

DOI: 10.5846/stxb202001180146

王静, 孙军平, 徐涛, 祁军, 张远林, 张学炎, 孟秀祥. 甘肃兴隆山保护区野生马麝分布、数量特征及影响因素. 生态学报, 2020, 40(21): 7997-8004.
Wang J, Sun J P, Xu T, Qi J, Zhang Y L, Zhang X Y, Meng X X. Population distribution, quantitative characteristics and influencing factors of the wild alpine musk deer in Xinglongshan National Nature Reserve, Gansu Province. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(21): 7997-8004.

甘肃兴隆山保护区野生马麝分布、数量特征及影响因素

王 静¹, 孙军平¹, 徐 涛², 祁 军², 张远林², 张学炎², 孟秀祥^{1,*}

¹ 中国人民大学环境学院, 北京 100872

² 甘肃兴隆山国家级自然保护区管理局, 兰州 730116

摘要: 综合采用样线法、粪堆计数法及重复调查法对甘肃省兴隆山国家级自然保护区的野生马麝 (*Moschus chrysogaster*) 进行了种群调查, 结合生境分析, 确定了其种群分布、数量特征及影响因素。结果表明, 兴隆山保护区分布有野生马麝 (1159±275) 头, 平均种群密度为 (3.51±0.83) 头/km²; 各植被类型生境中的野生麝种群数量及密度存在差异, 灌丛生境分布有 70% 的野生马麝种群, 达 (807±170) 头, 种群密度为 (6.49±1.63) 头/km²; 针叶林种群密度最大, 达 (8.85±83.25) 头/km², 分布有野生麝 (123±45) 头; 针阔混交林分布最少, 仅 (41±15) 头, 种群密度为 (5.00±1.84) 头/km²; 人工林生境无野生马麝分布。保护区各植被类型生境中的野生马麝种群分布差异反映了马麝对适宜生境功能的需求, 食物、保温和隐蔽性是制约野生马麝冬季分布和种群数量的关键因素。此外, 因生境及人为干扰强度的不同, 保护区各区域的野生马麝种群分布存在差异。建议通过减少人为干扰、地表植被管理及人工林管理优化等措施增加生境适宜性, 促进兴隆山自然保护区野生马麝种群的快速恢复和增长。

关键词: 马麝 (*Moschus chrysogaster*); 兴隆山国家级自然保护区; 种群密度; 种群数量; 生境适宜性

Population distribution, quantitative characteristics and influencing factors of the wild alpine musk deer in Xinglongshan National Nature Reserve, Gansu Province

WANG Jing¹, SUN Junping¹, XU Tao², QI Jun², ZHANG Yuanlin², ZHANG Xueyan², MENG Xiuxiang^{1,*}

¹ School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China

² Gansu Xinglongshan National Nature Reserve, Lanzhou 730116, China

Abstract: Population survey of wild musk deer (*Moschus chrysogaster*) in Xinglongshan National Nature Reserve (XNNR) of Gansu Province was conducted by the line-transect surveying, pellet-group surveying and repeated surveying. The population distribution, size, density and influencing factors were determined. The results showed that there were 1159±275 wild musk deer in the XNNR and the average population density was (3.51±0.83) km². The population size and density of wild musk deer were different in various habitats of XNNR. Nearly 70% (807±170) wild musk deer were in the shrubs with a population density of (6.49±1.63) km². The coniferous forest had the highest population density, i.e. (8.85±83.25) km², with 123±45 musk deer, while the mixed coniferous and broad-leaved forest was the least distributed, only 41±15 deer with a population density of (5.00±1.84) km². No wild musk deer distributed in artificial forest habitat. In XNNR, the different distribution of wild musk deer among habitats is related to the habitat suitability. Ecological needs to the food, heat preservation and sheltering are the key factors that restrict the distribution and population size of wild musk deer. Moreover,

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31672300); 生态环境部生物多样性调查评估项目 (2019HJ2096001006); 中国人民大学科学研究基金 (19XNH041)

收稿日期: 2020-01-18; 网络出版日期: 2020-09-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: meng2014@ruc.edu.cn

the population distribution differences of wild musk deer in XNNR is related to the intensity of artificial stresses including regional economic development and marginal agricultural activities. It is suggested that measures such as human disturbance reduction, surface vegetation management, artificial forest management, and eco-tourism improving should be taken in XNNR to improve the habitat suitability and promote the rapid recovery and growth of wild musk deer population.

