

贺兰山岩羊 (*Pseudois nayaur*) 夏季取食 和卧息生境选择

刘振生^{1,2}, 王小明^{2,3,*}, 李志刚⁴, 崔多英²

(1. 东北林业大学野生生物资源学院, 哈尔滨 150040; 2. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200062;

3 华东师范大学上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200062; 4 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局, 银川 750021)

摘要:采用直接观察法和痕迹检验法对贺兰山岩羊夏季取食和卧息生境选择进行研究。结果表明,夏季岩羊偏好的取食地位于海拔高度 1 600 ~ 2 000 m 的山地疏林草原带,地形为平滑起伏的坡、明显断裂的坡和悬崖,以灰榆和山杨为优势乔木或无树,乔木矮小稀疏且距离远,接近低矮但密度较大的灌木,食物较多,位于 <30° 和 >35° 半阴半阳坡的下坡位,接近水源,人为干扰距离 500 ~ 1 000 m,距裸岩 2 ~ 5 m,隐蔽级 25% ~ 75%;夏季岩羊偏好的卧息地具有位于海拔高度 1 600 ~ 2 000 m 和 >3 000 m 的山地疏林草原带及亚高山灌丛和草甸带,地形为明显断裂的坡和悬崖,以灰榆和山杨为优势乔木或无树,乔木和灌木均矮小稀疏且距离较远,食物较少,位于 >35° 阴坡的上坡位,接近水源,人为干扰距离远,接近裸岩,隐蔽程度低。岩羊的取食和卧息生境在乔木高度和距水源距离上差异不显著 ($P > 0.05$),而其余生态因子均有显著差异 ($P < 0.05$)。与取食生境相比,岩羊选择的卧息生境具有乔木稀疏且距离较远、灌木较少、低矮且距离较远、食物丰富度低、坡度大、远离人为干扰、接近裸岩和隐蔽程度低的特征。逐步判别分析表明,食物丰富度、灌木高度、距水源距离、隐蔽级、灌木密度、灌木距离、乔木高度和乔木距离 8 个生态因子可以区分取食样方与任意样方,正确判别率为 85.8%;而区分卧息样方与任意样方时,距水源距离、灌木高度、距裸岩距离、人为干扰距离、食物丰富度、灌木密度和灌木距离共 7 个生态因子发挥作用,正确判别率为 89.1%。

关键词:岩羊;取食生境;卧息生境;逐步判别分析;贺兰山

文章编号:1000-0933(2008)09-4277-09 中图分类号:Q142,Q958 文献标识码:A

Summer feeding and bedding habitat selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains

LIU Zhen-Sheng^{1,2}, WANG Xiao-Ming^{2,3,*}, LI Zhi-Gang⁴, CUI Duo-Ying²

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

2 School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30470231,30670309);中国博士后科学基金资助项目(2005037496);国家教育部跨世纪优秀人才培养计划;国家“十五”“211 工程”重点学科建设子资助项目;东北林业大学优秀青年教师创新资助项目和宁夏回族自治区林业局自选课题资助项目(2004-01)

收稿日期:2007-09-04; **修订日期:**2008-05-21

作者简介:刘振生(1973 ~),男,吉林省蛟河市人,博士,副教授,主要从事野生动物生态与管理研究. E-mail: zhenshengliu@163.net

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xmwang@ecnu.edu.cn

致谢:野外工作得到宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局侯建海局长和内蒙古贺兰山国家级自然保护区管理局马振山局长及两个保护区全体员工的大力支持,英文摘要的修改得到 Richard B. Harris 博士和 John Thorbjarnarson 博士的帮助,谨致谢意。

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30470231, 30670309), Chinese Postdoctoral Science Foundation (No. 2005037496), Trans-Century Training Programme Foundation for the Talents by the State Education Commission, the State's tenth five-year "211 project" -supported key academic discipline program of ECNU, Knowledge innovation project of Northeast Forestry University, and Optional project by Forestry Bureau of Ningxia Hui Autonomous region (2004-01)

Received date:2007-09-04; **Accepted date:**2008-05-21

Biography: LIU Zhen-Sheng, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in animal ecology and management. E-mail: zhenshengliu@163.net

3 Shanghai Key Laboratory of Urbanization & Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062, China

4 Helan Mountain National Nature Reserve, Yinchuan 750021, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(9): 4277 ~ 4285.

Abstract: We studied summer feeding and bedding habitat selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountains during the summers of 2004 and 2005. Data were collected by direct observations and examination of fresh sites used by sheep located on 25 transects across the entire study area. Blue sheep feeding habitats were characterized by montane steppe, smooth undulating slopes, distinctly broken slopes, cliffs, dominant trees (mainly *Ulmus glaucescens* and *Populus davidiana*), no dominant tree, low tree density, low tree height, far away from trees, high shrub density, low shrub height, close to shrubs, high food abundance, moderately steep slopes ($<30^\circ$), steep slopes ($>35^\circ$), half sunny slopes, low slopes, elevations of 1 600—2 000 m, close to water sources, distance to human disturbance of 1 600—2 000 m, distances to bare rock of 2—5 m, and hiding cover of 25%—75%. Bedding habitat used by blue sheep was associated with montane steppe, subalpine shrubland and meadow, distinctly broken slopes, cliffs, dominant trees dominated by *Ulmus glaucescens* and *Populus davidiana*, no dominant tree, low tree density, low tree height, great distance to trees, low shrub density, low shrub height, great distance to shrubs, food abundance of 50—100 g, steep and shady slopes ($>35^\circ$), upper slopes, elevations of 1 600—2 000 and above 3 000 m, close to water sources, far away from human disturbance, close to bare rock, and high hiding cover. Selection of feeding and bedding habitat by the sheep showed a significant difference in ecological factors except tree height and distance to water resource. Compared with feeding habitat, bedding habitat was lower in tree density, further from trees, lower in shrub density, lower in shrub height, greater in distance to shrubs, lower in food abundance, steeper in slopes, further from human disturbance, closer to bare rock, and had less hiding cover. Stepwise discriminant analysis distinguished feeding habitat from random locations 85.8% of the time. A separate discriminant analysis differentiated between bedding habitat and random locations 89.1% of the time.

