

甘肃盐池湾斑头雁巢址选择

罗宏德^① 万丽霞^{①*} 马映荣^① 杨巨才^② 色拥军^② 贾阳阳^①

① 西北师范大学生命科学院 兰州 730070; ② 甘肃盐池湾国家级自然保护区管理局 酒泉 735000

摘要: 2019年4至6月,采用定点观察法和样方法研究甘肃盐池湾国家级自然保护区斑头雁 (*Anser indicus*) 巢址选择。研究期间共发现斑头雁巢332个,斑头雁在繁殖期有3种营巢生境,即浅水沼泽、湖心小岛以及山崖,其巢址类型有草垛巢、地面巢和山崖裸岩巢3种。浅水沼泽、湖心小岛以及山崖3种营巢生境中窝卵数分别为 (4.7 ± 2.7) 枚 ($n = 204$)、 (4.2 ± 1.9) 枚 ($n = 108$) 及 (3.1 ± 0.6) 枚 ($n = 20$), 孵化成功率分别为 48.65% ($n = 199$)、45.27% ($n = 148$) 及 24.00% ($n = 25$), 繁殖成功率分别为 66.67% ($n = 42$)、74.28% ($n = 35$) 及 36.36% ($n = 11$)。主成分分析显示,影响浅水沼泽生境中斑头雁巢址选择的主要环境因素依次为水源因素、隐蔽因素、干扰因素和食物因素;影响湖心小岛生境中斑头雁巢址选择的主要环境因素依次为隐蔽因素、食物因素、干扰因素;影响山崖生境中斑头雁巢址选择的主要环境因素依次为地形因素、食物及水源因素、干扰因素。本研究表明,斑头雁在不同营巢生境中,巢址选择的最主要环境因素并不相同,主要依赖生境特征及周围环境因素特征。

关键词: 斑头雁; 巢址选择; 样方调查; 主成分分析

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2020) 03-277-12

Nest-site Selection of Bar-headed Goose (*Anser indicus*) in Yanchi Bay, Gansu

LUO Hong-De^① WAN Li-Xia^{①*} MA Ying-Rong^① YANG Ju-Cai^②
SE Yong-Jun^② JIA Yang-Yang^①

① College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070;

② National Nature Reserve of Yanchiwan, Jiuquan 735000, China

Abstract: From April to June 2019, the fixed-point observation method and sample method were used to investigate the nest-site selection of Bar-headed Goose (*Anser indicus*) in the Yanchi Bay National Nature Reserve of Gansu Province. A total of 332 Bar-headed Goose nests were found, including three types of nest sites: haystack nests, ground nests, and bare rock cliff nests (Fig. 2). All nests were distributed on haystacks in shallow water swamps, on islands in the lake, and on nearby cliffs (Fig. 1). The average densities of the bar-headed geese in the three nest habitats were $0.18 /m^2$ ($n = 204$), $0.59 /m^2$ ($n = 108$), and $0.06 /m^2$ ($n = 20$).

基金项目 甘肃肃北县鸟类调查项目 (No. 5002-2005);

* 通讯作者, E-mail: wanlx@163.com;

第一作者介绍 罗宏德, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: 1271779513@qq.com。

收稿日期: 2019-10-09, 修回日期: 2020-04-01 DOI: 10.13859/j.cjz.202003001

Bar-headed Geese favored to choose a nest in a small island in the center of the lake, followed by shallow water swamps and cliffs (Table 1). The average clutch sizes of bar-headed geese in the three nesting habitats were 4.74 ± 2.68 ($n = 204$), 4.23 ± 1.94 ($n = 108$) and 3.13 ± 0.64 ($n = 20$), with the hatching success rates of 48.65% ($n = 199$), 45.27% ($n = 148$) and 24.00% ($n = 25$), and reproduction success rates of 66.67% ($n = 42$), 74.28% ($n = 35$) and 36.36% ($n = 11$) (Table 2). Independent sample *t*-test and Mann-Whitney *U* test were used for nest site quadrats and the same number of control quadrats in each camp nest habitat. We found that in shallow water marsh habitats, three indicators of haystack density, haystack cover and water depth exist. Very significant difference ($P < 0.01$), and there was significant difference in water area ($P < 0.05$). In the lake core island habitat, there are extremely significant differences in the six indicators of vegetation density, vegetation height, maximum vegetation height, vegetation coverage, bare land ratio, and hay ratio ($P < 0.01$); in the cliff habitat, the slope direction and distance. There are extremely significant differences between the three indicators of grass beach distance and water distance ($P < 0.01$) (Table 3 - 5). The principal component analysis showed that the main environmental factors affecting the selection of nesting sites for bar-headed geese in shallow marsh habitats were: water source factor, hidden factor, disturbance factor, and food factor; the major environmental factors affecting nest site selection in the core island habitat of Huxin Island were: Hidden factors, food factors, interference factors; the main environmental factors affecting nest site selection in cliff habitats are: terrain factors, food and water sources factors, and interference factors (Table 6 - 8). Studies have shown that the main environmental factors of nest site selection are different in different nest habitats of Bar-headed Geese, which mainly depend on the characteristics of habitats and surrounding environmental factors.

