

丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 东、西种群巢址选择的分异

刘学昌, 吴庆明, 邹红菲*, 李晓民

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 大陆种群以布列亚山—小兴安岭—张广才岭为界分为东、西两部分。2004 ~ 2005 年, 通过实地测量丹顶鹤东、西种群主要繁殖地的 31 处巢址的生境因子并进行统计学分析发现: 丹顶鹤东、西种群巢址的芦苇密度、苇丛面积及巢距干扰源距离的差异显著 ($P < 0.05$); 采用系统聚类分析的方法可将位于 5 个保护区的丹顶鹤巢分成两类, 且两类鹤巢分属东、西种群; 丹顶鹤东、西种群巢址选择的分异不仅表现在单个生境因子的数量差别, 还表现为群体采取不同的隐蔽对策; 丹顶鹤东、西种群营巢对水深和芦苇高度的选择稳定一致。生境丧失作为外因通过丹顶鹤的“K 生活史”特征起作用, 导致丹顶鹤东、西种群的巢址选择具有群体特征。

关键词: 丹顶鹤; 种群; 巢址选择; 聚类分析; 判别分析

文章编号: 1000-0933(2009)08-4483-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

The difference in characteristics of the nest-site selection between the east and west populations of the Red-crowned Cranes (*Grus japonensis*)

LIU Xue-Chang, WU Qing-Ming, ZOU Hong-Fei*, LI Xiao-Min

College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China,

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4483 ~ 4491.

Abstract: Continental populations of Red-crowned Crane (*Grus japonensis*) are divided into two distinctive parts by the line of Bureinsky Mountains — Xiaoxing'an Mountains — Zhangguangcai Mountains. In 2004 and 2005, through measurements and statistical testing to the environment factors of 31 nest-sites in the main breeding areas of the eastern and western populations of Red-crowned Crane, we found that three habitat factors: reed density, reed area, and distance to disturbances, show significant differences between the eastern and western populations of the Red-crowned Cranes ($p < 0.05$). The results of Hierarchical analysis based on nest-site habitat factors indicated that Red-crowned Cranes breeding in five nature reserves can be divided into two distinctive parts (the eastern and the western populations). These characteristics were present on both quantitative difference of habitat factors and covering tactics by different migratory populations. We found that both eastern and western cranes selected nesting sites with the same water depth and reed height. Habitat loss influenced the crane populations for their K-life history strategies, which formed different characteristics of the nest-site selection between the east and west populations of the Red-crowned Cranes.

Key Words: Red-crowned Crane; population; nest-site selection; cluster analysis; discriminant

鸟类的巢址选择研究是分析巢以及巢周围地域的生态因子在鸟类选择巢址过程中的作用和地位, 从而揭示鸟类选择该处筑巢的原因和主导因素^[1]。应用数理统计方法研究鸟类典型繁殖栖息地的特征、探讨鸟类

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划课题资助项目(2008BADB0B01); 国家新世纪优秀人才支持计划资助项目; 国家自然科学基金资助项目(30670350)

收稿日期: 2008-04-21; 修订日期: 2009-05-12

致谢: 感谢 E. A. Simonov 博士润色英文摘要。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hongfeizou@163.com

对繁殖生境的选择机制成为鸟类巢址选择研究的主流^[2~5]。

巢址选择是鸟类在进化过程中形成的一种繁殖与防御对策^[6],鸟类的巢址选择是一种优化生境选择^[7],对单一典型繁殖地的研究不能全面反映物种巢址选择的行为特征。动物的生境选择存在不同程度的可塑性^[8],鸟类的隔离种群适应各自繁殖生境的进化结果亦可导致其巢址选择行为产生分歧,例如斑翅山鹑(*Perdix dauuricae*)、黑琴鸡(*Lyrurus tetrix*)的不同地理种群对繁殖生境呈现趋异选择^[5,9]。因此,对单一典型繁殖地的巢址选择研究结果的异地适用性尚须检验。

丹顶鹤(*Grus japonensis*)已分化为日本北海道的留鸟种群和东亚大陆的候鸟种群^[10,11]。丹顶鹤候鸟种群繁殖于黑龙江流域的三江平原、松嫩平原、布列亚河湿地和辽河流域的盘锦湿地^[12]。Андронов 等^[13]描述了兴安斯基保护区丹顶鹤的繁殖生境,Masatomi^[11]统计分析了丹顶鹤北海道留鸟种群的巢址生境,李枫等^[14]、邹红菲等^[15]分别在扎龙保护区对丹顶鹤的巢址生境进行了量化研究。由于研究方法不同,上述研究的结果难以整合集成。作者对丹顶鹤候鸟种群东、西繁殖地的巢址生境进行了调查,期望发现丹顶鹤在不同地区巢址选择的异同。

1 材料与方法

1.1 数据获取

1.1.1 鹤巢的分布

研究地点位于三江平原的兴凯湖(N45°01′~45°34′,E131°58′~133°07′)、洪河(N47°42′~47°52′,E133°34′~133°46′)、三江(N47°26′~48°10′,E134°10′~135°05′)、三环泡(N46°44′~46°50′,E132°12′~132°55′)及松嫩平原的扎龙(N46°52′~47°32′,E123°47′~124°37′)共5个自然保护区。2004~2005年作者在丹顶鹤东部繁殖地发现并测量13个丹顶鹤巢,其中9巢分布于兴凯湖保护区,2巢位于洪河保护区,在三江和三环泡保护区各发现1巢;在丹顶鹤西部繁殖地的扎龙保护区测量18巢。

