

环境温度对大天鹅越冬行为和活动区的影响

高如意^{①②} 贾茹^① 孔德生^② 谢文燕^② 茹文东^②
吉志红^③ 陆军^① 张国钢^{①*}

① 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 全国鸟类环志中心, 国家林业和草原局森林保护学重点实验室 北京 100091;

② 三门峡市天鹅湖国家城市湿地公园管理处 三门峡 472000; ③ 河南省三门峡市气象局 三门峡 472000

摘要: 环境温度变化通过影响鸟类的行为进而使其活动区也发生变化, 探讨三者之间的关联性有助于理解鸟类是如何通过行为调整以适应周围环境的变化, 来满足自身的生理需求。本研究通过卫星跟踪的方法获得了在河南三门峡湿地越冬的 31 只大天鹅 (*Cygnus cygnus*) 详细位点数据, 在 ArcGIS 和 R 语言中采用核密度估计法计算大天鹅的活动区面积, 在 SPSS 中采用 Spearman 分析平均温度与活动区面积的相关性; 并利用瞬时扫描法获得大天鹅越冬行为观察数据, 采用非参数 Kruskal Wallis 检验对大天鹅行为的差异性进行分析, 探讨了环境温度与大天鹅越冬行为和活动区三者之间相互作用的模式。研究表明, 从越冬初期至后期, 随着环境温度的先下降后升高, 大天鹅的取食、运动、静息等主要行为发生了较大的变化, 静息和取食行为先增加后减少, 运动行为则先减少后增加。越冬不同时期的核心区 and 活动区面积与温度呈显著性正相关。大天鹅在不同时段的活动区面积大小整体上均呈现出先减少后增加的趋势。随着环境温度的变化, 大天鹅的越冬行为也随之发生了调整, 进而使活动区面积发生改变, 主要体现在越冬初期大天鹅通过增加活动区面积及时补充能量增加体能, 越冬中期减少活动保持能量需求, 越冬后期增加盘旋飞行使得活动区面积增大等。大天鹅这一系列行为和活动区的调整都是为了更好地满足越冬不同时期的生理需求。

关键词: 大天鹅; 越冬行为; 活动区; 环境温度; 三门峡湿地

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2021) 05-655-08

Effect of Environmental Temperature on the Wintering Behaviors and Home Range of Whooper Swans (*Cygnus cygnus*)

GAO Ru-Yi^{①②} JIA Ru^① KONG De-Sheng^② XIE Wen-Yan^② RU Wen-Dong^②
JI Zhi-Hong^③ LU Jun^① ZHANG Guo-Gang^{①*}

① Key Laboratory of Forest Protection of National Forestry and Grassland Administration, National Bird Banding Center of China,

Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091;

② Sanmenxia Swan Lake National City Wetland Park of Henan, Sanmenxia 472000;

③ Meteorological Bureau of Sanmenxia City of Henan Province, Sanmenxia 472000, China

基金项目 遥感科学国家重点实验室开放基金项目 (No. OFSLRSS201925), 国家林业和草原局项目 (No. 213023721203);

* 通讯作者, E-mail: zm7672@caf.ac.cn;

第一作者介绍 高如意, 男, 高级兽医师; 研究方向: 野生动物救护与管理; E-mail: 13603401731@163.com。

收稿日期: 2020-12-14, 修回日期: 2021-07-18 DOI: 10.13859/j.cjz.202105003

Abstract: Changes in environmental temperature may affect the wintering behaviors of birds and alter their home range sizes. It is important to understand how these three factors interact to influence the ability of birds to meet their physiological needs. In this paper, the detailed data of locations of 31 whooper swans (*Cygnus cygnus*) wintering in Sanmenxia Wetland of Henan Province were obtained by satellite tracking, and we used kernel density estimation to calculate the home range size of whooper swans by ArcGIS and R, Spearman correlation was used to determinate the relationship between mean temperature and home range size by SPSS, and the behavior observation data of swans were obtained by instantaneous scanning method, the Kruskal Wallis test was used to analyze the significant difference of behavioral patterns. According to the daily average temperature of our study area, the whole winter period was divided into three periods (Fig. 1). The results showed that there were noticeable differences in the wintering behaviors of the swans, including feeding, locomotion and resting form the early to late winter periods, related to the decreasing and increasing environmental temperature (Table 1). As winter behaviors changed, the home range sizes of the swans also altered (Table 2). The sizes of core area and whole home range in different winter periods were positively correlated with temperatures. Additionally, home range sizes at different time intervals changed greatly with the change in temperatures (Fig. 2). In the early winter, the variation in the behaviors of the swans mainly reflected the need to supplement energy to increase physical fitness and home range sizes increased. In the mid-winter period, movement was reduced to maintain energy and the home range sizes decreased. In the late winter, the home range sizes increased to allow for greater circling flights and foraging to improve migration ability. In conclusion, this study found that changes were made by swans to their wintering behaviors and home range sizes to meet their physiological demands during different winter periods.

