

文章编号: 1000-5692(2007)03-0357-06

小型林间独栖反刍动物栖息地选择研究进展

潘世秀¹, 孟秀祥^{1, 2}, 冯金朝¹, 周宜君¹, 徐宏发²

(1. 中央民族大学 生命与环境科学学院, 北京 100081; 2. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062)

摘要: 野生动物的栖息地利用及选择是动物生态学的重要概念和研究领域。由于小型林间独栖反刍动物 (small and solitary forest ruminant, SSFR) 具有相对孤居、行踪隐蔽、警惕性高及栖息地郁闭度大而难以被目击等特点, 对 SSFR 栖息地利用和选择的研究难度较大, 文献报道相对较少。文章概述了 SSFR 栖息地的一般生态特征对其栖息地利用的影响, 阐述了不同尺度水平的 SSFR 栖息地选择的研究现状, 结合其他有蹄类动物的相关研究, 论述了关于 SSFR 家域、觅食地和卧息地选择的研究进展, 简要探讨了栖息地片断化对 SSFR 栖息地选择的影响, 强调了多尺度研究 SSFR 的必要性和重要性。参 60

关键词: 动物学; 小型林间独栖反刍动物; 栖息地选择; 时空尺度; 综述

中图分类号: S718.6; Q958.1 **文献标志码:** A

小型林间独栖反刍动物 (small and solitary forest ruminants, SSFR) 通常是指体质量为 1.5~25.0 kg, 林间独居但具有社群生活的动物^[1,2], 包括毛冠鹿 *Elaphodus cephalophus*, 獐 *Hydropotes inermis*, 狍 *Capreolus capreolus*, 普度鹿 *Pudu pudu*, 麂 *Muntiacus* spp., 麝 *Moschus* spp., 麝鹿 *Tragulus javanicus*, 短角鹿 *Mazama* spp. 和 麂羚 *Cephalophus* spp. 等有蹄类动物。研究表明, SSFR 大多具有领域性, 且多采取一雄多雌的婚配制度^[3]。气味标记是 SSFR 行为的重要组成部分, 当同一个体在有限范围内集中进行气味标记时, 也意味着对该领域的占领^[4]。SSFR 由于喜独居或成对出现, 有较强的领域性, 行踪隐蔽、警惕性高及栖息地郁闭度大而难以发现等特点, 对其栖息地选择开展研究, 难度极大。也正因如此, SSFR 的栖息地选择逐渐成为世界各国生态学家关注的焦点。对诸多动物而言, 栖息地选择均是了解最少的生态过程之一^[5], 尤其是 SSFR。决定 SSFR 的栖息地选择的生态因子复杂而多样。栖息地选择研究在保护生物学和野生动物管理方面已经成为必需的工具^[6,7], 其研究结果对评估动物所处生境的质量, 计算栖息地负载量等方面均有重要意义。

1 SSFR 栖息地总体生态特征的研究

由于 SSFR 极少出现在开阔地带, 即使出现也时间很短, 且保持高度警惕^[8], 这类防卫能力极弱的小型动物的反捕食策略使其栖息地选择的研究极为困难^[9], 因此, 学者们经常用定性描述的方法来研究 SSFR 的栖息地^[10,11]。Jaman^[12] 和 Geist^[13] 的实地观察表明, SSFR 为逃避天敌的捕食常选择植被

收稿日期: 2006-11-01; 修回日期: 2007-01-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30500060; 30640023); 中央民族大学“985工程”资助项目(CUN 985-03-03); 中国博士后科学基金资助项目(2005038431)

作者简介: 潘世秀, 硕士研究生, 从事动物生态学研究。E-mail: panshixiu2004@sina.com。通信作者: 孟秀祥, 副教授, 博士, 从事动物学研究。E-mail: mengxiuxiang2006@hotmail.com

