

重庆金佛山国家级自然保护区林麝生境选择研究*

刘 晴¹, 彭建军¹, 崔小娟¹, 刘辉林¹, 王 霞², 陈丽霞², 张敏强², 李 新², 申 玲²

(1. 湖南科技大学 生命科学与健康学院, 湖南 湘潭 411201; 2. 重庆金佛山自然保护区管理事务中心, 重庆 南川 408400)

摘要:为了解重庆金佛山国家级自然保护区林麝(*Moschus berezovskii*)对不同生境选择的偏好,于 2022 年 7 月—2023 年 8 月,采用访问法、样线法、资料收集等方法对该保护区林麝生境中海拔、植被类型、郁闭度等 9 个生态因子进行实地调查。调查结果显示:1) 林麝喜欢栖息于中高海拔区域、植被类型为针阔混交林和常绿阔叶林、郁闭度为中度郁闭、灌木盖度为低度覆盖、急险坡、距水源较近及远离人为干扰的具有岩石基底的生境。2) 主成分分析表明,对金佛山保护区的林麝生境选择起重要作用的前 3 个主成分的累计贡献率达到 73.351%,影响生境选择的主要因子依次是灌木盖度(0.915)、坡度(0.845)、距水源距离(0.833)、活动基底(0.812)、植被类型(0.759)和郁闭度(0.731)。上述研究结果为保护区管理人员对林麝展开有效保护和管理提供了科学指导和依据。

关键词:林麝;金佛山国家级自然保护区;生境选择

中图分类号:Q958

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2024)06-0119-08

生境(habitat)一词最早出现在 1917 年^[1],野生动物对生境的选择是经过长期的自然选择与进化过程而形成的一种稳定进化策略^[2],是它们对环境的一种适应行为。受气候、地形、自身习性等因素的影响,野生动物对不同的生境以及生境中不同的生态因子的偏好不同,它们会综合考虑食物来源、水源供应、遮蔽处、繁殖场所等多重因素^[3]。为了解野生动物的生存需求和适应性,开展动物生境选择的研究尤为重要。

林麝(*Moschus berezovskii*)是麝类中体型最小的一类动物,为中国国家一级保护野生动物,并被列为濒危或易危物种^[4],主要分布于新疆、西藏、青海、甘肃、宁夏、陕西、山西、湖北、四川、贵州等地,以四川、陕西居多^[5]。林麝所分泌的麝香具有较高的药用价值和经济价值,素有“软黄金”之称^[6]。然而,由于乱捕滥猎以及栖息地的严重破坏,野生林麝数量迅速从 20 世纪 50 年代的 250 万下降到 20 世纪 90 年代的不足 10 万^[7-8],现如今总数量已不足 4 万头^[9],资源现状岌岌可危。诸多学者曾对林麝的生境展开了调查研究,例如:陈钧^[10]对甘肃陇山林区林麝的生活环境进行了初步调查;也有不少研究者采用样方法、样线法以及红外相机监测法对林麝的栖息地进行了详细调查^[11-17];还有学者采用 Maxent 模型对林麝进行了生境适宜性评价进而预测适宜生境面积^[4,18-19];此外席健等人^[20]利用 GPS 颈圈定位技术和无线电定位技术对野化培训林麝个体放归后的生境进行了对比。

重庆金佛山国家级自然保护区(后简称金佛山保护区)作为林麝的重要栖息地之一,区内林麝种群数量仅(95±48)只^[21];随着当地旅游业的不断发展,人类活动不可避免地影响到林麝的栖息地,从而导致林麝适宜生境面积减少和破碎化。本研究通过对金佛山保护区内野生林麝的生境选择进行调查,以期全面了解区域内野生林麝的生存状况和保护需求,为林麝的保护和管理提供科学依据,也为林麝的圈养提供重要参考。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

金佛山位于重庆市南川区境内(北纬 28°50′~29°20′,东经 107°00′~107°20′),位于重庆市南缘褶皱地带,属

* 收稿日期:2024-03-19 修回日期:2024-07-04 网络出版时间:2024-12-27T16:54

资助项目:国家林业局中央林业改革发展资金野生动植物保护项目/重庆金佛山国家级自然保护区动物资源调查监管项目(2022 年);国家自然科学基金面上项目(No. 31470570)

第一作者简介:刘晴,女,研究方向为珍稀濒危动物的保护及遗传学研究,E-mail:1792896409@qq.com;通信作者:彭建军,男,教授,博士,E-mail:jipeng74@163.com。