Key words: Whooper swan; Wintering behaviors; Home range; Environmental temperature; Sanmenxia Wetland

鸟类行为时间分配是生态学中研究鸟类行为特征的重要内容 (Li et al. 2015, Naz et al. 2018), 鸟类通过调整各种行为的时间比例, 以适应自身的生理需求和周围环境的变化, 特别是在冬季, 随着温度的降低以及自然食物的逐渐减少, 鸟类调整行为对其存活以度过漫长寒冷的冬季尤为重要 (易国栋等 2010, Jones et al. 2014)。Saker 等 (2016) 研究了阿尔及利亚东北部赤颈鸭 (*Anas penelope*) 越冬期昼间的行为, 发现赤颈鸭取食和休息行为在整个越冬期内呈先减少后增加的趋势; 易国栋等 (2010) 对在江西越冬的中华秋沙鸭 (*Mergus squamatus*) 日间行为节律的研究结果也表明, 中华秋沙鸭的取食、游泳、理羽和静息行为呈明显的节律性变化; Lamontagne 等 (2001) 通过对春季在加拿大南部迁徙停歇的黑嘴天鹅

(*Cygnus buccinator*) 的行为和日活动节律进行研究, 发现温度对黑嘴天鹅的行为具有显著性影响, 当温度下降到 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时, 黑嘴天鹅的觅食行为减少, 休息行为显著性增多。因此温度对鸟类行为存在一定程度的影响, 当温度降低时鸟类通常会增加休息等消耗能量较少的行为来维持生存 (Fortin et al. 2000, Lamontagne et al. 2001)。当鸟类的行为发生改变时, 由于各行为的活动模式不同, 鸟类活动区也将随之发生变化 (Bengtsson et al. 2014, Kleinhenz et al. 2018)。孟维悦等 (2018) 通过研究内蒙古图牧吉湿地灰雁 (*Anser anser*) 的秋季活动特征, 发现随着气温的降低, 灰雁为了获得更多的食物逐渐从草地向水域丰富区域移动, 活动区面积也逐渐增大; Kleinhenz 等 (2018) 对在德国南部巴伐利亚繁殖和越冬灰

雁活动特征的研究结果也表明, 灰雁活动区随着生理需求的变化而变化。由于环境温度的变化, 鸟类行为的时间分配比例等也随之进行了调整, 进而导致其活动区如面积大小发生变化, 而对这种变化过程的关联性进行分析将有助于理解鸟类是如何通过行为调整以适应周围环境的变化, 来满足自身的生理需求。

河南三门峡湿地位于晋豫交界的黄河中下游, 是我国大天鹅 (*Cygnus cygnus*) 重要的越冬地之一 (张国钢等 2016), 2017 至 2018 年冬季, 在该湿地越冬的大天鹅数量超过了 4 000 只。大天鹅每年 10 月下旬从蒙古国西北部的繁殖地迁徙至三门峡湿地越冬, 越冬数量在翌年 1 月初达到高峰, 2 月中下旬至 3 月下旬陆续北迁离开湿地 (Li et al. 2018)。大天鹅主要以植物性食物为食, 在整个越冬期环境温度呈先降低后升高的趋势, 栖息地中植物性食物的丰富度也呈波动性变化, 因此大天鹅越冬行为和活动区也将随之发生改变。本研究以三门峡湿地越冬大天鹅为研究对象, 以环境温度为切入点, 分析了随着环境温度的变化, 大天鹅的行为发生了哪些变化? 温度与大天鹅活动区的变化是否有关? 同时还进一步探讨了大天鹅在越冬不同时期各行为的时间分配与活动区面积间的关系。本研究结果将有助于理解环境温度、越冬行为和活动区三者之间相互作用的模式, 同时也希望为当地大天鹅越冬种群的保护提供基础资料。