Key Words: Blue sheep (*Pseudois nayaur*); Bedding habitat; Feeding habitat; Helan Mountains; Stepwise discriminant analysis

野生动物的生存离不开生境,食物、水和隐蔽是野生动物生境的三大要素。对野生动物的生境进行科学合理的评价,是正确评价生境质量、有效管理和控制野生动物生境的基础^[1]。野生动物对取食生境的选择主要依赖于食物的空间分布状态,而对卧息生境的选择则要求不仅能躲避天敌的捕杀,还要能抵御恶劣气候的侵袭^[2]。食草动物大都具有取食-卧息-取食的活动规律,因此食草动物对取食生境的选择会与卧息生境的选择有所不同^[3~8],理解食草动物对取食和卧息生境选择的差异,将有助于进一步揭示这种差异存在的机理,为开展野生动物保护工作提供依据。

岩羊(*Pseudois nayaur*)是集群生活的高山动物^[9~11]。已有学者对分布于尼泊尔和中国青海省的岩羊的生境选择进行研究^[12~15],这些区域的岩羊只生活在海拔3 000 m以上的高山草甸或山谷间的草地与裸岩间,植被类型单一^[16]。而贺兰山的岩羊则生活在海拔1 500~3 000 m,栖息环境多样,无论是山地草原带、山地疏林草原带、山地针叶林带,还是亚高山灌丛和草甸带均有岩羊的分布^[10,11,17,18]。刘振生等^[19,20]对贺兰山岩羊的冬季卧息地和冬春季取食生境的选择进行了研究,然而并没有对同一季节岩羊的取食和卧息生境进行比较,因此无法阐明同一季节岩羊在取食和卧息生境选择方面存在的差异。夏季是北方地区食草动物食物最为丰富的季节,岩羊的活动规律充分体现出取食-休息-取食的特点^[21],于2004年和2005年6~8月对贺兰山岩羊夏季取食和卧息生境选择进行研究,期望能够找出影响岩羊取食和卧息生境选择的关键因子,并分析二者的差异,为更加科学合理的保护岩羊提供参考。

1 研究区与方法

1.1 研究区

贺兰山位于银川平原和阿拉善高原之间(北纬 $38^\circ21'$ ~ $39^\circ22'$,东经 $105^\circ44'$ ~ $106^\circ42'$),呈南北走向,海

拔高度一般为 2 000 ~ 3 000 m。贺兰山具有典型的大陆性气候特征,是荒漠与半荒漠草原之间的分界线,全年干旱少雨,气候变化大。年平均气温由下部的 8.5℃,降至 2 900 m 处的 -0.8℃,年均降水量 200 ~ 400 mm 之间,年均蒸发量为 2 000 mm,年均无霜期 170 d。贺兰山是典型温带山地森林系统,其植被垂直分布明显:山地草原带(1 400 ~ 1 600 m),山地疏林草原带(1 600 ~ 2 000 m),山地针叶林带(1 900 ~ 3 000 m),亚高山灌丛和草甸带(3 000 ~ 3 556 m)^[22]。

1.2 生态因子的测定

2004 年和 2005 年夏季(6 ~ 8 月份)对贺兰山岩羊的取食和卧息生境进行了野外调查,调查面积约 3 000 km²,占贺兰山总面积的 1/2。根据贺兰山岩羊的实际分布^[10,11]及贺兰山各主要沟道的分布情况,在贺兰山的大口子、小口子、苏峪口、贺兰口、插旗口、大水沟、小水沟、古拉本、哈拉乌、樊家营子和镇木关等处设置了 25 条样线,样线沿调查沟道的两侧向山脊布设,样线宽 15 m,2004 年和 2005 年的样线总长分别为 251.7 km 和 242.4 km。样线覆盖了贺兰山岩羊栖息的所有生境类型,包括山地草原带、山地疏林草原带、山地针叶林带、亚高山灌丛和草甸带 4 种类型。

在贺兰山,岩羊的数量达到 10 000 只左右^[23],因此采用直接观察法^[19]测量岩羊的取食生境,即当发现岩羊进行取食时,在不干扰其活动的情况下进行生态学观察,待离去后对取食生境进行记录。以岩羊的取食地为中心,设置一个 10 m × 10 m 样方,在该样方中心再设置一个 5 m × 5 m 样方,同时,在 5 m × 5 m 样方的中心及 4 个角各设置一个 1 m × 1 m 样方。卧息生境的确定采用痕迹检验法^[20],即根据岩羊趴卧后留下的痕迹以及附近的粪便、足迹、残留的毛发等确定其卧息地,根据卧息地内粪便等的新鲜程度确定岩羊利用该卧息地的时间,仅对利用时间不超过 3 d 的卧息地进行测量。此外,当发现岩羊卧息时,待其离去后对其卧息生境进行测量。卧息生境样方的设定方法及测量内容同取食生境样方。分别测量了 218 个取食生境样方和 142 个卧息生境样方。为了确定贺兰山岩羊对取食和卧息生境的可获得性,同时在样线上利用全球定位仪(GPS)每隔 2 000 m 设置一个任意样方,其设定方法及测量内容同取食生境样方,共测量了 105 个任意样方。

