

红碱淖遗鸥孵卵行为^{*}

汪青雄¹ 杨超¹ 刘铮² 肖红^{1**}

(¹陕西省动物研究所, 西安 710032; ²陕西省信息网络与软件创新工程中心, 西安 710043)

摘要 2012年5—6月,应用 e-Science 信息技术,对红碱淖遗鸥的孵卵行为进行了研究。结果表明,不同孵化阶段昼夜间孵卵节律分别为:孵化前期换孵次数 6.40 ± 0.45 ($n=68$)、 2.37 ± 0.20 ($n=62$),坐巢方向变换 35.34 ± 2.12 ($n=68$)、 16.16 ± 0.67 ($n=62$),翻卵次数 10.81 ± 0.50 ($n=68$)、 6.58 ± 0.40 ($n=62$);孵化中期换孵次数 2.20 ± 0.12 ($n=66$)、 0.52 ± 0.06 ($n=60$),坐巢方向变换 18.73 ± 0.85 ($n=66$)、 4.28 ± 0.31 ($n=60$),翻卵次数 10.14 ± 0.55 ($n=66$)、 4.22 ± 0.30 ($n=60$);孵化后期换孵次数 1.81 ± 0.10 ($n=48$)、 0.53 ± 0.07 ($n=47$),坐巢方向变换 15.17 ± 0.75 ($n=48$)、 3.87 ± 0.34 ($n=47$),翻卵次数 8.65 ± 0.51 ($n=48$)、 3.26 ± 0.22 ($n=47$)。当大风或大雨时,对同一孵化阶段的换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数均存在极显著差异($P < 0.01$)。双亲交替换孵主要集中于 04:00—06:00、08:00—10:00、12:00—14:00 等时间段内。孵化后期,亲鸟坐巢时长达到 601.14 ± 31.16 min ($n=56$)。遗鸥通过调节昼夜间的孵卵节律来控制卵的温度,以保证昼夜间卵胚胎的正常发育。

关键词 遗鸥; 孵卵行为; e-Science 技术; 红碱淖

中图分类号 Q958.1 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2013)2-0375-05

Hatching behavior of relict gull *Larus relictus* in Hongjiannao of Shannxi Province, Northwest China. WANG Qing-xiong¹, YANG Chao¹, LIU Zheng², XIAO Hong^{1**} (¹Shannxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, China; ²Network Information and Software Engineering of Shannxi Province, Xi'an 710043, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(2): 375–379.

Abstract: By using e-Science information technology, an investigation was made on the hatching behavior of relict gull (*Larus relictus*) in the Hongjiannao of Shannxi Province, Northwest China from May to June, 2012. The diurnal hatching rhythms at different hatching stages were as the follows. At daytime, the times of exchanging hatching at the early, medium, and late stages of hatching averaged 6.40 ± 0.45 ($n=68$), 2.20 ± 0.12 ($n=66$), and 1.81 ± 0.10 ($n=48$), the changes of sitting nest direction averaged 35.34 ± 2.12 ($n=68$), 18.73 ± 0.85 ($n=66$), and 15.17 ± 0.75 ($n=48$), and the times of turning eggs over averaged 10.81 ± 0.50 ($n=68$), 10.14 ± 0.55 ($n=66$), and 8.65 ± 0.51 ($n=48$), respectively. At night, the times of exchanging hatching averaged 2.37 ± 0.20 ($n=62$), 0.52 ± 0.06 ($n=60$), and 0.53 ± 0.07 ($n=47$), the changes of sitting nest direction averaged 16.16 ± 0.67 ($n=62$), 4.28 ± 0.31 ($n=60$), and 3.87 ± 0.34 ($n=47$), and the times of turning eggs over averaged 6.58 ± 0.40 ($n=62$), 4.22 ± 0.30 ($n=60$), and 3.26 ± 0.22 ($n=47$), respectively. On the days with strong wind and heavy rain, there existed significant differences in the times of exchanging hatching, the changes of sitting nest direction, and the times of turning eggs over at the same hatching stages, as compared with those on fine days. The time intervals of exchanging hatching by the parents were mainly 04:00–06:00, 08:00–10:00, and 12:00–14:00. At the late stage of hatching, the duration of sitting nest by the parents was as long as 601.14 ± 31.16 min ($n=56$). It was suggested that the parents controlled the egg temperature via regulating the diurnal hatching rhythm to assure the normal development of egg embryo during daytime and night.

