

新疆哈密草原粉红椋鸟的繁殖生态

王潇杰^① 吴彬^① 孙溪秀^① 热米拉·阿帕儿^①
努尔兰·哈斯木^② 宋彦文^② 季荣^① 叶小芳^{①*}

① 新疆师范大学生命科学学院, 中亚区域跨境有害生物联合控制国际研究中心, 新疆特殊环境物种保护与调控生物学实验室, 新疆特殊环境物种多样性应用与调控重点实验室 乌鲁木齐 830017;

② 新疆哈密市蝗虫鼠害预测预报防治站 哈密 839000

摘要: 粉红椋鸟 (*Pastor roseus*) 是新疆草原蝗虫的重要天敌, 为了解粉红椋鸟的繁殖生态, 本研究选择哈密市伊州区的马场三连和松树塘社区作为研究区域, 分别于 2022 和 2023 年粉红椋鸟繁殖期间进行实地调查, 结合哈密市蝗虫鼠害预测预报防治站提供的蝗虫发生资料, 分析影响粉红椋鸟繁殖地点选择和迁徙时间的因素。每年选取 10 巢粉红椋鸟, 采用红外摄像机进行一系列繁殖行为及雏鸟发育观察, 录像总时长 38 d, 有效数据时长 2 337 h。结果显示: 1) 粉红椋鸟繁殖地连续 2 年的蝗虫密度均高于其他区域, 且在其他低密度蝗虫发生区未见粉红椋鸟; 粉红椋鸟连续 2 年的迁入和迁出时间均与当年蝗虫发生时间一致。2) 粉红椋鸟卵为白色或青色, 窝卵数 3~7 枚, 孵化率为 88.89% ($n = 54$ 枚)。3) 粉红椋鸟雌雄亲鸟交替孵卵、共同育雏; 每日喂食雏鸟高峰时段为 10:00~12:00 时, 且该时段内亲鸟喂食次数显著高于其他时段 ($P < 0.05$)。4) 雏鸟体重和跗跖长的生长均符合逻辑斯蒂生长曲线。研究结果为粉红椋鸟的保护和招引提供了基础参数, 有利于更好地发挥粉红椋鸟在草原蝗灾中的生物防控作用。

关键词: 粉红椋鸟; 繁殖地点选择; 繁殖行为; 雏鸟发育; 蝗虫

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2025) 02-161-10

Breeding Ecology of *Pastor roseus* in Hami Grassland, Xinjiang, China

WANG Xiao-Jie^① WU Bin^① SUN Xi-Xiu^① Remila APAER^① Nuerlan HASIMUER^②
SONG Yan-Wen^② JI Rong^① YE Xiao-Fang^{①*}

① College of Life Science, Xinjiang Normal University, International Center for the Collaborative Management of Cross-border Pest in Central Asia, Xinjiang Key Laboratory of Special Species Conservation and Regulatory Biology, Key Laboratory of Special Environment Biodiversity Application and Regulation in Xinjiang, Urumqi 830017;

② Monitoring and Reporting Workstation to Prevention and Control of Grasshopper and Mouse of Hami District, Hami 839000, China

基金项目 新疆维吾尔自治区天山英才青年拔尖人才项目 (No. 20243123638), 新疆维吾尔自治区天山创新团队计划项目 (No. 2024D14006), 新疆师范大学 2022 年度青年拔尖人才项目 (No. XJNUQB2022-30);

* 通讯作者, E-mail: 13579261461@163.com;

第一作者介绍 王潇杰, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物发育生物学; E-mail: 1085824478@qq.com.

收稿日期: 2024-03-19, 修回日期: 2024-11-11 DOI: 10.13859/j.cjz.202524061 CSTR: 32109.14.cjz.24061

Abstract: [Objectives] *Pastor roseus* is the important natural enemy of grassland grasshoppers in Xinjiang, China. This study aims to clarify the breeding ecological characteristics of *P. roseus*. **[Methods]** The study was conducted at the third company at the horse ranch and Songshutang community in Yizhou District, Hami City, Xinjiang. During the breeding season of *P. roseus* from 2022 to 2023, we combined the grasshopper occurrence data provided by the “monitoring and reporting workstation to prevention and control of grasshopper and mouse in Hami District” with the results of our field investigation, to analyze the factors influencing the breeding site selection and migration time of *P. roseus*. Ten nests of *P. roseus* were selected each year to monitor the reproductive behavior and nestling development using infrared cameras. The total recording duration was 38 d, with a valid data duration of 2 337 h ($n = 20$ nests). The behavioral characteristics of nesting, egg-laying, hatching and brooding were analyzed using single factor analysis of variance and Friedman test in SPSS 26 software. At the same time, growth and development indicators of weight and tarsometatarsal length of nestlings were fitted based on the logistic growth curve model, and growth curves were plotted. **[Results]** 1) The population densities of grasshoppers in the study areas were higher than that in other areas during 2022 - 2023 (Table 1). No *P. roseus* was seen in other areas with low grasshopper densities. Both immigration and emigration times of *P. roseus* coincided with the grasshopper occurrence time during the two years. 2) After mating, females laid white or cyan eggs (Fig. 2). The clutch size was 3 - 7, and the hatching rate was 88.89% ($n = 54$ eggs). 3) Eggs were incubated alternately by the male and female, and nestlings were fed by both parents. The daily feeding peak for nestlings was from 10:00 to 12:00, and feeding times during this period were significantly higher than those during other periods ($P < 0.05$) (Table 3). 4) Growth of body weight and tarsometatarsus of nestlings were consistent with the logistic models (Fig. 5). **[Conclusion]** The selection of breeding sites and migration time of *P. roseus* was mainly related to population density of grasshoppers. Both males and females raise offspring. The nestlings are altricial, and the growth and development trend is S-shaped. The results provided basic parameters for the protection and attraction of *P. roseus*.