记录样方中的植被类型、地形特征、优势乔木、乔木密度、乔木高度、乔木距离、灌木密度、灌木高度、灌木距离、食物丰富度、坡向、坡位、坡度、海拔高度、距水源距离、人为干扰距离、距裸岩距离和隐蔽级共 18 种生态因子。其中,地形特征的测量方法和等级划分标准参见 Oli^[14],乔木高度、乔木距离、灌木高度和灌木距离参见 Teng 等^[24],其余的生态因子参见刘振生等^[20,25]。

1.3 数据处理

采用 Chesson's 选择指数^[26,27]分析岩羊对取食和卧息生境 18 种生态因子的选择性。其计算公式如下:

$$W_i = \frac{(r_i/p_i)}{\sum (r_i/p_i)}$$

式中, W_i 为选择系数, r_i 为资源 i 的利用率, p_i 为资源 i 的可获得性。当 W_i 大于 $1/n$ (n 为环境中的资源总数)时,岩羊偏好资源 i ,当 W_i 小于 $1/n$ 时,岩羊回避资源 i 。

利用卡方检验分析夏季岩羊的取食和卧息生境在植被类型、地形特征、优势乔木、坡向和坡位 5 种生态因子的选择上是否存在差异。利用非参数估计中的 2 个独立样本的 Mann-Whitey U 检验对夏季岩羊的取食和卧息生境在乔木密度、乔木高度、乔木距离、灌木密度、灌木高度、灌木距离、食物丰富度、坡度、海拔高度、距水源距离、人为干扰距离、距裸岩距离和隐蔽级 13 种生态因子的差异进行分析。

用单个样本的 Kolmogorov-Smirnov Test 检验乔木密度、乔木高度、乔木距离、灌木密度、灌木高度、灌木距离、食物丰富度、坡度、海拔高度、距水源距离、人为干扰距离、距裸岩距离和隐蔽级 13 种生态因子的数据是否呈正态分布。由于数据不符合正态分布,因此先对数据进行标准化,然后采用逐步判别分析对取食和卧息生境样方与任意样方的生态因子进行分析,以确定影响岩羊夏季对取食和卧息生境选择的关键因子。利用 SPSS13.0 进行逐步判别分析时,所有选项均为系统默认值。

2 结果

2.1 夏季岩羊对取食和卧息生境生态因子利用的一般特征

贺兰山岩羊夏季偏好选择的取食地多位于山地疏林草原带,地形为平滑起伏的坡、明显断裂的坡和悬崖,以灰榆和山杨为优势乔木或无树,乔木密度 <5 株、乔木高度 <4 m、乔木距离 >1 m,灌木密度 >4 株、灌木高度 <1.7 m、灌木距离 <0.5 m,食物质量 >100 g,坡度 <30°和 >35°的半阴半阳坡下坡位,海拔高度在 1 600 ~ 2 000 m,距水源距离 <500 m,人为干扰距离为 500 ~ 1 000 m,距裸岩距离为 2 ~ 5 m,隐蔽级为 25 ~ 75% (表 1)。而夏季岩羊偏好选择的卧息地则具有以下特征,位于山地疏林草原带和亚高山灌丛和草甸带,地形为明显断裂的坡和悬崖,以灰榆和山杨为优势乔木或无树,乔木密度 <2 株、乔木高度 <4 m、乔木距离 >3 m,灌木密度 <11 株、灌木高度 <1.3 m、灌木距离 >1.5 m,食物质量为 50 ~ 100 g,坡度 >35°的阴坡上坡位,海拔高度在 1 600 ~ 2 000 m 和 >3 000 m,距水源距离 <1 000 m,人为干扰距离 >500 m,距裸岩距离 <2 m,隐蔽级 > 50% (表 1)。

表 1 夏季岩羊对取食和卧息生境 18 种生态因子的利用和选择

Table 1 Utilization and selection of 18 ecological factors in feeding and bedding habitat used by blue sheep during summer