1.1.2 取样方法

观测发现丹顶鹤换孵后通常行走至距巢30m外飞离巢址,归巢反之。据此在以鹤巢为圆心、半径30m的范围内进行系统取样,即以鹤巢为原点沿东西、南北方向建立直角坐标系,在距巢0、5、10、20、30m处沿4个方向设置1m×1m样方测量巢址的各项生境因子。同期用同样的方法获取对照随机样方的相关数据。丹顶鹤亲鸟远离巢址游走觅食,选取丹顶鹤游走地点相对巢的远端间隔120m设置对照随机样方。调查期间在丹顶鹤东部种群繁殖地的四个保护区各获取15组300个随机样方,在西部种群繁殖地扎龙保护区获取40组800个随机样方。

1.1.3 生境因子的设定

栖息地的功能是为动物提供食物、水源、隐蔽场所和繁殖的基本条件^[16]。丹顶鹤繁殖期的食谱较广^[13,17],亲鸟远离巢址觅食且地点不固定,可以排除食物因素对丹顶鹤巢址选择的影响;水在湿地中广泛分布,其属性差异可用水深描述;鸟类的巢址选择主要取决于小尺度上的植被结构^[18],芦苇是丹顶鹤巢址植物群落的建群种,芦苇密度、高度、苇丛面积及植被盖度综合反映群落的外貌,巢址植被及巢距人为干扰源的距离构成丹顶鹤繁殖的隐蔽条件;种内竞争可能影响动物的生境选择^[19],丹顶鹤在繁殖期维持一定面积的领域,最小巢间距直观反映种内竞争对丹顶鹤巢址选择的影响。丹顶鹤巢址各生境因子的定义如下:

植被类型 样方中植被的建群种是否为芦苇,是记为1,否记为0;

植被盖度 样方中植被的垂直投影面积占样方面积的比例,由0.2~1分设5个水平;

芦苇密度 每平方米芦苇的株数,单位(株/m²);

芦苇高度 芦苇植被的平均自然高度,单位(cm);

苇丛面积 单一芦苇植被的连续分布面积,单位(m²);

水深 样方内水的平均自然深度,单位(cm);

巢距人为干扰源距离 鹤巢与最近的人类活动场所如房屋、公路的直线距离,单位(m);

最小巢间距 某一鹤巢与最近丹顶鹤巢的直线距离,单位(m);

上述有关面积、距离生境因子的测算由 GPS 的附属功能完成。

1.2 数据处理

1.2.1 巢址植被类型、盖度及水深因子的初判

统计各地区丹顶鹤巢址及对照随机样方中芦苇植被类型出现的频数,分别进行 Pearson χ^2 拟合优度检验,判断丹顶鹤是否选择芦苇植被营巢。

将各地区丹顶鹤巢址和对照随机样方中的植被盖度及水深的数据输入计算机,用 SPSS 软件进行分析。在由 Kolmogorov-Smirnov 检验相关因子数据符合正态分布的基础上分别对各地区丹顶鹤巢址与对照随机样方的相关生境因子数据进行均值比较,判定两组样方间差异显著的生境因子。

1.2.2 影响丹顶鹤巢址选择的主要生境因子的筛选

动物对生境的选择包括多层次的判别和一系列相关因子的交互作用^[20]。芦苇密度、高度以及苇丛面积是同一事物的不同属性,三者对丹顶鹤的巢址选择可能存在交互作用。植被盖度本身是个综合性指标,不能排除其与其它生境因子存在交互作用的可能性。植被和水构成丹顶鹤巢址生境的背景,种内竞争(最小巢间距)、人为干扰(巢距人为干扰源距离)因素的作用强度可能与此有关。众多因子的引入可能掩盖对丹顶鹤巢址选择起主导作用的因子的作用,有必要对相关生境因子进行有效筛选。调查中发现的丹顶鹤巢在东部的兴凯湖保护区和西部的扎龙保护区集中分布,运用主成分分析的方法分别筛选。

1.2.3 丹顶鹤巢址生境特征的类比

选取上述影响丹顶鹤巢址选择的主要生境因子,采用系统聚类分析方法对全部鹤巢进行 Q 型聚类;根据 Q 型聚类结果分别对影响丹顶鹤巢址选择的生境因子进行 R 型聚类。

采用判别分析的方法对全部鹤巢 Q 型聚类的结果进行回判;在此基础上对各类别鹤巢所属地区的随机生境进行判别分析;分别对各类别鹤巢的巢址与非巢址生境(随机生境)进行判别分析,依据变量(生境因子)与判别方程的相关系数对影响丹顶鹤巢址选择的生态因子的作用大小进行排序。

