

DOI: 10.5846/stxb201605080885

杜聪聪, 初雯雯, 甄荣, 端肖楠, 陈刚, 初红军. 新疆乌伦古河流域蒙新河狸巢穴特征和巢址生境选择. 生态学报, 2017, 37(15): 5167-5178.

Du C C, Chu W W, Zhen R, Duan X N, Chen G, Chu H J. *Castor fiber birulai* lodge site selection and characteristics in the Ulungur watershed of Xinjiang, China. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(15): 5167-5178.

新疆乌伦古河流域蒙新河狸巢穴特征和巢址生境选择

杜聪聪^{1,2}, 初雯雯^{3,4}, 甄 荣^{2,5}, 端肖楠^{1,2}, 陈 刚², 初红军^{1,2,5,*}

1 新疆大学生命科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046

2 新疆布尔根河狸国家级自然保护区, 阿勒泰 836500

3 中国农业大学人文与发展学院, 北京 100083

4 北京林业大学自然保护区学院, 北京 100083

5 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046

摘要: 2014 年 11—12 月和 2015 年 4 月, 采用样方法对新疆乌伦古河流域冷季和暖季早期蒙新河狸 (*Castor fiber birulai*) 巢穴特征和巢址生境选择进行了调查研究。确定冷季 160 个蒙新河狸巢穴和暖季早期 158 个蒙新河狸巢穴, 其中 61 个地面巢平均长 (2.54 ± 1.69) m, 宽 (1.68 ± 0.91) m, 高 (0.54 ± 0.32) m。与冷季相比, 暖季早期蒙新河狸利用的巢穴生境具有河宽、水域面积、水深和植物郁闭度较大, 河岸坡度较小的特征, 是由季节更替导致的温度等气候变化引起的, 而在其他生态因子选择上无差异 ($P > 0.05$)。以冷季为例, 蒙新河狸巢址生境选择特征表现为: (1) 地理分布因子: 海拔 > 1000 m, 临近水域河岸 > 1.0 m、坡度 $> 75^\circ$ 、水深 > 1.0 m、河面宽度和面积适中; (2) 隐蔽因子: 巢穴隐蔽级较高, 附近的植物特征 (郁闭度高, 乔木密度大、灌木密度低以及高度低) 也辅助实现了较好的隐蔽性; (3) 干扰因子: 巢穴位置选择最近公路或居民点的河流异侧; (4) 食物因子: 巢穴多选择在密度较高的柳树林中, 且距离冬季食物堆较近。建议: 寻找适合蒙新河狸生存的其他潜在生境; 减少在蒙新河狸生活流域修建水坝, 或者在其附近修建蒙新河狸迁徙通道; 加强蒙新河狸分布区的保护管理。

关键词: 乌伦古河流域; 蒙新河狸; 巢穴特征; 巢址选择

Castor fiber birulai lodge site selection and characteristics in the Ulungur watershed of Xinjiang, China

DU Congcong^{1,2}, CHU Wenwen^{3,4}, ZHEN Rong^{2,5}, DUAN Xiaonan^{1,2}, CHEN Gang², CHU Hongjun^{1,2,5,*}

1 College of Life Science & Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2 Buergen Beaver National Nature Reserve, Altay 836500, China

3 College of Humanities and Development Studies, China Agricultural University, Beijing 100083, China

4 School of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

5 College of Resources and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

Abstract: From November to December 2014 and in April 2015, the *Castor fiber birulai* (Xinjiang beaver) lodge site selection and characteristics in the cold and early warm seasons in the Ulungur watershed of Xinjiang were investigated by line transect and plot sampling methods. In the cold and early warm seasons, a total of 160 and 158 lodge sites were found respectively, which indicated that there were 160 and 158 beaver families. There were 61 beaver families that built lodges on the ground, which accounted for 38.13% of lodge sites in the cold season and 38.61% in the early warm season. Mean lodge lengths were (2.54 ± 1.69) m, while the widths were (1.68 ± 0.91) m, and their heights were (0.54 ± 0.32) m.

基金项目: 新疆维吾尔自治区国际科技合作项目 (20136026-2); 科技部科技基础性工作专项重大资助项目 (2013FY110300); “新疆布尔根河狸国家级自然保护区 2014 年中央财政自然保护区能力建设补助资金”项目

收稿日期: 2016-05-08; 网络出版日期: 2017-03-27

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

Compared with that of the cold season, the *C. f. birulai* lodge site selections of the early warm season had the following characteristics: the nearby river was wider, deeper and bigger, its bank slope was steeper, and the surrounding vegetation canopy was larger. The vegetation canopy was affected by seasonal weather changes, which did not have significant effects on other habitat factors. Illustrated by the case of the cold season, after 17 environmental variables possibly pertaining to beaver lodge site selection were measured and analyzed, the results showed that the Xinjiang beaver lodge sites were mainly located at high-elevation (>1000m) near water areas with width and area suitable for living, with characteristics including high river banks (>1.0m), steep slopes (>75°), and deep water (>1.0m). The environment of beaver lodge sites was covert, where vegetation characteristics included high crown and tree density, and low density and height of shrubs. The beaver lodge sites were usually located on the opposite river bank of nearby human roads and houses. Furthermore, the vast majority of beaver lodge sites were in high-density willow forests and near a food cache. The beaver lodge site selections are heavily influenced by human activities; hence, measures should be taken immediately to protect the Xinjiang beaver, such as seeking other fit habitats for beavers to live in based on the stated selection characteristics, reducing the number of human dams in the Ulungur watershed, or building migration channels for beavers near human dams, thereby strengthening the protection and management of *C. f. birulai* in its distribution area.

Key Words: *Castor fiber birulai*; the Ulungur watershed; lodge characteristics; lodge site selection

野生动物生境选择的研究对于野生动物的保护和管理都有十分重要的意义^[1-2]。目前,国内外针对野生动物生境选择的研究主要分为三类:一般生境选择、领域选择和巢址/洞穴选择^[3-5]。其中,巢穴是野生动物栖息的主要场所,动物的巢址/洞穴选择能将各种干扰、天敌捕食和其他不良因子的影响降到最低水平^[5]。所以,研究巢址/洞穴选择,可以揭示影响野生动物巢址/洞穴选择的各种因素,为野生动物资源的保护管理和可持续利用提供科学依据^[6]。

河狸属于啮齿目(Rodentia)河狸科(Castoridae)河狸属(*Castor*),为欧亚大陆啮齿目动物中体型最大的动物,也是河狸科唯一的代表^[7-8]。现存河狸有两种:加拿大河狸(*Castor canadensis*)和欧亚河狸(*Castor fiber*)^[7,9-10]。在历史早期,欧亚河狸广泛分布于欧亚大陆的落叶林和针叶林区域,以及苔原和草原地带合适的河岸栖息地,从西欧一直延伸到西伯利亚东部^[11],是古北区动物区系的关键物种^[12]。然而,生境退化,特别是人类为了获取欧亚河狸毛皮和河狸香而开展的大肆捕杀活动导致欧亚河狸在部分分布区灭绝,存活下来的欧亚河狸种群数量也急剧减少^[13-14]。到19世纪中末期,欧亚河狸几乎处于灭绝的边缘,仅残存于一些边远且彼此孤立的区域^[14-15]。在我国,河狸仅分布于新疆北部的乌伦古河及其上游的青河、布尔根河两岸,为国家Ⅰ级重点保护野生动物。

