

DOI: 10.5846/stxb202006301697

王子健,高明,吕洪伟,周亮,易华清,刘莉,刘冬平.北戴河朱鹮野化种群非繁殖期日间活动时间分配和行为节律.生态学报,2021,41(13): 5487-5494.

Wang Z J, Gao M, Lü H W, Zhou L, Yi H Q, Liu L, Liu D P. Diurnal time budget and behavioral rhythm of an acclimatizing Crested Ibis *Nipponia nippon* population during non-breeding season in Beidaihe, Hebei Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(13): 5487-5494.

北戴河朱鹮野化种群非繁殖期日间活动时间分配和行为节律

王子健¹, 高明¹, 吕洪伟¹, 周亮¹, 易华清¹, 刘莉^{2,3}, 刘冬平^{2,*}

1 河北北戴河国家湿地公园管理处, 北戴河 066100

2 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业和草原局森林保护学重点实验室, 北京 100091

3 安徽师范大学, 合肥 230000

摘要:于 2019 年 7 月—2020 年 1 月对北戴河朱鹮野化种群非繁殖期的日间活动时间分配和行为节律进行了分析。结果表明, 休息(41.8%)、觅食(39.7%)和理羽(13.3%)是北戴河朱鹮非繁殖期的主要行为。在行为节律上, 有 3 个觅食高峰、2 个休息高峰和 2 个理羽高峰。成鸟和幼鸟行为分配相似, 但成鸟的警戒和社群等其他行为比例显著较高。与野生种群相比, 北戴河野化种群的觅食时间显著较少, 主要原因是野生个体需要花费较多时间搜寻食物, 且飞行等活动的能耗较高。朱鹮在冬季的休息和理羽行为比例高于夏秋季, 觅食行为则相反, 这样可以在低温和大风天气降低能耗, 是对北戴河气候环境的有效适应。为了提高朱鹮对多种气候环境的适应能力, 为今后北戴河朱鹮的再引入奠定基础, 我们建议在冬季要确保朱鹮有充足的适宜觅食地, 同时在野化网笼中进行必要的环境丰容, 如在网笼内增加常绿树种和阔叶树种, 部分侧网上安装防风板, 或在网笼中设置防风避寒的伞棚等设施, 以供朱鹮进行选择。

关键词:北戴河; 朱鹮; 野化训练; 时间分配; 行为节律

Diurnal time budget and behavioral rhythm of an acclimatizing Crested Ibis *Nipponia nippon* population during non-breeding season in Beidaihe, Hebei Province, China

WANG Zijian¹, GAO Ming¹, LÜ Hongwei¹, ZHOU Liang¹, YI Huaqing¹, LIU Li^{2,3}, LIU Dongping^{2,*}

1 Hebei Beidaihe National Wetland Park Management Office, Beidaihe 066100, China

2 Key Laboratory of Forest Protection of National Forestry and Grassland Administration, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

3 Anhui Normal University, Hefei 230000, China

Abstract: Crested Ibis *Nipponia nippon* is one of the most endangered avian species in the world, with the only wild population distributed in Yangxian County of Shaanxi Province, China. Since 2004, reintroductions have been conducted in Shaanxi, Henan and Zhejiang Province. To further expand the range, 20 individuals were introduced to Beidaihe, Hebei Province in 2018 to establish the northernmost acclimatizing population. To reveal the adaptability of Crested Ibis to the local environment, the diurnal time budget and behavior rhythm of the acclimatizing population were analyzed in Beidaihe during the non-breeding period from July 2019 to January 2020. The results showed that the resting (41.8%), foraging

基金项目:中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所科研发展专项(99811-2020); 国家林业和草原局野生动植物保护专项(90305-2018, 2130211-19-408/090)

收稿日期:2020-06-30; **网络出版日期:**2021-04-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dpliu@caf.ac.cn

(39.7%) and preening (13.3%) were the main activities. In terms of behavioral rhythm, there were three foraging peaks, two resting peaks, and two preening peaks. Adults and juveniles had similar time budget, but adult birds had a significantly higher proportion of vigilance and social behaviors. Compared with wild populations, the birds in Beidaihe spent significantly less time on foraging, while wild individuals had to spend more time on searching for food and consuming considerable energy in flying and other activities. The Crested Ibis spent more time in resting and preening while less time in foraging behavior in winter than those in summer and autumn. This would reduce energy consumption in low temperature and windy weather so as to adapt to the local climate conditions. In order to improve the adaptability of the Crested Ibis to various climate and environment, and prepare for the implementation of the reintroduction in the future, we suggest 1) to add some push-flow pumps to the simulated foraging wetland to prevent freezing of the water surface and increase the input of food such as loach, so as to ensure that the Crested Ibis has adequate feeding grounds in winter. 2) to carry out the environmental enrichment inside the cage, such as increasing evergreen and broad-leaved trees in the cage, installing windproof plates on part of the side nets, and setting up umbrella sheds against wind and cold weather to provide more choices for the Crested Ibis in cold weather; 3) to carry out more detailed observation on the behaviors related to bare parts protection to reflect the adaptation of the Crested Ibis to cold weather, and to conduct dropping sampling to reveal physiological adaptation; 4) to conduct pre-investigation on the distribution and status of suitable foraging habitat for the Crested Ibis nearby Beidaihe in winter, so as to make preparation the future release.

