 g)测量家燕雏鸟的体重, 用 111n-101ga 型数显游标卡尺(桂林广陆数字测控有限公司, 量程 300 mm, 精度 0.01 mm)测量体长 (body length)、翅长 (wing length)、跗跖长 (tarsus length)、嘴峰长 (bill length)、尾羽长 (tail length)。使用 SPSS 22.0 的非线性回归对雏鸟身体指标 (包括体长、翅长和尾羽长) 进行 Logistic 生长曲线拟合, Logistic 方程为 $Y = A / (1 + Be^{-kt})$, A 为最终生长量, k 为生长率, t 为雏鸟日龄, B 为常数。

2 结果

家燕于研究当年 4 月底或 5 月初迁来研究地, 9 月底或 10 月初迁走, 迁来后多成群在学校草坪与林场上空捕食昆虫、飞入居民楼修补旧巢或筑新巢, 也常停歇于楼道的窗沿或室外电线上鸣唱、互相追逐。雀鹰 (*Accipiter nisus*)、红隼 (*Falco tinnunculus*) 等猛禽飞临家属区时或者研究人员检查巢时, 家燕会结成小群对入侵者进行驱赶, 同时发出急促尖锐的报警鸣叫。

2.1 筑巢及利用旧巢

家燕在楼道内接近顶部的墙壁或墙壁突出物 (灯泡、管道等) 上筑巢, 雌雄个体均参与筑巢。2016 年家燕繁殖利用的 20 巢中, 5 楼 3 巢 (顶楼的 2 巢), 6 和 7 楼分别 9 巢和 4 巢,

均为顶楼, 分布在 4 楼及以下的 4 巢; 位于顶楼的共 15 巢, 占当年总巢数的 75%。2017 年家燕繁殖利用的 25 巢中, 5 楼 6 巢 (其中顶楼 2 巢), 6 和 7 楼分别 11 和 4 巢, 均为顶楼, 4 楼及以下的 4 巢; 位于顶楼的共 17 巢, 占当年总巢数的 68%。两年所发现的 45 巢中位于顶层的 32 巢 (占总巢数的 71%), 位于 4 层及以下的仅 8 巢 (占总巢数的 18%)。

家燕会使用旧巢并重新修补, 被重复利用的旧巢因泥土颜色不同可明显看出分层。2016 年家燕繁殖前共发现旧巢 68 个, 被重复利用的旧巢共 14 个, 利用率为 21%, 占当年所有 20 个繁殖巢的 70%。2017 年家燕重复利用 77 个旧巢中的 15 个, 利用率为 19%, 约占当年所有 25 个繁殖巢的 60%。2016、2017 年被使用的旧巢中位于顶楼的分别占当年所有被利用旧巢数的 79% 和 73%, 连续 2 年都被使用的旧巢为 7 个, 位于顶层的占连续两年所有被利用旧巢数的 71%。

2.2 产卵及孵化

因部分巢距地面过高以及居民反对测量, 2016 年所发现 20 个繁殖巢, 只收集到 35 枚卵 (来自 7 个巢)、28 只雏鸟 (来自 6 个巢) 的相关量度数据; 2017 年监测了所发现 25 个繁殖巢中 15 巢的窝卵数、孵卵期数据。

窝卵数为 (5 ± 1) 枚 (4~6 枚)、孵卵期为 (16 ± 2) d (14~18 d) ($n = 19$)。卵为椭圆形, 底色为白色, 带有大小不一的暗红色斑点。卵长径 (18.7 ± 1.4) mm (15.9~22.5 mm)、卵短径 (13.0 ± 0.5) mm (12.2~14.2 mm)、卵重 (1.6 ± 0.1) g (1.3~1.9 g) ($n = 35$)。2016 年 6 月 12 日首次观察到雏鸟孵化出壳, 推测为此年度研究地被观察家燕的最早孵化日期。根据 2016 年观察数据, 育雏期为 (17 ± 1) d (16~18 d, $n = 6$)。

2016 年监测的 11 个家燕巢中, 有 3 巢因捕食或人为干扰弃巢, 巢存活率为 73%, 卵孵化率为 71% (此处的孵化率指成功孵化出雏鸟数量占所有监测巢开始孵卵阶段卵总数的比

