

兴隆山自然保护区马麝春季生境选择

孟秀祥¹, 潘世秀¹, 栾晓峰², 冯金朝^{1,*}

(1. 中央民族大学 生命与环境科学学院, 北京 100081; 2. 北京林业大学 自然保护区学院, 北京 100083)

摘要:于2006年3月和2007年4月,采用样线样带结合调查法,在甘肃兴隆山自然保护区对野生马麝(*Moschus Sifanicus*)的春季生境选择和栖息地利用格局进行了研究,共布设280个空白对照样地和52个利用样地,对海拔和郁闭度等17个生境变量进行了计测和比较,结果表明,与对照的非利用样地相比,兴隆山马麝春季利用样地的海拔相对较低(2280.94 ± 17.06)m、乔木平均高度较高(9.36 ± 1.21)m、乔木胸径较大(102.44 ± 14.25)cm及地表植被盖度较好($26.67 \pm 3.27\%$),上述差异均达显著程度($P < 0.05$);此外,马麝春季趋于利用南坡(44.23%)和西坡(36.54%)的中下坡位(86.54%)的坡度适中(30° — 60° , 55.77%) 的生境,其避风性(63.46%)和隐蔽度(76.92%)均较差,距离水源(<1000 m, 80.77%)和人为干扰距离(<1000 m, 76.92%)也较近($P < 0.05$)。马麝春季生境变量的主成分分析结果表明,前4个主成分可以解释76.08%的数据差异,灌木因子(由灌木盖度组成)、乔木因子(由乔郁闭度和乔木密度组成)、食物因子(由坡位、乔木高度、食物多度组成)和隐蔽因子(由植被类型、隐蔽度组成)是影响马麝春季生境选择的重要因素。兴隆山马麝的生境选择是多维度进行的,是对其春季生境的食物可得性、隐蔽性、水资源及栖息基底等生态需求的综合适应。

关键词:马麝(*Moschus sifanicus*) ; 春季; 生境选择; 兴隆山自然保护区

Spring habitat selection by Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) in Xinglongshan National Nature Reserve, Western China

MENG Xiuxiang¹, PAN Shixiu¹, LUAN Xiaofeng², FENG Jinchao^{1,*}

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

2 College of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Musk deer (*Moschus* spp.) are well known for the production of musk, a widely used ingredient in traditional Asian medicine and the international perfume industry which is secreted only by the adult male. Musk deer are endangered due to historic over-utilization of musk and habitat loss and habitat protection has been identified as one of the most important ways of conserving wild musk deer. Alpine Musk Deer (*Moschus sifanicus*), an endemic species to the Qinghai-Xizang Plateau, Western China, is currently listed as vulnerable under the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, and protected as a Category I key species in China. Although there have been some reports on the habitat selection and conservation status in musk deer in China, most of these have been based on Forest musk deer (*Moschus berezovskii*), and so far, no study on the habitat selection in Alpine musk deer has been published. It is, therefore, necessary to study the habitat utilization of Alpine musk deer in China, which is of importance to conduct the *in situ* protection. The purpose of this paper was to present an overall quantitative surveying of the spring habitat of the Alpine musk deer, and to explore the key factors influencing the habitat utilization, based on which, the implication to the conservation measures for Alpine musk deer was discussed. In March 2006 and April 2007, habitat selection and use patterns of Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) were studied using both line- and strip-transect surveys. Seventeen habitat factors were measured and compared for 332 sites in Xinglongshan National Nature Reserve in northwestern China. Fifty-two

基金项目:国家自然科学基金(30770286); 教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCET-08-0596); 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2008-BADB0B06)

收稿日期:2010-06-07; 修订日期:2010-08-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: muskdeer2006@163.com

of all the sampling sites were designated as being used by musk deer, and others as unused control plots. The results indicated that Alpine musk deer in Xinglongshan Nature Reserve selected spring habitats with lower altitudes (2280.94 ± 17.06) m, higher (9.36 ± 1.21) m and bigger trees (102.44 ± 14.25) cm, and higher ground-plant coverage (26.67 ± 3.27)%. The musk deer also selected habitats with intermediate or upper slope positions (86.54%) in south (44.23%) and west (36.54%) slopes which provided relatively bad concealment (76.92%), little protection from wind (63.46%), and relative proximity to water sources (< 1000 m, 80.77%) and human disturbance (< 1000 m, 76.92%). The results of the principal component analyses showed that “shrub factor” (i. e., shrub coverage), “tree factors” (i. e., tree canopy, height, DBH and density), “food factors” (i. e., slope positions, tree height and food abundance), and “concealment factors” (i. e., vegetation type and concealment) were the most important in influencing the habitat selection of Alpine musk deer in the spring. Conclusively, the habitat selection in spring of Alpine musk deer is a multidimensional process, through which, Alpine musk deer adapt synthetically to the ecological needs of food resources, shelter, water supply and ground condition.

