

濒危驯鹿 (*Rangifer tarandus*) 秋季 偏好生境的生态特征*

郭妍妍^{1,2#} 李红亮^{1,2#} 王朋¹ 冯金朝¹ 薛达元¹ 孟秀祥^{2**}

¹中央民族大学生命与环境科学学院 北京 100081

²中国人民大学环境学院 北京 100872

摘要 深入了解生境选择及偏好生境的生态特征是保育濒危驯鹿资源的关键。于2012和2013年的9-10月间,采用样带-样线结合的调查方法,对我国大兴安岭西北麓驯鹿的秋季生境偏好进行了研究,共布设了72个利用生境样地及162个对照性非利用生境样地,对海拔和乔木郁闭度等25个生境变量进行了计测和比较,并对利用生境数据进行了主成分分析。结果显示,与对照的非利用生境样地相比,驯鹿秋季利用生境的海拔(948.68 m ± 1.10 m)、乔木郁闭度(12.60% ± 1.99%)、乔木胸径(24.46 cm ± 1.77 cm)、乔木高度(6.33 m ± 0.47 m)、乔木密度(6.92 m² ± 0.75/400 m²)、灌木盖度(42.14% ± 2.22%)、苔藓地衣盖度(11.94% ± 0.98%)、树桩个数(4.61 m² ± 0.44/400 m²)及倒木数(2.08 m² ± 0.25/400 m²)均较大($P < 0.01$),但地表植被盖度(83.58% ± 1.03%)、雪深(0)、雪覆盖度(0)及枯草盖度(2.08% ± 0.25%)较小($P < 0.01$)。此外,驯鹿秋季偏好选择西坡和南坡(100%)的中上坡位(70.8%)的平缓坡(81.9%)生境($P < 0.01$),并多选择针叶林(56.9%)、避风性较差(52.8%)、水量适中(62.5%)、土壤湿润(94.4%)、距水源距离较近(≤1 000 m, 68.1%)、距人为干扰距离较远(≥ 500 m, 51.4%)及距最近猎民点较远(≥ 500 m, 55.6%)的生境。主成分分析结果表明,干扰因子(由距水源距离、水量评价、距人为干扰距离、距猎民点距离和坡位及海拔组成)、乔灌木因子(由植被类型、乔木胸径、乔木高度、乔木密度、乔木郁闭度和灌木盖度组成)、生境基底因子(由灌木盖度、树桩数、倒木数及地表植被盖度组成)、隐蔽因子(隐蔽度)和坡向因子(坡向)是影响驯鹿秋季生境选择的重要因素。总之,驯鹿的秋季生境偏好是在多层面对其秋季食物、干扰回避及林下活动便捷等生态需求的综合适应。表5 参29

关键词 驯鹿 (*Rangifer tarandus*); 生境选择; 食物资源; 人为干扰; 主成分分析

CLC Q149 : Q959.842

Ecological characteristics of autumn preferred habitat of endangered reindeer (*Rangifer tarandus*) in China*

GUO Yanyan^{1,2#}, LI Hongliang^{1,2#}, WANG Peng¹, FENG Jinchao¹, XUE Dayuan¹ & MENG Xiuxiang^{3**}

¹College of Life and Environment Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China

²School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract In China, reindeer, a valuable wildlife resource, only exists in the Genhe area of Inner Mongolia. Despite their economic benefits, reindeer are listed as critically endangered in China mainly owing to loss and degradation of habitat. To sustainably conserve the reindeer population and their habitat, it is necessary to study the habitat utilization of reindeer. In September and October 2012 and 2013, autumn habitat selection and utilization patterns of reindeer were studied using both line and strip-transect surveys. Twenty-five ecological variables were measured and compared for 234 sites in the Genhe area of northwestern China. Seventy-two of all the sampling sites were designated as used habitat plots, and the others as control, non-used plots. Principal component analysis (PCA) was used to extract the key factors influencing habitat selection. The results indicated that, compared to the non-used habitat plots, reindeer selected autumn habitats with comparatively high altitude (948.68±1.10 m), arbor canopy (12.60±1.99%), arbor density (6.92±0.75/400 m²), arbor diameter body height (DBH) (24.46±1.77 cm), arbor height (6.33±0.47 m), shrub cover (42.14±2.22%), muscus-lichen cover (11.94±0.98%) and more stump (4.61±0.44/400 m) and fallen-wood (2.08±0.25/400 m²), but with comparatively low ground-plant cover (83.58±1.03%), snow depth (no snow),

收稿日期 Received: 2014-01-12 接受日期 Accepted: 2014-03-12

*国家科技支撑计划专题项目(2013BAC09B02-6)和高等学校学科创新引智计划111项目(B08044)资助 Supported by the Sci-tech Pillar Project of China (2013BAC09B02-6) and the 111 Project (B08044)

#同等贡献 Equal contribution

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: meng2014@ruc.edu.cn)

snow cover (no snow) and withered-grass cover (2.08±0.25%). Moreover, the reindeer also selected habitats with intermediate upper slope positions (70.8%) in south and west slopes which were located mainly in conifer forest (56.9%) and with poor lee condition (52.8%), relative proximity to water sources (< 1 000 m, 68.1%), but certain distance from anthropogenic disturbance (≥ 500 m, 51.4%) and indigenous residence (≥ 500 m, 51.4%). The PCA results showed that the “Disturbance factor” (*i.e.* distance from residence and other human influence, altitude, slope position *etc.*), “Tree factor” (*i.e.* vegetation type, arbor DBH, arbor height, and arbor density *etc.*), “Habitat-ground factor” (*i.e.* shrub cover, stump, fallen-wood and ground-plant cover), “Concealment factor” (*i.e.* concealment) and “Slope aspect factor” (*i.e.* Slope aspect) were the most important factors influencing the habitat selection of reindeer in autumn. In summary, the results indicated the autumn habitat selection of reindeer is a multidimensional process, through which reindeer adapts to the ecological needs, in particular food accessibility and avoidance of disturbance from local indigenous communities.

