

贺兰山马鹿冬春季生境的选择

骆 颖¹, 张明明¹, 刘振生^{1,*}, 李志刚², 胡天华², 翟 昊²

(1. 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040; 2. 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局, 银川 750021)

摘要: 2007 年 12 月 ~ 2008 年 1 月和 2008 年 4 ~ 5 月, 在贺兰山利用痕迹检验法和直接观察法对马鹿阿拉善亚种冬春季生境选择进行研究。通过在选定的 15 条沟段里进行调查, 冬春季各测定了 131 个和 181 个样方的 18 种生态因子。结果表明, 冬春季贺兰山马鹿在植被类型、优势乔木、灌木密度、灌木高度、灌木距离、坡向、坡位、海拔高度、距裸岩距离和隐蔽级 10 种生态因子上差异极显著 ($P < 0.001$), 其余生态因子无显著差异 ($P < 0.05$), 相对于冬季生境而言, 马鹿春季更偏爱选择以油松和青海云杉为优势乔木的山地针叶林带, 灌木密度大、高度高、距离近, 半阴半阳坡的中坡位, 海拔较高, 距裸岩较近, 隐蔽程度高的生境。典则判别系数显示冬春季马鹿在生境选择上存在一定程度的重叠, 但春季马鹿的分布范围要比冬季更广一些, Wilk's λ 值显示冬春季马鹿的生境选择具有较高的差异性 (Wilk's $\lambda = 0.683, x^2 = 116.995, df = 13, P < 0.001$)。逐步判别分析表明在区分冬春季马鹿生境方面有一系列生态因子发挥作用, 依照贡献值的大小依次为: 乔木密度、灌木距离、坡度、海拔高度、距水源距离、距裸岩距离和隐蔽级, 由这 7 个变量构成的方程对冬春季马鹿生境的正确区分率达到 79.9%, 其中对春季的误判率为 22.1%, 对冬季的误判率为 20.6%。

关键词: 马鹿; 生境选择; 逐步判别分析; 典则判别函数; 贺兰山

文章编号: 1000-0933 (2009) 05-2757-07 中图分类号: Q142, Q958.1 文献标识码: A

Winter and spring habitat selection of Red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in the Helan Mountains, China

LUO Ying¹, ZHANG Ming-Ming¹, LIU Zhen-Sheng^{1,*}, LI Zhi-Gang², HU Tian-Hua², ZHAI Hao²

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

2 Helan Mountain National Nature Reserve, Yinchuan 750021, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2757 ~ 2763.

Abstract: We studied habitat selection of red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) during winter 2007-08 and spring 2008 in the Helan Mountains on the border between Ningxia and Inner Mongolia Autonomous Regions. We documented deer habitat through direct observation and examination of fresh sites used by red deer located on 21 transects distributed throughout the study area. Eighteen ecological factors from 131 winter sites and 181 spring sites were measured in 15 drainages in the study area. Winter and spring habitat selection by red deer differed in most ecological factors, i. e., vegetation type, dominant tree, shrub height, distance to nearest shrubs, slope, aspect, altitude, distance to bare rock, and hiding cover. Compared with winter habitat, red deer selected spring habitats with montane conifer forest dominated by *Pinus tabulaeformis* and *Picea crassifolia*, slightly higher shrub density, shrub height, and closer proximity to shrubs and slopes, gently higher altitude at half sunny and shady side, closer to bare rock, and higher hiding cover. Canonical scores indicated that winter and spring habitats selected by red deer overlapped to some extent. However, scores for spring habitat locations were distributed widely. The Wilk's lambda exhibited a highly significant difference in winter and spring habitat selection of red

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30670309); 国家科技支撑项目——自然保护区濒危物种保护技术研究资助项目 (2008BADB0B04); 宁夏回族自治区林业局自选课题资助项目 (2004-01); 宁夏贺兰山国家级自然保护区第二次综合科学考察专项资金资助项目