稠密的区域憩息和隐蔽。赤麂 *Muntiacus muntjak* 的栖息地地表盖度和乔木层郁闭度一般均比较大, 利于其隐蔽^[9, 14, 15]。獐较为偏好茂密的隐蔽度较高的草丛作为隐蔽场所, 以利其栖息和躲避天敌^[16, 17]。郭建等^[18]也对林麝 *Moschus berezowski* 生境的选择进行过描述; 罗爱东等^[19]研究发现, 麋鹿性喜独居、胆小易惊而需极好的隐蔽场所, 喜栖于下木郁闭度适中, 地表覆盖物厚的季风常绿阔叶林中。

由于观测难度及条件限制, 上述研究多根据机遇性的肉眼观测, 难以完全正确反映 SSFR 的栖息地特征^[20]。全球定位系统(GPS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)作为分析与处理空间信息的重要手段, 被广泛应用于景观生态学和保护生物学研究中。人们对 SSFR 栖息地选择的研究分析也逐渐上升到定量分析阶段。Teng 等^[21]利用无线电追踪技术研究赤麂的栖息地选择, 发现其最喜好生境为灌丛草地和多刺灌丛, 避免森林、开垦的草地和季节性落叶林, 生境中乔木的高度、胸径和盖度等是其栖息地选择的主要影响因素。Bemice 和 David^[22]发现, 与岸边森林相比, 加纳北部国家公园内的薮羚 *Tragelaphus scriptus* 更喜欢食物有效性更高, 隐蔽性更好, 植物密度中等的沼泽地和热带稀树大草原, 对沼泽地尤其偏好。热带稀树大草原尽管是其最喜好的栖息地, 但因大量的观光游客对其产生明显人为干扰, 所以薮羚对其利用度反低于沼泽地。

相对其他有蹄类动物, 目前对 SSFR 栖息地的研究还相对薄弱, 但其研究结果为加深对 SSFR 行为和生态学特征的了解奠定了良好的基础。

2 时间尺度上 SSFR 栖息地选择的研究

2.1 SSFR 栖息地选择的季节格局

随季节更替, 栖息地植被的物候特征或季相产生变化, 从而引起 SSFR 栖息地食物供给和隐蔽条件的显著改变。许多研究表明, SSFR 栖息地选择随季节变化具有垂直迁移的习性, 夏季选择高海拔而冬季选择低海拔区域^[23, 24]。通常认为, SSFR 在秋末冬初时节向下坡位迁移是寻找积雪较浅区域的一种策略^[25], 因为随着积雪的增加, 取食难度增大, 获取食物的机会减少, 能耗上升, 易于被天敌捕食^[26-28]。相反, 另有学者认为雪深并不是影响 SSFR 季节性迁徙的唯一因素, 如 Wahlstrom 和 Liberg^[29]发现瑞典的 2 个密度较高的狍 *Capreolus capreolus* 种群中, 只有雌性狍迁徙。张伟等^[28]认为冬季大兴安岭林区狍对植被类型的选择较明显, 喜栖植被一般均分布于山的中下坡和河岸两侧, 具有海拔低, 气候相对温湿, 森林片层结构复杂, 隐蔽性较好等特点, 对影响其奔跑的高隐蔽度的栖息地选择性较小。王小明等^[31]的研究表明, 林麝在春秋两季活动于针阔混交林中, 夏季在暗针叶林活动, 冬季则活动于针叶林和阔叶林中向阳地带, 并认为这种垂直迁移习性是随食物、气候而变化的。盛和林等^[32]研究了黑麂 *Muntiacus crinifrons* 的栖息地选择, 表明黑麂主要栖息于海拔 800 m 以上的常绿阔叶林及落叶阔叶混交林或灌木丛中, 夏季生活在高山林间, 冬季特别在积雪期被迫下迁。

除 SSFR 外, 大型的群居性的鹿类动物也表现出明显的季节迁移行为, 而且其模式类似于 SSFR。如 Albon 和 Langvatn^[30]发现, 夏季位于高海拔的马鹿 *Cervus elaphus* 比夏季在低海拔的体质量大, 有迹象表明马鹿上坡迁移行为可能是高海拔地区较高品质食物易于获得的结果。

综观上述研究, 不同的植被类型可能具有不同的季节特性, SSFR 在不同的季节条件下对不同的植被选择能够获得更大的收益, 因此在各个季节会表现出不同的生境偏好和生境选择特点, 从而表现出季节性生境选择的特征。迄今为止, 尚缺乏对 SSFR 不同年份间的生境选择比较研究。