Key words: *Pastor roseus*; Selection of breeding site; Reproductive behavior; Nestling development; Grasshopper

粉红椋鸟 (*Pastor roseus*) 属于雀形目 (Passeriformes) 椋鸟科 (Sturnidae) 粉红椋鸟属, 是一种往返于中亚、东欧与印度和斯里兰卡之间的长距离迁徙鸟类 (Hobson et al. 2007, Ji et al. 2008, Quader et al. 2008)。新疆塔城、伊犁、哈密、阿勒泰等地区是粉红椋鸟在我国境内的自然繁殖区, 粉红椋鸟每年 5 月初迁飞至新疆, 8 月下旬返回越冬地 (杜桂林等 2018)。早期, 国内学者在粉红椋鸟的生物学和治蝗效果等方面相继进行了研究, 发现粉红椋鸟主要以蝗虫为食, 可一定程度减轻草原蝗害 (黄人鑫等 1987, 龚建宁 2001, 于冰洁

等 2019, 王广君等 2021); 随后, 新疆开始尝试利用人工筑建的石巢和砖巢招引粉红椋鸟, 来控制草原蝗虫数量, 并明确了部分地区粉红椋鸟的繁殖规律 (王晗等 2010, 王子涵等 2011)。国外学者则对粉红椋鸟在迁徙过程的能量物质代谢等生理变化进行了研究 (Milchev et al. 2005), 此外也有一些分布新记录 (Kumar 2015, Diniarsih et al. 2016, Oo et al. 2020)。总体来说, 有关粉红椋鸟的研究相对较少 (Nyagolov et al. 2003)。

粉红椋鸟在繁殖期间以蝗虫为食 (Nankinov et al. 2001), 其繁殖期与新疆草原

蝗虫发生同步，人工招引粉红椋鸟控制蝗害不仅成本低廉，而且还可改善蝗虫抗药性和减轻其对农作物的破坏，因此利用捕食性天敌——粉红椋鸟来减轻蝗虫危害较化学防治更具优越性（石旺鹏等 2019）。

本研究以粉红椋鸟为研究对象，对其繁殖过程进行系统观察，结合治蝗站提供的资料分析粉红椋鸟繁殖地点选择和迁徙时间的影响因素，旨在丰富该物种的基础生物学资料，研究结果将对该物种的保护以及进一步开展草原蝗虫防治奠定基础。

1 研究方法

1.1 粉红椋鸟的繁殖地点选择及迁徙时间

通过对哈密市当地牧民进行走访及实地调查，结合哈密市治蝗站多年的持续观察结果，确定粉红椋鸟每年的具体繁殖地点，记录 2022 和 2023 年粉红椋鸟的繁殖地点和迁徙时间，以第一批鸟群进入繁殖地点的时间为迁入时间，最后一批鸟群离开繁殖地的时间为迁出时间。

每年 5 ~ 7 月，哈密市治蝗站对哈密市一区二县（伊州区、巴里坤哈萨克自治县和伊吾县）的草原蝗虫发生情况开展常规调查，并划定了 6 个蝗害区。每年例行调查 600 个样点，调查面积约 14.67 万 hm^2 。本研究主要统计了治蝗站提供的 2021 至 2023 年间蝗虫发生密度，并分析蝗虫发生密度对粉红椋鸟繁殖地点选择

和迁徙时间的影响。

1.2 粉红椋鸟的繁殖行为及雏鸟发育观察

根据治蝗站提供的粉红椋鸟繁殖地点，发现多数繁殖地点位于哈密市伊州区的白石头乡蝗害区，且该区域便于观察和采样，因此，本研究于 2022 年选择该蝗害区中的马场三连（43°24' N, 93°31' E）作为研究区域，2023 年选择该蝗害区中的松树塘社区（43°22' N, 93°38' E）作为研究区域（图 1）。于粉红椋鸟繁殖期间（5 ~ 7 月）在上述区域各选 10 个鸟巢，并对鸟巢及其中粉红椋鸟进行标记。为减少直接观察对粉红椋鸟产生干扰，每日 6:00 ~ 21:00 时使用红外摄像机（视洛曼 T9G2 充电式，深圳优炫智科科技有限公司）观测其一系列繁殖行为及雏鸟发育情况。在发现粉红椋鸟有筑巢行为后，记录鸟巢位置并将摄像机安装在巢内斜上方 5 ~ 15 cm 处，记录筑巢时间和筑巢材料。开机即连接摄像机专用充电宝，可待机至少 24 h，每次录像时长 15 min，每 2 d 观看并导出录像 1 次。两年总计 20 巢的录像总时长 38 d，有效数据时长 2 337 h。