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/50.1165.N.20241227.1328.008

大娄山脉北部尽端,山势雄伟险峻,为明显的石灰岩喀斯特地貌,海拔在 340~2 251 m 之间,总面积约 418.5 km²^[22]。金佛山气候具有明显的季风气候特点,既无严寒,又无酷暑,四季分明,霜雪稀少,无霜期长^[23]。金佛山地貌奇特,瀑布、流泉、溪流密布,为多种动植物的生长和繁殖提供了优越的条件。金佛山保护区是中国植物种类最为丰富地区之一,有调查显示区内共有 5 655 种植物^[24],其中包括银杏(*Ginkgo biloba*)、银杉(*Cathaya argyrophylla*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)等多种珍稀濒危植物。金佛山保护区内的动物资源也极为丰富,共有 84 种哺乳动物^[25],其中国家一级保护野生动物有云豹(*Neofelis nebulosa*)、黑叶猴(*Trachypithecus francoisi*)、中华穿山甲(*Manis pentadactyla*)、金猫(*Pardofelis temminckii*)等,国家二级保护野生动物有猕猴(*Macaca mulatta*)、黑熊(*Ursus thibetanus*)、毛冠鹿(*Elaphodus cephalophus*)、中华斑羚(*Naemorhedus griseus*)等。

1.2 数据收集

采用访问法、样线法、资料收集等方法对金佛山保护区的野生林麝资源进行深入调查。根据金佛山地形地貌特征以及林麝生活习性,按照海拔高度带进行分层抽样,布设样线 28 条,总长度为 70.92 km,记录样线上发现的林麝活动痕迹包括粪便、毛发、卧迹、足迹、实体等,以痕迹点为中心,设置 25 m×25 m 的样方,记录样方内各生态因子(表 1),生态因子的分类标准参照文献[12,26-27]所采用的方法,并根据金佛山当地的实际情况进行了修改。为确保调查的随机性,在 100 m 以内若再次发现有林麝的活动痕迹,则不计入样方内^[10]。

表 1 生态因子及描述
Tab. 1 Habitat factors and descriptions

生境变量	变量描述及分类标准
海拔	根据林麝痕迹处的海拔高度将金佛山海拔划分为 4 个区间:低海拔(≤1 000 m)、中低海拔(>1 000~1 600 m)、中高海拔(>1 600~1 900 m)和高海拔(>1 900 m)
植被类型	当地现有植被可分为 7 种类型:常绿阔叶林,常绿阔叶与落叶阔叶混交林、山地矮林、针阔混交林、亚热带针叶林、灌丛和草甸 ^[28] ,依次赋值为 1、2、3、4、5、6 和 7,以便量化分析
郁闭度	林麝痕迹处乔冠层对下层的遮蔽程度,划分为开阔(≤25%)、低度郁闭(>25%~50%)、中度郁闭(>50%~75%)和高度郁闭(>75%)
灌木盖度	林麝痕迹处灌木的覆盖程度,划分为空旷(≤25%)、低度覆盖(>25~50%)、中度覆盖(>50~75%)和高度覆盖(>75%)
坡度	以痕迹点为中心,上下各延伸 5 m,用仪器测量所在地的坡度;分为平缓坡(≥0~20°)、斜陡坡(≥20°~40°)、急险坡(≥40°)
坡向	分为 4 个方向:东(>45°~135°)、南(>135°~225°)、西(>225°~315°)和北(>315°~45°),依次赋值 1、2、3 和 4,以便量化分析
活动基底	估计岩石覆盖样方的百分比,分为土质(≤25%)、偏土质(>25%~50%)、偏石质(>50%~75%)与石质(>75%),依次赋值 1、2、3 和 4,以便量化分析
距水源距离	林麝痕迹点距最近水源处的直线距离,分为较近(≤1 000 m)和较远(>1 000 m)
人为干扰距离	林麝痕迹点距最近人类活动点(如房屋、道路等)的直线距离,划分为 3 个等级:强干扰(≤500 m)、中等干扰程度(>500~1 000 m)、弱干扰(>1 000 m)

1.3 数据处理

通过 Vanderloeg 和 Scavia 选择指数的计算方法来衡量林麝生境偏好度^[17,29],即:

$$W_j = \frac{(R_j/P_j)}{\sum (R_j/P_j)}, E_j = \frac{(W_j - 1/n)}{\sum (W_j + 1/n)},$$