收稿日期: 2008-10-06; 修订日期: 2008-12-01

致谢: 在野外调查中得到宁夏贺兰山国家级自然保护区赵春玲、王继飞和内蒙古贺兰山国家级自然保护区管理局王兆铨及全体人员的帮助, Richard B. Harris 教授润色英文摘要, 在此一并致谢。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhenshengliu@163.net

deer (Wilk's $\lambda = 0.683$, $\chi^2 = 116.995$, $df = 13$, $P < 0.001$). Discriminating variables that improved a stepwise discriminant model included (in order of importance) tree density, distance to the nearest shrubs, slope degree, altitude, distance to water resource, distance to bare rock, and hiding cover. Predicted accuracy of the model in classifying red deer habitats was 79.9%. Misclassification of spring habitats and winter habitats by red deer were 22.1% and 20.6% respectively.

Key Words: red deer (*Cervus elaphus alxaicus*); habitat selection; stepwise discriminant analysis; canonical discriminant analysis; Helan Mountains

动物对生境的选择和利用是其适应环境的一种行为,这种行为与其环境、季节、气候及动物自身的生理状况直接相关^[1]。生境选择是野生动物与其环境之间的基本关系,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^[2]。在北方地区,对有蹄类动物来说栖息地中植物的可利用性和质量都随季节发生很大的变化,从冬季的食物资源极度缺乏到春季的不断丰富^[3],有蹄类动物的生境选择对策将发生一系列的改变,以补充冬季对能量的巨大消耗^[4~7]。因此研究动物在不同季节的生境选择对策的改变机制,可以更深入理解动物是如何适应环境的^[8]。

马鹿(*Cervus elaphus*)广泛分布于亚洲、欧洲和北美洲地区^[9],全世界共有 23 个亚种^[10],我国共有 8 个亚种^[11]。其中,马鹿阿拉善亚种(*C. e. alxaicus*)目前仅分布于宁夏和内蒙古交界的贺兰山中段,是我国唯一幸存的该亚种的有效种群^[12~15],也是各亚种中分布范围最小、数量最少的一个隔离种群^[16]。关于马鹿其他亚种的生境选择已有很多报道^[17~22],然而对马鹿阿拉善亚种的生境研究仅有刘振生等^[13]对其冬季生境选择的报道,但没有不同季节之间马鹿生境选择的比较研究,不能显示马鹿在不同季节上对生境选择的共性和差异。因此,本研究的目的在于分析马鹿冬春季在生境选择上的异同,进而揭示马鹿生境选择的季节变化机制^[20]。此外,深入地研究马鹿不同季节对生境利用的差异性,也可以为了解马鹿在不同季节的生存状况提供科学依据。

1 研究区概况

贺兰山位于银川平原和阿拉善高原之间(北纬 38°21'~39°22',东经 105°44'~106°42'),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。年平均气温由下部的 8.5℃ 向上递减,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)^[15,23]。

2 研究方法

2.1 野外调查

2007 年 12 月~2008 年 1 月(冬季)和 2008 年 4~5 月(春季),根据贺兰山各个沟段的马鹿数量及分布,在马鹿活动比较集中的 15 条沟段(甘沟、高口子沟、独石沟、大口子沟、黄旗口沟、贺兰口沟、大水沟、小水沟、插旗口沟、小乱柴沟、强岗岭沟、白杨沟、三道门沟、后沟、樊家营子沟)的 21 条样线对其冬春季的生境选择进行了研究。其中冬季和春季的样线总长分别为 235 km 和 271 km,冬春季的调查样线基本一致,但由于冬季大雪封山,有的样线走的距离稍短,因此较春季短些,样线覆盖了贺兰山各主要植被类型。

根据马鹿的活动习性,主要采用痕迹检验法对其生境选择进行调查。当见到马鹿实体活动后,则使用直接观察法对其生境进行研究,即在不干扰其活动的情况下进行生态学观察,待离去后对其生境进行记录。具体测定方法为:在发现马鹿活动痕迹后,用全球定位仪(GPS)定位,然后以活动痕迹为中心设置一个 10 m × 10 m 样方,在该样方中心及 4 个角各设置一个 1 m × 1 m 样方,记录样方里的 18 种生态因子,包括: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、植被盖度、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。总计测量了 131 个冬季生境利用样方和 181 个春季生境利用样方。