当研究区域中发现第一枚卵时，粉红椋鸟进入产卵期。在产卵和孵卵期内，通过实地观察统计窝卵数和卵的形状及色泽；采用录像视频记录亲鸟每日最长、最短和最早出巢时间以及最晚归巢时间。产卵结束后，用游标卡尺（171-124A，桂林广陆数字测控有限公司，量



图 1 粉红椋鸟栖息的人工石巢

Fig. 1 Artificial stone nests inhabited by *Pastor roseus*

a. 马场三连的人工石巢；b. 松树塘社区的人工石巢。

a. Artificial stone nests in the Third company at the horse ranch; b. Artificial stone nests in Songshutang community.

程 0~200 mm, 精度 0.01 mm) 测量卵的长径和短径, 用电子秤 (KZ-I2000, 东莞市苦竹电子有限公司, 量程 0~3 000 g, 精度 0.1 g) 称量卵重量; 根据雏鸟是否成功破壳判断出雏数, 孵化率为出雏数与总卵数之比。

鸟群中第一只雏鸟破壳时, 标志着进入育雏期。通过人工观察与录像结合的方式记录雏鸟的成活情况、羽毛变化、睁眼及出巢飞行的日龄; 于 2022 年和 2023 年每年各选取 5 个巢, 分别在育雏期第 3、5、7 天对亲鸟喂食次数进行跟踪观察, 每天分为 8 个时间段, 每天的样本量为 40。

于 2022 年粉红椋鸟育雏期间, 选取不同鸟巢的 10 只雏鸟进行标记, 连续记录自破壳至 15 日龄的雏鸟体重和跗跖长, 并绘制雏鸟生长曲线。

1.3 数据分析

通过录像视频提取亲鸟出巢和归巢时间、喂食次数等参数, 分析粉红椋鸟的繁殖行为。用 Excel 2019 软件和 SPSS 26 软件处理实验数据。数据符合正态分布, 在进行方差齐性检验后, 运用 SPSS 26 软件中的单因素方差分析检验每日不同时段亲鸟喂食次数的差异 (育雏期第 3、5、7 天); 基于 Logistic 生长曲线模型对粉红椋鸟雏鸟体重和跗跖长的生长发育指标进

行拟合, 同时绘制 1~15 日龄雏鸟体重和跗跖长的生长曲线。数据均以平均数 \pm 标准差表示, 显著水平为 0.05。

2 结果

2.1 蝗虫密度与粉红椋鸟的繁殖地点选择及迁徙时间

经哈密市治蝗站实地调查发现, 2022 和 2023 年粉红椋鸟多数在哈密市伊州区筑巢繁殖。2021 至 2023 年 5~7 月, 治蝗站联合其他部门对草原蝗虫危害情况进行了调查, 调查结果显示 (表 1): 2022 和 2023 年, 研究区域所属蝗害区 (白石头乡蝗害区) 的蝗虫密度均高于其他 5 个蝗害区。2022 年 6 个蝗害区调查点在蝗虫孵化盛期 (5 月) 的平均虫口密度较 2021 年同期均有不同程度升高, 而 2023 年较 2022 年同期均有不同程度降低。2022 年 6 个蝗害区调查点在成虫期 (7 月) 的平均虫口密度较 2021 年同期均有不同程度升高, 且 2022 年仅在密度较高的白石头乡蝗害区和伊吾前山蝗害区观测到 5 群粉红椋鸟筑巢、产卵; 2023 年研究区域所属蝗害区 (白石头乡蝗害区) 平均虫口密度较往年大幅升高, 且有粉红椋鸟在此筑巢和产卵, 未发现其他筑巢点。

表 1 2021 至 2023 年蝗虫孵化盛期和成虫期调查结果

Table 1 Investigation results on the peak incubation stage and adult stage of grasshoppers from 2021 to 2023

调查蝗区 Survey areas of grasshopper	平均密度 Average density (ind/m ²)					
	孵化盛期 The peak of incubation			成虫期 Adult stage		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
萨尔乔克蝗害区 Sarchowk Township	0.84	2.52	1.08	1.48	2.80	2.08
花园石人子蝗害区 Garden Township and Shirenzi Township	0.68	0.96	0.34	1.14	1.56	1.28
奎苏红山蝗害区 Kuisu Town and Hongshan Farm	0.64	1.56	0.80	2.12	2.56	2.64
大河北山蝗害区 Beishan in Dahe Town	0.64	2.16	1.00	1.52	2.88	2.16
白石头乡蝗害区 White stone Township	1.92	4.60	3.26	3.28	9.08	21.88
前山蝗害区 Qianshan Kazak Ethnic Township	4.20	4.20	0.80	2.32	8.92	9.60