Keywords reindeer (*Rangifer tarandus*); habitat selection; food resources; anthropogenic disturbance; principal component analysis

生境选择是野生动物对异质环境主动适应的综合对策, 受诸多因素影响, 动物的生物生态学特性及环境气候、食物资源、隐蔽所、捕食即竞争压力等因素均可对动物的生境选择和利用产生效应^[1-2]. 保温、食物、水源及隐蔽性等生态需求是决定动物生境选择的重要因素^[3]. 深入了解动物的生境选择策略及偏好生境的群落结构是濒危动物保护及生境管理的前提和基础^[4-5].

驯鹿 (*Rangifer tarandus*) 是资源性有蹄类动物, 分布于欧洲、亚洲和北美洲的北极和亚北极区域的苔原、山地及泰加林区^[6]. 驯鹿的生境利用及选择策略一直是学者们的关注和重点. Sandström等 (2003) 应用3S空间分析技术研究了瑞典驯鹿的生境利用和区域内的土地利用格局的关系^[7], Skarin等 (2004) 的工作表明, 驯鹿为躲避夏秋季的蚊蝇叮咬而放宽了对人为干扰的选择^[8], Nellemann和Cameron (1996) 研究了驯鹿分布区内的社会经济活动对其生境选择的强烈干扰^[9]. 上述研究表明, 驯鹿的生境选择是弹性较大的行为对策, 分布区域、季节及人为干扰等均可影响驯鹿的生境选择及栖息地利用格局.

我国的驯鹿仅分布于大兴安岭西北麓的内蒙根河地区, 种群已极为稀少, 仅800头左右, 被列为我国Ⅱ级重点保护动物^[10-11]. 我国的驯鹿呈半野生状态 (Semi-domesticated), 是鄂温克族的传统驯养动物, 二者共同构成泰加林林区特有的“驯鹿-鄂温克”生态系统. 长期以来, 关于我国驯鹿的研究散见于对鄂温克族驯鹿文化及驯鹿生产的民族学和人类学研究^[12-14], 而关于我国驯鹿的生态生物学研究极为稀少. 冯超和白学良研究了驯鹿栖息地的苔藓物种多样性, 发现驯鹿对苔藓植物的选择食用与苔藓的物种和丰富度相关, 生境中的赤茎藓 (*Pleurozium schreberi*)、曲尾藓 (*Dicranum spp.*)、毛叶苔 (*Ptilidium ciliare*) 和沼泽皱蒴藓 (*Aulacomnium palustre*) 占其秋季 (9月份) 采食的12.92%^[15]. 此外, 钟立成和卢向东综述了我国驯鹿的历史分布和迁移^[10], Ma综述了我国鄂温克族和驯鹿的伴生格局^[16]. 上述成果极大地促进了我国的驯鹿种群保护和管理, 但迄今尚缺乏对我国驯鹿生境选择的量化研究. 我国驯鹿于秋季 (9-11月) 发情交配^[10], 深入了解驯鹿在发情交配季节的生境选择格局及偏好生境的生态特征, 是进行驯鹿繁育、保护及可持续利用的基础及重要前提.

基于上述, 本研究通过对我国大兴安岭分布的驯鹿生境进行对照取样, 分析其生境结构, 确定其偏好生境的生态特征, 以期为我国的濒危驯鹿种群及栖息地的保护管理提供参考.

1 研究地区概况

本研究于内蒙根河地区进行. 该区域地处大兴安岭北段西坡, 地形以低山丘陵高原为主, 平均海拔700-1 100 m, 森林覆盖率达85%以上. 该地区为寒温带湿润型森林气候, 寒冷湿润, 冬季漫长, 春季干燥风大, 夏季凉爽短促, 秋季气温骤降, 霜冻较早. 年最高气温30.8℃, 最低气温-48.8℃, 年平均气温-6.5℃, 年均降水量450 mm.

研究区的森林植被以落叶松为主, 有偃松 (*Pinus pumila*) -兴安落叶松林 (*Larix gmelini*)、杜香 (*Ledum spp.*) -落叶松林、兴安杜鹃 (*Rhododendron dauricum*) -落叶松林和沼泽, 还有白桦 (*Betula platyphylla*) -樟子松 (*Pinus sylvestris*) 混交林和灌木丛等. 河谷地带为草甸和森林湿草原, 在地面与岩石表面及倒朽木上生长着菌类、地衣和苔藓植物地被层^[15].

2 研究方法

2.1 样地布设及生境变量定义

我国驯鹿分布于大兴安岭西北麓的根河、金河、阿龙山及得耳布尔山区, 面积约为20 000 km². 本研究的生境取样主要在根河东北部的上央格气和下央格气地区进行 (N 51°01'36"-51°14' 04", E 121°25' 013"-121°34' 32") 进行.

在驯鹿分布区随机确定样线起点, 设置10条平行样线, 样线长度为3-5 km, 样线间距大于1 000 m. 沿样线每隔100 m, 向左右垂直于样线方向各前行50 m, 以最先发现驯鹿痕迹处 (粪便、足迹、卧迹及采食痕迹等) 为中心, 布设1个20 m × 20 m的利用生境大样地 (以下简称大样地), 单侧50 m内最多布设1个利用样地. 若未发现驯鹿利用痕迹, 则仅在50 m样线中点处设置一个20 m × 20 m对照性非利用生境大样地. 在上述大样地中心和四角位置各布设1个4 m × 4 m小样地 (以下简称小样地)^[17]. 根据报道的驯鹿栖息地特征及其他有蹄

类动物生境选择研究的生态因子设立^[8, 18], 确定驯鹿春季生境的25个生境变量, 其定义及测定方法如下:

海拔 (Altitude, m): 样地内驯鹿新鲜活动痕迹中心所地海拔高度。

乔木郁闭度 (Arbor canopy, %): 大样地 (20 m × 20 m 样地, 以下同) 中心点4个方向植被上层林冠对地面的投影百分比, 取平均值。

乔木胸径 (Arbor DBH, cm): 大样地内4个方向距中心点最近乔木的胸径 (约为1.3 m高处的DBH) 的平均值。

乔木高度 (Arbor height, m): 大样地内4个方向距中心点最近乔木 (DBH > 15 cm) 高度的平均值。

乔木密度 (Arbor density): 大样地内乔木 (DBH > 15 cm) 数量。

灌木均高 (Shrub height, cm): 大样地内5个小样地 (4 m × 4 m 样地, 下同) 内灌木高度的平均值。

灌木盖度 (Shrub cover, %): 大样地内5个小样地灌木盖度的平均值。

地表植被盖度 (Ground-plant cover, %): 大样地中5个小样地内的地表植被所占比例的平均值。

苔藓及地衣盖度 (Muscus-lichen cover, %): 大样地中5个小样地内的苔藓地衣的盖度平均值。

树桩数 (Stump quantity): 大样地内树桩 (基径大于15 cm) 数量。

倒木数 (Fallen wood quantity): 样方内倒木 (基部和稍部直径平均值大于15 cm) 数量。

枯草盖度 (Withered grass cover, %): 大样地中5个小样地内枯萎植被占样方面积比率的平均值。

雪深 (Snow depth, cm): 大样地中5个小样地中心点的雪深平均值。

雪盖度 (Snow cover, %): 大样地中5个小样地的雪盖度的平均值。

坡向 (Slope aspect): 大样地的坡向, 分为1 (东坡, 45°-135°)、2 (南坡, 135°-225°)、3 (西坡, 225°-315°) 和4 (北坡, 315°-45°)。

坡度 (Slope gradient, °): 大样地的坡度, 分为1 (平坡, ≤ 30°)、2 (缓坡, 30°-60°) 和3 (陡坡, ≥ 60°)。

坡位 (Slope position): 大样地所处地的坡位, 分为1 (坡下位, 含山谷)、2 (坡中位, 含山腰) 和3 (坡上位, 含山脊)。

植被类型 (Vegetation type): 大样地的植被类型, 分为1 (针叶林, conifer forest, CF)、2 (针阔混交林, conifer and broadleaf mixed forest, CBM)、3 (灌丛, shrub, S) 和4 (草甸, grassland, G)。

隐蔽度 (Concealment): 在1.6 m高处 (驯鹿直立时头眼位置的大致高度), 样方4个方向可视距离的平均值, 分为1 (良, ≤ 10 m)、2 (中, 10-20 m) 和3 (差, ≥ 20 m)。

避风状况 (Lee condition): 样地受风侵扰程度, 分为优、中、差3个等级。

距最近水源距离 (Water dispersion): 大样地到到水源 (泉水及河溪等水体, 不含积雪) 的直线距离, 分为1 (近, ≤ 500 m)、2 (中等, 500-1 000 m) 和3 (远, ≥ 1 000 m)。

土壤湿润度 (Soil moisture degree): 大样地样方中心点

土壤的湿润度, 分为1 (极湿, 手握可出水)、2 (湿润, 手握可成团)、3 (较湿润, 手握可成团, 松手即散) 和4 (干燥, 手握不可成团)。

水量评价 (Water resources): 样地水体水量的大小, 分为1 (极好, 水体直径 $d \geq 1.5$ m)、2 (好, $1.5 \text{ m} > d \geq 1$ m)、3 (适中, $1 \text{ m} > d \geq 0.5$ m) 和4 (差, $d < 0.5$ m) 等级。

距人为干扰距离 (Anthropogenic dispersion, m): 大样地到人为干扰 (如旅游活动、交通、农耕、采集及放牧等) 的直线距离, 分为1 (近, ≤ 500 m)、2 (中等, 500-1 000 m) 和3 (远, ≥ 1 000 m)。

距猎民点距离 (Residence dispersion, m): 大样地到最近猎民居住区域的直线距离, 分为近 (≤ 500 m)、中 (500-1 000 m) 和远 (≥ 1 000 m)。

2.2 数据处理

整理生境数据. 采用Mann-Whitney U Test方法检测驯鹿利用样地与非利用样地间海拔等连续性变量的差异, 采用Chi-Square Test比较两种样地间的坡向等离散型变量的差异. 对驯鹿春季利用样地生境变量数据进行主成分分析 (Principal Components Analysis, PCA), 计算样本相关矩阵及特征根和特征向量, 据此确定各主成分、贡献率及关键构成生境变量。

3 结果与分析

3.1 驯鹿秋季生境利用样地和非利用样地的生境变量比较

共进行了72个驯鹿秋季偏好生境样地 (含360个小样地) 及163个对照性非利用生境样地 (含815个小样地) 的测量, 两类样地的连续型变量的分布如表1所示. 与非利用样地相比, 驯鹿秋季利用样地的海拔 ($948.68 \text{ m} \pm 1.10 \text{ m}$)、乔木郁闭度 ($12.60\% \pm 1.99\%$)、乔木胸径 ($24.46 \text{ cm} \pm 1.77 \text{ cm}$)、乔木高度 ($6.33 \text{ m} \pm 0.47 \text{ m}$)、乔木密度 ($6.92 \text{ m}^2 \pm 0.75/400 \text{ m}^2$)、灌木盖度 ($42.14\% \pm 2.22\%$)、苔藓地衣盖度 ($11.94\% \pm 0.98\%$)、树桩个数 ($4.61 \text{ m}^2 \pm 0.44/400 \text{ m}^2$) 及倒木数 ($2.08 \text{ m}^2 \pm 0.25/400 \text{ m}^2$) 均较大, 差异极显著 ($P < 0.01$), 但地表植被盖度 ($83.58\% \pm 1.03\%$)、雪深 (0, 即无雪)、雪覆盖度 (0, 即无雪) 及枯草盖度 ($2.08\% \pm 0.25\%$) 较小, 差异极显著 ($P < 0.01$). 此外, 驯鹿利用样地的灌木均高 ($60.35 \text{ cm} \pm 2.94 \text{ cm}$) 显著小于非利用样地 ($86.70 \text{ cm} \pm 6.12 \text{ cm}$) ($P < 0.05$).