以下是 18 种生态因子的判断标准:

植被类型 依据贺兰山典型的植被垂直分布带划分为山地草原带(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)4 种类型^[23]。

地形特征 根据山坡的坡度和断裂程度等划分为 5 个等级,平滑起伏的坡、中等断裂的坡、明显断裂的坡、岩石堆或崩塌的坡和悬崖。

优势乔木 优势乔木即为一种乔木密度在 10 m × 10 m 样方中占有所有乔木密度的 70% 以上。主要有灰榆(*Ulmus glaucescens*)、酸枣(*Ziziphus jujuba*)、柳(*Salix* spp.)、杜松(*Juniperus rigida*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、青海云杉(*Picea crassifolia*)、混合型(即无一树种棵数达 70% 以上)、无树 8 个类型。

乔木密度 统计在 10 m × 10 m 样方中乔木的棵数。

乔木高度 测算在 10 m × 10 m 样方中乔木的平均高度。

乔木距离 测算 10 m × 10 m 样方的中心点距最近的乔木的距离。

灌木密度 统计在 10 m × 10 m 样方中灌木的丛数。

灌木高度 测算在 10 m × 10 m 样方中灌木的平均高度。

灌木距离 测算 10 m × 10 m 样方的中心点距最近的灌木的距离。

植被盖度 测算 10 m × 10 m 样方中 4 个角和中心点 5 个 1 m × 1 m 小样方的草本覆盖度,取平均值作为 10 m × 10 m 样方的植被盖度。

坡向 利用 65 式军用罗盘仪测定,正北方向为 0°,沿逆时针方向记数。阳坡(247.5 ~ 337.5°)、半阴和半阳坡(337.5 ~ 67.5°、157.5 ~ 247.5°)、阴坡(67.5 ~ 157.5°)。

坡位 上坡位,位于山坡的上 1/3 部;中坡位,位于山坡的中部;下坡位,位于山坡的下 1/3 部。

坡度 利用 65 式军用罗盘仪上的坡度计测量样方所在山坡的坡度。

海拔高度 利用全球定位仪(GPS)记录样方的海拔高度。

距水源距离 估算样方中心到水源的直线距离。

人为干扰距离 以离护林点、山中公路等的距离来确定,估算样方中心到干扰源的直线距离。

距裸岩距离 测量样方中心到裸露岩石的直线距离。

隐蔽级 在样方中心树立一个 1 m 的木杆,在周围东、南、西、北 4 个方向距离中心 20 m 处测量木杆的能见度,即可以看见木杆长度占总长度的百分比,然后计算平均值。

2.2 数据处理

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、植被盖度、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 种数值型生态因子的数据是否呈正态分布,经检验数据均不符合正态分布($P < 0.05$)。

利用卡方检验分析冬春季贺兰山马鹿在植被类型、地形特征、优势乔木、坡向和坡位 5 种非数值型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-Whitney U 检验对贺兰山马鹿冬春季的 13 种数值型生态因子的差异进行分析。

对冬春季的 13 种数值型生态因子进行判别分析,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和典则判别分析对贺兰山马鹿冬春季的生态因子进行分析,以确定影响马鹿冬春季生境选择的关键因子。

所有数据均利用 SPSS15.0 进行分析。

3 结果

3.1 贺兰山马鹿冬春季在生态因子选择上的差异

卡方检验表明冬春季贺兰山马鹿在植被类型($\chi^2 = 164.04, df = 3, P < 0.01$)、优势乔木($\chi^2 = 22.89$,

$df = 7, P < 0.01$)、坡向($\chi^2 = 81.68, df = 2, P < 0.01$)和坡位($\chi^2 = 14.84, df = 2, P < 0.01$)4种生态因子上差异极显著,而在地形特征($\chi^2 = 7.81, df = 4, P = 0.099$)上没有显著的差异性。

Mann-Whitey U 检验表明,冬春季贺兰山马鹿在灌木密度、灌木高度、灌木距离、海拔高度、距裸岩距离和隐蔽级上差异极显著($P < 0.01$),而其余生态因子无显著差异($P > 0.05$),相对于冬季生境而言,贺兰山马鹿春季更偏爱选择灌木密度大、高度高、距离近,海拔较高,距裸岩较近,隐蔽程度较高的生境(表1)。