1 研究方法

1.1 研究地点

三门峡湿地位于河南省三门峡市生态区, 面积约 335 hm^2 , 其中陆地面积约 166.7 hm^2 , 水面和滩涂面积约 168.3 hm^2 。湿地为暖温带大陆性季风气候, 四季分明, 气候温和, 夏季由于太平洋副热带高压控制, 形成炎热、温热、雨涝三种天气, 冬春季多受蒙古冷高压影响, 缺雨干燥, 雨雪较少。年均气温 14.7 $^{\circ}\text{C}$, 年最热月份为 7 月, 月平均气温 26.7 $^{\circ}\text{C}$, 最冷月份

为 1 月, 月平均气温 -0.7 $^{\circ}\text{C}$ 。年均降水量 580 ~ 680 mm。研究地点的植被状况详见 Jia 等 (2019)。

1.2 数据收集与处理

经河南省林业局的同意 (豫林护许准 [2017] 13 号), 于 2017 年 12 月至 2018 年 3 月, 在三门峡湿地苍龙湖东侧较隐蔽的大天鹅救护中心处设置了大型网笼, 通过玉米诱捕的方法, 共安全捕捉了 31 只大天鹅个体, 并采用“背负式”的方法为其佩戴了太阳能卫星跟踪器, 整个过程操作不超过 5 min, 尽可能减少大天鹅出现过多的应激反应而受到伤害。卫星跟踪器 (YH-GTG0325) 为杭州粤海科技有限公司生产, 重量为 22 ~ 30 g, 占大天鹅平均体重的 0.2% ~ 0.3%。卫星跟踪器采用 GPS 定位, 信号由中国移动通讯系统接收, 每 2 h 发射一次信号。卫星定位数据通过网络客户端解译后下载, 包含定位时间、经纬度、精度 (位点定位等级) 等。卫星跟踪器精度采用位置精度强弱度 (position dilution of precision, PDOP) 值进行衡量, 取值范围为 0.5 ~ 99.9。数据分析选用 PDOP 不超过 2.0 即对应精度不超过 20 m 的位点数据进行大天鹅越冬期的活动区分析, 共获得 9 308 条数据。研究期间的温度数据采自距离湿地直线距离不足 200 m 的三门峡湿地气象站, 该气象站能准确地收集到湿地的温度等气象因子。根据湿地日平均温度的变化, 将整个越冬期划分为三个时期 (图 1): 温度在零上的越冬初期、温度在零下的越冬中期和温度回升到零度以上的越冬后期。

将越冬初期、中期和后期以 7 d 为间隔划分为不同的越冬阶段, 在 R 3.3 的“adehabitatHR”安装包中采用核密度估计法, 计算越冬不同时期各阶段以及越冬不同时期各时段 (以 1 h 为单位) 31 只卫星跟踪个体的核心区 (50%) 和活动区 (90%) 面积。在 SPSS 22.0 软件中, 采用非参数 Kruskal Wallis 检验的方法对越冬不同时期各行为分配比例的显著性进行了检验; 采用 Spearman 分析越冬不同时期

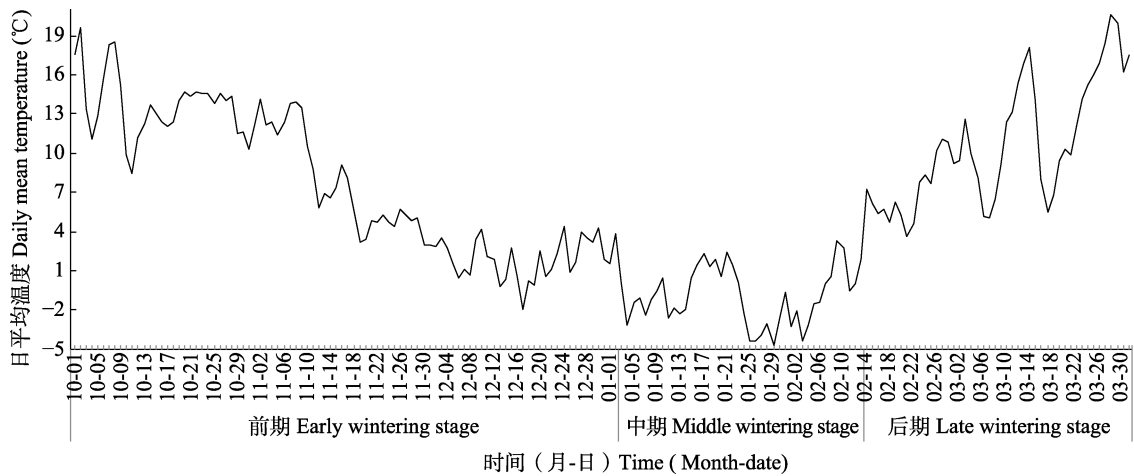


图 1 三门峡湿地大天鹅越冬不同时期的划分

Fig. 1 Division of different wintering stages of whooper swans at Sanmenxia Wetland from 1 October 2017 to 31 March 2018