Key Words: alpine musk deer (*Moschus chrysogaster*); Xinglongshan National Nature Reserve; population density; population size; habitat suitability

基于野生种群和自然生境的就地保护是濒危动物保护的根本措施,在濒危动物的原生境建立自然保护区是最有效的就地保护(*in situ*)方式^[1-2]。动物的种群密度和分布是衡量保护成效及制定保护策略的重要依据^[3],因此准确掌握自然保护区内濒危动物的分布及数量特征等种群信息是有效进行濒危动物保护及保护区管理的前提及基础^[4]。

马麝(*Moschus chrysogaster*)属小型领域型有蹄类,是我国 I 级重点保护野生动物,被列为 CITES 附录 II 物种,曾广泛分布于我国西部山地,包括青藏高原及周边的四川和甘肃等区域^[5],但由于其雄体可分泌麝香,是中医药和香水业的重要原材料,马麝也是珍稀资源动物^[6],故历史上的过度利用及生境破碎等原因,野生马麝已极度濒危,在一些分布区域已绝迹^[7]。

动物种群分布和动态是反映物种生存状态的基本指标,但在我国对野生马麝的种群调查和研究仍然非常少,刘志宵等^[8-9]对贺兰山林区和甘肃寿鹿山马麝隔离种群的生存现状进行了评估,并提出了保护意见,刘洋等^[10]在四川海子山保护区兽类调查时发现了马麝踪迹,张洪峰等^[11]评价了三江源自然保护区马麝栖息地的适宜性,但其分布和种群特征均未知。甘肃兴隆山国家级自然保护区主要保护对象为原始云杉林和野生马麝及其自然生境,是野生马麝最重要、密度最大的分布区^[12-13]。长期以来,对兴隆山保护区的野生马麝开展了诸多研究:杨萃等^[14]、孟秀祥等^[15]及佟梦等^[16]研究了该区域马麝的生境选择,发现马麝各季节的生境利用存在差异,马麝的食物、隐蔽地、水源和栖息地生物和非生物因子等满足马麝基本生态需求的适宜生境在不同季节会发生显著变化;郝正里等^[17]研究了马麝的食性,区分了其对植物的喜食程度;高志千和康发功^[18]发现,该区域马麝的天敌动物主要是黄喉貂(*Martes flavigula*)及金雕(*Aquila chrysaetos*)等。

虽然上述研究对研究区域马麝的保护提供了重要参考依据,但保护区内野生马麝的种群动态现状仍然了解较少。盛和林^[12]推测兴隆山保护区在 20 世纪 90 年代有野生马麝 5000 余头,康发功^[19]的调查表明,兴隆山马麝呈下降趋势,到 2000 年左右仅有 2500 余头。此后一直未对该区域的野生马麝进行系统调查和评估。

为准确掌握兴隆山保护区内的野生马麝现存种群大小等种群生态特征,本研究通过样线法、粪堆计数法及重复调查法对该区域的野生马麝进行调查,结合植被和生境分层,对保护区的马麝资源、分布及种群动态等进行和评估,其结果可为濒危野生马麝的就地保护及保护区管理提供重要参考。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

兴隆山国家级自然保护区位于甘肃省兰州市东南,地处东经 103°50′—104°10′,北纬 35°38′—35°58′之间,属祁连山东延余脉。保护区东西长 37 km,南北宽 17 km,总面积约 330 km²,下辖官滩沟、麻家寺、兴隆山、马衔山和上庄保护站区域。保护区内海拔 1800—3670 m,大陆性气候显著,年均温 3—7℃,年降水量 450—622 mm,集中在 7—9 月。区内生态系统类型齐全,垂直分带性明显,主要植被类型含针叶林、人工林、针阔混交林、阔叶林、灌木林和草甸。

1.2 调查方法

本次调查综合采用基于样线法的直接计数法、粪堆计数法和重复调查法进行。直接计数法是直接通过样

线布设,记录调查中所目击到的野生马麝活体数量、性别及生境类型等信息。由于粪堆痕迹点的不移动性特点,粪堆计数法可间接达到统计种群数量的目的^[20],尤其适合于调查生活在森林等高度隐蔽性的有蹄类动物种群状态,已应用到狍(*Capreolus capreolus*)^[21]、驼鹿(*Alces alces*)^[22]及麋鹿(*Cervus elaphus*)^[23]的野生种群数量统计中。在野生麝(*Moschus spp.*)的种群调查中,粪堆计数法也得到了较多的使用^[1,12,19]。但由于调查人员的主观判断等原因,应用粪堆计数法调查野生动物种群时容易造成一定偏差,而通过重复性种群调查,即同一批次调查人员对同一研究区域的二次调查,可减少相关误差^[24-26]。由于野生麝对适宜生境有较强选择性,调查须结合植被分层进行^[27-28]。此外,马麝的繁殖定时和同步化极强,马麝在夏季6—7月分娩,在10月左右哺乳结束并可独立生活,该期间的种群调查可相对准确地反映真实种群状况。综上,本研究的野生马麝的种群调查定为冬季进行,综合采用基于样线法的直接计数法、粪堆计数法及重复调查法进行。