因子 Factor	类别 Category	可获得性 P_i ($n = 105$) Expected proportion used	取食生境 利用率 r_i ($n = 218$) Feeding habitat actual proportion used	选择系数 W_i Preference	卧息生境 利用率 r_i ($n = 142$) Bedding habitat actual proportion used	选择系数 W_i Preference
植被类型 Vegetation type	山地草原带 Montane grassland	13.33	9.18	0.175	14.08	0.249
	山地疏林草原带 Montane steppe	36.19	77.98	0.546 *	56.34	0.371 *
	山地针叶林带 Montane conifer forest	42.86	5.50	0.034	21.13	0.117
	亚高山灌丛和草甸带 Subalpine shrubland and Meadow	7.62	7.34	0.245	8.45	0.263 *
地形特征 Landform type	平滑起伏的坡 Smooth undulating slope	15.24	22.94	0.293 *	2.82	0.035
	中等断裂的坡 Moderately broken slope	36.19	20.18	0.109	8.45	0.045
	明显断裂的坡 Distinctly broken slope	24.76	33.03	0.261 *	50.70	0.396 *
	岩石堆或崩塌的岩石 Scree/landslide	9.52	1.83	0.037	1.41	0.029
	悬崖 Cliff	14.29	22.02	0.300 *	36.62	0.495 *
优势乔木 Dominant tree	灰榆 <i>Ulmus glaucescens</i>	24.76	54.13	0.411 *	38.03	0.210 *
	山杨 <i>Populus davidiana</i>	1.90	1.83	0.182 *	4.93	0.355 *
	杜松 <i>Juniperus rigida</i>	7.62	0.92	0.023	3.52	0.063
	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	12.38	1.83	0.028	7.04	0.778
	青海云杉 <i>Picea crassifolia</i>	17.14	1.83	0.020	1.41	0.011
	混合型 Mixture	9.53	4.59	0.091	5.63	0.081
	无树 No tree	26.67	34.87	0.245 *	39.44	0.202 *
乔木密度 (tree/400 m ²) Tree density	<2	36.19	56.88	0.529 *	73.24	0.701 *
	2 ~ 4	30.48	37.61	0.415 *	21.13	0.240
	>4	33.33	5.51	0.056	5.63	0.059
乔木高度(m) Tree height	<4	59.05	91.74	0.660 *	84.51	0.587 *
	4 ~ 6	9.52	7.34	0.327	7.04	0.303
	>6	31.43	0.92	0.012	8.45	0.110
乔木距离(m) Distance to the nearest tree	<1	26.67	9.17	0.121	11.27	0.144
	1 ~ 3	39.05	40.83	0.367 *	19.72	0.172
	>3	34.28	50.00	0.512 *	69.01	0.684 *

续表

因子 Factor	类别 Category	可获得性 P_i ($n = 105$) Expected proportion used	取食生境 利用率 r_i ($n = 218$) Feeding habitat actual proportion used	选择系数 W_i Preference	卧息生境 利用率 r_i ($n = 142$) Bedding habitat actual proportion used	选择系数 W_i Preference
灌木密度 (tree/100 m ²)	<5	70.48	45.87	0.151	78.17	0.527 *
Shrub density	5 ~ 10	21.90	40.37	0.429 *	21.83	0.473 *
	>10	7.62	13.76	0.420 *	0.00	0.000
灌木高度(m)	<1.3	42.86	57.80	0.472 *	80.28	0.730 *
Shrub height	1.3 ~ 1.7	27.62	33.94	0.430 *	10.56	0.149
	>1.7	29.52	8.26	0.098	9.16	0.121
灌木距离(m)	<0.5	5.71	18.35	0.649 *	1.41	0.106
Distance to the	0.5 ~ 1.5	46.67	55.05	0.238	15.49	0.143
nearest shrub	>1.5	47.62	26.60	0.113	83.10	0.751 *
食物丰富度(g/5 m ²)	<50	36.19	0.00	0.000	21.13	0.170
Food abundance	50 ~ 100	11.43	1.83	0.079	19.72	0.502 *
	>100	52.38	98.17	0.921 *	59.15	0.328
坡向	阳坡 Sunny slope	24.76	21.10	0.282	12.68	0.191
Slope direction	半阴半阳坡 Half sunny and half shady slope	29.52	36.70	0.412 *	21.13	0.268
	阴坡 Shady slope	45.71	42.20	0.306	66.19	0.541 *
坡位 Slope location	上坡位 Upper slope	30.48	16.51	0.172	66.20	0.700 *
	中坡位 Middle slope	43.81	40.37	0.293	23.94	0.176
	下坡位 Lower slope	25.71	43.12	0.534 *	9.86	0.124
坡度(°) Slope degree	<30	28.57	34.86	0.406 *	14.08	0.172
	30 ~ 35	34.29	13.76	0.134	28.17	0.286
	>35	37.14	51.38	0.460 *	57.75	0.542 *
海拔高度(m)	>1 600	13.33	9.17	0.175	14.08	0.250
Altitude	1600 ~ 2 000	36.19	77.98	0.547 *	57.75	0.378 *
	2 000 ~ 3 000	42.86	5.51	0.033	19.72	0.109
	>3 000	7.62	7.34	0.245	8.45	0.263 *
距水源距离(m)	<500	3.81	32.11	0.831 *	19.72	0.621 *
Distance to water	500 ~ 1 000	19.05	21.10	0.109	53.52	0.337 *
resource	>1 000	77.14	46.79	0.060	26.76	0.042
人为干扰距离(m)	<500	32.38	27.52	0.280	1.41	0.015
Distance to human	500 ~ 1 000	31.43	44.04	0.461 *	30.99	0.340 *
disturbance	>1 000	36.19	28.44	0.259	67.50	0.645 *
距裸岩距离(m)	<2	27.62	17.43	0.144	74.65	0.657 *
Distance to	2 ~ 5	9.52	27.52	0.657 *	11.27	0.288
bare rock	>5	62.86	55.05	0.199	14.08	0.055
隐蔽级(%)	>25	21.91	5.50	0.054	2.11	0.031
Hiding cover	25 ~ 50	13.33	26.61	0.431 *	3.52	0.086
	50 ~ 75	17.14	25.69	0.324 *	19.72	0.374 *
	>75	47.62	42.20	0.191	74.65	0.509 *

