

DOI: 10.5846/stxb201403040372

官天培, 葛宝明, 谌利民, 游章强, 唐中海, 刘昊, 宋延龄. 四川羚牛的家域与忠诚度. 生态学报, 2015, 35(6): 1862-1868.

Guan T P, Ge B M, Chen L M, You Z Q, Tang Z H, Liu H, Song Y L. Home range and fidelity of Sichuan takin. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(6): 1862-1868.

四川羚牛的家域与忠诚度

官天培¹, 葛宝明², 谌利民³, 游章强¹, 唐中海¹, 刘 昊¹, 宋延龄^{4,*}

¹ 绵阳师范学院生态安全与保护四川省重点实验室, 绵阳 621000

² 盐城师范学院江苏省滩涂生物资源与环境保护重点建设实验室, 盐城 224002

³ 四川唐家河国家级自然保护区, 青川 628109

⁴ 中国科学院动物研究所动物生态学与保护生物学重点实验室, 北京 100101

摘要: 野生动物倾向回到或留在一个特定范围或者与原有区域完全重叠的行为被称为栖息地忠诚。利用 GPS 无线电颈圈对 5 只四川羚牛的家域及家域的季节和年度忠诚度进行了研究和分析(2006—2009 年)。结果显示: 四川羚牛年均家域面积为 (MCP/FKE) $(15.01 \pm 2.92) \text{ km}^2 / (9.02 \pm 1.85) \text{ km}^2$, 但个体间及年际波动较大; 季节间家域面积差异显著, 个体家域的季节变化体现出较一致的变化模式, 最大季节家域主要集中于春季和夏季。年际间季节家域忠诚度最高的是秋季和夏季, 冬季家域年际忠诚度最低, 春季家域忠诚度也相对较低。单因素方差分析显示季节间质心距离总体差异不显著, 与家域重叠算法获得的忠诚度结论基本一致。

关键词: 最小凸多边形; 固定核域法; 有蹄类; 四川羚牛; 家域

Home range and fidelity of Sichuan takin

GUAN Tianpei¹, GE Baoming², CHEN Limin³, YOU Zhangqiang¹, TANG Zhonghai¹, LIU Hao¹, SONG Yanling^{4,*}

¹ Ecological Security and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Mianyang Normal University, Mianyang 621000, China

² Jiangsu Provincial Key Laboratory of Coastal Wetland Bioresources and Environmental Protection, Yancheng Teachers University, Yancheng 224002, China

³ Tangjiahe National Nature Reserve, Qingchuan 628109, China

⁴ Key Laboratory of Animal Ecology and Conservation Biology, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Migrant and resident are observed to return or stay within a specific range of habitat, close to or completely overlap with its original distribution area, known as habitat fidelity. In this study, we estimated takin seasonal and annual home range size and its fidelity between years by utilizing 9 GPS radio collars on adult takin (2006—2009). Results shown annual home range of takin was (MCP/FKE) $(15.01 \pm 2.92) \text{ km}^2 / (9.02 \pm 1.85) \text{ km}^2$, suggesting individual home range varied among individuals and years. For each individual, we found variation of seasonal home range between years. Most of individuals shown similar pattern of seasonal home range variation, thus the largest home range always found in summer or spring. We extracted the centriods of seasonal / annual home range polygon and calculate its distance between years. We tried the distance between two centriods as one surrogate of home range fidelity. Besides, we considered the overlap ratio of home range between two consecutive years as the most important parameter of home range fidelity. Therefore, we found annual home range fidelity of certain season variation exist, especially for summer and autumn. Both ways of home range fidelity assessment produced similar results.