Key words: *Anser indicus*; Nest-site selection; Quadrat investigation; Principal component analysis

巢址选择对于鸟类生存和繁殖成功具有重要意义 (Clark et al. 1991, Badyaev 1995)。鸟类会通过巢址选择将各种干扰、天敌捕食以及其他不良因子的影响降到最低水平。同一种鸟会选择相似的筑巢环境,但是同种鸟的巢址会随其栖息环境不同而有所变化,因此筑巢成效受捕食、天气、筑巢位置和巢周环境等方面的影响 (Kolbe et al. 2002, Traylor et al. 2004, 李东来等 2015)。

斑头雁 (*Anser indicus*) 为隶属雁形目 (Anseriformes) 鸭科 (Anatidae) 的一种常见游禽, 体型较大, 数量较多。主要繁殖于蒙古及中国的青海、西藏、新疆、甘肃等地, 以及印度北部的沼泽及高原湖泊, 在中国云南、贵州、西藏南部及印度、缅甸、孟加拉国等地越冬 (Bird Life International 2012)。目前, 对斑

头雁的研究主要集中在适应缺氧环境的生理机制 (方文娟 2004, Lee et al. 2008, Butler 2010)、种群特征 (宋延龄等 1994, Prins et al. 2004)、繁殖生态 (洗耀华 1964, 王侠 1981, Lamprecht 1987, Schneider et al. 1990)、迁徙路线 (Javed et al. 2000, Köppen et al. 2010, Zhang et al. 2011)、种内巢寄生 (Weigmann et al. 1991)、越冬行为 (刘宁等 2004)、食性 (李凤山等 1998) 等多个方面, 而关于斑头雁巢址选择研究较少, 仅见于对斑头雁巢密度进行过相关研究 (马鸣等 1997)。因此, 为了解斑头雁巢址选择的主要影响因素, 于 2019 年 4 至 6 月, 在甘肃盐池湾国家级自然保护区, 针对斑头雁巢址选择进行了调查, 并对其不同生境环境因子进行分析, 以期探讨不同生境下斑头雁巢址选择生态因子差异, 不仅为保护区斑头雁栖息地

保护提供依据, 也为探索鸟类巢址选择机理提供基础资料。

1 研究地区和研究方法

1.1 研究区域概况

甘肃盐池湾国家级自然保护区(以下简称保护区)地处甘肃省肃北蒙古族自治县东南部, 党河、榆林河、疏勒河的上游, 位于 $38^{\circ}26' \sim 39^{\circ}52' \text{N}$, $95^{\circ}21' \sim 97^{\circ}10' \text{E}$ 之间。保护区东西最长约 152 km, 南北最宽约 150 km, 总面积达 136 万 hm^2 。自北而南有四座大山, 即大雪山、疏勒南山、野马南山和党河南山, 最高海拔 5 483 m, 最低海拔 2 600 m。保护区属高寒干旱气候(Wang et al. 2011), 其自然环境错综复杂, 生态系统多种多样, 如冰川冻土生态系统、高山草甸生态系统、高山草原生态系统、温带草原生态系统和湿地生态系统等(Bao et al. 2009)。

保护区内湿地主要由沼泽构成, 按照其植被特征, 可将沼泽植被分为芦苇沼泽群系、细叶眼子菜群系、丛生苔草沼泽群系(孙立新 2014)。丛生苔草(*Carex caespititia*)沼泽群系包括丛生苔草、小灯芯草(*Juncus bufonius*), 伴生种有海乳草(*Glaux maritima*)等。芦苇沼泽群系伴生有水烛(*Typha angustifolia*)、沼针蔺(*Eleocharis phragmieus*)等。细叶眼子菜(*Potamogeton pectinatus*)是一种沉水植物, 属于典型的水生植物, 该群系中伴生种类缺乏, 群落较为单一。

1.2 研究方法

每年 3 月末 4 月初斑头雁迁飞至保护区, 最早的 4 月下旬开始产卵, 5 月中旬为产卵高峰期, 6 月中旬基本已完成孵化, 10 月份迁离。本研究地点选在保护区小道尔吉监测站, 平均海拔为 3 165 m, 有沼泽、湖泊、河流、荒山等多种生态景观, 是保护区斑头雁繁殖的典型生境。2019 年 4 月至 5 月通过访问和系统搜寻法寻找斑头雁的营巢生境。按照发现顺序对斑头雁的营巢生境进行编号和命名, 并用 GPS 定

位。对同一种生境的多个营巢地, 采用发现顺序进行编号并命名, 如 1 号 + 生境名称、2 号 + 生境名称、……。采用逐巢清点的方法记录斑头雁巢和卵的数量, 每 10 d 清点 1 次, 直到每种营巢生境中再无新增巢为止。使用 GPS 并结合红外测距仪(8X30, SWAROVSKI)调查各营巢栖息地面积。架设红外相机监测斑头雁孵卵行为, 孵化成功率 = 孵化成功卵数/总卵数, 繁殖成功率 = 成功巢数/总巢数, 其中, 繁殖成功巢指至少 1 只幼鸟成功离巢的巢, 总巢数指进入产卵期的巢数(Snow 1955)。

样方法调查不同营巢生境下斑头雁巢址选择参数。根据生境类型和巢址特征不同, 划分 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 、 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 、半径 $r = 7.5 \text{ m}$ 的不同样方进行调查。 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 的样方调查的巢址参数包括草垛高度、草垛密度、草垛盖度、水域面积、水深、距岸距离、距小路距离、距放牧区距离、距最近巢距离和物种丰富度等 11 个变量。 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的样方调查的巢址参数包括植被密度、植被均高、植被高度最大值、植被高度最小值、距湖面距离、距岸的距离、距放牧区距离、植被盖度、裸地比例、干草比例、植被物种丰富度和表层土壤含水量等 12 个变量。 $r = 7.5 \text{ m}$ 大样方内调查的巢址参数包括海拔、坡向、坡位、距水源距离、距草滩距离、距放牧区距离、距小路距离、距相邻巢距离等 8 个参数, 随机在其中做 4 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 小样方, 测量草本盖度、物种丰富度, 将 4 个小样方测得数值的平均值作为栖息地的生境分析参数。此外, 还有小岛的规模, 包括岛面积、岛周长、岛周围水深。在每种生境下的非巢区随机进行相同数量对照样方的调查, 调查内容与巢址样方一致。其中, 草垛盖度、水域面积、植被盖度、裸地比例、干草比例采用目测估算, 均分为 4 个等级 0 ~ 25%、25% ~ 50%、50% ~ 75%、75% ~ 100%, 分别赋值 1、2、3、4。坡位指巢址所在山坡的位置, 分为上坡位(坡上部 1/3 和山脊)、中坡位(坡中部 1/3)和下坡位(沟谷和坡下部 1/3), 取值分别为 1、2 和 3。坡向