2.2 SSFR 在各发育阶段栖息地选择的研究

在 SSFR 的各个发育阶段, 如发情、求偶、交配、产仔和哺乳等, 其生存需要的变化性决定了 SSFR 栖息地选择行为在各发育阶段尺度上的动态特征, 导致它们对栖息地的利用和选择各有特点。相对各生活史阶段, 繁殖期是动物生活史中异常重要的环节, 因繁殖成功率将直接影响种群动态和物种延续, 如獐在产仔期和哺乳期(即夏季), 选择盖度较高的栖息地以减少被天敌捕食的风险, 保证繁殖成功及后代的高成活率^[33]。此外, SSFR 的繁殖在每个生命周期中一般是受时间限制的, 繁殖期的时间限制与社群压力的存在也在很大程度上决定了其栖息地选择的时间制约性。

虽然对 SSFR 各发育阶段的栖息地选择的研究对于理解其种群动态和行为适应极为重要, 但目前

对 SSFR 的各生活史阶段的的栖息地利用特征的研究较少, 更缺乏连续和长期的监测性研究。

3 空间尺度上 SSFR 栖息地选择的研究

按照栖息地选择发生的空间尺度, Johnson^[34] 将动物对栖息地的选择分为 4 个自然等级: 第 1 级选择是一个种的地理分布区; 第 2 级选择是地理分布区内某一个体或社群的家域; 第 3 级选择是在家域范围内动物所选择使用的不同栖息地类型; 第 4 级选择是第 3 级选择确定的取食点中所能提供的实际环境条件。近年来, 有研究表明, 在景观尺度上的资源分布和生境结构也会对野生动物的栖息地选择行为产生效应^[35]。景观是由相互作用的生态系统镶嵌构成的具有高度空间异质性的区域, 生境片断化和土地利用对动物生境选择的影响属于该尺度范畴^[36]。

SSFR 在不同的空间尺度上表现出不同的栖息地利用模式。徐宏发^[17] 和张小龙等^[37] 对江苏獐种群栖息地利用的研究表明, 在地理分布区上, 獐偏好沿海的滩涂湿地, 在微栖息地尺度上, 常选择高草和矮草混合区, 尤喜有斑块状高草丛的大片矮草地。杨奇森等^[38] 和魏辅文等^[39] 的研究表明, 分布于不同区域的林麝的栖息地特征不尽相同, 在四川西北的白玉县, 林麝主要栖息于次生灌丛和针阔混交林, 在四川西南凉山山系的马边大风顶自然保护区, 林麝主要分布于常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林。

3.1 SSFR 家域选择研究

野生动物的家域(home range)是能够保证动物单个个体或其种群的生活需要, 并且经常地在该空间中进行日常活动的区域^[38]。SSFR 多具有领域性。但由于仅凭肉眼观测很难确定 SSFR 的栖息地空间利用模式^[40, 41], 绘制和测量 SSFR 的家域异常困难, 所以, 无线电遥测技术成为 SSFR 栖息地研究的有用工具。盛和林等^[42] 用无线电遥测法研究了引种海岛的林麝家域和栖息地选择, 发现雌麝的成年家域面积为 2.8~5.5 hm², 雄麝为 7.0 hm²。Harris 等^[43] 在青海白扎林区使用无线电遥测法测得一亚成体雄性马麝 *Moschus sifanicus* 秋季家域面积为 18.0 hm²。Green^[44] 研究了 Kedamath 禁猎区喜马拉雅麝 *Moschus chrysogaster* 的家域季节变化, 发现 3 月份雌雄活动范围分别限于 25.0 hm² 和 30.0 hm² 的家域。杨奇森等^[45] 采用 GPS 定位, 利用最小凸多边形法对西藏东南部地区马麝家域的研究也表明, 马麝的家域面积存在季节变化和性间差异, 冬季家域比夏季家域相对要大, 尤其是雄麝, 秋冬季节的家域比夏季相对要大, 并推测是因冬季食物短缺而导致的行为适应。动物通过扩大其摄食范围来保证其能量的供应, 因此, 冬季马麝家域的增大可能与其食物短缺相关。这印证了 Mace 等^[46] 等的研究结论, 即食物是决定动物家域大小的最重要因素。Morris^[47, 48] 则认为 SSFR 家域内的斑块选择取决于该种动物日活动周期的转换阶段, 而在景观尺度上偶尔的家域变化可能是动物的季节性迁移所致。Patricia^[49] 研究发现在圈养条件下 2 种性别的成年褐鹿均保持稳定的个体家域, 4 岁以上的成年雄鹿占据含有多个雌性的家域, 并排斥其他雄性靠近以维持一雄多雌的状态, 同时发现其家域存在明显季节性变化, 在食物短缺的夏季(7~8 月), 其家域范围扩大。