治蝗站 2021 至 2023 年的蝗虫密度调查结果显示，在研究区域所属蝗害区（白石头乡蝗害区）中，2023 年 5 月（蝗虫孵化盛期）的平均虫口密度和最高虫口密度均低于上一年同期，2023 年 7 月（蝗虫成虫期）的平均虫口密度和最高虫口密度均高于上一年同期（表 2）。2022 年蝗虫孵化时间和以往一致，2023 年孵化时间则较正常年份推迟了 10 d 左右，且 2022 年粉红椋鸟迁入和迁出研究区域的时间分别为 5 月中旬和 8 月上旬，与以往一致，2023 年分别为 6 月下旬和 8 月下旬，均晚于 2022 年。

表 2 2021 至 2023 年研究区域（白石头乡蝗害区）蝗虫密度

Table 2 Density of grasshoppers in the study area (White stone Township) from 2021 to 2023

年份 Year	平均虫口密度 The average density of grasshoppers (ind/m ²)			最高虫口密度 The highest density of grasshoppers (ind/m ²)		
	5 月 May	6 月 June	7 月 July	5 月 May	6 月 June	7 月 July
2021	1.92	3.64	3.28	8.00	12.00	8.00
2022	4.60	9.40	9.08	20.00	24.00	24.00
2023	3.26	9.68	21.88	12.00	28.00	60.00

2.2 繁殖行为

2.2.1 筑巢 2022 年 5 月 15 日首次在马场三连发现粉红椋鸟，经过多次选择，鸟群最终于 5 月 31 日栖息在一处人工石巢。2022 和 2023 年研究区域中粉红椋鸟的筑巢地点均选择人工建造的巢，部分粉红椋鸟在公路边的杂石堆中筑巢繁殖，未见在砖巢中筑巢，但有短暂停留。

巢呈浅盘状（图 2），位于石堆中间或最底部。筑巢材料主要是树枝、杂草、木片和羽毛，偶尔有泥块辅助。粉红椋鸟筑巢后不轻易弃巢，且不断加固鸟巢，直至育雏期结束。

2.2.2 产卵 粉红椋鸟通常于 5 月底 6 月初开始产卵，6 月中下旬产卵结束。产卵多在清晨或上午进行，每日或隔日产 1 枚卵；卵呈一头尖一头圆的椭圆状，偶尔两端均圆；卵为白色或青色，偶有斑点（图 3a）。窝卵数 3~7 枚，



图 2 粉红椋鸟巢和卵

Fig. 2 The nests and eggs of *Pastoreus roseus*



图 3 粉红椋鸟的卵

Fig. 3 The eggs of *Pastoreus roseus*

a. 2 个可以孵化的卵；b. 被遗弃的卵。

a. Two hatchable eggs; b. Abandoned eggs.

平均窝卵数为 (5.4 ± 0.7) 枚 ($n = 10$ 巢)。能孵化的卵为青色或由白变青，而弃卵均为白色（图 3b），且内有气泡。卵平均长径为 (27.34 ± 0.97) mm，平均短径为 (19.98 ± 0.56) mm，平均卵重为 (5.54 ± 0.35) g ($n = 54$ 枚)。

2.2.3 孵卵 粉红椋鸟在产卵 2 或 3 枚后开始孵卵，通常 6 月中下旬雏鸟孵化出壳，孵卵期为 (16.3 ± 1.3) d ($15 \sim 19$ d) ($n = 10$ 巢)。孵卵期间，亲鸟具有较高的警觉性和较强的隐蔽行为，当有人靠近则即刻离巢，但粉红椋鸟会对该行为逐渐适应。首次靠近时，亲鸟受惊后飞走，约 30 min 内回巢，之后通常在 5 min 内回巢。孵卵后期，亲鸟恋巢性很强。观察发现，

亲鸟每日最长出巢时间约 1 h, 最短出巢时间在 1 min 内。

白天雌雄亲鸟交替孵卵, 亲鸟每天 5:50 ~ 6:30 时出巢, 且分多批次陆续交替出巢, 1 h 后出现捕食蝗虫行为。夜晚雌鸟在巢内孵卵, 20:30 ~ 21:00 时左右雌鸟不再离巢, 直到次日清晨。孵卵期间, 无干扰情况下两只亲鸟不会同时在巢, 空巢时间不超 2 min; 未观察到亲鸟主动弃巢, 但存在亲鸟被天敌捕食死亡导致繁殖失败的情况。