其中: j 为特征值; W_j 为选择系数; E_j 为选择指数, $E_j > 0$ 表示喜欢, E_j 接近于 0 或等于 0 表示随机选择, $E_j < 0$ 表示不喜欢; n 为某一特征值总数; R_j 为林麝生境选择样方个数; P_j 为调查生境样方总个数。

2 结果

2.1 林麝栖息地各生态因子的频次分布

在金佛山保护区林麝生境调查过程中,发现有林麝活动痕迹样线共 15 条占布设样线总数的 53.57%,共记录 45 个活动痕迹点(图 1),在保护区内的实验区、缓冲区和核心区均有分布。

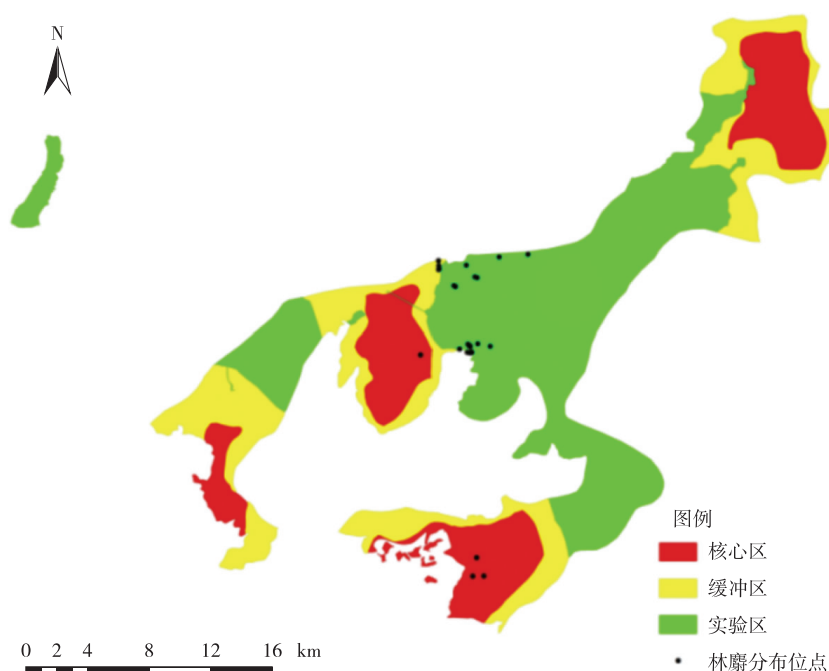


图 1 金佛山保护区林麝痕迹点分布

Fig. 1 Distribution of *M. berezovskii* traces Jinfo Mountain National Nature Reserve

林麝对不同生境的选择统计结果见表 2。从表 2 可以看出,金佛山保护区内的野生林麝对海拔、植被类型、坡度、水源等生态因子的选择较为明显,林麝喜欢栖息于中高海拔(37 个痕迹点,占比为 82.22%)、植被类型为针阔混交林(20 个痕迹点,占比为 44.44%)和常绿阔叶林(16 个痕迹点,占比为 35.56%)、郁闭度为中度郁闭(25 个痕迹点,占比为 55.56%)、灌木盖度为低度覆盖(22 个痕迹点,占比为 48.89%)、急险坡(34 个痕迹点,占比为 75.56%)、距水源较近(41 个痕迹点,占比为 91.11%)及远离人为干扰(35 个痕迹点,占比为 77.78%)的具有岩石基底的(34 个痕迹点,占比为 75.55%)环境,而对其他生境回避,对坡向选择随机。

2.2 金佛山林麝生境中生态因子的主成分分析

利用 SPSS 27.0 统计软件对所发现的 45 个林麝痕迹点的 9 个生态因子数据进行主成分分析,将原始数据经过最大方差标准化(varimax normalized)旋转处理,得到降维后的生境变量(表 3)。林麝生境选择的相关矩阵前 3 个主成分的特征值均大于 1,贡献率分别为 27.450%、26.573% 和 19.328%,累计方差贡献率达到 73.351%,说明前 3 个主成分可以较好地反映林麝栖息地的生境特征。如表 3 所示,第 1 主成分的特征值为 2.470,贡献率为 27.450%,其中坡度、活动基底的载荷系数绝对值较大(0.845 和 0.812),反映林麝对地形选择方面的特征;第 2 主成分的特征值为 2.392,贡献率为 26.573%,其中载荷系数绝对值较大的为灌木盖度、植被类型和郁闭度(0.915、0.759 和 0.731),反映林麝对植被资源选择方面的特征;第 3 主成分的特征值为 1.740,贡献率为 19.328%,其中距水源距离的载荷系数绝对值较大(0.833),反映林麝对水资源选择方面的特征。上述结果说明影响林麝生境选择的主要生态因子有灌木盖度、坡度、距水源距离、活动基底、植被类型和郁闭度。