对不同类别鹤巢的相关生境因子进行均值比较;作为参照,将在不同类别鹤巢所属地区取得的随机生境因子数据进行均值比较。

2 结果

2.1 巢址植被类型、盖度及水深因子的初判

各地区丹顶鹤巢址及对照随机样方中芦苇植被类型出现频数的 Pearson χ^2 检验结果见表 1,各地区丹顶鹤巢址与对照随机样方中芦苇植被类型出现的频数均存在显著差异,即:丹顶鹤选择芦苇植被营巢。

表 1 巢址与对照随机样方中芦苇植被出现频数的 Pearson χ^2 检验

Table 1 Pearson χ^2 test results of the frequency reed vegetation exists between the nest-site and random sample area					
地点 Place	兴凯湖 Xingkai lake	洪河 Honghe	三江 Sanjiang	三环泡 Sanhuanpao	扎龙 Zhalong
Pearson χ^2	22.552	11.309	8.221	7.594	7.734

$\chi^2_{0.99}(1) = 6.635$

各地区丹顶鹤巢址及对照随机样方植被盖度的检验结果见表 2,各地区丹顶鹤巢址与对照随机样方的盖度差异不显著。

各地区丹顶鹤巢址及对照随机样方水深的检验结果见表 3,各地区丹顶鹤巢址与对照随机样方的水深均存在显著差异。

2.2 影响丹顶鹤巢址选择的主要生境因子的筛选

在对兴凯湖保护区巢址生境因子进行的主成分分析结果中第三主成分后的特征值变化明显趋缓,前三主成分的累积贡献率为 0.88。第一主成分的巢址水深及植被盖度的因子载荷较大(−0.951,0.942),由于巢址水深与植被盖度强负相关(相关系数为 −0.883, $P=0.002$),且前者决定后者,因此提取第一主成分的水深因

子;第二主成分的芦苇面积和芦苇高度两因子的载荷较大($-0.891, 0.921$), 将其提取;提取第三主成分中载荷较大的芦苇密度和巢距干扰源距离两因子($-0.866, 0.857$)。

表2 巢址与随机样方中植被盖度的显著性检验

Table 2 The significant test result of the cover degree of the vegetation between the nest-site and random sample area

盖度 Coverage	巢址均值 Average value of nest-site	标准误 Std. Error Mean	随机样方均值 Average value of random sample	标准误 Std. Error Mean	T 检验 T-test	
					T 值 Value of T	概率 P
兴凯湖 Xingkai lack	0.8	0.01 ($n=180$)	0.8	0.01 ($n=300$)	-1.060	0.290
洪河 Honghe	0.7	0.02 ($n=40$)	0.7	0.01 ($n=300$)	-1.045	0.297
三江 Sanjiang	0.6	0.03 ($n=20$)	0.5	0.01 ($n=300$)	1.656	0.110
三环泡 Sanhuanpao	0.8	0.03 ($n=20$)	0.7	0.01 ($n=300$)	1.525	0.128
扎龙 Zhalong	0.4	0.01 ($n=360$)	0.5	0.01 ($n=800$)	-1.576	0.115

表3 巢址与随机样方水深的显著性检验

Table 3 The significant test result of water depth between the nest-site and random sample area

水深 Water depth	巢址均值 Average value of nest-site	标准误 Std. Error Mean	随机样方均值 Average value of random sample	标准误 Std. Error Mean	T 检验 T-test	
					T 值 Value of T	概率 P
兴凯湖 Xingkai lack	7.6	0.2 ($n=180$)	5.4	0.2 ($n=300$)	6.731	0.000 *
洪河 Honghe	6.0	0.3 ($n=40$)	4.3	0.2 ($n=300$)	5.144	0.000 *
三江 Sanjiang	8.0	0.5 ($n=20$)	6.5	0.3 ($n=300$)	2.712	0.011 *
三环泡 Sanhuanpao	13.0	0.5 ($n=20$)	8.9	0.4 ($n=300$)	6.623	0.000 *
扎龙 Zhalong	11.7	0.3 ($n=360$)	18.7	0.4 ($n=800$)	-12.834	0.000 *

* $P < 0.05$

在对扎龙保护区巢址生境因子进行的主成分分析结果中第三主成分后的特征值变化明显趋缓,前三主成分的累积贡献率为 0.75。提取第一主成分中载荷较大的芦苇密度和高度两项因子($0.875, 0.953$);提取第二主成分中载荷较大的芦苇面积和巢距干扰源距离两项因子($0.761, 0.816$);第三主成分中水深因子的载荷较大(0.890), 将其提取。

在两地区巢址生境因子的主成分分析结果中最小巢间距的因子载荷均较小,显示种内竞争对丹顶鹤巢址选择的影响较弱,这与丹顶鹤繁殖个体无明显等级划分的野外观察结果相符;而外业调查在其它地区发现的丹顶鹤巢数量稀少,可直接排除种内竞争的影响。植被盖度的载荷在上述主成分分析的结果中皆可忽略不计,且前述各地区丹顶鹤巢址与随机样方中植被盖度的差异均不显著,故将其剔除。