Key Words: Beidaihe; Crested Ibis; acclimation; time budget; behavioral rhythm

动物的活动时间分配和日常行为节律是动物行为学的重点研究内容^[1]。通过动物的活动节律与时间分配不仅可以了解动物的生活习性、生理和生态需求^[2-3],也有助于理解动物个体对时间的最佳利用方式^[4]。当环境条件改变时,鸟类的行为节律也会发生变化,有着最适的时间分配和行为节律的个体在自然选择中占据有利地位^[5-6]。通过对大鸨(*Otis tarda*)^[7]、黑颈鹤(*Grus nigricollis*)^[8]、大天鹅(*Cygnus cygnus*)^[9]等鸟类的研究表明,这些鸟类会通过改变时间分配和行为节律的方式来适应环境和气候的改变。开展相关的行为研究,有助于深入了解鸟类对环境变化的生态适应机制。

朱鹮(*Nipponia nippon*)是国际濒危物种,国家 I 级重点保护鸟类^[10]。自 1981 年在洋县重新发现 7 只野生朱鹮以来^[11],经过 30 多年的保护,至 2014 年朱鹮野生种群已恢复到 1090 只^[12],此后相继在陕西、河南和浙江建立了野化种群^[13-16]。为了进一步将朱鹮拓展至更广泛的历史分布区,2018 年 7 月从陕西洋县引进 20 只朱鹮在河北北戴河建立了迄今为止全球纬度最高的野化种群。

目前野化朱鹮的行为研究较多,但都集中在洋县、宁陕和董寨等华中亚热带季风气候区^[17-20]。而北戴河位于温带季风气候区,又濒临渤海湾,其显著特点是常年多风,冬季寒冷,与朱鹮原生种群的气候环境差异较大。本研究旨在分析北戴河野化朱鹮种群行为节律和时间分配,了解其与原生种群的行为差异,进而评估朱鹮种群对环境和气候变化的适应能力,为朱鹮在高纬度地带的野化放飞提供科学依据。

1 研究区域与方法

1.1 研究地概况

北戴河国家级朱鹮野化试验基地位于北戴河国家湿地公园内,地理坐标为 39°50' N, 119°30' E, 海拔 10 m。园区总面积 306.7 hm²,包括浅海水域、滩涂、森林与河道等多种生境类型。

北戴河国家湿地公园地处中纬度暖温带,属暖温带、半湿润季风性大陆性气候,春温、夏凉、秋暖、冬寒,四季分明。因其位于东部沿海季风环流区,具有多风、湿润、雨量适中、气候宜人的海洋性气候特点。年平均气温为 11.5℃,7 月最热,月平均气温 25.0℃,冬季 1 月最冷,月平均气温-4.8℃,极端最低温度-24.3℃;无霜期 281 d。年平均日照时数为 2568.6 h。年平均降水量为 680 mm,多集中在 6—8 月。

1.2 野化环境和野化种群管理

北戴河朱鹮基地于 2018 年 6 月建成并投入使用。野化训练大网笼顶部均覆盖绿色尼龙软网,四周有 5 m 高铁丝网,网笼中间高度 45 m,四周高度 25 m,占地面积约 4500 m²,可活动空间约 135000 m³[21]。内部模仿野生朱鹮的栖息地设有人工湿地、草地和天然栖树或人工栖杠等野化训练条件。

2018 年 7 月,从陕西洋县朱鹮救护饲养中心引进 20 只朱鹮;2019 年 7 月—2020 年 1 月,野化网笼中共有朱鹮 24 只,其中幼鸟(当年出生的个体)7 只,成鸟(2 岁及以上个体)17 只。成鸟的年龄介于 3—7 岁,其中雌鸟 9 只,雄鸟 8 只。所有个体均佩戴了可远距离观察鉴别的彩色数字环。在日常管理中,除每日两次投喂食物,每周进行一次消毒外,尽量减少其他人为干扰。

