

唐家河国家级自然保护区林麝排便点偏好

查穆哈^① 谌利民^② 杨双^① 徐尚华^①
郭小兵^① 张宝峰^① 胡德夫^{①*}

① 北京林业大学自然保护区学院 北京 100083; ② 四川唐家河国家级自然保护区 广元 628109

摘要: 林麝 (*Moschus berezovskii*) 是重要的资源动物, 也是生态系统中的重要一员, 由于过度捕猎和栖息地破碎化等导致其种群急剧下降。恢复林麝种群的根本方法是保护和恢复其栖息地。林麝的排便点分布在其整个活动区内, 且有很好的指示作用。本研究通过分析林麝排便点位置, 了解林麝栖息地选择偏好。在唐家河国家级自然保护区内不同海拔梯度布置 17 个 1 km × 1 km 的样方, 每个样方内至少 1 条样线, 样线每隔 400 m 设置搜索样线, 以发现排便点为中心设置 1 个 10 m × 10 m 利用样方, 若未发现排便点, 在搜索样线中部设置 1 个 10 m × 10 m 对照样方, 并记录样方内的生境因子。采用 Ivlev 的选择性指数、广义线性模型及多重对应法分析林麝对生境因子的偏好。结果发现, 林麝最为偏好的植被类型为针阔混交林 ($E = 0.528$), 而规避常绿阔叶林 ($E = -1$)、次生落叶阔叶林 ($E = -0.816$) 和常绿落叶阔叶林 ($E = -0.585$)。此外, 海拔、灌丛盖度和坡度也显著影响林麝栖息地偏好, 其排便点集中分布在海拔 2 000 ~ 2 600 m 区间, 并且偏好有一定灌丛盖度且坡度陡的生境。

关键词: 林麝; 排便点; 栖息地偏好; 多重对应分析; 广义线性回归

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 04-484-09

Latrine Preference of Forest Musk Deer *Moschus berezovskii* in Tangjiahe National Nature Reserve, Sichuan Province

CHA Mu-Ha^① CHEN Li-Min^② YANG Shuang^① XU Shang-Hua^①
GUO Xiao-Bing^① ZHANG Bao-Feng^① HU De-Fu^{①*}

① *Beijing Forestry University, School of Nature Conservation, Beijing 100083;*

② *Tangjiahe National Nature Reserve, Sichuan Province, Guangyuan 628109, China*

Abstract: Forest Musk Deer (*Moschus berezovskii*) is an important member of ecosystem and has great commercial value also. Forest musk deer is threatened by poaching for musk pod and habitat fragmentation. Therefore, Studying on Musk Deer's habitat preferences plays a crucial role in protecting their habitat. Musk Deer is a solitary mammal and is not easily found in the field. However, Musk deer has a specific defecation behavior that they uses repeatedly one or more specific defecation sites. Those latrines can be found through

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31872962);

* 通讯作者, E-mail: hudf@bjfu.edu.cn;

第一作者简介 查穆哈, 男, 硕士研究生; 研究方向: 野生动物保护生物学; E-mail: 389845080@qq.com.

收稿日期: 2019-01-21, 修回日期: 2019-05-21 DOI: 10.13859/j.cjz.201904005

out its habitat. In order understand the habitat preference of Forest Musk Deer in Tangjiahe National Nature reserve, we selected 17 quadrats of 1 km × 1 km in size through out the elevation gradient 2 300 - 3 200 m (Fig.1). Within each quadrat, we checked the deer latrine by walking a transect of 2.5 km length and 10 meter width. We also recorded both biotic and abiotic factors within the transction. Ivlev's electivity index, generalized linear model and multiple correspondence analysis were used to analyze the data. We found that the forest musk deer prefers to use latrine sites in coniferous and broad leaf forests ($E = 0.528$) and avoid evergreen broad-leaved forest ($E = -1$), secondary deciduous broad-leaved forest ($E = -0.816$) and evergreen and deciduous broad-leaved forest ($E = -0.585$). Latrines of musk deer were densely distributed between 2 000 m and 2 600 m altitude. Further more, shrub coverage and slope have a crucially influence in latrine preference of forest musk deer (Table 2, 3).