初次野外调查在2015年11月—2016年1月进行,重复调查在2016年11月—2017年1月期间进行。基于研究区域遥感和DEM数据,综合考虑保护区面积、马麝活动特性、人为干扰强度、可达性等因素及预调查结果,在ArcGIS平台上确定了20条样线的起点与终点(图1),其中含官滩沟区域样线5条(样线总面积0.52 km²,平均海拔2327 m)、麻家寺区域样线4条(样线总面积0.21 km²,平均海拔2475 m)、兴隆山区域样线6条(样线总面积0.31 km²,平均海拔2365 m)、马衔山区域样线3条(样线总面积0.23 km²,平均海拔3000 m)及上庄区域样线2条(样线总面积0.09 km²,平均海拔2250 m)。20条样线涵盖针叶林(0.13 km²)、人工林(0.08 km²)、针阔混交林(0.19 km²)、阔叶林(0.41 km²)和灌丛生境(0.54 km²),且均距离人类活动场所较远,但山林巡护可达。样线的布设具有一定代表性,可较好的反映保护区内马麝种群现状。

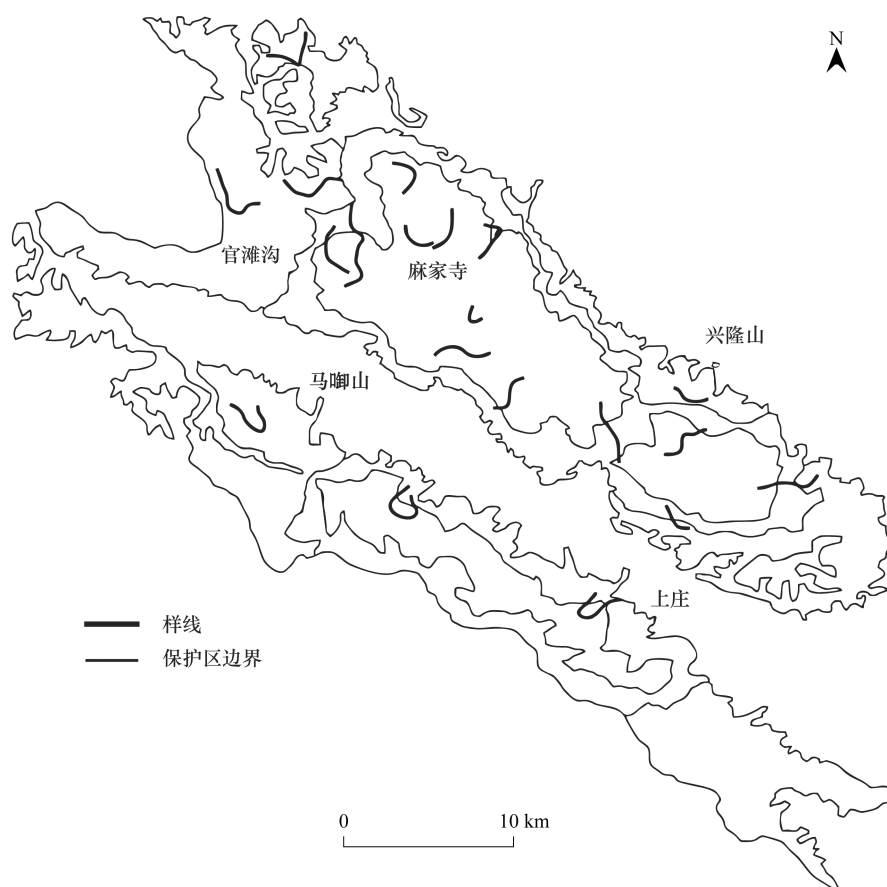


图1 兴隆山保护区及野生马麝调查样线分布

Fig.1 Sampling monitor line's layout of musk deer

调查时,每条样线由 5—6 名调查经验丰富的队员沿样线布设方向并排行进,单人行进路线的单侧可视距离为 3.5 m,队员间的间距在 500 m 以上。沿途记录马麝痕迹(足迹、粪便、卧迹、摄食痕迹等)、GPS 位点及生境特点(阴阳坡、植被类型等)。因野生马麝冬季粪便 3 日内较易识别(第 1 天,粪便新鲜、有光泽、粪便表面有明显的粘膜;第 2 天,粘膜消失,粪便表面干燥;第 3 天,粪便表面干瘪)^[7,13],本次调查只计算 3 日内的粪堆数,同时记录粪便发现位点的地理和生态信息。

