

# 天津八仙山国家级自然保护区野生 勺鸡集群模式和时空活动规律

周一凡<sup>①</sup> 马宝莹<sup>①</sup> 莫麒颖<sup>①</sup> 杜海红<sup>①</sup> 肖爱刚<sup>②</sup>  
赵铁建<sup>②</sup> 冯小梅<sup>②</sup> 孙国明<sup>②</sup> 赵大鹏<sup>①\*</sup>

① 天津师范大学生命科学学院 天津 300387; ② 天津八仙山国家级自然保护区管理服务中心 天津 301909

**摘要:** 2017年6月至2021年8月,基于红外相机技术在天津八仙山国家级自然保护区对野生勺鸡(*Pucrasia macrolopha*)开展集群模式和时空活动规律研究,研究期间共筛选出野生勺鸡独立有效照片218张,从中辨认出野生勺鸡266只次。研究发现:野生勺鸡呈现7种集群模式,以一雄一雌模式为主( $\chi^2 = 29.722$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.001$ );野生勺鸡呈昼行性活动,冬季核密度曲线为单峰型,其余3个季节均为双峰型,其活动高峰时间为,春季07:00~09:00时和14:00~16:00时,夏季08:00~10:00时和12:00~14:00时,秋季07:00~09:00时和15:00~17:00时,冬季10:00~12:00时;勺鸡的日活动节律存在性别差异,其活动特点呈明显错峰现象,其中,秋季的日活动强度存在显著性别差异(日活动曲线的重叠面积比 $\Delta = 0.6655$ ,  $P < 0.001$ );勺鸡在春、夏、秋3个季节的活动均偏向集中在10~20℃温度区段和600~799 m海拔区段,而冬季的活动偏向集中在-9~0℃温度区段和800~999 m海拔区段,不同温度区段的活动强度(Friedman:  $\chi^2 = 0.231$ ,  $df = 3$ ,  $P > 0.05$ )和不同海拔区段的活动强度(Friedman:  $\chi^2 = 5.615$ ,  $df = 3$ ,  $P > 0.05$ )均无显著季节差异。本研究为今后野生勺鸡的生态监测和保护管理提供了科学参考。

**关键词:** 红外相机技术;勺鸡;集群模式;时空活动模式

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2024) 02-190-09

## Patterns of Cluster and Spatiotemporal Activity of Wild Koklass Pheasants at Tianjin Baxianshan National Nature Reserve

ZHOU Yi-Fan<sup>①</sup> MA Bao-Ying<sup>①</sup> MO Qi-Ying<sup>①</sup> DU Hai-Hong<sup>①</sup> XIAO Ai-Gang<sup>②</sup>  
ZHAO Tie-Jian<sup>②</sup> FENG Xiao-Mei<sup>②</sup> SUN Guo-Ming<sup>②</sup> ZHAO Da-Peng<sup>①\*</sup>

① *College of Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300387;*

② *Management Service Center of Tianjin Baxianshan National Nature Reserve, Tianjin 301909, China*

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31772468), 中央财政林业补助资金项目——野生动物监测专项项目 (No. 53H20004), 生态环境部生物多样性调查、观测与评估项目 (No. 2019-01);

\* 通讯作者, E-mail: skyzdp@tjnu.edu.cn;

**第一作者简介** 周一凡, 女, 本科生; 研究方向: 野生动物资源保护; E-mail: 3073332957@qq.com.

收稿日期: 2023-03-14, 修回日期: 2023-10-31 DOI: 10.13859/j.cjz.202423045

**Abstract: [Objectives]** The research on the activity characteristics of species will help to provide an effective scientific basis for species protection. The Koklass Pheasant (*Pucrasia macrolopha*) is a national second-class protected animal. This study investigates the cluster pattern and spatiotemporal activity patterns of wild *P. macrolopha*. **[Methods]** From June 2017 to August 2021, infrared cameras were deployed in Tianjin Baxianshan National Nature Reserve to investigate the cluster pattern and spatiotemporal activity of wild *P. macrolopha*. A total of 218 independent valid photos were collected. **[Results]** It was found that seven cluster patterns of wild *P. macrolopha* were monitored (Fig. 2), and the main cluster pattern was one male and one female ( $\chi^2 = 29.722$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.001$ ). Wild *P. macrolopha* in this study exhibited diurnal activity characteristics. The nuclear density curve in winter was unimodal while that in other three seasons were bimodal (spring: 07:00 - 09:00, 14:00 - 16:00, summer: 08:00 - 10:00, 12:00 - 14:00, autumn: 07:00 - 09:00, 15:00 - 17:00, and winter: 10:00 - 12:00) (Fig. 3). Sex difference was found on the daily activity rhythm of *P. macrolopha*, and the activity characteristics exhibited a significant staggered peak phenomenon. There was a significant gender difference in the intensity of autumn daily activities ( $P < 0.001$ ) (Fig. 4). Activities of *P. macrolopha* in winter tended to be concentrated within the temperature range of  $-9 - 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  and the altitude range of 800 - 999 m, whereas in other three seasons tended to be concentrated within the temperature range of  $10 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  and the altitude range of 600 - 799 m. (Fig. 5). Activity intensity among different temperature ranges (Friedman:  $\chi^2 = 0.231$ ,  $df = 3$ ,  $P > 0.05$ ) and activity intensity among different altitude ranges (Friedman:  $\chi^2 = 5.615$ ,  $df = 3$ ,  $P > 0.05$ ) showed no significant seasonal differences. **[Conclusion]** This study could provide a scientific reference for ecological monitoring and protection management of wild *P. macrolopha* in the future.