* 为偏好选择 represents preference

2.2 夏季岩羊取食和卧息生境生态因子的比较

卡方检验表明夏季岩羊的取食和卧息生境在植被类型($\chi^2 = 47.36, df = 3, P < 0.01$)、地形特征($\chi^2 = 374.83, df = 4, P < 0.01$)、优势乔木($\chi^2 = 33.55, df = 6, P < 0.01$)、坡向($\chi^2 = 56.16, df = 2, P < 0.01$)

和坡位($\chi^2 = 341.56, df = 2, P < 0.01$)的选择上均存在显著差异。Mann-Whitey U 检验表明夏季岩羊的取食和卧息生境在乔木高度和距水源距离上差异不显著($P > 0.05$),而其余生态因子则差异显著($P < 0.05$)。与取食生境相比岩羊偏爱的卧息生境具有乔木稀疏且距离较远、灌木较少、低矮且距离较远、食物丰富度低、坡度大、远离人为干扰、接近裸岩和隐蔽程度低的特征(表2)。

表2 贺兰山岩羊夏季取食和卧息生境 13 个生态因子的比较

Table 2 Characteristics of 13 ecological factors at feeding and bedding habitat used by blue sheep during summer in Helan Mountain

生态因子 Ecological factors	取食生境 Feeding habitat (mean SE)	卧息生境 Bedding habitat (mean SE)	Mann-Whitey U tests z	P
乔木密度 Tree density (ind./400 m ²)	1.50 ± 0.13	1.11 ± 0.12	-2.161	0.031
乔木高度 Tree height (m)	2.24 ± 0.12	2.48 ± 0.22	-0.330	0.742
乔木距离 Distance to the nearest tree (m)	18.83 ± 1.55	21.34 ± 1.95	-2.115	0.034
灌木密度 Shrub density (ind./100 m ²)	5.38 ± 0.29	2.83 ± 0.16	-6.533	≤0.001
灌木高度 Shrub height (m)	1.12 ± 0.03	0.74 ± 0.05	-6.811	≤0.001
灌木距离 Distance to the nearest shrub (m)	3.67 ± 0.46	5.88 ± 0.64	-7.883	≤0.001
食物丰富度 Food abundance (g)	876.09 ± 32.71	344.28 ± 32.79	-10.348	≤0.001
坡度 Slope degree (°)	31.29 ± 0.82	42.23 ± 1.13	-6.693	≤0.001
海拔高度 Altitude (m)	1 905.51 ± 28.66	2 016.20 ± 41.25	-2.151	0.031
距水源距离 Distance to water resource (m)	1 167.35 ± 66.06	909.72 ± 51.37	-0.991	0.322
人为干扰距离 Distance to human disturbance (m)	1 026.84 ± 80.06	1 542.54 ± 94.05	-8.749	≤0.001
距裸岩距离 Distance to bare rock (m)	16.301 ± 1.57	6.18 ± 1.34	-10.552	≤0.001
隐蔽级 Hiding cover (%)	65.86 ± 1.57	83.36 ± 1.31	-7.376	≤0.001

2.3 夏季岩羊取食和卧息生境生态因子的逐步判别分析

从逐步判别分析的结果(表3)看出,在区分取食样方与任意样方上有8个生态因子发挥作用,依照贡献值的大小依次为食物丰富度、灌木高度、距水源距离、隐蔽级、灌木密度、灌木距离、乔木高度和乔木距离。由这8个变量构成的方程在对取食样方和任意样方进行区分时,正确判别率为85.8%。而在区分卧息样方与任意样方上有7个生态因子发挥作用,依照贡献值的大小依次为距水源距离、灌木高度、距裸岩距离、人为干扰距离、食物丰富度、灌木密度和灌木距离。由这7个变量构成的方程在对卧息样方和任意样方进行区分时,正确判别率为89.1%。

3 讨论

夏季贺兰山岩羊对取食和卧息生境选择均偏爱海拔高度为1 600~2 000 m的以灰榆和山杨为优势乔木或者无树、距离乔木较远、乔木密度较低、乔木高度较矮、接近水源、远离人为干扰的山地疏林草原带(表1)。通过比较贺兰山岩羊取食和卧息的18个生态因子,除乔木高度和距水源距离无显著差异外,其余16个生态因子的利用均存在显著差异(表2),逐步判别分析的结果也表明不同生态因子在夏季贺兰山岩羊的取食和卧息生境选择上有着不同的贡献(表3),这验证了我们的预测,即由于受到食物空间分布、天敌侵害、恶劣气候及岩羊自身活动规律的影响,贺兰山岩羊在对取食和卧息生境的选择上会存在一定的差异。

对不同地区岩羊西藏亚种(*P. n. nayaur*)夏季的生境选择研究发现,它们主要选择海拔高度在4 200 m以上、位于南坡、坡度中等的草地或灌丛生境,并且保持接近裸岩或悬崖的特征^[12~15]。这与贺兰山岩羊对生境的选择既存在一些相同之处,也存在很大差别。相同之处在于夏季贺兰山岩羊无论取食还是卧息生境均选择在接近裸岩或悬崖的草地或灌丛生境,而不同之处在于贺兰山岩羊的取食和卧息生境均不选择南坡和坡度中等的生境(表1),此外贺兰山岩羊对夏季取食和卧息生境的选择中均偏爱以灰榆、山杨为优势乔木或无树的山地疏林草原带,海拔高度在1 600~2 200 m。这与刘振生等^[19,20]对贺兰山岩羊冬季卧息生境选择和冬春季取食生境选择的研究结果相似,有研究表明动物在长期进化过程中,逐渐形成对环境选择的遗传性,但多数