Key Words: alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) ; spring; habitat selection; Xinglongshan National Nature Reserve

生境选择是野生动物在长期进化中固化下来的一种进化稳定对策,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。依季节及动物的生理阶段的不同,动物对不同生境及生境中的各种环境因子的偏爱不同,其种群能否在特定生境生存将取决于生境中各种环境因素的综合作用^[1]。开展动物生境选择的研究及生境评价,是野生动物栖息地管理的基础^[2]。

马麝(*Moschus sifanicus*)主要分布于青藏高原及周边地区^[3],目前已濒危,被列为国家I级重点保护野生动物。马麝在甘肃兴隆山的历史分布密度较大^[4-5],但目前野外种群数量呈锐减趋势,其中,生境质量下降和适宜生境减少是其濒危和数量减少的最主要原因^[6-7]。

诸多学者曾对马麝开展了多方面的研究,取得许多成果。王香亭^[8]和冯祚建等^[9]曾对马麝的生态学特征进行了详细报道,郑生武和皮南林^[10]研究了马麝的栖息地植被类型和水平迁移行为等,此外,刘志霄等^[4-5]、康发功^[11]及孙伟刚等^[6]等进行了马麝局域种群数量调查,辨析了种群密度同所在林型的关系。杨奇森等^[1]研究了青海马麝的领域变动和生境的季节性特征,Green^[12-14]对喜马拉雅麝(*Moschus chrysogaster*) (马麝 *Moschus sifanicus* 的同物异名)作了长期监测,探讨了其摄食生态、种群密度及与同域分布有蹄类的生态重叠和分离等,张洪茂和胡锦矗^[15]对四川西北马麝夏季的栖息地选择进行了报道。

迄今为止,尚缺乏对分布于我国西北祁连山系马麝的生境选择的相关报道,而了解马麝的生境利用及喜好生境的生态特征,是进行马麝生境及野生种群进行保护和管理的重要前提。基于此,本研究通过对甘肃兴隆山保护区马麝的春季生境选择的研究,探察其春季喜好生境的生态特征,以期为野生马麝种群及栖息地的保护管理提供参考。

1 研究地区概况

兴隆山自然保护区(103°50'—104°10' E; 35°38'—35°58' N)地处祁连山山系东延部分,山体长约37 km,宽17 km,海拔区间为2 000—3 670 m。保护区内地貌形态以中、高山地,沟谷和坡地为主,山体间的狭长谷地辟为农耕地。兴隆山自然保护区河流水溪为黄河水系,区内年总径流量 5.5×10^7 m³。

保护区大陆性气候显著,年均温1—6.4℃,年均日照时数2370—2000 h,年均降水量556.1—621.6 mm,降水分布极不均匀,集中于7—9月份,年蒸发量918.6 mm,相对湿度68%,无霜期110 d左右^[6, 8]。

2 研究方法

2.1 野外调查

采用机械布点法定点并设置样线,样线间距>1000 m,沿样线每隔100 m,向左右垂直样线方向各前行50 m,以最先发现马麝痕迹处(粪便、足迹、卧迹、采食痕迹等)为中心,布设1个10 m×10 m 马麝利用生境样地

(单侧 50 m 样线最多布设 1 个利用样地),如无痕迹,则在 50 m 样线中点处设置 1 个 10 m × 10 m 对照性非利用生境样地(单侧最多布设 1 个非利用样地),并在上述 10 m × 10 m 大样地中心和 4 角位置各布设 1 个 2 m × 2 m 小样地。结合报道的马麝栖息地特征^[1, 7, 10, 15]及考察地点的实际情况,参照其他有蹄类生境选择研究的生态因子设立^[16-19],的确定马麝春季的 17 个生境变量,其定义及测定方法如下:

海拔 10 m × 10 m 样地内马麝新鲜活动痕迹中心所处地的海拔高度;

乔木郁闭度 估测样地中心点 4 个方向植被上层林冠对地面的覆盖百分比,取平均值;

乔木胸径 10 m × 10 m 样地内 4 个方向上距中心点最近乔木的胸径(*DBH*,约为 1.3 m 高处)的平均值;

乔木高度 10 m × 10 m 样地内 4 个方向上距中心点最近乔木(含针叶和阔叶树,*DBH*>10 cm)高度的平均值;

乔木密度 10 m × 10 m 样地内乔木(含针叶和阔叶树,*DBH*>10 cm)数量;

灌木均高 10 m × 10 m 样地内 5 个 2 m × 2 m 样地灌丛高度的平均值;

灌木盖度 每个大样地中灌丛面积占样地面积的比率;

地表植被盖度 10 m × 10 m 样地内 5 个 2 m × 2 m 样地内的地表植被盖度的平均值;

食物多度 10 m × 10 m 样地内 5 个 2 m × 2 m 样地内的喜好植物^[20]植株数的平均值;