**Key words:** Camera trapping technology; Koklass Pheasants, *Pucrasia macrolopha*; Cluster pattern; Spatiotemporal activity patterns

集群行为是动物社会结构的体现，在减轻捕食压力及增强物种抵御天敌的能力等方面具有重要作用 (Carere et al. 2009, Sridhar et al. 2009)。日活动节律是物种适应环境所表现出的有规律的周期性行为表达 (余建平等 2017)，受到多种因素的综合影响 (Zotov 2017, 刘小斌等 2017, 李安梅等 2022)。开展物种的集群模式和活动节律研究，有助于了解其种群结构、婚配制度以及生态适应策略等 (张晓辉等 2004)。

鸡形目鸟类作为生态系统的一部分，对于稳定生态系统的平衡具有重要意义 (张正旺等 2003)，由于其飞翔和扩散能力相对较弱，难以通过充分利用垂直空间的方式降低种间生态竞争 (周天祥等 2022)，同时易受到栖息地环境和人为干扰等因素影响 (Jolli et al. 2011)，因此其生态保护研究尤为关键。目前鸡形目活

动节律研究所涉及物种主要集中在雉科，如松鸡 (*Tetrao urogallus*) (Gjerde et al. 1987) 和白冠长尾雉 (*Syrnaticus reevesii*) (王嘉瑜等 2022)，而对其他科物种的相关研究较少 (Pérez-Irineo et al. 2021)。

勺鸡 (*Pucrasia macrolopha*) 隶属鸡形目 (Galliformes) 雉科 (Phasianidae) 勺鸡属，为国家二级重点保护野生动物，在 IUCN 物种红色名录中列为无危等级 (BirdLife International 2016)。目前，野生勺鸡的研究主要集中在种群密度 (门桂荣等 2012)、生境选择 (Shansaz et al. 2021) 及行为模式 (周一凡等 2023) 等方面。近年来红外相机技术被广泛应用于监测野生动物日活动节律，当前基于该技术对勺鸡日活动节律展开的相关研究主要关注野生勺鸡与同域雉科鸟类 (侯丹等 2022) 或

与潜在天敌(邓雪琴等 2022)活动节律的差异。本研究应用红外相机技术于天津八仙山国家级自然保护区对野生勺鸡集群模式和时空活动规律开展比较研究,旨在为加强相关物种的保护管理提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地点与红外相机布设

天津八仙山国家级自然保护区(以下简称“天津八仙山”)位于天津市蓟州区东北部(40°10'47" ~ 40°13'56" N, 117°31'55" ~ 117°33'53" E),总面积 10.49 km<sup>2</sup>,保护区属暖温带季风性大陆气候,季节特征明显(李立嘉等 2018)。本研究基于地理信息系统分别于 2017年6月至2020年6月和2020年6月至2021年8月两个时间区段开展红外相机监测,第一时间区段共布设 30 个位点,每个位点均布设 1 台红外相机;基于第一时间区段的研究结果,第二时间区段选取其中 24 个位点,并在原有位点的基础上增设 16 个新位点,每个位点均布设两台红外相机,拍摄范围交叉互补,即为对拍位点(图 1),总计 40 个位点共 80 台红外相机。

### 1.2 数据收集与数据分析

为降低物种照片数据的自相关性,将同一

相机位点 30 min 内连续拍摄到同一物种的首张照片记为 1 张独立有效照片(O'Brien et al. 2003)。在汇总对拍位点的监测时长及独立有效照片时,仅随机选取对拍位点中的一台相机照片进行数据汇总。对红外照片中的物种进行鉴识并分类,依据体型大小及羽毛颜色等区分照片中勺鸡的性别和成幼,将同一位点相机 30 min 内拍摄到勺鸡个体数目相对最多的照片作为基础数据,参照赵玉泽等(2016)的集群分类模式,基于本研究收集的数据确定集群类型,并使用卡方检验分析勺鸡主要集群模式。

通过核密度估计法分析勺鸡全年日活动节律,以及不同性别勺鸡的日活动节律。使用 R 4.0.2 软件中 activity 包和 overlap 包完成数据分析,首先将独立有效照片的时间转化为弧度数据,使用 overlapEst() 函数计算勺鸡季节间和性别间的日活动节律重叠系数,并通过 activity 包的 compareCkern() 函数分析勺鸡不同季节间和性别间日活动节律的差异(陈立军等 2019)。当两个样本中较小样本的数目高于 75 时使用 adjust = 1 计算 Dhat4,当样本数小于 50 时使用 adjust = 0.8 计算 Dhat1(Ridout et al. 2009)。