美洲河狸和欧亚河狸的其它亚种保护得很好,种群数量可观,相比之下,我国蒙新河狸的生存状况则不容乐观^[8]。Chu和Jiang^[10]调查发现新疆乌伦古河流域蒙新河狸家族只有137—167个,种群数量仅有472—700只,处于极度濒危的状况,急需加强全面的研究与保护。目前我国蒙新河狸的研究方向集中于种群数量和家族组成^[10,16-17]、行为特征^[18-19]、食性^[20-21]、河狸香^[22-25]和保护管理^[26]等。虽然对于新疆蒙新河狸的生境选择与利用已有少许研究,然而这些研究结果并不能全面准确地代表蒙新河狸的生境特征。如于长青等^[27]调查区域的有限性导致其采集的样本量较少,所选的生态因子也不全面;Chu和Jiang^[10]在调查乌伦古河流域蒙新河狸家族分布时亦对其巢穴生境特征进行了概述,但其生态因子亦不详细,且仅描述了冷季蒙新河狸的巢穴生境特征。而野生动物生境选择一般具有种的特异性、时间和空间的变化性及对结构资源要求的严格性等特点^[28]。特别是伴随着季节更替和气候变迁,动物的生境选择也会相应发生变化。目前对多数兽类的研究结果表明其生境选择均存在季节性差异^[29-31],因此我们推测:新疆蒙新河狸冷暖季的巢穴生境选择也存在差异。为了验证以上推测,2014年11—12月(冷季)和2015年4月(暖季早期),分别对乌伦古河流域蒙新河狸巢址生境选择的详细生态因子进行了调查,探究2个问题:(1)冷季和暖季早期新疆蒙新河狸巢址生境选择

是否存在差异?(2)新疆蒙新河狸的巢址生境选择特征有哪些? 以期为今后对新疆蒙新河狸进行研究与保护提供基础资料和科学依据,并结合实际对其保护管理提出建议。

1 研究区概况

乌伦古河流域位于我国新疆北部阿勒泰地区,地理位置 $87^{\circ}00'E-91^{\circ}50'E, 45^{\circ}00'N-47^{\circ}19'N$,由发源于阿尔泰山东段南坡的大青河、小青河、查干河以及东段北坡蒙古国境内的布尔根河等组成,4 条河流在青河县境内汇合成乌伦古河,最后流入福海县境内的新疆第二大淡水湖——乌伦古湖,全长 $811\text{km}^{[32-33]}$ 。乌伦古河流域的绿洲被阿尔泰山和戈壁包围,海拔范围为 $460-4000\text{m}$ 。该区域为冷温带大陆性气候,拥有长达 6 个月的漫长冬季,最高温度为 34.3°C ,最低温度为 -49.7°C 。年降水量只有蒸发量的十分之一,其中的 33% 是以降雪的形式存在的,雪深一般可达 80cm ,冬季冻土层深度可达 $70\text{cm}^{[10]}$ 。植被主要以杨柳科 (*Salicaceae*)、豆科 (*Leguminosae*)、禾本科 (*Poaceae*) 和藜科 (*Chenopodiaceae*) 植物为主。常见动物除蒙新河狸外,还有北山羊 (*Capra ibex*)、盘羊 (*Ovis ammon*)、雪豹 (*Panthera uncia*)、猞猁 (*Felis lynx*)、兔狲 (*Felis manul*)、狼 (*Canis lupus*)、赤狐 (*Vulpes vulpus*)、野猪 (*Sus scrofa*) 和麝鼠 (*Ondatra zibethica*) 等兽类,黑鹳 (*Ciconia nigra*)、蓑羽鹤 (*Anthropoides virgo*)、大天鹅 (*Cygnus cygnus*)、疣鼻天鹅 (*Cygnus olor*) 和普通鸬鹚 (*Phalacrocorax carbo*) 等鸟类,蝮蛇 (*Agkistrodon halys*)、极北蝮蛇 (*Vipera berus*) 和旱地沙蜥 (*Phryncephalus hecioscopus*) 等两栖爬行类,以及河鲈 (*Perca fluviatilis*)、湖拟鲤 (*Rutilus rutilus lacustrispallas*) 和鲫鱼 (*Carassius auratus*) 等鱼类^[18-19]。

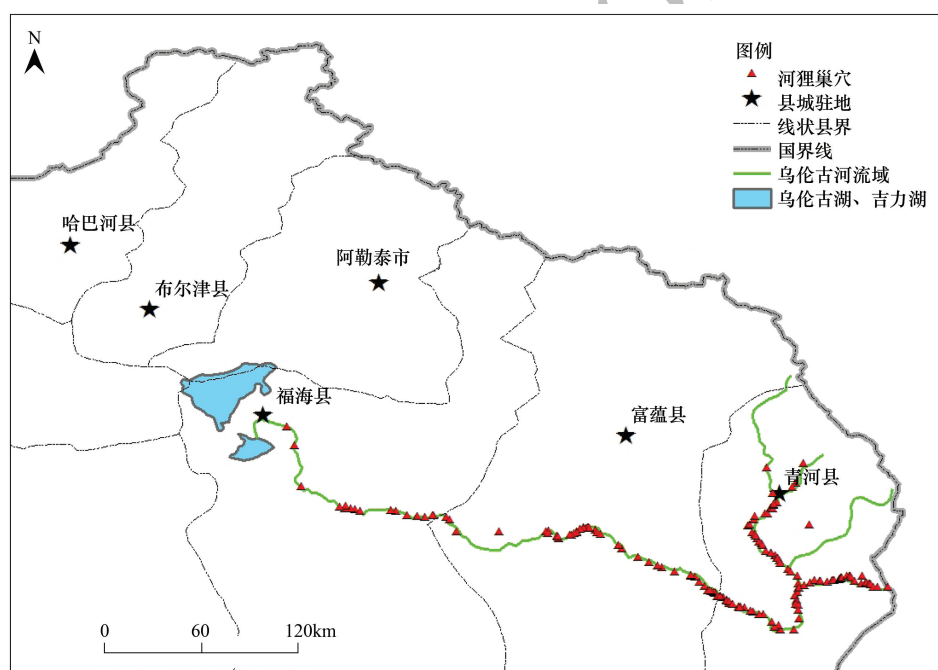


图 1 2014 年度冬季新疆乌伦古河流域蒙新河狸家族分布图

Fig.1 Winter locations of *C. f. birulai* families in the Ulungur watershed of Xinjiang in 2014

2 研究方法

2.1 蒙新河狸巢穴选取

2014 年 11—12 月,根据乌伦古河流域中的食物堆确定冷季蒙新河狸家族栖居的巢穴^[34]。2015 年 4 月,根据往年冷季蒙新河狸家族使用的巢穴位点,在其附近沿河岸寻找其上岸加固巢穴的河狸道、气味堆等活动痕迹,根据痕迹密集度确定暖季早期蒙新河狸栖居的巢穴^[35]。