动物对环境的选择具有某些可塑性^[28],显然贺兰山独特的地理位置和特殊生境是产生这种差异的主要原因。

表 3 贺兰山岩羊夏季取食和卧息生境样方与任意样方生态因子的逐步判别分析

Table 3 Stepwise discriminant analysis of ecological factors in feeding and bedding habitat used by blue sheep during summer in Helan Mountain

生境类型 Habitat type	变量序号 Variable No.	变量名称 Variables	判别系数 Discriminant coefficients	Wilk's λ	F	P
取食生境 Feeding habitat	1	食物丰富度 Food abundance (g)	-0.643	0.787	86.889	≤ 0.001
	2	灌木高度 Shrub height (m)	0.661	0.675	76.918	≤ 0.001
	3	距水源距离 Distance to water resource (m)	0.393	0.637	60.719	≤ 0.001
	4	隐蔽级 Hiding cover (%)	0.699	0.619	48.853	≤ 0.001
	5	灌木密度 Shrub density (ind./100 m ²)	0.413	0.536	45.531	≤ 0.001
	6	灌木距离 Distance to the nearest shrub (m)	0.348	0.527	40.323	≤ 0.001
	7	乔木高度 Tree height (m)	1.022	0.516	36.765	≤ 0.001
	8	乔木距离 Distance to the nearest tree (m)	0.458	0.505	34.106	≤ 0.001
卧息生境 Bedding habitat	1	距水源距离 Distance to water resource (m)	0.559	0.720	95.391	≤ 0.001
	2	灌木高度 Shrub height (m)	0.843	0.578	88.987	≤ 0.001
	3	距裸岩距离 Distance to bare rock (m)	0.478	0.525	73.146	≤ 0.001
	4	人为干扰距离 Distance to human disturbance (m)	-0.543	0.475	66.962	≤ 0.001
	5	食物丰富度 Food abundance (g)	-0.601	0.454	57.872	≤ 0.001
	6	灌木密度 Shrub density (ind./100 m ²)	0.859	0.423	54.509	≤ 0.001
	7	灌木距离 Distance to the nearest shrub (m)	0.614	0.393	52.703	≤ 0.001

与冬春季贺兰山岩羊的取食生境^[20]相比,夏季贺兰山岩羊更偏爱接近水源、远离人为干扰、半阴半阳坡的下坡位(表1)。水作为动物生境选择的三大要素之一^[1],对岩羊来说无疑具有重要意义。冬季的积雪和春季的残雪可以在一定程度上满足岩羊对水的需求,这在其他北方地区有蹄类的研究中得到证实^[6,29]。到了夏季,虽然有研究表明食草有蹄类取食的植物可以为其提供一些水分^[24,30],但贺兰山的荒漠半荒漠植被可能无法保证岩羊对水分的需求,因此岩羊偏爱距离水源更近的取食地。贺兰山岩羊夏季卧息生境选择阴坡的上坡位(表1),这与冬季贺兰山岩羊偏爱选择阳坡^[19]不同,显然阴坡可以避免阳光直射,而上坡位良好的通风条件可以增加周围空气的流通从而降低岩羊的体温^[2]。同时贺兰山岩羊更偏爱远离灌木的卧息地,而且对隐蔽级要求很低(表2),可能也是为了增加空气的流通。青藏高原的岩羊夏季主要选择位于南坡的生境^[12,13],这可能与不同地区夏季的温度不同有关,青海省野牛沟的夏季平均温度为5~20℃^[31]、克什米尔地区为5~25℃^[32],而贺兰山的夏季平均温度则是11.9~23.5℃^[33],虽然这3个地区的最高温度相差较小,但最低温度贺兰山要明显高于另外两个地区。

当环境温度超过动物自身的上临界温度时,动物就要消耗额外的能量和时间来散热^[34],所以动物将寻找能够降低散热代价的环境^[2]。Reneker 和 Hudson^[35]、Demarchi 和 Bunnell^[36]在对驼鹿(*Alces alces*)进行研究时发现树冠等天然隔热层(thermal cover)影响驼鹿的存活率。然而 Peek 等^[37]和 Merrill^[38]却发现在夏季天然隔热层很少甚至没有的地区也存在大型有蹄类的高密度种群。虽然贺兰山天然隔热层的山地针叶林带可获得性达到了42.86%,可是在调查的取食和卧息生境中却分别仅有5.50%和21.13%的岩羊选择山地针叶林带(表1)。贺兰山岩羊在冬季和春季同样避免选择山地针叶林带^[19,20]。贺兰山岩羊同其他分布区的岩羊相似^[12,13],在夏季都不选择树冠等天然隔热层作为减少能量消耗的策略。

与夏季取食生境相比,岩羊的卧息生境具有食物丰富度低、远离水源、坡度大、远离人为干扰和接近裸岩的特征(表2),逐步判别分析的结果也证实了这一点(表3)。显然贺兰山岩羊在取食生境中增加了对食物和水的需求,而在卧息生境中增加了对隐蔽的需求,这在对其他食草有蹄类的研究中也有报道^[24]。在青藏高