Key words: Forest Musk Deer, *Moschus berezovskii*; Latrine sites; Habitat preference; Multiple correspondence analysis; Generalized linear models

哺乳动物在一个或多个固定地点多次排便的习性被称为厕所行为(latrine behavior)(Irwin et al. 2004), 无论肉食性和植食性哺乳动物或独居和群居性哺乳动物均存在这种行为的物种, 尤其多见于夜行性物种(Wronski et al. 2010, Aadrean et al. 2017, Singh et al. 2018)。厕所行为不仅被认为是一种化学通讯手段(Green 1987), 还具有避免寄生虫传播与感染(Gilbert 1997)、躲避捕食者追踪(Eppley et al. 2016)等作用, 具有很重要的生态学意义。

麝类(*Moschus spp.*)是东亚特有的林栖小型反刍动物, 也是珍贵的药用资源动物。中国是世界上麝类资源最丰富的国家, 麝香产量曾占全球的90%以上(盛和林 1996)。近50年来, 人类活动影响、滥捕滥猎、栖息地破碎化等已导致中国野生麝类种群锐减90%以上, 已处于濒危状态, 2002年麝类所有种悉数纳入国家I级保护野生动物(Yang et al. 2003, Meng et al. 2006)。麝类具有独居、胆怯、机警、领域性强等生物学特性, 采用粪尿排泄物和尾腺分泌物释放信息素, 化学通讯发达(Green 1987, Sokolov et al. 1987)。麝类排便点(latrine site)是其重要的化学通讯场所, 遍布整个栖息地且重复利用(Green 1987)。麝类机警胆怯, 行动隐秘, 难以发现实体, 一些学者采用麝类卧息地、足迹、排便点等研究其栖息地选择,

得出麝类依据生存环境选择各自喜好栖息地的结论(佟梦等 2010, Khadka et al. 2016, Singh et al. 2018)。近年来, 排便点越来越多地被作为研究和评价麝类栖息地的标识物, 并被认为具有动物生态学上的重要指示作用。

为此, 本研究于2018年8月20日至9月20日采用林麝排便点作为标识物, 研究其栖息环境特征, 揭示其生物学特性, 为制定和实施该物种的有效保护对策提供科学依据。

1 研究区域和方法

1.1 研究区域

本研究区域位于四川省唐家河国家级自然保护区(104°24'~104°53'E, 32°32'~32°41'N), 地处四川盆地向青藏高原过渡的高山峡谷地带, 地势呈西北高, 东南低, 最高海拔3 864 m, 最低海拔1 150 m, 总面积约400 km²。气候类型依海拔高程存在明显的垂直变化, 1 500 m以下为山地暖温带, 年均温12 °C; 1 500~2 300 m为山地温带, 年均温9~11.5 °C; 2 300~3 200 m为山地寒温带, 最高气温仅10 °C; 3 200 m以上为山地亚寒带, 最高气温常在10 °C以下。自然植被具有典型的山地植被垂直特征, 随海拔高程递增呈现为常绿阔叶林、常绿落叶阔叶林、针阔叶混交林、亚高山针叶林和高山灌丛、草甸等。自然地理要素的异质性

孕育了复杂的动物地理特征，该区域具有古北界的青藏区与东洋界的华中区和西南区动物区系成分的交汇特征，动物多样性组成丰富，计有脊椎动物 5 纲 27 目 101 科 267 属 430 种(胡锦涛 2005)。

1.2 研究方法

该保护区植被调查表明，植被具有典型的山地垂直带特征(胡锦涛 2005, 黄允优等 2008)。因此,根据海拔梯度布置了 17 个 1 km × 1 km 样方(图 1), 每个样方内至少布置 1 条样线, 样线的搜索宽度约 10 m, 长度蜿蜒延伸 2.5 km。样线每隔 400 m 在两侧设置 2 条垂直的 30 m 搜索样线, 宽度 10 m。以最先发现林麝排便点为中心设置 1 个 10 m × 10 m 林麝利用样方; 若未发现林麝排便点, 在搜索样线中部设置 1 个 10 m × 10 m 对照样方。单侧搜索样线最多设置 1 个 10 m × 10 m 样方, 样方的中心和四角处各布设 1 个 2 m × 2 m 小样方。如果地形过于复杂难以布设搜索样线(如悬崖), 则继续行进至可布设搜索样线处。参照麝