率)。2017 年监测的 15 个家燕巢中, 有 3 巢因捕食或人为干扰弃巢, 巢存活率为 80%, 卵孵化率为 87%。

2.3 雏鸟发育

家燕雏鸟的形态测量数据见表 1。体重在生长初期增长较为缓慢, 从 5 日龄开始加速增长, 9 日龄小幅下降, 随后又稳步上升, 并于

12 日龄趋于稳定, 体重最终稳定在 (17.5 ± 1.2) g ($14.8 \sim 18.3$ g, $n = 28$)。体长稳定增长, 在 9 日龄出现小幅下降。翅长在 5 日龄前生长幅度较小, 5 日龄开始增幅显著。尾羽长在 9 日龄前增长平缓, 10 日龄开始加速生长。跗跖长和嘴峰基本保持稳定。体长与翅长的生长指标都能够与 Logistic 生长曲线很好拟合 (表 2)。

表 1 雏鸟生长期形态度量 ($n = 28$)

Table 1 Nestling body parameters during nursing period ($n = 28$)

日龄 Day after hatching	体长 Body length (mm)	翅长 Wing length (mm)	跗跖 Tarsus length (mm)	嘴峰 Bill length (mm)	尾羽长 Tail length (mm)	体重 Body mass (g)
1	35.18 ± 4.81	6.85 ± 1.37	5.62 ± 1.16	4.04 ± 0.81	—	2.87 ± 2.19
2	39.55 ± 7.87	7.96 ± 2.58	6.51 ± 1.86	4.64 ± 1.19	1.61 ± 0.51	3.22 ± 1.93
3	45.43 ± 7.42	9.69 ± 2.81	7.34 ± 1.58	5.15 ± 1.18	1.90 ± 0.41	4.61 ± 2.14
4	47.55 ± 7.79	10.86 ± 3.57	8.53 ± 2.45	5.48 ± 1.39	2.45 ± 0.92	5.73 ± 2.81
5	52.91 ± 10.49	14.12 ± 5.23	9.21 ± 1.95	6.03 ± 0.76	4.66 ± 1.64	7.19 ± 3.18
6	62.19 ± 16.07	22.58 ± 14.24	8.99 ± 1.71	5.92 ± 0.98	6.52 ± 4.86	9.84 ± 5.19
7	63.58 ± 14.81	24.17 ± 15.79	9.68 ± 1.49	6.26 ± 0.80	8.04 ± 6.17	10.76 ± 4.37
8	76.16 ± 9.61	36.24 ± 14.84	9.44 ± 0.97	5.35 ± 0.70	10.84 ± 5.56	14.54 ± 3.19
9	73.55 ± 13.21	35.17 ± 12.12	10.74 ± 1.22	6.76 ± 1.28	10.40 ± 5.72	14.18 ± 2.31
10	75.20 ± 14.54	43.22 ± 10.36	10.56 ± 1.11	6.57 ± 0.92	13.01 ± 4.25	15.68 ± 1.09
11	87.75 ± 8.16	52.57 ± 8.71	10.52 ± 1.03	6.19 ± 0.89	18.72 ± 4.94	16.43 ± 0.90
12	89.89 ± 9.32	57.27 ± 10.58	10.33 ± 1.74	5.82 ± 0.80	22.28 ± 5.23	17.35 ± 0.70
13	98.01 ± 7.44	61.64 ± 11.50	9.13 ± 0.89	5.25 ± 0.76	26.57 ± 6.07	17.46 ± 1.17
14	101.49 ± 9.71	67.21 ± 11.71	9.74 ± 1.43	5.62 ± 0.40	30.52 ± 5.24	17.43 ± 1.92
15	103.75 ± 6.83	70.42 ± 11.30	9.68 ± 0.97	5.89 ± 0.85	33.94 ± 6.60	17.20 ± 2.47
16	108.50 ± 7.48	72.99 ± 7.38	10.36 ± 0.98	5.79 ± 0.34	34.67 ± 4.83	17.49 ± 1.51
17	104.08 ± 3.00	68.84 ± 2.61	9.49 ± 0.56	5.93 ± 0.30	32.64 ± 1.03	17.63 ± 1.57
18	109.65 ± 1.43	74.72 ± 2.53	11.01 ± 0.77	6.26 ± 0.68	33.79 ± 2.69	17.53 ± 1.23

“—” 1 日龄的雏鸟尾羽还未长出, 无法测量其尾羽长度。

“—” means the data is not measured, because the nestlings at 1 day's old don't have any tail feathers.