2.1 数据采集

蒙新河狸家族巢穴紧靠河岸,故以巢穴为中心做 10m×10m 的样方,根据蒙新河狸栖息的生境特征,参考 John 等^[36]和 Ruys 等^[37]对加拿大河狸生境特征的研究,对新疆乌伦古河流域蒙新河狸巢穴附近的海拔等 11 个生态参数和样方内的优势植被种类等 6 个生态参数进行了测定,具体方法见表 1。

表 1 新疆蒙新河狸生态选择的因子和描述

Table 1 Habitat factors and descriptions of *C. f. birulai* in winter in Xinjiang

生态因子 Habitat factor	描述 Description
海拔 Elevation/m	蒙新河狸巢穴所在位置的海拔高度;利用 GPS 测量,分低海拔(≤600 m)、较低海拔(600—800 m)、中海拔(800—1000 m)和高海拔(≥1000 m)4 个等级
水域面积 Water shed area/m ²	以蒙新河狸巢穴为中心,沿同侧河岸两边各 10m 的长度,与对面河岸之间的水域面积;利用测距仪测出地面巢以及两侧 10m 3 个位点处的河宽,求出平均河宽后×20 获得,分小水域(≤400 m ²)、较小水域(400—700 m ²)、中水域(700—1000 m ²)和大水域(≥1000 m ²)4 个等级
岸高 Bank height/m	蒙新河狸巢穴附近的河岸高度;利用卷尺测量,分≤0.5m、0.5—1.0 m、1.0—1.5 m 和 1.5—2.0 m 4 个等级
坡度 Slope/(°)	蒙新河狸巢穴附近的河岸坡度;利用罗盘测得,分缓坡(≤50°)、斜坡(50—75°)和陡坡(>75°)3 个等级
河宽 Stream width/m	蒙新河狸地面巢附近的河岸宽度;利用测距仪测量,分 5—20 m、20—35 m、35—50 m 和 50—65 m 4 个等级
水深 Water depth/m	蒙新河狸巢穴附近的河水深度;利用卷尺测量,分 < 0.5 m、0.5—1.0 m、1.0—1.5 m、1.5—2.0 m 和 > 2.0 m 5 个等级
隐蔽级 Hiding cover/%	以蒙新河狸巢穴为中心,同侧河岸两边各 10m 和垂直河岸远离 10m 3 个位点处测量地面巢或 1m 高直杆的能见度,然后计算平均值,分 < 50%、50—75% 和 > 75% 3 个等级
巢穴位置 Nest location	蒙新河狸巢穴与最近公路、居民点同侧或异侧,同侧记为 1,异侧记为 0
优势植物 Main vegetation	10m×10m 样方内的优势植物,主要有乔木柳(>3m)、灌木柳(<3m)和杨树
植被郁闭度 Vegetation canopy/%	目测 10m×10m 样方内植被上层(树冠)对林下层的遮阴程度,分开阔(≤25%)、低郁闭度(25%—50%)、中郁闭度(50%—75%)和高郁闭度(75%—100%)4 个等级
乔木密度 Tree density (株/100 ²)	统计 10m×10m 样方内的乔木棵树,分 < 3 株、3—5 株和 > 5 株 3 个等级
乔木高度 Tree height/m	目测 10m×10m 样方内的乔木平均高度,分 < 5m、5—6 m 和 > 6 m 3 个等级
灌木密度 Shrub density /(丛/100 ²)	统计在 10m×10m 样方内的灌木丛数,以灌木基部相连为一丛,分≤4 丛、5—6 丛和≥7 丛 3 个等级
灌木高度 Shrub height/m	统计 10m×10m 样方内的灌木平均高度;利用卷尺测量,分 < 1.3m、1.3—1.7 m 和 > 1.7 m 3 个等级
距公路距离 Distance from nearest road/m	蒙新河狸巢穴到最近道路(包括自然道或公路)的距离;利用测距仪或估算获得,分 < 500m、500—1000m 和 > 1000m 3 个等级
距居民点距离 Distance from human habitation/m	蒙新河狸巢穴到最近居民点的距离;利用测距仪或估算获得,分 < 300m、300—600 m 和 > 600m 3 个等级
距食物堆距离 Distance from nearest food cache/m	蒙新河狸巢穴到食物堆的最近距离;估算获得,分≤4m 和 > 4m 两个等级

2.2 数据处理

蒙新河狸巢穴、食物堆结构和巢穴生境选择数据使用 Microsoft office excel 2003 汇总,对数量型和数量化数据进行统计分析,比较 17 种生态因子出现的频率,用百分比表示。

利用 SPSS 19.0 卡方检验分析冷季和暖季早期蒙新河狸在非数值型生态因子(巢穴位置和优势植物)的选择上是否存在差异;单样本 Kolmogorov-Smirnow Test 分析剩余 15 种数值型生态因子数据是否呈正态分布,对符合正态分布的数据用 T-test 检验冷季和暖季早期蒙新河狸巢穴生境选择的差异,不符合正态分布的运用非参数检验中 2 个独立样本的 Mann-Whitney U 检验对冷季和暖季早期蒙新河狸巢穴生境特征的差异进行分析^[1]。对蒙新河狸巢穴生态因子数据进行系统聚类分析(Hierarchical cluster analysis)和主成分分析(Principal component analysis, PCA)^[38-39],明晰影响蒙新河狸巢穴生境选择的主要因子和各种因素的内在联系。

3 结果与分析

2014 年 11—12 月,确定了 160 个冷季蒙新河狸巢穴及其对应的越冬渡春食物堆(图 1),其中 141 个巢穴位于主河道河岸,19 个巢穴位于河汊河岸。2015 年 4 月,确定了 158 个暖季早期蒙新河狸巢穴,调查发现:2 个蒙新河狸巢穴附近对应的越冬渡春食物堆几乎没有减少,说明 2 个家族的蒙新河狸因某种原因消失,甚至死亡。



图 2 冷季新疆蒙新河狸地面巢、水坝和食物堆

Fig.2 The structure of *C. f. birulai* nest, dam and food cache in cold season

3.1 冷季蒙新河狸食物堆和地面巢特征

除去 9 个因没入冰下而无法测量的食物堆,冷季蒙新河狸食物堆长(8.59 ± 4.20) m (3.0—23.0 m),宽(3.74 ± 1.22) m (1.0—8.0 m),高(0.53 ± 0.24) m (0.1—1.1 m),与河岸巢穴的平均距离为(3.59 ± 1.00) m (2.0—5.0 m),主要由柳树枝条组成。冬季蒙新河狸食物堆数量与蒙新河狸家族数一一对应^[40],冷季 160 个食物堆表明 2014 年我国乌伦古河流域共有 160 个蒙新河狸家族,其中 61 个蒙新河狸家族(占 38.13%)在其巢穴上方建筑地面巢,长(2.54 ± 1.69) m (0.4—10.0 m),宽(1.68 ± 0.91) m (0.3—5.0 m),高(0.54 ± 0.32) m (0.2—2.0 m)。另外,只有 10 个蒙新河狸家族(占 6.25%)的建造水坝,使其家域水位控制在合适范围内。多数蒙新河狸家族只建造 1 条水坝,只有两个蒙新河狸家族分别在其家域内建造 3 条和 4 条水坝,共计 15 条水坝,长(12.87 ± 13.60) m (3.0—60.0 m),宽(0.85 ± 0.41) m (0.4—1.5 m),高(0.3 ± 1.50) m (0.2—2.0 m)。蒙新河狸地面巢及其建造的水坝都由枯树枝和淤泥搭成,夹杂着杂草(图 2)。