对驯鹿秋季利用样地与非利用样地的坡向等离散型变量进行 χ^2 检验和频次分析, 结果如表2所示. 与非利用样地生境相比, 驯鹿秋季倾向于选择西坡和南坡生境 (100%), 回避对北坡和东坡生境的选择, 并多选择位于中上坡位 (70.8%) 的平缓坡 (81.9%), 上述差异均极显著 ($P < 0.01$). 此外, 二者在植被类型、避风状况、水量评价、土壤湿润度、水源距离、人为干扰距离、距最近猎民点距离等变量上也存在极显著差异 ($P < 0.01$), 驯鹿秋季多选择针叶林 (56.9%)、避风性较差 (52.8%)、水量适中 (62.5%), 土壤湿润 (94.4%)、距水源距离较近 (≤ 1 000 m, 68.1%)、距人为干扰距离较远 (≥ 500 m, 51.4%) 及距最近猎民点较远 (≥ 500 m, 55.6%) 的生境, 上述差异中, 两种生境样地间在变量

表1 驯鹿秋季利用生境和非利用生境连续型变量比较

Table 1 Continuous variables in autumn used and non-used habitat plots of reindeer

| 变量 Variable | 利用样地 Used plot (N = 72) | 非利用样地 Non-used plot (N = 72) | P |
|----------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------|
| 海拔 Altitude (h/m) | 948.68 ± 1.10 | 940.22 ± 0.40 | 0.000** |
| 乔木郁闭度 Arbor canopy (r/%) | 12.60 ± 1.99 | 6.57 ± 1.24 | 0.001** |
| 乔木胸径 Arbor DBH (D/cm) | 24.46 ± 1.77 | 9.07 ± 1.12 | 0.000** |
| 乔木高度 Arbor height (h/m) | 6.33 ± 0.47 | 2.27 ± 0.28 | 0.001** |
| 乔木密度 Arbor density | 6.92 ± 0.75 | 2.98 ± 0.46 | 0.000** |
| 灌木盖度 Shrub cover | 42.14 ± 2.22 | 32.66 ± 2.20 | 0.005** |
| 灌木高度 Shrub height (h/cm) | 60.35 ± 2.94 | 86.70 ± 6.12 | 0.021* |
| 地表植被盖度 Ground-plant cover (r/%) | 83.58 ± 1.03 | 87.41 ± 0.73 | 0.000** |
| 苔藓地衣盖度 Muscus-lichen cover (r/%) | 11.94 ± 0.98 | 6.83 ± 0.58 | 0.000** |
| 树桩数 Stump quantity | 4.61 ± 0.44 | 1.25 ± 0.17 | 0.000** |
| 雪深 Snow depth (δ/cm) | 0.00 ± 0.00 | 0.07 ± 0.02 | 0.004** |
| 雪盖度 Snow cover (r/%) | 0.00 ± 0.00 | 0.59 ± 0.18 | 0.004** |
| 倒木数 Fallen wood quantity | 2.08 ± 0.25 | 1.12 ± 0.13 | 0.000** |
| 枯草盖度 Withered grass cover (r/%) | 2.08 ± 0.25 | 31.20 ± 1.90 | 0.000** |

数据为平均值 ± 标准误; *差异显著 ($P < 0.05$), **差异极显著 ($P < 0.01$)。

Data are shown as Mean ± SE. * significant difference ($P < 0.05$); ** highly significant difference ($P < 0.01$).

表2 驯鹿秋季利用样地与非利用样地的离散型变量比较

Table 2 Discrete autumn habitat variables in used and non-used plots of reindeer

| 变量 Variable | 类目 Item | 频次 Frequency | | 比例 Percentage (P/%) | | χ^2 检验 |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| | | 非利用样地 Non-used plot (N = 162) | 利用样地 Used plot (N = 72) | 非利用样地 Non-used plot (N = 162) | 利用样地 Used plot (N = 72) | |
| 坡向 Slope aspect | 东 East | 83 | 0 | 51.2 | 0 | $\chi^2 = 72.716, d_f = 3, P < 0.01$ |
| | 西 West | 58 | 51 | 35.8 | 70.8 | |
| | 南 South | 11 | 21 | 6.8 | 29.2 | |
| | 北 North | 10 | 0 | 6.2 | 0 | |
| 坡度 Slope gradient | 平坡 (0-20°) | 117 | 25 | 72.2 | 34.7 | $\chi^2 = 34.073, d_f = 2, P < 0.01$ |
| | 缓坡 (20-40°) | 40 | 34 | 24.7 | 47.2 | |
| | 陡坡 (> 40°) | 5 | 13 | 3.1 | 18.1 | |
| 坡位 Slope position | 上坡 Upper | 0 | 7 | 0 | 9.7 | $\chi^2 = 75.535, d_f = 2, P < 0.01$ |
| | 中坡 Middle | 24 | 44 | 14.8 | 61.1 | |
| | 下坡 Lower | 138 | 21 | 85.2 | 29.2 | |
| 植被类型 Vegetation type | 针叶林 CF | 18 | 41 | 11.1 | 56.9 | $\chi^2 = 70.428, d_f = 3, P < 0.01$ |
| | 针阔混交林 CBMF | 14 | 9 | 8.6 | 12.5 | |
| | 灌丛 S | 65 | 21 | 40.1 | 29.2 | |
| | 草甸 G | 65 | 1 | 40.1 | 1.4 | |
| 隐蔽度 Concealment | 良 Good | 8 | 0 | 4.9 | 0 | $\chi^2 = 4.729, d_f = 2, P > 0.05$ |
| | 中 Medium | 6 | 1 | 3.7 | 1.4 | |
| | 差 Bad | 148 | 71 | 91.4 | 98.6 | |
| 避风状况 Lee condition | 良 Good | 46 | 9 | 28.4 | 12.5 | $\chi^2 = 12.187, d_f = 2, P < 0.01$ |
| | 中 Medium | 66 | 25 | 40.7 | 34.7 | |
| | 差 Bad | 50 | 38 | 30.9 | 52.8 | |
| 水量评价 Water resources | 大 Excellent | 162 | 10 | 162 | 13.9 | $\chi^2 = 144.318, d_f = 2, P < 0.0$ |
| | 较大 Good | 0 | 17 | 0 | 23.6 | |
| | 中 Medium | 0 | 45 | 0 | 62.5 | |
| | 小 Medium | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 土壤湿润度 Soil moisture degree | 极湿润 Excellent | 137 | 4 | 84.6 | 5.6 | $\chi^2 = 143.204, d_f = 3, P < 0.01$ |
| | 湿润 Good | 20 | 68 | 12.3 | 94.4 | |
| | 较湿润 Medium | 1 | 0 | 0.6 | 0 | |
| | 干燥 Medium | 4 | 0 | 2.5 | 0 | |
| 距最近水源距离 Water dispersion | 远 Far (> 1 000 m) | 0 | 23 | 0 | 31.9 | $\chi^2 = 118.531, d_f = 2, P < 0.01$ |
| | 中 Medium (500-1 000 m) | 0 | 20 | 0 | 27.8 | |
| | 近 Near (< 500 m) | 162 | 29 | 100 | 40.3 | |
| 距人为干扰距离 Anthropogenic dispersion | 远 Far (> 1 000 m) | 7 | 37 | 4.3 | 51.4 | $\chi^2 = 29.303, d_f = 2, P < 0.01$ |
| | 中 Medium (500-1 000 m) | 39 | 14 | 24.1 | 19.4 | |
| | 近 Near (< 500 m) | 116 | 21 | 71.6 | 29.2 | |
| 距最近猎民点距离 Residence dispersion | 近 Near (< 500 m) | 72 | 20 | 44.4 | 27.8 | $\chi^2 = 8.001, d_f = 2, P < 0.05$ |
| | 中 Medium (500-1 000 m) | 31 | 12 | 19.1 | 16.7 | |
| | 远 Far (> 1 000 m) | 59 | 40 | 36.4 | 55.6 | |