1.3 行为观察

根据其他学者的研究[18,22]和实地观察,将朱鹮的行为分为觅食、休息、理羽、水浴、运动、警戒、争斗以及其他 8 个类别,定义如下(表 1)。

表 1 朱鹮在非繁殖期的行为描述

Table 1 Behavior types and description of Crested Ibis during non-breeding season

行为类型 Behavior type	行为描述 Behavior description
觅食 Foraging	指个体将喙伸入食盆取食或插入水塘搜寻食物及处理、吞咽食物的过程
休息 Resting	指个体在栖木、地面上站立不动或喙插入背部羽毛中睡眠等行为
理羽 Preening	包括啄理羽毛、涂脂,用爪挠头及颈部,用喙摩擦背部、肩部、尾部羽毛,翅的伸展及震动,尾的摆动、腿的伸展,用喙理脚趾及翅下覆羽
水浴 Bathing	指在水中洗澡、涂抹等
运动 Locomotion	指个体飞翔、在地上或者树干上低头、平头或仰头走动的过程
警戒 Vigilance	遇到干扰时立刻停止所有行为,头部转动到干扰方向观察一段时间
争斗 Fighting	用喙相互啄击或者用翅膀相互拍打
其他 Others	排便、鸣叫、假交、咬喙等行为

2019 年 7 月至 2020 年 1 月,采用监控设备和单筒望远镜对野化网笼内 17 只成年朱鹮和 7 只幼鸟进行观察。观察时间从早上 8 点大网笼日常管理工作开始至下午 6 点日常管理活动结束,采用瞬时扫描法每隔 10 min 记录 1 次发生各类行为的朱鹮个体数量。观察天数 103 d,共计 882 h,观察记录(样本数量)共 5292 条。

1.4 数据处理

参照 Fiore 所采用的方法[23],将每次扫描取样视为一个独立样本,以发生某种行为类型的个体数与扫描取样中所观察到的总个体数的比值来表示此种行为类型在这一取样样本中所占的时间比例;然后将每小时内的扫描样本的数据平均化,计算出每小时的活动时间分配;最后,以每小时的活动时间分配作为基本计算单元,求其平均值来表示每月的活动时间分配;再用每月的平均值来表示非繁殖期的活动时间分配。日活动节律则用主要活动类型在各个时间段(1 h)百分比的平均值来表示。为比较成鸟和幼鸟的活动时间分配(成鸟和幼鸟可通过彩环号码和羽衣颜色进行区分),用每月成鸟和幼鸟个体发生各种行为的个体数与总取样个体数的比值来表示每月成鸟和幼鸟的活动时间比例,求其平均值来表示非繁殖期成鸟和幼鸟的活动时间分配。为了解低温对朱鹮行为的影响,将冬季(2019.12.1—2020.1.12)和夏秋季节的行为进行了对比分析。

用 Excel 和 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析和图表处理。首先对数据进行方差齐性检验,如果符合正态分布,使用独立样本 *t* 检验进行分析,如果不符合正态分布,则采用 Mann-Whitney *U* 检验进行比较。

2 结果

2.1 日间活动时间分配

北戴河朱鹮种群在非繁殖期的主要行为类型为休息、觅食和理羽(图 1),分别占日间活动时间的 41.8%、39.7%和 13.3%。其余依次是运动、其他、警戒、水浴和争斗。

2.2 日间活动节律

非繁殖期朱鹮主要活动的时间分配参见图 2。朱鹮觅食行为在一天中有 3 个较为明显的高峰期,其中上午有两个,分别是 9:00—10:00(42.2%) 和 11:00—12:00(42.9%),下午的高峰期在 15:00—16:00(49.3%)。休息行为有两个明显的峰值分别是上午的 8:00—9:00(47.3%) 和中午的 13:00—14:00(52.7%)。理羽行为同样有两个高峰期分别在早晨 8:00—9:00(16.6%) 以及傍晚 17:00—18:00(22.4%)。朱鹮的水浴、运动、警戒、争斗和其他行为所占时间比例都很低,也没有明显的节律性。

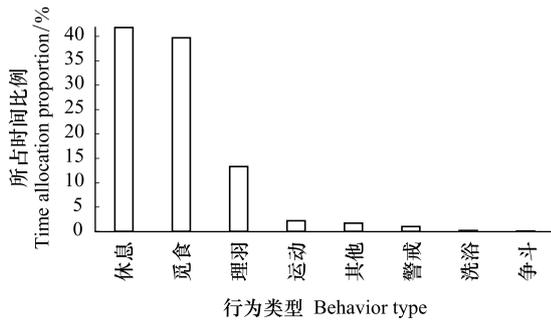


图 1 北戴河朱鹮在非繁殖期的日间行为分配
Fig.1 Time budget of Crested Ibis in Beidaihe during non-breeding season