各阶段以及各时段大天鹅核心区和活动区面积与平均温度的相关性，以此来探讨越冬行为与活动区面积之间的关系。参考邓大军等 (2019) 的行为研究方法，将大天鹅越冬行为划分为警戒、争斗、理羽、静息、鸣叫、运动和取食共 7 种，并在选定的 5 个行为观察点采用瞬时扫描法，每隔 10 min 扫描一次，随机选择 10 只大天鹅个体进行行为观察。观察时间为每日的 7 至 18 时，在夜间的 19 和 20 时、22 和 23 时、1 和 2 时以及凌晨的 5 和 6 时采用红外线夜视仪对大天鹅夜间行为进行观察。大天鹅越冬行为观察的时间分别是 2017 年 12 月 3 至 11 日 (越冬初期)、2018 年 1 月 14 至 23 日 (越冬中期) 和 2018 年 3 月 2 至 11 日 (越冬后期)。

2 研究结果

2.1 越冬不同时期行为及变化

从越冬初期至后期，环境温度呈先下降后升高的趋势，大天鹅的越冬行为发生了较大的变化 (表 1)。其中，警戒 ($\chi^2 = 21.498, P < 0.01$)、理羽 ($\chi^2 = 18.431, P < 0.01$)、静息 ($\chi^2 = 8.025, P < 0.05$) 和取食 ($\chi^2 = 13.597, P < 0.01$) 行为在越冬不同时期存在显著性差异。越冬初期大天鹅取食 (36.31%)、运动 (23.30%) 和静息

(19.67%) 行为占比较高；进入越冬中期后，大天鹅减少了运动频次，却增加了取食 (38.85%)、静息 (21.18%) 和警戒 (14.65%) 行为频次；而到了越冬后期，大天鹅虽然取食行为占比减少较多，却增加了运动 (21.72%) 等行为，特别是警戒 (19.25%) 和理羽 (15.68%) 行为比例增加幅度较大。

表 1 三门峡大天鹅在不同越冬期的行为及变化

Table 1 The change on behavior budgets at Sanmenxia Wetland at different wintering periods (%)

行为 Behaviors	越冬初期 Early wintering period	越冬中期 Middle wintering period	越冬后期 Late wintering period
警戒 Alarming	7.06	14.65	19.25
争斗 Fighting	0.34	0.39	0.52
理羽 Maintenance	9.43	10.91	15.68
静息 Resting	19.67	21.18	10.79
鸣叫 Calling	3.90	4.29	3.75
运动 Locomotion	23.30	9.72	21.72
取食 Foraging	36.31	38.85	28.28

2.2 越冬不同时期活动区面积变化与温度的关系

大天鹅在越冬不同时期的核心区 ($r = 0.489, P < 0.01, n = 49$) 和活动区 ($r = 0.438,$

$P < 0.01$, $n = 49$) 面积与平均温度呈显著性正相关, 说明大天鹅核心区和活动区面积受平均温度的影响较大, 面积随着平均温度的增加而增大。越冬不同时期大天鹅核心区和活动区面积的变化趋势也表明, 从越冬初期到中期, 随着环境平均温度的降低, 大天鹅的核心区和活动区面积随之减小; 进入越冬后期, 随着环境平均温度的升高, 大天鹅的核心区和活动区面积有所增大 (表 2)。

大天鹅在越冬初期各阶段 (核心区: $r = 0.515$, $P > 0.05$; 活动区: $r = 0.564$, $P > 0.05$, $n = 10$)、中期各阶段 (核心区: $r = -0.500$, $P > 0.05$; 活动区: $r = -0.300$, $P > 0.05$, $n = 5$) 以及后期各阶段 (核心区和活动区: $r = -0.429$, $P > 0.05$, $n = 6$) 的核心区和活动区面积与温度相关性不显著。