指斑头雁巢址所在山坡正对的方向,依北、东北、东、东南、南、西南、西、西北分别赋值 1、2、3、4、5、6、7、8。距离因子均采用红外测距仪测量。

1.3 数据分析

利用卡方检验分析斑头雁在不同营巢生境下的繁殖成效是否存在差异,再对不同生境下的巢址样方与对照样方进行差异性分析,所有数据分析和检验均在 SPSS 20.0 软件上进行。在进行分析之前对所有的数据利用 Kolomogorov-Smirnov test 检验数据是否符合正态分布。对符合正态分布的数据进行 t 检验,对不符合正态分布的数据使用 Mann-Whitney U 检验。当 $P < 0.05$ 认为差异显著, $P < 0.01$ 时差异极显著, $P > 0.05$ 差异不显著。除非特别说明,所有统计均为双尾检验,数据采用平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示。进一步对巢址特征进行因子分析,找出影响斑头雁巢址选择的主要环境因素。

2 结果与分析

2.1 营巢生境

斑头雁的巢址有 3 种类型,草垛巢、地面巢和山崖裸岩巢(图 1)。草垛巢主要分布在浅水沼泽中,自然形成的草垛其成分主要是往年禾本科 (Gramineae) 和莎草科 (Cyperaceae) 植物的干草,在斑头雁繁殖后期,草垛中伴有鹅绒萎陵菜 (*Potentilla anserina*) 长出。地面巢分布在湖心小岛上,小岛上的植被主要有尖苞藁草 (*Carex microglochis*)、细叶藁草 (*C. duriuscula stenophylloides*)、红棕藁草 (*C. przewalskii*)、海韭菜 (*Triglochin maritimum*)、海乳草 (*Glaux maritima*) 和蕨麻 (*Potentilla anserina*) 等。山崖裸岩巢分布在向阳的山崖上,山崖巢正对的向南方向开阔,与东西两面山崖相连,山崖上的植被主要是豆科 (Leguminosae) 和菊科 (Asteraceae) 植物。

2.2 营巢生境选择

调查共发现 332 个斑头雁巢,主要分布在

浅水沼泽和湖心小岛两大生境中(图 1)。其中,204 个斑头雁巢位于浅水沼泽中,108 个巢位于湖心小岛上,20 个巢位于山崖上,分别占总巢数的 61.45%、32.53% 和 6.02%。浅水沼泽生境中,平均巢密度为 0.18 巢/m² ($n = 204$),湖心小岛生境中平均巢密度为 0.59 巢/m² ($n = 108$),山崖生境中平均巢密度为 0.06 巢/m² ($n = 20$)。保护区小道尔吉监测站调查区域内,共发现有斑头雁巢分布的浅水生境 3 处、湖心小岛生境 2 处及山崖生境 3 处。斑头雁巢在 2 号浅水沼泽中数量最多,为 108 巢;在 1 号湖心小岛中的巢密度最大,为 0.61 巢/m² (表 1)。比较 3 种生境的可用性(某种生境中可利用总面积占 3 种生境栖息地总面积的比例)和利用性(某种生境中巢数占 3 种生境总巢数的比例),被利用的湖心小岛仅占 3 种营巢栖息地总面积 2.86%,但其上分布了 32.53% 的巢数。由此可见,盐池湾斑头雁更倾向于选择湖心小岛营巢,其次是浅水沼泽,最后是山崖。

2.3 3 种营巢生境下繁殖产出及差异性分析

3 种营巢生境中平均窝卵数并不相同(图 2),浅水沼泽生境中为 (4.7 ± 2.7) 枚 ($n = 204$),湖心小岛生境中为 (4.2 ± 1.9) 枚 ($n = 108$),山崖生境中为 (3.1 ± 0.6) 枚 ($n = 20$)。实地调查并结合红外相机拍摄共记录 88 个巢的繁殖成效有效数据,孵卵期为 28 ~ 29 d。浅水沼泽中 42 个巢有 28 个繁殖成功,14 个繁殖失败,孵化成功率为 48.65%,繁殖成功率为 66.67%;湖心小岛 35 个巢有 26 个繁殖成功,9 个繁殖失败,孵化成功率为 45.27%,繁殖成功率为 74.28%;山崖上 11 个巢 4 个繁殖成功,7 个繁殖失败,孵化成功率为 24.00%,繁殖成功率为 36.36% (表 2)。3 种营巢生境中孵化成功率存在极显著差异 ($\chi^2 = 12.50$, $df = 2$, $P < 0.01$),繁殖成功率也存在极显著差异 ($\chi^2 = 16.03$, $df = 2$, $P < 0.01$)。浅水沼泽生境中斑头雁繁殖失败原因主要是家畜干扰及天敌捕食,湖心小岛生境中斑头雁弃巢主要是种内竞争导致,山崖生境中斑头雁弃巢原因尚不明确。

2.4 巢址样方与对照样方比较

对 3 种生境中斑头雁巢址样方和对照样方各生境因子进行差异性分析。在浅水沼泽生境

中，草垛密度、草垛盖度和水深 3 个指标存在极显著差异，水域面积存在显著性差异(表 3)。湖心小岛生境中，植被密度、植被均高、植被



图 1 斑头雁的 3 种营巢生境及巢分布

Fig. 1 Nesting habitats and distribution of Bar-headed Goose

a. 浅水沼泽; b. 湖心小岛; c. 山崖。a. Shallow marsh; b. Small island in the lake; c. Cliff.