2.2.4 育雏 6 月中下旬雏鸟出壳, 并由雌雄亲鸟共同育雏。2022 年 6 月 20 日首次发现巢边有破碎卵壳, 说明雏鸟已成功孵化。雏

鸟孵出后, 卵壳被亲鸟衔出巢外。雏鸟出壳期为 2 ~ 3 d, 统计 10 巢共 54 枚卵的孵化率为 88.89%。待雏鸟全部离巢后, 亲鸟不再回巢并携雏鸟栖息于树上。在育雏期第 3、5、7 天亲鸟的每日喂食高峰时段均为 10:00 ~ 12:00 时, 且该时段喂食次数显著高于其他时段 (2022 年育雏期第 3 天: $F_{7, 32} = 76.11, P < 0.05$; 2022 年育雏期第 5 天: $F_{7, 32} = 88.19, P < 0.05$; 2022 年育雏期第 7 天: $F_{7, 32} = 73.26, P < 0.05$; 2023 年育雏期第 3 天: $F_{7, 32} = 90.61, P < 0.05$; 2023 年育雏期第 5 天: $F_{7, 32} = 72.19, P < 0.05$; 2023 年育雏期第 7 天: $F_{7, 32} = 55.84, P < 0.05$) (表 3)。

表 3 2022 和 2023 年粉红椋鸟亲鸟每日不同时段喂食次数

Table 3 Daily feeding times at different time periods of the parent birds of *Pastor roseus* in 2022 and 2023

时间段 Time period	喂食次数 Feeding times (n = 5)					
	育雏期第 3 天 Day 3 of the brooding period		育雏期第 5 天 Day 5 of the brooding period		育雏期第 7 天 Day 7 of the brooding period	
	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD
2022						
6:00 - 8:00	9 - 11	9.8 ± 0.8 ^c	11 - 13	12.0 ± 0.7 ^b	9 - 11	10.2 ± 0.8 ^c
8:00 - 10:00	10 - 13	12.0 ± 1.2 ^b	11 - 13	11.8 ± 0.8 ^b	11 - 14	12.6 ± 1.1 ^b
10:00 - 12:00	17 - 19	18.2 ± 0.8 ^a	16 - 18	17.0 ± 1.0 ^a	18 - 21	19.4 ± 1.5 ^a
12:00 - 14:00	11 - 14	12.8 ± 1.3 ^b	9 - 11	10.0 ± 1.0 ^c	10 - 13	11.6 ± 1.5 ^{bc}
14:00 - 16:00	9 - 12	10.4 ± 1.1 ^c	11 - 13	11.8 ± 0.8 ^b	9 - 12	10.6 ± 1.3 ^c
16:00 - 18:00	8 - 10	9.2 ± 0.8 ^{cd}	6 - 8	7.2 ± 0.8 ^d	7 - 9	8.0 ± 1.0 ^d
18:00 - 20:00	7 - 9	8.2 ± 0.8 ^d	8 - 10	9.2 ± 0.8 ^c	7 - 9	8.0 ± 1.0 ^d
20:00 -	4 - 6	4.8 ± 0.8 ^c	3 - 6	4.2 ± 1.1 ^c	3 - 5	3.8 ± 0.8 ^c
2023						
6:00 - 8:00	12 - 14	12.8 ± 0.8 ^{cd}	14 - 16	15.2 ± 0.8 ^b	9 - 12	10.8 ± 1.3 ^{cd}
8:00 - 10:00	13 - 15	13.8 ± 0.8 ^{bc}	14 - 16	15.0 ± 1.0 ^b	11 - 14	12.4 ± 1.1 ^{bc}
10:00 - 12:00	19 - 21	20.0 ± 1.0 ^a	18 - 22	19.8 ± 1.5 ^a	19 - 23	20.8 ± 1.6 ^a
12:00 - 14:00	13 - 16	14.4 ± 1.1 ^b	11 - 15	12.8 ± 1.5 ^c	12 - 16	14.2 ± 1.6 ^b
14:00 - 16:00	10 - 13	11.4 ± 1.3 ^d	11 - 14	12.2 ± 1.3 ^c	12 - 16	13.2 ± 1.6 ^b
16:00 - 18:00	10 - 13	11.6 ± 1.1 ^d	8 - 12	10.2 ± 1.5 ^d	9 - 12	10.4 ± 1.1 ^d
18:00 - 20:00	6 - 9	7.4 ± 1.1 ^e	9 - 12	10.0 ± 1.2 ^d	8 - 11	9.4 ± 1.1 ^d
20:00 -	4 - 6	5.0 ± 1.0 ^f	3 - 5	3.8 ± 0.8 ^e	4 - 6	5.0 ± 1.0 ^e

数据后标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$, 单因素方差分析)。

Data with different lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$, one-way ANOVA).