Key words: relict gull (*Larus relictus*); hatching behavior; e-Science technology; Hongjiannao.

^{*} 陕西省科学院重点项目(2011K-02)和陕西省科学院基础应用项目(2012K-06)资助。

^{**} 通讯作者 E-mail: xh4500@163.com

收稿日期: 2012-09-21 接受日期: 2012-12-03

鸟类的孵卵行为是鸟类繁殖生物学的重要一环,影响着生活史对策的进化。先前认为孵化是时间和能量分配的一种相对低的能量消耗。因此鸟类繁殖投入和生活史进化的研究忽略了孵化过程(Ettinger & King, 1980; Vleck, 1981; Brown & Fredrickson, 1987)。研究表明,孵化过程中能量消耗与育雏期同样高,甚至单亲雌鸟会更高(Williams, 1993)。因此,鸟类在孵化过程中面临着时间和能量等有限资源如何分配的问题。孵化的亲鸟需要依据身体状况和环境因子的变化,权衡孵卵和取食的时间分配,采取适当的孵卵节律来解决两者之间的冲突(Conway & Martin, 2000; 毕中霖等, 2003; 贾陈喜等, 2003)。为此,本文从亲鸟换孵频次、坐巢持续时间、翻卵次数、天气状况和食物等方面,解释孵化行为上的差异,探讨集群繁殖的鸥科鸟类孵化行为策略。

遗鸥(*Larus relictus*)是国家Ⅰ级重点保护野生动物,被列入濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)和迁徙物种公约(MSC)附录Ⅰ,在IUCN所发布的红皮书或相类似的出版物中一直被列为受威胁物种。遗鸥为单配制,即一夫一妻制。主要在湖心岛上繁殖,每年最早3月末4月初迁来红碱淖,产第1枚卵后即坐巢孵化,双亲轮流孵卵。遗鸥的基础繁殖生物学已有相关报道(张荫荪等, 1993; 汪青雄等, 2012),但其孵卵行为尚未见报道。因此,2012年5—6月,对红碱淖湿地遗鸥的孵卵行为进行了研究,以期为更好地保护和管理这一全球性濒危物种提供重要的科学参考依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

研究地区位于陕西省神木县红碱淖(38°13'N—39°27'N, 109°42'E—110°54'E),该地区属于鄂尔多斯高原内陆性淡水湖泊。湖面海拔1200 m, 2012年实际测量面积32.00 km²。实测pH值为9.2。红碱淖地区属于温带大陆性气候,年平均气温5.2℃, 7月平均气温21.3℃, 12月平均气温-12.9℃。降水一般集中在每年7—8月,占全年降水量的65%,多年年平均降水量350 mm左右,蒸发量为2501 mm,春夏两季蒸发量很大。

红碱淖湖心岛上的植被由于基质不同可分两种类型:一类是沙质类型的稀疏草本群落,主要植物有黑沙蒿(*Artemisia ordosia*)、白沙蒿(*A. sphaerocephala*)、刺蓬(*Salsola ruthenica*)等,还见有长芒草(*Stipa bungeana*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、芦苇(*Phragmites communis*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、苦荬菜(*Ixeris denticulata*)、碱茅(*Puccinellia distans*)等;另一类是基质为红砂页岩分化产物,目前基本处在裸地阶段,仅偶见有零星的寸草苔(*Carex rigescens*)和刺蓬的分布(汪青雄等, 2012)。