类栖息地研究(鲁庆彬等 2005, 胡忠军等 2007, 杨翠等 2011)并结合调查区的实际情况, 记录样方内的各项因子, 以下 10 m × 10 m 样方记述为大样方, 2 m × 2 m 记述为小样方, 样方内各因子的定义如下。

海拔: 大样方中心点的海拔高程;

坡度: 大样方的坡度, 平坡 (0° ~ 5°), 缓坡 (5° ~ 20°), 斜陡坡 (20° ~ 45°), 陡坡 (> 45°);

坡向: 大样方的坡向, 东坡 (45° ~ 135°), 南坡 (135° ~ 225°), 西坡 (225° ~ 315°), 北坡 (315° ~ 45°);

坡形: 大样方的坡面形状, 坡形分为无坡形、凹坡、凸坡、复合坡;

乔木层平均高度: 大样方内乔木平均高度, 乔木指胸径 (diameter at breast height, DBH) 超过 10 cm 的乔木;

乔木层平均胸径: 大样方内乔木 (DBH > 10 cm) 胸径平均值;

乔木层密度: 大样方内乔木 (DBH > 10 cm) 密度;

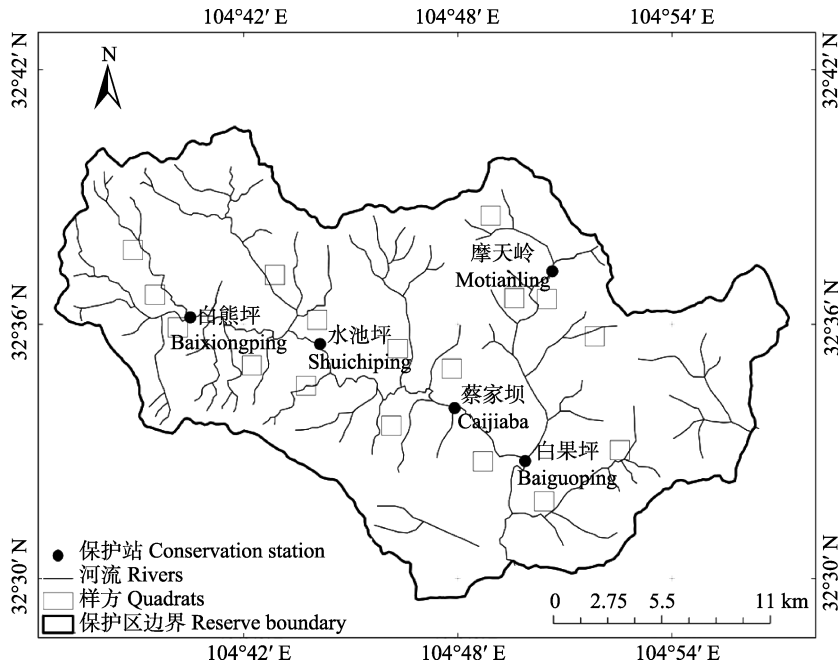


图 1 1 km × 1 km 样方的分布

Fig. 1 Distribution of 1 km × 1 km quadrats

乔木层郁闭度：大样方内植被上层林冠对地面的覆盖百分比；

植被类型：大样方植被类型，根据保护区现有植被状况分为 4 种类型，即常绿阔叶林、次生落叶阔叶林、常绿落叶阔叶林和针阔混交林；

灌丛盖度：5 个小样方内灌丛盖度的平均值；

灌丛平均高度：5 个小样方内灌丛高度的平均值；

地表植被盖度：5 个小样方内地表植被盖度的平均值；

距离干扰源的距离：利用 ArcGis 软件的 NEAR 分析求出样方距离干扰源的直线距离。

1.3 数据分析

采用 Ivlev 选择性指数 (Ivlev's electivity index, E) 计算林麝对森林类型的偏好度, $E = (U_i - A_i) / (U_i + A_i)$, 式中, U_i 指被利用的样方中具有 i 植被类型的利用样方占有所有被利用样方数的比例, A_i 指所有样方中具有 i 植被类型的样方占总样方的比例。 E 值在 -1 和 1 之间, 其中, 负值表示规避度, 正值表示偏好度。采用多重对应分析确定生境因子的分类变量与排便点选址的联系, 并用卡方检验分析林麝利用组与对照组的差异性。使用广义线性模型 (generalized linear model, GLM) 揭示生境因子的连续变量与排便点选址的联系, 样方的利用情况 (排便点存在或不存在) 被当作二项式变量, 使用向前向后逐步回归法 (stepwise stepwise method), 根据 AIC (skaike information criterion) 值选择最佳模型。使用 R 中的 glm 函数进行 Logistic 回归。数据分析用 EXCEL、SPSS 22.0、R 3.5.0 和 ArcGIS 等软件处理。