表 2 林麝对不同生境的选择
Tab. 2 Preference of *M. berezovskii* to different habitats

生境变量	特征	频次	百分率	W_j	E_j
海拔	低海拔($\leq 1\ 000\text{ m}$)	0	0	0	-0.125
	中低海拔($> 1\ 000\sim 1\ 600\text{ m}$)	2	4.44%	0.044	-0.103
	中高海拔($> 1\ 600\sim 1\ 900\text{ m}$)	37	82.22%	0.822	0.286
	高海拔($> 1\ 900\text{ m}$)	6	13.33%	0.133	-0.059
植被类型	常绿阔叶林	16	35.56%	0.356	0.107
	常绿阔叶与落叶阔叶混交林	5	11.11%	0.111	-0.016
	山地矮林	0	0	0.000	-0.072
	针阔混交林	20	44.44%	0.444	0.151
	亚热带针叶林	0	0	0.000	-0.072
	灌丛	4	8.89%	0.089	-0.027
	草甸	0	0	0.000	-0.072
郁闭度	开阔($\leq 25\%$)	5	11.11%	0.111	-0.070
	低度郁闭($> 25\%\sim 50\%$)	11	24.44%	0.244	-0.003
	中度郁闭($> 50\%\sim 75\%$)	25	55.56%	0.556	0.153
	高度郁闭($> 75\%$)	4	8.89%	0.089	-0.081
灌木盖度	空旷($\leq 25\%$)	15	33.33%	0.333	0.042
	低度覆盖($> 25\%\sim 50\%$)	22	48.89%	0.489	0.120
	中度覆盖($> 50\%\sim 75\%$)	4	8.89%	0.089	-0.081
	高度覆盖($> 75\%$)	4	8.89%	0.089	-0.081
坡度	平缓坡($\leq 20^\circ$)	1	2.22%	0.022	-0.156
	斜陡坡($> 20^\circ\sim 40^\circ$)	10	22.22%	0.222	-0.056
	急险坡($> 40^\circ$)	34	75.56%	0.755	0.211
坡向	东($> 45^\circ\sim 135^\circ$)	12	26.67%	0.267	0.009
	西($> 225^\circ\sim 315^\circ$)	14	31.11%	0.311	0.031
	北($> 315^\circ\sim 45^\circ$)	7	15.56%	0.156	-0.047
	南($> 135^\circ\sim 225^\circ$)	12	26.67%	0.267	0.009
活动基底	土质($\leq 25\%$)	3	6.67%	0.067	-0.092
	偏土质($> 25\%\sim 50\%$)	8	17.78%	0.178	-0.036
	偏石质($> 50\%\sim 75\%$)	19	42.22%	0.422	0.086
	石质($> 75\%$)	15	33.33%	0.333	0.042
距水源距离	较近($\leq 1\ 000\text{ m}$)	41	91.11%	0.911	0.206
	较远($> 1\ 000\text{ m}$)	4	8.89%	0.089	-0.206
人为干扰距离	强干扰($\leq 500\text{ m}$)	10	22.22%	0.222	-0.056
	中等干扰程度($> 500\sim 1\ 000\text{ m}$)	18	40.00%	0.400	0.034
	弱干扰($> 1\ 000\text{ m}$)	17	37.78%	0.378	0.023

表 3 林麝生境选择中的特征向量转置矩阵
Tab. 3 Eigenvector transpose matrix in habitat selection of *M. berezovskii*

生态因子	主成分			生态因子	主成分		
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分		第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
海拔	0.562	0.378	0.547	活动基底	0.812	0.174	−0.225
植被类型	−0.118	0.759	0.044	距水源距离	0.103	−0.024	0.833
郁闭度	−0.497	−0.731	−0.066	人为干扰距离	0.695	−0.430	0.216
灌木盖度	−0.163	0.915	0.090	特征值	2.470	2.392	1.740
坡度	0.845	−0.279	0.331	贡献率	27.450%	26.573%	19.328%
坡向	−0.008	0.090	0.725	累计贡献率	27.450%	54.023%	73.351%

