

基于红外相机技术的野生环颈雉性比、 集群模式和时空活动规律

陈晓冰^{1#} 陈文琦^{1#} 周一凡¹ 张宁¹ 李迎春² 卢宪旺²
关洪武² 赵大鹏^{1*}

1 天津师范大学生命科学学院 天津 300387; 2 天津盘山风景名胜区管理服务中心 天津 301901

摘要: 性比、集群行为和活动规律均为动物行为生态学研究的重要组成部分。以广布种为研究对象进行相关研究对于探索其生存适应策略和开展综合保护管理具有重要意义。2019年7月至2021年4月,在天津盘山风景名胜区,应用红外相机技术开展野生环颈雉(*Phasianus colchicus*)性别、集群模式和时空活动规律的研究。本研究监测时长合计14 615 d,设置了40个监测网格,共筛选出独立有效照片217张。发现环颈雉共表现出7种集群模式,以单雄和单雌为主($\chi^2 = 957.203$, $df = 5$, $P < 0.001$);在全年四季中,环颈雉夏季和秋季的相对活动强度较高,而冬季的相对活动强度最低,其中,春季和夏季之间($Z = -3.185$, $P = 0.001$)、夏季和冬季之间($Z = -3.229$, $P = 0.001$)、秋季和冬季之间($Z = -2.492$, $P < 0.050$)的相对活动强度均存在显著性季节差异;基于整体数据,环颈雉日活动节律存在2个活动高峰(8:00~11:00时和17:00~19:00时),春季与秋季之间($\Delta = 0.729$, $P < 0.050$)、春季与冬季之间($\Delta = 0.614$, $P < 0.010$)以及夏季与冬季之间($\Delta = 0.717$, $P = 0.050$)的日活动节律存在显著性季节差异;环颈雉活动强度相对较高的温度区间是21~30℃;环颈雉春季和夏季偏向集中在较高海拔区段(400~599 m)活动,而秋季和冬季均偏向集中在较低海拔区段(200~399 m)活动。本研究为环颈雉这一广布种的科学保护及其栖息地的综合管理提供了参考依据。

关键词: 雉科; 红外相机技术; 集群模式; 时空活动规律

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2026)01-91-14

Sex ratio, flocking pattern, and spatiotemporal activity pattern of wild Common Pheasants (*Phasianus colchicus*) based on infrared camera technology

CHEN Xiao-Bing^{1#} CHEN Wen-Qi^{1#} ZHOU Yi-Fan¹ ZHANG Ning¹ LI Ying-Chun²

基金项目 林业草原生态补偿资金项目动植物调查与监测评估项目(No. 53H24101), 生态环境部生物多样性调查、观测与评估项目(No. 2019-01), 天津市级大学生创新创业训练计划项目(No. 202010065058), 国家自然科学基金项目(No. 31772468);

* 通信作者, E-mail: rocprof@foxmail.com;

共同第一作者 陈晓冰, 女, 本科生; 研究方向: 野生动物资源保护; E-mail: cxb13970125872@163.com;

陈文琦, 女, 本科生; 研究方向: 野生动物资源保护; E-mail: 13043591808@163.com。

收稿日期: 2025-02-06, 修回日期: 2025-06-19 DOI: 10.13859/j.cjz.202625021 CSTR: 32109.14.cjz.202625021

LU Xian-Wang² GUAN Hong-Wu² ZHAO Da-Peng^{1*}¹ College of Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300387;² Management and Service Center of Tianjin Panshan Scenic Spot, Tianjin 301901, China

Abstract: [Objectives] Sex ratio, flocking behavior, and activity pattern are crucial components of animal behavior ecology. Such studies of the widespread species are of great significance for exploring the survival adaptation strategy and conducting comprehensive conservation management. This study for the first time investigated the annual flocking pattern, sex ratio, and spatiotemporal activity of wild Common Pheasants (*Phasianus colchicus*) by means of infrared camera technology. **[Methods]** From July 2019 to April 2021, a total of 227 independent valid photos were collected from 40 infrared cameras arranged at Tianjin Panshan Scenic Spot for 14 615 monitoring days (Fig. 1). Flocking patterns were analyzed by the chi-square test, while the daily activity rhythm was modeled by the kernel density method. All statistical analyses were conducted by means of SPSS 26.0 and R 4.0.2. **[Results]** There were 7 flocking patterns of wild Common Pheasants (Fig. 2), in which both single-male and single-female patterns were the most ($\chi^2 = 957.203$, $df = 5$, $P < 0.001$, Fig. 3). The activity intensity was higher in summer and autumn and low in winter. The relative activity intensity showed seasonal differences between spring and summer ($Z = -3.185$, $P = 0.001$), between summer and winter ($Z = -3.229$, $P = 0.001$), and between autumn and winter ($Z = -2.492$, $P < 0.050$, Fig. 4). The overall data revealed two activity peaks (8:00 ~ 11:00 and 17:00 ~ 19:00, Fig. 5), and the daily activity rhythm showed differences between spring and autumn ($\Delta = 0.729$, $P < 0.050$), between spring and winter ($\Delta = 0.614$, $P < 0.010$), and between summer and winter ($\Delta = 0.717$, $P = 0.050$, Fig. 6). There was no significant sex difference in the activity rhythm of Common Pheasants ($\Delta = 0.908$, $P = 0.561$, Fig. 7). The temperature range when Common Pheasants had relatively activity intensity was 21 ~ 30 °C (Fig. 8). The activity in spring and summer tended to be concentrated in higher elevations (400 to 599 m), while that in autumn and winter tended to be concentrated in lower elevations (200 to 399 m, Fig. 9). There were seasonal differences in relative activity intensity between spring and summer ($U = 6.000$, $Z = -2.146$, $P < 0.050$) as well as between summer and autumn ($U = 4.500$, $Z = -2.166$, $P < 0.050$) in 400 ~ 599 m (Tables 1 ~ 4). **[Conclusion]** This study reveals the sex ratio, flocking patterns, and flexible spatiotemporal activity patterns of Wild Common Pheasants across seasons. Our findings provide a reference for scientific protection and comprehensive management of this widespread species.

Key words: Phasianidae; Camera trapping technology; Flocking pattern; Spatiotemporal activity pattern

性比、集群行为和活动规律是动物行为生态学研究的重要组成内容 (张正旺等 1996, DeLellis et al. 2014, Smetzer et al. 2022)。性比是反映动物种群动态的基本特征之一 (黄雨琳等 2018), 集群行为是动物群体内个体之间为了共同的目标或利益而表现出的协同行动 (Papadopoulou et al. 2023), 活动规律是动物在不同时间区段以及不同空间位置的活动强度

特点及其周期性变化规律 (Shamoon et al. 2018)。动物性比、集群模式和活动规律的影响因素主要包括气候特点、资源竞争、天敌压力和人类干扰等 (温立嘉等 2016, Ota et al. 2019, 邹文玉等 2021, Gordon 2023, 宋宇豪等 2023, Homolková et al. 2024)。开展动物性比、集群模式和活动规律研究, 不仅有助于探寻环境因素对于动物相关行为的影响效应, 而且有助于

揭示动物对于环境变化的适应策略，这对于野生动物的综合保护及其栖息地的科学管理具有重要意义（Donald 2007，吴兵等 2017，Jasiulionis and Balčiauskas 2021）。

关于动物性比、集群模式和活动规律的早期研究主要应用直接搜寻法、样线法、无线电遥测技术等研究方法（张晓辉等 2004，曹丽荣等 2005，黄雨琳等 2018）。科技发展助力自然生态保护，红外相机技术应用红外热成像原理拍摄野生动物照片和视频数据，并基于相关影像数据信息开展野生动物种群动态、行为特征、生境利用等保护研究（Burton et al. 2015）。红外相机技术具有无干扰、隐蔽性强、可持续监测以及受环境影响小等特点，在开展动物集群模式和活动规律研究方面具有明显优势（陈秋婷等 2021，熊子翔等 2024）。对于鸟类，适用于地面活动为主的鸡形目，如已有对红腹角雉（*Tragopan temminckii*）（刘小斌等 2017）、白鹇（*Lophura nycthemera*）（余建平平等 2017）及勺鸡（*Pucrasia macrolopha*）（周一凡等 2024）等物种的相关研究。