Key Words: minimum convex polygon; fixed kernel estimation; ungulate; sichuan takin; home range

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (31300319); 绵阳师范学院启动项目 (QD2012A12)

收稿日期: 2013-03-04; 修订日期: 2014-03-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: songyl@ioz.ac.cn

家域(home range)是动物生态学中的常见概念及基本生态习性信息,是指动物完成取食、交配和育幼等行为所利用的区域^[1]。一般而言,家域的最小面积取决于个体生存和繁殖的最低成本,但它必须提供足够的生存资源。家域面积除受限于食物、水源和隐蔽条件等环境因子,其稳定性也同时受到种群密度和捕食风险等生态因子的影响^[2-5]。因此,研究野生动物家域是探讨资源的空间分布状况与动物生活史过程和生存策略的基础。

许多动物会进行季节性迁移且在迁移完成后倾向于回到相对固定的栖息地内或附近,将这种行为倾向称为栖息地忠诚^[6]。栖息地忠诚行为广泛存在于昆虫^[6]、鱼类^[7]、两栖类^[8-9]、鸟类^[10-12]和哺乳动物^[13-14]等众多不同动物类群。然而,忠诚度的研究却存在诸多挑战和不确定性:其一,文献中出现的忠诚度定义因作者和研究物种而异,有的是指繁殖地^[14],有的是指领域或家域^[15-16],有的指的是具体的巢址^[10];其二,研究栖息地忠诚度需要对个体进行标识,并获取动物在数轮迁移或迁徙过程中活动的位置信息,实践中很难获得这样的数据;其三,界定个体在特定时间尺度(如季节)的活动边界往往存在主观因素。因此,将一个相对完整的周期作为忠诚度评价的时间尺度可能是较适合的,例如年际家域的忠诚度。在本研究中,栖息地忠诚度是指家域尺度的忠诚度。

羚牛(*Budorcas taxicolor*)是分布在青藏高原东段的珍稀有蹄类,具有明显的季节性垂直迁移习性^[17-18]。由于栖息地的丧失和偷盗猎泛滥,羚牛被 IUCN 列为易危(UV),被我国政府作为 I 级重点保护动物^[19]。宋延龄等对秦岭羚牛季节性家域进行了估算并对家域变化原因进行初步推断,认为食物资源的多度与分布可能导致家域季节变化的主要因素^[20]。四川羚牛,即羚牛四川亚种,被认为是目前现存羚牛四个亚种中种群最大,分布最广的^[19]。然而至今未见关于羚牛家域忠诚度的相关研究和四川羚牛家域的报道。为探索以羚牛为代表的大型山地有蹄类的生存策略与资源时空分布关系提供基础,本文尝试回答以下问题:(1)四川羚牛家域的季节及年际变化特征;(2)四川羚牛对家域是否忠诚,其强度如何?

1 研究地点和研究方法

1.1 研究地点

本研究开展于四川省唐家河国家级自然保护区(以下简称唐家河,东经 104°36′—104°56′,北纬 32°32′—32°41′)。唐家河地处岷山山系摩天岭南麓,面积 400km²,最低海拔 1100m,最高海拔 3864m,属于低山丘陵向高山峡谷过渡的地带,复杂崎岖是唐家河地形的重要特征。唐家河成立于 1978 年,是以大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)、羚牛等珍稀野生动物及其栖息地为主要保护对象的自然保护区。保护区内的所有居民于 1990 年前已全部迁至区外,人为干扰微弱。植被类型随海拔梯度变化明显,从低海拔至高海拔依次是河谷灌丛及灌木林,落叶阔叶林,针阔混交林,针叶林以及高山草甸。区内主要分布有 3 种箭竹,分别是缺苞箭竹(*Fargesia denudata*)、糙花箭竹(*Fargesia scabrida*)和青川箭竹(*Fargesia rufa*),主要集中分布于 1800—2600m 的林下。区内属于温带气候,根据保护区内气象记录(海拔 1700m),最低温发生在 1 月份(−11℃),最高温发生在 7 月(30℃)。每年的 6 月至 9 月为雨季,年降水量达 1100mm。

1.2 羚牛的捕捉及数据下载方法

从 2006 年 10 月至 2009 年 4 月,在获得国家林业局批准后,由专业兽医及麻醉师为 9 只不同群体的成年羚牛个体佩戴了带有 GPS 模块的无线电颈圈(Lotek GPS 4400 M, Canada, 重量不及羚牛体重的 1%)。整个捕捉过程符合国家的相关法律规定并由保护区全程配合。每个颈圈都在每天固定的时间开启 4 次(24:00、7:00、12:00、19:00)、每次 15 分钟的自动定位程序。从佩戴颈圈之日算起,每隔 3 个月,用手持无线下载终端激活颈圈,将所有详细定位信息,包括时间、日期、经纬度、海拔、卫星数量及位置精度衰减因子(Position Dilution of Precision, PDOP)等传输到便携式计算机中。