表 1 斑头雁各营巢栖息地面积及巢的分布

Table 1 Habitat area of each camp and distribution of Bar-headed Goose nests

	营巢栖息地及编号 Camp nest habitat and its number								
	浅水沼泽 Shallow water marsh			湖心小岛 Bled island		山崖 Cliff			合计 Total
	1 号 No. 1	2 号 No. 2	3 号 No. 3	1 号 No. 1	2 号 No. 2	1 号 No. 1	2 号 No. 2	3 号 No. 3	
总巢数(巢) Total number of nests (nest)	64	108	32	83	25	11	7	2	322
栖息地总面积(m ²) Habitat total area	642.7	906.8	427.6	196.9	141.6	1 845	1 625	510	6 295.6
浅水沼泽利用面积(m ²) Utilization area of shallow water marsh	342.0	473.1	260.3	0	0	0	0	0	1 075.4
湖心小岛利用面积(m ²) Utilization area of lake center island	0	0	0	136.1	43.7	0	0	0	179.8
山崖利用面积(m ²) Cliff utilization area	0	0	0	0	0	125	136	45	306
巢密度(巢/m ²) Nest density (nest/m ²)	0.19	0.22	0.12	0.61	0.57	0.09	0.05	0.04	—
草垛巢数(巢) Haystack nests (nest)	64	108	32	0	0	0	0	0	204
地面巢数(巢) Ground nests (nest)	0	0	0	83	25	0	0	0	108
山崖巢数(巢) Cliff nests (nest)	0	0	0	0	0	11	7	2	20



图 2 3 种营巢生境下斑头雁的巢与卵

Fig. 2 Nests and eggs of bar-headed Goose in three nest habitats

a. 草垛巢; b. 地面巢; c. 山崖裸岩巢。a. Haystack nest; b. Ground nest; c. Bare cliff nest.

表 2 3 种营巢生境下斑头雁的巢数、窝卵数及繁殖成效对比
Table 2 Comparison of nest number, nest number and breeding effectiveness of Bar-headed Goose in three nest habitats

	营巢生境类型 Nesting habitat type		
	浅水沼泽 Shallow swamp	湖心小岛 Bled island	山崖 Cliff
总巢数 (巢) Total number of nests (nest)	204	108	20
总卵数 (枚) Total number of eggs (piece)	969	463	65
平均窝卵数 (枚) Average number of nest eggs	4.7 ± 2.7	4.2 ± 1.9	3.1 ± 0.6
平均值 ± 标准差 Mean ± SD	(n = 204)	(n = 108)	(n = 20)
监测的总巢数 (巢) Total number of nests monitored for incubation (nest)	42	35	11
监测的繁殖成功巢数 (巢) Number of successful nests for incubation monitoring (nest)	28	26	4
孵化成功率 Incubation success rate (%)	48.65 (n = 199)	45.27 (n = 148)	24.00 (n = 25)
繁殖成功率 Reproductive success rate (%)	66.67 (n = 42)	74.28 (n = 35)	36.36 (n = 11)

表 3 浅水沼泽生境下斑头雁巢址样方与对照样方的生境参数比较
Table 3 Comparison of habitat parameters of the Bar-headed Goose nest site control plot and the control plot in shallow water marsh habitat

样方参数 Quadrat parameter	巢址样方 Nest site quadrat (n = 32)	对照样方 Control plot (n = 32)	t/z 值 t/z value	P 值 P value
草垛高度 Haystack height (cm)	41.72 ± 2.11	48.08 ± 3.14	- 2.119	0.084
草垛密度 Haystack density (个/m ²)	0.51 ± 0.07	1.02 ± 0.14	- 3.629	< 0.001
草垛盖度 Haystack coverage (%)	2.17 ± 0.13	2.65 ± 0.11	- 2.526	0.002
水域面积 Water area (%)	2.21 ± 0.19	1.40 ± 0.17	- 2.169	0.030
水深 Water depth (cm)	21.54 ± 2.53	14.44 ± 2.04	- 3.019	0.003
距岸距离 Distance from shore (m)	29.00 ± 2.44	26.89 ± 2.97	0.334	0.740
距小路距离 Distance from trail (m)	58.33 ± 4.49	51.29 ± 5.45	0.736	0.466
距山崖距离 Distance from the cliff (m)	72.56 ± 5.82	55.54 ± 5.89	2.169	0.073
距放牧区距离 Distance from grazing area (m)	147.86 ± 10.07	123.44 ± 11.54	1.647	0.106
距最近巢距离 Distance to nearest nest (m)	1.96 ± 0.36			
物种丰富度 Species richness (种)	2.93 ± 0.14	2.75 ± 0.18	- 0.882	0.378

高度最大值、植被盖度、裸地比例和干草比例 6 个指标存在极显著差异 (表 4); 此外, 通过对小岛整体的规模及周围的水深对比发现, 利用小岛 (n = 2) 的岛面积 (169.25 ± 39.10) m²、岛周长 (76.40 ± 10.04) m 以及岛周围水深 (14.45 ± 1.85) cm 明显大于对照小岛 (n = 2) 的岛面积 (111.55 ± 31.04) m²、岛周长 (52.10 ± 15.27) m 和岛周围水深 (9.44 ± 2.72) cm。在山崖生境中, 坡向、距草滩距离和距水源距离 3 个指标存在极显著差异 (表 5)。

2.5 3 种营巢生境下斑头雁巢址选择的主要因素

对 3 种营巢生境下巢址选择的环境因子进行了因子分析, 并进行最大方差法旋转。在浅水沼泽生境中, 前 4 个主成分的特征值均大于 1, 其累积贡献率达到 79.824%, 说明这 4 个主成分基本包括了 11 个变量的大部分信息, 能够反映影响斑头雁在浅水沼泽生境中巢址选择的主要因素, 因此提取前 4 个主成分计算其相应的特征向量 (表 6)。

表 4 湖心小岛生境下斑头雁巢址样方与对照样方的生境参数比较

Table 4 Comparison of habitat parameters of the Bar-headed Goose nest site and the control site in the lake core island habitat