原,岩羊最主要的天敌是雪豹(*Uncia uncia*)和狼(*Canis lupus*)^[39~42],为了减少被雪豹捕杀的危险,岩羊通常选择接近裸岩或悬崖的地点活动^[12~15]。而贺兰山岩羊的主要天敌,如豹(*Cuonal pinus*)、狼和猞猁(*Lynx lynx*)等在20世纪80年代已基本绝迹^[43]。夏季贺兰山岩羊依然选择坡度大并接近裸岩的卧息生境(表1,2),这可能与岩羊本身的遗传特性有关,也与贺兰山地势陡峭,少有<10°的坡有关^[33],同时也有利于躲避人类的捕杀。此外,刘振生等^[20]对冬季贺兰山岩羊卧息地进行研究时认为接近裸岩可以遮挡一部分风,起到保温的作用。而在夏季由于岩羊偏爱选择阴坡的上坡位(表1,2),因此接近裸岩可以遮挡阳光,同时还可以通过岩石体吸收身体散发出来的热量,从而达到降低体温的目的。

References:

- [1] Ma J Z, Zou H F, Jia J B. Wildlife management (2nd). Harbin: Northeast Forestry University Press, 2004.
- [2] Chen H P, Gao Z X. Animals ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1992.
- [3] Huot J. Winter habitat of white-tailed deer at Thirty-one Mile Lake, Quebec. Can. Field. Nat., 1974, 88: 293—301.
- [4] Armstrong E, Euler D, Racey G. Winter bed-site selection by white-tailed deer in central Ontario. J. Wildl. Manage., 1983, 47(3): 880—884.
- [5] Lang B K, Gates J E. Selection of sites for winter night beds by white-tailed deer in a hemlock-northern hardwood forest. Am. Mid. Nat., 1985, 113(2): 245—254.
- [6] Zhang M H, Xiao Q Z. A study on feeding and bedding habitat selection by red deer in winter. Acta Theriol. Sinica, 1990, 10(3): 175—183.
- [7] Mysterud A, Østbye E. Bed-site selection by European roe deer (*Capreolus capreolus*) in southern Norway during winter. Can. J. Zool., 1995, 73(5): 924—932.
- [8] Mysterud A. Bed-site selection by adult roe deer *Capreolus capreolus* in southern Norway during summer. Wildl. Biol., 1996, 2(2): 101—106.
- [9] Schaller G B. Mountain monarchs: wild sheep and goats of the Himalaya. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
- [10] Wang X M, Liu Z X, Xu H F, Li M, Li Y G. The blue sheep population ecology and its conservation in Helan Mountain, China. Chinese Biodivers., 1998, 6(1): 1—5.
- [11] Wang X M, Li M, Tang S X, Liu Z X. A preliminary study of some characters of blue sheep population ecology in spring. Acta Theriol. Sinica, 1998, 18(1): 27—33.
- [12] Harris R B, Miller D J. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan Plateau ungulates. Mammalia, 1995, 59(2): 197—212.
- [13] Namgail T, Fox J L, Bhatnagar Y V. Habitat segregation between sympatric Tibetan argali *Ovis ammon hodgsoni* and blue sheep *Pseudois nayaur* in the Indian Trans-Himalaya. J. Zool. Land., 2004, 262(1): 57—63.
- [14] Oli M K. Seasonal patterns in habitat use of blue sheep *Pseudois nayaur* (Artiodactyla, Bovidae) in Nepal. Mammalia, 1996, 60(2): 187—193.
- [15] Wilson P. Ecology and habitat utilization of blue sheep *Pseudois nayaur* in Nepal. Biol. Conserv., 1981, 21: 55—74.
- [16] Northwest institute of plateau biology, CAS. The economic animals of Qinghai Province. Xining: Qinghai People's Publishing House, 1989.
- [17] Cao L R, Liu Z S, Wang X M, Hu T H, Li T, Zhai H, Hou J H. Preliminary Study on Group Characteristics of Blue Sheep (*Pseudois nayaur*) in Spring and Early Winter in Helan Mountain, China. Chinese J. Zool., 2005, 40(2): 28—33.
- [18] Cao L R, Liu Z S, Wang X M, Hu T H, Zhai H, Hou J H. Winter group size and composition of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountains, China. Acta Theriol. Sinica, 2005, 25(2): 200—204.
- [19] 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. Zool. Res., 2005, 26(6): 580—589.
- [20] Liu Z S, Cao L R, Wang X M, Li T, Li Z G. Winter bed-site selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, Ningxia, China. Acta Theriol. Sinica, 2005, 25(1): 1—8.
- [21] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y, Li X Q. Seasonal variation of diurnal activity budgets by blue sheep (*Pseudois nayaur*) with different age-sex classes in Helan Mountain. Zool. Res., 2005, 26(4): 350—357.
- [22] Tian L S. Vegetation of east slope in Helan Mountain. Huhehaote: Inner Mongolia University Press, 1996.
- [23] Liu Z S, Cao L R, Wang X M. Management and conservation of Blue sheep population in Helan Mountain. Chinese Wildlife, 2004, 25(1): 56.
- [24] Teng L W, Liu Z S, Song Y L, Zeng Z G. Forage and bed sites characteristics of Indian muntjac (*Muntiacus muntjak*) in Hainan Island, China. Ecol. Res., 2004, 19(6): 675—681.
- [25] Liu Z S, Cao L R, Zhai H, Hu T H, Wang X M. Winter habitat selection by red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in Helan Mountain, China. Zool. Res., 2004, 25(5): 403—409.