2.3 雏鸟发育

刚孵化出壳的雏鸟全身皮肤呈粉红色，浑身湿润，几小时后身体变干，全身覆有浅灰色小绒毛，喙呈黄色、三角状，腹部膨大呈球状，常常张嘴鸣叫，未睁眼（图 4a）。随着雏鸟发育，喙先变得尖锐，跗跖长度也变化迅速，接着头顶、两侧翅膀及背中线出现较硬的黑色针羽，之后逐渐长出羽毛。破壳 5 d 后，雏鸟羽毛变黑（图 4b）；7 d 后，眼睁开，可贴地爬行；12 d 后，全身羽毛基本长齐，羽毛柔软呈浅棕色，雏鸟可在石缝中爬行，偶有雏鸟串巢；18 d 后，可短暂贴地飞行，期间由于亲鸟死亡或天敌捕食会出现雏鸟死亡现象。完全离巢的雏鸟整体呈浅棕色，羽毛夹杂灰色和褐色，并未出现粉红色（图 4c）。

粉红椋鸟雏鸟生长模式呈典型的 S 型（图 5）。雏鸟体重（ W ，单位 g）随日龄（ x ，单位 d）增长的 Logistic 模型函数表达式为， $W = 72.612\ 54 / (1 + 15.045e^{-0.453\ 13x})$ ，雏鸟体重的极限值为 72.612 54 g。跗跖长（ Y ，单位 mm）增长的 Logistic 模型函数表达式为， $Y = 32.895\ 058 / (1 + 9.783e^{-0.284\ 3x})$ ，雏鸟跗跖长的极限值为 32.895 058 mm。

3 讨论

3.1 粉红椋鸟的繁殖地点选择及迁徙时间

粉红椋鸟是新疆草原蝗虫的重要生物天敌，其繁殖季节与蝗虫发生的时间和地域重合，每只粉红椋鸟的日平均取食量为 100 多只蝗虫（于非等 2007，陈万基等 2023），可大幅降低



图 4 粉红椋鸟雏鸟发育

Fig. 4 Development of *Pastor roseus* nestlings

a. 刚孵化的雏鸟；b. 5 日龄雏鸟；c. 离巢雏鸟。a. Newly hatched nestlings; b. Five-day-old chicks; c. The young left nests.

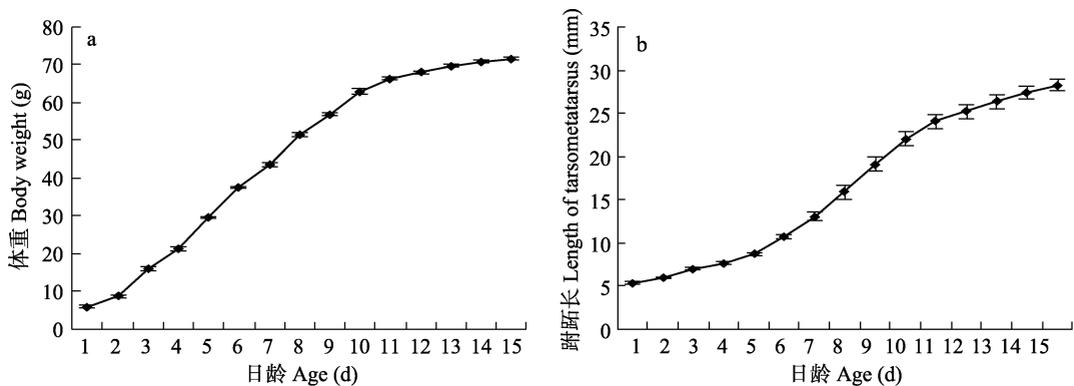


图 5 2022 年哈密市 1~15 日龄粉红椋鸟雏鸟生长曲线

Fig. 5 The growth curve of *Pastor roseus* nestlings from 1 to 15 d old in Hami City in 2022

a. 雏鸟体重日变化；b. 雏鸟跗跖长日变化。误差线表示标准差。

a. Diurnal variation in body weight of nestlings; b. Diurnal variation in the length of tarsometatarsus of nestlings. Error bar indicates standard deviation.

草原蝗虫密度,在针对新疆的草原蝗虫防治中,粉红椋鸟较其他防治措施更具优越性(孙涛等 2008)。

2022 和 2023 年选择的研究区域同属白石头乡蝗害区,且该区域内这两年的蝗虫密度均高于其他 5 个蝗害区。其中,2022 年该区域的成虫期蝗虫密度接近防治指标最小值(10 头/m²),2023 年则超过防治指标最大值(20 头/m²)。治蝗站的资料显示:2022 年春季以来哈密山北部地区气温较往年有所增高,降水相对偏少,因此大部分草原出现旱情,一定程度影响了蝗虫孵化,仅在蝗虫密度较高的本研究区域和伊吾前山蝗害区发现粉红椋鸟筑巢和产卵,但总体蝗虫孵化时间与往年一致。2023 年上半年哈密山北部地区气温较往年偏低,多次降温降水导致气温回升较慢,一定程度推迟了蝗卵发育和孵化进度,致使 2023 年粉红椋鸟迁入研究区域时间晚于 2022 年,且仅在蝗虫密度较高的本研究区域发现少量粉红椋鸟筑巢;从 7 月份开始气温不断升高,且植被生长较好,满足了蝗虫生长发育需求,致使局部蝗虫密度及危害面积短期内迅速增加,最高密度每平方米可达上百头,促使更多的粉红椋鸟在此筑巢,该月出现第二批粉红椋鸟产卵的现象,且同时发现粉红椋鸟迁出研究区域时间晚于 2022 年。综上,粉红椋鸟的繁殖地点选择和迁徙时间主要与蝗虫密度紧密相关。