1.2 研究方法

研究中采用e-Science信息技术,即在信息化基础设施支持下,在湖心岛上安装红外视频监控系统,利用太阳能电池供电,通过无线数据传输,在室内进行远程实时监控采集观测数据(Hey & Trefethen, 2003)。2012年4月6—10日,在遗鸥营巢之前,选择2个湖心岛分别安装了1台光学18倍红外高清枪式网络摄像机(VIVOTEK-IZ7151)和1台光学22倍红外高清球型网络摄像机(VIVOTEK-PSD7251W),监测遗鸥昼夜间的行为活动。5月初,遗鸥开始产卵。当产第1枚卵后,每隔2~3 d上岛实地调查,以确定每巢产卵结束时间。在2个岛上选取3~4个不同巢群,在每个巢群中选取10~14个巢,并用红蓝色标记牌插入巢边沙地标记巢号,便于巢和亲鸟个体鉴别。

遗鸥产第1枚后即进入坐巢孵卵。由于不同孵化阶段孵卵行为表现出的差异性,为此,把孵卵行为分为3个时期(Beer, 1965):1)孵化前期。指遗鸥每窝产第1枚卵后至产卵结束。2)孵化中期。指遗鸥产卵结束后8~12 d。3)孵化后期。指遗鸥每窝第1只雏鸟出壳前5~6 d。每个孵卵阶段持续观察记录5~6 d。由于每窝亲鸟营巢和产卵时间的不一致,观察时间从5月3日—6月3日(即孵化前期为5月3—9日,孵化中期为5月17—22日,孵化后期为5月25—6月3日)。

同时,为了研究昼夜间孵卵阶段的差异,依据研究地区的日出和日落时间,将昼间和夜间分别计为:1)昼间。指05:00—20:00。2)夜间。指20:00—翌日05:00。

对每巢亲鸟昼夜间平均换孵次数(n)和时间、坐巢方向变换次数(n)、翻卵次数(n)和坐巢时间长短(min)等数据进行统计,进而研究遗鸥的孵卵节律。

在研究地区安装北京联创思源科技有限公司生产的Uni-WS无线移动全天候气象站,用于记录天气状况(如温度、风速、晴天、阴天、雷雨),分析天气

状况对孵卵节律的影响。

1.3 数据分析

通过反复观看录制的视频记录数据。数据分析采用 SPSS 17.0 统计分析软件,绘图采用 SigmaPlot 12.2 来完成,文中均值数据采用平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 的方法。对不同孵化阶段的孵卵节律各参数进行正态分布检验,符合时用 ANOVA 中 LSD 检验,不符合时用非参数 Mann-Whitney U 检验是否存在差异。相关性分析采用 Pearson 相关性检验。

2 结果与分析

2.1 红碱淖遗鸥的繁殖基本情况

2012 年 3 月 28 日首见遗鸥迁来,4 月下旬在湖心岛沙地上营群巢,5 月初开始产卵,产每窝卵需 4.67 ± 0.27 d ($n=30, 2\sim6$ d),孵化期为 25.36 ± 0.15 d ($n=30, 24\sim28$ d)。平均窝卵数为 2.60 ± 0.13 枚 ($n=30, 2\sim4$ 枚)(每窝 2 枚占 30%,3 枚占 60%,1 和 4 枚占 10%)。观察对象中 5 月 30 日首见出壳雏鸟,到 6 月 3 日全部巢中第 1 只雏鸟出完。

2.2 遗鸥的昼夜间孵卵节律

对不同孵化阶段昼夜间孵卵节律观察结果(图 1)发现,孵化前期昼夜间的孵卵节律均高于同一时段其他两个时期。除孵化中期夜间的换孵次数与孵化后期一致外,孵化中期均高于孵化后期。同一孵化阶段夜间的换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数明显低于昼间。由此可见,随着孵化期天数的增加,换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数逐渐减少。