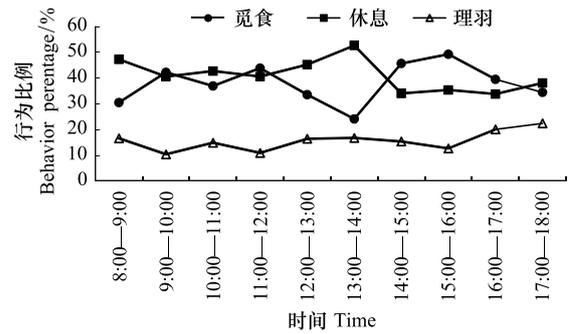


图 2 朱鹮在北戴河朱鹮基地非繁殖期日活动节律
Fig.2 Behavior rhythm of Crested Ibis during non-breeding season in Beidaihe

2.3 冬季低温对朱鹮日间行为的影响

朱鹮在冬季的行为与夏秋季存在一定的差异。主要表现在休息、觅食和理羽方面(图 3)。冬季朱鹮休息行为日活动时间占比显著高于夏秋季($t = -2.763, P < 0.05$),觅食行为则相反($t = 2.991, P < 0.05$),冬季理羽行为日活动时间占比略高于夏秋季,但差异不显著($t = -0.581, P > 0.05$)。通过图 4 发现,夏秋季朱鹮觅食行为有两个明显的高峰分别在 9:00—10:00(49.7%) 和 15:00—16:00(47.9%),而冬季则有一个最显著的高峰期在 12:00—13:00 期间(70.2%),随后开始缓慢下降,仅在 14:00—15:00 期间有个短暂的上升。在图 5 中可以看出朱鹮的休息行为在夏秋季有一个明显的高峰期在 13:00—14:00(57.8%),而冬季时,在 8:00—9:00(60.3%) 和 17:00—18:00(60.3%) 有两个高峰期,在 12:00—13:00(25.3%) 有一个低谷期。通过图 6 发现,朱鹮的理羽行为节律在夏秋季和冬季也有一些不同,夏秋季时,理羽行为在一天中有四个较为明显的高峰期,而冬季时,在 8:00—9:00(21.1%) 有一个高峰期,随后理羽行为占比缓慢的下降直到 12:00—13:00(5.3%) 达到低谷,接着逐渐升高在 17:00—18:00(22.4%) 达到高峰期。无论是夏秋季还是冬季朱鹮在水浴、运动、警戒、争斗和其他行为等方面的表现都很低,因此未在图中列出。

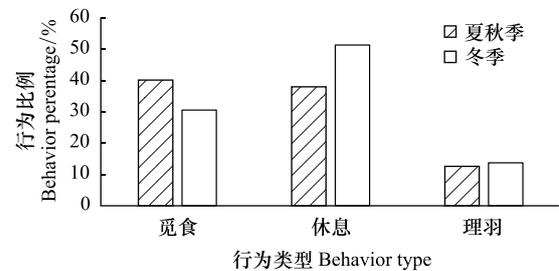


图 3 冬季和夏秋季朱鹮主要行为比例的差异
Fig.3 The difference of time budget of Crested Ibis between winter and other seasons

2.4 朱鹮成鸟和幼鸟日间行为差异

通过 Mann Whitney U 检验发现,成鸟和幼鸟日活动时间分配相似(图 7),成鸟在休息($Z = -0.703, P > 0.05$)、理羽($Z = -1.469, P > 0.05$)、运动($Z = -1.535, P > 0.05$)、警戒($Z = -0.450, P > 0.05$)、觅食($Z = 1.981, P > 0.05$)、水浴($Z = 0.495, P > 0.05$)和争斗($Z = -0.444, P > 0.05$)行为上与幼鸟没有显著差异,仅在其他行为的比例上显著高于幼鸟($Z = -2.631, P < 0.01$)。

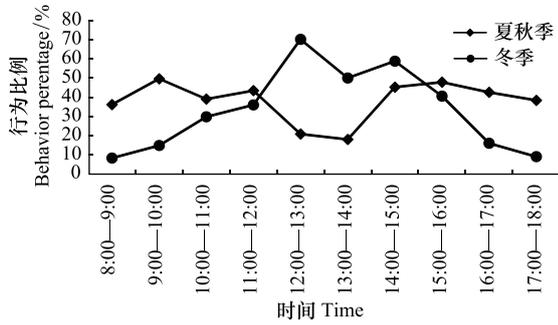


图 4 冬季和夏秋季朱鹮日间觅食行为节律差异

Fig.4 The difference of rhythm of foraging behavior for Crested Ibis between winter and other seasons