坡向 10 m × 10 m 样地内样地所处地的坡向,分为东坡(东偏北 45°到东偏南 45°)、南坡(南偏东 45°到南偏西 45°)、西坡(西偏北 45°到西偏南 45°)和北坡(北偏东 45°到北偏西 45°);

坡位 10m × 10m 样地的坡位,区分为坡下位和山谷、坡中位/山腰、坡上位和山脊;

坡度 10m × 10m 样地的坡度,分为平坡(0—30°)、缓坡(>30—60°)和陡坡(>60°);

植被类型 10m × 10m 样地植被的主要生长型外貌,分为针叶林、阔叶林、针阔混交林、灌丛、草地;

距最近水源距离 样地到水源(泉水及河溪等水体,不含积雪)的垂直距离,分为 3 级,即近(0—500 m)、中等(>500—1000 m)和远(>1000 m);

距人为干扰距离 样地到人为干扰(如旅游活动、交通、农耕、采集及放牧等),分为 3 级,即近(0—500 m)、中等(>500—1000 m)和远(>1000 m);

隐蔽度 在 1 m 高处(马麝直立时头眼位置的大致高度),样地 4 个方向的可视距离的平均值,分为 3 级,即良(0—10 m)、中(>10—20 m)和差(>20 m);

避风状况 样地受风侵扰程度,分为 3 级,即良、中、差

2.2 数据分析

整理野外收集的生境数据。采用 Mann-Whitney *U* test 方法比较马麝春利用样地与非利用样地中连续型变量(海拔、乔郁闭度、乔木高度、乔均胸径、乔木密度、灌木均高、灌木盖度、地表植被盖度、食物多度)的差异,采用卡方检验(Chi-Square Test)比较 2 种样地间的离散型变量(坡向、坡位、坡度、植被类型、距最近水源距离、隐蔽度、避风状况)的差异。

对马麝春利用样地生境因子的野外数据进行主成分分析(principal components analysis, PCA)。在主成分分析中,根据样本数据矩阵计算出样本相关矩阵,求出相关矩阵的特征根和特征向量,根据特征根和特征向量求出各主成分及贡献率^[21-22]。本研究取累计贡献率大于或等于 70% 来决定提取因子数目的方法,确定马麝在对利用样地选择上起主要作用的生境因子。

3 结果与分析

3.1 兴隆山马麝春季生境的总体特征

兴隆山马麝春季利用样地和非利用样地的 9 个连续型变量的比较结果如表 1 所示,二类样地间的海拔、乔木均高、乔木胸径及地表植被盖度存在极显著的差异(*P*<0.01),与非利用样地的上述变量相比(海拔:(2355.00 ± 8.20) m;乔木高度:(6.02 ± 0.36) m;乔木胸径:(51.60 ± 6.66) cm;地表植被盖度:(12.93 ± 1.02)% 相比,马麝春季栖息地的海拔相对较低(2280.94 ± 17.06) m,乔木高度(9.36 ± 1.21) m、乔木胸径

(102.44 ± 14.25) cm 及地表植被盖度(26.67 ± 3.27 %)均相对较高。

表1 马麝春季利用样地和非利用样地连续型生境变量的比较

Table 1 Continuous variables in spring used and random habitat plots of Alpine musk deer

变量 Variables	非利用样地 ($n = 280$)	利用样地 ($n = 52$)	P
	Random plots	Used sites	
海拔 Altitude	2355.00 ± 8.20	2280.94 ± 17.06	0.000 **
乔木郁闭度 Arbor canopy	37.41 ± 1.54	33.85 ± 3.94	0.433
乔木均高 Arbor height	6.02 ± 0.36	9.36 ± 1.21	0.006 **
乔木胸径 Arbor DBH	51.60 ± 6.66	102.44 ± 14.25	0.000 **
乔木密度 Arbor density	1.38 ± 0.07	1.64 ± 0.18	0.205
灌木均高 Shrub height	1.61 ± 0.04	1.58 ± 0.11	0.910
灌木盖度 Shrub canopy	32.59 ± 1.48	34.13 ± 3.76	0.901
地表植被盖度 Ground-plant cover	12.93 ± 1.02	26.67 ± 3.27	0.000 **
食物多度 Food-plant abundance	38.99 ± 3.00	33.31 ± 6.90	0.133

注:数据为平均值 \pm 标准误; ** 差异极显著($P < 0.01$)