对不同孵化阶段昼夜间孵卵节律差异性分析表

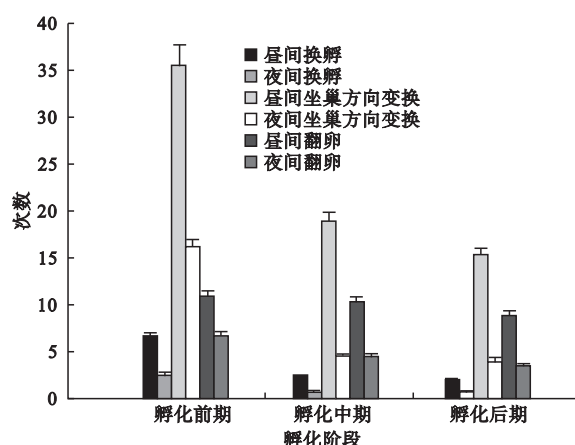


图 1 不同孵化阶段昼夜间孵卵节律

Fig.1 Incubation rhythm during daytime and night in different periods

明,昼间孵化前期与孵化中期和孵化后期的换孵次数 ($F=58.27, P<0.01$; $F=54.04, P<0.01$) 和坐巢方向变换 ($F=26.39, P<0.01$; $F=20.71, P<0.01$) 均存在显著差异,翻卵次数 ($F=0.71, P>0.05$; $F=3.32, P>0.05$) 没有明显差异;孵化中期与孵化后期的坐巢方向变换 ($F=5.24, P<0.05$) 和翻卵次数 ($F=6.57, P<0.05$) 均存在显著差异,而换孵次数 ($F=3.68, P>0.05$) 没有明显差异。

夜间孵化前期与孵化中期和孵化后期的换孵次数 ($F=26.39, P<0.01$; $F=20.71, P<0.01$)、坐巢方向变换 ($F=23.22, P<0.01$; $F=18.50, P<0.01$) 和翻卵次数 ($F=6.42, P<0.05$; $F=25.20, P<0.01$) 均存在显著差异,孵化中期与孵化后期除翻卵次数 ($F=9.45, P<0.05$) 存在显著差异外,换孵次数 ($F=0.09, P>0.05$) 和坐巢方向变换 ($F=0.02, P>0.05$) 均未有明显差异。

2.3 天气状况对孵卵节律的影响

当风速达到 $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 及以上或降雨量达到 15 mm 及以上时,同一孵化阶段的换孵次数 ($U=0.00, 205.00, 52.50, P<0.01$)、坐巢方向变换 ($U=0.50, 6.50, 4.00, P<0.01$) 和翻卵次数 ($U=1.00, 11.00, 6.50, P<0.01$) 均存在极显著差异。尤其是大风时,所有坐巢孵化的遗鸥都面朝风向,紧缩身体,尽量减少换孵次数 ($0.83\pm0.16, n=23$)、坐巢方向变换 ($3.78\pm0.39, n=23$) 和翻卵次数 ($1.35\pm0.21, n=23$) 的发生频次。当雷雨天气时,换孵次数 ($0.83\pm0.11, n=12$) 与大风时基本相似,但坐巢方向变换 ($10.33\pm1.72, n=12$) 和翻卵次数 ($3.08\pm0.47, n=12$) 均高于大风天气。

昼间孵化节律与温度变化 Pearson 相关性分析表明,换孵次数 ($r=0.20, P=0.14, n=15$)、坐巢方向变换 ($r=0.17, P=0.28, n=15$) 和翻卵次数 ($r=0.14, P=0.35, n=15$) 与当天平均气温均没有相关性。

2.4 昼夜间活动性

对遗鸥双亲昼夜间换孵时间观察发现(图 2),双亲交替换孵主要集中于 04:00—06:00、10:00—14:00 等时间段内,可以推测夜晚气温低使得维持卵温的能量消耗加大,从而第 2 天清晨急于换孵取食,以及与 06:00—08:00 和下午 16:00—20:00 两个觅食高峰时间段是相关的。观察还发现,夜间雄鸟坐巢的比例占 90%。孵化后期,亲鸟坐巢时长达到 (601.14 ± 31.16) min ($n=56$),其间有的最长坐巢时间达到 1195 min 左右。