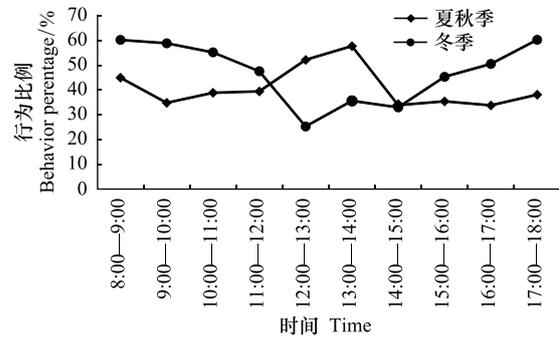


图 5 冬季和夏秋季朱鹮日间休息行为节律差异

Fig.5 The difference of rhythm of resting behavior for Crested Ibis between winter and other seasons

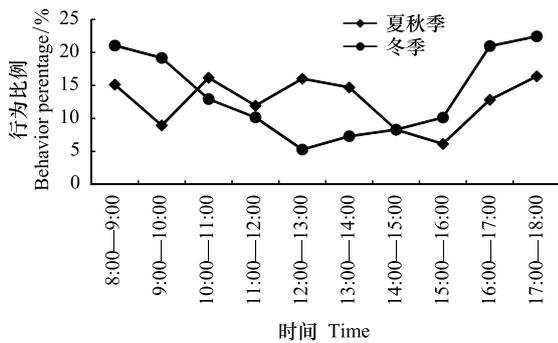


图 6 冬季和夏秋季朱鹮日间理羽行为节律差异

Fig.6 The difference of rhythm of preening behavior for Crested Ibis between winter and other seasons

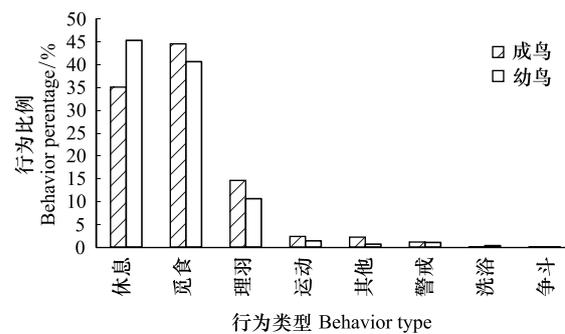


图 7 朱鹮成鸟和幼鸟行为分配差异

Fig.7 Difference in time budget between adult and juvenile Crested Ibis

3 讨论

3.1 非繁殖期日活动时间分配分析

取食的时间通常与栖息地食物的丰度有关,在食物充足的情况下,鸟类会减少取食的时间,更多的在庇护场所休息,从而减少被捕食的风险^[24-27]。北戴河朱鹮种群在日活动时间分配上,休息行为占比最高(41.8%),觅食行为较休息行为占比稍低为(39.7%),这与洋县野生朱鹮休息、觅食行为的时间分配规律相比不一致(38.2%和 43.7%)^[22]。除此之外北戴河朱鹮理羽行为占比较高(13.3%),明显高于洋县野生朱鹮(0.6%)^[22]。其可能的原因是,北戴河野化朱鹮的主要食物来源为人工投食,食物丰富度较高;也不用像野生个体一样,因干扰和其他原因消耗大量能量在不同的觅食地和夜宿地之间往返飞行,故在觅食上花费时间较少。此外,在多风和寒冷的气候条件下,为减少能量损失,朱鹮倾向于花费更多时间聚集在树上,或者在太阳直射的区域进行休息和理羽,这与其他鸟类在相似环境的行为表现一致^[6-7,28]。为了减少大风和低温等极端天气对朱鹮的影响,可在网笼内设置伞棚、加装防风板等相关的庇护设施。

3.2 非繁殖期日活动节律及成幼个体的活动节律差异

鸟类的时间分配和行为节律主要受食物的影响^[29-32]。在北戴河,朱鹮的觅食行为在上午和下午有两个明显的高峰,9:00—10:00 和 15:00—16:00 这两个高峰期是因为人工投食的时间在 8:30 和 14:30,除此之外还有一个觅食高峰期在 11:00—12:00,这是因为在这两次投食中,上午的投食量较小,会出现一些朱鹮抢不到食或者没吃饱的情况,因此在这个时间段里会有一些朱鹮在投放泥鳅的水塘中觅食。休息行为和理羽行为

在 8:00—9:00 都有一个高峰期,这是因为早晨大网笼工作开始时,人为活动较多,所以朱鹮多在树上休息并整理羽毛。在 13:00—14:00 期间朱鹮有午休现象,造成休息行为有一个明显的最高峰,这也与其他鸟类相似^[33-34]。在 17:00—18:00 时,朱鹮有一个理羽的高峰期,这可能与经过一天的活动有关。