样方参数 Quadrat parameter	巢址样方 Nest site quadrat (n = 30)	对照样方 Control plot (n = 30)	t/z 值 t/z value	P 值 P value
植被密度 Vegetation density (株/m ²)	83.83 ± 6.93	59.52 ± 5.33	2.703	0.009
植被均高 Vegetation height (cm)	31.53 ± 1.37	21.75 ± 1.62	4.665	< 0.001
植被高度最大值 Maximum vegetation height (cm)	65.95 ± 3.13	47.27 ± 3.43	4.003	< 0.001
植被高度最小值 Minimum vegetation height (cm)	5.06 ± 0.28	5.28 ± 0.37	- 0.486	0.629
距湖面距离 Distance from the lake (m)	12.92 ± 1.78	15.10 ± 1.55	- 0.962	0.341
距岸的距离 Distance from shore (m)	25.87 ± 0.60	21.83 ± 0.75	0.304	0.762
距放牧区距离 Distance from grazing area (m)	138.05 ± 15.32	102.39 ± 10.96	1.761	0.085
植被盖度 Vegetation coverage (%)	2.85 ± 0.14	2.05 ± 0.21	- 2.817	0.005
裸地比例 Bare land ratio (%)	1.76 ± 0.15	2.15 ± 0.17	- 2.716	0.007
干草比例 Hay ratio (%)	1.38 ± 0.09	1.95 ± 0.15	- 3.026	0.002
植被物种丰富度 Vegetation species richness (种)	2.86 ± 0.08	2.65 ± 0.20	- 1.028	0.304
表层土壤含水量 Surface soil water content (%)	43.51 ± 1.64	41.46 ± 1.67	- 0.495	0.620

表 5 山崖生境下斑头雁巢址样方与对照样方的生境参数比较

Table 5 Comparison of habitat parameters of the Bar-headed Goose nest site control sample and the control sample under cliff habitat

样方参数 Quadrat parameter	巢址样方 Nest site quadrat (n = 18)	对照样方 Control plot (n = 18)	t/z 值 t/z value	P 值 P value
海拔 Altitude (m)	3 226.64 ± 2.53	3 223.82 ± 3.03	- 1.796	0.072
坡向 Slope direction	4.73 ± 0.27	5.18 ± 0.66	- 1.473	< 0.001
坡位 Slope position	2.27 ± 0.23	1.73 ± 0.20	- 0.656	0.512
草本盖度 Herbal coverage (%)	2.18 ± 0.18	2.09 ± 0.21	- 1.052	0.317
物种丰富度 Species richness (种)	2.09 ± 0.09	1.91 ± 0.16	- 1.414	0.157
距水源距离 Distance from water source (m)	130.53 ± 6.94	208.44 ± 7.19	- 2.934	0.003
距草滩距离 Distance from grass beach (m)	133.53 ± 11.21	261.97 ± 11.07	- 3.801	< 0.001
距放牧区距离 Distance from grazing area (m)	154.27 ± 12.28	117.75 ± 16.31	- 1.867	0.062
距小路距离 Distance from trail (m)	134.78 ± 8.12	89.76 ± 6.15	- 1.258	0.325
距相邻巢距离 Distance from nest (m)	1.38 ± 0.56			

从旋转后因子成分矩阵中每个主要成分系数绝对值的大小可以看出, 第一主成分主要包括水域面积和水深, 贡献率达到了 32.104%, 其具有较大的信息载荷量, 分别为 0.936、0.917, 可被视为水源因子; 第二主成分包括草垛高度、草垛密度、草垛盖度、距山崖距离, 贡献率达到了 22.994%, 其中, 草垛高度、草垛盖度、草垛密度均与巢址近距离的隐蔽性有

关, 距山崖距离可以反映整个大生境下的隐蔽性, 所以这 4 个生境因子可视为斑头雁巢址选择的隐蔽因子; 第三主成分包括距岸距离、距小路距离、距最近巢距离, 贡献率达 13.644%, 可被视为干扰因子; 第四主成分贡献率接近第三主成分, 为 11.082%, 其中, 物种丰富度生境因子载荷绝对值明显偏高, 可被视为食物因子。从分析结果可以看出, 斑头雁在浅水沼泽

表 6 浅水沼泽生境下斑头雁巢址样方的旋转后因子成分矩阵

Table 6 Rotation factor matrix of Bar-headed Goose nest plot in shallow water marsh habitat

参数 Parameter	特征向量 Feature vector			
	1	2	3	4
草垛高度 Haystack height (cm)	- 0.330	0.846	0.153	0.227
草垛密度 Haystack density (个/m ²)	0.181	0.745	- 0.153	- 0.377
草垛盖度 Haystack coverage (%)	- 0.459	0.728	0.093	0.178
水域面积 Water area (%)	0.917	- 0.129	0.013	- 0.070
水深 Water depth (cm)	0.936	- 0.122	0.068	- 0.152
距岸距离 Distance from shore (m)	- 0.003	- 0.098	0.910	- 0.201
距小路距离 Distance from trail (m)	0.526	0.269	0.555	0.413
距山崖距离 Distance from the cliff (m)	0.012	- 0.796	- 0.042	- 0.010
距放牧区距离 Distance from grazing area (m)	0.526	- 0.191	0.303	- 0.555
距最近巢距离 Distance to nearest nest (m)	0.070	0.137	0.865	- 0.106
物种丰富度 Species richness (种)	- 0.094	- 0.038	- 0.170	0.829
特征值 Eigenvalues	3.531	2.529	1.501	1.219
贡献率 Ratio of contribution (%)	32.104	22.994	13.644	11.082
累计贡献率 Cumulative ratio of contribution (%)	32.104	55.098	68.741	79.824

生境中选择巢址时，水源条件对其影响最大，其次是隐蔽度，此外，距干扰源距离及食物丰富度对其也有一定的影响。

对湖心小岛生境中巢址选择的 12 个环境因子进行因子分析，前 4 个主成分特征值均大于 1，其累计贡献率达 78.459%，说明这 4 个主成分能够反映湖心小岛生境下巢址选择的主要信息（表 7）。