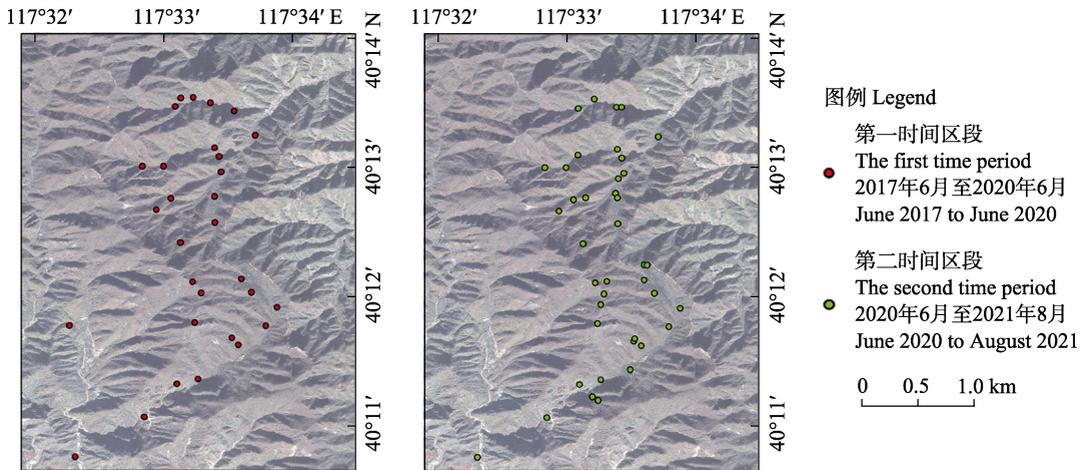


图 1 本研究红外相机布设位点

Fig. 1 Layout map of infrared cameras in this study

根据研究地点的气候与地形特点, 将温度划分为  $-19 \sim -10$  °C、 $-9 \sim 0$  °C、 $1 \sim 10$  °C、 $11 \sim 20$  °C、 $21 \sim 30$  °C 和  $31 \sim 40$  °C 共 6 个区段; 将海拔划分为 200 ~ 399 m、400 ~ 599 m、600 ~ 799 m 和 800 ~ 999 m 共 4 个区段。使用季节活动强度指数 (seasonal activity intensity index,  $I_{SAI}$ )、温度活动强度指数 (temperature activity intensity index,  $I_{TEAI}$ ) 和海拔活动强度指数 (elevation activity intensity index,  $I_{EAI}$ ) 分别计算不同季节、不同温度区段和不同海拔区段勺鸡活动强度, 其计算公式分别为  $I_{SAI} = 100(S_i/A)$ 、 $I_{TEAI} = 100(T_i/A)$ 、 $I_{EAI} = 100(E_i/A)$ , 式中,  $S_i$  表示不同季节勺鸡的有效照片数,  $T_i$  表示不同温度区段勺鸡的有效照片数,  $E_i$  表示不同海拔区段勺鸡的有效照片数,  $A$  表示监测时间内勺鸡的有效照片总数。本研究使用 Friedman 检验分析不同季节、不同温度区段、不同海拔区段勺鸡活动强度差异 (陈秋婷等 2021), 使用多元线性回归分析方法检验温度 ( $T$ ) 及海拔 ( $E$ ) 对勺鸡活动强度变化的影响 (孙喜娇等 2018)。应用 SPSS 26.0 和 R 4.0.2 进行数据统计分析及制图, 显著性差异水平设置为  $P \leq 0.05$ 。

## 2 结果

本研究总监测时长为 24 306 d, 共筛选出独立有效照片 218 张, 其中, 春、夏、秋和冬季分别 51、56、71 和 40 张; 共监测并辨识出野生勺鸡 266 只次, 其中, 雌性成体 124 只次、雄性成体 134 只次、幼体 8 只次。

### 2.1 勺鸡种群性比及集群模式

本研究监测到野生勺鸡雌雄性比全年为 0.93 : 1, 春季 1.03 : 1、夏季 0.88 : 1、秋季 0.89 : 1、冬季 0.92 : 1。本研究共监测到二雌、二雄、三雌、一雄一雌、一雌二幼、一雄二雌和一雄三雌 7 种集群模式, 其中以一雄一雌的集群模式为主 ( $\chi^2 = 29.722$ ,  $df = 6$ ,  $P < 0.001$ )。野生勺鸡的集群模式具季节性差异, 春季一雌一雄的集群模式占比相对最高 (图 2)。