表1 贺兰山马鹿冬春季生境中13个生态因子的比较

Table 1 Characteristics of 13 ecological factors of habitats used by red deer during winter and spring in the Helan Mountains

生态因子 Ecological factors	春季 Spring ^①		冬季 Winter ^①		Mann-Whitey U tests z	P ^②
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
乔木密度 Tree density (individuals/100 m ²)	2.06	5.07	2.90	4.64	-1.218	0.223
乔木高度 Tree height (m)	2.91	2.05	2.90	1.88	-0.255	0.799
乔木距离 Distance to the nearest tree (m)	13.28	11.24	12.81	11.13	-0.013	0.989
灌木密度 Shrub density (individuals/100 m ²)	12.08	10.95	6.70	10.81	-5.286	0.000***
灌木高度 Shrub height (m)	1.65	1.01	1.34	2.50	-6.603	0.000***
灌木距离 Distance to the nearest shrub (m)	3.24	3.78	6.31	4.25	-6.002	0.000***
植被盖度 Vegetation coverage (%)	67.84	23.19	66.98	24.66	-0.179	0.858
坡度 Slope degree (°)	5.55	6.15	4.61	6.08	-1.095	0.273
海拔高度 Elevation (m)	1 903.62	427.72	1 890.61	570.24	-2.669	0.008**
距水源距离 Distance to water resource (m)	1 060.92	1 351.19	1 327.50	1 431.24	-1.169	0.242
人为干扰距离 Distance to human disturbance (m)	2 933.31	1 907.58	3 134.27	1 913.73	-0.973	0.330
距裸岩距离 Distance to bare rock (m)	120.04	185.69	75.61	217.00	-5.063	0.000***
隐蔽级 Hiding cover (%)	47.36	27.71	67.25	24.43	-6.318	0.000***

① 春季样方数量为181个,冬季为131个 Sample sizes were $n = 181$ for spring and $n = 131$ for winter unless otherwise indicated; ② 显著性概率 P 值 Significant P values: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

3.2 贺兰山马鹿冬春季生态因子的逐步判别分析

从逐步判别函数分析的结果得出,特征值为0.465,典则相关系数是0.563,这包含了所有的方差(100%)。在典则系数的直方图上可以看出冬春季马鹿的生境选择存在一定的重叠和分离(图1),Wilk's λ 值显示冬春季马鹿的生境选择具有较高的差异性(Wilk's $\lambda = 0.683, \chi^2 = 116.995, df = 13, P < 0.001$),较高比例的(79.9%)正确判别率也支持了这种差异性。冬季和春季的判别函数方程分别为: $F_{冬季} = 0.369 \times \text{乔木密度} + 0.204 \times \text{灌木距离} + 0.149 \times \text{坡度} + 0.013 \times \text{海拔高度} + 0.003 \times \text{距水源距离} + 0.007 \times \text{距裸岩距离} + 0.077 \times \text{隐蔽级} - 15.359$,对冬季的误判率为20.6%; $F_{春季} = 0.518 \times \text{乔木密度} + 0.435 \times \text{灌木距离} + 0.065 \times \text{坡度} + 0.013 \times \text{海拔高度} + 0.002 \times \text{距水源距离} + 0.0075 \times \text{距裸岩距离} + 0.114 \times \text{隐蔽级} - 17.387$,对春季的误判率为22.1%。逐步判别分析表明在区分冬春季马鹿生境方面有一系列生态因子发挥作用,依照贡献值的大小依次为:乔木密度、灌木距离、坡度、海拔高度、距水源距离、距裸岩距离和隐蔽级(表2)。