2.3 越冬不同时期各时段活动区面积与温度的关系

越冬初期, 大天鹅在不同时段核心区 ($r = -0.578$, $P < 0.01$, $n = 24$) 和活动区 ($r = -0.554$, $P < 0.01$, $n = 24$) 的面积与各时段平均温度呈显著负相关。9 至 11 时, 随着温度的逐渐升高, 大天鹅的活动区面积逐渐下降, 至 13 时达到最低; 较小的活动区面积一直维持到 17 时; 然后随着光照逐渐减弱和温度的逐渐降低, 大天鹅活动区面积逐渐增大, 至 1 时到达最高峰; 虽然有些小范围的波动, 但是直至 7 时活动区始终保持较大的面积 (图 2a)。

越冬中期, 大天鹅在不同时段的核心区 ($r = -0.636$, $P < 0.01$, $n = 24$) 和活动区 ($r = -0.680$, $P < 0.01$, $n = 24$) 的面积也与各时段

平均温度呈显著性负相关。9 至 11 时, 大天鹅活动区面积随着温度的升高而减少; 随后面积逐渐增加, 至 0 时达到最高峰。日间大天鹅活动区面积虽呈波浪状变化, 但是基本维持在一个稳定的水平 (图 2b)。

越冬后期, 大天鹅在不同时段的核心区 ($r = -0.354$, $P > 0.05$, $n = 24$) 和活动区 ($r = -0.339$, $P > 0.05$, $n = 24$) 的面积与各时段平均温度相关性不显著。大天鹅的活动区面积在 8 时达到最低, 随后逐渐增加, 至 23 时达到最高峰, 0 至 5 时活动区面积虽有所波动但基本维持在最大水平 (图 2c)。

3 讨论

鸟类行为和活动区的变化与气候因素、栖息地利用和食物分布等密切相关 (Legagneux et al. 2009, Kleinhenz et al. 2018)。Boos 等 (2019) 对欧洲西部越冬灰雁的活动区面积进行了研究, 结果表明, 随着环境温度的升高, 越冬后期特别是迁徙前灰雁活动区面积减少了 50% 以上, 这与本研究对大天鹅不同时段活动区面积与温度关系的研究结果基本一致, 但与越冬不同时期各阶段温度变化与活动区面积的研究结果不同, 反映了候鸟行为和活动特征受多种因素的综合影响。本研究发现, 越冬不同时期各阶段大天鹅活动区面积与温度不相关, 初步推测, 由于温度直接影响了植物的生长, 而大天鹅的行为与植物等食物资源的分布密切相关, 因此温度通过作用于植物生长间接影响了大天鹅的活动区大小和范围, 但由于越冬同一时期各阶段的划分是以 7 d 为间隔, 相对较

表 2 三门峡大天鹅在越冬不同时期的平均核心区和活动区面积及变化

Table 2 The change on average core range and home range at Sanmenxia Wetland at different wintering periods (km^2)

	越冬初期 ($n = 6$) Early wintering periods	越冬中期 ($n = 14$) Middle wintering periods	越冬后期 ($n = 29$) Late wintering periods
核心区 Core range	0.259 ± 0.076	0.123 ± 0.044	0.384 ± 0.062
活动区 Home range	1.096 ± 0.257	0.505 ± 0.179	1.348 ± 0.183

表中数值为平均值 ± 标准误。The values in the table were Mean ± SE.