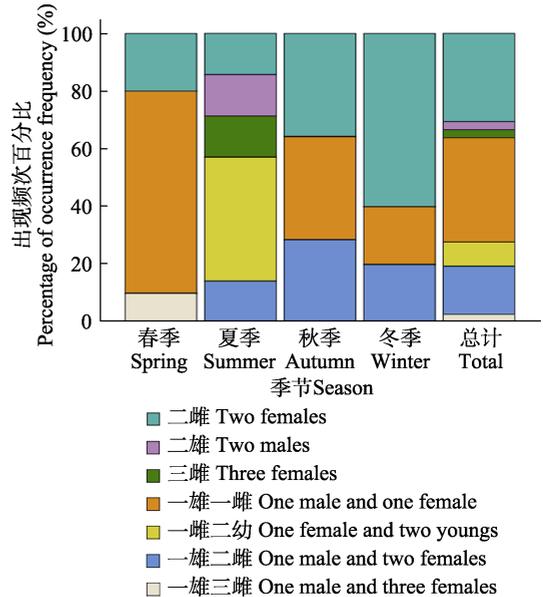


图 2 勺鸡四季不同集群模式所占百分比

Fig. 2 Percentages of group types of *Pucrasia macrolopha* across seasons

### 2.2 勺鸡时空活动规律

季节活动强度指数在秋季最高, 冬季最低。核密度曲线表明, 天津八仙山野生勺鸡活动特点属昼行性, 不同季节间日活动节律存在一定差异, 冬季核密度曲线为单峰型, 其余 3 个季节均为双峰型 (春季: 07:00 ~ 09:00 时和 14:00 ~ 16:00 时; 夏季: 08:00 ~ 10:00 时和 12:00 ~ 14:00 时; 秋季: 07:00 ~ 09:00 时和 15:00 ~ 17:00 时; 冬季: 10:00 ~ 12:00 时, 图 3)。与春、夏和秋 3 个季节第 1 个活动高峰相比较, 冬季活动高峰时段向后延迟。基于勺鸡不同季节日活动节律两两对比分析, 冬季与其他 3 个季节的日活动节律之间均存在显著差异, 而春、夏、秋 3 个季节两两间的日活动节律均无显著差异 (图 3)。

基于全年数据, 雄性勺鸡呈现 1 个活动高峰 (08:00 ~ 10:00 时), 雌性勺鸡呈现 3 个活动高峰 (06:00 ~ 07:00 时、10:00 ~ 11:00 时和 14:00 ~ 16:00 时) (图 4)。核密度曲线表明, 各个季节勺鸡的日活动节律均存在一定程度的