1.3 马麝日排粪率

运用粪堆计数法调查麝类动物种群的关键是日排粪率,野生马麝日排粪率受食物丰度、栖息地海拔差异影响,且难以直接测度,但在相同条件下的野生麝和圈养麝的日排粪率保持相对稳定^[26, 29]。本研究的马麝日排粪率在研究初期于同域分布的兴隆山马麝繁育中心进行,并采用 *t*-test 检验雌雄间日排粪率的差异。

1.4 数据处理

结合粪堆计数法和直接计数法,基于植被分层,马麝种群数量及密度为^[12, 19]:

$$M_i = \frac{m_i}{nT} + N_i$$

$$D_i = \frac{M_i}{a_i}$$

式中, M_i :第 i 种植被类型样线中马麝种群数量; m_i :第 i 种植被类型样线中发现的粪堆数; n :日排粪率(堆头⁻¹ d⁻¹); T :观测粪便留存天数,取 3 d; N_i :第 i 种植被类型样线中直接观测到的活体数; D_i :第 i 种植被类型样线中马麝种群密度; a_i :第 i 种植被类型样线面积。

本次调查采用重复调查,取 2 次调查的平均值提高结果的准确性^[26, 30]。

$$M_j = \sum D_i \times A_i$$

$$M = \overline{M_j}$$

式中, M 为区域内的野生马麝种群数量; M_j :第 j 次调查中区域的马麝种群数量; A_i : i 植被类型面积; $\overline{M_j}$:2 次调查野生马麝种群数量的均值。

2 结果

2.1 马麝日排粪率的确定

在调查初期(2015 年 11 月 13—25 日),对保护区内兴隆山马麝繁育中心的 10 头圈养马麝(4 雄 6 雌)进行了排粪的连续监测。雄麝日排粪率为(5.61±1.15)堆头⁻¹ d⁻¹,雌麝为(4.37±0.39)堆头⁻¹ d⁻¹,雌雄麝间的日排粪率无显著差异($P>0.05$),为反映研究种群的全貌,将雌雄两性样本合并,马麝日排粪率为(4.87±1.79)堆头⁻¹ d⁻¹。

2.2 痕迹点分布

野生马麝种群调查的样线长度共计 32.20 km,总调查面积 1.35 km²,2 次调查中共发现马麝痕迹点 33 处,其中野生马麝活体 3 头、卧迹点 1 处、粪便痕迹位点 29 处,共发现 3 日内粪堆数为 58 堆。

首次调查中发现粪便位点 7 处,活体位点 2 处,卧迹位点 1 处,3 日内粪堆数为 17 堆。2 处活体位点分别为阔叶林阳坡生境和灌木林阴坡生境,卧迹点于灌木林阴坡生境中发现,7 处粪便点在灌木林阴坡(4 处)、阔叶林阳坡(2 处)、针叶林阴坡(1 处)生境中均有发现。未在人工林和针阔混交林中发现马麝活体及任何活动痕迹;重复调查中发现粪便位点 22 处,活体位点 1 处,3 日内粪堆数为 41 堆。活体位点发现于灌木林阴坡生境中,22 处粪便点在灌木林阴坡(14 处)、针阔混交林(4 处)、针叶林阴坡(3 处)、阔叶林阳坡(1 处)生境中均有发现,仍未在人工林中发现马麝活体任何活动及痕迹。调查中发现的野生马麝痕迹点分布如表 1 所示。

表 1 兴隆山保护区野生马麝痕迹点分布
Table 1 Traces distribution of alpine musk deer

植被类型 Vegetation type	样线面积 Surveying area/km ²	调查次数 Investigation time							
		1	2	1	2	1	2	1	2
		粪便位点 Feces occurrences	活体位点 Live occurrences	卧迹位点 Lying traces	卧迹位点 Lying traces	卧迹位点 Lying traces	卧迹位点 Lying traces	三日内粪便堆数 Pellet group in 3 days	三日内粪便堆数 Pellet group in 3 days
针叶林 Coniferous forest	0.1277	1	3	0	0	0	0	3	10
人工林 Artificial forest	0.0771	0	0	0	0	0	0	0	0
针阔混交林 Mixed broadleaf-conifer forest	0.1912	0	4	0	0	0	0	0	11
阔叶林 Broad-leaved forest	0.4144	2	1	1	0	0	0	5	6
灌丛 Shrub	0.5395	4	14	1	1	1	0	9	14