4 讨论

在所设定的18种生态因子中,冬春季贺兰山马鹿在植被类型、优势乔木、灌木密度、灌木高度、灌木距离、

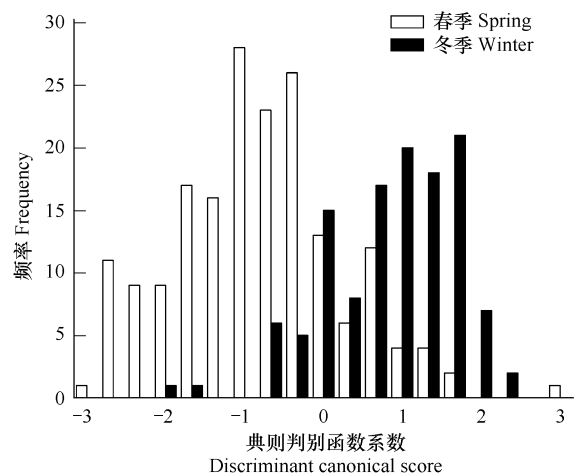


图1 贺兰山马鹿冬春季生境选择的典则判别系数

Fig. 1 Canonical scores of winter habitats and spring habitats selected by red deer in Helan Mountains

坡向、坡位、海拔高度、距裸岩距离和隐蔽级 10 种生态因子上差异极显著(表 1), 典则判别系数(图 1)的结果虽然显示冬春季马鹿在生境选择上存在一定的重叠, 但逐步判别分析的结果(表 2)也表明不同季节马鹿对生境的选择还是存在较大差异的。这验证了我们的预测, 即随着北方地区冬春季气候的剧烈变化, 受到食物、温度、动物自身生理状况等因素的影响, 贺兰山马鹿对生境的利用对策也发生一定程度的改变。

表 2 贺兰山马鹿冬春季生态因子的逐步判别分析

Table 2 Stepwise discriminant analysis of ecological factors in winter and spring habitats used by red deer in Helan Mountains

变量序号 Variable No.	变量名称 Variables	判别系数 Discriminant coefficients	Wilk's λ	F	P
1	乔木密度 Tree density (individuals/100 m ²)	0.531	0.874	44.832	0.000
2	灌木距离 Distance to the nearest shrub (m)	0.668	0.793	40.348	0.000
3	坡度 Slope degree (°)	-0.373	0.745	35.125	0.000
4	海拔高度 Elevation (m)	-0.299	0.728	28.732	0.000
5	距水源距离 Distance to water resource (m)	0.564	0.707	25.366	0.000
6	距裸岩距离 Distance to bare rock (m)	-0.307	0.693	22.516	0.000
7	隐蔽级 Hiding cover (%)	0.704	0.683	20.185	0.000

北方地区食草动物能否顺利度过冬季的关键是如何获得维持生存所必须的能量并尽可能减少能量损失, 因此它们对生境的选择更为严格^[24]。而这种选择是与食物的可获得性相关的^[25]。冬季马鹿多活动在低海拔地区隐蔽性好的丛林中, 而不选择高海拔地区的开阔地带^[21], 这与其采取的以最小的能量消耗获取最多的能量的采食策略是密切相关的^[26]。与冬季相比, 马鹿春季更偏爱选择以油松和青海云杉为优势乔木的山地针叶林带, 灌木密度大、高度高、距离近, 半阴半阳坡的中坡位, 海拔较高, 距裸岩较近, 隐蔽程度高的生境(表 1)。贺兰山冬季气温较低, 高海拔地区存在一定的积雪, 掩盖了马鹿的食物, 也不适于马鹿卧息; 而低海拔地区的食物丰盛度、温度和卧息环境比较好, 而冬季大雪封山以后, 进山的人数明显减少, 所以贺兰山马鹿冬季较多活动在低海拔地区。而到了春季, 随着植物数量和质量不断丰富, 同时进山的人数也逐渐增多, 马鹿开始向高海拔的地区移动, 其对灌木食物的选择性进一步增强(表 1), 海拔较高的、隐蔽条件较好的山地针叶林带成为其主要选择的生境。