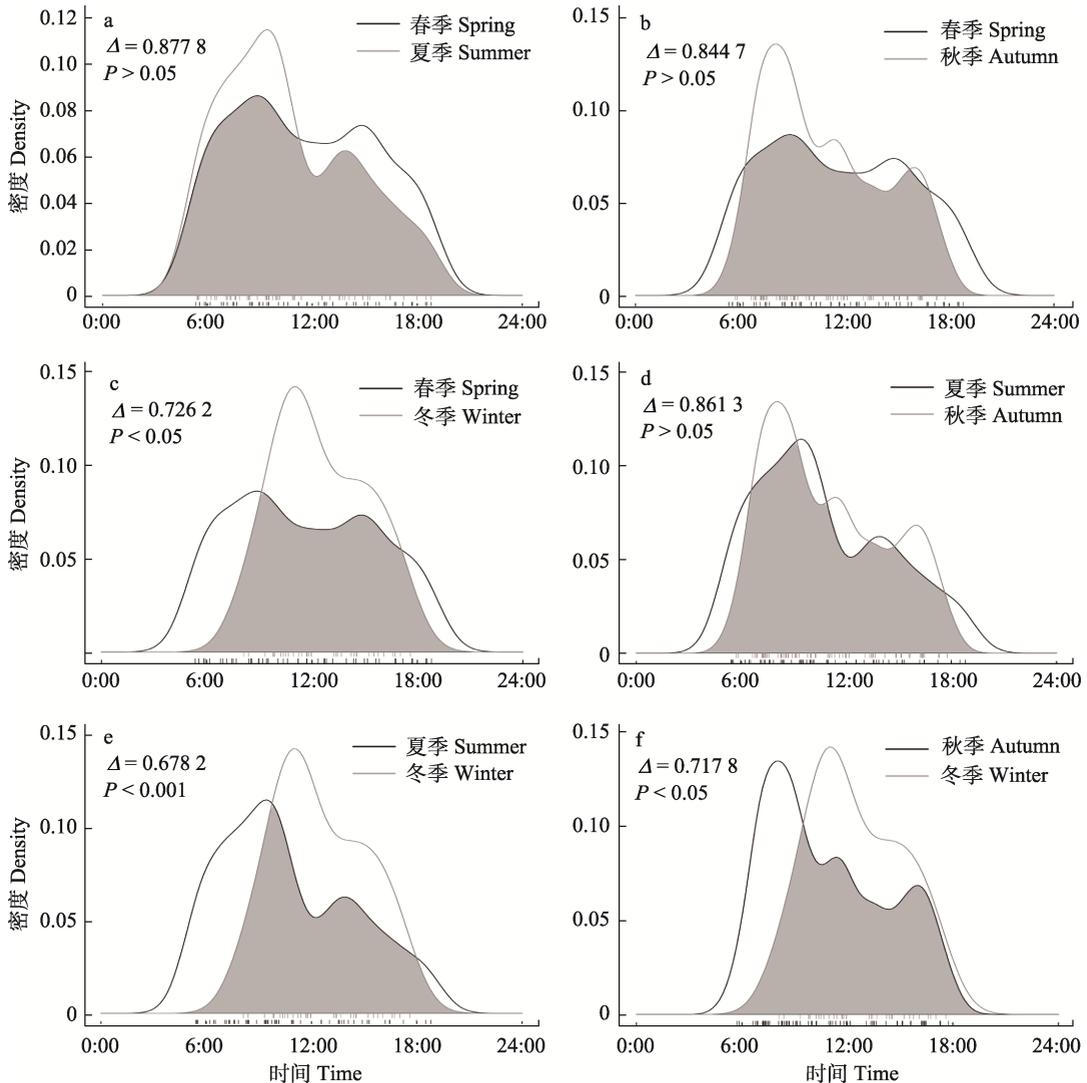


图3 勺鸡不同季节日活动节律对比

Fig. 3 Seasonal comparisons on daily activity rhythms of *Pucrasia macrolopha*

图中灰色重叠部分为两个季节勺鸡日活动节律重叠部分，横轴内的黑色细线和灰色细线表示该时段内勺鸡数据密度， $\Delta$ 表示两条日活动节律曲线的重叠面积比。

The grey overlapping part in the figure is the overlapping part of seasonal daily activity rhythm of *P. macrolopha*. The black line and grey line in the horizontal axis represent the data density of *P. macrolopha* in this period.  $\Delta$  represents overlapping area ratio of two daily activity rhythm curves.

性别差异 (图 4)。在春季，雄性勺鸡呈现 2 个活动高峰 (08:00 ~ 09:00 时和 14:00 ~ 16:00 时)，雌性勺鸡呈现 2 个活动高峰 (07:00 ~ 08:00 时和 10:00 ~ 12:00 时)。在夏季，雄性勺鸡呈现 1 个活动高峰 (07:00 ~ 08:00 时)，雌性勺鸡呈现 3 个活动高峰 (06:00 ~ 07:00 时、08:00 ~

09:00 时和 15:00 ~ 17:00 时)。在秋季，雄性勺鸡呈现 1 个活动高峰 (08:00 ~ 09:00 时)，雌性勺鸡呈现 2 个活动高峰 (06:00 ~ 07:00 时和 14:00 ~ 16:00 时)。在冬季，雄性勺鸡呈现 1 个活动高峰 (09:00 ~ 10:00 时)，雌性勺鸡呈现 2 个活动高峰 (10:00 ~ 11:00 时和 14:00 ~ 16:00

时) (图 4)。4 个季节中, 仅秋季勺鸡的日活动强度存在显著性别差异 (图 4)。

勺鸡在春、夏、秋 3 个季节偏向集中在 11 ~

20 °C 温度区段活动, 冬季偏向集中在 - 9 ~ 0 °C 温度区段活动 (图 5)。勺鸡在不同温度区段间活动强度无显著差异 (Friedman:  $\chi^2 = 7.556$ ,