一些研究认为,砖巢对粉红椋鸟招引效果最好,其次是砖混石巢,最后为石巢(李福琛等 2012,杜桂林等 2018),本研究结果与其不符。本研究中,研究区域内既有人工石巢也有砖巢,粉红椋鸟连续两年均选择筑巢于周围蝗虫密度较高的石巢中,而周围蝗虫密度较低的砖巢中无粉红椋鸟筑巢。尽管粉红椋鸟繁殖地点的选择可能与蝗虫密度有关,但也不能完全排除与巢的建造方法和材质有关。石巢的通道纵横交错、曲折复杂,缝隙极小,隐蔽性较强,鸟巢不易被破坏,从而保证了粉红椋鸟的安全

以及成功繁殖,而砖巢的保温性虽强于石巢,但隐蔽性不强。

3.2 育雏期间每日喂食高峰

本研究发现 2022 和 2023 年亲鸟育雏期间,每日喂食高峰时段在 10:00 ~ 12:00 时,该时段内亲鸟喂食次数显著高于其他时段($P < 0.05$),这与王子涵等(2011)的研究结果一致,在其他鸟类中也有类似现象(张顺楠等 2008)。这是由于在研究地区,该时间段内气温适宜且雏鸟活跃,既避开了高温不利条件,保证了亲鸟多次交换离巢后的巢内温度,也可满足雏鸟经过一夜消化后缺少的食物营养需求;其次,该时间段内蝗虫较为活跃,有利于亲鸟捕食更多蝗虫,从而确保雏鸟食物充足。此外,关于粉红椋鸟每日的喂食高峰时段,不同地区不同年份的研究结果具有差异,俞家荷(1988)认为,玛纳斯县粉红椋鸟每日的喂食高峰时段为 9:30 ~ 10:30 时,王晗等(2010)则认为巴里坤哈萨克自治县为 6:30 ~ 7:30 时及 10:30 ~ 12:30 时。导致研究结果不一致的原因可能与繁殖地所处位置和小气候以及捕食点与鸟巢的距离等因素有关。

3.3 雏鸟的生长发育

粉红椋鸟雏鸟刚孵化出壳时发育不完全,不能睁眼,全身裸露,腿、足无力,不具备独立生活能力,需留在巢内由亲鸟喂养,属于晚成鸟。有研究认为,喙和跗跖的发育与乞食行为直接相关,有助于雏鸟在食物竞争中获得优势,从而更易从亲鸟处获取食物;而翅膀和羽毛的功能主要体现为出巢后的飞行(Wiehn et al. 2000),在灰椋鸟(*Spodiopsar cineraceus*)和喜鹊(*Pica serica serica*)(许青 2002)中也有类似现象。本研究中,粉红椋鸟喙和跗跖发育较早,且发育程度较高,而翅膀和羽毛则发育较晚,符合粉红椋鸟是晚成鸟的特征。根据 Logistic 曲线可知,雏鸟在 1 ~ 15 日龄内其不同发育阶段的体重和跗跖长增长率不同,其中 6 ~ 10 日龄体重和跗跖长增长最

快,符合能量分配假说(Dawson et al. 1960, Dunn 1975)和 S 型曲线特点,即由于亲鸟育雏期间保证了雏鸟的一部分热量,所以雏鸟在巢内发育早期用于调节体温和产生热能所需的能量有所降低,从而可以分配更多的能量用于机体发育,且 S 型曲线增长速率先增后降。巢内雏鸟在发育末期体重增速减缓,有利于其离巢后的飞翔生活,对保证其个体存活具有一定意义。

本研究采用红外摄像机全程跟踪调查了粉红椋鸟的繁殖过程,基本掌握了粉红椋鸟的繁殖特征,但由于粉红椋鸟仅在夏季蝗虫大量发生时期迁徙至新疆,在栖息地停留时间较短,加之仅连续调查 2 年,粉红椋鸟迁徙可能存在“大小年”之分,因此后续仍需进一步对其具体交配过程、迁飞路径和捕食效应等方面进行系统深入研究,以期充分利用其生物天敌作用对新疆的草原蝗虫进行有效防控。