从旋转后因子成分矩阵中每个主要成分系数绝对值的大小可以看出，第一主成分贡献率最高（33.854%），其中，植被密度、盖度、裸地比例载荷系数绝对值明显偏高，说明隐蔽度是斑头雁在湖心岛生境中巢址选择的主要因素；第二主成分的贡献率达 19.171%，因子载荷绝对值较高的有植被均高、植被高度的最大值、干草比例，进一步反映了一定高度的植物能增加巢的隐蔽性；第三主成分贡献率达 13.663%，载荷绝对值较高的有植被高度最小值、距湖面距离、植被物种丰富度，均与斑头雁食物因素有关；第四主成分接近第三主成分，

贡献率达 11.771%，载荷值较高的有距岸距离、距放牧区距离，反映了斑头雁受干扰情况。通过对这些因子综合分析表明，隐蔽性是斑头雁对湖心岛生境下巢址选择的最重要因子，其次是食物因子和干扰因子。

应用因子分析确定影响山崖生境下巢址选择的环境因子（表 8），前 4 个主成分累计贡献率达到 86.059%，包含了山崖栖息地巢址选择环境变量大部分信息，能够较好的反映山崖生境下巢址选择特征。第一主成分贡献率最高（34.620），包括海拔、坡向、坡位，均与地理因素有关，可视为地形因子；其次是第二主成分，贡献率达 21.241%，包括物种丰富度、距水源距离、距草滩距离，可视为食物及水源因子；第三、四主成分贡献率分别为 16.501%、13.697%，其中载荷绝对值较高的分别为距小路距离、距放牧区距离，均与斑头雁所受干扰有关，所以将第三、第四主成分统称为干扰因子。综合分析表明，斑头雁在山崖生境中选择巢址时，影响最大的是地形因子，其次是食物

表 7 湖心小岛生境下斑头雁巢址样方的旋转后因子成分矩阵

Table 7 Rotation factor matrix of the Bar-headed Goose nest plot in the lake core island habitat

参数 Parameter	特征向量 Feature vector			
	1	2	3	4
植被密度 Vegetation density (株/m ²)	- 0.865	- 0.120	- 0.126	- 0.049
植被均高 Vegetation height (cm)	0.353	0.870	0.099	0.112
植被高度最大值 Maximum vegetation height (cm)	0.017	0.928	0.098	0.036
植被高度最小值 Minimum vegetation height (cm)	0.029	- 0.079	0.710	- 0.066
距湖面距离 Distance from the lake (m)	0.094	0.272	0.732	- 0.370
距岸的距离 Distance from shore (m)	- 0.231	- 0.044	- 0.266	0.860
距放牧区距离 Distance from grazing area (m)	0.240	0.078	0.553	0.602
植被盖度 Vegetation coverage (%)	- 0.956	- 0.178	- 0.054	0.044
裸地比例 Bare land ratio (%)	0.748	0.463	- 0.024	- 0.361
干草比例 Hay ratio (%)	0.136	0.785	0.088	- 0.338
植被物种丰富度 Vegetation species richness (种)	0.047	- 0.160	- 0.794	- 0.004
表层土壤含水量 Surface soil water content (%)	0.546	- 0.244	- 0.295	0.525
特征值 Eigenvalues	4.062	2.300	1.640	1.413
贡献率 Ratio of contribution (%)	33.854	19.171	13.663	11.771
累计贡献率 Cumulative ratio of contribution (%)	33.854	53.025	66.688	78.459

表 8 山崖生境下斑头雁巢址样方的旋转后因子成分矩阵

Table 8 Matrix of post-rotation factor components for the Bar-headed Goose nest site in the cliff habitat

参数 Parameter	特征向量 Feature vector			
	1	2	3	4
海拔 Altitude (m)	0.947	- 0.007	- 0.086	- 0.090
坡向 Slope direction	0.899	- 0.079	0.237	- 0.037
坡位 Slope position	0.963	0.092	0.026	- 0.105
草本盖度 Herbal coverage (%)	- 0.167	0.531	0.561	0.427
物种丰富度 Species richness (种)	- 0.223	0.743	0.087	0.203
距水源距离 Distance from water source (m)	0.123	0.731	- 0.498	- 0.374
距草滩距离 Distance from grass beach (m)	0.493	0.777	- 0.023	- 0.029
距放牧区距离 Distance from grazing area (m)	- 0.161	0.001	- 0.027	0.885
距小路距离 Distance from trail (m)	0.206	- 0.046	0.934	- 0.170
距相邻巢距离 Distance from nest (m)	- 0.559	- 0.228	0.417	- 0.580
特征值 Eigenvalues	3.462	2.124	1.650	1.370
贡献率 Ratio of contribution (%)	34.620	21.241	16.501	13.697
累计贡献率 Cumulative ratio of contribution (%)	34.620	55.861	72.362	86.059

水源因子和干扰因子。

3 讨论

3.1 斑头雁 3 种营巢生境选择

巢址选择是鸟类繁殖体系的重要环节, 可

将同类的干扰作用、天敌捕食和不良因子的影响降到最低水平, 从而提高繁殖成功率 (Lack 1969, Cody 1981)。通过选择巢址, 鸟类能够找到一个相对适宜的繁殖地点以保证繁殖活动顺利进行。在这种选择中, 许多鸟类都倾向于