环颈雉（*Phasianus colchicus*）属于鸟纲鸡形目雉科雉属，广泛分布在亚洲、欧洲和美洲，主要分布在中国、阿富汗、老挝、越南等国家和地区（BirdLife International 2016），已被列入我国《有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录》，在世界自然保护联盟濒危物种红色名录（*IUCN Red List of Threatened Species*）中评估为无危级（Least Concern, LC），其野生种群的生存威胁主要包括栖息地丧失和过度狩猎等（BirdLife International 2016）。当前关于环颈雉野生种群的研究涉及系统发育（Vázquez-Miranda et al. 2020）、生境选择（庞秉璋 1975）、集群模式和活动规律（Leif 2005）等方面，其中关于该物种集群模式和时空活动规律的研究主要应用样线法、无线电追踪法等（Ridley and Hill 1987，张正旺等 1996，Leif 2005，Whiteside et al. 2016）。基于以上研究进展，本研究应用红外相机技术开展野生环颈

雉全年性比、集群模式和时空活动规律的研究，以期为该物种的科学保护与管理提供参考依据。

1 研究方法

1.1 研究地点和相机布设

天津盘山风景名胜区（40°04'45" ~ 40°06'25" N，117°14'40" ~ 117°17'20" E）位于天津市蓟州区，地处燕山山脉南部，规划总面积 110.9 km²，海拔范围为 17 ~ 864 m，主要植被类型为针阔混交林、落叶阔叶林和灌丛，属暖温带季风性气候，将 3 ~ 5 月、6 ~ 8 月、9 ~ 11 月和 12 月至翌年 2 月分别划入春、夏、秋、冬四季（姚立英等 2011，周一凡等 2024）。本研究基于地理信息系统于 2019 年 7 月至 2021 年 4 月按照 1 km × 1 km 的网格布设法共设置了 40 个监测网格（图 1），每个网格布设一台博立码杰 Boly BG526 红外相机[博立码杰通讯（深圳）有限公司]，布设海拔区间范围为 148 ~ 779 m。红外相机优先选择布设在发现野生动物活动痕迹的周边区域（周一凡等 2024），通常被安装在树干或石头距地面约 0.5 m 高度的位置，其基础参数设置为 24 h 持续工作，1 s 时间间隔、3 张连拍和中度敏感度触发，平均每 3 或 4 个月更换 1 次相机电池和存储卡。

1.2 数据整理与分析

本研究将同一红外相机位点在 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，30 min 内拍摄到的所有环颈雉照片作为一次探测，在分析性比及集群模式时统计每次探测中所有不同个体的性别及数目（O'Brien et al. 2003，余建平平等 2017）。从每张环颈雉的独立有效照片中提取整理的信息主要包括相机编号、拍摄日期、拍摄时间、物种性别、物种年龄组、物种数量、物种行为、海拔（m）和实时温度（°C）（Vinitpornsawan and Fuller 2023）。本研究参考 Iftikhar 和 Yaqoob（2024）的方法辨识红外照片中环颈雉的性别和年龄组（成体和幼体），参考 Li 等（2010）和周一凡等

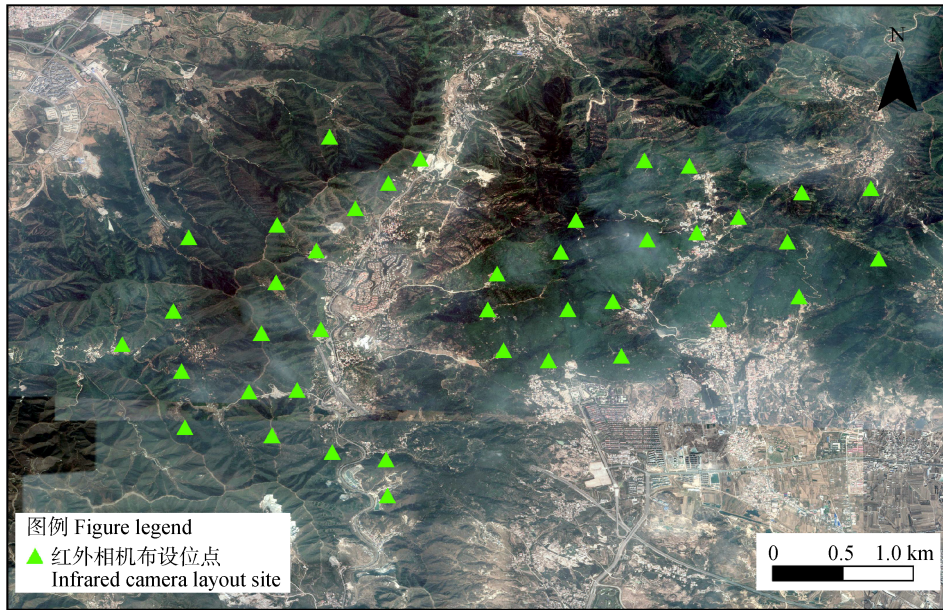


图 1 盘山红外相机布设位点

Fig. 1 Infrared camera layout sites in Panshan Mountains

(2024) 划归红外照片中环颈雉的集群模式。根据研究地点的气候与地形特点，本研究将环境温度划分为五个区段， $-10 \sim 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1 \sim 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $11 \sim 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $21 \sim 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $31 \sim 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ；将海拔划分为四个区段， $0 \sim 199 \text{ m}$ 、 $200 \sim 399 \text{ m}$ 、 $400 \sim 599 \text{ m}$ 和 $600 \sim 799 \text{ m}$ 。

使用卡方检验分析环颈雉的集群模式，通过核密度估计法分析其全年日活动节律及不同性别的日活动节律。将独立有效照片的时间转化为弧度数据导入 R 4.0.2 的 `overlap` 包，应用 `densityPlot()` 函数绘制单物种核密度曲线图，当独立有效照片数大于或等于 50 时，`adjust` 取值为 1；当独立有效照片数小于 50 时，`adjust` 取值为 0.8 (Ridout and Linkie 2009)。应用 `overlapEst()` 函数计算环颈雉不同季节的重叠系数，应用 `activity` 包的 `compareCkern()` 函数利用 Wald test 对同一分布的循环预测值进行概率检验，分析环颈雉活动节律的季节差异和性别差异。分析野生环颈雉种群数量的相对多度指数 (relative activity intensity index, I_{RAI})，其计算公式 (O'Brien et al. 2003, Yasuda 2004)

如下：

$$I_{RAI} = \frac{100 \sum_{i=1} N_i}{\sum_{i=1} D_i}$$

公式中， I_{RAI} 表示相对多度指数， N_i 表示相机布设位点 i 的工作天数， D_i 表示相机布设位点 i 的工作天数中所拍到物种的独立有效照片数 (Azlan and Sharma 2006)。本研究应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_{TAI}) 和海拔活动强度指数 (elevation activity intensity index, I_{EAI}) 分别体现不同自然季节、不同温度区段和不同海拔区段环颈雉的活动强度，其计算公式分别为 $I_{SAI} = 100 (S_i/A)$ 、 $I_{TAI} = 100 (T_i/A)$ 和 $I_{EAI} = 100 (E_i/A)$ ，公式中 S_i 、 T_i 和 E_i 分别表示某一季节、某一温度区段和某一海拔区段环颈雉的有效照片数， A 表示监测时段内环颈雉的有效照片总数。应用 SPSS 26.0 进行 Friedman 秩和检验、Wilcoxon 符号秩检验、Kruskal-Wallis H 检验和 Mann-Whitney U 检验来分析相对活动强度的季节差异、海拔区段差异和温度区段差异，三