3.2 冷季和暖季早期蒙新河狸巢穴生态因子的选择差异

除岸高、河宽和水域面积 3 种生态因子的冷暖季数据符合正态分布($P > 0.05$)外,其余 12 种数值型生态因子数据均不符合正态分布($P < 0.05$)。冷季和暖季早期,蒙新河狸仅对水域面积、水深、河宽和坡度($Z = 9.435, Z = 8.386, Z = 9.677, Z = 4.556, P < 0.01$),以及郁闭度($Z = 15.279, P < 0.01$)的选择差异显著外,对其余的生态因子选择差异不显著($P > 0.05$)。与冷季相比,暖季早期蒙新河狸利用的巢穴生境具有河宽、水域面积、水深较大,河岸坡度、郁闭度较小的特征(表 2)。

表 2 冷季和暖季早期新疆蒙新河狸巢穴生境选择的生态因子比较

Table 2 Comparison of the habitat factors of *C. f. birulai* lodge site selection between cold and early warm season in Xinjiang

生态因子 Habitat selection	冷季 Cold season (Mean±SD)	暖季早期 Early warm season (Mean±SD)	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
河宽 Stream width/m	19.90±0.94	39.94±1.51	9.677	—	<0.01
水域面积 Water shed area/m ²	397.88±19.00	796.14±32.51	9.435	—	<0.01
坡度 Slope/(°)	73.53±1.14	65.85±1.21	—	4.556	<0.01
水深 Water depth/m	1.56±0.07	2.07±0.005	—	8.386	<0.01
植被郁闭度 Vegetation canopy/%	55.42±0.01	73.62±0.90	—	15.279	<0.01
其它 Others	—	—	—	—	>0.05

3.3 冷季蒙新河狸巢穴生境选择的生态因子分布频率

对冷季新疆 160 个蒙新河狸巢穴的 17 项生境因子进行频次分析(表 3),发现其巢穴生境选择的主要特征为:巢穴选择在与最近公路或居民点的河流异侧(93.13%)乔木柳树林(90.00%)中,郁闭度(50%—75%, 61.88%)、乔木密度(3—5 株/100m², 74.38%)和乔木高度(>6m, 67.50%)较高,灌木密度低(<4 丛/100m², 93.13%),距食物堆较近(≤4m, 68.13%)。另外,海拔≤600m 仅占 5.63%,临近水域面积>400 m²仅占 5.00%、水深≤0.5m 仅占 5.63%和隐蔽级≤50%仅占 9.38%,说明新疆蒙新河狸对 3 种生态因子也具有选择性。

对河宽≤20m 和水域面积≤400m²进一步分类,发现河宽≤6m、6—12 m 和 12—20 m 的分布频率依次为 12.50%(10 个)、31.25%(25 个)和 56.25%(45 个),水域面积≤133m²、133—266 m²和 266—400 m²的分布频率依次为 12.63%(12 个)、33.68%(32 个)和 53.68%(51 个),表明新疆蒙新河狸选择河宽和面积都较大的水域栖息。

表 3 蒙新河狸冷季巢穴生境选择的各项因子分布频次

Table 3 Distribution of ecological factors in lodge site selectivities of *C. f. birulai* in Xinjiang in cold season

生态因子 Habitat factors	类别 Classification	生态因子在样方中分布 Factors distribution		生态因子在各聚类中分布 Frequency and percentage in each cluster		
		频次(<i>F</i>) Frequency	频率(<i>P</i>)、% Percentage	A (<i>N</i> =10)	B (<i>N</i> =47)	C (<i>N</i> =103)
海拔 Elevation/m	≤600	9	5.63	0	6(12.77%)	2(1.94%)
	>600—≤800	32	20.00	0	10(21.28%)	23(22.33%)
	>800—≤1000	41	25.63	0	7(14.89%)	34(33.01%)
	>1000	78	48.75	10(100%)	24(51.06%)	44(42.72%)
水域面积 Water shed area/m ²	≤400	95	59.38	4(40.00%)	36(76.60%)	50(48.54%)
	>400—≤700	41	25.63	6(60.00%)	9(19.15%)	36(34.95%)
	>700—≤1000	16	10.00	0	2(4.26%)	12(11.65%)
	>1000	8	5.00	0	0	5(4.85%)
岸高 Bank height/m	≤0.5	17	10.63	0	8(17.02%)	9(8.74%)
	>0.5—≤1.0	47	29.38	0	19(40.43%)	28(27.18%)
	>1.0—≤1.5	64	40.00	8(80.00%)	15(31.91%)	41(39.81%)
	>1.5—≤2.0	32	20.00	2(20.00%)	5(10.64%)	25(24.27%)
岸坡度 Bank slope/(°)	≤50	18	11.25	0	12(25.53%)	5(4.85%)
	>50—≤75	53	33.13	3(30.00%)	21(44.68%)	30(29.13%)
	>75	89	55.63	7(70.00%)	14(29.79%)	68(66.02%)
河宽 Stream width/m	≤20	80	50.00	4(40.00%)	41(87.23%)	51(49.51%)
	>20—≤35	56	35.00	6(60.00%)	4(8.51%)	35(33.98%)
	>35—≤50	11	6.88	0	1(2.13%)	8(7.77%)
	>50—≤65	13	8.13	0	1(2.13%)	9(8.74%)