2.3 野生马麝种群各植被类型生境中的分布

调查结果表明,兴隆山自然保护区野生马麝种群共(1159±275)头,保护区平均种群密度为(3.51±0.83)头/km²。

如表 2 所示,各植被类型生境中分布的野生马麝存在差异。兴隆山野生马麝在针叶林生境中密度最大,达(8.85±3.25)头/km²,分布有马麝 78—169 头;灌丛生境为兴隆山保护区野生马麝的主要分布区,种群密度为(6.49±1.36)头/km²,约有马麝 638—977 头,占该保护区野生马麝种群的 60%左右;阔叶林生境中马麝种群密度最小,为(3.51±0.85)头/km²,种群数量为 142—233 头;针阔混交林中马麝种群数量最少,约 26—56 头,种群密度约为(5.00±1.84)头/km²。

表 2 兴隆山保护区野生马麝种群在各植被类型生境中的分布
Table 2 Population density and size of alpine musk deer in various vegetation types

植被类型 Vegetation type	植被面积 Vegetation area/km ²	种群密度 Population density/km ⁻²	种群数量 Population size
针叶林 Coniferous forest	13.9421	8.85±3.25	123.43±45.37
人工林 Artificial forest	19.195	—	—
针阔混交林 Mixed broadleaf-conifer forest	8.2292	5.00±1.84	41.17±15.13
阔叶林 Broad-leaved forest	53.3528	3.51±0.85	187.53±45.27
灌丛 Shrub	124.3963	6.49±1.36	807.06±169.52
其他(草地、建设用地等) Others	110.8846	—	—
合计 Total	330.00	3.51±0.83	1159.19±275.28

2.4 野生马麝在保护区各区域的分布

按照保护区管理站点管辖区域范围的划分,上庄区域是兴隆山保护区野生马麝的主要分布生境,种群密度达(4.13±0.89)头/km²,分布有马麝(345±75)头。其次为兴隆山区域,种群密度为(3.97±1.08)头/km²,分布有马麝(286±78)头;马麝在官滩沟区域分布较少,为(135±30)头,种群密度最小为马啣山站点,仅为(2.78±0.60)头/km²;麻家寺站点虽种群数量少于马啣山站点,但由于辖区面积较小,种群密度较高(表 3)。

表 3 兴隆山保护区各区域的野生马麝种群分布
Table 3 Population density and size of alpine musk deer in various protection stations

站点 Protected station	种群数量 Population size	总面积 Area/km ²	种群密度 Population density/km ⁻²
官滩沟	135±30	44.71	3.02±0.67
麻家寺	159±43	45.93	3.46±0.94
兴隆山	286±78	71.91	3.97±1.08
马啣山	234±50	84.07	2.78±0.60
上庄	345±75	83.34	4.13±0.89

3 讨论

3.1 野生马麝种群调查方法

直接计数法虽能直接记录到野生马麝的个数,但由于马麝生性警觉,兴隆山植被郁闭度较高,不易观测到活体,调查中仅发现活体 3 处,且目击距离较远,不利于研究区域内种群数量和密度的估算。粪堆计数法是调查野生高隐蔽性有蹄类动物种群的可靠方法^[20-23],其中日排粪率是计算核心之一。兴隆山自然保护区内分布有大量马麝喜食植物,是野生马麝的重要栖息地,由于日排粪率野外难以获得,野捕和圈养繁殖马麝的总体行为格局类似^[31],本研究监测了同域分布的圈养马麝种群,其食物来源主要为自然保护区内采集的喜食树叶,于每日 06:00 和 19:00 喂食两次,其余时间圈养马麝不受干扰,测得日排粪率为 (4.87 ± 1.79) 堆 $\text{头}^{-1} \text{d}^{-1}$,同刘志霄等^[13]对兴隆山隔离马麝种群测定的日排粪率 (4.78 ± 0.53) 堆 $\text{头}^{-1} \text{d}^{-1}$ 基本一致,有利于与前人调查的种群数量和密度结果进行对比分析。目前综合采用基于样线法的直接计数法、粪堆计数法可行性较高,且通过两年的重复调查可以有效减少调查的主观误差^[26, 30],一定程度上提高了结果的准确度,但由于无法识别野生马麝个体,仍存在重复计数的可能性,在今后的调查中可引入非损伤性 DNA 法等个体识别技术以进一步精确调查结果。