表 2 家燕主要外部形态指标生长曲线的 Logistic 拟合方程及相关参数

Table 2 Logistic curve function of the Barn Swallow nestlings' external organs growth

变量 Variant A	R	渐近线 Progressive line (mm)	参数 B Parameter B	生长率 Growth rate	b_0	b_1	Logistic 线性回归方程 Logistic linear regression function
体长 Body length (mm)	0.99	125.36	3.13	0.18	0.02	1.19	$125.36/(1 + 3.13e^{-0.18t})$
翅长 Wing length (mm)	0.99	78.17	20.93	0.34	0.27	1.40	$78.17/(1 + 20.93e^{-0.34t})$
尾羽长 Tail length (mm)	0.99	37.93	64.65	0.38	1.70	1.47	$37.93/(1 + 64.65e^{-0.38t})$

*R 为 R^2 的统计量, 即拟合优度; b_0 为常数项即 B 值随 A 变化程度的量; b_1 为生长率的回归参数; t 为雏鸟日龄。

*R is the statistic value of R^2 , namely the goodness of fit; b_0 is a constant term which shows the extent B changes to A; b_1 is the regression parameter of growth rate; t is the day after hatching of nestlings.

3 讨论

家燕 *mandschurica* 亚种每年 4 月末至 5 月初迁来哈尔滨, 9 月末至 10 月初迁走, 繁殖期为 5~8 月。迁到时间晚于低纬度地区 *gutturalis* 亚种, 例如南充地区的家燕 2 月迁来 (田丽等 2005)。繁殖期与长白山地区家燕 (原文未注明亚种) 的 5~10 月份 (赵正阶 1982) 记录相近。在哈尔滨产首枚卵的时间为 6 月 12 日, 明显晚于南充 *gutturalis* 亚种 4 月初 (田丽等 2005)、长白山地区 5 月 11 日 (赵正阶 1982), 这与不同纬度地区的气候等生态因素差异有关。有研究发现, 高纬度地区繁殖的家燕需经更长的迁徙路线从越冬地到达繁殖地 (Marc et al. 2018), 相比于在南方分布的亚种, 在哈尔滨繁殖的 *mandschurica* 亚种或许需要迁徙更远的距离。同时, 繁殖地的气温也会影响越冬地家燕开始春季迁徙的时间 (Mattia et al. 2018)。上述诸多原因都可能导致家燕在哈尔滨的繁殖晚于低纬度地区。

本研究发现家燕巢大多位于顶楼, 这与在武汉城区调查发现的 409 个燕巢中 89% 分布在 1 楼的结果差别较大 (植飞等 2018)。武汉城区大多数居民楼 2 及以上楼层的阳台多封闭, 使得家燕难以筑巢。而在本调查地点, 各楼层的窗户为了通风都会长期敞开, 家燕可在较高楼层尤其是顶层楼道内筑巢, 几乎不在 1 楼筑巢, 可能与校园内较多流浪猫或低楼层人为干扰多有关。

将本研究中在哈尔滨繁殖的家燕 *mandschurica* 亚种与《黑龙江省鸟类志》(马建章 1992) 中对家燕繁殖生态特征数据的记录相比, 发现卵大小相似, 但卵重 (1.6 ± 0.1)g ($1.3 \sim 1.9$ g, $n = 35$) 比文献中记录的 0.9~1.3 g 要重, 这表明了研究地家燕的胚胎更重; 此外, 与卵重更重的结果相对应, 本研究中孵卵期略长, 而育雏期明显短于书中记录的 23 d (马建章 1992)。这或许与不同时期家燕孵卵期的食物丰富度有关 (Chiara et al. 2019), 例如家属区附