3.2 SSFR 觅食地和卧息地选择研究

诸多研究表明, SSFR 应在食物摄取量最大, 捕食风险最小的地点进行取食活动^[50, 51]。Teng 等^[21] 比较赤麝的觅食地和卧息地发现, 其觅食地中的食物有效性较大, 表明赤麝通常选择可以有效获取食物资源的栖息地觅食, 而偏好在树木较高, 盖度较大的区域卧息, 表明赤麝的一种反捕食策略, 即稠密的隐蔽地可以降低被天敌发现的机会, 同时密闭的卧息环境不致使气味扩散太远。此外, 赤麝在湿润季节的觅食地和卧息地的盖度均较高。与 SSFR 的栖息地选择类似, 一些大型的群居性鹿类动物, 如白尾鹿 *Odocoileus leucurus*, 在冬季选择稠密的盖度较大的区域, 卧息是它重要的保温策略, 对黑尾鹿 *Odocoileus hemionus* 而言, 在夏季则可以避免高温的胁迫^[52, 53], 但 SSFR 动物卧息地选择是否也与温度调节相关需作进一步研究。

通过分析不同尺度的研究结果可以发现, SSFR 与其所处的自然生境(栖息地)之间存在着多维的相互作用, 在栖息地选择上的时空尺度是自然相关的, 在各个尺度和水平上具有不同的特征和机制。SSFR 栖息地选择的时空格局源于构成生境的生态因子或结构性资源在时间和空间的连续变化, 迫使 SSFR 对栖息地的利用格局发生相应的变化, 而且, 因动物在不同的生长发育阶段, 不同生理时期及

不同季节对栖息地的需求也不同,这也将必然导致 SSFR 在栖息地选择方面存在差异,反映各阶段的特征。此外,种间和种内的竞争、捕食和人为干扰等因素也对 SSFR 的栖息地选择行为产生影响,如 Hemami 等^[54]研究同域分布的麋和狍,发现处于同一生境中的生态位相似的 SSFR 物种,由于相互竞争,导致其微生境利用方式存在种间差异,由于种间竞争,冬季食物短缺时,同域分布的 SSFR 可发生栖息地部分重叠。看来,SSFR 在不同尺度上对栖息地的选择是一个非常复杂的过程,它是多层次的各种生物和非生物因子综合作用的结果。一个尺度上的非相关因子在另一个尺度上可能是重要的影响因子,如果研究尺度局限在单一水平上,研究结果不可避免地具有很大的局限性。因此,在进行研究 SSFR 的栖息地选择时,应进行多尺度综合研究以把握其在栖息地选择过程中内在的规律。