个显著性水平分别设置为 $P \leq 0.050$ 、 $P \leq 0.010$ 和 $P \leq 0.001$ 。

2 结果

本研究监测时长合计 14 615 d，共筛选出环颈雉独立有效照片 217 张，包括 2019 年 62 张、2020 年 150 张和 2021 年 5 张，其中，春季 40 张、夏季 106 张、秋季 51 张和冬季 20 张。独立有效照片数据中共辨识环颈雉 231 只次，其中，雄性成体 129 只次，雌性成体 101 只次，幼体 1 只次。

2.1 性比和集群模式

基于整体数据，野生环颈雉的雌雄性比为 1 : 1.26。环颈雉的雌雄性比存在年间差异，2019 年 1 : 1.20，2020 年 1 : 1.29，2021 年 1 : 1.50；同时，存在季节差异，春季 1 : 1.59，夏季 1 : 1.22，秋季 1 : 1.04，冬季 1 : 1.63。环

颈雉的集群模式包括单雄、单雌、二雌、一雄二雌、一雄一雌、三雌和一雌一幼共 7 种（图 2），以单雄和单雌为主（ $\chi^2 = 957.203$ ， $df = 5$ ， $P < 0.001$ ）。环颈雉夏季的集群模式种类最多，冬季的集群模式种类相对最少（图 3）。

2.2 时空活动规律

在全年四季中，环颈雉在夏季和秋季的相对活动强度较高，而冬季的相对活动强度最低，相对活动强度存在显著季节差异（Friedman: $\chi^2 = 18.702$ ， $P < 0.001$ ）。环颈雉春季和夏季之间（ $Z = -3.185$ ， $P = 0.001$ ）、夏季和冬季之间（ $Z = -3.229$ ， $P = 0.001$ ）、秋季和冬季之间（ $Z = -2.492$ ， $P < 0.050$ ）的相对活动强度存在显著差异，其余两两季节之间均无显著差异（春季 vs. 秋季: $Z = -1.314$ ， $P > 0.050$ ；春季 vs. 冬季: $Z = -1.954$ ， $P > 0.050$ ；夏季 vs. 秋季: $Z = -1.860$ ， $P > 0.050$ ）（图 4）。



图 2 野生环颈雉的集群模式

Fig. 2 Flocking patterns of wild Common Pheasants (*Phasianus colchicus*)

a. 单雄; b. 单雌; c. 二雌; d. 三雌; e. 一雌一幼; f. 一雄一雌; g. 一雄二雌。

a. Single male; b. Single female; c. Two females; d. Three females; e. One female and one young; f. One male and one female; g. One male and two females.

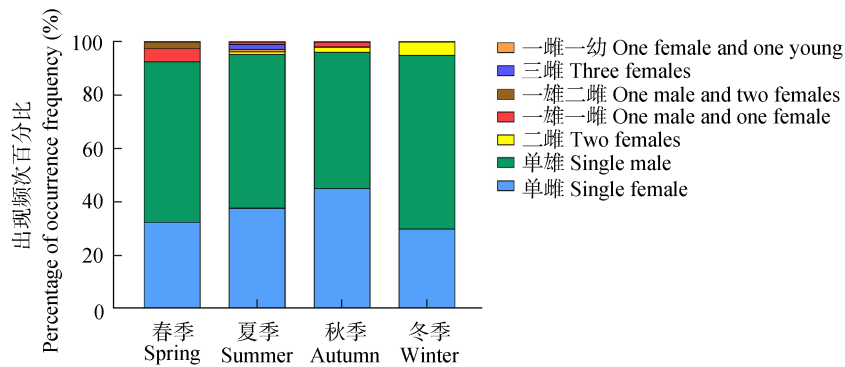


图 3 环颈雉四季不同集群模式所占百分比

Fig. 3 Percentages of flocking patterns of *Phasianus colchicus* across seasons

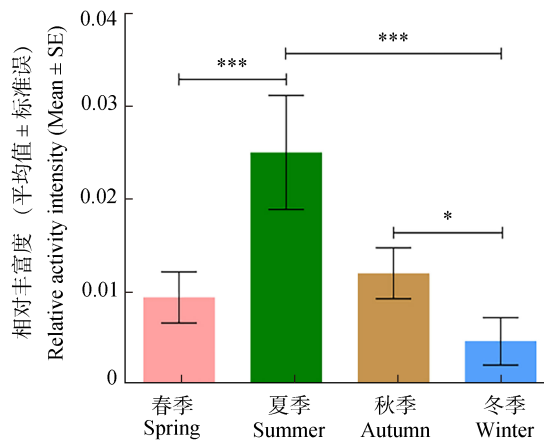


图 4 环颈雉不同季节的相对活动强度

Fig. 4 Relative activity intensity of *Phasianus colchicus* across seasons

* 0.010 < P ≤ 0.050, *** P ≤ 0.001

核密度曲线表明，盘山的环颈雉存在 2 个日活动高峰（8:00 ~ 11:00 时和 17:00 ~ 19:00 时），活动特点属昼行性，其日活动节律存在季节差异。环颈雉冬季核密度曲线为单峰型，仅存在一个活动高峰（12:00 ~ 14:00 时），其余三个季节均为双峰型（春季：8:00 ~ 10:00 时和 17:00 ~ 19:00 时；夏季：8:00 ~ 11:00 时和 17:00 ~ 19:00 时；秋季：9:00 ~ 11:00 时和 16:00 ~ 18:00 时）（图 5）。与春、夏和秋三个季节相比较，冬季的活动高峰时段比其他季节的第一个活动高峰时段向后延迟。环颈雉春季与秋季之间 ($\Delta = 0.729, P < 0.050$)、春季与冬季之间 ($\Delta = 0.614, P < 0.010$)、夏季与冬季之间 ($\Delta = 0.717, P = 0.050$) 的日活动节律存在显著季节差异，其余两两季节之间均无显著差异（春季 vs. 夏季： $\Delta = 0.868, P > 0.050$ ；夏季 vs. 秋季： $\Delta = 0.811, P > 0.050$ ；秋季 vs. 冬季： $\Delta = 0.809, P > 0.050$ ）（图 6）。

环颈雉的活动节律无显著性别差异 ($\Delta = 0.908, P > 0.050$)，雄性呈现 2 个活动高峰（7:00 ~ 9:00 时和 14:00 ~ 16:00 时），而雌性仅 1 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时）（图 7）。核密度曲线表明，环颈雉的日活动节律存在季节差异。在春季，雄性环颈雉呈现 3 个活动高峰（7:00 ~ 9:00 时，13:00 ~ 15:00 时和 17:00 ~ 19:00 时），雌性环颈雉呈现 2 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时和 17:00 ~ 19:00 时）。在夏季，雄性环颈雉呈现 2 个活动高峰（6:00 ~ 8:00 时和 17:00 ~ 19:00 时），雌性环颈雉呈现 1 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时）。在秋季，雄性环颈雉呈现 2 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时和 15:00 ~ 17:00 时），雌性环颈雉也呈现 2 个活动高峰（9:00 ~ 11:00 时和 16:00 ~ 18:00 时）。在冬季，雄性环颈雉呈现 1 个活动高峰（11:00 ~ 13:00 时），雌性环颈雉则呈现 2 个活动高峰（10:00 ~ 11:00 时和 16:00 ~ 18:00 时）。对于每一季节，环颈雉的日活动强度均无显著性别差异（春季： $\Delta = 0.796, P > 0.050$ ；夏季： $\Delta = 0.811, P > 0.050$ ；秋季： $\Delta = 0.893, P > 0.050$ ；冬季： $\Delta = 0.718, P > 0.050$ ）（图 7）。