1.3 家域及忠诚度的计算方法

对季节家域忠诚度的分析,首先计算各季节的家域面积。本研究中,按照当地的气候条件、同时也考虑数

据量的均衡性,对季节进行划分。冬季为每年的 12 月至次年 2 月,春季 3 月至 5 月,夏季 6 月至 8 月,秋季 9 月至 11 月。按照以下标准选择用于计算家域面积的数据:(1)GPS 定位数据的精度均需达到 3D 水平,同时要满足 PDOP(位置精度衰减因子)小于 10 的条件^[17];(2)一天内只使用 1 个 GPS 定位点计算每只羚牛的家域面积。

进行家域估计时,一方面使用最小凸多边形法(Minimum Convex Polygon, MCP)计算家域,可以与以往的研究进行比较;另一方面使用固定核域法(Fixed Kernel Estimation, FKE)弥补 MCP 法的不足。家域计算是在 ArcGIS 9.2 中进行,使用了 Hawth tools for ArcGIS9.2 工具包,获得 MCP 和 FKE 家域面积。家域忠诚度的衡量依据是家域的重叠比例(重叠面积占前一年际/季节的家域比例),先通过 ArcGIS 中的 overlap 工具形成的重叠区域的多边形,再获得该多边形的面积。此外,还尝试用家域多边形质心间的距离来评价羚牛家域忠诚度。在进行数据分析时,首先检验数据是否符合正态分布,然后依据检验结果分别选择单因素方差分析(One way ANOVA)或 K 个独立样本检验进行相关的分析和检验(如检验季节间家域是否存在差异或检验不同季节的家域忠诚度是否存在差异),数据以平均值 $\pm$ 标准误(Mean $\pm$ S.E)来表示。

2 研究结果

2.1 不同时间尺度的家域

羚牛年家域面积的个体变异性较高。依据工作超过 12 个月的颈圈定位数据($n=5$),羚牛平均家域为 (15.01 ± 2.92) km²/ (9.02 ± 1.85) km² (MCP/90% FKE),最大家域达 31.61km²/21.02 km²,最小家域仅为 3.71km²/1.84 km²(表 1)。不论采用 MCP 法还是 FKE 法进行家域估计,个体年家域面积未表现出明显的变化模式,但 FKE 家域的年际波动较 MCP 家域波动幅度小。

K-S 检验显示,两种估算方法获得的季节家域面积均符合正态分布。检验结果显示,羚牛各季节间的家域面积存在显著差异(MCP: $F=3.008$, $df=3$, $P=0.041$; FKE: $F=3.101$, $df=3$, $P=0.038$)。对 MCP 家域进行成对检验,结果显示羚牛的春季家域((7.02 ± 1.49) km², $n=9$)显著大于秋季((3.97 ± 0.63) km², $n=14$, $P=0.044$)和冬季的家域((3.64 ± 0.62) km², $n=14$, $P=0.026$),夏季家域((6.79 ± 1.63) km², $n=9$),虽然大于秋季但没有显著差别($P=0.061$);夏季家域面积则显著大于冬季的家域($P=0.037$)。春季家域与夏季家域也无显著差异($P=0.89$)。对 FKE 家域进行成对检验,同样显示冬季家域(3.81 ± 0.41 , $n=11$)显著小于春季家域(9.41 ± 2.22 , $n=9$, $P=0.012$),也小于夏季家域(8.01 ± 2.08)且统计检验接近显著性水平($P=0.056$);冬季家域与秋季家域(4.82 ± 1.01 , $n=12$)无显著差异。春季家域与夏季家域没有显著差异,但显著大于秋季家域($P=0.034$);其他季节间家域差异不显著。