4 结语

随着人口数量的增加,人类对自然生态系统的干扰日趋加剧,动物的栖息地日趋片段化。对隐蔽性极强的小型林间独栖反刍动物(SSFR)而言,栖息地的变化必然对其栖息地选择产生效应。栖息地片段化在减少 SSFR 栖息地面积的同时增加了种群间的隔离度,限制了种群间的个体交换,降低了物种的遗传多样性,加剧捕食率和种间的竞争,从而加剧了物种濒危甚至灭绝的可能性。例如,苏北沿海獐幼仔的初生体质量比鄱阳湖、舟山的獐都低,可能就是近交衰退引起的^[17, 56]。再如,由于栖息地被高速公路及人为活动通道所分割,小麋 *Muntiacus reevesi* 的适宜生境缩小,其觅食、迁徙和基因交流等均受到影响,近亲繁殖概率增大,种群衰退的可能性随之增加,使岳麓山初始种群较大的小麋种群下降至目前的 8~12 只^[59]。正因如此,研究栖息地片段化和隔离对野生动物的影响越来越受到人们的重视^[57]。随着遥感和地理信息系统技术的应用,许多学者在研究动物的栖息地要素与结构的基础上,寻找影响其分布与种群数量的主导环境因子,建立野生动物与栖息地关系的预测模型,对其栖息地进行生境分析和评价。这一在景观生态学基础上逐渐兴起的热门研究领域^[58, 60],必将加深对 SSFR 栖息地选择的理解,并为有效地保护该类动物提供科学依据。

参考文献:

- [1] GEIST V. The relation of social evolution and dispersal in ungulates during the Pleistocene, with emphasis on the Old World Deer and the genus Bison [J]. *Quat Res*, 1971, 1: 285—315.
- [2] BARRETTE C. The comparative behavior and ecology of chevrotains, musk deer, and morphologically conservative deer [M] // WEMMER, C. M. *Biology and Management of the Cervidae*. Washington: Smithsonian Institution Press, 1987: 200—213.
- [3] KISHIMOTO R, KAWAMICHI T. Territoriality and monogamous pairs in a solitary ungulate, the Japanese serow [J]. *Anim Behav*, 1996, 52: 673—682.
- [4] WALTHER F R. *Communication and Expression in Hoofed Mammals* [M]. Bloomington: Indiana University Press, 1984: 423.
- [5] KREBS C J. *Ecology: The Experiment Analysis of Distribution and Abundance* [M]. 4th ed. New York: Harper Collins College Publishers, 1994.
- [6] CAUGHLEY G, SINCLAIR A R E. *Wildlife Ecology and Management* [M]. Boston: Blackwell Scientific Publications, 1994.
- [7] PULLIAM H R, DUNNING J B. Demographic processes: population dynamics on heterogeneous landscapes [M] // MEAE G K, CARROLL C R. *Principles of Conservation Biology*. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc, 1997: 203—232.
- [8] BARRETTE C. Some aspects of the behavior of muntjac in Wilpattu National Park [J]. *Mamm*, 1977, 41: 1—34.
- [9] EISENBERG J F, MCKAY G M. Comparison of ungulate adaptations in the New World and Old World tropical forests with special reference to Ceylon and the rainforests of central America [J]. *Behav Ungul Its Relat Manage*, 1974, 24: 585—602.
- [10] JACOBSEN N H G. Distribution, home range and behaviour patterns of bushbuck in the Lutope and Sengwe Valleys, Rhodesia. J. S. [J]. *Afr Wildl Manage Assoc*, 1974, 4: 75—93.
- [11] WASER P. Spatial associations and social interactions in a solitary ungulate, the bushbuck [J]. *Z Tierpsychol*, 1975, 37: 24—36.
- [12] JARMAN P J. The social organization of antelope in relation to their ecology [J]. *Behavior*, 1974, 48: 215—267.
- [13] GEIST V. On the relationship of social evolution and ecology in ungulates [J]. *Am Zool*, 1974, 14: 205—220.
- [14] CHAPMAN N G, CLAYDON K, CLAYDON M. Sympatric population of muntjac and roe deer: a comparative analysis of their ranging behavior, social organization and activity [J]. *J Zool (London)*, 1993, 229: 623—640.