如表2所示,马麝春季利用样地与非利用样地在坡向、坡位和坡度上的差异极显著(坡向: $\chi^2 = 14.27$, $df = 3$, $P = 0.003$;坡位: $\chi^2 = 21.09$, $df = 2$, $P = 0.001$;坡度: $\chi^2 = 5.68$, $df = 2$, $P = 0.006$),结合各水平的百分率和频次分析可以看出,马麝春季趋于利用南坡(44.23%)和西坡(36.54%)栖息地,而且多选择中下坡位生境(86.54%),对30—60°的较陡坡选择较多(55.77%)。二者间在避风性和隐蔽度的差异也达显著水平(避风状况: $\chi^2 = 7.82$, $df = 2$, $P = 0.02$;隐蔽度: $\chi^2 = 8.47$, $df = 2$, $P = 0.01$),春季利用样地的避风性和隐蔽度均相对较差(46.15%;48.08%)。此外,马麝春季利用样地与非利用样地在距水源距离和距离人为干扰距离上也存在显著差异(水源距离: $\chi^2 = 8.47$, $df = 2$, $P = 0.01$;人为干扰距离: $\chi^2 = 19.95$, $df = 2$, $P = 0.00$),马麝春季多利用距离水源较近(<1000 m, 80.77%)、距人为干扰距离较近(<1000m, 76.92%)的栖息地。

表2 马麝春季利用样地和非利用样地离散型生境变量的比较

Table 2 Discrete variables in spring used and random habitat plots of Alpine musk deer

因子 Factor	项目 Item	频次 Frequency		百分率/% Percentage	
		非利用样地 ($n = 280$)	利用样地 ($n = 52$)	非利用样地 ($n = 280$)	利用样地 ($n = 52$)
		Random plots	Used sites	Random plots	Used sites
坡向 Slope aspect	东	30	6	10.71	11.54
	南	87	23	31.07	44.23
	西	70	19	25.00	36.54
	北	93	4	33.21	7.69
	$\chi^2 = 14.27$, $df = 3$, $P = 0.003$ **				
坡位 Slope position	下坡	66	27	23.57	51.92
	中坡	103	18	36.79	34.62
	上坡	111	7	39.64	13.46
	$\chi^2 = 21.09$, $df = 2$, $P = 0.001$ **				
坡度 Slope gradient	缓坡<30°	86	14	30.71	26.92
	中坡30—60°	174	29	62.14	55.77
	陡坡>60°	20	9	7.14	17.31
	$\chi^2 = 5.68$, $df = 2$, $P = 0.06$ **				
植被类型 Vegetation type	针叶林	69	15	24.64	28.85
	针阔混交	80	13	28.57	25.00
	阔叶林	90	10	32.14	19.23
	灌丛	36	13	12.86	25.00
	草地	5	1	1.79	1.92
$\chi^2 = 7.31$, $df = 4$, $P = 0.12$					

续表

因子 Factor	项目 Item	频次 Frequency		百分率/% Percentage	
		非利用样地 (n = 280) Random plots	利用样地 (n = 52) Used sites	非利用样地 (n = 280) Random plots	利用样地 (n = 52) Used sites
水源距离 Water dispersion	近: <500	57	18	20.36	34.62
	中 500—1000	71	24	25.36	46.15
	远 >1000	152	10	54.29	19.23
$\chi^2 = 21.62, df = 4, P = 0.000 **$					
隐蔽度 Concealment	良	114	12	41.76	23.08
	中	78	15	28.57	28.85
	差	81	25	29.67	48.08
$\chi^2 = 8.47, df = 2, P = 0.01 **$					
避风状况 Lee condition	良	91	19	33.33	36.54
	中	98	9	35.90	17.31
	差	84	24	30.77	46.15
$\chi^2 = 7.82, df = 2, P = 0.02 **$					
人为干扰距离 Anthropogenic dispersion	近 <500	39	13	13.93	25.00
	中 500—1000	82	27	29.29	51.92
	远 >1000	159	12	56.79	23.08
$\chi^2 = 19.95, df = 2, P = 0.00 **$					

注:数据为平均值±标准误; ** 差异极显著($P < 0.01$)

3.2 兴隆山马麝春季喜好生境变量的主成分分析

对马麝春季生境利用样地的生境变量进行主成分分析。如表3所示,前4个特征值的累积贡献率已达76.08%,可以较好地反映马麝春季栖息地的特征,因此选择前4个主成分进行分析,根据各生境变量的载荷系数绝对值大小详细划分每一个主成分(表4)。

表3 兴隆山马麝春季栖息地选择特征值表
Table 3 Eigenvalues of habitat variables for Alpine musk deer during spring

因子序号 Component	特征值 Eigenvalues	贡献率/% Percent	累计贡献率/% Cumulative percentcy	因子序号 Component	特征值 Eigenvalues	贡献率/% Percent	累计贡献率/% Cumulative percentcy
1	5.91	34.75	34.75	2	3.70	21.79	56.54
3	2.11	12.41	68.95	4	1.21	7.13	76.08
5	1.07	6.32	82.40	6	1.00	5.88	88.28
7	0.53	3.14	91.42	8	0.51	2.98	94.40
9	0.34	1.99	96.39	10	0.25	1.47	97.86
11	0.16	0.93	98.79	12	0.09	0.52	99.32
13	0.07	0.41	99.73	14	0.03	0.19	99.92
15	0.01	0.08	100.00	16	0.00	0.00	100.00
17	0.00	0.00	100.00				