综合上述分析判定芦苇密度、芦苇高度、苇丛面积、水深和巢距干扰源距离是影响丹顶鹤巢址选择的主要生境因子。

2.3 丹顶鹤巢址生境特征的类比

对全部鹤巢进行的 Q 型聚类结果如图 1 所示:30 个鹤巢可清晰地分为两大类,分属丹顶鹤东部繁殖地的三江平原和西部繁殖地的松嫩平原,1 巢例外。

分别针对丹顶鹤东、西繁殖地巢址的 5 项生境因子进行的 R 型聚类结果见图 2 和图 3。

选取上述五项生境因子对全部丹顶鹤巢的类别进行距离判别分析的正确率为 0.903,而应用逐步判别的方法剔除水深和芦苇高度两项因子后的判别正确率为 0.871。由此可见,芦苇密度、苇丛面积、巢距干扰源距离三项因子集中显示丹顶鹤东、西繁殖地巢址生境的差异。

对丹顶鹤东、西繁殖地随机生境进行判别分析的正确率为 0.952,而对丹顶鹤东部繁殖地的 4 个保护区的随机生境进行判别分析的正确率介于 0.528 ~ 0.706 之间,丹顶鹤东、西繁殖地生境的差别明显大于东部繁殖地各保护区之间的生境差异。

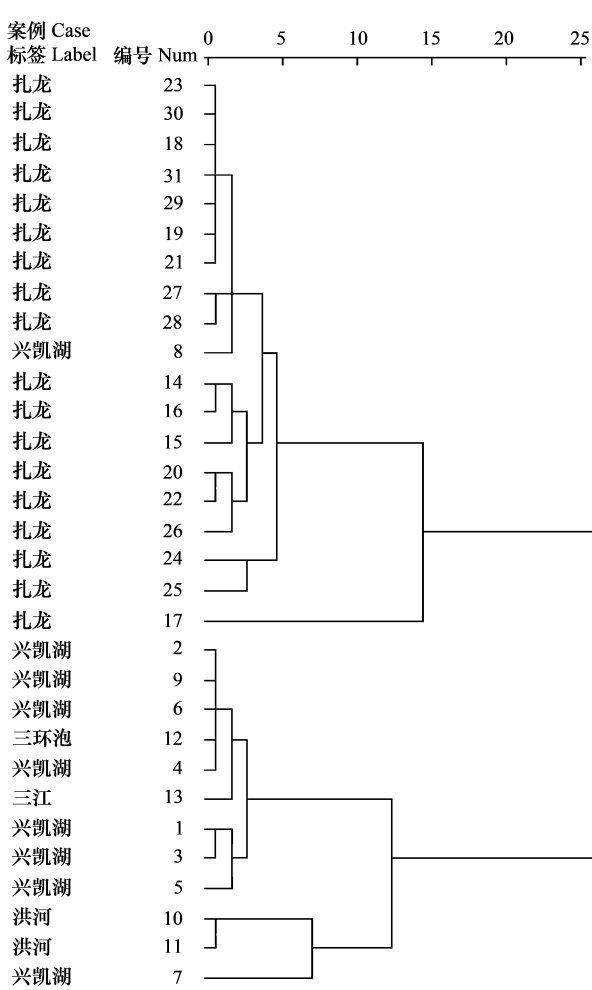


图1 三江平原及松嫩平原地区丹顶鹤巢的 Q 型聚类结果
Fig.1 The result of Q Cluster on Red-crowned Crane nest between Sanjiangplain and Songnen

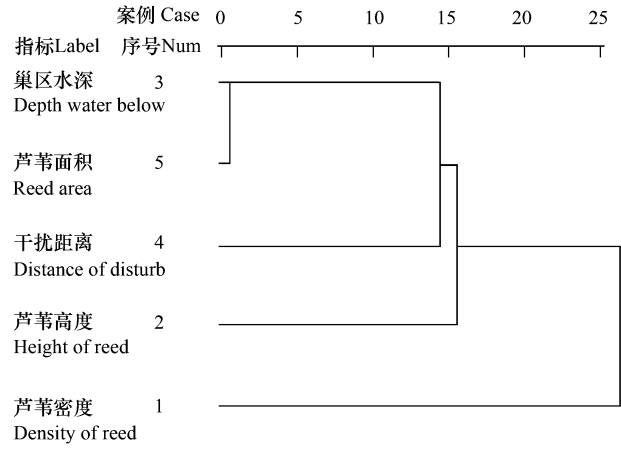


图2 三江平原地区鹤巢 5 项因子的聚类步骤图
Fig.2 The result of Cluster on the ecological factor of Red-crowned Crane nest between Sanjiang plain

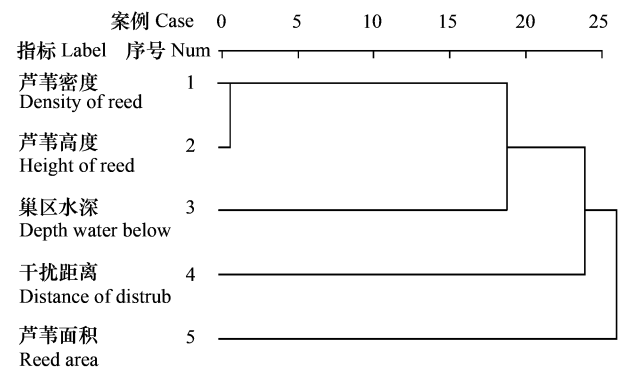


图3 松嫩平原地区鹤巢 5 项因子的聚类步骤图
Fig.3 The result of Cluster on the ecological factor of Red-crowned Crane nest between Songnen plain