3.2 兴隆山保护区野生马麝种群动态

中国是世界上麝类动物资源最丰富的国家,20 世纪 60 年代,全国麝资源达 250 万头左右,其中马麝是西北、西南高地型麝种^[6]。因历史上对麝香资源的过度利用及生境破碎和丧失等原因,野生麝种群大幅下降^[5],全国麝资源锐减 97% 左右,到 1999—2001 年仅余 6—7 万头,其中马麝种群约 2 万头^[6, 32-33]。

甘肃兴隆山是野生马麝的重要分布区域,20 世纪 90 年代初兴隆山保护区有野生马麝 5224 头^[7, 13],1997 年秋到 1998 年春,兴隆山保护区野生马麝数量从 4679 头减至 2640 头,其中被猎杀的马麝数量占 78.79%^[19],在 2003 年春末夏初野生马麝仅存 2539 头,减少了 51.40%^[12]。本次调查结果显示现存马麝 (1159 ± 275) 头,约占 90 年代末调查种群数量的一半,也低于康发功^[19]的报道数据(2500 头)。

过度利用和栖息地质量下降是造成野生马麝种群数量下降的主要原因^[5, 7, 15]。历史上,兴隆山保护区具有非常适宜的野生马麝生境,加之保护区内野猪(*Sus scrofa*)和金钱豹(*Panthera pardus*)等竞争者和捕食者于 60 年代初期基本绝迹,减少了马麝的种间竞争压力和被捕食的风险^[18, 33],该保护区的野生马麝种群快速增长,在 20 世纪 90 年代密度一度达到 23.40 头/ km^2 ,在食物丰富、人为干扰少,避敌条件好的生境中,种群密度甚至高达 42.88 头/ km^2 ^[7, 13],并产生了一定程度的种群密度制约,每年春季均可发现消瘦致死个体^[13]。为控制保护区内马麝种群的良性发展,20 世纪 90 年代末进行了野生马麝资源利用及种群管理,1997 年秋到 1998 年春,兴隆山保护区野生马麝数量从 4679 头减至 2640 头^[13]。但因气候变化及近年来的区域经济的快速发展,加之保护区内旅游资源开发及保护区周边区域零星农耕活动的影响,保护区内的野生马麝种群的增长受到影响。为涵养生境、恢复野生马麝种群,兴隆山自然保护区近年一直在开展“封山育林”、“封山育麝”及马麝的迁地保护和野外放归等生态恢复,实现“以保护促发展”,但因保护效果的时滞性,实现兴隆山保护区野生马麝资源的自然增长还需要一定时间。

3.3 兴隆山野生马麝种群分布与生境适宜性

兴隆山自然保护区野生马麝对生境呈现出强烈的选择性,而且存在季节差异^[14-16, 19],但在 20 世纪 90 年代,保护区的野生麝种群达 5000 余头,种群密度极大,导致保护区的非最适生境也得到了野生马麝的选择和利用,因此,保护区各林分中的野生马麝种群密度无明显差异^[13]。与上述结果不同,本研究表明,兴隆山保护区各植被类型生境中的野生马麝的分布、数量及种群密度存在差异。我们在保护区的天然针叶林、针阔混交林、阔叶林、灌丛生境中均发现了马麝活动痕迹,而且种群数量和密度存在差异,反映了野生马麝对生境的采食地、隐蔽所和保温等生态功能的需求,这与杨萃等^[14]和佟梦等^[16]对兴隆山保护区野生马麝的生境利用的研究结果吻合。

本次调查在冬季进行,温度和食物资源是影响冬季野生马麝分布的关键因素^[34]。因麝类动物是典型的精食者反刍类动物,能量需求较高,主要采食地表植被及高度在 60—120 cm 间的林下植物,喜食种类多为阔叶木本和地表双子叶植物^[17, 34]。在兴隆山保护区,灌丛及阔叶林下层植被多分布细枝绣线菊(*Spiraea myrtilloides*)、沙棘(*Cornus bretschneideri*)、金花忍冬(*Innigera chrysantha*)等灌木组成,为野生马麝提供了喜食、多食植物来源^[16-17, 35]。此外,因灌丛和阔叶林比较郁闭,隐蔽性较好^[34],加之阳坡分布,生境的昼间气温相对较高、积雪融化较快、雪被较浅,利于野生马麝冬季保温及采取地表植物。综上,保护区的灌丛和阔叶林生境很好地满足了野生马麝对摄食、隐蔽和保温等生态需求。吴建平等^[34]和 Green^[36]对野生麝种群及生境利用的研究也验证了上述野生马麝冬季对灌丛和阔叶林生境的偏好。因此,兴隆山保护区野生马麝种群密度在灌丛及阔叶林较大,种群数量约占保护区种群的 86%,加之灌丛恢复周期较短,生境面积是阔叶林的近 3 倍,保护区灌丛分布的野生马麝占总种群数量的 70%左右。