第一主成分特征值为5.91,贡献率高达34.75%,灌木盖度载荷系数的绝对值最大(0.90),反映了春季马麝栖息地的灌木盖度方面的特征,因此,将第一主成分定义为灌木因子。结合表1可知,马麝春季选择灌木盖度适中(0.34 ± 0.04 %)的生境。

第二主成分特征值为3.70,贡献率达21.79%,其中载荷系数绝对值较大的变量为乔木郁闭度(0.81)和乔木密度(0.72),反映了春季马麝栖息地的乔木构成方面的特征,因此,将第二主成分定义为乔木因子。结合表1可知,马麝春季选择郁闭度适中($(33.85 \pm 3.94)\%$)、具一定乔木密度(1.64 ± 0.18)株的生境。

第三主成分特征值为2.11,贡献率达12.41%,其中载荷系数绝对值较大的变量是坡位(0.68)、乔木均高

(-0.65)和食物多度(0.57),反映了马麝春季栖息地食物多度方面的特征,将其定义为食物因子。结合表1和表2可知,马麝春季趋于选择位于中下坡位(86.54%)的乔木较高(9.36 ± 1.21)m、有一定食物多度(33.31 ± 6.90)株的生境。

表4 马麝春季栖息地因子载荷系数的转置矩阵表

Table 4 Rotated component matrix on loading coefficients of habitat variables for alpine musk deer in spring

变量 Variable	特征向量 Eigenvector					
	1	2	3	4	5	6
海拔 Altitude	-0.79	-0.20	0.37	-0.12	-0.12	0.09
乔木郁闭度 Arbor canopy	-0.30	0.81	0.05	0.17	0.17	0.32
乔木高度 Arbor height	-0.69	0.16	-0.65	-0.03	0.07	-0.15
乔木胸径 Arbor DBH	0.70	0.49	-0.10	0.09	0.27	0.35
乔木密度 Arbor density	-0.42	0.72	-0.10	0.17	0.22	0.29
灌木均高 Shrub height	0.79	0.18	0.15	-0.29	0.32	-0.15
灌木盖度 Shrub canopy	0.90	-0.22	0.25	0.15	-0.05	0.14
地表植被盖度 Ground-plant cover	0.72	-0.23	-0.12	0.21	-0.43	0.11
食物多度 Food-plant abundance	-0.46	-0.57	0.57	-0.18	0.03	0.05
坡向 Slope aspect	0.76	0.35	0.38	0.13	-0.04	-0.09
坡位 Slope position	-0.03	0.65	0.68	-0.04	-0.16	0.04
坡度 Slope gradient	0.70	-0.01	0.25	-0.26	0.29	-0.20
植被类型 Vegetation type	-0.15	-0.41	0.09	-0.58	0.06	0.61
距最近水源距离 Water dispersion	-0.61	0.57	0.26	-0.26	0.14	-0.30
隐蔽度 Concealment	-0.53	-0.27	0.46	0.54	-0.01	0.16
避风状况 Lee condition	-0.27	-0.52	0.28	0.40	0.55	-0.17
距人为干扰 Anthropogenic dispersion	-0.22	0.62	0.28	-0.07	-0.42	-0.17

第四主成分特征值为 1.21 ,贡献率达 7.13% ,载荷系数较高的是植被类型(-0.58)和隐蔽度(0.54),反映了马麝栖息地的隐蔽特征,故将第四个主成分定义为隐蔽因子。结合表1和表2可知,马麝春季栖息地的隐蔽度较小(48.08%),对植被类型的选择比较平均,即对针叶林、针阔混交林、阔叶林和灌丛生境均有一定的选择率。马麝春季生境各主成分的构成及命名如表6所示。

表5 马麝春季生境因子的主成分分类及命名

Table 5 The principal components of spring habitat factors in alpine musk deer

主成分 Principle components	构成变量及变量值 Variables and values	因子命名 Definition	贡献率/% Percent
1	灌木盖度($34.13 \pm 3.76\%$)	灌木因子	34.75
2	郁闭度($33.85 \pm 3.94\%$) 乔木密度 1.64 ± 0.18	乔木因子	21.79
3	坡位:中下(86.54%) 乔木均高(9.36 ± 1.21) m 食物多度 33.31 ± 6.90	食物因子	12.41
4	植被类型:平均 隐蔽度较小(48.08%)	隐蔽因子	7.13

4 讨论

生境选择是野生动物对其栖息地的综合行为适应,决定动物生境选择的因素复杂多样,除动物本身生态生物学特性外,还包括生境的结构特性、食物的可得性、隐蔽性和空间利用的有效性、捕食及竞争等因素。动物对某特定生境的喜好由遗传和环境双重决定,并随生境质量及时间、地点而发生变化^[23]。本研究表明,灌木因子、乔木因子、食物因子及隐蔽因子是影响兴隆山马麝春季生境选择的最主要因素,上述因子及包含的