环颈雉的活动节律无显著性别差异 ($\Delta = 0.908, P > 0.050$)，雄性呈现 2 个活动高峰（7:00 ~ 9:00 时和 14:00 ~ 16:00 时），而雌性仅 1 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时）（图 7）。核密度曲线表明，环颈雉的日活动节律存在季节差异。在春季，雄性环颈雉呈现 3 个活动高峰（7:00 ~ 9:00 时，13:00 ~ 15:00 时和 17:00 ~ 19:00 时），雌性环颈雉呈现 2 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时和 17:00 ~ 19:00 时）。在夏季，雄性环颈雉呈现 2 个活动高峰（6:00 ~ 8:00 时和 17:00 ~ 19:00 时），雌性环颈雉呈现 1 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时）。在秋季，雄性环颈雉呈现 2 个活动高峰（8:00 ~ 10:00 时和 15:00 ~ 17:00 时），雌性环颈雉也呈现 2 个活动高峰（9:00 ~ 11:00 时和 16:00 ~ 18:00 时）。在冬季，雄性环颈雉呈现 1 个活动高峰（11:00 ~ 13:00 时），雌性环颈雉则呈现 2 个活动高峰（10:00 ~ 11:00 时和 16:00 ~ 18:00 时）。对于每一季节，环颈雉的日活动强度均无显著性别差异（春季： $\Delta = 0.796, P > 0.050$ ；夏季： $\Delta = 0.811, P > 0.050$ ；秋季： $\Delta = 0.893, P > 0.050$ ；冬季： $\Delta = 0.718, P > 0.050$ ）（图 7）。

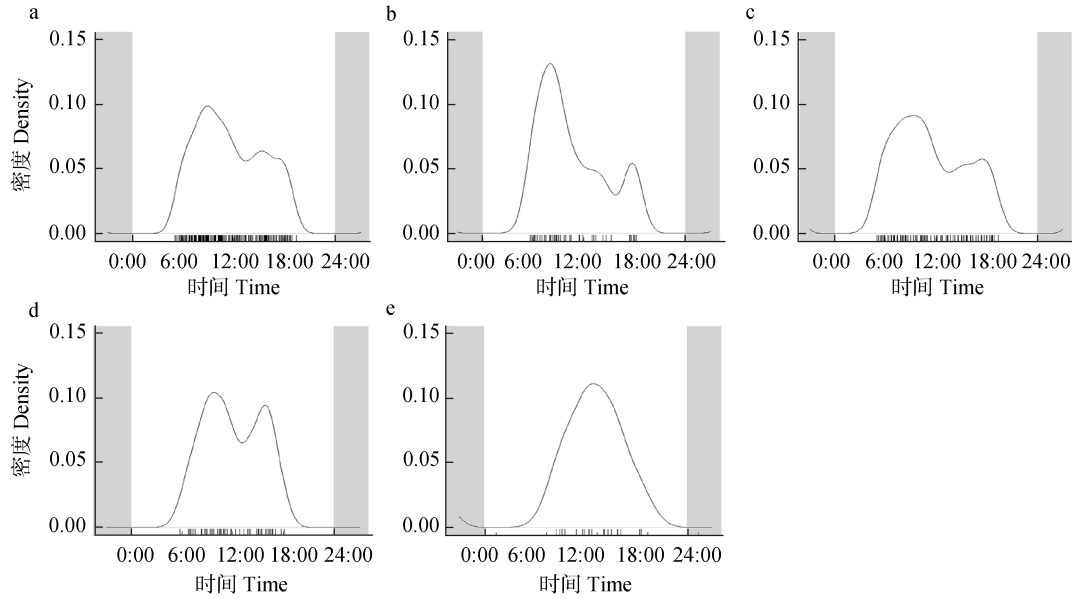


图 5 全年和不同季节的环颈雉日活动节律

Fig. 5 Daily activity patterns of *Phasianus colchicus* throughout the year and different seasons

a. 全年; b. 春季; c. 夏季; d. 秋季; e. 冬季; 横轴内的黑色细线表示全年和不同季节环颈雉的数据密度。

a. Total; b. Spring; c. Summer; d. Autumn; e. Winter. The black lines in the horizontal axis represent the data density of *P. colchicus* throughout the year and across different seasons.

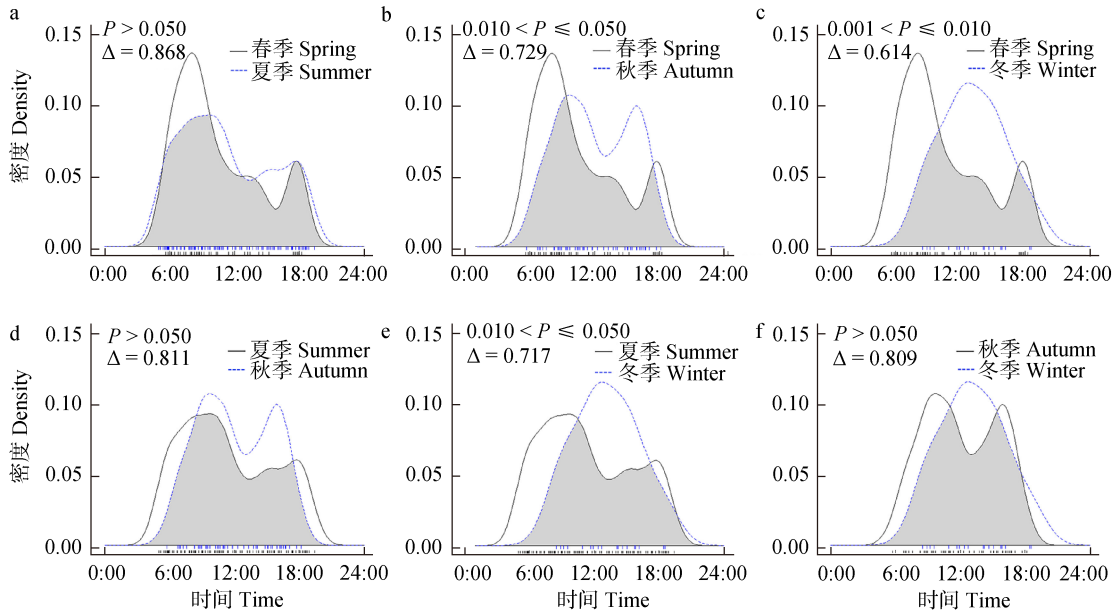


图 6 两两季节间环颈雉的日活动节律比较

Fig. 6 Seasonal comparison on daily activity patterns of *Phasianus colchicus*

a. 春季与夏季; b. 春季与秋季; c. 春季与冬季; d. 夏季与秋季; e. 夏季与冬季; f. 秋季与冬季; 横轴内的黑色细线和蓝色虚线表示不同季节间环颈雉的数据密度。

a. Spring vs. Summer; b. Spring vs. Autumn; c. Spring vs. Winter; d. Summer vs. Autumn; e. Summer vs. Winter; f. Autumn vs. Winter. The black lines and blue dotted lines in the horizontal axis represent the data density of *P. colchicus* in different seasons.