3 讨论

生境是物种赖以生存和发展的空间,它可以为物种提供自身所需要的资源条件,比如水源、食物资源、隐蔽和繁殖场所等^[12]。通常情况下,动物会综合考虑并选择最佳生态因子的组合^[30]。林麝胆小机警,无固定的巢穴;随着气候、食物资源、隐蔽条件、人为干扰等因素发生变化,它们所选择的生境也会发生一定的变化^[11]。金佛山保护区的林麝在进行生境选择时,更偏好中高海拔区域、植被类型为针阔混交林和常绿阔叶林、中度郁闭、灌木低度覆盖、急陡坡、距水源较近及远离人为干扰的具有岩石基底的环境。

本研究表明,坡度和活动基底是影响金佛山林麝生境选择的首要因素。调查发现,林麝痕迹点往往位于地势险峻、悬崖峭壁处,在平缓坡地带以及距离岩石较远的地方很少见到它们的踪迹。林麝具有发达的后肢和侧蹄,蹄尖且较小;它们善于跳跃,能够敏捷地在险峻的悬崖峭壁行走,避开人类的干扰与天敌的捕食。金佛山属典型的喀斯特台原地貌^[31],以山地地形为主,多悬崖峭壁,为林麝的栖息提供了绝佳场所。杨萃等人^[14]的研究也表明,凉山山系的美姑大风顶自然保护区的林麝也偏好坡地和具有较多岩石面积的生境。

在本研究中,灌木盖度、植被类型和郁闭度也是描述金佛山林麝生境特征的重要成分(第 2 主成分),这 3 类生态因子很大程度上决定了林麝所需的食物资源和隐蔽条件。金佛山保护区的林麝偏好针阔混交林和常绿阔叶林的生境,在四川唐家河国家级自然保护区^[16]和陕西紫柏山国家级自然保护区^[32]的研究发现林麝偏好针阔混交林;在四川马边大风顶国家级自然保护区^[33]和广西一些地区^[34]的林麝多选择常绿阔叶林。林麝是典型的林栖类动物,主要以木本植物的嫩枝叶和草本植物为食^[28];选择此类生境不仅可为林麝提供如桑科(Moraceae)、杜鹃花科(Ericaceae)、莎草科(Cyperaceae)等食物,还能为林麝提供更为舒适的环境温度。此外,本研究中的金佛山林麝对灌木盖度和郁闭度也有选择性,对灌木盖度较低(≤50%)和郁闭度适中(>25%~75%)的选择利用率最高。郁闭度过低,阳光过于充足,导致林下植物光合作用旺盛而生长茂密,不利于林麝行动、觅食以及观察、躲避敌害等活动;而郁闭度过高,林下植被较差且灌木过于稀疏,不利于林麝觅食及躲避敌害。姜海瑞等人^[12]研究的风县林麝同样也喜欢在灌木盖度低于 25%和乔木密度适中的阔叶林生存。

此外,影响金佛山林麝生境选择的第 3 主成分由水源距离生态因子构成。水源是维持动物生命的基本需求,也是野生动物选择适宜生境的一项重要指标。金佛山保护区内河流众多,能够为林麝提供丰富的水源以满足生命活动所需。

本研究结果显示,金佛山林麝的栖息地偏好>1 600~1900 m 海拔范围(表 2),与王安等人^[19]研究发现的湖南省林麝多偏向于选择>1 500~1 900 m 海拔范围相类似。金佛山是著名的生态旅游景区,海拔较低的区域聚集了大量的旅游宾馆和农家乐,人类活动较为频繁。保护区内的人为干扰因素主要有不合理的旅游开发、化肥农药及污水排放、上山采药、放牧、砍伐等,由此导致原始林地破坏严重。此外高海拔(>1 900 m)区域也已被当地政府开发成旅游区,故靠近山顶区域人为活动也非常频繁,加上林麝胆小机警,因此,在低海拔以及高海拔与人为干扰距离较近的区域难以发现林麝活动痕迹。

综上所述,坡度、活动基底、灌木盖度、植被类型、郁闭度、距水源距离、海拔等生态因子对重庆金佛山自然保

保护区林麝生境选择有着较大的影响。金佛山的干扰类型较多,其中游人和砍伐对动物造成的影响较大。为进一步保护林麝等其他野生动物,提出以下建议:1) 合理管控进山人员,在道路两旁、山顶及低海拔旅游区建立隔离带,以减少人类活动对野生动物的影响。特别是在动物繁殖期,严格禁止上山砍伐、放牧、挖竹笋等人为活动;2) 合理规划旅游景点和道路分布,避免对林麝原有的适宜生境造成破坏。在植被条件较差的区域有计划地种植林麝喜食的植物种类,为林麝提供更多的食物来源和隐蔽的栖息地;3) 加强红外相机监测工作,对林麝的种群扩散路线进行深入研究;4) 建立合适的生态廊道,促进各区域林麝种群基因交流,保证动物原有栖息地的连通性。