2.2 家域忠诚度

2.2.1 MCP 法

相同季节的家域在年际间重叠度超过 36%,家域的空间位置在年际间是稳定的(图 1)。秋季和夏季家域的年际间忠诚度最高,分别为 $(56.27\pm8.29)\%$ ($n=13$)和 $(55.75\pm21.82)\%$ ($n=4$);冬季家域年际忠诚度最低($(36.34\pm6.82)\%$, $n=13$),春季家域忠诚度也相对较低($(41.85\pm20.72)\%$, $n=4$)。虽然年际的家域忠诚度存在高低之分,但 K 个独立样本的非参数检验显示季节家域忠诚度并无显著差异。

2.2.2 FKE 法

年际家域忠诚度较高,重叠比例为 $(72.54\pm7.99)\%$ ($n=8$),编号 682 个体的家域重叠最高(94.9%),最低的是编号 808 的个体(27.21%)。颈圈工作时间超过 3a 的两只羚牛(编号 1534)和(编号 1532)的相邻年度家域重叠比例分别大于 70%和 85%。年际相同季节的家域重叠比例最小的仅 8%,最大的达 100%,均值为 $(61.3\pm5)\%$ ($n=24$)。按季节重叠比例由小到大的次序依次是冬季($(51.41\pm10.35)\%$, $n=7$)、春季($(58.61\pm12.99)\%$, $n=4$)、秋季($(64.42\pm8.68)\%$, $n=9$)和夏季($(72.64\pm12.25)\%$, $n=4$)。然而,One way ANOVA 检验结果显示季节家域忠诚度在不同季节间并没有显著差异。

FKE 年际家域的多边形质心间距离为 (0.47 ± 0.19) km ($n=6$)。各季节年际间质心距离没有显著差异 ($df=3$, $F=1.71$, $P=0.202$, One way ANOVA), 但质心距离均值由小到大的顺序是秋季 ((0.43 ± 0.13) km, $n=7$)、夏季 ((0.75 ± 0.28) km, $n=4$)、冬季 ((0.81 ± 0.21) km, $n=6$) 和春季 ((0.98 ± 0.16) km, $n=4$)。

表 1 唐家河自然保护区羚牛家域面积及年际变化 (MCP/FKE)

Table 1 Takin Home range size variation among years in Tangjiahe nature reserve (MCP/FKE)

羚牛编号 Takin ID	性别 Sex	年份 * Takin year *	家域面积/km ² Home Range size MCP/FKE	均值±标准误 Mean value MCP/FKE	样本量 Sample size
1532	雌性	1	30.47/13.68	19.18±5.65/10.88±1.57	$n=1284$
1532	雌性	2	14.05/10.74		$n=1362$
1532	雌性	3	13.02/8.23		$n=1315$
1533	雄性	1	20.29/21.02	20.29/21.02	$n=1327$
1534	雌性	1	3.71/2.45		$n=1242$
1534	雌性	2	5.28/3.09	4.79±0.54/3.14±0.42	$n=1310$
1534	雌性	3	5.40//3.89		$n=1246$
682	雌性	1	19.45/13.05	25.53±6.08/13.87±0.82	$n=627$
682	雌性	2	31.61/14.68		$n=634$
808	雌性	1	15.53/6.54	10.93±2.61/4.15±2.39	$n=615$
808	雌性	2	8.32/1.84		$n=616$

* 此处年份指从羚牛捕捉佩戴项圈起往后连续的 12 个月; MCP 和 FKE 分别指最小凸多边形法和固定核域法

表 2 唐家河自然保护区羚牛季节性家域面积 (MCP/FKE)

Table 2 Takin seasonal home range size in Tangjiahe nature reserve (MCP/FKE)

ID		季节家域面积(均值±标准误)/km ² Seasonal home range size (Mean ±S.E)			
		春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
682	MCP	10.02±1.39	10.63±4.19	5.88±1.10	5.36±2.09
	FKE	15.65±3.08	12.19±5.12	8.68±3.12	4.45±0.86
808	MCP	4.66±3.81	5.61±0.15	1.68±0.36	2.15±0.89
	FKE	4.13±3.27	6.15±1.02	2.01±0.11	3.17±2.03
1532	MCP	9.12±1.58	11.71±0.46	4.58±0.95	4.90±0.49
	FKE	12.15±2.92	14.94±1.09	5.33±1.67	4.84±0.59
1533	MCP	11.95 *	2.74 *	6.77±0.14	3.42±2.40
	FKE	16.25 *	3.08 *	8.48±0.22	2.38±1.26
1534	MCP	1.65±0.36	1.27±0.06	1.87±0.52	2.28±0.38
	FKE	2.09±0.16	1.21±0.25	2.11±0.78	3.90±0.26