近有一条马家沟、一片林场和成片草坪, 或许为家燕提供了丰富的食物, 夏季在这些地点很容易观察到大量飞虫, 并观察到家燕在繁殖前期和育雏期成群到马家沟、林场及草坪上方集中飞行觅食。本研究中的家燕 *mandschurica* 亚种哈尔滨种群与其他亚种的几个种群相比, 卵大小与长春 (*gutturalis*, 周昌乔等 1959)、南充 (*gutturalis*, 田丽等 2005) 种群相似, 而小于北京种群 (*gutturalis*, 王先敏 1959); 卵重小于南充 (*gutturalis*, 田丽等 2005) 和北京种群 (*gutturalis*, 王先敏 1959); 孵卵期与长春 (*gutturalis*, 周昌乔等 1959)、长白山 (原文亚种未注明, 赵正阶 1982)、北京 (*gutturalis*, 王先敏 1959) 和南充 (*gutturalis*, 田丽等 2005) 种群相似, 但明显短于灵丘种群 (原文亚种未注明, 王春等 2010); 育雏期明显短于长春种群 (*gutturalis*, 周昌乔等 1959; 未注明亚种, 赵正阶 1982)、南充种群 (*gutturalis*, 田丽等 2005)。这可能与不同亚种和种群的亲鸟投入及当地食物丰富度有关 (Pagani-Núñez et al. 2016)。鸟卵的特征在种间和种内都会出现差异, 这些变化体现了鸟类不同的繁殖策略, 例如不同纬度地区由于光照辐射、气温不同而影响鸟卵大小、卵色以及卵表面斑点等 (Williams 1994, Gómez et al 2018)。虽然 Lack (1968) 曾提出鸟卵大小变化在功能上具有重要意义, 但相关内容在鸟类学研究中依然不足 (Williams 1994)。本研究在与家燕其他种群比较时, 因为所获数据有限, 未能充分比较不同地理种群的卵重、大小随纬度的变化, 但家燕因其分布广泛, 是探究鸟卵随纬度和环境变化的一个非常理想的模式鸟种, 今后研究中应给予关注。

mandschurica 亚种雏鸟发育过程中体重稳定增加, 在 9 日龄出现小幅下降可能与测量误差有关。对于形态特征的变化, 1~5 日龄雏鸟的翅、跗跖和尾羽都缓慢生长, 体长也随之增加; 6~9 日龄时雏鸟翅长及尾羽长迅速增加, 这是由于正羽开始放纒。10 日龄以后翅和尾羽加速发育, 体长也明显加长。在雏鸟早期 (1~

5 日龄) 生长发育过程中, 体重、体长、跗跖的生长速度较快, 随后增速减缓。雏鸟生长模式符合能量分配假说 (William et al. 1960), 该假说认为晚成雏在早期由于亲鸟的照顾降低了雏鸟产热调节的能量所需, 因而将较多的能量用于生长。雏鸟后期发育时翅和尾羽生长较快, 体现了后期与体温调节能力 (羽毛) 相关的形态优先发育的原则。与南充的家燕 *gutturalis* 亚种雏鸟 (田丽等 2005) 相比, 哈尔滨 *mandschurica* 亚种雏鸟出飞时体长与其相似, 但体重较低、翅长较短, 可能是因为亚种之间差异或不同地区食物丰富度以及亲鸟喂食策略不同。

调查中我们发现, 有居民会因反感家燕粪便而破坏家燕巢。建议加强进行环保科普和对《野生动物保护法》的宣传, 以及在巢下安装挡板等措施以改善此类现象。在哈尔滨市及附近乡村的走访调查过程中, 多次得到有关家燕数量减少的反映, 这与目前全球范围内由于气候、农业发展及人类建筑方式改变等因素造成的家燕种群数量下降的现状一致 (韩云池等 1992, Ambrosini et al. 2002, 潘德根 2003, Laaksonen et al. 2013, 张凯等 2019)。通过了解家燕繁殖生活史, 进而确定采取什么措施保护家燕将是今后我们关注的焦点。

致谢 研究中得到了东北林业大学家属区居民的理解与支持, 东北林业大学尹江南、赵雨梦、许诗亮、陈川、徐彬、王妍等参与调查及数据收集, 文章修改得到了两位审稿人及黑龙江中央站黑嘴松鸡国家级自然保护区李显达科长的建设性意见, 中山大学 Emilio Pagani-Núñez 博士对文章英文摘要进行了修改润色, 在此一并致谢!