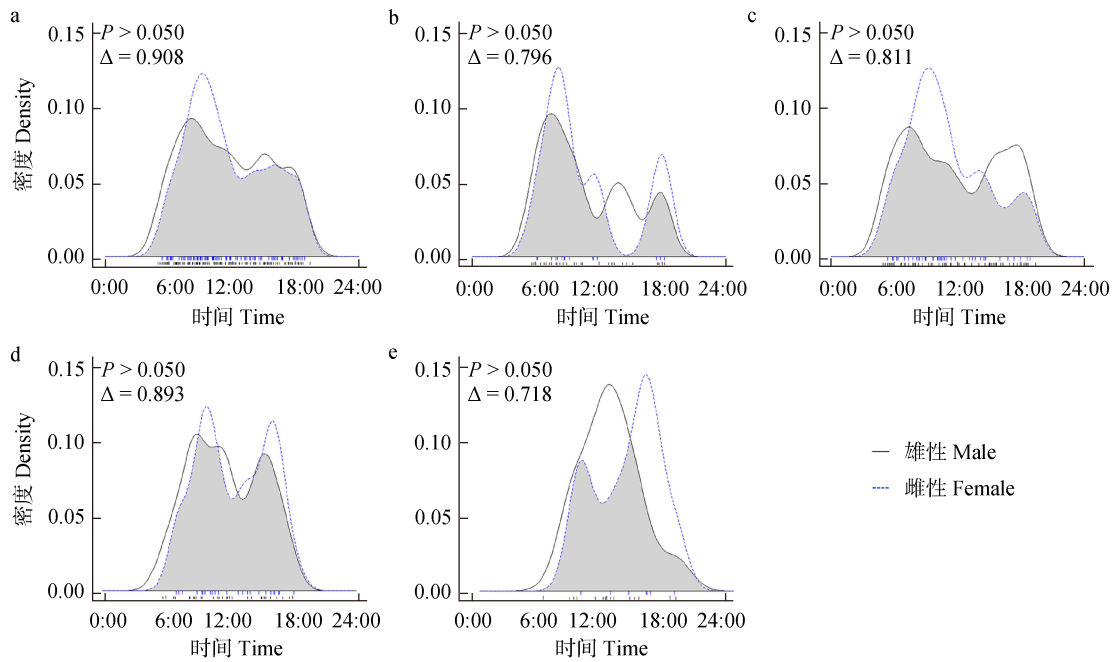


图 7 不同性别环颈雉的季节间日活动节律比较

Fig. 7 Seasonal comparison on daily activity patterns of different genders of *Phasianus colchicus*

a. 全年; b. 春季; c. 夏季; d. 秋季; e. 冬季; 横轴内的黑色细线和蓝色虚线表示某一季节内不同性别环颈雉的数据密度。

a. Total; b. Spring; c. Summer; d. Autumn; e. Winter. The black lines and blue dotted lines in the horizontal axis represent the data density of *P. colchicus* of different sexes in a given season.

本研究中野生环颈雉活动温度的跨度范围在-8 ~ 35 °C之间, 其中在春、夏、秋 3 个季节偏向集中在 11 ~ 30 °C温度区段活动, 冬季偏向集中在-10 ~ 10 °C温度区段活动 (图 8)。环颈

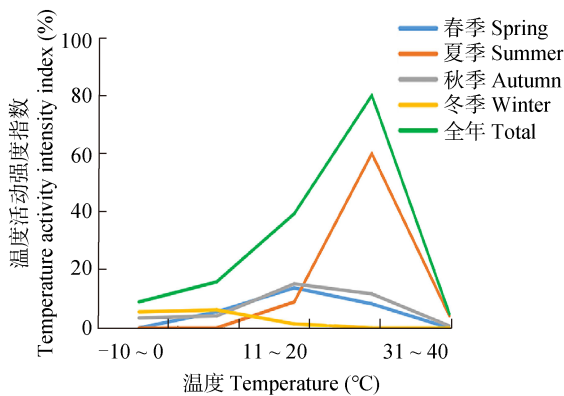


图 8 环颈雉全年不同温度范围的相对活动强度

Fig. 8 Relative activity intensity of *Phasianus colchicus* in different temperature ranges throughout the year and in different seasons

雉活动海拔的跨度范围在 148 ~ 779 m 之间, 即在红外相机布设的最低海拔和最高海拔位点均监测到该物种, 其中在秋季和冬季偏向集中在 200 ~ 399 m 海拔区段活动, 春季和夏季偏向集中在 400 ~ 599 m 海拔区段活动 (图 9)。环颈雉在 400 ~ 599 m 这一海拔区段的春季和夏季、夏季和秋季之间的活动强度存在显著差异 (春季 vs. 夏季: $U = 6.000, Z = -2.146, P < 0.050$; 夏季 vs. 秋季: $U = 4.500, Z = -2.166, P < 0.050$), 在其余相同海拔区段不同季节和同一季节不同海拔区段之间的活动强度都无显著差异 (表 1 ~ 4)。

3 讨论

性比即动物种群中雄性个体数量与雌性个体数量的比例, 性比的变化体现种群动态并关乎种群未来 (Delean et al. 2009, Fryxell et al. 2015)。张正旺等 (1996) 研究发现, 中国华北地区 (北京

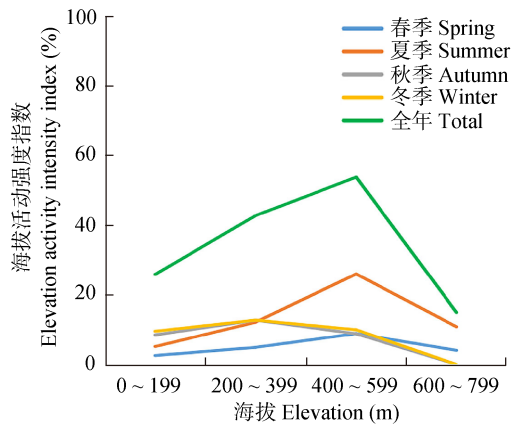


图 9 环颈雉全年不同海拔区段的相对活动强度

Fig. 9 Relative activity intensity of *Phasianus colchicus* in different elevation ranges throughout the year and in different seasons

表 1 环颈雉同一季节两两不同海拔区段间相对活动强度的比较

Table 1 Comparison on relative activity intensity of *Phasianus colchicus* between two elevation ranges in each season

海拔区段 (m) Elevation ranges	季节 Season	曼-惠特尼 U 检验 Mann-Whitney U test		
		U	Z	P
0 ~ 199 m vs. 200 ~ 399 m	全年 Total	63.000	-0.352	0.752
	春 Spring	2.000	-0.655	0.750
	夏 Summer	5.000	-0.145	1.000
	秋 Autumn	6.000	-0.522	0.711
	冬 Winter	1.000	0.000	1.000
0 ~ 199 m vs. 400 ~ 599 m	全年 Total	36.000	-1.075	0.308
	春 Spring	2.000	-0.659	0.750
	夏 Summer	0.000	-1.500	0.286
	秋 Autumn	6.000	0.000	1.000
	冬 Winter	1.000	0.000	1.000
0 ~ 199 m vs. 600 ~ 799 m	全年 Total	6.000	-0.405	0.768
	春 Spring	0.000	-1.000	1.000
	夏 Summer	0.000	-1.225	0.667
	秋 Autumn	0.000	-1.225	0.667
	冬 Winter	0.000	-1.000	1.000
200 ~ 399 m vs. 400 ~ 599 m	全年 Total	250.000	-0.889	0.374
	春 Spring	18.000	-0.831	0.456
	夏 Summer	15.000	-1.809	0.078
	秋 Autumn	18.000	-0.775	0.491
	冬 Winter	2.000	0.000	1.000

续表 1

海拔区段 (m) Elevation ranges	季节 Season	曼-惠特尼 U 检验 Mann-Whitney U test		
		U	Z	P
200 ~ 399 m vs. 600 ~ 799 m	全年 Total	41.000	-0.067	0.975
	春 Spring	3.000	-0.218	1.000
	夏 Summer	10.000	-0.197	0.923
	秋 Autumn	0.000	-1.549	0.222
	冬 Winter	0.000	-1.225	0.667
400 ~ 599 m vs. 600 ~ 799 m	全年 Total	25.000	-0.568	0.620
	春 Spring	3.000	-0.220	1.000
	夏 Summer	2.000	-0.133	0.268
	秋 Autumn	0.000	-1.500	0.286
	冬 Winter	0.000	-1.225	0.667

表 2 环颈雉两季节间海拔区段的相对活动强度比较

Table 2 Comparison on relative activity intensity of *Phasianus colchicus* between seasons in each elevation range