* 表示雄性羚牛(编号 1533)在春季和夏季的家域均只有 1 个样本,即项圈的整个工作期内仅包括了 1 个春季和 1 个夏季;MCP:最小多边形法 Minimum convex polygon,FKE:固定核域法 Fixed kernel estimation

3 讨论

四川羚牛家域的季节变化显著,其波动特征与秦岭亚种相似。然而,四川亚种的家域面积(MCP 法)不论是年家域还是季节家域均远小于秦岭亚种^[20](年家域 15.01km² vs 56.8km²;春季 7.02 km² vs. 26.9 km²;夏季 6.79 km² vs. 19.5 km²;秋季 3.97 km² vs. 22.1 km²;冬季 3.64 km² vs. 11.1 km²)。羚牛亚种间家域差异如此巨大,存在以下可能:1)由于两亚种研究方法的不同,即数据获取方式的不同引起的差异(无线电三角定位 vs. GPS 自动定位);2)秦岭亚种研究区域的种群密度要远小于唐家河区域的四川羚牛种群密度;3)秦岭亚种羚牛体型显著大于四川亚种个体;4)秦岭区域羚牛的适宜栖息地斑块分散。

家域概念最早由 Burt 提出,经 Kernohan 的总结后表述为:在一定的时间范围内,特定的动物出现概率的

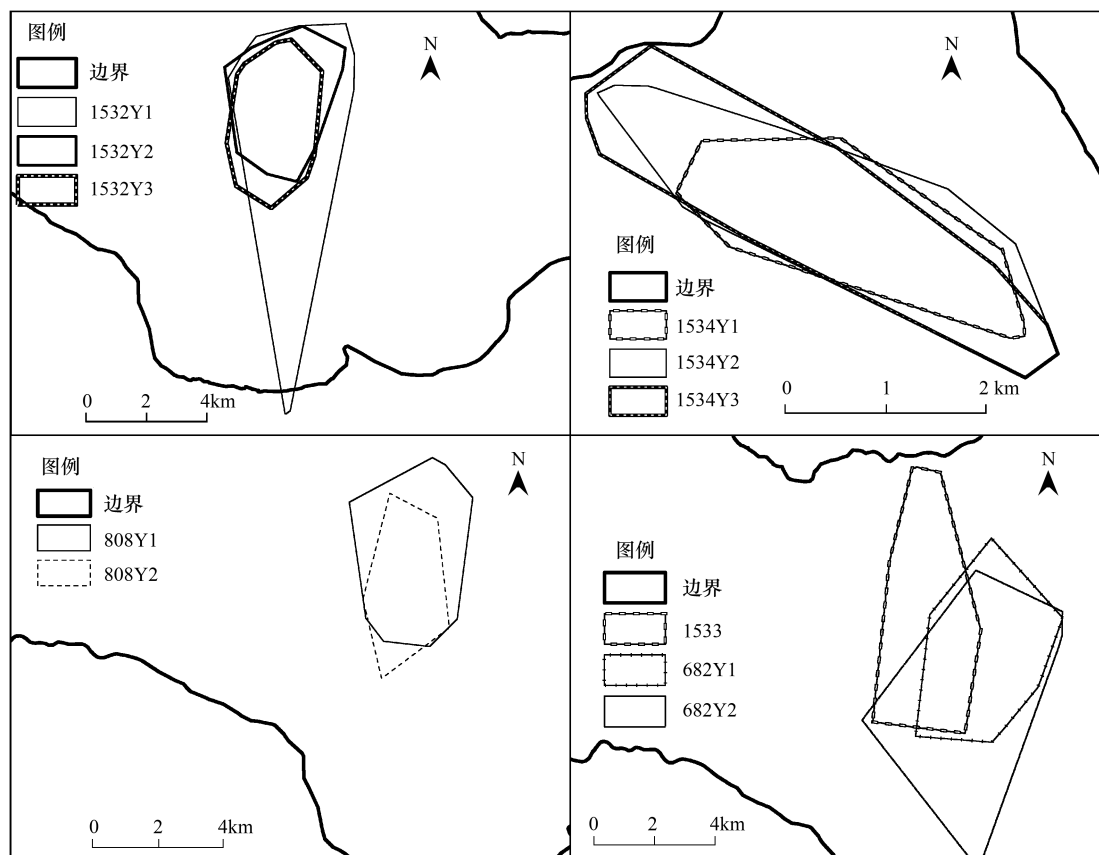


图 1 唐家河自然保护区羚牛年家域多边形(最小凸多边形)