由于冬季林内积雪较少、林下视野开阔及栖息地基底较硬,乔木林生境有利于野生马麝栖息。野生马麝多在阳坡的灌丛和阔叶林生境采食,而在阴坡的针叶林生境栖息和隐蔽^[32, 37]。兴隆山保护区的针叶林多属单优种的高山暗针叶林,其林下植物种类较少,虽马麝食物相对贫乏,但由于针叶林树体高大,林下可视度较高,根部地表干燥松软、往往覆有落叶,冬季树下几乎无雪被覆盖,为野生马麝提供了优良卧息和天敌躲避场所^[15-16, 18]。此外,兴隆山自然保护区的针叶林区域多为保护区的核心区,全年的人为干扰极少,因而保护区针叶林中野生马麝种群密度反而最高,达 (8.85 ± 3.25) 头/ km^2 ,但因针叶林整体面积较小,仅分布有野生马麝 (123 ± 45) 头。此外,本次调查未在人工针叶林生境中发现马麝活体及活动痕迹,主要由于其生境基底缺乏地表植被,不能为野生马麝提供喜食植物和多食植物^[17],加之兴隆山保护区的人工林生境往往距离周边社区较近,人为干扰强度较大,因此兴隆山保护区野生马麝回避选择人工林生境。

3.4 保护空缺分析及建议

本研究发现,保护区内各保护站区域的野生马麝分布、种群数量及密度存在差异,这与各区域的生境特点、适宜性及人为干扰强度不同有关。上庄区域和兴隆山区域由于灌丛和阔叶林面积较大,为马麝提供了隐蔽所和食物资源,生境适宜性较好,野生马麝种群数量和密度均较高;官滩沟区域虽已开展各项保护措施,但由于地处保护区边界,分布较多的人工林场,距离周边社区也较近,人为干扰相对较大,导致野生马麝种群数量较小。此外,马啣山区域由于草甸等野生马麝的非适宜生境较多,麻家寺区域的人工林较多,故野生马麝种群密度也相对较低。

目前,兴隆山自然保护区马麝高种群密度状态有所缓解,现存种群远低于环境容纳量,不存在密度制约,应该全区域绝对禁止对野生马麝的利用,做好保护执法,绝对禁止乱捕滥猎;对保护区内官滩沟等区域的旅游等经营活动进行科学规划、管理,实现旅游线路优化、确定各季节的旅游容纳量;限制保护区周边区域农耕活动规模,减少农耕活动等人为干扰对野生马麝的影响。此外,需大力进行生境恢复和管理,增加人工营林树种、林窗和地表植被,提升野生马麝生境的适宜性。

参考文献(References):

- [1] Green M J B. The distribution, status and conservation of the Himalayan musk deer *Moschus chrysogaster*. *Biological Conservation*, 1986, 35(4): 347-375.
- [2] Mandujano S, Gallina S. Comparison of deer censusing methods in tropical dry forest. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 1995, 23(2): 180-186.
- [3] 姚刚,李艳红,张晋东,黎大勇,杨志松,胡杰,施小刚.卧龙国家级自然保护区水鹿种群密度及分布调查. *四川动物*, 2017, 36(5): 588-592.
- [4] Brambilla M, Gustin M, Celada C. Defining favourable reference values for bird populations in Italy: setting long-term conservation targets for priority species. *Bird Conservation International*, 2011, 21(1): 107-118.
- [5] Zhou Y J, Meng X X, Feng J C, Yang Q S, Feng Z J, Xia L, Bartoš L. Review of the distribution, status and conservation of musk deer in China. *Folia Zoologica*, 2004, 53(2): 129-140.