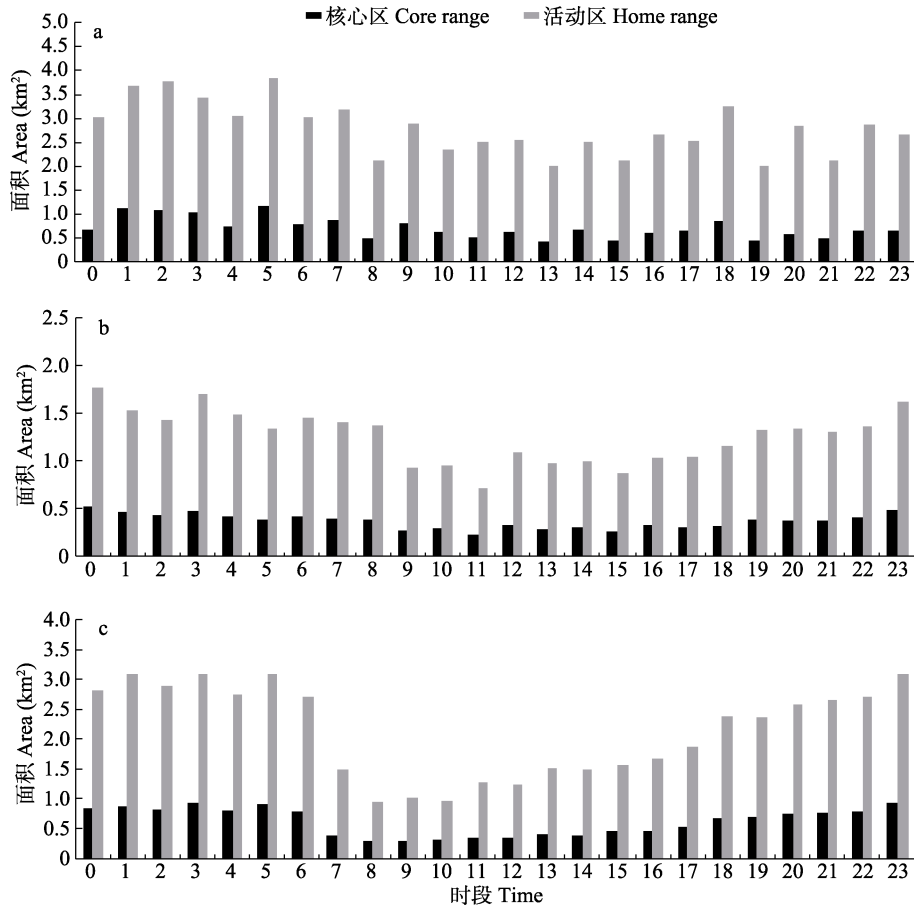


图 2 三门峡湿地大天鹅越冬不同时期各时段核心区和活动区面积

Fig. 2 The time core range and home range of whooper swans wintering in Sanmenxia Wetland at different wintering periods

a. 越冬初期; b. 越冬中期; c. 越冬后期。

a. Early wintering period; b. Middle wintering period; c. Late wintering period.

短，温度的变化尚不足以引起植物生长发生明显的差异，因此二者间的分析结果为不相关。本研究还进一步表明，在越冬不同时期每天各时段，环境温度通过影响大天鹅不同行为所占的时间比例来进一步影响活动区面积。

越冬初期，大天鹅历经数月超过 2 000 km 的迁徙到达三门峡湿地 (Li et al. 2018)，很容易因体弱和饥饿造成死亡，因此大天鹅的游动、行走和飞行等运动行为较多，主要是为了寻找食物和更换取食地点，来满足它尽快补充营养的需要，这与司世杰等 (2019) 在三门峡黄河公园，对越冬前期大天鹅行为的研究结果一致，

越冬前期大天鹅的觅食和运动行为相对较为频繁，所以此时期大天鹅的活动区面积较大。由于三门峡湿地周围来往行人和车辆较多，所以即使在白天随着温度的升高，大天鹅活动区面积变化也不是很大；而随着日照减弱，人为干扰减少，大天鹅警戒行为降低，觅食行为增加，活动区面积也随之增大。

越冬中期，环境温度降到零下，湖面也已经结冰，此时大部分天然植物已被大天鹅吃完，大天鹅游动、飞行等运动相对较少，上午多聚集在一起，或理羽或警戒等；随着中午温度的升高，局部区域的冰面融化，大天鹅增加了理

羽行为, 且大多数仍然是聚集在一起以保持身体的热量; 直到 14 时人为投食以后, 大天鹅逐渐开始取食, 从下午至夜间大天鹅取食行为有所增加, 进而使其活动区也有所恢复, 大天鹅夜间主要在人工投食点处夜宿。这与 Legagneux 等 (2009) 对绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*)、绿翅鸭 (*A. crecca*) 和针尾鸭 (*A. acuta*) 的研究结果一致, 当环境温度较低时, 这三种鸭多选择聚集在一起维持体温降低能量消耗。

越冬后期, 外界温度逐渐升高, 湖面冰融, 大天鹅开始了迁徙前的准备活动, 此时虽然大天鹅游动和飞行等运动行为有所增加, 但是飞行方式主要是在空中盘旋绕飞, 活动距离较小, 而其他行为如警戒和理羽行为频次增加幅度更大, 从而使得大天鹅在白天活动区面积相对较小。而进入夜间以后, 大天鹅的取食行为增多, 以快速地增加脂肪的积累来满足春季迁徙的需要, 此时大天鹅活动范围较广, 活动区面积增加, 这一点通过我们在夜间的观察得到了证实。