- [26] Chesson J. Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 1978, 59(2): 211—215.
- [27] Vanderploeg H A, Scavia D. Two selectivity indices for feeding with special reference to zooplankton grazing. *J. Fish. Res. Board Can.*, 1979, 36: 362—365.
- [28] Sun R Y. The principles of animal ecology (3rd). Beijing: Beijing Normal University Press, 2001.
- [29] Chang H, Xiao Q Z. Selection of winter habitat of red deer in Dailing region. *Acta Theriol. Sinica*, 1988, 8(2): 81—88.
- [30] Zeng Z G, Song Y L, Zhong W Q, Gong H S, Zhang J, Dang G D. Food habits of golden takin. *Chinese J. Zool.*, 2001, 36(3): 36—44.
- [31] Natural Resources Series of China Editorial Board. Natural Resource Series of China: Qinghai Province. Beijing: China Environmental Science Publishing House, 1996.
- [32] Negi H R, Upreti D K. Species diversity and relative abundance of lichens in Rumbak catchment of Hemis National Park in Ladakh. *Curr. Science*, 2000, 78(9): 1105—1112.
- [33] Di W Z. *Plantae Vasculares Helan Mountain*. Xi'an: Northwestern University Press, 1987.
- [34] Bligh J, Johnson K G. Glossary of terms for thermal physiology. *J. Applied Physiology*, 1973, 35(6): 941—961.
- [35] Renecker L A, Hudson R J. Seasonal energy expenditures and thermoregulatory responses of moose. *Can. J. Zool.*, 1986, 64(2): 322—327.
- [36] Demarchi M W, Bunnell F L. Estimating forestry canopy effects on summer thermal cover for Cervidae (deer family). *Can. J. Forest Res.*, 1993, 23(11): 2419—2426.
- [37] Peek J M, Scott M D, Nelson L J, Pierce D J, Irwin L L. Role of cover in habitat management for big game in northwestern United States. *Trans. N. Am. Wildl. Nat. Resour. Conf*, 1982, 47: 363—373.
- [38] Merrill E H. Thermal constraints on use of cover types and activity time of elk. *Appl. Anim. Behav. Sci*, 1991, 29: 251—267.
- [39] Oli M K. Snow leopards and blue sheep in Nepal: densities and predator-prey ratio. *J. Mammal*, 1994, 75(4): 998—1004.
- [40] Schaller G B, Ren J R, Qiu M J. Status of the snow leopard *Panthera uncia* in Qinghai and Gansu Provinces, China. *Biol. Conserv.*, 1988, 45: 179—194.
- [41] Shrestha T K. *Mammals of Nepal*. Kathmandu: P. K. Printers, 1997.
- [42] Liu C G, Zheng S W, Ren J R. Research foods and foods source about snow Leopard (*Panthera uncia*). *J. Shaanxi Normal Univ. (Natural Science Edition)*, 2003, 31(Sup): 154—159.
- [43] Wang X M, Schaller G B. Status of large mammals in Inner Mongolia, China. *J. East China Normal Univ. (Special Issue of Mammals)*, 1996, 6: 94—104.

参考文献:

- [1] 马建章, 邹红菲, 贾竞波. 野生动物管理学(第二版). 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004.
- [2] 陈化鹏, 高中信. 野生动物生态学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992.
- [6] 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.
- [10] 王小明, 刘志霄, 徐宏发, 李明, 李元广. 贺兰山岩羊种群生态及保护. *生物多样性*, 1998, 6(1): 1~5.
- [11] 王小明, 李明, 唐绍祥, 刘志霄. 春季岩羊种群生态学特征的初步研究. *兽类学报*, 1998, 18(1): 27~33.
- [16] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海经济动物志. 西宁: 青海人民出版社, 1989.
- [17] 曹丽荣, 刘振生, 王小明, 胡天华, 李涛, 翟昊, 侯建海. 春冬两季贺兰山岩羊集群特征比较. *动物学杂志*, 2005, 40(2): 28~33.
- [18] 曹丽荣, 刘振生, 王小明, 胡天华, 翟昊, 侯建海. 贺兰山保护区冬季岩羊集群特征的初步分析. *兽类学报*, 2005, 25(2): 200~204.
- [19] 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.
- [20] 刘振生, 曹丽荣, 王小明, 李涛, 李志刚. 贺兰山岩羊冬季对卧息地的选择. *兽类学报*, 2005, 25(1): 1~8.
- [21] 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英, 李新庆. 贺兰山岩羊不同年龄和性别昼间时间分配的季节差异. *动物学研究*, 2005, 26(4): 350~357.
- [22] 田连恕. 贺兰山东坡植被. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1996.
- [23] 刘振生, 曹丽荣, 王小明. 宁夏贺兰山岩羊种群的管理和保护. *野生动物*, 2004, 25(1): 56.
- [25] 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.
- [28] 孙儒泳. 动物生态学原理(第三版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [29] 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.
- [30] 曾治高, 宋延龄, 钟文勤, 巩会生, 张坚, 党高弟. 秦岭羚牛的食性. *动物学杂志*, 2001, 36(3): 36~44.
- [31] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书: 青海卷. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [33] 狄维忠. 贺兰山维管植物. 西安: 西北大学出版社, 1987.
- [42] 刘楚光, 郑生武, 任军让. 雪豹的食性与食源调查研究. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2003, 31(专辑): 154~159.