鸟类成鸟和幼鸟在日活动时间分配和节律上有一定的差异^[28,35-36]。北戴河朱鹮种群成鸟在休息、理羽、运动、警戒行为上时间的分配要多于幼鸟,而在觅食行为的时间分配上低于幼鸟,但差异都不显著,这可能是幼鸟处在生长阶段对营养的需求量比较大,因此花费更多时间在觅食上。朱鹮成鸟的警戒性和社群行为明显较幼鸟强和多,所以在警戒和运动行为上的时间分配比幼鸟高。但在其他行为方面,成鸟和幼鸟差异极显著,这可能与成鸟间的互相假交、咬喙等行为频次较高有关。

3.3 冬季低温对朱鹮日间行为的影响分析

朱鹮在夏秋季和冬季的日活动差异主要体现在觅食、理羽和休息方面。分析其原因,冬季北戴河气温低,在上午时,朱鹮多在树上休息,待到中午气温回暖时再下树觅食,这就造成了冬季中午出现觅食高峰期和休息的低谷期。因下午投食时间为 14:30,此时天气较为暖和,所以投食后朱鹮会立即过来觅食,这也是 14:00—15:00 期间觅食行为的短暂上升的原因。朱鹮冬季理羽行为的日活动时间占比比夏秋季时略高,但行为节律却大不相同。夏秋季时,理羽行为有明显的 4 个高峰期,速率波动较大;而在冬季时,理羽行为的节律性更为明显,早晚占比较高,中午占比低。分析其原因,冬季时早晚天气寒冷,朱鹮一般在树上休息,并整理自己的羽毛,而中午时,气温回升,朱鹮下树觅食,此时理羽行为占比较少。

环境温度的变化对鸟类的行为和新陈代谢有重要的影响。在极端温度下,鸟类往往会改变行为模式进行应对。例如,在低温环境下,小天鹅(*Cygnus columbianus*)在温度较低时的理羽行为明显减少,觅食和休息行为的时间显著增加^[37];灰鹤(*Grus grus*)在气温低时会减少觅食的时间,通过增加休息和理羽时间的方式来减少能量的损失^[36];斑头雁(*Anser indicus*)^[38]和鹤鹑(*Tringa erythropus*)^[39]在低温条件下理羽行为没有明显变化,但会增加觅食的时间并减少休息的时间;中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)在低温天气下觅食、理羽和休息行为比例均显著增加^[40];大天鹅在冬季时则花费更多的时间在休息上,觅食和理羽的时间显著减少^[9]。虽然低温条件下这些鸟类的觅食、休息和理羽行为有所差异,但普遍的结论是,鸟类在冬季会增加能量摄入,同时也都支持了“鸟类在低温环境下会尽量通过减少行为活动以降低能量消耗和热量损失”这一观点。本研究的结果支持上述观点。由于有充足的食物来源,本研究中的朱鹮能够快速取食,并减少了其他行为占比,从而花费更多的时间聚集在阳光下休息和理羽。这一结果表明,朱鹮对北戴河冬季的低温能够做出积极的行为模式调整,表现出良好的适应性。上述行为也在一定程度上反映了鸟类对低温环境的适应性。

3.4 保护建议

野化训练是濒危物种再引入的关键步骤,旨在提高饲养动物的野外生存技能及其对释放地环境的适应能力。如果释放地与原生地气候和环境差异较大,则野化训练尤为重要。本研究中,北戴河的环境相比陕西汉中的一个突出特点是冬季较为寒冷,这为朱鹮的安全越冬带来了挑战。研究结果表明,朱鹮在北戴河冬季低温环境下表现出积极的行为调整和适应性。需要意识到的是,本研究是在人为干预的室外环境中进行的,今后朱鹮一旦释放到野外则将面临更加严苛的环境挑战。为了进一步提高朱鹮的野外生存能力,为后续的野化放飞工作提供科学依据,我们做出如下建议:

(1) 进一步开展网笼内部的环境丰容,为朱鹮提供多样化的栖息环境,锻炼其根据气候特征主动选择庇护场所的能力。进一步丰富笼内栖息树种的类别,涵盖阔叶树和针叶树、常绿树和落叶树,为朱鹮在不同气候下提供选择机会。特别是在冬季,应设置更多不同程度的低温庇护设施,如防雪伞棚、防风挡板等,提高朱鹮对不同环境温度的栖息地选择能力。

(2) 进一步深入开展朱鹮对低温环境的适应性研究。在行为方面,进一步开展针对性的观察研究,关注对低温最为敏感的裸露部位的保护行为;另一方面,鉴于低温对新陈代谢的影响,应开展粪便等取样检测工作,揭示朱鹮对低温的生理适应机制。