季节 Seasons	海拔区段 (m) Elevation range	曼-惠特尼 U 检验 Mann-Whitney U test		
		U	Z	P
春 vs. 夏 Spring vs. Summer	0 ~ 199	0.000	-1.000	1.000
	200 ~ 399	24.500	-1.269	0.211
	400 ~ 599	6.000	-2.146	0.035
	600 ~ 799	0.000	-1.225	0.667
春 vs. 秋 Spring vs. Autumn	0 ~ 199	0.000	-1.225	0.667
	200 ~ 399	11.000	-1.971	0.054
	400 ~ 599	20.000	-0.143	0.945
	600 ~ 799	0.000	-1.000	1.000
春 vs. 冬 Spring vs. Winter	0 ~ 199	0.000	-1.000	1.000
	200 ~ 399	4.000	-0.878	0.500
	400 ~ 599	5.000	-0.596	0.667
	600 ~ 799	0.000	-1.000	1.000
夏 vs. 秋 Summer vs. Autumn	0 ~ 199	0.000	-1.225	0.667
	200 ~ 399	4.500	-0.289	0.778
	400 ~ 599	4.500	-2.166	0.026
	600 ~ 799	0.000	-1.225	0.667
夏 vs. 冬 Summer vs. Winter	0 ~ 199	0.000	-1.000	1.000
	200 ~ 399	7.500	-0.692	0.513
	400 ~ 599	2.000	-1.333	0.286
	600 ~ 799	0.000	-1.225	0.667
秋 vs. 冬 Autumn vs. Winter	0 ~ 199	0.500	-0.707	0.667
	200 ~ 399	8.000	0.000	1.000
	400 ~ 599	4.000	-0.667	0.643
	600 ~ 799	0.500	0.000	1.000

表 3 环颈雉每季节各海拔区段间相对活动强度比较

Table 3 Comparison on relative activity intensity of *Phasianus colchicus* among elevation ranges in each season

季节 Season	克鲁斯卡尔-沃利斯检验 Kruskal-Wallis <i>H</i> test		
	$H_{(K)}$	<i>df</i>	<i>P</i>
春 Spring	1.136	3.000	0.768
夏 Summer	4.490	3.000	0.213
秋 Autumn	0.706	2.000	0.703
冬 Winter	0.000	2.000	1.000

表 4 环颈雉每海拔区段各季节间相对活动强度比较

Table 4 Comparison on relative activity intensity of *Phasianus colchicus* among seasons in each elevation range

海拔区段 (m) Elevation range	克鲁斯卡尔-沃利斯检验 Kruskal-Wallis <i>H</i> test		
	$H_{(K)}$	<i>df</i>	<i>P</i>
0 ~ 199	3.526	3.000	0.317
200 ~ 399	3.601	3.000	0.308
400 ~ 599	6.723	3.000	0.081
600 ~ 799	3.789	3.000	0.285

和山西)野生环颈雉的雌雄性比为 1:1.14。Zika 等 (2014) 研究发现, 捷克野生环颈雉连续 3 年的雌雄性比不一致, 分别为 1:0.35、1:0.36 和 1:0.33。本研究中盘山野生环颈雉全年雌雄性比为 1:1.26, 这与华北地区野生种群结果相近, 而与捷克野生种群结果差异较大。综合以上结果, 野生环颈雉的雌雄性比存在地区间差异、年份间差异和季节间差异, 这可能与生境特点、资源竞争及捕食压力等多种因素有关 (Sheldon 1998, Donald 2007, Schacht et al. 2022)。

性别隔离, 即雌雄两性在交配季节之外的时间或空间上分开的现象, 在鱼类、爬行类、鸟类及哺乳类等物种中存在 (Ruckstuhl and Neuhaus 2006, Ludynia et al. 2013, Griffiths et al. 2014), 其中小尺度范围的性别隔离在明显性二态性和一雄多雌社会结构的物种中尤为普遍 (Ruckstuhl 2007, Crampe et al. 2021)。环颈雉

为一雄多雌物种且雌雄体色特征差异明显 (Ridley and Hill 1987, Mateos 1998, Iftikhar and Yaqoob 2024), 本研究中我国天津盘山野生环颈雉季节间呈现多种集群模式, 其中以单雌和单雄为主, 存在性别隔离现象且冬季最为明显。这种明显的冬季性别隔离现象与英国牛津地区 (Hill and Ridley 1987)、中国华北地区 (张正旺等 1996) 及英国汉普郡地区 (Whiteside et al. 2018) 环颈雉野生种群的相关研究结果相一致。关于环颈雉性别隔离的驱动因素目前尚未明晰, Whiteside 等 (2018) 研究发现, 环颈雉性别隔离的驱动因素不是雌雄性二态性, 推测可能是社会因素的调节, 其具体机制有待进一步研究。

社会性物种群体生活的成本效益通常会随着群体规模的大小而发生变化, 其中最适大小规模的群体具有相对更高的生存率和繁殖率 (Kappeler and Fichtel 2024)。关于野生环颈雉的“后宫”规模 (harem size), 即与成年雄性集群的雌性个体数量, Ridley 和 Hill (1987) 研究发现, 英国牛津及汉普郡地区多数成年雄性环颈雉的“后宫”规模不超过 2 个。Whiteside 等 (2016) 研究发现, 随着环颈雉“后宫”规模的增大, 雌雄两性警惕性水平会有所不同, 前者的警惕性减弱并从增加觅食时间中受益, 后者的警惕性增加但拥有更多繁殖资源, 最理想的“后宫”规模会受警惕性因素的制约, 一雄二雌模式的出现概率相对最高。在本研究中, 盘山野生环颈雉的“后宫”规模为 1 或 2 个, 即一雄一雌和一雄二雌两种集群模式, 与 Ridley 和 Hill (1987) 和 Whiteside 等 (2016) 的研究结果均一致, 在一定程度上体现了最佳群体大小效应。

野生动物具有行为可塑性, 即通过适时适度的行为表达调整来更好地适应气候、自然资源等变化情况 (Vander-Meiden et al. 2024, 蓝天等 2025)。本研究中盘山野生环颈雉全年日活动规律的活动模式为双峰型, 主要为晨昏活动, 体现了昼行性物种特征, 与笼养环颈雉生

境的研究结果 (Zapletal et al. 2011) 基本一致, 与鸡形目其他物种, 例如白鹇 (余建平 2017)、藏雪鸡 (*Tetraogallus tibetanus*, Luo et al. 2019)、血雉 (*Ithaginis cruentus*, Fan et al. 2020) 及勺鸡 (周一凡等 2024) 的研究结果也基本一致, 这种晨昏活动模式有助于避免因高温时段活动形成的额外能量消耗 (余建平 2017)。与此同时, 本研究发现盘山野生环颈雉日活动节律存在季节差异, 冬季核密度曲线为单峰型而其余季节均为双峰型; 与春、夏和秋三个季节相比较, 冬季第一个 (也是唯一一个) 活动高峰时段相对延迟, 而且冬季的相对活动强度最低, 环颈雉冬季这种活动高峰数量、活动高峰时间及活动强度的变化特点均有助于其适应低温天气, 从而更好地保存能量并有助于生存, 这也与同属雉科的勺鸡野生种群的行为策略一致 (周一凡等 2024)。

研究中盘山野生环颈雉活动海拔的跨度在 148 ~ 779 m 之间, 即在红外相机布设的最低海拔和最高海拔位点均监测到该物种, 在一定程度上体现了该广布种的生存适应性。盘山野生环颈雉春季和夏季偏向集中在较高海拔区段 (400 ~ 599 m) 活动, 秋季和冬季均偏向集中在较低海拔区段 (200 ~ 399 m) 活动, 这可能主要与该物种的繁殖活动与觅食需求有关。当前研究发现野生环颈雉主要取食种子、草、谷物、小型无脊椎动物等, 具体食谱取决于栖息地食物供应的季节性, 该物种的繁殖活动在春夏两季且雌性通常将巢建在靠近食物且远离人为干扰的相对隐蔽位置 (Shipley and Scott 2006, Asgharzadeh et al. 2023, Iftikhar and Yaqoob 2024)。盘山较低海拔区段有草丛、灌丛和农田分布, 人类活动强度相对较大, 而盘山高海拔区段乔木灌木资源丰富、遮蔽度相对较高, 人类活动强度相对较弱。盘山野生环颈雉春夏两季偏向集中在较高海拔区段活动, 不仅可以减少人为干扰对其求偶、营巢、育雏等繁育活动的影响 (Holá et al. 2015), 还有助于获取新鲜食物资源 (例如: 嫩草、嫩芽) 以及