2 结果

2.1 林麝对森林类型的偏好

根据本调查结果中林麝的排便点分布, 发现林麝对森林类型有明显的偏好性。夏季林麝偏好针阔混交林 ($E = 0.528$), 规避常绿阔叶林

($E = -1$)、次生落叶阔叶林 ($E = -0.816$) 和常绿落叶阔叶混交林 ($E = -0.585$)。

2.2 多重对应分析结果

将分类变量 (坡度、坡向、坡形、乔木层郁闭度、植被类型、灌丛盖度、地表植被盖度) 作分析变量, 进行多重对应分析。前两个维度的累计方差 68.53%, 两个维度和整个模型的 Cronbach's Alpha 信度系数分别为 0.728、0.481 (表 1), 说明采用二维较为合适。根据多重对应分析 (图 2), 落在原点 (0, 0) 出发接近相同方位及图形相同区域的变量间有联系。为更好地突显出林麝对分类变量的偏好, 用 R 中 stats 包, 对分类变量进行卡方检验 (表 2)。可以看出林麝排便点选址与中高盖度的灌丛 ($P = 0.011$)、植被类型中针阔混交林 ($P = 0.001$) 和坡度较高的陡坡 ($P = 0.030$) 有相关性, 且规避植被类型的常绿阔叶林、缓坡、无灌丛的林地。

表 1 多重对应分析模型总汇

Table 1 Summary of multiple correspondence analysis models

维数 Dimension	信度系数 Cronbach's Alpha	特征值 Eigenvalue	惯量 Inertias
1	0.728	3.756	0.470
2	0.481	1.726	0.216
总计 Total		5.482	0.685

2.3 连续变量的广义线性模型 (GLM) 分析

根据逐步回归结果 (表 3) 选择最适模型, 基于赤池信息准则 (AIC) 选择简化 GLM 模型。结果表明 (表 4), 海拔与乔木层平均高度是影响林麝排便点选址的重要因子, 但乔木层平均高度对林麝排便点选址影响不显著 ($P > 0.05$)。利用 R 中的 predict 函数, 海拔当作预测变量, 发现林麝排便点出现的概率随着海拔升高而增加, 在 2 500 ~ 2 600 m 处概率最大 (图 3)。发现的林麝排便点主要分布在海拔 2 000 ~ 2 600 m 之间, 较低海拔 (< 1 800 m) 和较高海拔 (> 2 700 m) 区域没有发现林麝的排便点。