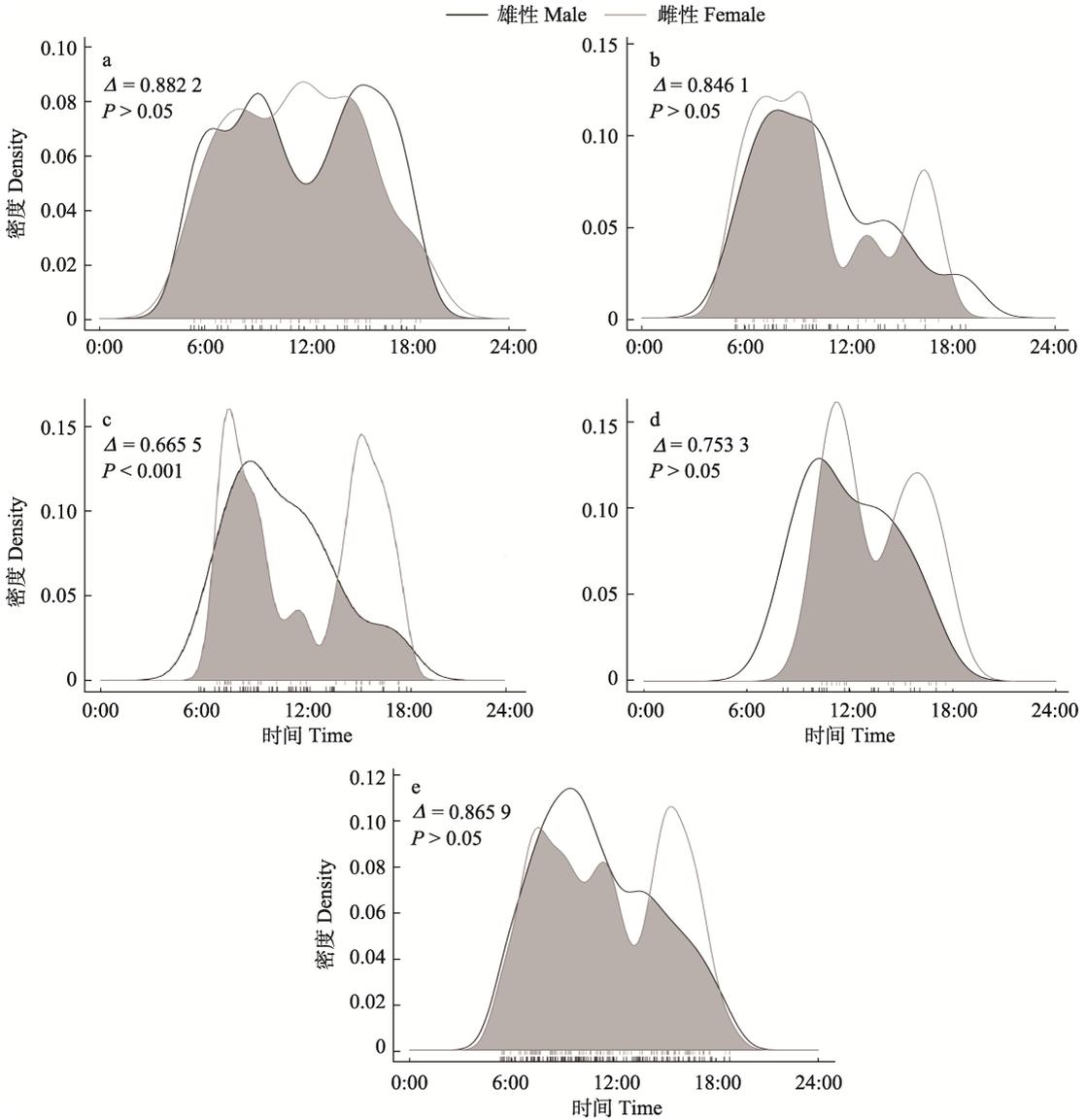


图 4 各个季节勺鸡日活动节律的性别差异比较

Fig. 4 Intersex comparisons on daily activity rhythms of *Pucrasia macrolopha* for each season

a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季; e. 总计。图中灰色重叠部分为不同性别勺鸡日活动节律重叠部分, 横轴内的黑色细线和灰色细线表示该时段内不同性别勺鸡的数据密度,  $\Delta$  表示两条日活动节律曲线的重叠面积比。

a. Spring; b. Summer; c. Autumn; d. Winter; e. Total. The grey overlapping part in the figure is the overlapping part of intersexual daily activity rhythm of *P. macrolopha*. The black line and grey line in the horizontal axis represent the data density of *P. macrolopha* for each sex.  $\Delta$  represents overlapping area ratio of two daily activity rhythm curves.

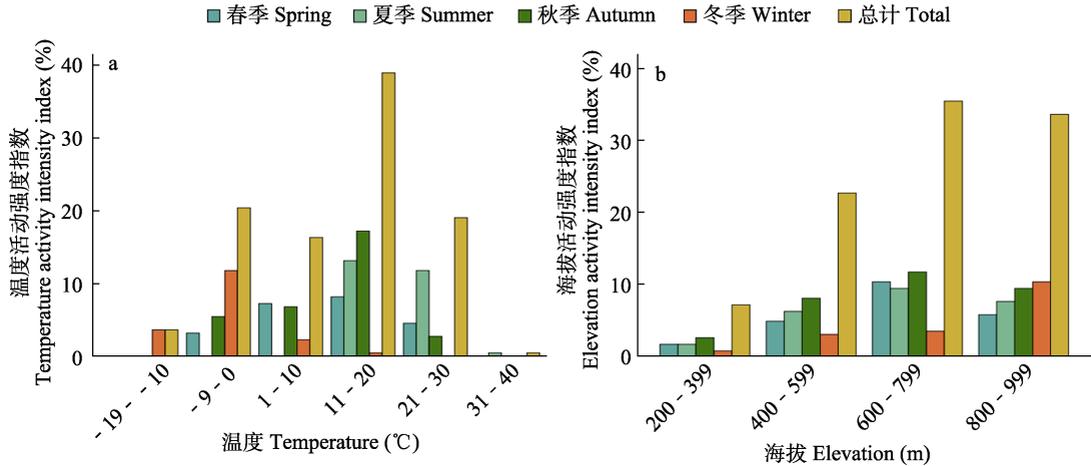


图 5 勺鸡全年不同温度区段活动强度 (a) 和不同海拔区段活动强度 (b)

Fig. 5 Year-round activity intensity index of *Pucrasia macrolopha* across different temperature ranges (a) and elevation ranges (b)

$df = 5, P > 0.05$ ), 温度活动强度指数 ( $I_{TEAI}$ ) 无显著季节差异 (Friedman:  $\chi^2 = 0.231, df = 3, P > 0.05$ )。多元线性回归分析结果表明, 勺鸡的温度活动强度指数 ( $I_{TEAI}$ ) 与温度 ( $T$ ) 之间的关系为  $I_{TEAI} = 0.04T + 1.95 (P < 0.05)$ , 即当温度升高时勺鸡的活动强度也随之增大。勺鸡在春、夏和秋 3 个季节均偏向集中在 600 ~ 799 m 海拔区段活动, 仅冬季偏向集中在 800 ~ 999 m 海拔区段活动 (图 5), 勺鸡在不同海拔区段间活动强度存在显著差异 (Friedman:  $\chi^2 = 11.100, df = 3, P < 0.05$ ), 海拔活动强度指数 ( $I_{EAI}$ ) 无显著季节差异 (Friedman:  $\chi^2 = 5.615, df = 3, P > 0.05$ )。多元线性回归分析结果表明, 勺鸡海拔活动强度指数 ( $I_{EAI}$ ) 与海拔 ( $E$ ) 的关系为  $I_{EAI} = 0.00595E - 0.7 (P > 0.05)$ , 即海拔对勺鸡的活动强度无显著影响。

### 3 讨论

本研究发现, 天津八仙山野生勺鸡全年雌雄性比为 0.93 : 1.00, 与甘肃关山林区勺鸡性比 (0.80 : 1.00, 周天林等 1996) 基本一致, 但与安徽大别山勺鸡性比 (1.47 : 1.00, 韩德民等 1993) 不一致, 体现了野生勺鸡的雌雄性比存在地区间差异。野生鸟类的集群模式受