(3) 本研究表明,在人为干预、食物充足的情况下,朱鹮在低温下会尽快取食并减少相关活动量和能量消耗。但在自然环境下,冬季低温一方面会增加鸟类对食物和能量的需求,另一方面又会减少水鸟的可利用觅食地面积,这将带来极大挑战。因此,朱鹮在北戴河开展野化放飞的关键是要确保冬季有充足的觅食地。在此之前,应开展充分调查,掌握北戴河冬季朱鹮的潜在觅食地状况,并开展相应的栖息地恢复工作。

根据野化个体在冬季寒冷条件下的栖息地新要求及行为变化,我们对今后北戴河朱鹮再引入项目的实施提出以下建议:(1) 确保朱鹮在冬季有充足的适宜觅食地。在冬季低温状况下,应在模拟的觅食湿地及水体增加推流水泵,防止水面结冰,增加冬季朱鹮可觅食的水域面积,同时增加泥鳅等食物的投入量。(2) 进行环境丰容,提供必要的冬季庇护场所。例如,在网笼内增加常绿树种(如松树),并用稻草等编织、设置防风挡板和防雪伞盖,减少冬季风雪的不良影响,降低朱鹮能量的损耗;移植部分阔叶树种,在夏天为朱鹮提供阴凉庇护的环境。

致谢:感谢陕西汉中朱鹮国家级自然保护区管理局在朱鹮野化管理方面给予的支持和帮助。

参考文献 (References):

- [1] Halle S, Stenseth N C. Activity Patterns in Small Mammals; An Ecological Approach. New York; Springer-Verlag, 2000.
- [2] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] Belovsky G E, Slade J B. Time budgets of grassland herbivores; body size similarities. *Oecologia*, 1986, 70(1): 53-62.
- [4] Evers D C. Activity budgets of a marked common loon (*Gavia immer*) nesting population. *Hydrobiologia*, 1994, 279(1): 415-420.
- [5] Verbeek N A M. A time and energy budget study of the Brewer Blackbird. *The Condor*, 1964, 66: 70-74.
- [6] 曾宾宾, 邵明勤, 赖宏清, 蒋剑虹, 李畅, 戴年华. 性别和温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响. *生态学报*, 2013, 33(12): 3712-3721.
- [7] 田秀华, 张佰莲, 何相宝, 李晓敏. 笼养条件的改变对大鸨繁殖期行为的影响. *动物学杂志*, 2005, 40(4): 55-59.
- [8] 王凯, 杨晓君, 赵健林, 余红忠, 闵龙. 云南纳帕海越冬黑颈鹤日间行为模式与年龄和集群的关系. *动物学研究*, 2009, 30(1): 74-82.
- [9] 董超, 张国钢, 陆军, 李新平, 马俏飞, 侯韵秋, 关丙役. 山西平陆越冬大天鹅日间行为模式. *生态学报*, 2015, 35(2): 290-296.
- [10] 汪松, 郑光美, 王岐山. 中国濒危动物红皮书-鸟类. 北京: 科学出版社, 1998.
- [11] 刘荫增. 朱鹮在秦岭的重新发现. *动物学报*, 1981, 27(3): 273-273.
- [12] 王超, 刘冬平, 庆保平, 丁海华, 崔迎亚, 叶元兴, 路晋, 闫鲁, 柯立, 丁长青. 野生朱鹮的种群数量和分布现状. *动物学杂志*, 2014, 49(5): 666-671.
- [13] Liu D P, Zhang G G, Wang C, Qing B P, Lu J. Breeding variation in a reintroduced Crested Ibis *Nipponia nippon* population in central China. *Pakistan Journal of Zoology*, 2020, 52(4): 1595-1598.
- [14] Yu X P, Li X, Huo Z P. Breeding ecology and success of a reintroduced population of the endangered Crested Ibis *Nipponia nippon*. *Bird Conservation International*, 2015, 25(2): 207-219.
- [15] 王华强. 陕西铜川再引入朱鹮的繁殖状况. *四川动物*, 2016, 35(3): 471-474.
- [16] 黄治学, 朱家贵, 王科, 蔡德靖, 黄涛. 河南董寨野化放飞朱鹮的分布繁殖初报. *生物学通报*, 2016, 51(10): 53-56.
- [17] 刘冬平, 丁海华, 张国钢, 路宝忠, 楚国忠, 王超, 刘义, 任文明. 人工饲养朱鹮放飞前的野化训练. *林业科学*, 2008, 44(12): 88-93.
- [18] 罗磊, 赵洪峰, 常秀云, 高学斌, 陈文贵, 侯玉宝, 李夏. 宁陕野化放飞朱鹮秋冬季日间活动时间分配和节律. *应用与环境生物学报*, 2010, 16(6): 833-839.
- [19] 卢靖, 丁长青, 庆保平, 王超, 闫鲁. 不同野化训练条件下朱鹮的行为差异. *动物学杂志*, 2011, 46(6): 11-18.
- [20] 黄治学, 王科, 蔡德靖, 祝文平, 潘小燕, 刘冬平. 河南董寨朱鹮再引入释放前的野化训练. *生态学杂志*, 2016, 35(11): 3017-3022.
- [21] 谢鹏, 赵海彤, 刘冬平, 周亮, 赵国利. 北戴河湿地朱鹮野化训练. *生态学杂志*, 2020, 39(1): 180-185.
- [22] 王开锋, 史东仇. 朱鹮的年周、日周活动观察//稀世珍禽——朱鹮——99 国际朱鹮保护研讨会文集. 汉中: 中国野生动物保护协会, 1999: 141-149.
- [23] Di Fiore A, Rodman P S. Time allocation patterns of lowland woolly monkeys (*Lagothrix lagotricha poeppigii*) in a Neotropical terra firma forest. *International Journal of Primatology*, 2001, 22(3): 449-480.
- [24] Enoksson B. Time budgets of Nuthatches *Sitta europaea* with supplementary food. *Ibis*, 1990, 132(4): 575-583.
- [25] 梁良, 李正玲, 范怀华, 吕婷, 戴蓉, 陈明勇. 昆明翠湖越冬红嘴鸥日间行为节律及行为时间分配. *四川动物*, 2020, 39(4): 408-416.
- [26] 刘涛, 吴志勇, 刘斌, 张微微, 石金泽. 笼养蓝冠噪鹛行为节律和时间分配研究. *四川动物*, 2017, 36(6): 674-679.