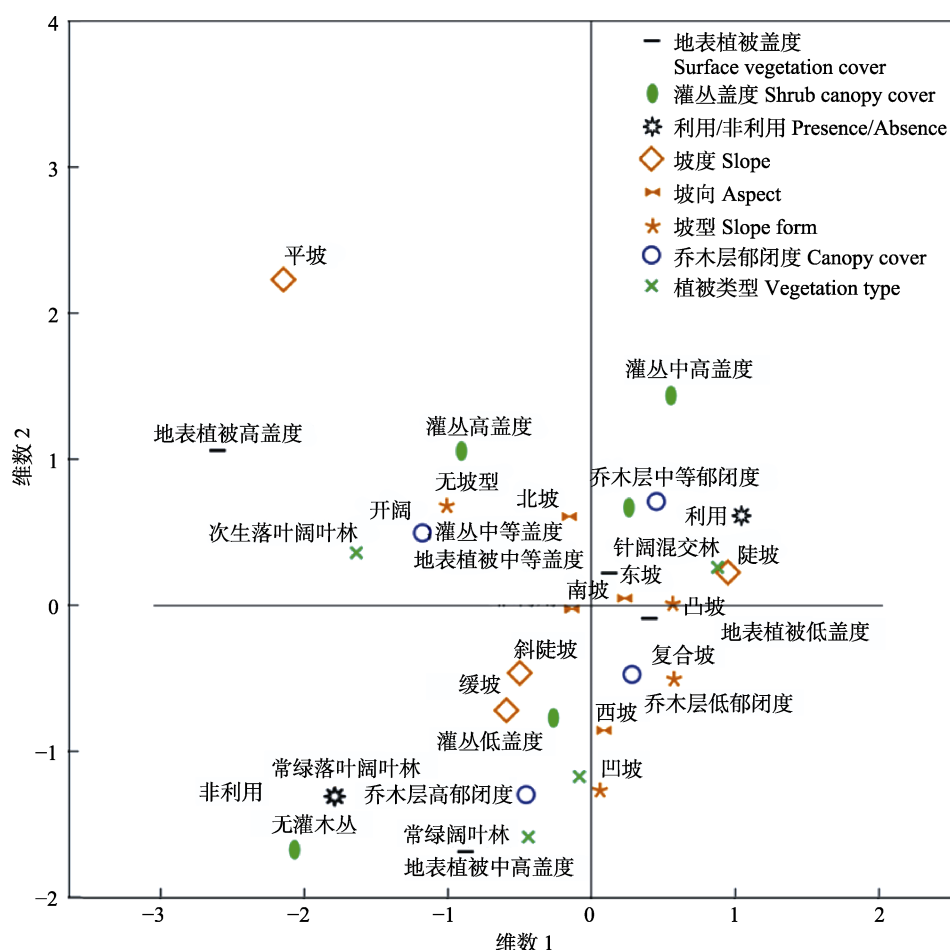


图 2 分类变量的多重对应分析

Fig. 2 Multiple correspondence analysis of categorical variables

地表植被低盖度. Low cover; 地表植被中盖度. Medium cover; 地表植被中高盖度. Medium-high cover; 地表植被高盖度. High cover; 无灌丛. No shrub; 灌丛低盖度. Low shrub canopy; 灌丛中盖度. Medium shrub canopy; 灌丛中高盖度. Medium-high shrub canopy; 灌丛高盖度. High shrub canopy; 利用样方. Presence; 非利用样方. Absence; 陡坡. Steep slope; 平坡. Straight slope; 缓坡. Gentle slope; 斜陡坡. Inclined steep slope; 东坡. East slope; 西坡. West slope; 南坡. South slope; 北坡. North slope; 凹坡. Concave slope; 凸坡. Convex slope; 复合坡. Uniform slope; 无坡形. No shape; 开阔. Open area; 乔木层低度郁闭. Low canopy; 乔木层中等郁闭度. Medium canopy; 乔木层高郁闭度. High canopy; 常绿阔叶林. Evergreen broad-leaved forest; 常绿落叶阔叶林. Deciduous broad-leaved forest; 次生落叶阔叶林. Secondary deciduous broad-leaved forest; 针阔混交林. Coniferous and broad-leaved forests.

3 讨论

林麝是一种独栖动物，各自占据一定的空间单独活动。野生林麝个体间视觉接触极少且很少发出叫声，其栖息地森林覆盖密集，化学通讯是林麝主要的通讯方式，因此排便点对其有很重要的生态学意义。麝类的排便点分布在

其整个栖息地，对于其栖息地研究有很重要的指示作用 (Green 1987, Shresth et al. 2014)。

根据 Ivlev 选择性指数，本研究发现针阔混交林是林麝偏好的植被类型 ($E = 0.528$)，而规避常绿阔叶林 ($E = -1.000$)、次生落叶阔叶林 ($E = -0.816$) 和常绿落叶阔叶混交林 ($E = -0.585$)。但是 E 为负值并不代表林麝完全不

利用该植被类型, 研究中也发现林麝粪便分布于次生落叶阔叶林和常绿落叶阔叶林。植被类型的偏好综合反映了林麝的食物组成及分布地海拔、生境结构、地形地貌和气候等特征, 最大程度代表了林麝的栖息地特征 (胡忠军等

2007)。林麝对植被类型有明显的选择性 (王会志等 1988), 但因地域和种群的不同其偏好的植被类型有差异。在广西部分地区 (向长兴 1974) 和四川马边大风顶自然保护区 (魏辅文等 1995) 林麝活动于常绿阔叶林中; 在四川