续表

生态因子 Habitat factors	类别 Classification	生态因子在样方中分布 Factors distribution		生态因子在各聚类中分布 Frequency and percentage in each cluster		
		频次 (<i>F</i>)	频率 (<i>P</i>)、%	A	B	C
		Frequency	Percentage	(<i>N</i> = 10)	(<i>N</i> = 47)	(<i>N</i> = 103)
水深 Water depth/m	≤0.5	9	5.63	0	2(4.26%)	7(6.80%)
	>0.5—≤1.0	32	20.00	0	16(34.04%)	16(15.53%)
	>1.0—≤1.5	65	40.63	4(40.00%)	20(42.55%)	41(39.81%)
	>1.5—≤2.0	54	33.75	6(60.00%)	9(19.15%)	39(37.86%)
隐蔽级 Hiding cover/%	≤50	15	9.38	1(10.00%)	5(10.64%)	9(8.74%)
	>50—≤75	92	57.50	7(70.00%)	24(51.06%)	61(59.22%)
	>75	53	33.13	2(20.00%)	18(38.30%)	33(32.04%)
巢穴位置 Nest location	1	11	6.88	0	2(4.26%)	9(8.74%)
	0	149	93.13	10(100%)	45(95.74%)	94(91.26%)
优势植物 Main vegetation	乔木柳	144	90.00	0	41(87.23%)	103(100%)
	灌木柳	6	3.75	0	6(12.77%)	0
	杨树	10	6.25	10(100%)	0	0
植物郁闭度	≤25	3	1.88	0	3(6.38%)	0
Vegetation canopy/%	>25%—≤50	3	1.88	0	3(6.38%)	0
	>50%—≤75	99	61.88	0	33(70.21%)	66(64.08%)
	>75	55	34.38	10(100%)	8(17.02%)	37(35.92%)
乔木密度	< 3	9	5.63	0	9(19.15%)	0
Tree density/(株/100m ²)	3—5	119	74.38	0	38(80.85%)	81(78.64%)
	> 5	32	20.00	10(100%)	0	22(21.36%)
乔木高度 Tree height/m	< 5	3	1.88	0	0	3(2.91%)
	≥5—≤6	49	30.63	0	15(31.91%)	34(33.01%)
	> 6	108	67.50	10(100%)	32(68.09%)	66(64.08%)
灌木密度	< 4	149	93.13	10(100%)	35(74.47%)	99(96.12%)
Shrub density/(丛/100m ²)	4—7	4	2.50	0	9(19.15%)	4(3.88%)
	> 7	7	4.38	0	3(6.38%)	0
灌木高度 Shrub height/m	< 1.3	86	53.75	10(100%)	10(21.28%)	67(65.05%)
	≥1.3—≤1.7	45	28.13	0	19(40.43%)	25(24.27%)
	> 1.7	29	18.13	0	18(38.30%)	11(10.68%)
距公路距离	≤500	57	35.63	1(10.00%)	20(42.55%)	43(41.75%)
Distance from nearest road/m	> 500—≤1000	47	29.38	6(60.00%)	14(29.79%)	32(31.07%)
	> 1000	56	35.00	3(30.00%)	13(27.66%)	28(27.18%)
距居民点距离	≤300	29	18.13	4(40.00%)	15(31.91%)	35(33.98%)
Distance from human habitation/m	> 300—≤600	66	41.25	4(40.00%)	16(34.04%)	28(27.18%)
	> 600	65	40.63	2(20.00%)	16(34.04%)	40(38.83%)
距食物堆距离	≤4	109	68.13	7(70.00%)	32(68.09%)	70(67.96%)
Distance from nearest food cache/m	> 4	51	31.88	3(30.00%)	15(31.91%)	33(32.04%)

3.4 冷季蒙新河狸巢穴生境选择的聚类分析

在欧氏距离 18 的水平上,将冷季 160 个新疆蒙新河狸巢穴分为 3 组:A 组(10 个巢穴)、B 组(47 个巢穴)和 C 组(103 个巢穴),每组蒙新河狸巢穴频数和频率见表 3。对冷季新疆蒙新河狸巢穴的生境特征归纳为:位于海拔 1000m 以上,河流宽度窄、面积小、水深较深、坡度较陡的临近水域,隐蔽级适中或较高、与最近公路或居民点的河流异侧乔木柳树林、郁闭度较高、乔木高度高、灌木密度低和高度适中,距食物堆较近。

3.5 冷季蒙新河狸巢穴生境选择的主成分分析

对冷季新疆蒙新河狸巢穴生境选择的 17 个生态因子进行主成分分析(表 4),前 7 个主成分的特征值均

大于 1,其累计贡献率达到 72.523%,说明这 7 个主成分基本涵盖了这 17 个生态因子的所有信息。

表 4 冷季新疆蒙新河狸巢穴生境选择的各主成分特征值表

Table 4 The eigenvalues of principle components for lodge site selectivities of *C. f. birulai* in Xinjiang in cold season

主成分 Principle component	特征值 Eigen value	贡献率/% % of variance	累计贡献率/% Cumulative	主成分 Principle component	特征值 Eigenvalue	贡献率/% % of variance	累计贡献率/% Cumulative
1	2.971	17.475	17.475	2	2.634	15.491	32.967
3	1.855	10.910	43.877	4	1.552	9.132	53.009
5	1.253	7.370	60.379	6	1.064	6.257	66.635
7	1.001	5.888	72.523	8	0.814	4.789	77.312
9	0.779	4.584	81.896	10	0.701	4.126	86.023
11	0.583	3.430	89.452	12	0.507	2.982	92.435
13	0.446	2.622	95.057	14	0.384	2.258	97.314
15	0.235	1.382	98.697	16	0.195	1.146	99.843
17	0.027	0.157	100.00				

1: 第一特征向量 First eigenvector; 2: 第二特征向量 Second eigenvector; 3: 第三特征向量 Third eigenvector; 4—17 依次类推

表 5 冷季新疆蒙新河狸巢穴生境选择的旋转因子成分矩阵

Table 5 Rotated component matrix for lodge site selectivities of *C. f. birulai* in Xinjiang in cold season

生态因子 Habitat factors	特征向量 Eigenvector						
	1	2	3	4	5	6	7
海拔 Elevation/m	0.050	-0.501	0.263	-0.016	0.144	-0.102	-0.383
水域面积 Water shed area/m ²	0.354	-0.017	0.279	-0.635	0.181	0.368	0.048
岸高 Bank height/m	0.721	-0.230	0.054	-0.128	-0.249	0.339	0.231
坡度 Slope/(°)	0.692	-0.437	0.171	-0.046	-0.106	0.116	0.009
河宽 Stream width/m	0.271	0.313	0.047	-0.690	0.076	-0.141	0.149
水深 Water depth/m	-0.722	0.382	0.085	-0.141	0.129	0.337	0.166
隐蔽级 Hiding cover/%	-0.687	0.311	0.152	-0.119	0.138	0.228	0.237
巢穴位置 Nest location	0.172	0.086	-0.615	0.179	0.322	0.079	-0.070
优势植物 Main vegetation	-0.182	-0.507	0.124	0.370	-0.065	0.556	0.139
植被郁闭度 Vegetation canopy/%	0.367	-0.042	0.274	0.241	0.615	-0.144	0.160
乔木密度 Tree density/(株/100 ²)	0.312	0.187	0.198	0.320	0.615	0.079	0.125
乔木高度 Tree height/m	0.168	0.375	0.515	0.151	0.078	0.064	-0.120
灌木密度 Shrub density/(丛/100 ²)	0.350	0.793	0.161	0.229	-0.242	0.093	-0.134
灌木高度 Shrub height/m	0.373	0.774	0.153	0.263	-0.254	0.124	-0.167
距公路距离 Distance from nearest road/m	0.250	0.033	-0.716	0.156	0.034	0.344	0.033
距居民点距离 Distance from human habitation/m	0.325	0.355	-0.553	-0.247	0.185	-0.056	0.040
距食物堆距离 Distance from nearest food cache/m	0.159	0.009	0.054	0.250	-0.237	-0.335	0.751

第 1、4 主成分中,载荷系数绝对值较大的是岸高(0.721)、坡度(0.692)、水深(0.722)、水域面积(0.635)和河宽(0.690),这 5 个变量是蒙新河狸巢穴附近的地理环境,定义为地理分布因子。另外,第 1 主成分中的隐蔽级(0.687)载荷系数绝对值也较大,与蒙新河狸巢穴的隐蔽性相关,属于隐蔽因子。第 2、5 主成分中,载荷系数绝对值较大的是灌木密度(0.793)、灌木高度(0.774)、植物郁闭度(0.615)和乔木密度(0.615),这 4 个变量反映了蒙新河狸巢穴生境选择的植物特征,为蒙新河狸提供了良好的隐蔽条件,其中绝对值较高的乔木密度还保证了其食物的丰富性。第 3 主成分中,巢穴位置(0.615)、距公路距离(0.716)和距居民点距离(0.553)这 3 个变量的载荷系数绝对值较大,反映出干扰对蒙新河狸巢穴选择的影响,命名为干扰因子。第 6