致谢 本研究的野外工作得到了哈密市蝗虫鼠害预测预报防治站站长及工作人员的大力支持和帮助,在此一并感谢。

参 考 文 献

- Dawson W R, Evans F C. 1960. Relation of growth and development to temperature regulation in nestling Vesper Sparrows. *The Condor*, 62(5): 329–340.
- Diniarsih S, Jones S, Setiyono J, et al. 2016. Rosy Starling *Pastor roseus*: a new species for Indonesia. *Kukila*, 19(1): 60–64.
- Dunn E H. 1975. Growth, body components and energy content of nestling double-crested cormorants. *The Condor*, 77(4): 431–438.
- Hobson K A, Yohannes E. 2007. Establishing elemental turnover in exercising birds using a wind tunnel: implications for stable isotope tracking of migrants. *Canadian Journal of Zoology*, 85(6): 703–708.
- Ji R, Simpson S J, Yu F, et al. 2008. Diets of migratory rosy starlings (Passeriformes: Sturnidae) and their effects on grasshoppers: implications for a biological agent for insect pests. *Biological Control*, 46(3): 547–551.
- Kumar R. 2015. Rosy starling *Pastor roseus*: a first record from Uttarakhand, India. *Indian Birds*, 10(5): 135–136.
- Milchev B, Dimitrov D. 2005. Structure, dimensions and building materials of the nests of the rose-colored starling *Sturnus roseus* (Linnaeus, 1758) (Aves: Passeriformes) from South-east Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 57(1): 55–64.
- Nankinov D, Dalakchieva S, Popov K, et al. 2001. Die invasion des Rosenstares in Bulgarien im Jahre 2000. *Ornithologische Mitteilungen*, 6(7): 243–245.
- Nyagolov K, Profirov L, Mischev T, et al. 2003. Observations on breeding Rosy Starlings in Bulgaria. *British Birds*, 96(5): 242–246.
- Oo S S L, Kyaw M, Hlaing N M, et al. 2020. New to Myanmar: the Rosy Starling *Pastor roseus* (Aves: Passeriformes: Sturnidae) in the Hkakabo Razi Landscape. *Journal of Threatened Taxa*, 12(4): 15493–15494.
- Quader S, Raza R H. 2008. MigrantWatch: a citizen science programme for the study of bird migration. *Indian Birds*, 3(6): 202–209.
- Wiehn J, Ilmonen P, Korpimäki E, et al. 2000. Hatching asynchrony in the Eurasian kestrel *Falco tinnunculus*: an experimental test of the brood reduction hypothesis. *Journal of Animal Ecology*, 69(1): 85–95.
- 陈万基, 刘文新, 赵阳, 等. 2023. 伊犁河谷草原鼠害空间分布监测及防治方法. *草学*, (1): 68–73.
- 杜桂林, 赵海龙, 马崇勇, 等. 2018. 粉红椋鸟鸟巢结构和迁离时间防治草原蝗虫效果分析. *中国生物防治学报*, 34(6): 923–926.
- 龚建宁. 2001. 新疆草原蝗、鼠灾害与控制策略. *灾害学*, 16(2): 66–70.
- 黄人鑫, 向礼陔. 1987. 新疆食蝗鸟类的初步研究. *动物学研究*, 8(3): 251–260.
- 李福琛, 向蜀兰, 陈卫民. 2012. 草原治蝗中人工椋鸟巢不同结构对粉红椋鸟招引效果的研究. *草食家畜*, (1): 97–100.
- 石旺鹏, 谭树乾. 2019. 蝗虫生物防治发展现状及趋势. *中国生物防治学报*, 35(3): 307–324.
- 孙涛, 龙瑞军. 2008. 我国草原蝗虫生物防治技术及研究进展. *中国草地学报*, 30(3): 88–93.

- 王广君, 李贝贝, 田野. 2021. 主要蝗虫生态治理策略在我国的实践应用. *植物保护学报*, 48(1): 84–89.
- 王晗, 李占武, 于非, 等. 2010. 新疆哈密地区粉红椋鸟繁殖行为及招引对策的初步研究. *动物学杂志*, 45(4): 139–143.
- 王子涵, 张淑萍, 薛达元. 2011. 新疆阿勒泰地区粉红椋鸟的繁殖生态及雏鸟食性研究. *四川动物*, 30(5): 777–779.
- 许青. 2002. 喜鹊雏鸟的生长发育和体温调节能力. *东北林业大学学报*, 30(3): 38–41.
- 于冰洁, 陈吉军, 季荣. 2019. 新疆蝗虫及其监控技术研究进展. *应用昆虫学报*, 56(5): 927–933.
- 于非, 季荣. 2007. 人工招引粉红椋鸟控制新疆草原蝗虫灾害的作用及其存在问题分析. *中国生物防治*, 23(增刊 1): 93–96.
- 俞家荷. 1988. 蝗虫的天敌——粉红椋鸟. *昆虫天敌*, 10(3): 155–159.
- 张顺楠, 刘鹏, 赵文阁, 等. 2008. 红尾伯劳的育雏行为及雏鸟生长. *哈尔滨师范大学自然科学学报*, 24(1): 83–86.