到多种因素影响, 如自然季节 (Maldonado-Coelho et al. 2004)、栖息环境 (鲁庆彬等 2006) 及捕食风险 (赵玉泽等 2016) 等。天津八仙山野生勺鸡的集群模式具季节性差异, 在春季时集群模式以一雄一雌为主, 可能与勺鸡的繁殖行为相关。先前研究也发现野生勺鸡在春季繁殖时常表现为一雄一雌的集群模式 (徐照辉 2002)。

天津八仙山野生勺鸡全年日活动节律高峰特征与浙江仙霞岭自然保护区及周边地区 (06:00 ~ 10:00 时) (侯丹等 2022) 以及甘肃关山林区 (08:00 ~ 10:00 时和 15:00 ~ 17:00 时) (周天林等 1996) 的勺鸡日活动节律高峰具一定重叠, 但与安徽皖南山区 (10:00 ~ 11:00 时) (陈文豪等 2019)、河北雾灵山国家级自然保护区 (6:00 ~ 8:00 时) (陈彩霞 2021) 的勺鸡日活动节律高峰完全不重叠, 反映了野生勺鸡的日活动节律存在地区间差异。物种的日活动节律受到光照条件、生物竞争、人为干扰等多方面因素影响, 例如, 白腹锦鸡 (*Chrysolophus amherstiae*) 面对人为干扰会调整日活动节律 (胡远芳等 2022)。除冬季外, 天津八仙山野生勺鸡在其余 3 个季节均呈现 2 个日活动节律高峰, 可能与勺鸡躲避高温的行为有关 (余建

平等 2017)。基于全年数据, 野生勺鸡冬季的活动高峰向后推迟, 可能由于冬季环境温度较低, 勺鸡延后活动高峰和降低活动强度以减少低温所带来的影响, 这与白鹇 (*Lophura nycthemera*) 所采取的行为策略相同 (苏英钰等 2021)。

研究发现天津八仙山野生勺鸡的活动高峰存在性别差异, 并且出现了明显的错峰现象, 这与白冠长尾雉的相关研究结果 (王嘉瑜等 2022) 基本一致。本研究中雌性勺鸡夏季呈现 3 个活动高峰, 活动高峰的增加可能与雌性勺鸡育幼存在一定关系 (王志淦等 2019)。在温度区段偏好方面, 天津八仙山勺鸡冬季活动的温度区段低于春、夏、秋 3 个季节, 可能与冬季环境温度较低、勺鸡活动强度降低这一因素有关。在海拔区段偏好方面, 勺鸡春、夏、秋 3 个季节偏向集中在 600 ~ 799 m 海拔区段间活动, 而冬季的主要活动海拔区段为 800 ~ 999 m, 与安徽大别山的勺鸡 (韩德民等 1993) 和江西官山国家级自然保护区的白颈长尾雉 (*S. ellioti*) 冬季向低海拔迁移的研究结果 (徐言朋 2007) 相反, 可能与同域物种生态竞争及食物资源分布特点等因素有关, 有待进一步研究。

综上所述, 本研究应用红外相机技术开展了野生勺鸡集群模式和时空活动规律研究。在今后的研究中, 建议选择更多的野生勺鸡种群栖息地作为研究地点, 将日活动节律研究与其行为模式研究相结合, 深入了解勺鸡行为多样性及其生态适应特点, 将有助于该物种的科学管理及保护。

## 参 考 文 献

- BirdLife International. 2016. *Pucrasia macrolopha*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22679179A92805983. [DB/OL]. [2023-06-18]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22679179A92805983.en>.
- Carere C, Montanino S, Moreschini F, et al. 2009. Aerial flocking patterns of wintering starlings, *Sturnus vulgaris*, under different predation risk. *Animal Behaviour*, 77(1): 101–107.
- Gjerde I, Wegge P. 1987. Activity patterns of Capercaillie, *Tetrao urogallus*, during winter. *Ecography*, 10(4): 286–293.
- Jolli V, Pandit M K. 2011. Influence of human disturbance on the abundance of Himalayan pheasant (Aves, Galliformes) in the temperate forest of western Himalaya, India. *Vestnik Zoologii*, 45(6): e-40–e-47.
- Maldonado-Coelho M, Marini M Â. 2004. Mixed-species bird flocks from Brazilian Atlantic forest: the effects of forest fragmentation and seasonality on their size, richness and stability. *Biological Conservation*, 116(1): 19–26.
- O'Brien T G, Kinnaird M F, Wibisono H T. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6(2): 131–139.
- Pérez-Irineo G, Santos-Moreno A. 2021. Bird activity patterns in the understorey of an evergreen forest in Oaxaca, Mexico. *Neotropical Biology and Conservation*, 16(1): 1–10.
- Ridout M S, Linkie M. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 14(3): 322–337.
- Shansaz U H, Fazili M F, Bhat B A. 2021. Assessment of distribution and threats to two threatened pheasants in the Brein Nishat conservation reserve, Kashmir, India. *New Visions in Biological Science*. 5: 63–71.
- Sridhar H, Beauchamp G, Shanker K. 2009. Why do birds participate in mixed-species foraging flocks? A large-scale synthesis. *Animal Behaviour*, 78(2): 337–347.
- Zotov V A. 2017. Daily activity rhythm of desert omni-seasonal Tenebrionid beetles, *Trigonoscelis gigas* and *T. sublaevicollis* (Coleoptera, Tenebrionidae) in constant darkness and under alternating 1-hour pulses of light and darkness. *Entomological Review*, 97: 17–19.
- 陈彩霞. 2021. 红外相机技术在河北雾灵山国家级自然保护区中的应用. *绿色科技*, 23(2): 29–32, 40.
- 陈立军, 束祖飞, 肖治术. 2019. 应用红外相机数据研究动物活动节律——以广东车八岭保护区鸡形目鸟类为例. *生物多样性*, 27(3): 266–272.
- 陈秋婷, 赵铁建, 冯小梅, 等. 2021. 天津八仙山国家级自然保护区野生狗集群模式和时空活动规律. *四川动物*, 40(1): 8–14.
- 陈文豪, 张丁来, 方宏明, 等. 2019. 红外相机技术在皖南山区 3