参考文献:

- [1] 颜忠诚,陈永林. 动物的生境选择[J]. 生态学杂志,1998,17(2):43-49.
YAN Z C, CHEN Y L. Habitat selection in animals[J]. Chinese Journal of Ecology, 1998, 17(2): 43-49.
- [2] 孟秀祥,潘世秀,栾晓峰,等. 兴隆山自然保护区马麝春季生境选择[J]. 生态学报,2010,30(20):5509-5517.
MENG X X, PAN S X, LUAN X F, et al. Spring habitat selection by alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) in Xinglongshan National Nature Reserve, Western China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(20): 5509-5517.
- [3] 杨奇森,冯祚建,王祖望,等. 西藏东南部地区马麝家域的研究[J]. 兽类学报,1998,18(2):87-94.
YANG Q S, FENG Z J, WANG Z W, et al. Home range of the alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) in the southeast area of Tibet Autonomous Region[J]. Acta Theriologica Sinica, 1998, 18(2): 87-94.
- [4] 罗翀,徐卫华,周志翔,等. 基于生态位模型的秦岭山林麝生境预测[J]. 生态学报,2011,31(5):1221-1229.
LUO C, XU W H, ZHOU Z X, et al. Habitat prediction for forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Qinling Mountain range based on niche mode[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(5): 1221-1229.
- [5] 吴民耀,王念,惠董娜,等. 林麝保护的现状及研究进展[J]. 重庆理工大学学报(自然科学),2011,25(1):34-39.
WU M Y, WANG N, HUI D N, et al. Status and research progress of forest musk deer protection[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2011, 25(1): 34-39.
- [6] 周美丽,王立志,闫天海,等. 林麝粪便细菌多样性研究[J]. 中国农业大学学报,2016,21(2):100-106.
ZHOU M L, WANG L Z, YAN T H, et al. Exploring the diversity of musk deer fecal bacterial community[J]. Journal of China Agricultural University, 2016, 21(2): 100-106.
- [7] 竭航,郑程莉,王建明,等. 林麝分子遗传学研究进展[J]. 中国中药杂志,2015,40(22):4319-4323.
JIE H, ZHENG C L, WANG J M, et al. Research progress on molecular genetics of forest musk deer[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2015, 40(22): 4319-4323.
- [8] CAI Y H, YANG J D, WANG J M, et al. Changes in the population genetic structure of captive forest musk deer (*Moschus berezovskii*) with the increasing number of generation under closed breeding conditions[J]. Animals, 2020, 10(2): 255.
- [9] 许珂,卜书海,梁宗锁,等. 林麝研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医,2014(7):147-150.
XU K, BU S H, LIANG Z S, et al. Research progress in forest musk deer[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2014(7): 147-150.
- [10] 陈钧. 甘肃陇山林区林麝的生活环境[J]. 四川动物,1987(2):39.
CHEN J. The living environment of forest musk deer in Longshan Forest Area, Gansu Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 1987(2): 39.
- [11] 郭建,程晓峰,巨云为,等. 冶勒自然保护区林麝对生境选择研究[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(2):183-185.
GUO J, CHENG X F, JU Y W, et al. Habitat selection of musk deer in Yele Nature Reserve[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2001, 7(2): 183-185.
- [12] 胡忠军,王涓,薛文杰,等. 紫柏山自然保护区林麝冬季生境选择[J]. 河南大学学报(自然科学版),2006,36(1):70-74.
HU Z J, WANG Y, XUE W J, et al. Studies on habitat selection by *Moschus berezovskii* in winter in Zibaishan Nature Reserve [J]. Journal of Henan University (Natural Science), 2006, 36(1): 70-74.
- [13] 姜海瑞,薛文杰,王涓,等. 陕西凤县春季林麝生境的初步分析[J]. 四川动物,2008,27(1):115-119.
JIANG H R, XUE W J, WANG Y, et al. Spring habitat selection of forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Fengxian County, Shaanxi Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2008, 27(1): 115-119.
- [14] 杨萃,马光,孟秀祥,等. 凉山山系林麝夏季利用生境特征[J]. 生态学杂志,2011,30(1):18-23.
YANG C, MA G, MENG X X, et al. Habitat characteristics favored by forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in summer in Liangshan Mountains[J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(1): 18-23.