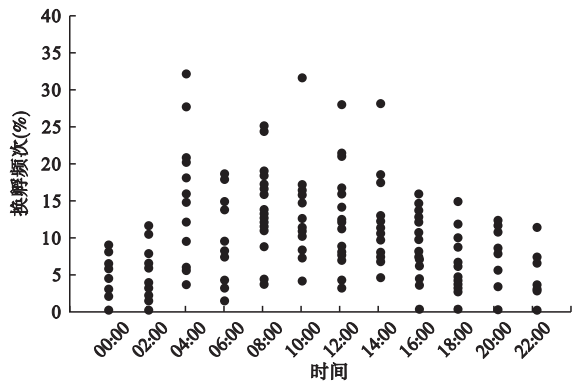


图 2 遗鸥昼夜间换孵时间节律
Fig. 2 Time rhythm of exchange incubation during day-time and night

3 讨 论

目前开展的鸟类孵卵节律的研究是把自动温度记录仪固定于假蛋内部或将探头直接放置巢中靠卵的位置,通过自动温度记录仪记录亲鸟孵卵时进巢或离巢的即时温度变化来获得数据。但对于湖心岛上营巢孵化的遗鸥不太适合。因为遗鸥为雌雄交替换孵,交换过程用时极短,并且中间无晾卵行为。因此,我们采用 e-Science 信息技术,即利用新一代网络技术,通过视频监控技术、物联网无线数据传输技术和太阳能技术构建野外远程视频监控系统,在信息化基础设施支持下进行科学研究活动。目前, e-Science技术在青海湖国家级自然保护区已有鸟类研究活动的成功案例(王金一等,2008)。2012 年,在红碱淖湖心岛上安装野外视频监控,对遗鸥从迁来红碱淖繁殖到繁殖结束后迁离进行全程昼夜间监控,避免在孵卵期对遗鸥的正常孵卵产生的干扰,同时也可获得准确的数据。

鸟类在孵卵时面临着时间和能量等有限资源如何分配的问题。孵卵的亲鸟不仅要卧巢为胚胎发育提供适宜的热量,还需要离巢取食以维持自身的生存(Bryant, 1979; Drent *et al.*, 1985)。在孵化前期,遗鸥成鸟在坐巢过程中不断地转动方向用脚刨坑或垫加巢材来继续加固巢,这主要是通过不断地转动方向使得卵受热均匀,并且垫加巢材也有利于卵温的保持以及避免卵温与沙地隔热。因此导致了孵化前期的坐巢方向变换和翻卵次数比后两个阶段显著差异的原因。研究地区在孵化前期水生昆虫,特别是双翅目(*Diptera*)摇蚊科(*Chironomidae*)昆虫和蜻蜓目(*Odonata*)的昆虫蓝纹螳(*Coenagrion dy-*

eri) 等种群未出现数量暴发时间,食物资源就成为了限制性因素(刘文盈等,2008)。因此,亲鸟则采取频繁换孵,缩短取食时间的策略,这就导致了孵化前期换孵次数显著增多的原因;随着孵化天数的增加,摇蚊大量羽化,食物资源不断地丰富,遗鸥的换孵次数明显减少,坐巢时间显著增长。于是遗鸥又采取离巢次数少、时间长的策略来调整孵卵节律。这与大型鸟类,如雁鸭类或雉类所采取的孵卵节律是相似的(Afton, 1980; Deeming, 2002; 孙悦华等, 2002, 2005)。