“距最近猎民点距离”上的差异显著 ($P < 0.05$), 其余差异均达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

3.2 驯鹿秋季生境变量的主成分分析

对驯鹿秋季利用样地的生境变量进行主成分分析 (PCA)。如表3所示, 前5个特征值的累计贡献率达71.430%, 能较好地反映驯鹿秋季选择生境的特征, 因此选择前5个主成分进行分析, 根据各变量的载荷系数绝对值大小划分每一个主成分 (表4)。

表3 驯鹿秋季利用样地生境变量特征值表

Table 3 Eigenvalues of reindeer autumn habitat variables

| 主成分 Principal component | 特征值 Eigenvalue | 贡献率(P%) Percent of variance | 累计贡献率(P%) Cumulative percent of variance |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 5.957 | 25.900 | 25.900 |
| 2 | 4.913 | 21.362 | 47.262 |
| 3 | 2.107 | 9.161 | 56.423 |
| 4 | 1.946 | 8.461 | 64.883 |
| 5 | 1.506 | 6.546 | 71.430 |

表4 驯鹿秋季利用样地生境因子载荷系数的转置矩阵表

Table 4 Rotated component matrix on loading coefficients of reindeer autumn habitat variables

| 变量 Variable | 特征向量 Eigenvector | | | | |
|-------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 距最近水源距离 Water dispersion | -0.924 | 0.148 | 0.155 | -0.100 | 0.010 |
| 距人为干扰距离 Anthropogenic dispersion | -0.877 | 0.163 | 0.261 | -0.091 | 0.065 |
| 距猎民点距离 Residential dispersion | -0.841 | 0.182 | 0.263 | -0.105 | 0.102 |
| 坡位 Slope position | 0.835 | -0.140 | 0.134 | 0.045 | 0.067 |
| 海拔 Altitude | -0.830 | 0.116 | -0.198 | -0.213 | -0.053 |
| 水量评价 Water resources | 0.757 | -0.316 | 0.156 | -0.073 | -0.076 |
| 苔藓及地衣盖度 Muscus-lichen cover | 0.512 | -0.030 | 0.419 | 0.190 | -0.477 |
| 坡度 Slope gradient | 0.490 | 0.065 | -0.484 | 0.146 | 0.304 |
| 乔木胸径 Arbor DBH | 0.184 | 0.870 | 0.086 | -0.254 | -0.093 |
| 植被类型 Vegetation type | 0.029 | -0.864 | -0.048 | -0.006 | 0.020 |
| 乔木高度 Arbor height | 0.195 | 0.862 | 0.144 | -0.238 | -0.160 |
| 乔木密度 Arbor density | 0.352 | 0.827 | 0.113 | -0.183 | -0.011 |
| 乔木郁闭度 Arbor canopy | 0.337 | 0.724 | 0.148 | -0.074 | 0.197 |
| 灌木盖度 Shrub canopy | -0.433 | -0.586 | 0.177 | 0.276 | 0.224 |
| 树桩个数 Stump quantity | 0.167 | 0.334 | -0.578 | 0.191 | 0.000 |
| 倒木个数 Fallen wood quantity | 0.029 | 0.138 | -0.576 | -0.334 | -0.282 |
| 地表植被盖度 Ground-plant cover | -0.140 | 0.349 | 0.570 | 0.190 | 0.286 |
| 灌木均高 Shrub height | 0.412 | -0.237 | 0.545 | 0.205 | -0.368 |
| 隐蔽度 Concealment | -0.207 | 0.300 | -0.215 | 0.653 | -0.264 |
| 土壤湿润度 Soil moisture degree | -0.319 | 0.436 | -0.094 | 0.643 | 0.017 |
| 枯草盖度 Withered grass cover | 0.269 | -0.408 | 0.090 | -0.608 | 0.369 |
| 坡向 Slope aspect | 0.348 | 0.193 | 0.029 | 0.363 | 0.643 |
| 避风状况 Lee condition | -0.334 | -0.322 | -0.076 | -0.035 | -0.344 |

第1主成分特征值为5.957, 对差异的贡献率达25.90%, 其中距最近水源距离、距人为干扰距离、距猎民点距离、坡位、海拔及水量评价的载荷系数绝对值相对较高。结合表2, 驯鹿秋季偏好生境距人为干扰较远 ($\geq 1\ 000\ \text{m}$, 51.4%) 及距猎民点较远 ($\geq 500\ \text{m}$, 55.6%), 而且其偏好生境多位于中上