参 考 文 献

- Ambrosini R, Bolzern A M, Canova L, et al. 2002. The distribution and colony size of barn swallows in relation to agricultural land use. *Journal of Applied Ecology*, 39(3): 524–534.
- Chiara M, Robert L T, Erkki K, et al. 2019. Maternal food supplementation and perceived predation risk modify egg composition and eggshell traits but not offspring condition. *Journal of Experimental Biology*, DOI: 10.1242/jeb.201954.
- Gómez J, Ramo C, Stevens M, et al. 2018. Latitudinal variation in biophysical characteristics of avian eggshells to cope with differential effects of solar radiation. *Ecology and Evolution*, 8(16): 8019–8029.
- Laaksonen T, Lehtikoinen A. 2013. Population trends in boreal birds: continuing declines in agricultural, northern, and long-distance migrant species. *Biological Conservation*, 168(12): 99–107.
- Lack D. 1968. *Ecological Adaptations for Breeding in Birds*. London: Methuen, 1185–1187.
- Marc S B, Leslie G U, Res A, et al. 2018. Migratory connectivity of barn swallows in South Africa to their Palaearctic breeding grounds. *Diversity and Distributions*, 24(11): 1699–1708.
- Mattia P, Roberto A, Nicola S, et al. 2018. Barn swallows long-distance migration occurs between significantly temperature-correlated areas. *Scientific Report*, 8(8): 12359.
- Pagani-Núñez E, He C, Li B, et al. 2016. The breeding ecology of the barn swallow *Hirundo rustica gutturalis* in South China. *Journal of Tropical Ecology*, 32(3): 260–263.
- Turner A, Christie D A. 2019. Barn Swallow (*Hirundo rustica*) // del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, et al. *Handbook of the Birds of the World Alive*. [M/OL]. [2019-9-29]. <https://www.hbw.com/node/57729>.
- William R D, Francis C E. 1960. Relation of growth and development to temperature regulation in nestling vesper sparrows. *Condor*, 62(5): 329–340.
- Williams T D. 1994. Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: Effects on offspring fitness. *Biological Reviews*, 69(1): 35–59.
- 韩云池, 李家茂, 张仲彬. 1992. 现代建筑对家燕繁殖生境的影响. *野生动物*, 17(1): 12–13.
- 罗荣松, 粟通萍, 牛楠, 等. 2016. 温度对海南家燕 (*Hirundo rustica*) 巢利用率和窝卵数的影响. *生态学杂志*, 35(8): 2159–2163.
- 马建章. 1992. 黑龙江省鸟类志. 北京: 中国林业出版社, 42–51.
- 潘德根. 2003. 从燕子的减少谈遵循自然规律. *大自然*, 23(5): 32–33.

- 田丽, 周材权, 胡锦涛. 2006. 南充金腰燕、家燕繁殖生态比较及易卵易雏实验. 生态学杂志, 25(2): 170-174.
- 田丽, 周材权, 易宏国, 等. 2005. 家燕的繁殖生态及雏鸟生长发育. 动物学杂志, 40(3): 86-89.
- 王春, 赵明. 2010. 灵丘县家燕繁殖生态观察. 山西林业, 16(1): 29-30.
- 王先敏. 1959. 家燕(*Hirundo rustica gutturalis*)生活史的初步报告. 动物学报, 11(2): 138-144.
- 王勇, 张正旺, 郑光美, 等. 2012. 鸟类学研究: 过去二十年的回顾和对中国未来发展的建议. 生物多样性, 20(2): 119-137.
- 张凯, 张萌萌, 徐雨. 2019. 家燕种群变化趋势研究进展. 四川动物, 38(5): 587-593.
- 张天印, 高登选, 张守富, 等. 1988. 燕子环志与繁殖习性观察. 山东林业科技, 17(1): 43-45.
- 赵正阶. 1982. 长白山地区家燕繁殖生态学的初步研究. 动物学研究, 3(增刊 2): 299-303.
- 郑光美. 2017. 中国鸟类分类与分布名录. 北京: 科学出版社, 288-288.
- 植飞, 杨天乐, 张东兵, 等. 2018. 武汉城区燕子繁殖调查研究. 野生动物学报, 39(2): 334-339.
- 周昌乔, 李翔云. 1959. 长春地区两种燕子生态的初步观察. 吉林师大学报, 3(1): 126-136.

《动物学杂志》第十二届编辑委员会

名誉主编: 马 勇

主 编: 宋延龄

副 主 编: 赵 勇 彭景榭 孙悦华 梁 冰 (常务)

编 委: (以姓氏笔画为序)

丁长青 马 勇 马志军 马建章 王德华 计 翔 石树群 边疆晖 刘迺发

孙青原 孙悦华 宋延龄 宋林生 宋昭彬 张正旺 张明海 张春光 张树义

张堰铭 李 明 李枢强 李保国 李春旺 李新正 杨增明 陈广文 宛新荣

郑光美 费 梁 赵 勇 赵亚辉 夏国良 徐宏发 桂建芳 梁 冰 彭贤锦

彭景榭 曾治高 蒋志刚 蒋学龙 谢 锋 戴家银 魏辅文

编 辑: 梁 冰