避免高温直射消耗能量。盘山野生环颈雉秋冬两季偏向集中在较低海拔区段活动, 这与多地野生种群的相关研究结果基本一致 (中国华北地区: 张正旺等 1996; 美国南达科他州: Gabbert et al. 1999; 中国安徽清凉峰: 邵继峰等 2008; 中国宁夏六盘山: 程晓福和殷小慧 2009)。张正旺等 (1996) 研究发现, 华北野生环颈雉冬季的栖息类型主要包括农田、草丛和灌丛。程晓福和殷小慧 (2009) 研究发现, 宁夏六盘山环颈雉秋季偏好选择低海拔、人为干扰距离近的地区, 主要是为了方便取食当地农田中的农作物。盘山野生环颈雉秋冬两季偏向集中在较低海拔区段活动, 不仅有助于同时获取天然食物资源和农作物资源、确保充分能量摄入, 而且有助于获得更多光照条件以取暖从而抵御低温。

综上所述, 本研究应用红外相机技术呈现野生环颈雉全年性比、集群模式和时空活动规律。在今后的研究中, 建议选择环颈雉多地区栖息野生种群作为研究对象, 进一步增加红外相机的布设密度和海拔区间, 并适当辅以卫星追踪技术, 综合比较分析气候环境、食物资源、同域竞争者等因素对该物种性比、活动节律与集群模式的影响效应及年间差异, 更为深入地了解这一广布种的行为多样性及生态适应特点, 助力于环颈雉的综合保护与科学管理。

参 考 文 献

- Asgharzadeh M, Alesheikh A A, Yousefi M. 2023. Disentangling the impacts of climate and land cover changes on habitat suitability of common pheasant *Phasianus colchicus* along elevational gradients in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(21): 60958–60966.
- Azlan J M, Sharma D S K. 2006. The diversity and activity patterns of wild felids in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Oryx*, 40(1): 36–41.
- BirdLife International. 2016. *Phasianus colchicus*. The IUCN Red List of Threatened Species: e.T45100023A85926819. [DB/OL]. [2025-01-09]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS>.

- T45100023A85926819.en.
- Burton A C, Neilson E, Moreira D, et al. 2015. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3): 675–685.
- Crampe J P, Gerard J F, Goulard M, et al. 2021. Year-round sexual segregation in the Pyrenean chamois, a nearly monomorphic polygynous herbivore. *Behavioural Processes*, 184: 104300.
- Delean S, De'ath G, Marsh H. 2009. Climate and maternal effects modify sex ratios in a weakly dimorphic marsupial. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(2): 265–277.
- DeLellis P, Polverino G, Ustuner G, et al. 2014. Collective behaviour across animal species. *Scientific Reports*, 4: 3723.
- Donald P F. 2007. Adult sex ratios in wild bird populations. *Ibis*, 149(4): 671–692.
- Fan F, Bu H L, McShea W J, et al. 2020. Seasonal habitat use and activity patterns of blood pheasant *Ithaginis cruentus* in the presence of free-ranging livestock. *Global Ecology and Conservation*, 23: e01155.
- Fryxell D C, Arnett H A, Apgar T M, et al. 2015. Sex ratio variation shapes the ecological effects of a globally introduced freshwater fish. *Proceedings Biological Sciences*, 282(1817): 20151970.
- Gabbert A E, Leif A P, Purvis J R, et al. 1999. Survival and habitat use by ring-necked pheasants during two disparate winters in south Dakota. *The Journal of Wildlife Management*, 63(2): 711–722.
- Gordon D M. 2023. Collective behavior in relation with changing environments: Dynamics, modularity, and agency. *Evolution & Development*, 25(6): 430–438.
- Griffiths S W, Orpwood J E, Ojanguren A F, et al. 2014. Sexual segregation in monomorphic minnows. *Animal Behaviour*, 88: 7–12.
- Hill D A, Ridley M W. 1987. Sexual segregation in winter, spring dispersal and habitat use in the pheasant (*Phasianus colchicus*). *Journal of Zoology*, 212(4): 657–668.
- Holá M, Zika T, Šálek M, et al. 2015. Effect of habitat and game management practices on ring-necked pheasant harvest in the Czech Republic. *European Journal of Wildlife Research*, 61(1): 73–80.
- Homolková M, Musil P, Pavón-Jordán D, et al. 2024. Changes in the adult sex ratio of six duck species breeding populations over two decades. *Avian Research*, 15: 100187.
- Iftikhar A, Yaqoob I. 2024. Ecology, behavior and conservation status of Ring-necked Pheasant (*Phasianus colchicus*): a comprehensive review. *Archives of Animal and Poultry Sciences*, 2(4): 555593.
- Jasiulionis M, Balčiauskas L. 2021. Seasonal and daily activity patterns of mammals in the colony of great cormorants. *Mammalia*, 85(5): 439–447.
- Kappeler P M, Fichtel C. 2024. Independent fitness consequences of group size variation in Verreaux's sifakas. *Communications Biology*, 7: 816.
- Leif A P. 2005. Spatial ecology and habitat selection of breeding male pheasants. *Wildlife Society Bulletin*, 33(1): 130–141.
- Li S, McShea W J, Wang D J, et al. 2010. The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in Sichuan Province, China. *Ibis*, 152(2): 299–309.
- Ludynia K, Dehnhard N, Poisbleau M, et al. 2013. Sexual segregation in rockhopper penguins during incubation. *Animal Behaviour*, 85(1): 255–267.
- Luo G, Yang C M, Zhou H M, et al. 2019. Habitat use and diel activity pattern of the Tibetan Snowcock (*Tetraogallus tibetanus*): a case study using camera traps for surveying high-elevation bird species. *Avian Research*, 10: 4.
- Mateos C. 1998. Sexual selection in the ring-necked pheasant: a review. *Ethology Ecology & Evolution*, 10(4): 313–332.
- 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.
- Ota A, Takagi E, Yasuda M, et al. 2019. Effects of nonlethal tourist activity on the diel activity patterns of mammals in a National Park in Peninsular Malaysia. *Global Ecology and Conservation*, 20: e00772.
- Papadopoulou M, Fürtbauer I, O'Bryan L R, et al. 2023. Dynamics of collective motion across time and species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 378(1874): 20220068.
- Ridley M W, Hill D A. 1987. Social organization in the pheasant