坡位 (70.8%)、海拔相对较高 (948.68 ± 1.00)、距水源距离较近 ($\leq 500\ \text{m}$, 40.3%), 而且水量适中 (水体直径在1-0.5 m 间的生境占62.5%)。前2个变量直接反映了驯鹿对生境中的高强度人为干扰的回避, 后4个变量与驯鹿的寄生性昆虫天敌的多度相关, 也间接反映了其受干扰的强度。因此, 将第一主成分命名为“干扰因子” (表5)。

第2主成分特征值为4.913, 贡献率达21.362%, 植被类型、乔木胸径、乔木高度、乔木密度、乔木郁闭度及灌木盖度的载荷系数绝对值均较高, 反映了驯鹿秋季生境的乔灌木特征, 故将其定义为“乔灌木因子”。驯鹿秋季主要选择针叶林 (56.9%) 中的具一定乔木高度 ($6.33\ \text{m} \pm 0.47\ \text{m}$)、乔木胸径 ($24.46\ \text{cm} \pm 1.77\ \text{cm}$)、乔木密度 (6.92 ± 0.75 株)、乔木郁闭度 ($12.60\% \pm 1.99\%$) 和灌木盖度 ($42.14\% \pm 2.22\%$) 的生境。

第3主成分的特征值为2.107, 贡献率为9.161%, 其中载荷系数绝对值较大的变量是地表植被盖度、灌木均高、倒木数及树桩数, 反映的是驯鹿秋季栖息地的基底特征, 故将第3主成分定义为“生境基底因子”。驯鹿秋季生境具一定地表植被盖度 ($83.58\% \pm 1.03\%$)、灌木均高 ($60.35\ \text{cm} \pm 2.94\ \text{cm}$)、树桩数 (4.61 ± 0.44 个) 及倒木数 (2.08 ± 0.25 个)。

第4主成分的特征值为1.946, 贡献率为8.461%, 隐蔽度的载荷系数绝对值较大, 反映了驯鹿秋季栖息地隐蔽性方面的特征, 将其定义为“隐蔽性因子”。驯鹿秋季生境的隐蔽度较差 (98.6%)。

第5主成分的特征值为1.506, 贡献率为6.546%, 其坡向变量的载荷系数绝对值较大, 反映的是驯鹿秋季偏好生境的坡向方面的特征, 故将第5主成分定义为“坡向因子”。驯鹿秋季多选择西坡 (70.8%) 和南坡 (29.2%), 回避对东坡和北坡的选择 (0%)。

4 讨论

生境作为野生动物生存、存活和繁殖的场所, 对动物个体和种群发展均有重要意义。一般地, 动物的生境应满足动物对食物、水源、隐蔽性及保温等基本功能的生态需求^[1]。动物生境选择是动物对环境的适应方式之一, 涉及对多变量的权衡, 实际呈现的生境选择对策往往呈折衷性和综合性^[17]。

对欧美大陆分布的驯鹿的生境选择研究表明, 驯鹿会对人为干扰产生消极响应, 回避对距离人为干扰较近生境的选择^[9, 19]。与之类似, 本研究表明, 决定我国大兴安岭驯鹿秋季生境选择的最重要因子为“干扰因子”, 主要由距最近水源距离、水量评价、距人为干扰距离、距猎民点距离及坡位和海拔6个生境变量构成。与其他地域的驯鹿文化旅游格局^[20]类似, 因其独特的泰加林自然景观及“驯鹿-鄂温克”文化景观^[8], 我国驯鹿分布区是驰名的旅游胜地, 区域内的道路设施和旅游设施众多, 旅游经营活动也较大, 加上秋季正逢当地的野菜和野果采集季节, 这些均必然导致驯鹿的消极应激, 因此, 驯鹿会直接回避对靠近具有较多人为干扰生境的选择, 表现为其偏好生境距人为干扰和距猎民点均较远。此外, 病原性昆虫寄生可影响驯鹿生存, 并可导致驯鹿大量死亡^[8, 21], 如李云章等报道, 我国驯鹿的驯鹿狂蝇 (*Cephenemyia trompe*) 对驯鹿的幼虫感染率达92.0%, 平均

表5 驯鹿秋季利用生境的主成分分类及命名

Table 5 Principal components of autumn habitat in used plots of reindeer

| 主成分 Principle component | 构成变量 Variable | 变量值 Value | 因子命名 Definition | 贡献率 Percent (P/%) |
|-------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|----------------------|
| 1 | 距最近人为干扰距离 Anthropogenic dispersion | 较远 Far ($\geq 1\ 000\ \text{m}$, 51.40%) | 干扰因子 Disturbance factor | 25.90% |
| | 距最近猎民点距离 Residence dispersion | 较近 Near ($\leq 500\ \text{m}$, 55.60%) | | |
| | 坡位 Slope position | 中上坡位 Upper and middle slope (70.8%) | | |
| | 海拔 Altitude | 948.68 m \pm 1.00 m | | |
| | 距最近水源距离 Water dispersion | 较近 Near ($\leq 500\ \text{m}$, 40.30%) | | |
| 2 | 水量评价 Water resources | 水量适中 Medium (62.5%) | 乔灌木因子 Tree factor | 21.36% |
| | 植被类型 Vegetation type | 针叶林 Conifer forest (56.9%) | | |
| | 乔木胸径 Arbor DBH | 24.46 cm \pm 1.77 cm | | |
| | 乔木高度 Arbor height | 6.33 m \pm 0.47 m | | |
| | 乔木密度 Arbor density | 6.92 \pm 0.75 | | |
| | 地表植被盖度 Ground-plant cover | 83.58% \pm 1.030% | | |
| 3 | 乔木郁闭度 Arbor canopy | 12.60% \pm 1.99% | 生境基底因子 Habitat-ground factor | 9.16% |
| | 灌木盖度 Shrub canopy | 42.14% \pm 2.22% | | |
| | 灌木高度 Shrub height | 60.35 cm \pm 2.94 cm | | |
| | 树桩数 Stump quantity | 4.61 \pm 0.44 | | |
| 4 | 倒木数 Fallen wood quantity | 2.08 \pm 0.25 | 隐蔽因子 Concealment factor | 8.46% |
| | 隐蔽度 Concealment | 较差 Bad (98.6%) | | |
| 5 | 坡向 Slope aspect | 西坡 (70.8%) 和南坡 (29.2%) West slope (70.8%) and south slope (29.2%) | 坡向因子 Slope aspect | 6.55% |