对丹顶鹤东部繁殖地巢址与非巢址生境进行判别分析的正确率为 0.878,影响该地区丹顶鹤巢址选择的生态因子的作用大小依据变量与判别方程的相关系数排序分别为干扰距离(0.621)、芦苇面积(0.470)、芦苇密度(0.451)、巢下水深(0.304)、芦苇高度(0.107);对丹顶鹤西部繁殖地巢址与非巢址生境进行判别分析的正确率为 0.818,影响该地区丹顶鹤巢址选择的生态因子的作用大小依次为干扰距离(-0.772)、芦苇高度(0.479)、巢下水深(0.381)、芦苇面积(0.343)、芦苇密度(0.224)。

丹顶鹤东、西繁殖地巢址 5 项生境因子的均值比较结果见表 4;东、西繁殖地随机生境的相关生境因子数据的均值比较结果见表 5。

3 讨论

丹顶鹤东、西繁殖地两类鹤巢的类间距离明显大于类内距离(图 1),丹顶鹤东、西种群的巢址选择具有群体特征。丹顶鹤东、西繁殖地巢址的芦苇密度、苇丛面积、巢距干扰源距离 3 项因子的类间距离均较大(图 2、图 3),三者对丹顶鹤巢址选择的影响不可相互替代。野外调查发现:当入侵者(人)接近巢址时,坐巢的丹顶鹤会主动离巢并诱导其远离巢址。丹顶鹤的这一繁殖防御对策是否成功取决于巢址的隐蔽条件,而芦苇密度、苇丛面积、巢距干扰源距离 3 项生境因子共同构成丹顶鹤巢址的隐蔽条件。鸟类繁殖栖息地的功能正是为鸟类提供一个安全隐蔽的繁殖环境^[18]。

表 4 丹顶鹤东、西繁殖地巢址生态因子的均值比较

Table 4 The comparisons on the ecological factors of nest-site between the east and west Breeding place of the Red-crowned Cranes

因子名称 Factor name	东部巢址均值 ($n=13$) Average value of eastern crane nest	95% 置信区间 95% Confidence Interval	西部巢址均值 ($n=18$) Average value of western crane nest	95% 置信区间 95% Confidence Interval	T 检验 T-test	
					T 值 Value of T	概率 P
芦苇密度(株/ m ²) Density of reed	29 ± 6	16,41	245 ± 62	114,376	-3.460	0.003 *
芦苇面积 Area of reed(m ²)	14 998 ± 3989	6307,23689	146 ± 32	78,214	3.723	0.003 *
芦苇高度 Height of reed(cm)	102 ± 5	90,113	116 ± 7	79,153	-0.770	0.450
水深 Water depth(cm)	7.8 ± 0.6	6,9	11.7 ± 2.3	7,17	-1.606	0.124
干扰距离 Distance of disturb(m)	1 499 ± 202	1059,1939	3 138 ± 374	2349,3938	-3.855	0.001 *

表 5 丹顶鹤东、西繁殖地随机生境生态因子的均值比较

Table 5 The comparisons on the ecological factors of random habitat between the east and west Breeding place of the Red-crowned Cranes

因子名称 Factor name	东部地区均值 ($n=36$) [#] Average value of eastern area	95% 置信区间 95% Confidence Interval	西部地区均值 ($n=26$) [#] Average value of western area	95% 置信区间 95% Confidence Interval	T 检验 T-test	
					T 值 Value of T	概率 P
芦苇密度(株/ m ²) Density of reed	16 ± 1	13,19	354 ± 62	227,481	-5.496	0.000 *
芦苇高度 Height of reed(cm)	96 ± 4	87,104	159 ± 7	146,173	-8.435	0.000 *
芦苇面积 Area of reed(m ²)	5740 ± 773	4172,7309	553 ± 170	202,904	6.556	0.000 *
水深 Water depth(cm)	5.9 ± 0.5	5,7	17.6 ± 1.7	14,31	-6.512	0.000 *
干扰距离 Distance of disturb(m)	751 ± 67	614,890	1495 ± 200	1082,1908	-3.518	0.001 *

[#] 植被类型为芦苇的样方组 The cover type of sample group is reed

对丹顶鹤东、西繁殖地巢址与非巢址生境的判别分析显示:干扰距离与判别方程的相关系数在东部繁殖地较西部繁殖地低,而苇丛面积、芦苇密度与判别方程的相关系数以及排序在东部繁殖地较西部繁殖地高,丹顶鹤在东、西繁殖地的巢址选择采取不同模式的隐蔽条件组合。与对全部鹤巢的类别进行逐步判别分析的结果相对应,丹顶鹤东、西繁殖地巢址的芦苇密度、苇丛面积及巢距干扰源距离 3 项因子的差异显著($p < 0.05$, 表 4),且 95% 置信区间不重叠;不仅如此,丹顶鹤东部繁殖地巢址的苇丛面积大于西部,而巢址的芦苇密度及巢距干扰源距离小于西部。可见,丹顶鹤在东、西繁殖地巢址选择的分异不仅表现在单个生境因子的数值差异,更表现为群体隐蔽对策的不同。