生境变量综合反映了马麝对春季生境食物、隐蔽性和水热适宜性等方面的需求。

北方温带动物的食物多度和质量的季节变化明显^[24]。马麝是典型的北方分布有蹄类,冬季食物质量下降和短缺,此外,马麝于冬季繁殖季节的发情追配和配偶竞争等繁殖交配活动中的能量耗损较大,并于初夏(5—6月份)进入耗能极多的分娩育幼(雌麝)和麝香分泌(雄麝)^[25],因此,春季是兴隆山马麝进行食物和能量补充及蓄积的关键时期,直接与其繁殖、育幼及麝香分泌等相关。

麝类动物是典型的精食者反刍类,其高能量需求决定了其食物主要由植物的嫩枝叶和花果组成^[24],而且喜食种类多为阔叶木本和地表双子叶草本植物,此外,麝类动物的最大摄食高度由其后蹄直立的身体长度决定,即其采食高度多集中于60—120 cm左右^[26]。在甘肃兴隆山保护区,马麝的食物以低矮阔叶灌丛和地表植被为主,其喜食植物有毛榛(*Corylus mandshurica*)、平枝栒子(*Cotoneaster horizontalis*)、车前(*Plantago asiatica*)、甘肃山楂(*Crataegus kansuensis*)及沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等上百种灌木树种^[7, 20],因此,直接表征其食物来源的灌木因子和食物多度成为制约马麝春季栖息地选择的首要因素,即本研究中的第一主成分和第三主成分。

另一方面,麝类动物生性警惕,反捕策略主要以视听辨识、快速反应及跳跃逃逸为主,如果其生境中的灌丛盖度过大,则将影响马麝的快捷运动和天敌躲避的有效性^[12-13, 27-28]。因此,在本研究中,马麝并未专一性地选择纯粹灌木林,表现为植被类型对马麝春季的生境选择无显著影响,即虽然马麝春季对针叶林、阔叶林和针阔混交林的选择比较平均,但在这几种类型的栖息地中,趋于选择灌丛盖度比较适中($34.13 \pm 3.76\%$)的植被类型,以兼顾其摄食需求和反捕逃逸需求。与本研究结果类似,郭建等^[29]报道,四川相岭山系的林麝(*Moschus berezovskii*)回避林下竹灌密度过大的生境,多在竹灌边沿活动。

此外,栖息地的乔木特征也反映了其食物丰富度及隐蔽性,成为影响马麝春季生境选择的重要因素之一(第二主成分)。在本研究中,马麝春季栖息地的乔木层郁闭度适中($33.85 \pm 3.94\%$)、乔木较高(9.36 ± 1.21)m及坡度适中($30\text{--}60^\circ, 55.77\%$),此类型生境的乔木片层间隙较大,阳光透射度较高,利于下层灌木和地表植被的生长,因此,马麝的食物丰富度较好,同时,也利于马麝监测周围刺激。类似选择格局见于原麝(*Moschus moschiferus*)^[27]。

麝类动物生性警惕,尤以马麝为甚,多选择能够有效躲避天敌及人为干扰的区域栖居^[3, 30]。由于生境变量间的相互影响,以及马麝对食物和水源较大的刚性需求,马麝也会降低对隐蔽度单变量的弹性需求,尤其是在能量补充压力较大而食物相对缺乏的春季。在这种综合选择下,若马麝要实现对生境较高的隐蔽性选择,则必放宽对食物丰富度生境的选择,即往往其自然生境斑块的隐蔽性、食物多度和人为干扰度等生态变量并未同时处于单一生境变量最优状态,这印证了杨奇森等^[1]的推断,即马麝的生境选择是多维度进行的,而非单一选择,也正因如此,兴隆山马麝春季利用样地的食物多度及隐蔽性并未显著优于非利用样地,而是呈折衷状态的综合选择,从而实现所选择春季生境的条件和资源适宜性的综合最优配置格局。

此外,在地处西北的甘肃兴隆山,水源稀少而且分布海拔往往较低,马麝喜食植物的萌芽开花物候列也从较低海拔处开始^[8],保护区内较多的村落往往也分布于低海拔的中下坡位区域,并多少与水源呈伴随分布状态,而马麝对水的需求刚性较大,水源供给是其生境的必备功能之一,因此当地村落社区的生计和生产对马麝及栖息地就有一定的影响。在本研究中,由于马麝春季对水源、食物和温带条件的强烈选择,其春季生境多分布于较低海拔区间,其选择利用的春季生境距离水源和人为干扰的距离均较近,当地百姓也多次目击马麝于春季在村落周围水源饮水觅食,甚至啃食耕地里的禾苗和地表植物。本研究的主成分分析结果也证实了这点,即隐蔽性成为影响马麝春季生境选择的重要因子(第四主成分),兴隆山马麝在春季通过提高对隐蔽度较小生境的选择率,增加食物和水源的可获得性,这是一种非正常的被动选择,也说明兴隆山保护区区域内的人为活动强度较大,而且对马麝已产生了一定强度的胁迫,因此,保护区应加强对低海拔区域内的生境管理及对经营活动和社区生产的监管。