和第 7 主成分中,优势植物(0.556)和距食物堆距离(0.715)的载荷系数绝对值明显高于其他变量,与蒙新河狸的食物有关,属于食物因子。因此,蒙新河狸巢址生境选择首先考虑的是地理分布因子和隐蔽因子,其次是干扰因子,最后是食物因子(表 5)。

综上所述,新疆蒙新河狸冬季巢穴生境选择特征归纳为:(1)地理分布因子:海拔>1000m,临近水域河岸高度>1.0m、坡度>75°、水深>1.0m、河面宽度和面积适中;(2)隐蔽因子:巢穴所在位置隐蔽级较高,附近的植物特征(郁闭度高,乔木密度大、灌木密度低、高度低)也决定了其较好的隐蔽性;(3)干扰因子:巢穴位置选择在与最近公路或居民点相对的河流异侧;(4)食物因子:巢穴多选择在密度较高的柳树林中,有丰富的食物来源,且距离冬季食物堆较近。

4 分析与讨论

4.1 蒙新河狸巢穴位点的选取

蒙新河狸生性胆小且在水边活动^[18-19],其在河岸挖洞穴居,洞口在水下,且在巢穴的上方搭建地面巢。在夏季,一个蒙新河狸家族可拥有数个巢穴,但在暖季早期(春季)和冷季(秋季和冬季),其主要使用其中的一个巢穴,且冷季常在居住巢穴外的水域中建造食物堆以度过漫长寒冷的冬季,这成为野外调查确定冷季蒙新河狸家族的唯一指标^[10,34]。Saulius Pupininkas 的研究^[41]表明,河狸生命活动的迹象集中于巢穴附近,故我们沿河岸寻找蒙新河狸上岸加固巢穴的河狸道以及气味堆等活动痕迹,根据痕迹密集度确定暖季早期蒙新河狸栖居的巢穴^[35]。另外,新疆蒙新河狸营家域式生活,这使得它们的巢穴地点分布非随机化,且气味堆制成后本身不会移动,对于河狸这种夜行性且具有隐蔽性的动物,采用痕迹调查法具有可操作性,收集的数据也全面且准确。

4.2 蒙新河狸的地面巢等特征

2014 年冷季,我国新疆乌伦古河流域有 160 个蒙新河狸家族,与 Chu 和 Jiang^[10]于 2003 年(137 个家族)、2006 年(167 个家族)和 2007 年(145 个家族)的调查结果基本一致,进一步说明我国蒙新河狸的种群数量已达到目前乌伦古河流域的环境容纳量,急需寻找其他潜在的合适栖息地。只有 61 个蒙新河狸家族(占 40.40%)在其洞穴上方建有地面巢,这是因为这些蒙新河狸家族多坐落于夏季和秋季家畜(牛和马)活动频繁的区域,为了防止牲畜踩踏洞穴,蒙新河狸在其洞穴上方建造地面巢阻止牲畜靠近。另一方面,Frish^[42]认为蒙新河狸在水位太高,淹没部分地下洞穴时,可以打通洞穴上方的地面,从而生活在位于水位上方的地面巢内,这与我们发现的少数地面巢的超大特征是相符的。仅有 10 个蒙新河狸家族(占 6.62%)在家域范围内建造水坝,其中 7 个家族(占 70%)位于河汊水域内,这是因为主河道水流速较快,不利于筑坝。相较而言,河汊水域水流缓慢,但其面积较小、早期水位低的特点也不适合蒙新河狸居住。为了改善生活环境,生存于河汊水域的蒙新河狸往往使用树枝和淤泥筑建堤坝,维持家域内的水位和水域面积在合适范围,因此,河狸被称为大自然中的“生态系统工程师”^[9,43]。

4.3 冷季和暖季早期蒙新河狸巢址生境选择的差异

从冷季到暖季早期,温度升高,植物的顶部生态位开始发芽长叶,植物郁闭度变高,而底部生态位几乎不会发生变化,故同与植物茂盛情况相关的隐蔽级无变化;同时,山上的大量冰雪开始融化,雪水最终流入乌伦古河流域,导致其水位上涨,水深、河宽和水源面积都急剧增大,而河岸坡度却降低,从而导致冷季和暖季早期蒙新河狸在河宽、水域面积、水深、坡度和植物郁闭度 5 种生态因子选择上有差异(表 2),这就证实了我们的推测:新疆蒙新河狸冷暖季的部分巢穴生境选择确实存在差异。除此之外,蒙新河狸冷暖季的巢穴生境选择基本一致,说明了新疆蒙新河狸家族生境的相对稳定性,这与其生存状况是密切相关的。新疆蒙新河狸生活区域的局限性限制了蒙新河狸种群的扩张,沿河道生存的竞争条件导致曲线串珠式分布的蒙新河狸家族必须且只能占据对家族有利的流域空间生存,一旦找到合适的生存区域后,若无强烈的人类干扰以及河谷断流等客观原因,其必定不会重新寻找其他相距较远的区域筑巢生活。另外,大多数的新疆蒙新河狸冷暖季的巢穴

位点基本无变化,从动物自身角度来说,这是因为在没有外部生存压力的作用下,重新寻找合适的环境并建立新的巢穴需要耗费大量的时间与精力,对河狸的正常生活是得不偿失的。

4.4 蒙新河狸的巢址生境选择

动物对生境的选择除受其本身的特性影响之外,还包括生境的特性、食物的有效性、隐蔽场所和空间利用的有效性、捕食和竞争等诸多因素^[44-45]。作为穴居动物,巢穴是蒙新河狸栖息的主要场所,为其居住、休息、繁殖、抵御不良气候条件及逃避敌害等提供隐蔽。巢穴周围的空间环境构成了巢穴生境,而有效的巢穴生境选择是长期适应性的结果,是在进化过程中与环境相互协调的产物^[46]。本研究中,作为被首先选中的生态因子,隐蔽级与第6主成分中载荷系数绝对值最高的优势植物,即占90.00%的乔木柳一一对应。较高密度的乔木柳树林既为蒙新河狸提供了较好的隐蔽性,又保证了其丰富的食物来源,这与第7主成分中绝对值较高的距食物堆距离一致,短距离的高选择性同样保证了一定的隐蔽性,也减少了其往返过程中体能的消耗,有利于越过漫长的冬季。第2、5主成分中较高载荷量的植物特征(灌木密度、灌木高度、植物郁闭度和乔木密度)也为蒙新河狸的生存提供了良好的隐蔽条件。蒙新河狸生性胆小,属于典型的夜行性动物^[47-49],而其天敌(狼、艾鼬和雕鸮等)也多在夜间活动,为了躲避天敌,行动缓慢的蒙新河狸必须要求一定程度的隐蔽性来保障自己的安全。按常理来说,灌木密度越高,隐蔽性越高。但是,乌伦古河流域的灌木主要是丛生成群的锦鸡儿和铃铛刺,不仅不是蒙新河狸的食物,还会阻碍其外出采食。所以,蒙新河狸选择灌木密度低的区域筑巢。