- (*Phasianus colchicus*): harem formation, mate selection and the role of mate guarding. *Journal of Zoology*, 211(4): 619–630.
- 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.
- Ruckstuhl K E. 2007. Sexual segregation in vertebrates: proximate and ultimate causes. *Integrative and Comparative Biology*, 47(2): 245–257.
- Ruckstuhl K, Neuhaus P. 2006. *Sexual Segregation in Vertebrates*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shacht R, Beissinger S R, Wedekind C, et al. 2022. Adult sex ratios: causes of variation and implications for animal and human societies. *Communications Biology*, 5: 1273.
- Shamoon H, Cain S, Shanas U, et al. 2018. Spatio-temporal activity patterns of mammals in an agro-ecological mosaic with seasonal recreation activities. *European Journal of Wildlife Research*, 64(3): 35.
- Sheldon B C. 1998. Recent studies of avian sex ratios. *Heredity*, 80(4): 397–402.
- Shipley K L, Scott D P. 2006. Survival and nesting habitat use by Sichuan and Ring-necked Pheasants released in Ohio. *Ohio Journal of Science*, 106 (3): 78–85.
- Smzter J R, Paxton K L, Hart P J, et al. 2022. Activity patterns of Hawaiian forest birds in a fragmented and continuous landscape. *Journal of Avian Biology*, 2022(4): e02905.
- Vázquez-Miranda H, Olson M J, Zink R M. 2020. Evolutionary origin and genetic diversity of ring-necked pheasants in the upper Midwest United States. *Wildlife Society Bulletin*, 44(2): 246–251.
- Vinitpomsawan S, Fuller T K. 2023. A camera-trap survey of mammals in Thung Yai Naresuan (East) Wildlife Sanctuary in western Thailand. *Animals*, 13(8): 1286.
- Whiteside M A, Langley E J G, Madden J R. 2016. Males and females differentially adjust vigilance levels as group size increases: effect on optimal group size. *Animal Behaviour*, 118: 11–18.
- Whiteside M A, van Horik J O, Langley E J G, et al. 2018. Size dimorphism and sexual segregation in pheasants: tests of three competing hypotheses. *PeerJ*, 6: e5674.
- Yasuda M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29(1): 37–46.
- Zapletal D, Suchý P, Straková E, et al. 2011. Behaviour patterns of the cage-housed breeding flock of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 59(3): 215–220.
- Zíka T, Šálek M, Holá M, et al. 2014. Age structure and reproduction rates of the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus* L.) population in agricultural landscape (Czech Republic). *Polish Journal of Ecology*, 62(4): 751–759.
- 曹丽荣, 刘振生, 王小明, 等. 2005. 贺兰山保护区冬季岩羊集群特征的初步分析. *兽类学报*, 25(2): 200–204. [Cao L R, Liu Z S, Wang X M, et al. 2005. Winter group size and composition of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountains, China. *Acta Theriologica Sinica*, 25(2): 200–204.]
- 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. [Chen Q T, Zhao T J, Feng X M. 2021. Cluster patterns and spatiotemporal activity patterns of wild roe deer in the Tianjin Baxianshan national nature reserve. *Sichuan Journal of Zoology*, 40(1): 8–14.]
- 程晓福, 殷小慧. 2009. 宁夏六盘山自然保护区环颈雉秋季栖息地的选择. *野生动物*, 30(4): 193–196, 200. [Cheng X F, Yin X H. 2009. Autumn habitat selection of common pheasant (*Phasianus colchicus*) in Liupan mountain national nature reserve. *Chinese Journal of Wildlife*, 30(4): 193–196, 200.]
- 黄雨琳, 张立世, 姜云垒, 等. 2018. 内蒙古扎鲁特旗栗斑腹鸡的繁殖生态及子代性比. *动物学杂志*, 53(5): 797–801. [Huang Y L, Zhang L S, Jiang Y L, et al. 2018. Breeding ecology and offspring sex ratio of Jankowski's bunting at Jarud Banner in Inner Mongolia. *Chinese Journal of Zoology*, 53(5): 797–801.]
- 兰天, 颜文博, 曾治高, 等. 2025. 海南鹿活动节律和时间分配的可塑性. *动物学杂志*, 60(4): 503–513. [Lan T, Yan W B, Zeng Z G, et al. 2025. Plasticity of activity rhythm and time budget in *Muntiacus nigripes*. *Chinese Journal of Zoology*, 60(4): 503–513.]
- 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. [Liu X B, Wei W, Zheng X G, et al. 2017. Activity rhythms of

- golden pheasant (*Chrysolophus pictus*) and satyr tragopan (*Tragopan temminckii*) revealed by infrared-triggered cameras. *Chinese Journal of Zoology*, 52(2): 194–202.]
- 庞秉璋. 1975. 环颈雉的生态和利用. *动物学杂志*, 10(4): 14–16. [Pang B Z. 1975. Ecology and utilization of ring-necked pheasant. *Chinese Journal of Zoology*, 10(4): 14–16.]
- 邵继峰, 鲁庆彬, 金晶, 等. 2008. 清凉峰环颈雉冬季觅食地选择. *浙江林学院学报*, 25(4): 507–512. [Shao J F, Lu Q B, Jin J, et al. 2008. Winter feeding site selection of ring-necked pheasants in Mount Qingliangfeng. *Journal of Zhejiang Forestry College*, (4): 507–512.]
- 宋宇豪, 毕俊怀, 温苏雅勒图, 等. 2023. 内蒙古乌拉特荒漠北山羊集群行为及季节变化. *兽类学报*, 43(5): 544–552. [Song Y H, Bi J H, Wensuyaletu, et al. 2023. Group behavior and seasonal changes of *Capra sibirica* in Urad Desert, Inner Mongolia. *Acta Theriologica Sinica*, 43(5): 544–552.]
- 温立嘉, 郭玉民, 黄建, 等. 2016. 帚尾豪猪活动节律及其与月光周期的相关性. *动物学杂志*, 51(3): 347–352. [Wen L J, Guo Y M, Huang J, et al. 2016. The activity rhythm of the Asiatic brush-tailed porcupine *Atherurus macrourus* and its correlation with the phases of the Moon. *Chinese Journal of Zoology*, 51(3): 347–352.]
- 吴兵, 初雯雯, 吴洪潘, 等. 2017. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区水源地野放普氏野马的活动节律: 基于红外相机监测数据. *动物学杂志*, 52(4): 545–554. [Wu B, Chu W W, Wu H P, et al. 2017. Activity rhythms of reintroducing Przewalski's horse (*Equus przewalskii*) at watering holes by camera traps in Mount Kalamaili ungulate nature reserve, Xinjiang. *Chinese Journal of Zoology*, 52(4): 545–554.]
- 熊子翔, 许晓萌, 唱意, 等. 2024. 基于红外相机监测数据分析安徽麝活动节律. *动物学杂志*, 59(1): 19–28. [Xiong Z X, Xu X M, Chang Y, et al. 2024. Activity rhythm of *Moschus anhuiensis* based on camera-trapping monitoring data. *Chinese Journal of Zoology*, 59(1): 19–28.]
- 姚立英, 张继东, 尹立峰, 等. 2011. 天津盘山风景名胜区总体规划环境影响识别探讨. *中国人口资源与环境*, 21(S1): 224–226. [Yao L Y, Zhang J D, Yin L F, et al. 2011. Discussion on environmental impact identification of master plan of Panshan scenic spot in Tianjin. *China Population, Resources and Environment*, 21(S1): 224–226.]
- 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. [Yu J P, Qian H Y, Chen X N, et al. 2017. Daily activity pattern of silver pheasant (*Lophura nycthemera*) using camera-traps. *Chinese Journal of Zoology*, 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. [Zhang X H, Xu J L, Zhang Z W, et al. 2004. Flocking behavior of Reeves's pheasants (*Syrnaticus reevesii*) at two sites in Henan and Shaanxi. *Zoological Research*, 25(2): 89–95.]
- 张正旺, 倪喜军, 梁伟, 等. 1996. 华北地区野生环颈雉集群行为的研究. *动物学报*, (S1): 112–118. [Zhang Z W, Ni X J, Liang W, et al. 1996. Study on the colony behavior of wild ring-necked pheasants in North China. *Acta Zoologica Sinica*, (S1): 112–118.]
- 周一凡, 马宝莹, 莫麒麟, 等. 2024. 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. *动物学杂志*, 59(2): 190–198. [Zhou Y F, Ma B Y, Mo Q Y, et al. 2024. Patterns of cluster and spatiotemporal activity of wild Koklass pheasants at Tianjin Baxianshan national nature reserve. *Chinese Journal of Zoology*, 59(2): 190–198.]
- 邹文玉, 徐榕, 王桢, 等. 2021. 雄性菲菊头蝠夏季集群大小的变化及其影响因素. *动物学杂志*, 56(3): 330–337. [Zou W Y, Xu R, Wang Z, et al. 2021. Variation in colony size and its influencing factors in male least horseshoe bats during summer. *Chinese Journal of Zoology*, 56(3): 330–337.]