References:

- [1] Yang Q S, Feng Z J, Wang Z W. Home range of the Alpine musk deer (*Moschus Sifanicus*) in the southeast area of Tibet autonomous region. *Acta Theriologica Sinica*, 1998, 18(2) : 87-94.
- [2] Ma J Z, Zou H F, Jia J B. *Wildlife Management*(2nd). Haerbin: Northeast Forestry University Press, 2004.
- [3] Yang Q, Meng X, Xia L, Feng Z. Conservation status and causes of decline of musk deer (*Moschus spp*) in China. *Biological Conservation*, 2003, 109:333-342.
- [4] Liu Z X, Sheng H L. The summarize of ecological research and protection of China's musk deer. *Chinese Journal of Zoology*, 2000, 35(3) : 54-57.
- [5] Liu Z X, Li Q, Kang F G, Sheng H L. The ecological characteristic of the isolated population of Alpine musk deer (*Moschus chrysogaster*) at Region Working Circle of Xinglong Mountain of Gansu. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(6) : 964-968.
- [6] Sun W G, Wang Y D, Kang F G. An analysis of the change of life environment in Xinlong Mountains and the reduction of number of *Moschus Sifanicus* and related protective countermeasures. *Journal of Gansu Sciences*, 2004, 16(3) : 45-48.
- [7] Wang G. The distribution characteristics of alpine musk deer resources in Xinglong Mountain Natural Reserve. *Gansu Journal of Gansu Forestry Science and Technology*, 2004, 29(1) : 44-57.
- [8] Wang X T. *An Investigation and Study about Resource Backgrounds in Xinglong Mountain National Natural Reserve*. Gansu Lanzhou: Gansu Ethnic Publishing House, 1996.
- [9] Feng Z J, Cai G Q, Zheng C L. *The Mammals of Tibet*. Beijing: Science Press, 1986.
- [10] Zheng S W, Pi N L. Studies on the ecology of alpine musk deer. *Acta Zoologica Sinica*, 1979, 25(2) : 176-186.
- [11] Kang F G. Study on numerical changes of *Moschus chrysogaster* population on Xinglong Mountain. *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*, 2003, 28(4) : 19-22.
- [12] Green M J B. The distribution, status and conservation of the Himalayan musk deer (*Moschus chrysogaster*). *Biological Conservation*, 1986, 35 : 347-375.
- [13] Green M J B. Ecological separation in Himalayan ungulates. *Journal of Zoology(London)*, 1987, 1 : 693-719.
- [14] Green M J B. Diet composition and quality in Himalayan musk deer based on faecal analysis. *Journal of Wildlife Management*, 1987, 51 : 880 892.
- [15] Zhang H M, Hu J C. Habitat selection of *Moschus chrysogaster sifanicus* in summer in northwestern plateau, Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 2004. 23(2) : 98-103.
- [16] Chang H, Xiao Q Z. Selection of winter habitat of red deer in Dailing region. *Acta Theriologica Sinica*, 1988, 8(2) : 81-88.
- [17] Zhang M H, Xiao Q Z. A study on feeding and bedding habitat selection by red deer in winter. *Acta Theriologica Sinica*, 1990,10(3) : 175-183.
- [18] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y, Li X Q. Comparison of seasonal feeding habitats by Blue sheep (*Pseudois nayaur*) during winter and spring in Helan Mountain, China. *Zoological Research*, 2005, 26(4) :350-357.
- [19] Liu Z S, Cao L R, Zhai H, Hu T H, Wang X M. Winter habitat selection by red deer (*Cervus elaphus alxaicas*) in Helan Mountain, China. *Zoologocal Research*, 2004, 25(5) : 403-409.
- [20] Hao Z L, Zhang X Y, Guo Y L, Li G L. The nutrients of alpine musk deer's main edible wild plant in Xinglong Mountain natural reserve. *China Herbivores*, 2002,22(4) : 41-44.
- [21] Lu Q B, Wang X M, Hu J C, Wang Z H. Characteristics of the summer Tibetan Gazelle's distribution and habitat in Shiqu County of Sichuan Province. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(1) : 91-96.
- [22] Wu J P, Zhou L L, Mu L Q. Summer habitat selection by Siberian musk deer (*Moschus moschiferus*) in Tonghe forest area in the Lesser Khingan Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(1) : 44-48.
- [23] Mysterud A. Seasonal migration pattern and home range of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an altitudinal gradient in southern Norway. *Journal of Zoology*, 1999 , 247 : 479-486.
- [24] Berger J. Facilitation of reproductive synchrony by gestation adjustment in gregarious mammals: a new hypothesis. *Ecology*, 1992, 13 (1) , 323-329.
- [25] Meng X, Yang Q, Xia L, Feng Z, Jiang Y, Wang P. The temporal estrous patterns of female alpine musk deer in captivity. *Applied Animal Behavior Science*, 2003 , 82 : 75-85.
- [26] Yu X C, Qiu Y, Ning B. Inter-specific relationships between musk and goral in winter. *Forestry Science & Technology*, 2000, 25(2) : 41-44.
- [27] Wu J P, Zhang H L, Zhang Y. The habitat selection of Siberian musk deer in winter in Daxing'an Mountains. *Chinese Journal of Zoology*, 2007 ,