丹顶鹤东、西繁殖地巢址的芦苇高度差异不显著($p > 0.05$, 表 4),而丹顶鹤东、西繁殖地随机样方的芦苇高度存在显著差异($p < 0.05$, 表 5)。这一结果与 Masatomi 对丹顶鹤北海道留鸟种群巢址的研究结果以及李枫等、邹红菲等在扎龙保护区的相关研究结果相一致^[11,14,15]。丹顶鹤在各地营巢对芦苇高度的一致选择显然与丹顶鹤的身高有关,丹顶鹤孵卵对隐蔽和警戒条件的双重要求限定了其对巢址芦苇高度变化幅度的选择。

丹顶鹤东、西繁殖地巢址的水深差异不显著($p > 0.05$, 表 4),而丹顶鹤东、西繁殖地随机样方的水深存在显著差异($p < 0.05$, 表 5)。水深加大会降低湿地的可通行性,就广义而言有利于增强巢址的安全度,但水深的增加也会加大丹顶鹤筑巢以及育雏的难度,因此丹顶鹤营巢对巢址水深的选择必然存在一个最适值。丹顶鹤在东、西繁殖地对水深的一致选择反映丹顶鹤营巢对水深的选择较为严格。相关的研究为此提供了佐证:1997~1999 年向海湿地的水位发生了显著变化,这 3a 该地区丹顶鹤繁殖的数量差异很大^[21];俄罗斯学者分

析连续数十年的观测资料发现,丹顶鹤等湿地鸟类的分布区随降水量的周期性波动而变化,从兴凯湖到贝加尔湖包括黑龙江流域在内的广大地区都呈现类似的波动,不同的是东部地区迟于西部地区进入干旱期,而早于西部进入湿润期^[22]。

应用卫星示踪技术研究显示:降水正常的年份丹顶鹤繁殖期的活动区域通常在直径 15 km 范围内,而干旱年份丹顶鹤在连续生境中扩散的最远距离由 Архара(阿尔哈拉)湿地至 Благовещенск(海蓝泡)^[23](约 200km)。丹顶鹤的东、西繁殖地被布列亚山-小兴安岭-张广才岭东西向分隔,以往丹顶鹤的东、西繁殖地通过松花江和黑龙江中游的湿地相连通,现阶段小兴安岭与张广才岭之间松花江中游的鹤类栖息地已经丧失,小兴安岭与布列亚山之间黑龙江中游中国一侧的鹤类栖息地也已消失,包括嘟噜河流域^[24]。上述关键位点栖息地的丧失可能削弱甚至阻断气候波动引发的丹顶鹤候鸟种群在东西方向的扩散和个体交换。繁殖于兴凯湖地区的丹顶鹤沿东线到朝鲜半岛中部地区越冬,繁殖于兴安斯基、扎龙、向海保护区的丹顶鹤沿西线到盐城海滩集群越冬^[25,26]。丹顶鹤东、西繁殖地的个体沿东、西两条路线迁徙越冬提示丹顶鹤候鸟种群为“异质种群”。丹顶鹤繁殖遵循严格的单配偶制并长期维持配偶关系,繁殖率低,雏鸟翌年随亲鸟返回繁殖地^[13,27],这一系列“K 对策者”生活史特性使其繁殖分布区扩展或恢复缓慢。而关键位点的生境丧失作为外因通过丹顶鹤“K 对策者”的生活史特性起作用,加剧了丹顶鹤东、西候鸟种群间的隔离。印记影响丹顶鹤的巢址选择^[28],隔离的加剧必然强化印记在丹顶鹤巢址选择过程中的作用,反过来造成隔离进一步加深,从而形成丹顶鹤东、西候鸟种群的巢址选择行为具有群体特征的正反馈机制。

综上所述,丹顶鹤东、西种群的巢址选择不仅是其对不同繁殖地生境因子进行优化组合的主动选择过程,同时也是二者对各自繁殖生境的适应结果,即:丹顶鹤的巢址选择是其与繁殖生境的双向选择而非单向,因此导致丹顶鹤东、西种群巢址选择的分异。丹顶鹤东、西繁殖地巢址的芦苇密度、苇丛面积及巢距干扰源距离 3 项因子的差异显著,在个体水平上对单一繁殖地的上述 3 项生境因子的研究不能确定丹顶鹤巢址选择行为的可塑性大小,在群体水平上对不同繁殖地的某一生境因子的简单比较难以揭示这种差异隐含的生态学涵义,而在群体水平上对东、西繁殖地的 3 项生境因子进行分析则表明丹顶鹤东、西种群的巢址选择采取不同模式的隐蔽条件组合,前提是在不同地区的相关研究中采用统一的方法。丹顶鹤在东、西繁殖地营巢采取不同的隐蔽对策说明:在个体水平上对单一典型繁殖地的巢址选择研究结果的异地适用性尚须检验。进行生境选择的根本途径是比较动物典型栖息地的“已选择生境”与“未选择生境”或“可选择生境”相关生境因子的异同,“未选择生境”或“可选择生境”的价值在于为“已选择生境”提供参照。同理,对物种不同种群的生境选择的研究结果互为参照,比较它们的异同可以判断动物生境选择行为的可塑性大小。