感染强度为16.2条^[22-23]。在本研究区域, 秋季(9-10月)仍为驯鹿狂蝇的多发季节^[10, 23], 因在较高海拔的中上坡位生境的风较大, 狂蝇等病原昆虫的分布必然较少, 对驯鹿的叮咬等负面影响也较小, 因此驯鹿在秋季通过对生境的坡位和海拔的选择, 实现了对昆虫叮咬的回避, 也是对干扰的适应方式之一。

众所周知, 兴安岭地区是我国历史上的重要森林工业地区, 目前的驯鹿分布区, 即根河周边地区为伐后次生林区, 主要树种为兴安落叶松 (*Larix gmelini*) 和偃松 (*Pinus pumila*) 等针叶树种。在次生针叶林生境, 群落的演替阶段决定了群落的结构及功能, 也必然会对其中野生动物的生境选择和利用产生效应。森林采伐和植被去除会影响鹿类动物的生境选择, 如Newton等的研究表明, 在伐后恢复生境, 鹿类动物一般会倾向于选择乔木较大、郁闭度较高的栖息地^[24]。在本研究中, 描述驯鹿偏好生境的第2个关键因子是“乔灌木因子”, 表明驯鹿偏好选择乔木较高、胸径和密度也均较大的针叶林生境, 这与驯鹿对食物的需求及林下移动的便捷有关。首先, 食物是决定动物生境选择的最重要因素之一^[3, 17]。驯鹿食性较广, 其食物多样性随环境、气候、季节和植被情况的不同而变化^[26]。本研究中的驯鹿主要摄食生境中地表及树干上的石蕊属地衣 (*Cladonia* spp.) 等地表植物^[27]。一般地, 林地生境中的地衣及苔藓等地表植物的多度与其林冠层覆盖度和地面光线呈负相关^[28-29], 因此, 较郁闭的针叶林生境中的地衣类植物的生长情况相对良好, 可给驯鹿提供充足食物资源^[15]。此外, 大兴安岭地区的柴桦 (*Betula fruticosa*) 及朝鲜柳 (*Salix Koreensis*) 等灌木植物的叶及嫩枝也为驯鹿所喜食, 立金花 (*Caltha palustris*) 等地表维管植物也是驯鹿的多食植物。因此, 其生境中的灌木特征、地表植物及生境基底特征也与驯鹿秋季生境选择密切相关, 共同构成了其秋季偏好生境的第3个描述因子, “生境基底因子”。除满足食物需求外, 与上述“乔灌木因子”类似, “生境基底因子”除反映

驯鹿对食物的需求外, 也部分反映了驯鹿对林下活动便捷性的权衡。因驯鹿属大型鹿类动物, 而且雌雄均生有大角, 郁闭度太大的乔灌木环境虽利于其觅食, 但不利于其林中穿行, 因此本研究中的驯鹿秋季生境的灌木均高和灌木盖度相对较小, 但因为因生境中的树桩和倒木上往往附生大量地衣苔藓类植物, 所以, 因兼顾对食物资源的选择, 其驯鹿的秋季偏好生境中也有一定数量的树桩和倒木分布。

本研究结果还表明, 驯鹿秋季偏好生境的隐蔽性一般较差。如上所述, 本研究中的驯鹿生境多为伐后恢复的针叶林生境, 其演替尚未达到顶级群落阶段, 该种生境的隐蔽性普遍较差。此外, 隐蔽性过好的生境中的灌丛往往过于密集, 这将影响上述的驯鹿林下活动便捷度和快速逃逸, 因为驯鹿的反捕策略并非隐蔽, 而是快捷奔跑。此外, 坡向也构成了驯鹿秋季偏好生境的描述因子, 反映了对保温的需求。在研究区域, 秋季气温逐渐降低, 该区域内较多的东北风更加剧了该种季节性降温, 因此, 驯鹿秋季回避对东北坡向生境的选择, 而趋向于选择西南坡向的生境。

5 建议

“驯鹿-鄂温克”系统是内蒙根河地区的特色旅游资源, 开展以驯鹿为中心的生态旅游和文化旅游对当地的社会经济发展具有重要作用, 但在发展旅游经济的同时, 也应加大对驯鹿种群和生境的保育及管理。在具体的驯鹿管理实践中, 可对旅游开放一些驯鹿种群和栖息地, 而其核心种群和生境应尽量远离旅游及社区生产等人为干扰, 以利于濒危驯鹿种群的增长和栖息地恢复。

参考文献 [References]