42(4): 45-50.

- [28] Harris R B, Cai G Q. Autumn home range of musk deer in Baizha Forest, Tibetan plateau. Journal Bombay Natistory Society, 1993, 90:430-436.
- [29] Guo J, Cheng X F, Ju Y W, Cehng Y H, Hu J C, Luo Y, Sheng C L. Habitat selection of musk deer in Yele Nature Reserve. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2001, 7(2): 183-18.
- [30] Liu Z, Sheng H. Effect of habitat fragmentation and isolation on the population of Alpine musk deer. Russian Journal of Ecology, 2002, 33(2): 121-124.

参考文献:

- [1] 杨奇森, 冯祚建, 王祖望. 西藏东南部地区马麝家域的研究. 兽类学报, 1998, 18(2): 87-94.
- [2] 马建章, 邹红菲, 贾竞波. 野生动物管理学(第2版). 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004.
- [4] 刘志霄, 盛和林. 我国麝的生态研究与保护问题概述. 动物学杂志, 2000, 35(3): 54-57.
- [5] 刘志霄, 李强, 康发功, 盛和林. 甘肃兴隆山林区马麝(*Maschus chrysogaster*)隔离种群的生态特征. 生态学报, 2001, 21(6): 964-968.
- [6] 孙伟刚, 王义德, 康发功. 兴隆山马麝栖息生境种群数量变化分析及保护. 甘肃科学学报, 2004, 16(3): 45-48.
- [7] 王功. 甘肃兴隆山保护区马麝资源的分布特征. 甘肃林业科技, 2004, 29(1): 44-57.
- [8] 王香亭. 甘肃兴隆山国家级自然保护区资源本底调查研究. 兰州: 甘肃民族出版社, 1996.
- [9] 冯祚建, 蔡桂全, 郑昌琳. 西藏哺乳类. 北京: 科学出版社, 1986.
- [10] 郑生武, 皮南林. 马麝的生态研究. 动物学报, 1979, 25(2): 176-186.
- [11] 康发功. 兴隆山马麝资源种群数量变化研究. 甘肃林业科技, 2003, 28(4): 19-22.
- [15] 张洪茂, 胡锦矗. 川西北高原马麝(横断山亚种)的夏季生境选择. 四川动物, 2004, 23(2): 98-103.
- [16] 常弘, 肖前柱. 带岭地区马鹿冬季对生境的选择性. 兽类学报, 1988, 8(2): 81-88.
- [17] 张明海, 肖前柱. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究. 兽类学报, 1990, 10(3): 175-183.
- [18] 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(4): 350-357.
- [19] 刘振生, 曹丽荣, 翟昊, 胡天华, 王小明. 贺兰山区马鹿对冬季生境的选择性. 动物学研究, 2004, 25(5): 403-409.
- [20] 赫正里, 张学炎, 郭艳丽, 李国林. 兴隆山自然保护区马麝主要可食野生植物的营养成分. 中国草食动物, 2002, 22(4): 41-44.
- [21] 鲁庆彬, 王小明, 胡锦矗, 王正寰. 四川石渠县夏季藏原羚的分布和栖息地特征. 兽类学报, 2005, 25(1): 91-96.
- [22] 吴建平, 周玲玲, 穆立蔷. 小兴安岭通河林区原麝夏季对生境的选择. 兽类学报, 2006, 26(1): 44-48.
- [26] 于孝臣, 秋岩, 宁波. 原麝和斑羚冬季种间关系的研究. 林业科技, 2000, 25(2): 41-44.
- [27] 吴建平, 张海龙, 张勇. 大兴安岭原麝冬季的生境选择. 动物学杂志, 2007, 42(4): 45-50.
- [29] 郭建, 程晓峰, 巨云为, 陈泳宏, 胡锦矗, 骆云, 盛春宁. 冶勒自然保护区林麝对生境选择研究. 应用与环境生物学报, 2001, 7(2): 183-18.