- [15] MCCULLOUGH D R, PEI K C, WANG Y. Home range, activity patterns and habitat relations of Reeve's muntjacs in Taiwan [J]. *J Wildl Manage*, 2000, **64**: 430—441.
- [16] 盛和林. 中国鹿类动物[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1992.
- [17] 徐宏发, 陆厚基, 刘希平. 江苏沿海獐种群的现状和栖息地的利用[J]. 动物学研究, 1996, **17**(3): 217—224.
- [18] 郭建, 程晓峰, 巨云为, 等. 宁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—18.
- [19] 罗爱东, 黄建国, 董永华. 西双版纳自然保护区麝鹿生境选择的初步研究[J]. 云南林业科技, 1999(2): 66—70.
- [20] GREGORY D C, Colleen T D. A telemetry-based study of bushbuck home range in Valley Bushveld[J]. *Afr J Ecol*, 2005, **43**: 376—384.
- [21] TENG L, LIU Z S, SONG Y. Forage and bed sites characteristics of Indian muntjac in Hainan Island, China [J]. *Ecol Res*, 2004, **19**: 675—681.
- [22] BERNICE D, DAVID L. Bushbuck habitat in Mole National Park, northern Ghana [J]. *Afr J Ecol*, 2002, **40**: 35—41.
- [23] DANILKIN A. *Behavioral Ecology of Siberian and European Roe Deer* [M]. London: Chapman and Hall, 1996.
- [24] MYSTERUD A. *Habitat Selection by Roe Deer Relative to Resource Distribution and Spatiotemporal Scale* [D]. Oslo: University of Oslo, 1998.
- [25] NELSON M. Winter range arrival and departure of white-tailed deer in northeastern Minnesota [J]. *Can J Zool*, 1995, **73**: 1 069—1 076.
- [26] PARKER K, ROBBINS C, HANLEY T. Energy expenditure for locomotion by mule deer and elk [J]. *J Wildl Manage*, 1984, **48**: 474—488.
- [27] CEDERLUND G, LINDSTORM E. Effects of severe winters and fox predation on roe deer mortality [J]. *Acta Theriol*, 1983, **287**: 129—145.
- [28] 张伟, 李俊生, 张明海, 等. 大兴安岭林区冬季狍的生境选择[J]. 林业科技, 1997, **22**(4): 40—42.
- [29] WAHLSTORM L, LIBERG Q. Patterns of dispersal and seasonal migration in roe deer [J]. *J Zool (London)*, 1995, **235**: 455—467.
- [30] ALBON S, LANGVATN R. Plant phenology and the benefits of migration in a temperate ungulate [J]. *Oikos*, 1992, **65**: 502—513.
- [31] 王小明, 龚继恩, 李建国. 林麝的一些生物学资料[J]. 四川动物, 1987, **6**(3): 42.
- [32] 盛和林. 中国特产动物黑麝[J]. 动物学杂志, 1987, **22**(2): 45—48.
- [33] 张恩迪, 滕丽微, 吴咏蓓. 江苏盐城保护区獐的栖息地选择[J]. 兽类学报, 2006, **26**(1): 49—53.
- [34] JOHNSON D. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference [J]. *Ecology*, 1980, **61**(1): 65—71.
- [35] FRANCOIS P, LOUIS B, KIM L. Mammal habitat selection in a clear-cut boreal landscape [J]. *Conserv Biol*, 2000, **14**(3): 844—857.
- [36] 张明海, 李言阔. 动物生境选择研究中的时空尺度[J]. 兽类学报, 2005, **25**(4): 395—401.
- [37] 张小龙, 张恩迪. 江苏大丰麝鹿自然保护区内獐在冬季各种生境中分布的初步研究[J]. 四川动物, 2002, **21**(1): 19—22.
- [38] 杨奇森, 胡锦涛, 彭基泰. 白玉县林麝种群密度的研究[J]. 四川师范学院学报: 自然科学版, 1989, **10**(4): 329—336.
- [39] 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.
- [40] OWEN-SMITH N. Spatial and temporal components of the mating systems of kudu bulls and red deer stags [J]. *Anim Behav*, 1984, **32**: 321—332.
- [41] ALLEN-ROWLANDSON T S. An ecological study of bushbuck and common duiker in relation to forest management [D]. Pietermaritzburg: University of Natal, 1986.
- [42] 盛和林, 徐宏发, 陆厚基. 林麝家域和生境选择[J]. 华东师范大学学报: 哺乳动物生态学专辑, 1990, **20**(2), 14—19.
- [43] HARRIS R B, CAI G. Autumn homerange of musk deer in Bai zha forest, Tibetan Plateau [J]. *J Bombay Na Hist Soci*, 1993, **90**: 430—436.
- [44] GREEN M J B. Diet composition and quality in Himalayan Musk deer based on fecal analysis [J]. *J Wildl Manage*, 1987, **51**(4), 880—892.