- 1 Morris DW. Scales and costs of habitat selection in heterogeneous

- landscapes [J]. *Evol Ecol*, 1992, **6**: 412-432
- 2 初红军, 蒋志刚, 蒋峰, 葛炎, 陶永善, 李斌. 鹅喉羚夏季和冬季卧息地选择[J]. *动物学研究*, 2009, **30** (3): 311-318 [Chu HJ, Jiang ZG, Jiang F, Ge Y, Tao YS, Li B. Summer and winter bed-site selection by Goitred Gazelle (*Gazella subgutturosa sairensis*) [J]. *Zool Res*, 2009, **30** (3): 311-318]
 - 3 Cransac N, Hewison AJM. Seasonal use and selection of habitat by mouflon (*Ovis gmelini*): comparison of the sexes [J]. *Behav Process*, 1997, **41**: 57-67
 - 4 Buckley NJ. Spatial-concentration effects and the importance of local enhancement in the evolution of colonial breeding in seabirds [J]. *Am Nat*, 1997, **149**: 1091-1112
 - 5 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004. 254-279
 - 6 Roed KH, Ferguson MAD, Crete M, Bergerud TA. Genetic variation in transferring as a predictor for differentiation and evolution of caribou from eastern Canada [J]. *Rangifer*, 1991, **11** (2): 65-74
 - 7 Sandström P, Pahlén TG, Edenius L, Tømmervik H, Hagner O, Hemberg L, Olsson H, Baer K, Stenlund T, Brandt LG, Egberth M. Conflict resolution by participatory management: remote sensing and GIS as tools for communicating land-use needs for reindeer herding in northern Sweden [J]. *Ambio*, 2003, **32** (8): 557-567
 - 8 Skarin A, Danell Ö, Bergström R, Moen J. Insect avoidance may override human disturbances in reindeer habitat selection [J]. *Rangifer*, 2004, **24** (2): 95-103
 - 9 Nellemann C, Cameron RD. Effects of petroleum development on terrain preferences of calving caribou [J]. *Arctic*, 1996, **49**: 23-28
 - 10 钟立成, 卢向东. 世界驯鹿亚种分布与现状[J]. *经济动物学报*, 2008, **12** (1): 46-48 [Zhong LC, Lu XD. Distribution and status of reindeer/caribou in the World [J]. *J Econ Anim*, 2008, **12** (1): 46-48]
 - 11 王君, 刘邵文. 中国驯鹿的现状 [J]. *野生动物*, 1999, **20** (4): 34-34 [Wang J, Liu SW. The reindeer in China [J]. *Chin Wildlife*, 1999, **20** (4): 34-34]
 - 12 王永曦. 东北地区鄂温克人的驯鹿和饲养[J]. *黑龙江民族丛刊*, 1995 (4): 95-97 [Wang YX. The reindeers and breeding of Ewenki people in the northeast China [J]. *Heilongjiang Natl Ser*, 1995 (4): 95-97]
 - 13 唐戈. 鄂温克族的驯鹿文化[J]. *黑龙江民族丛刊*, 2008 (6): 129-134 [Tang G. The plight and countermeasures for Ewenki's reindeer breeding [J]. *Heilongjiang Natl Ser*, 2008 (6): 129-134]
 - 14 祁惠君. 驯鹿鄂温克人生态移民的民族学考察[J]. *满语研究*, 2006 (1): 98-105 [Qi HJ. Ethnological investigation on the ecological immigration of reindeer Ewenki [J]. *Manchu Studies*, 2006 (1): 98-105]
 - 15 冯超, 白学良. 驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性[J]. *生态学报*, 2011, **31** (13): 3830-3838 [Feng C, Bai XL. The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats [J]. *Acta Ecol Sin*, 2011, **31** (13): 3830-3838]
 - 16 Ma YQ. The management and utilization of reindeer in China. *Rangifer*, 1986, **1**: 345-346
 - 17 孟秀祥, 潘世秀, 惠岑悻, 张学炎, 潘世成, 冯金朝. 甘肃兴隆山自然保护区濒危马麝 (*Moschus sifanicus*) 秋季利用生境特征[J]. *应用与环境生物学报*, 2011, **17** (3): 412-417 [Meng XX, Pan SX, Hui CY, Zhang XY, Pan SC, Feng JC. Habitat utilization of Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) during autumn in northwestern China [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2011, **17** (3): 412-417]
 - 18 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[J]. *生态学报*, 2012, **32** (6): 1762-1772 [Zhao CN, Su Y, Liu ZS, Yao ZG, Zhang MM, Li ZG. Habitat selection of feral yak in winter and spring in the Helan Mountains [J]. *Acta Ecol Sin*, 2012, **32** (6): 1762-1772]
 - 19 Vistnes I, Nellemann C. Avoidance of cabins, roads, and power lines by reindeer during calving [J]. *Wildlife Manage*, 2001, **65**: 915-925
 - 20 Hagemoen RI, Reimers E. Reindeer summer activity pattern in relation to weather and insect harassment [J]. *Anim Ecol*, 2002, **71**: 883-892
 - 21 Downes CM, Theberge JB, Smith SM. The influence of insects on the distribution, microhabitat choice, and behaviour of the Burwash caribou herd [J]. *Can Zool*, 1986, **64**: 622-629
 - 22 李云章, 杨晓野, 韩敏, 王志. 驯鹿狂蝇幼虫感染情况调查[J]. *中国兽医科技*, 2004, **34** (10): 34 [Li YZ, Yang XY, Han M, Wang Z. Investigation of *Cephenemyia trompe* maggot infection rate and intensity reindeer [J]. *Chin J Vet Sci Technol*, 2004, **34** (10): 34]
 - 23 李云章, 岳峰, 杨晓野, 赵洪喜, 王志, 任子瑞, 王根云. 驯鹿狂蝇生活习性的观察[J]. *中国兽医科技*, 2006, **36** (7): 552-555 [Li YZ, Yue F, Yang XY, Zhao HX, Wang Z, Ren ZR, Wang GY. Observations of the living habits of *Cephenemyia trompe* in reindeer [J]. *Chin J Vet Sci Technol*, 2006, **36** (7): 552-555]
 - 24 Newton M, Cole EC, Lautenschlager RA, White DE, McCormack JML. Browse availability after conifer release in Maine's spruce-fir forests [J]. *J Wildlife Manage*, 1989, **53** (3): 643-649
 - 25 Boring LR, Monk CD, Swank WT. Early regeneration of a clearcut Southern Appalachian forest [J]. *Ecology*, 1981, **62**: 1244-1253
 - 26 Heggberget TM, Gaare E, Ball JP. Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: importance of winter forage [J]. *Rangifer*, 2002, **22**: 13-32
 - 27 孙亚红. 驯鹿发展管理模式探讨[J]. *中央民族大学学报(自然科学版)*, 2013, **22** (2): 42-44 [Sun YH. Study on the management model of *Rangifer tarandus* [J]. *J MUC (Nat Sci Ed)*, 2013, **22** (2): 42-44]
 - 28 Frid A, Dill L. Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk [J]. *Conserv Ecol*, 2002, **6**: 11-26
 - 29 Pharo EJ, Vitt DH. Local variation in bryophyte and macro-lichen cover and diversity in montane forests of western Canada [J]. *Bryologist*, 2000, **103**: 455-466