选择那些能使其繁殖成效最大而存活代价最小的营巢生境(丁长青等 1997)。本研究显示,斑头雁在繁殖期有浅水沼泽、湖心小岛以及山崖 3 种营巢生境。从对 3 种营巢生境的偏爱性来说,斑头雁偏好选择湖心小岛营巢,其次是浅水沼泽,对山崖具有回避性。对青海湖(刘东平等 2008)和西藏南部羊卓雍错(张国钢等 2016)的斑头雁繁殖栖息地调查时发现,鸟岛是斑头雁的主要繁殖地,斑头雁在鸟岛上集大群繁殖,也有部分分散于沼泽湿地中繁殖。就斑头雁生境选择的偏爱性来说,与本研究结果一致。此外,对斑头雁 3 种营巢生境下的繁殖成效对比发现,浅水沼泽与湖心小岛生境下斑头雁平均窝卵数相差不大,山崖上略少。孵化成功率浅水沼泽生境下最高,其次湖心小岛生境,山崖生境下最低。初步判断,这与 3 种生境下的巢特征有关,斑头雁筑巢时多是就地取材,浅水沼泽中巢材较多,沼泽中的巢都为草垛巢,草垛巢可为斑头雁孵卵提供足够的热量,而对于湖心小岛来说,部分巢是暴露在地面上的,且巢材较少,相比草垛巢而言,更不利于斑头雁孵化。对于山崖裸岩巢,本身脱离湿地,没有巢材,最不利于斑头雁孵化。而对于繁殖成功率,湖心小岛生境下最高,浅水沼泽生境次之,山崖生境下最低。湖心小岛生境下繁殖失败的巢主要是种内竞争导致的。斑头雁是集群繁殖的雁类,巢密度过大,会引起斑头雁争夺空间资源,导致部分斑头雁弃巢。浅水沼泽生境下繁殖失败的巢,大多为家畜干扰(牛、羊)和天敌捕食如赤狐(*Vulpes vulpes*)所致,对于山崖生境下繁殖失败原因尚不明确。

3.2 不同营巢生境下巢址选择最主要环境因素

食物、隐蔽性和水源是野生动物生境选择的 3 大要素,直接影响着野生动物对生境的选择(吴庆明等 2009)。主成分分析显示,影响斑头雁 3 种营巢生境下巢址选择的最主要环境因素并不相同,但都与食物、水源和隐蔽性有关,此外还有干扰和地形因素。对浅水沼泽生

境来说,处于第一主成分的环境因素为水源因素。对其巢址样方和对照样方对比发现,巢址样方水域面积、水深均显著大于对照样方。可见,水源条件在斑头雁浅水沼泽生境下巢址选择中占据首要地位。因为对于浅水沼泽生境来说本身水位较浅,容易遭到天敌的入侵和家畜的干扰,红外相机拍摄显示,浅水沼泽生境中,晚上经常有赤狐在巢址周边试图捕食斑头雁的卵,但因巢址周围水位较深、水域面积较大而中途停止。所以巢址周围较深的水位和较大的水域面积可以满足斑头雁对安全的需求。结果还表明,隐蔽因素在浅水沼泽生境下斑头雁巢址选择中也有较大影响,浅水沼泽三面环山,草垛高度、草垛密度、草垛盖度反映巢址周围隐蔽性,距山崖距离反映整个大生境下的隐蔽性。所以浅水沼泽生境下斑头雁巢址选择最主要环境因素是水源因素,其次是隐蔽因素。这与雁形目鸿雁(*A. cygnoides*)的巢址选择略有不同,鸿雁的营巢生境主要在芦苇沼泽中,隐蔽条件是其巢址选择的主要因素(丛璐璐 2010)。这种差异主要是由于沼泽中的水深和巢周围隐蔽物不同导致的。盐池湾沼泽水位较浅,而隐蔽性相对较好,所以斑头雁在权衡水源和隐蔽条件,优先选择水源因素。对湖心小岛生境下主成分分析表明,处于一二主成分的均为植被因子,这些植被因子构成斑头雁巢址选择的隐蔽条件,因为湖心小岛生境四周开阔,且小岛上的巢大多地面巢,有些卵直接暴露在地面上,斑头雁对小岛上巢址选择时,只能通过岛上植被来增加其巢址的隐蔽性,以防天敌发现。所以湖心小岛生境下斑头雁巢址选择最主要环境因素为隐蔽条件。对于山崖生境,本身脱离湿地,斑头雁对其巢址选择时,优先考虑地形因素,偏好选择中上坡位的向阳坡筑巢,海拔高度在 3 226 m 左右。中上坡位可以满足斑头雁对安全的需求,坡向主要选择东南坡和西南坡的向阳坡位,因为这样可以防止巢遭到恶劣天气的破坏。充足的光照和较高的温度是确保卵顺利孵化的重要因素,同时也影响雏鸟

的生长发育(高玮等 2003),而且盐池湾 5、6 月多西北风,向南是背风向,可以防止大风天气对巢的破坏。所以斑头雁对山崖生境选择时,地形因素是其巢址选择的最主要环境因素。

4 保护建议

甘肃盐池湾是斑头雁主要繁殖地之一,但由于近年来河道改道,湿地水资源供给不足,湖心小岛大量丧失,导致部分后来的斑头雁被迫去山崖上繁殖。此外,保护区还存在一定的放牧现象,放养的牲畜和牧犬都会对繁殖期的斑头雁及其卵和幼鸟产生威胁。因此,建议 1) 减少道路建设,维持湿地的正常水源; 2) 有效地控制放牧面积,减小放牧强度; 3) 对当地牧民进行宣传教育,适当减少栖息地内牧犬数量并且改变其放养的现状。使湿地中斑头雁的栖息环境得到最大程度的保护。