- [45] 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.
- [46] MACE G, HARVEY P, CLUTTON-BROCK T H. Vertebrate home-range size and energetic requirements[M] // SWINGLAND I R, GREENWOOD P J. *The Ecology of Animal Movement*. Oxford: Clarendon Press, 1983: 32-53.
- [47] MORRIS D W. Ecological scale and habitat use[J]. *Ecology*, 1987, 68: 362-369.
- [48] MORRIS D W. Scales and costs of habitat selection in heterogeneous landscapes[J]. *Evol Ecol*, 1992, 6: 412-432.
- [49] PATRICIA B D. Home range, social structure, and scent marking behavior in brown deer in a large enclosure[J]. *J Neotrop Mammal*, 2000, 7(1): 5-14.
- [50] MYSTERUD A, NSTBYE E. Bed-site selection by European roe deer in southern Norway during winter[J]. *Can J Zoo*, 1995, 73: 924-932.
- [51] MYSTERUD A. Bed-site selection by adult roe deer in southern Norway during summer[J]. *Wildl Biol*, 1996, 2: 101-106.
- [52] ARMSTRONG E, EULER D, RACEY G. Winter bed-site selection by white-tailed deer in central Ontario[J]. *J Wildl Manage*, 1983, 47: 880-884.
- [53] SARGEANT G A, EBERHARDT L, PEEK J. Thermoregulation by mule deer (*Odocoileus hemionus*) in arid rangelands of southcentral Washington[J]. *J Mammal*, 1994, 75: 536-544.
- [54] HEMAMI M R, WATKINSON A R, DOLMAN P M. Habitat selection by sympatric muntjac and roe deer in a lowland commercial pine forest[J]. *For Ecol Manage*, 2004, 194: 49-60.
- [55] 郑向忠, 徐宏发, 陆厚基. 动物种群遗传异质性研究进展[J]. 生物多样性, 1997, 5(3): 210-216.
- [56] 杨文斌. 高速公路对野生动物生存环境的影响[J]. 生命科学研究, 2004, 8(2): 119-123.
- [57] 鲁庆彬, 胡锦涛. 眠山黑熊生境选择的初步分析[J]. 兽类学报, 23(2): 98-103.
- [58] BROOKS R. Improving habitat suitability index models[J]. *Wildl Soc Bull*, 1997, 25: 163-167.
- [59] GAUDETTE M, STAUFFER D. Assessing habitat of white-tailed deer in southwestern Virginia[J]. *Wildl Soc Bull*, 1988, 16: 284-290.
- [60] ROLOFF G, KERNOHAN B. Evaluating reliability of habitat suitability index models[J]. *Wildl Soc Bull*, 1999, 27: 973-985.

A review of studies on habitat selection by small and solitary forest ruminants

PAN Shi-xiu¹, MEN Xiu-xiang^{1,2}, FENG Jin-chao¹, ZHOU Yi-jun¹, XU Hong-fa²

(1. College of Life and Environmental Science, Central University for Nationalities, Beijing 100081, China; 2. College of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Habitat selection of wildlife is one of the most important ecological processes. However, it is difficult to study the habitat utilization of small and solitary forest ruminants (SSFR) because of their secretive nature and their relatively closed habitat. Thus, there are few reports in the literature. Nevertheless, because these studies can contribute to the understanding of evolutionary processes in the life style of ruminants and even ungulates, the habitat preferences of small and solitary forest ruminants has become an important topic. This review summarized the general characteristics of small and solitary forest ruminant habitats and the influence of developmental stages on their habitat utilization. The status of advances in research on habitat selection at different scales were also discussed. Furthermore, integrated study methods using multi-scales in habitat selection were emphasized, and impacts of habitat fragmentation on small and solitary forest ruminants were explored. [Ch, 60 ref.]

Key words: zoology; small and solitary forest ruminant (SSFR); habitat selection; temporal and spatial scales; review