丹顶鹤在东、西繁殖地营巢对水深和芦苇高度的一致选择显示该物种巢址选择行为的刚性,丹顶鹤东、西候鸟种群的巢址选择采取不同的隐蔽对策显示其巢址选择行为的可塑性。丹顶鹤营巢对水深和芦苇高度的刚性选择由其生理特征(物种属性)决定,而丹顶鹤东、西种群的巢址选择采取不同的隐蔽对策用心理因素解释更为直观。与丹顶鹤候鸟种群相比较,北海道留鸟种群选择离人类活动场所更近的地点营巢,对巢址植被类型的选择亦较为宽泛^[11],反映丹顶鹤留鸟种群的巢址选择行为对人为干扰的心理耐受性较强;而干扰距离对丹顶鹤东、西候鸟种群巢址选择的影响皆列于 5 项生态因子的首位,反映人为干扰已成为影响丹顶鹤候鸟种群巢址选择的限制因子。丹顶鹤候鸟种群与北海道留鸟种群的巢址选择对隐蔽的不同要求也印证了丹顶鹤营巢对隐蔽条件的选择具有可塑性。

鉴于丹顶鹤东、西候鸟种群选择一致高度和水深的芦苇沼泽营巢,有必要在黑龙江和松花江中游建立湿地类型自然保护区以促进芦苇植被的保护与恢复,通过重建联系丹顶鹤东、西候鸟种群的关键栖息地,缓解丹顶鹤东、西候鸟种群间的隔离程度;现阶段人为干扰已成为影响丹顶鹤候鸟种群巢址选择的限制因子,因此,降低人为干扰强度是防止丹顶鹤候鸟种群繁殖栖息地生境容纳量下降所面临的首要任务;丹顶鹤营巢对隐蔽条件的选择具有可塑性,这预示着:在严格保护的条件下,现存的丹顶鹤繁殖栖息地的生境容纳量仍具扩增空间。

References:

- [1] Ding C Q, Zheng G M. The nest site selection of the Yellow-bellied Tragopan. *Acta Zoologica Sinica*, 1997, 43(1): 27—33.
- [2] Gao W, Wang H T, Sun D T. The habitat and nest-site selection of Jankowskips bunting. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 665—672.
- [3] Deng W H, Gao W, Wang H T. The important ecological factors in fluencing nest-site selection of grey-faced Buzzard Eagle. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2246—2252.
- [4] Li X H, Ma Z J, Li D M, *et al.* Using Resource Selection Functions to study nest site selection of Crested Ibis. *Biodiversity Science*, 2001, 9(4): 352—358.
- [5] Zhang Z W, Liang W, Sheng G. Studies on the nest site selection of Daurian Partridge *Perdix dauuricae*. *Zoological Research*, 1994, 15(4): 37—43.
- [6] Cody M L. Habitat selection in birds: The roles of vegetation structure, competitors and productivity. *Bioscience*, 1981, 31: 107—113.
- [7] Cody M L. An introduction to habitat selection in birds. In: Cody M. *Habitat Selection in Birds*. New York: Academic Press, 1985. 3—56.
- [8] Sun R Y. *Principles of Animal Ecology*, Edition 3. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001. 272.
- [9] Zhang L Q, Li C. Progress of Black Grouse (*Lyrurus tetrix*) biology(I): distribution, subspecies, diet, habitation selection and behavior. *Journal of Hebei Normal University (Natural Science)*, 1999, 23: 259—262.
- [10] Дж Арчибалд. Зимовка *Grus vipio* и *Grus japonensis* в центральной части Корейского полуострова. В кн: (Журавли Восточной Азии). Владивосток: ДОВ АН СССР, 1982. 49—54.
- [11] Х Мосатоми. Характеристика мест гнездования японского журавля-*Grus japonensis* на восточном Хоккайдо. В кн: (Журавли Палеарктики). Владивосток: ДОВ АН СССР, 1988. 54—58.
- [12] Ma Y Q, Li X M. *Research on the Red-crowned Crane*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Education Publishing, 2002. 6.
- [13] В А Андронов, Р С Андропова, Л К Петрова. Территориальное распределение японского журавля на Архаринской низменности. В кн: (Журавли Палеарктики. Владивосток): ДОВ АН СССР, 1988. 59—62.
- [14] Li F, Yang H J, Zhang H H, *et al.* The nest-site selection by Red-crowned Crane in the Zhalong wetland. *Journal of Northeast Forestry University*, 1999, 27(6): 54—59.
- [15] Zou H F, Wu Q M, Ma J Z. The nest-site selection of Red-crowned crane in Zhalong Nature Reserve afterburning and irrigating. *Journal of Northeast Normal University*, 2003, 35(1): 54—59.
- [16] Zhang Z W, Zheng G M. Progress on the studies of habitat-selection in birds. In: China Zoological Society. *Zoological Studies in China*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1999. 1099—1104.
- [17] Ю В Шибаев, Ю Н Глушенко. Современное состояние и проблема охраны японского журавля на Приханкайской равнине. В кн: (Журавли Восточной Азии). Владивосток: ДОВ АН СССР, 1982. 35—43.
- [18] Yang W K, Zhong W Q, Gao X Y. A review of studies on avian habitat selection. *Arid Zone Research*, 2000, 17(3): 71—78.
- [19] Crowell K L, Pimm S L. Competition and niche shifts of mice introduced onto small islands. *Oikos*, 1976, 27: 251—258.
- [20] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W. Review of the research of habitat selection in wildlife. *Chinese Journal of Zoology*, 1998, 33(4): 48—52.
- [21] Sheng L X, He C G, Zou L F, *et al.* Analysis of effect of wetland ecological environment change in Xianghai nature reserve on number and distribution of Red-crowned Crane. *Journal of Northeast Normal University*, 2001, 33(3): 91—95.
- [22] М П Париков, С Ю Игнатенко, В А Кастрикин. Гипотеза влияния многолетних гидрологических циклов и глобального изменения климата на динамику численности японского, даурского журавлей и дальневосточного аиста в бассейне реки Амур. Влияние изменения климата на экосистемы бассейна реки Амура. Москва, 2006. 92—110.
- [23] Masayuki Tamura, Hiroyoshi Higuchi, Hiroto Shimazaki, *et al.* Satellite observation of movements and habitat conditions of Red-crowned Cranes and Oriental White Storks in East Asia, 2000, 4(2): 207—217.
- [24] Simba Chan. 1999. *Atlas of Key Sites for Cranes in the North East Asian Flyway EB/OL*. Tokyo: Published by Wetlands International, [2006-11-12]. [http://www.wing-wbsj.or.jp/english_hp/crane_net/Crane Atlas. pdf](http://www.wing-wbsj.or.jp/english_hp/crane_net/Crane%20Atlas.pdf).
- [25] Hiroyoshi Higuchi, Yuri Shibaev, Jason Minton, *et al.* Satellite tracking of the migration of the red-crowned crane (*Grus japonensis*). *Ecological Research*, 1998, 13(3): 273.
- [26] Xu J, Shu L Y. The study of cranes ring and migration. *Wild Life*, 1995, 2: 18—23.
- [27] Zhang F Y, Yang R L. *Bird migrating research of China*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1997. 158—159.
- [28] Yang Z F Translation. *The Cranes*. In: Ma Y Q. ed. *Crane research and conservation in China*. Harbin: Heilongjiang Education Press, 1986. 253.