表 2 分类变量的卡方检验

Table 2 Chi-square test of habitat factor

生境因子 Habitat factor		利用样方频率 Frequency of present quadrats (n = 26)	非利用样方频率 Frequency of absent quadrats (n = 161)	卡方检验 Chi-square test
坡度 Slope	平坡 Straight slope	0	14	$\chi^2 = 8.85$ $df = 3$ $P = 0.030$
	缓坡 Gentle slope	2	28	
	斜陡坡 Inclined steep slope	6	55	
	陡坡 Steep slope	18	64	
坡向 Aspect	东坡 East slope	6	44	$\chi^2 = 0.94$ $df = 3$ $P = 0.810$
	南坡 South slope	10	47	
	西坡 West slope	4	30	
	北坡 North slope	6	40	
坡形 Slope form	无坡形 No shape	7	57	$\chi^2 = 3.83$ $df = 3$ $P = 0.280$
	凹坡 Concave slope	0	12	
	凸坡 Convex slope	8	46	
	复合坡 Uniform slope	11	46	
乔木层郁闭度 Canopy cover	开阔 Open area	4	36	$\chi^2 = 1.55$ $df = 3$ $P = 0.660$
	低度郁闭 Low canopy	15	85	
	中等郁闭度 Medium canopy	6	38	
	高郁闭度 High canopy	1	2	
植被类型 Vegetation type	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	0	10	$\chi^2 = 15.5$ $df = 3$ $P = 0.001$
	次生落叶阔叶林 Secondary deciduous broad-leaved forest	1	70	
	常绿落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	2	53	
	针阔混交林 Coniferous and broad-leaved forests	23	28	
灌丛盖度 Shrub canopy cover	无灌丛 No shrub	0	2	$\chi^2 = 12.93$ $df = 4$ $P = 0.011$
	低盖度 Low shrub canopy	10	102	
	中盖度 Medium shrub canopy	8	38	
	中高盖度 Medium high shrub canopy	6	8	
	高盖度 High shrub canopy	2	11	
地表植被盖度 Surface vegetation cover	低盖度 Low cover	19	99	$\chi^2 = 5.10$ $df = 3$ $P = 0.160$
	中盖度 Medium cover	7	35	
	中高盖度 Medium high cover	0	10	
	高盖度 High cover	0	17	

χ^2 和 df 分别表示卡方及自由度。差异显著标准为, $P < 0.01$, 差异极显著; $P < 0.05$, 差异显著; $P > 0.05$, 差异不显著。

χ^2 and df indicated chi-square and degree of freedom. The significance standard: $P < 0.01$, extremely significant; $P < 0.05$, significant; $P > 0.05$, insignificant.

表 3 逐步回归结果

Table 3 Stepwise regression results

变量 Habitat factors	AIC
海拔、乔木层平均高度、乔木层平均胸径、乔木层密度、灌丛平均高度、干扰源距离 Altitude, average height of trees, average DBH of trees, tree density, average height of shrub, disturbance distance	108.15
海拔、乔木层平均高度、乔木层平均胸径、灌丛平均高度、干扰源距离 Altitude, average height of trees, average DBH of trees, average height of shrub, disturbance distance	106.16
海拔、乔木层平均高度、乔木层平均胸径、干扰源距离 Altitude, average height of trees, average DBH of trees, disturbance distance	104.16
海拔、乔木层平均高度、乔木层平均胸径 Altitude, average height of trees, average DBH of trees	102.20
海拔、乔木层平均高度 Altitude, average height of trees	100.31

粗体是根据 AIC 值选择的最优模型。The final model is printed bold.

表 4 基于 AIC 准则选择的简化 GLM 模型结果

Table 4 The results of reduced GLM model selected based on AIC criterion

变量 Habitat factor	估计量 Estimate	标准误差 Std. Error	Z 统计量 Z value	P
截距 Intercept	-19.200	3.640	-5.26	<0.001
海拔 Altitude	0.009	0.002	5.22	<0.001
乔木层平均高度 Average height of trees	-0.164	0.090	-1.82	0.069

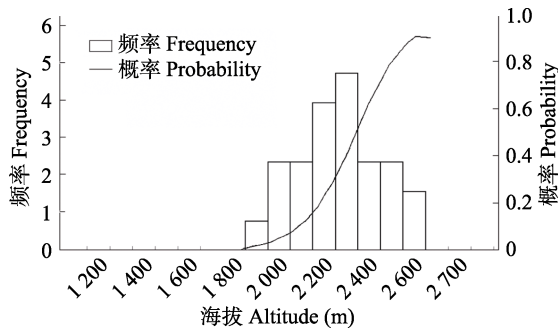


图 3 沿海拔梯度林麝排便点出现的频率与概率

Fig. 3 Predictive probability and frequency of feces occurrence along altitude gradient

频率. 排便点出现的频率; 概率. 排便点出现的概率。

Frequency. The frequency of the latrine occurrence; Probability. The probability of latrine occurrence.