地理分布因子中,随着海拔的升高、临近水域岸高、坡度和深度的增加,蒙新河狸巢穴位点的选择性越强。蒙新河狸对高海拔(>1000m)的选择性是逐渐适应环境的结果,然而其在低海拔区域($\leq 600\text{m}$)也有分布,说明蒙新河狸同样具有适应低海拔环境的潜在能力,这为扩大寻找其潜在的合适生境提供了可能。蒙新河狸的筑巢习性决定了其选择河岸高、坡度较大的深水环境。作为穴居动物,蒙新河狸巢穴洞口位于水下,且远离河岸、斜向上建造洞穴^[50]。较高且具有较陡坡度的河岸有利于蒙新河狸挖洞筑巢,而一定的水深可以淹没巢穴洞口,保障其高隐蔽性。当河水深度不够时,为了避免洞口暴露导致的天敌侵袭,蒙新河狸自主在洞系下游筑建堤坝,提高水位的行为说明了其对水深的严格要求。受乌伦古河流域整体河面宽度和其他生态因子的限制,59.38%和50.00%的蒙新河狸巢穴坐落于河面宽度($\leq 20\text{m}$)和面积($\leq 400\text{m}^2$)都较小的河流旁,与John等^[36]调查摩拉瓦河流域内蒙新河狸家族附近河面平均宽度的结果($(13\pm 6)\text{SD m}$)基本一致。然而,对河宽 $\leq 20\text{m}$ 和水域面积 $\leq 400\text{m}^2$ 进一步划分等级后的分析显示蒙新河狸又优先选择河宽和水域面积较大的特征。由此,我们得出结论:除去乌伦古河流域宽度的限制,蒙新河狸巢址对临近水域的选择性随宽度的增大而增强。Ruys等^[37]指出法国阿登地区河狸首先选择宽度较大的河流,其次是池塘、湖泊等,同时要求水深较大、河岸高且坡度陡,这支持我们结论。另外,他还指出河狸多在水流速较缓($< 1\text{ m}^3\text{s}^{-1}$),而在研究中,由于冬季河面结冰,故未对水流速因子进行探讨。

干扰因子中,仅发现新疆蒙新河狸几乎全部在最近公路或居民点的河流异侧筑巢,河流阻断了人类直接性的接近,一定程度上避免了人类的干扰。一般来说,野生动物对生境的选择往往表现出对人类活动的躲避性^[51-54],但本研究中,蒙新河狸巢穴位点距最近公路和居民点的距离并未表现出明显的正相关关系,这是因为乌伦古河流域是阿勒泰地区荒漠戈壁中的绿洲,游牧的哈萨克牧民都定居于此,且人口数量越来越多^[10],除去城镇和村落,其他牧民基本沿乌伦古河流域呈散点状分布,公路也在乌伦古河流域附近平行修建^[26]。因此,只能在乌伦古河流域生存的蒙新河狸不能完全的避开人类,生存受到人类活动的严重影响。人类的活动干扰了乌伦古河流域的自然生态系统,柳树林大面积缩减^[55],修建水坝影响了下游水域、阻断了上下游蒙新河狸的迁移交流^[8,55],修建铁丝网栅栏阻碍了蒙新河狸上岸采食,秋季“打草”提升了蒙新河狸的暴露机会。因此建议:(1)寻找适合新疆蒙新河狸生存的其他潜在生境,例如,可以尝试将其引入到同样位于新疆北部阿勒泰地区的额尔齐斯河流域,扩大其分布范围;(2)减少在蒙新河狸生活流域修建的水坝,或者在其附近修建迁徙通道,便于整个流域中蒙新河狸的交流;(3)加强保护区蒙新河狸分布区内的保护管理和宣传工作,使当地居民(特别是保护区内的牧民)主动积极的参与保护工作。

致谢:本研究得到新疆阿勒泰地区林业局、新疆布尔根蒙新河狸国家级自然保护区管理站、青河县林业局、富蕴县林业局和福海县林业局的支持与帮助。戚英杰、阿依丁、刘元超、蒋新春、李斌、蒙克等参加野外数据收集工作,特此致谢。

参考文献 (References):