- [6] Yang Q S, Meng X X, Xia L, Feng Z J. Conservation status and causes of decline of musk deer (*Moschus* spp.) in China. *Biological Conservation*, 2003, 109(3): 333-342.
- [7] 盛和林, 刘志霄. 中国麝科动物. 上海: 上海科学技术出版社, 2007.
- [8] 刘志霄, 盛和林, 李元广, 王绍筵, 赵登海, 杜和平. 贺兰山林区马麝隔离种群的生存现状及保护. *生态学报*, 2000, 20(3): 463-467.
- [9] 刘志霄, 雷光炳, 盛和林. 甘肃寿鹿山马麝隔离小种群的资源现状与保护. *吉首大学学报: 自然科学版*, 2002, 23(4): 54-58.
- [10] 刘洋, 刘少英, 孙治宇, 杨执衡, 徐玮. 四川海子山自然保护区兽类资源调查初报. *四川动物*, 2007, 26(4): 846-851.
- [11] 张洪峰, 胡罕, 苏丽娜, 车利锋, 封托, 刘艳, 李涤非, 吴晓民. 青海三江源自然保护区马麝栖息地适宜性评价. *西北农业学报*, 2017, 26(8): 1141-1147.
- [12] 盛和林. 我国麝资源现状及救护措施. *野生动物*, 1996, (3): 10-12.
- [13] 刘志霄, 李强, 康发功, 盛和林. 甘肃兴隆山林区马麝(*Moschus chrysogaster*)隔离种群的生态特征. *生态学报*, 2001, 21(6): 964-968.
- [14] 杨萃, 马光, 孟秀祥, 徐宏发. 凉山山系林麝夏季利用生境特征. *生态学杂志*, 2011, 30(1): 18-23.
- [15] 孟秀祥, 潘世秀, 栾晓峰, 冯金朝. 兴隆山自然保护区马麝春季生境选择. *生态学报*, 2010, 30(20): 5509-5517.
- [16] 佟梦, 潘世秀, 王向伟, 安谈红, 冯金朝, 孟秀祥. 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*, 2010, 31(6): 610-616.
- [17] 郝正里, 王培民, 蒋应文, 孙进, 白正清. 兴隆山马麝喜食 10 种植物秋季营养评价. *中国草食动物*, 2002, 22(6): 40-42.
- [18] 高志千, 康发功. 甘肃兴隆山食肉兽对马麝的影响. *野生动物*, 1997, 18(5): 17-18.
- [19] 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.
- [20] Neff D J. The pellet-group count technique for big game trend, census, and distribution: a review. *The Journal of Wildlife Management*, 1968, 32(3): 597-614.
- [21] Wallström L K, Kjellander P. Ideal free distribution and natal dispersal in female roe deer. *Oecologia*, 1995, 103(3): 302-308.
- [22] Härkönen S, Heikkilä R. Use of pellet group counts in determining density and habitat use of moose *Alces alces* in Finland. *Wildlife Biology*, 1999, 5(1): 233-239.
- [23] Rowland M M, White G C, Karlen E M. Use of pellet-group plots to measure trends in deer and elk populations. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 1984, 12(2): 147-155.
- [24] Marques F F C, Buckland S T, Goffin D, Dixon C E, Borchers D L, Mayle B A, Peace A J. Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38(2): 349-363.
- [25] Acevedo P, Ferreres J, Jaroso R, Durán M, Escudero M A, Marco J, Gortázar C. Estimating roe deer abundance from pellet group counts in Spain: an assessment of methods suitable for mediterranean woodlands. *Ecological Indicators*, 2010, 10(6): 1226-1230.
- [26] Van Etten R C, Bennett Jr C L. Some sources of error in using pellet-group counts for censusing deer. *The Journal of Wildlife Management*, 1965, 29(4): 723-729.
- [27] 王会志, 盛和林. 四川盆地西北缘林麝种群密度及保护与利用. *兽类学报*, 1988, 8(4): 241-249.
- [28] Harris R B, 刘永生, 蔡桂全, O'Gara B W. 使用样线法进行马麝粪堆密度的测量. *兽类学报*, 1992, 12(4): 302-305, 293-293.
- [29] Meng X X, Yang Q S, Xia L, Feng Z J, Jiang Y W, Wang P M. The temporal estrous patterns of female alpine musk deer in captivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 2003, 82(1): 75-85.
- [30] 先木西努·莫合德, 夏米西丁·阿不都热依木, 塔吉古丽·吐热甫, 宁礼群, 马合木提·哈力克. 艾比湖湿地国家级自然保护区马鹿种群资源调查. *野生动物学报*, 2016, 37(4): 287-292.
- [31] 孟秀祥, 冯金朝, 周宜君, 杨奇森, 冯祚建, 夏霖, 孟智斌, 华星. 野捕和圈养繁殖雄性马麝行为格局的比较. *应用生态学报*, 2006, 17(11): 2084-2087.
- [32] 吴家炎, 王伟. 中国麝类. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [33] 刘文华, 佟建明. 中国的麝资源及其保护与利用现状分析. *中国农业科技导报*, 2005, 7(4): 28-32.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] Green M J B. Ecological separation in Himalayan ungulates. *Journal of Zoology*, 1987, 1(4): 693-719.
- [37] 赵唱, 刘尊显, 滕丽微, 高惠, 孙玉姣, 王志勇, 王继飞, 马忠其, 刘振生. 贺兰山马麝夏季营养采食策略. *野生动物学报*, 2018, 39(2): 215-223.