冕宁冶勒自然保护区(郭建等 2001)和美姑大风顶自然保护区(杨萃等 2011)林麝选择的主要植被类型是针叶林;在秦岭紫柏山自然保护区林麝偏好针阔混交林(胡忠军等 2007),这与本文结果一致。动物对栖息地的选择具有一

定的可塑性(孙儒泳 2001)。不同地域、不同山系的林麝,由于生态环境的差异,导致习性、行为模式以及对植被类型的偏好不尽相同。

很多研究表明,林麝对海拔有明显的选择性(王会志等 1988, 杨奇森等 1990, 郭建等 2001, 杨萃等 2011)。这与本研究结果相吻合,但本研究中林麝偏好的海拔区间与上述研究结果有一定的差异。这可能同各地区在特定海拔区间内的环境条件和资源状况不同有关(杨奇森等 1990)。本研究在海拔 1 900 ~ 2 700 m 之间均发现了林麝的排便点,且林麝排便点存在的概率随着海拔的升高增加。本研究发现,林麝排便点的分布集中在海拔 2 000 ~ 2 600 m 区间,可能与以下几点有关:一是植被类型,林麝分布集中的海拔区间基本与针阔混交林带(2 000 ~ 2 500 m)相重合,而针阔混交林是林麝最偏好的植被类型;二是温度的垂直差异,由于麝喜寒冷畏暑热的习性和全身密布保温性好而散热性差的中空毛发(盛和林 2007)加上其运动带来的代谢产热,温度可能是林麝夏季选择海拔的关键因素之一,山地森林气候垂直变化(温度垂直变化),林麝选择较高的海拔来获得适宜温度;三是人为干扰,人为干扰会影响林麝的垂直分布(王会志等 1988, 郭建等 2001),干扰较小的保护地区(如白熊坪保护站,海拔 2 000 m)中林麝排便点的相对海拔较低,与山麓的海拔差(林麝排便点海拔 - 山麓海拔)为 200 ~ 300 m,随着干扰程度加剧,相对海拔

越来越高, 在蔡家坝保护站(海拔 1 250 m)和白果坪保护站(海拔 1 200 m)周围海拔差为 600~1 000 m。

动物选择不同的栖息地可反映其生理生态需求与被捕食风险之间的一种平衡关系(Allen-Rowlandson 1986)。本研究发现, 林麝对中高盖度的灌丛和陡坡较为喜好。隐蔽条件是动物栖息地的关键因素之一, 灌丛为林麝提供良好的隐蔽条件, 躲避敌害。林麝胆小机警, 对栖息地隐蔽条件要求高, 灌丛稀疏的地带对于林麝隐蔽和觅食都不利, 过于茂盛的灌丛也不利于林麝移动和避敌。因此林麝偏好中等盖度的灌丛。相似的研究及结果也存在于喜马拉雅麝(*M. leucogaster*), 通过对排便点的监测发现它们偏好特定海拔范围的针叶林和混交林, 而避开植物稀疏的开阔地带(Singh et al. 2018)。另外, 林麝后肢强壮, 臀高大于肩高, 这种身体特点决定了其善于跳跃、不善步行的运动方式, 适应在坡地环境运动及躲避敌害(Green 1986)。因此坡度 45° 以上的陡坡不但不影响林麝的活动, 还能在遇到敌害时快速拉开距离。