- [15] 张冬冬,张秋霞. 九龙山自然保护区林麝(*Moschus berezovskii*)的冬季生境选择[J]. 四川林业科技,2018,39(4):64-68.
ZHANG D D,ZHANG Q X. Winter habitat selection by musk deer in Jiulong Mountain Nature Reserve[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology,2018,39(4):64-68.
- [16] 查穆哈,谌利民,杨双,等. 唐家河国家级自然保护区林麝排便点偏好[J]. 动物学杂志,2019,54(4):484-492.
CHA M H,CHEN L M,YANG S,et al. Latrine preference of forest musk deer *Moschus berezovskii* in Tangjiahe National Nature Reserve,Sichuan Province[J]. Chinese Journal of Zoology,2019,54(4):484-492.
- [17] 胡大明,邓玥,徐含锋,等. 四川白水河国家级自然保护区林麝资源调查[J]. 四川林业科技,2019,40(6):105-109.
HU D M,DENG Y,XU H F,et al. A resource survey of *Moschus berezovskii* in Sichuan Baishuihe National Nature Reserve [J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology,2019,40(6):105-109.
- [18] 赵金鹏,王庆,郑程莉,等. 气候背景下林麝适宜生境的最大熵模型(MaxEnt)研究[J]. 湖北农业科学,2023,62(3):218-223.
ZHAO J P,WANG Q,ZHENG C L,et al. Research on the suitable habitat for *Moschus berezovskii* based on maximum entropy model (MaxEnt) in climatic background[J]. Hubei Agricultural Sciences,2023,62(3):218-223.
- [19] 王安,文东新,周芸芸,等. 基于 MaxEnt 模型和 ArcGIS 软件的湖南省林麝生境适宜性评价[J]. 湖南林业科技,2024,51(1):43-49.
WANG A,WEN D X,ZHOU Y Y,et al. Assessment of habitat suitability for *Moschus berezovskii* in Hunan Province based on MaxEnt model and ArcGIS[J]. Hunan Forestry Science & Technology,2024,51(1):43-49.
- [20] 席健,朱玉东,何可,等. 四川栗子坪国家级自然保护区林麝野化培训个体的生境选择[J]. 四川林业科技,2023,44(2):51-57.
XI J,ZHU Y D,HE K,et al. Habitat selection of wild training *Moschus berezovskii* individuals in Liziping National Nature Reserve,Sichuan Province[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology,2023,44(2):51-57.
- [21] 王霞,袁旭东,周洪艳,等. 重庆金佛山国家级自然保护区林麝(*Moschus berezovskii*)种群数量初步调查及地理分布[J]. 中国农学通报,2020,36(19):44-47.
WANG X,YUAN X D,ZHOU H Y,et al. *Moschus berezovskii* in Chongqing Jinfo Mountain National Nature Reserve: population size and geographical distribution[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2020,36(19):44-47.
- [22] 韩宗先,王维,胡锦矗. 重庆金佛山黑叶猴的春季生境选择[J]. 林业科学,2011,47(4):121-128.
HAN Z X,WANG W,HU J C. Habitat selection by Francois' Langur in Jinfo Mountain in spring[J]. Scientia Silvae Sinicae,2011,47(4):121-128.
- [23] 谭立军,王霞,申玲,等. 重庆金佛山国家级自然保护区爬行类动物综合调查报告[J]. 林业科技通讯,2023(5):72-75.
TAN L J,WANG X,SHEN L,et al. Comprehensive investigation report on reptiles in Jinfoshan National Nature Reserve, Chongqing[J]. Forest Science and Technology,2023(5):72-75.
- [24] 刘丛君,蒲盛才. 金佛山动植物资源及保护[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版),2009,26(2):132-136.
LIU C J,PU S C. Animal and plant resources of Jinfo Mountain and their protection[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition),2009,26(2):132-136.
- [25] 张军,刘翔,林茂祥,等. 金佛山自然保护区哺乳动物资源调查报告[J]. 现代中药研究与实践,2016,30(1):21-25.
ZHANG J,LIU X,LIN M X,et al. A survey of a mammalian resources in the Jinfo Mountain Nature Reserve[J]. Research and Practice on Chinese Medicine,2016,30(1):21-25.
- [26] 常弘,肖前柱. 带岭地区马鹿冬季对生境的选择性[J]. 兽类学报,1988,8(2):81-88.
CHANG H,XIAO Q Z. Selection of winter habitat of red deer in Dailing region[J]. Acta Theriologica Sinica,1988,8(2):81-88.
- [27] 张明海,萧前柱. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究[J]. 兽类学报,1990,10(3):175-183.
ZHANG M H,XIAO Q Z. A study on feeding and bedding habitat selection by red deer in winter[J]. Acta Theriologica Sinica,1990,10(3):175-183.
- [28] 邓亚平,彭建军,彭杰,等. 重庆市金佛山国家级自然保护区林麝食性的初步调查[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2020,37(3):27-34.
DENG Y P,PENG J J,PENG J,et al. Preliminary investigation on feeding habits of *Moschus berezovskii* in Jinfo Mountain National Nature Reserve in Chongqing[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science),2020,37(3):27-34.
- [29] LECHOWICZ M J. The sampling characteristics of electivity indices[J]. Oecologia,1982,52(1):22-30.
- [30] McLOUGHLIN P D,CASE R L,GAU R J,et al. Hierarchical habitat selection by barren-ground grizzly bears in the central Canadian Arctic[J]. Oecologia,2002,132(1):102-108.
- [31] 杜文武,胡瑶,刘渝杰,等. 基于 PLUS 模型的金佛山自然保护地毗邻区土地利用变化模拟与多情景预测[J]. 园林,2023,40(10):4-13.