参考文献:

- [1] 丁长青,郑光美.黄腹角雉的巢址选择.动物学报,1997,43(1):27~33.
- [2] 高玮,王海涛,孙丹婷.栗斑腹鹑的栖息地和巢址选择.生态学报,2003,23(4):665~672.
- [3] 邓文洪,高玮,王海涛.影响灰脸鵟鹰巢址选择的主要生态因素.生态学报,2003,23(11):2246~2252.
- [4] 李欣海,马志军,李典谟,等.应用资源选择函数研究朱鹮的巢址选择.生物多样性,2001,9(4):352~358.
- [5] 张正旺,梁伟,盛刚.斑翅山鹑巢址选择的研究.动物学研究,1994,15(4):37~43.
- [8] 孙儒泳.动物生态学原理,第3版.北京:北京师范大学出版社,2001.272.
- [9] 张录强,李春.黑琴鸡(*Lyrurus tetrix*)生物学研究进展(I):地理分布、亚种分化、食性、生境选择及其行为.河北师范大学学报(自然科学版),1999,23(2):259~262.
- [12] 马逸清,李晓民.丹顶鹤研究.上海:上海科技教育出版社,2002.6.
- [14] 李枫,杨红军,张洪海,等.扎龙湿地丹顶鹤巢址选择研究.东北林业大学学报,1999,27(6):54~59.
- [15] 邹红菲,吴庆明,马建章.扎龙保护区火烧及湿地注水后丹顶鹤(*Grus japonensis*)巢址选择.东北师范大学学报(自然科学版),2003,35(1):54~59.
- [16] 张正旺,郑光美.鸟类栖息地选择研究进展.见:中国动物学会编.(中国动物科学研究).北京:中国林业出版社,1999.1099~1104.
- [18] 杨维康,钟文勤,高行宜.鸟类栖息地选择研究进展.干旱区研究,2000,17(3):70~77.
- [20] 魏辅文,冯祚建,王祖望.野生动物对生境选择的研究概况.动物学杂志,1998,33(4):48~52.
- [21] 盛连喜,何春光,邹丽芳,等.向海湿地生态环境变化对丹顶鹤数量及其分布的影响分析.东北师范大学学报(自然科学版),2001,33(3):91~95.
- [26] 许杰,苏立英.鹤类环志及迁徙研究.野生动物,1995,2:18~23.
- [27] 张孚允,杨若莉.中国鸟类迁徙研究.北京:中国林业出版社,1997.158~159.
- [28] 杨兆芬(译).世界的鹤类.见:马逸清主编.(中国鹤类研究文集).哈尔滨:黑龙江教育出版社,1986.253.