- [27] 田秀华, 张佰莲, 刘群秀, 何相宝. 笼养大鸨越冬行为的时间分配. 动物学杂志, 2005, 40(2): 44-49.
- [28] 袁芳凯, 李言阔, 李凤山, 李佳, 缪沪君, 谢光勇. 年龄、集群、生境及天气对鄱阳湖白鹤越冬期日间行为模式的影响. 生态学报, 2014, 34(10): 2608-2616.
- [29] Hunter Jr M L, Witham J W, Dow H. Effects of a carbaryl-induced depression in invertebrate abundance on the growth and behavior of American black duck and mallard ducklings. Canadian Journal of Zoology, 1984, 62(3): 452-456.
- [30] Davies N B, Lundberg A. Food distribution and a variable mating system in the Dunnock, *Prunella modularis*. Journal of Animal Ecology, 1984, 53: 895-912.
- [31] Davies N B, Lundberg A. The influence of food on time budgets and timing of breeding of the Dunnock *Prunella modularis*. Ibis, 1985, 127(1): 100-110.
- [32] Hixon M A, Carpenter F L, Paton D C. Territory area, flower density, and time budgeting in hummingbirds: an experimental and theoretical analysis. The American Naturalist, 1983, 122(3): 366-391.
- [33] 邢茂卓, 张志明, 田恒玖, 温俊宝. 笼养大斑啄木鸟行为时间分配和活动节律. 动物学杂志, 2013, 48(1): 95-101.
- [34] 邵明勤, 龚浩林, 戴年华, 植毅进, 徐宁, 卢萍. 鄱阳湖围垦区藕塘越冬白鹤的时间分配与行为节律. 生态学报, 2018, 38(14): 5206-5212.
- [35] 崔鹏, 邓文洪. 四川栗子坪自然保护区红腹角雉雌鸟和亚成体冬季集群行为研究. 四川动物, 2013, 32(6): 846-849.
- [36] 蒋剑虹, 戴年华, 邵明勤, 黄志强, 卢萍. 鄱阳湖区稻田生境中灰鹤越冬行为的时间分配与觅食行为. 生态学报, 2015, 35(2): 270-279.
- [37] 戴年华, 邵明勤, 蒋丽红, 杜建华, 蒋剑虹, 曾宾宾. 鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征. 生态学报, 2013, 33(18): 5768-5776.
- [38] 杨延峰, 张国钢, 陆军, 刘文, 李振吉. 贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响. 生态学报, 2012, 32(23): 7280-7288.
- [39] 沈啸远, 刘洁, 金斌松, 秦海明, 刘观华, 王文娟. 鄱阳湖越冬鹤鹑的日间行为节律. 四川动物, 2016, 35(6): 810-817.
- [40] 邵明勤, 陈斌. 中华秋沙鸭越冬期昼间行为能量支出及其变化. 湿地科学, 2017, 15(4): 483-488.