综上所述, 随着环境温度的变化, 大天鹅越冬行为也随之发生了调整, 进而活动区面积发生改变, 包括越冬初期通过增加活动区面积来及时补充能量增加体能, 越冬中期减少活动保持能量需求, 以及越冬后期增加盘旋飞行使得活动区面积增大等, 大天鹅这一系列的变化或调整都是为了更好地适应在越冬各时期不同的生理需求。

致谢 感谢河南省林业局同意本项目捕捉大天鹅 (豫林护许准[2017] 13 号) 并给予大力的支持, 同时对河南三门峡湿地大天鹅环志站的工作人员表示感谢。

参 考 文 献

- Bengtsson D, Avril A, Gunnarsson G, et al. 2014. Movements, home-range size and habitat selection of mallards during autumn migration. *PLoS One*, 9(6): e100764.
- Boos M, Nesterova A P, Chevallier D, et al. 2019. Migratory flights and local wintering movements of Greylag Geese *Anser anser* in western Europe. *Bird Study*, 66(2): 264–268.
- Fortin D, Gauthier G, Larochelle J. 2000. Body temperature and resting behavior of greater snow goose goslings in the high arctic. *The Condor*, 102(1): 163–171.
- Jia R, Li S H, Meng W Y, et al. 2019. Wintering home range and habitat use of the whooper swans (*Cygnus cygnus*) in Sanmenxia Wetland, China. *Ecological Research*, 34(5): 637–643.
- Jones O E, Williams C K, Castelli P M. 2014. A 24-hour time-energy budget for wintering American black ducks (*Anas rubripes*) and its comparison to allometric estimations. *Waterbirds*, 37(3): 264–273.
- Kleinhenz A, Koenig A. 2018. Home ranges and movements of resident graylag geese (*Anser anser*) in breeding and winter habitats in Bavaria, South Germany. *PLoS One*, 13(9): e0202443.
- Lamontagne J M, Barclay R M R, Jackson L J. 2001. Trumpeter swan behaviour at spring-migration stopover areas in Southern Alberta. *Canadian Journal of Zoology*, 79(11): 2036–2042.
- Legagneux P, Blaize C, Latraube F, et al. 2009. Variation in home-range size and movements of wintering dabbling ducks. *Journal of Ornithology*, 150(1): 183–193.
- Li C L, Zhou L Z, Xu L, et al. 2015. Vigilance and activity time-budget adjustments of wintering hooded cranes, *Grus monacha*, in human-dominated foraging habitats. *PLoS One*, 10(3): e0118928.
- Li S H, Meng W Y, Liu D P, et al. 2018. Migratory whooper swans transmit H5N1 virus between China and Mongolia-combination evidence from satellite tracking and phylogenetics analysis. *Scientific Reports*, 8(1): 7049.
- Naz S, Tanveer A, Abrar M, et al. 2018. Behavioral activity patterns of adult and juvenile Greater Flamingos (*Phoenicopterus roseus*) with alteration of climatic pattern at Uchalli Lake, Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30): 30132–30138.
- Saker H, Rouaiguia M, Talai-Harbi S, et al. 2016. Diurnal time budget of the Eurasian Wigeon (*Anas penelope*) at Lac des Oiseaux (northeast of Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4): 248–251.

- 邓大军, 贾茹, 孟维悦, 等. 2019. 三门峡湿地成幼大天鹅昼间越冬行为差异分析. *四川动物*, 38(5): 531-536.
- 孟维悦, 李淑红, 周景英, 等. 2018. 基于卫星跟踪的灰雁秋季活动特征与生境利用研究. *生态学报*, 38(16): 5659-5666.
- 司世杰, 鲁照阳, 曹子祯, 等. 2019. 三门峡市黄河公园大天鹅日间越冬行为研究. *湿地科学与管理*, 15(2): 45-49.
- 易国栋, 杨志杰, 刘宇, 等. 2010. 中华秋沙鸭越冬行为时间分配及日活动节律. *生态学报*, 30(8): 2228-2234.
- 张国钢, 陈丽霞, 李淑红, 等. 2016. 黄河三门峡库区越冬大天鹅的种群现状. *动物学杂志*, 51(2): 190-197.