典则判别系数(图 1)的结果显示马鹿冬春季生境存在一定程度的重叠, 产生这一现象的原因可能有以下几个方面: 首先, 贺兰山马鹿的天敌主要豹(*Panthera pardus*)、狼(*Canis lupus*)和猞猁(*Lynx lynx*) 在 20 世纪 80 年代已基本绝迹^[27], 贺兰山的封山育林政策也大大减少了人类对马鹿的干扰; 其次, 从冬季到春季是一个逐步变化的过程, 包括温度的升高、植物的丰富等, 随着海拔的不断升高, 这一过程更加缓慢, 因此马鹿向高海拔地区的移动也应该有一个较长的时间。

贺兰山马鹿冬春季对生境的选择与其他分布区的马鹿存在较大的差别。如马鹿东北亚种(*C. e. xanthopygus*)多选择人工杨树幼林、天然杨桦幼林、阳坡、雪深 25 cm、距人为干扰 1 000 m 以外的生境^[22], 食物丰富度、隐蔽级、人为干扰和风向是影响其生境选择的主要生态因子^[28]; 苏格兰亚种(*C. e. scoricus*)偏好树木稀少、位于封闭森林边缘、相对开阔的生境^[29]; 落基山亚种(*C. e. nelsoni*)选择灌木丰富、中等坡度、低海拔的生境^[30]; 甘肃马鹿(*C. e. kansuensis*)分布范围很广, 多分布于海拔 2 400 ~ 3 800 m 之间的郁闭针叶林、稀疏针叶林、高山灌木林、草甸草原, 最喜爱利用稀疏针叶林^[2]; 塔里木马鹿(*C. e. yarkandensis*)喜欢栖息于罗布泊地区西部有水源的芦苇丛、沼泽地, 以便其消耗较小的能量来寻找食物、水源和隐蔽^[31]; 生活在比利时的马鹿指名亚种(*C. e. elaphus*)喜欢活动于浓密的松林中, 因为当地冬季大量开展狩猎活动和冰雪旅游活动, 浓密的松林可以为之提供一个天然的屏障, 以便其躲避旅游人群的干扰^[18]。动物在长期进化过程中, 逐渐会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^[32]。这种差异性与马鹿生存的生态环境有关, 不同的生态环境造成马鹿生活习性的不同。

在贺兰山地区,与马鹿同域分布的食草有蹄类动物还有岩羊(*Pseudois nayaur*),根据取食不同植物类型的形态特征和反刍动物的生理特征,岩羊和马鹿都是介于精饲者和粗饲者之间的中间类型^[33~36]。岩羊冬春季均偏爱选择以灰榆为优势乔木、食物较丰富、乔木密度较低、高度较矮的山地疏林草原带,避免选择山地针叶林带^[37,38],显然冬季马鹿与岩羊的活动区域存在重叠,尤其在取食植物的种类上,二者存在较大程度的重叠^[26,39],表明这两种有蹄类之间在冬季营养生态位需求上比较相似,因而它们之间具有食物竞争。在贺兰山岩羊已经成为优势物种,其种群数量已经达到 12 178 只^[40,41],马鹿的数量仅为 1 705 只^[42]。然而,马鹿冬季依然选择岩羊集中分布的山地疏林草原带越冬,可能与冬季食物资源的极度匮乏是分不开的,到了春季马鹿选择在山地针叶林带活动既可能是其自身对山地针叶林带的偏爱,也可能是为了避免与岩羊的竞争,还需要进一步研究才能证实。

References:

- [1] Gao Z X. Experiment and practice method of animal ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1992.
- [2] Yang Z Q, Xie J R, Gu S G. Research on the habitat selection and vertical distribution of Gansu Red deer (*Cervus elaphus kansuensis*) during winter in Qilian Mountains, China. J. Hexi College, 2004, 20 (5): 46—48.
- [3] Chen H P, Gao Z X. Wildlife Ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1992.
- [4] Chen H P, Li F, Luo L Y, Wang H, Ma J Z, Li F. Winter bed-site selection by red deer *Cervus elaphus xanthopygus* and roe deer *Capreolus capreolus bedfordi* in forests of northeastern China. Acta Theriol., 1999, 44 (2): 195—206.
- [5] Mautz W W. Sledding on a bushy hillside: The fat cycle in deer. Wildl. Soc. Bull., 1978, 6: 88—90.
- [6] Parker K L, Robbins C T. Thermoregulation in mule deer and elk. Can. J. Zool., 1984, 62 (7): 1409—1422.
- [7] Schmitz O J. Thermal constraints and optimization of winter feeding and habitat choice in white-tailed deer. Ecography, 1991, 14 (2): 104—111.
- [8] Jiang Z G. Principles of animal behavior and techniques of species conservation. Beijing: Science Press, 2004.
- [9] Nowak R M. Walker's Mammals of the World (6th). Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1999.
- [10] Tan B J. A systematic list of the mammals. Beijing: Chinese Science and Technology of Medicine Press, 1990.
- [11] Wang Y X. A complete checklist of mammal species and subspecies in China a taxonomic and geographic reference. Beijing: Chinese Forestry Press, 2003.
- [12] Li M, Wang X M, Sheng H L, Tamate H, Masuda R, Nagata J, Ohtaishi N. Origin and genetic diversity of four subspecies of red deer (*Cervus elaphus*). Zool. Res., 1998, 19 (3): 177—183.
- [13] 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.
- [14] Sheng H L. The deer in China. Shanghai: East China Normal University Press, 1992.
- [15] Wang X M, Li M, Tang S X, Liu Z X, Li Y G, Sheng H L. The study of resource and conservation of artiodactyls in Helan Mountain. Chinese J. Zool., 1999, 34 (5): 26—29.
- [16] Zhang X L, Li Z G, Lu H J, Guo H L. Studies on ecological habits and population dynamics of Ningxia red deer. Ningxia Sci. Technol. Agriculture For. Press (suppl.), 1999, 22—27.
- [17] Ager A A, Johnson B K, Kern J W, Kie J G. Daily and seasonal movements and habitat use by female rocky mountain elk and mule deer. J. Mammal., 2003, 84 (3): 1076—1088.
- [18] Alain M L. The diurnal habitat used by red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Haute Ardenne. Eur. J. Wild Res., 2006, 52 (3): 164—170.
- [19] Adrados C, Baltzinger C, Janeau G, Pépin D. Red deer *Cervus elaphus* resting place characteristics obtained from differential GPS data in a forest habitat. Eur. J. Wild Res., 2008, 54 (3): 487—494.
- [20] Edge W D, Marcum C L, Olson-edge S L. Summer forage and feeding site selection by elk. J. Wildl. Manage., 1988, 52 (4): 573—577.
- [21] Plamer S C F, Truscott A M. Truscott seasonal habitat use and browsing by deer in Caledonian pinewoods. For. Ecol. Manage., 2003, 174 (1-3): 149—166.
- [22] Chang H, Xiao Q Z. Selection of winter habitat of red deer in Dailing region. Acta Theriol. Sinica, 1988, 8 (2): 81—88.
- [23] Di W Z. Plantae vasculares Helan Mountain. Xi'an: Northwestern University Press, 1987.
- [24] McCorquodale S M. Sex-specific movements and habitat use by elk in the cascade range of Washington. J. Wildl. Manage., 2003, 67 (4): 729—741.
- [25] Franklin W L, Mossman A S, Dole M. Social organization and home range of Roosevelt elk. J. Mammal., 1975, 56: 102—118.
- [26] Cui D Y, Liu Z S, Wang X M, Zhai H, Hu T H, Li Z G. Winter food-habits of red deer in Helan Mountains, China. Zool. Res., 2007, 28 (4): 383—388.

- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] Welch D, Staines B W, Catt D C, Scott D. Habitat usage by red (*Cervus elaphus*) and roe (*Capreolus capreolus*) deer in a Scottish Sitka spruce plantation. J. Zool., 1990, 221 (4): 453—476.
- [30] Unsworth J W, Kuck L, Garton E O, Butterfield B R. Elk habitat selection on Clearwater national forest, Idaho. J. Wildl. Manage., 1998, 62 (4): 1255—1263.
- [31] Qiao J F, Yang W K, Gao X Y. Natural diet and food habitat use of the Tarim red deer. Chinese Science Bulletin, 2006, 51 (Supp. 1): 147—152.
- [32] Sun R Y. The principles of animal ecology (3rd). Beijing: Beijing Normal University Press, 2001.
- [33] Hofmann R R. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. Oecologia, 1989, 78 (4): 443—457.
- [34] Schaller G B. Wildlife of the Tibetan steppe. Chicago: University of Chicago Press, 1998.
- [35] Mishra C, Van Wieren S E, Ketner P, Heitk nig I M A, Prins H H T. Competition between domestic livestock and wild bharal *Pseudois nayaur* in the Indian Trans-Himalaya. J. Appl. Ecol., 2004, 41 (2): 344—354.
- [36] Shrestha R, Wegge P, Koirala R A. Summer diets of wild and domestic ungulates in Nepal Himalaya. J. Zool., 2005, 266 (2): 111—119.
- [37] Liu Z S, Cao L R, Wang X M, Li T, Li Z G. 2005. Winter bed-site selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, Ningxia, China. Acta Theriol. Sinica, 2005, 25 (1): 1—8.
- [38] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y, Li X Q. Feeding habitats of blue sheep (*Pseudois nayaur*) during winter and spring in Helan Mountains, China. Front. Biol. China, 2007, 2 (1): 100—107.
- [39] Liu Z S, Wang X M, Teng L W, Cao L R. Food habits of blue sheep, *Pseudois nayaur*, in the Helan Mountains, China. Folia Zool., 2007, 56 (1): 13—22.
- [40] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Zhai H, Hu T H. Distribution and abundance of blue sheep in Helan Mountains, China. Chinese J. Zool., 2007, 42 (3): 1—8.
- [41] Liu Z S, Wang X M, Teng L W, Cui D Y, Li X Q. Estimating seasonal density of blue sheep (*Pseudois nayaur*) in the Helan Mountain region using distance sampling methods. Ecol. Res., 2008, 23 (2): 393—400.
- [42] Zhang X L, Li Z G, Li Z, Ma Y X, Zhang T S, Zhai H. Studies on population quantity and dynamics of red deer in spring for Helanshan of Ningxia. J. Ningxia Univ. (Natural Science Edition), 2006, 27 (3): 263—265.

参考文献:

- [1] 高中信. 动物生态学实验与实习方法. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992.
- [2] 杨忠庆, 谢建荣, 顾生贵. 祁连山寺大隆林区甘肃马鹿夏季生境选择及垂直分布的研究. 河西学院学报, 2004, 20 (5): 46~48.
- [3] 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.
- [8] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004.
- [10] 谭邦杰. 哺乳动物分类名录. 北京: 中国医药科技出版社, 1990.
- [11] 王应祥. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [12] 李明, 王小明, 盛和林, 玉手英利, 增田隆一, 永田纯子, 大森司纪之. 马鹿四个亚种的起源和遗传分化研究. 动物学研究, 1998, 19 (3): 177~183.
- [13] 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.
- [14] 盛和林. 中国鹿类动物. 上海: 华东师范大学出版社, 1992.
- [15] 王小明, 李明, 唐绍祥, 刘志宵, 李元广, 盛和林. 贺兰山偶蹄类动物资源及保护现状研究. 动物学杂志, 1999, 34 (5): 26~29.
- [16] 张显理, 李志刚, 吕海军, 郭宏玲. 宁夏马鹿的生态习性与种群动态研究. 宁夏农林科技 (增刊), 1999, 22~27.
- [22] 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.
- [23] 狄维忠. 贺兰山维管植物. 西安: 西北大学出版社, 1987.
- [26] 崔多英, 刘振生, 王小明, 翟昊, 胡天华, 李志刚. 贺兰山马鹿冬季食性分析. 动物学研究, 2007, 28 (4): 383~388.
- [28] 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.
- [32] 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.
- [37] 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.
- [40] 刘振生, 王小明, 李志刚, 翟昊, 胡天华. 贺兰山岩羊的数量与分布. 动物学杂志, 2007, 42 (3): 1~8.
- [42] 张显理, 李志刚, 李正, 马勇玺, 张铁师, 翟昊. 宁夏贺兰山马鹿春季种群数量与种群动态研究. 宁夏大学学报 (自然科学版), 2006, 27 (3): 263~265.