- DU W W, HU Y, LIU Y J, et al. Simulation and multi-scenario prediction of land use change in the adjacent area of Jinfo Mountain Reserve based on PLUS model[J]. Landscape Architecture Academic Journal, 2023, 40(10): 4-13.
- [32] 胡忠军, 王清, 薛文杰, 等. 陕西紫柏山自然保护区林麝种群密度[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24(1): 65-71.
- HU Z J, WANG Y, XUE W J, et al. Population density of *Moschus berezovskii* in Zibaishan Nature Reserve of Feng County, Shaanxi[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2007, 24(1): 65-71.
- [33] 魏辅文, 王维, 杨光, 等. 四川马边大风顶自然保护区林麝种群密度初步分析[J]. 四川动物, 1995, 14(2): 66-67.
- WEI F W, WANG W, YANG G, et al. Preliminary analysis of the population density of *Moschus berezovskii* in Mabian Dafengding Nature Reserve, Sichuan Province[J]. Sichuan Journal of Zoology, 1995, 14(2): 66-67.
- [34] 向长兴. 广西壮族自然保护区麝的生态和活捕方法的调查[J]. 动物学杂志, 1974, 9(2): 9-10.
- XIANG C X. An investigation on the ecology and live capture methods of musk deer in Guangxi Zhuang Autonomous Region [J]. Chinese Journal of Zoology, 1974, 9(2): 9-10.

Ecology and Biodiversity Conservation in Three Gorges Area

Study on Habitat Selection by *Moschus berezovskii* of Jinfo Mountain National Nature Reserve in Chongqing

LIU Qing¹, PENG Jianjun¹, CUI Xiaojuan¹, LIU Huilin¹, WANG Xia², CHEN Lixia²,
ZHANG Minqiang², LI Xin², SHEN Ling²

(1. School of Life and Health Science, Hunnan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan 411201;

2. Chongqing Jinfo Mountain Nature Reserve Management Center, Nanchuan Chongqing 408400, China)

Abstract: In order to understand the preferences of *Moschus berezovskii* in different habitat choices in the Jinfo Mountain National Nature Reserve of Chongqing, a field survey was conducted from July 2022 to August 2023 using methods such as interview, sampling, and data collection to investigate 9 ecological factors such as altitude, vegetation type, and concealment in the *M. berezovskii* habitat of the reserve. The results show that: 1) *M. berezovskii* prefer to inhabit habitats with rocky substrates in mid to high altitude areas, with vegetation types of mixed coniferous and broad-leaved forests and evergreen broad-leaved forests, moderate canopy closure, low shrub coverage, steep slopes, close to water sources, and away from human interference. 2) Principal component analysis shows that the cumulative contribution rate of the first three principal components that play an important role in the habitat selection of *M. berezovskii* in Jinfo Mountain Nature Reserve reaches 73.351%. The main factors affecting their habitat selection are shrub coverage (0.915), slope (0.845), distance from water source (0.833), active substrate (0.812), vegetation type (0.759), and canopy closure (0.731). The above research results aim to provide scientific guidance and basis for the effective protection and management of *M. berezovskii* by protected area managers.

Keywords: *Moschus berezovskii*; Jinfo Mountain National Nature Reserve; habitat selection

(责任编辑 黄 颖)