- 种雉类资源研究中的应用. 安徽林业科技, 45(5): 18–21.
- 邓雪琴, 刘统, 刘天时, 等. 2022. 河南内乡宝天曼国家级自然保护区豹猫及其潜在猎物之间日活动节律的季节性. 生物多样性, 30(9): 114–122.
- 韩德民, 王岐山. 1993. 勺鸡的生态研究. 动物学研究, 14(1): 27–34.
- 侯丹, 徐基良, 李建强, 等. 2022. 浙江仙霞岭五种同域分布雉类日活动节律. 东北林业大学学报, 50(4): 55–59.
- 胡远芳, 李斌强, 梁丹, 等. 2022. 人为干扰对白腹锦鸡活动节律的影响. 生物多样性, 30(8): 100–113.
- 李安梅, 李言阔, 邵瑞清, 等. 2022. 基于红外相机技术分析融獾的活动节律. 动物学杂志, 57(2): 225–235.
- 李立嘉, 田向玲, 刘馨, 等. 2018. 天津八仙山国家级自然保护区核心区鸟类和哺乳动物资源初探. 天津师范大学学报: 自然科学版, 38(2): 35–39.
- 刘小斌, 韦伟, 郑筱光, 等. 2017. 红腹锦鸡和红腹角雉活动节律——基于红外相机监测数据. 动物学杂志, 52(2): 194–202.
- 鲁庆彬, 王小明, 王正寰. 2006. 四川省石渠县高山血雉繁殖初期的集群和生境需求及其相互关系. 动物学研究, 27(3): 243–248.
- 门桂荣, 杜小建, 袁朝晖. 2012. 陕西长青保护区勺鸡种群密度、分布及繁殖. 陕西理工学院学报: 自然科学版, 28(3): 64–67.
- 苏英钰, 黎敏灵, 程彬彬, 等. 2021. 江西官山国家级自然保护区白鹇活动节律及时间分配研究. 四川动物, 40(5): 517–524.
- 孙喜娇, 张明明, Larson H, 等. 2018. 贵州草海越冬黑颈鹤飞出飞回夜栖地行为节律初步观察. 动物学杂志, 53(2): 180–190.
- 王嘉瑜, 华俊钦, 陆帅, 等. 2022. 白冠长尾雉 (*Syrnaticus reevesii*) 日活动节律的年龄和性别差异. 生态学杂志, 41(9): 1755–1761.
- 王志淦, 李言阔, 钟毅峰, 等. 2019. 基于红外相机的白鹇集群模式与活动节律研究. 江西师范大学学报: 自然科学版, 43(6): 592–597.
- 徐言朋. 2007. 白颈长尾雉的活动规律及其季节变化. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 19–21.
- 徐照辉. 2002. 勺鸡各亚种的梯度变异及数量分布. 北京: 华文出版社, 66–68.
- 余建平, 钱海源, 陈小南, 等. 2017. 基于红外相机技术的白鹇日活动节律研究. 动物学杂志, 52(6): 937–944.
- 张晓辉, 徐基良, 张正旺, 等. 2004. 河南陕西两地白冠长尾雉的集群行为. 动物学研究, 25(2): 89–95.
- 张正旺, 丁长青, 丁平, 等. 2003. 中国鸡形目鸟类的现状与保护对策. 生物多样性, 11(5): 414–421.
- 赵玉泽, 曹婉露, 余进, 等. 2016. 基于红外相机技术的白冠长尾雉集群行为研究. 生态学报, 36(9): 2513–2520.
- 周天林, 王丕贤, 韩芬茹. 1996. 关山林区勺鸡生态的初步研究. 动物学研究, 17(1): 52–58.
- 周天祥, 杨华林, 张贵权, 等. 2022. 四川卧龙国家级自然保护区三种高山同域鸡形目鸟类的时空生态位比较. 生物多样性, 30(6): 103–112.
- 周一凡, 赵铁建, 冯小梅, 等. 2023. 基于红外相机技术的野生勺鸡行为谱及 PAE 编码系统. 野生动物学报, 44(2): 347–357.