本研究地区早晚和白天温度相差较大,为了避免日间因温度过高导致对卵局部过度受热影响胚胎的正常发育。因此不断地通过翻卵和变换坐巢方向使之卵受热均匀。另外,研究地区白天直射地表温度达到 40 ~ 50 ℃,为了避免卵曝晒,交替换孵用时极短,并且未有晾卵行为发生。同样地,夜间的气温较低,为了防止卵温散热过快,通过减少翻卵次数和变换坐巢方向来调节卵的温度。尤其是当风速达到 4 m · s⁻¹ 及以上或降雨量为 15 mm 及以上雨水时,换孵次数、坐巢方向变换和翻卵次数比晴天时要有明显减少,这可能与孵化过程中尽量减少卵温的损耗有关,尤其是大风天气影响更甚。这说明大风比大雨时给卵温带来的散热要小。由此可见,遗鸥通过昼夜间的孵卵节律差异性变化来调节卵的温度,保证昼夜间卵胚胎的正常发育。

致 谢 感谢榆林市林业工作站以及红碱淖旅游管理局的大力支持和帮助。

参考文献

毕中霖, 孙悦华, 贾陈喜, 等. 2003. 莲花山云南柳莺的孵卵行为. 动物学杂志, **38**(6): 33-38.
贾陈喜, 王 众, 孙悦华. 2003. 灰蓝姬鹀的孵卵节律. 四川动物, **22**(4): 238-241.
孙悦华, 方 昀, Klaus S, 等. 2002. 自动温度记录技术在斑尾榛鸡产卵孵卵节律研究中的应用. 北京师范大学学报(自然科学版), **38**(2): 260-265.
孙悦华, 贾陈喜, 方 昀, 等. 2005. 甘肃莲花山蓝马鸡孵卵节律的初步研究. 动物学杂志, **40**(4): 29-33.
张荫荪, 丁文宁, 陈容伯, 等. 1993. 遗鸥(*Larus relictus*)繁殖生态学研究. 动物学报, **39**(2): 154-159.
汪青雄, 肖 红, 杨 超. 2012. 陕西红碱淖同域分布遗鸥与棕头鸥巢址选择比较. 生态学杂志, **31**(4): 949-953.
王金一, 欧阳欣, 杨 涛, 等. 2008. 中科院青海湖联合科研基础网络视频监控系统. 科研信息化技术与应用, **1**(1): 70-75.

- 刘文盈, 张秋良, 邢小军, 等. 2008. 鄂尔多斯高原盐沼湿地底栖动物多样性特征与遗鸥繁殖期觅食的相关性研究. 干旱区资源与环境, **22**(4): 185–190.
- Afton AD. 1980. Factors affecting incubation rhythms of northern shovelers. *Condor*, **82**: 132–137.
- Beer CG. 1965. Clutch size and incubation behavior in black-billed gull (*Larus bulleri*). *Auk*, **82**: 1–18.
- Brown PW, Fredrickson LH. 1987. Time budget and incubation behavior of breeding White-winged scoters. *Wilson Bulletin*, **99**: 50–55.
- Bryant DM. 1979. Reproductive costs in the house martin (*Delichon urbica*). *Journal of Animal Ecology*, **48**: 655–675.
- Conway CJ, Martin TE. 2000. Evolution of passerine incubation behavior: Influence of food, temperature and nest predation. *Evolution*, **54**: 670–685.
- Deeming DC. 2002. Avian Incubation. UK: Oxford University Press.
- Drent RH, Tinbergen JM, Biebach H. 1985. Incubation in the starling *Sturnis vulgaris*: Resolution of the conflict between egg care and foraging. *Netherlands Journal of Zoology*, **35**: 103–123.
- Ettinger AO, King JR. 1980. Time and energy budgets of the willow flycatcher (*Empidonax traillii*) during the breeding season. *Auk*, **97**: 533–546.
- Hey T, Trefethen A. 2003. e-Science and its implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **361**: 1809–1825.
- Williams JB. 1993. Energetics of incubation in free-living orange-breasted sunbirds in South Africa. *Condor*, **95**: 115–126.
- Vleck CM. 1981. Energetic cost of incubation in the zebra finch. *Condor*, **83**: 229–237.
-
- 作者简介** 汪青雄, 男, 1980年生, 硕士, 助理研究员, 主要从事于鸟类学研究。E-mail: wqx546@163.com
- 责任编辑** 张 敏
-