参 考 文 献

- Badyaev A V. 1995. Nesting habitat and nesting success of eastern wild Turkeys in the Arkansas Ozark Highlands. *Cooper Ornithological Society*, 97(1): 221–232.
- Bao L D, Se Y J. 2009. Breeding ecology of the Black-necked Crane (*Grus nigricollis*) in Yanchiwan Natural Reserve. *Animal Husbandry and Feed Science*, 30(10): 192.
- Bird Life International. 2012. Species factsheet: *Anser indicus*. [EB/OL].[2012-05-07]. <http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=379>.
- Butler P J. 2010. High fliers: the physiology of bar-headed geese. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 156(3): 325–329.
- Clark R G, Nudds T D. 1991. Habitat patch size and duck nesting success: The crucial experiments have not been performed. *Wildlife Society Bulletin*, 19(4): 534–543.
- Cody M L. 1981. Habitat selection in birds: the roles of vegetation structure, competitors and productivity. *Bio-science*, 31(12): 107–133.
- Javed S, Takekawa J Y, Douglas D C, et al. 2000. Tracking the spring migration of a Bar-headed Goose (*Anser indicus*) across the Himalaya with satellite telemetry. *Global Environmental Research*, 4(2): 195–205.
- Köppen U, Yakovlev A P, Barth R, et al. 2010. Seasonal migrations of four individual bar-headed geese *Anser indicus* from Kyrgyzstan followed by satellite telemetry. *Journal of Ornithology*, 151(3): 703–712.
- Kolbe J J, Janzen F J. 2002. Impact of nest-site selection on nest success and nest temperature in natural and disturbed habitats. *Ecology*, 83(1): 269–281.
- Lack D. 1969. The number of bird species on island. *Bird Study*, 16(4): 193–209.
- Lamprecht J. 1987. Female reproductive strategies in bar-headed geese (*Anser indicus*): Why are geese monogamous? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 21(5): 297–305.
- Lee S Y, Scott G R, Milsom W K. 2008. Have wing morphology or flight kinematics evolved for extreme high altitude migration in the bar-headed goose? *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 148(4): 324–331.
- Prins H H T, van Wieren S E. 2004. Number, population structure and habitat use of bar-headed geese *Anser indicus* in Ladakh (India) during the brood-rearing period. *Acta Zoologica Sinica*, 50(5): 738–744.
- Schneider J, Lamprecht J. 1990. The importance of biparental care in a precocial, monogamous bird, the bar-headed goose (*Anser indicus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 27(6): 415–419.
- Snow D W. 1955. The Breeding of the black birds, song thrush and mistle thrush in Great Britain Part II. Clutch-Size. *Bird Study*, 2(2): 78–83.
- Traylor J J, Kchoe F P. 2004. Nesting ecology of white-winged scoters (*Melanitta fusca deglandi*) at Redberry Lake. *Saskatchewan. Auk*, 121(3): 950–962.
- Wang Y M, Yang J C, Dou Y J. 2011. Resources dynamic of *Grus nigricollis* and migratory birds of Danghe Wetland. *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*, 36(3): 29–31.
- Weigmann C, Lamprecht J. 1991. Intraspecific nest parasitism in bar-headed geese, *Anser indicus*. *Animal Behavior*, 41(4): 677–688.
- Zhang G G, Liu D P, Hou Y Q, et al. 2011. Migration routes and

- stop-over sites determined with satellite tracking of bar-headed Geese *Anser indicus* breeding at Qinghai Lake, China. *Waterbirds*, 34(1): 112–116.
- 从璐璐. 2010. 内蒙古呼伦贝尔东部地区春季鸿雁巢址选择研究. *安徽农业科学*, 38(14): 7372–7375.
- 丁长青, 郑光美. 1997. 黄腹角雉的巢址选择. *动物学报*, 43(1): 27–33.
- 方文娟, 华子千, 梁宇和, 等. 2004. 空间和地面条件下斑头雁血红蛋白晶体生长母液的共振拉曼光谱研究. *光散射学报*, 16(2): 107–109.
- 高玮, 王海涛, 孙丹婷. 2003. 栗斑腹鸫的栖息地和巢址选择. *生态学报*, 23(4): 665–672.
- 李东来, 魏宏伟, 孙兴海, 等. 2015. 震旦鸦雀在镶嵌型芦苇收割生境中的巢址选择. *生态学报*, 35(15): 5009–5017.
- 李凤山, 聂卉, 叶长虹. 1998. 贵州草海斑头雁的冬季食性分析. *动物学杂志*, 33(4): 29–33.
- 刘冬平, 张国钢, 江红星, 等. 2008. 青海湖斑头雁繁殖期的活动性、栖息地利用及其与人的关系. *生态学报*, 28(11): 5201–5208.
- 刘宁, 李德品. 2004. 拉市海越冬末期斑头雁行为的初步研究. *西部林业科学*, 33(4): 69–74, 89.
- 马鸣, 才代. 1997. 天山巴音布鲁克斑头雁巢的聚集分布及其繁殖生态. *应用生态学报*, 8(3): 287–290.
- 宋延龄, Bishop M A, 仓曲卓玛. 1994. 西藏雅鲁藏布江中游地区斑头雁越冬种群数量和分布. *动物学杂志*, 29(2): 27–30.
- 孙立新. 2014. 盐池湾国家级自然保护区鸟类群落保护研究. 兰州: 西北师范大学硕士学位论文, 18–19.
- 王侠. 1981. 斑头雁繁殖习性的观察. *野生动物*, (3): 29–31.
- 吴庆明, 邹红菲. 2009. 扎龙湿地白枕鹤孵化期觅食生境选择. *应用生态学报*, 20(7): 1716–1722.
- 洗耀华. 1964. 青海湖地区斑头雁繁殖习性的初步观察. *动物学杂志*, 6(1): 12–14.
- 张国钢, 刘冬平, 钱法文, 等. 2016. 西藏南部羊卓雍错水鸟群落及斑头雁活动区域特征. *生态学报*, 36(4): 946–952.

《动物学杂志》第十二届编辑委员会

名誉主编: 马 勇

主 编: 宋延龄

副 主 编: 赵 勇 彭景榭 孙悦华 梁 冰 (常务)

编 委: (以姓氏笔画为序)

丁长青 马 勇 马志军 马建章 王德华 计 翔 石树群 边疆晖 刘迺发

孙青原 孙悦华 宋延龄 宋林生 宋昭彬 张正旺 张明海 张春光 张树义

张堰铭 李 明 李枢强 李保国 李春旺 李新正 杨增明 陈广文 宛新荣

郑光美 费 梁 赵 勇 赵亚辉 夏国良 徐宏发 桂建芳 梁 冰 彭贤锦

彭景榭 曾治高 蒋志刚 蒋学龙 谢 锋 戴家银 魏辅文

编 辑: 梁 冰