- [1] 骆颖, 张明明, 刘振生, 李志刚, 胡天华, 翟昊. 贺兰山马鹿冬春季生境的选择. 生态学报, 2009, 29(5): 2757-2763.
- [2] 赵宠南, 苏云, 刘振生, 姚志诚, 张明明, 李志刚. 贺兰山牦牛冬春季的生境选择. 生态学报, 2012, 32(6): 1762-1772.
- [3] Cody M L. Habitat Selection in Birds. London: Academic Press, 1985.
- [4] 张正旺, 郑光美. 鸟类栖息地选择研究进展//中国动物科学研究——中国动物学会第十四届会员代表大会暨学术讨论会. 北京: 中国林业出版社, 1999: 1104-1109.
- [5] 董超, 张国钢, 陆军, 侯韵秋, 乔龙巴特尔, 昂秦. 新疆巴音布鲁克繁殖期大天鹅的生境选择. 生态学报, 2013, 33(16): 4885-4891.
- [6] 张明海, 李占阔. 动物生境选择研究中的时空尺度. 兽类学报, 2005, 25(4): 395-401.
- [7] 卢浩泉. 蒙新河狸(*Castor fiber*)在中国的分布与生态特点. 山东大学学报: 自然科学版, 1981, 16(4): 103-109.
- [8] 陈道富, 全仁哲, 范喜顺, 苗立天. 欧亚河狸的生物学特性及其保护与开发. 石河子大学学报: 自然科学版, 2003, 7(1): 84-86.
- [9] Müller-Schwarze D, Sun L. The Beaver: Natural History of A Wetlands Engineer. Ithaca, USA: Cornell University Press.
- [10] Chu H J, Jiang Z G. Distribution and conservation of the Sino-Mongolian beaver *Castor fiber birulai* in China. Oryx, 2009, 43(2): 197-202.
- [11] Djoshkin W W, Safonow W G. Die Biber der Alten und Neuen Welt. Wittenberg: Ziemsen Verlag, 1972.
- [12] Durka W, Babik W, Ducroz J F, Heidecke D, Rosell F, Samjaa R, Saveljev A P, Stubbe A, Ulevičius A, Stubbe M. Mitochondrial phylogeography of the Eurasian beaver *Castor fiber* L. Molecular Ecology, 2005, 14(12): 3843-3856.
- [13] Veron G. Biogeographic history of the beaver (*Castor-Fiber*, Rodentia, Mammalia). Mammalia, 1992, 56(1): 87-108.
- [14] Nolet B A, Rosell F. Comeback of the beaver *Castor fiber*: an overview of old and new conservation problems. Biological Conservation, 1998, 83(2): 165-173.
- [15] Lavrov L S. Evolutionary development of the genus *Castor* and taxonomy of the contemporary beavers of Eurasia. Acta Zoologica Fennica, 1983, 174: 87-90.
- [16] 赵景辉, 赵伟刚, 陈玉山, 张洪英. 中国的河狸资源考察. 特产研究, 2005, 27(3): 38-41.
- [17] 初红军. 蒙新河狸考察. 大自然, 1993, (4): 12-13.
- [18] 刘冬志, 蒋志刚, 初红军, 黄效文, 张帆, 陈刚. 蒙新河狸夏季夜间活动节律和时间分配. 兽类学报, 2013, 33(4): 319-325.
- [19] 刘冬志, 黄效文, 初红军, 刘元超, 张帆, 陈刚, 戚英杰. 基于红外相机陷阱技术的蒙新河狸(*Castor fiber birulai*)活动节律. 干旱区研究, 2015, 32(1): 205-211.
- [20] 于长青, 卢浩泉, 邵闻, 贾陈喜, 郑荣光. 蒙新河狸的食性研究. 林业科学, 1994, 30(6): 519-524.
- [21] 葛炎, 侯金雷. 河狸秋季采食贮存和冬季食性的初步观察. 干旱区研究, 2001, 18(1): 80-80.
- [22] 盛和林, 徐宏发, 张恩迪. 新疆河狸及其河狸香. 兽类学报, 1990, 10(4): 263-267.
- [23] 初振辉, 纪加义. 新疆河狸香的药用价值和性状鉴别. 中草药, 1992, 23(8): 317-318.
- [24] 汪永庆. 河狸香的特点与利用研究. 中草药, 1993, 24(12): 653-654.
- [25] 陈季武, 胡天喜, 盛和林. 河狸香抗氧化作用. 华东师范大学学报: 自然科学版, 1997, (1): 95-98.
- [26] 王永功, 胡锡润, 于沉鱼. 新疆省道 320 线改建对布尔根河河狸自然保护区生境的影响. 新疆环境保护, 2008, 30(2): 20-23.
- [27] 于长青, 邵闻, 葛炎, 贾陈喜. 新疆河狸的栖居条件、家域及洞巢分布格局. 林业科学研究, 1992, 5(5): 565-569.
- [28] 孟秀祥, 潘世秀, 栾晓峰, 冯金朝. 兴隆山自然保护区马麝春季生境选择. 生态学报, 2010, 30(20): 5509-5517.
- [29] Godvik I M R, Loe L E, Vik J O, Veiberg V, Langvatn R, Mysterud A. Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. Ecology, 2009, 90(3): 699-710.
- [30] Apps C D, McLellan B N, Kinley T A, Flaa J P. Scale-dependent habitat selection by mountain caribou, Columbia mountains, British Columbia. Journal of Wildlife Management, 2001, 65(1): 65-77.
- [31] Wu P J, Zhang E D. Habitat selection and its seasonal change of serow (*Capricornis sumatraensis*) in Cibagou nature reserve, Tibe. Acta Theriologica Sinica, 2004, 24(1): 6-12.
- [32] 周聿超. 新疆河流水文水资源. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999: 340-346.
- [33] 努尔兰·哈再孜. 乌伦古河流域水文特征. 干旱区研究, 2014, 31(5): 798-802.
- [34] Hay K G. Beaver census methods in the Rocky Mountain region. Journal of Wildlife Management, 1958, 22(4): 395-402.
- [35] Skewes O, Gonzalez F, Olave R, Ávila A, Vargas V, Paulsen P, König H E. Abundance and distribution of American beaver, *Castor Canadensis*

- (Kuhl 1820), in Tierra del Fuego and Navarino islands, Chile. *European Journal of Wildlife Research*, 2006, 52(4): 292-296.
- [36] John F, Baker S, Kostkan V. Habitat selection of an expanding beaver (*Castor fiber*) population in central and upper Morava River basin. *European Journal of Wildlife Research*, 2010, 56(4): 663-671.
- [37] Ruys T, Lorvelec O, Marre A, Bernez I. River management and habitat characteristics of three sympatric aquatic rodents; common muskrat, coypu and European beaver. *European Journal of Wildlife Research*, 2011, 57(4): 851-864.
- [38] 曾国仕, 郑合勋, 邓天鹏. 伏牛山北坡猪獾 (*Arctonyx collaris*) 夏季巢穴特征. *生态学报*, 2009, 29(1): 208-215.
- [39] 曾国仕, 郑合勋, 邓天鹏. 河南伏牛山北坡果子狸夏季巢穴生境特征. *生态学报*, 2010, 20(2): 498-503.
- [40] 于长青, 卢浩泉. 河狸的生物学特性与人工养殖. *中药材*, 1996, 19(11): 544-547.
- [41] Pupininkas S. The state of the beaver (*Castor fiber*) population and characteristics of beaver sites in eastern Lithuania. *Acta Zoologica Lithuania*, 1999, 9(1): 20-26.
- [42] von FRISCH K. *Animal Architecture*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1974: 266-278.
- [43] Rosell F, Bozsér O, Collen P, Parker H. Ecological impact of beavers *Castor fiber* and *Castor Canadensis* and their ability to modify ecosystems. *Mammal Review*, 2005, 35(3/4): 248-276.
- [44] 叶晓堤, 马勇, 王润海. 沂泗水流域狗獾的洞道结构及其功能. *兽类学报*, 1999, 19(3): 231-232.
- [45] 张洪茂, 胡锦矗. 川西北高原藏原羚夏季生境选择. *四川动物*, 2002, 21(1): 12-15.
- [46] 颜忠诚, 陈永林. 动物的生境选择. *生态学杂志*, 1998, 17(2): 43-49.
- [47] Curry-Lindahl K. The beaver, *Castor fiber* Linnaeus, 1758 in Sweden extermination and reappearance. *Acta Theriologica*, 1967, 12(1): 1-15.
- [48] Buech R R. Sex differences in behavior of beavers living in near-boreal lake habitat. *Canadian Journal of Zoology*, 1995, 73(11): 2133-2143.
- [49] Wheatley M. Beaver, *Castor canadensis*, home range size and patterns of use in the Taiga of southeastern Manitoba: I. Seasonal variation. *Canadian Field-Naturalist*, 1997, 111(2): 204-210.
- [50] 梁崇岐, 王伟, 侯韵秋, 阮云秋, 冯怀玺. 中国河狸的建筑物与栖息习性. *林业科学*, 1985, 21(3): 253-259.
- [51] 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英, 李新庆. 贺兰山岩羊冬春季取食生境的比较. *动物学研究*, 2005, 26(6): 580-589.
- [52] 初红军. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区蒙古野驴 (*Equus hemionus*) 和鹅喉羚 (*Gazella subgutturosa*) 食性、种群和栖息地研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2008.
- [53] 金崑, 廖志冬, 高中信. 呼伦贝尔草原中蒙边境地带春季沙狐洞穴生境选择. *林业科学*, 2006, 42(4): 126-128.
- [54] 吴华, 胡锦矗, 陈万里, 欧阳维复, 鲜方海. 唐家河自然保护区鬣羚春冬季对生境的选择. *动物学研究*, 2000, 21(5): 355-360.
- [55] 于长青. 河狸的困境是从牧民定居开始的. *人与生物圈*, 2007, (6): 68-69.