致谢 本研究得到四川唐家河国家级自然保护区及其下属保护站的大力协助, 特致感谢。

参 考 文 献

- Aadrean, Usio N. 2017. Small-clawed otters (*Aonyx cinereus*) in Indonesian rice fields: latrine site characteristics and visitation frequency. *Ecological Research*, 32(6): 1–10.
- Allen-Rowlandson T S. 1986. An autecological study of bushbuck and common duiker in relation to forest management. Pietermaritzburg: PhD Thesis, University of Natal.
- Eppley T M, Ganzhorn J U, Donati G. 2016. Latrine behaviour as a multimodal communicatory signal station in wild lemurs: the case of *Hapalemur meridionalis*. *Animal Behaviour*, 111: 57–67.
- Gilbert K A. 1997. Red howling monkey use of specific defecation sites as a parasite avoidance strategy. *Animal Behaviour*, 54(2): 451–455.
- Green M J B. 1986. The distribution, status and conservation of the Himalayan musk deer *Moschus chrysogaster*. *Biological Conservation*, 35(4): 347–375.
- Green M J B. 1987. Scent-marking in the Himalayan musk deer (*Moschus chrysogaster*). *Journal of Zoology*, 1(4): 721–737.
- Irwin M T, Samonds K E, Raharison J L, et al. 2004. Lemur latrines: Observations of latrine behavior in wild primates and possible ecological significance. *Journal of Mammalogy*, 85(3): 420–427.
- Khadka K K, James D A. 2016. Habitat selection by endangered Himalayan musk deer (*Moschus chrysogaster*) and impacts of livestock grazing in Nepal Himalaya: Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*, 31: 38–42.
- Meng X, Zhou C, Hu J, et al. 2006. Musk deer farming in China. *Animal Science*, 82(1): 1–6.
- Shresth B B, Meng X. 2014. Spring habitat preference, association and threats of Himalayan musk deer (*Moschus leucogaster*) in Gaurishankar Conservation Area, Nepal. *International Journal of Conservation Science*, 5(4): 535–546.
- Singh P B, Shrestha B B, Thapa A, et al. 2018. Selection of latrine sites by Himalayan musk deer (*Moschus leucogaster*) in Neshyang Valley, Annapurna Conservation Area, Nepal. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1): 920–926.
- Sokolov V E, Kagan M Z, Vasilieva V S, et al. 1987. Musk deer (*Moschus moschiferus*): Reinvestigation of main lipid components from preputial gland secretion. *Journal of Chemical Ecology*, 13(1): 71.
- Wronski T, Plath M. 2010. Characterization of the spatial distribution of latrines in reintroduced mountain gazelles: do latrines demarcate female group home ranges? *Proceedings of the Zoological Society of London*, 280(1): 92–101.
- Yang Q, Meng X, Xia L, et al. 2003. Conservation status and causes of decline of musk deer (*Moschus* spp.) in China. *Biological Conservation*, 109(3): 333–342.
- 郭建, 程晓峰, 巨云为, 等. 2001. 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*, 7(2): 183–185.
- 胡锦矗. 2005. 四川唐家河自然保护区综合科学考察报告. 成都: 四川科学技术出版社.
- 胡忠军, 王滔, 薛文杰, 等. 2007. 陕西紫柏山自然保护区林麝种群密度. *浙江农林大学学报*, 24(1): 65–71.
- 黄尤优, 刘守江, 张鹤, 等. 2008. 唐家河自然保护区植被景观空间格局分析. *中南林业科技大学学报*, 28(1): 108–112.
- 鲁庆彬, 胡锦矗. 2005. 四川石渠县藏原羚夏季数量集群及分布特点. *内江师范学院学报*, 20(2): 77–82.
- 盛和林. 1996. 我国麝资源现状及救护措施. *野生动物学报*, (3): 10–12.

- 盛和林. 2007. 中国麝科动物. 上海: 上海科学技术出版社, 188-192.
- 孙儒泳. 2001. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 258-259.
- 佟梦, 潘世秀, 王向伟, 等. 2010. 甘肃兴隆山自然保护区马麝夏季栖息地特征及生境选择格局. *动物学研究*, 31(6): 610-616.
- 王会志, 盛和林. 1988. 四川盆地西北缘林麝种群密度及保护与利用. *兽类学报*, 8(4): 241-249.
- 魏辅文, 王维. 1995. 四川马边大风顶自然保护区林麝种群密度初步分析. *四川动物*, (2): 66-67.
- 向长兴. 1974. 广西壮族自治区麝的生态和活捕方法的调查. *动物学杂志*, 9(2): 9-10.
- 杨萃, 马光, 孟秀祥, 等. 2011. 凉山山系林麝夏季利用生境特征. *生态学杂志*, 30(1): 18-23.
- 杨奇森, 彭基泰. 1990. 横断山脉北部林麝的种群生态研究. *西华师范大学学报: 自然科学版*, 10(4): 255-262.