Fig.1 Polygons of takin annual home range in Tangjiahe nature reserve (MCP)

Y1, Y2 和 Y3 分别表示佩戴项圈后的第 1 年、第 2 年和第 3 年

区域范围^[1,21]。早期的家域研究着重描述动物的活动范围,后期逐渐强调对不同区域的利用强度^[22]。最小凸多边形法(MCP)是使用最早、最广泛的家域估算方法,但由于该方法存在异常点干扰及不能反映家域内部利用强度的差异,其合理性受到了较多质疑^[21,23]。相比较,由于概率模型可以反映动物对不同空间的利用强度,核域法是目前最受青睐的估算方法^[21,23]。本研究使用最小凸多边形法及核域法估算家域是基于研究结果既可与往研究比较,也可发现羚牛对不同空间利用强度的差异的考虑。此外,GPS 颈圈应用使定位数据质量的稳定性得以保障,而数据精度也成为目前约束无线电定位法广泛应用主要因素,因为有研究证实其定位误差可能达 500m^[24]。因此,定位手段的差异也可能是两亚种家域差异较大的主要原因之一。

曾治高等的研究区域是以佛坪自然保护区为核心^[18],其主要特征就是周边适宜栖息地逐渐减少迫使羚牛向佛坪集中(1.29—1.56 只/km²,)^[25],且种群密度应处于继续增大的状态。唐家河羚牛种群密度的报道仅见于 20 世纪 80 年代末(1.2—1.3 只/km²)^[26],至今未见数据更新,因此无有力证据完全排除由于两个研究区域羚牛种群密度差异导致家域差异的可能。秦岭亚种与四川亚种外形的差异主要体现在毛色而非体重,两亚种成体重量主要在 300—400kg 范围内^[27],因此体重的差异也无法很好地解释这一现象。虽然唐家河所在纬度比佛坪自然保护区低(32°32′—32°41′vs.33°33′—33°46′),但是两个区域的气候差异并不明显(唐家河 vs. 佛坪,年均温 12℃ vs.11.5℃;最冷月均温-1.2℃ vs.0.3℃;最热月均温 19.7℃ vs.21.9℃,年日照时数 1337.6h vs.1726.5h)^[17,20],不能得到唐家河的食物资源优于佛坪的结论并据此分析家域的差异。至于唐家河与佛坪自然保护区羚牛适宜栖息地分布是否存在差异还需要栖息地利用及评价方面的研究结果支持,但目前并无此类结果可供参考。因此,不能排除适宜栖息地分布特征引起的两个亚种家域差异的可能。

家域的位置和面积波动是动物对环境变化的应答,是生存策略的具体化。在食物质量高且分布集中的区

域,动物不需要进行大范围觅食,因此家域也较小(如夏季家域),反之家域面积则较大(冬季家域)^[28]。羚牛食物(质与量)的季节波动显著^[29-30]。本研究仅两只雌性羚牛夏季家域和冬季家域变化能够符合这一假说,说明影响动物家域的因素比已知的复杂。宋延龄等对秦岭羚牛的家域研究认为羚牛季节家域的很大一部分是由迁移造成的^[31],即其中的有很大部分属于动物路过而非长期选择利用的生境。因为统一的季节划分标准并不一定适用于所有个体,例如某些个体的夏季家域可能是包含了其迁移过程中的栖息地,而有些个体的夏季家域则是已经完成迁移后相对稳定的家域。本研究中的5只羚牛,其中4只羚牛的夏季家域大于春季或近似于春季家域,且均为雌性。相比较,雄性羚牛的夏季家域仅为春季家域的1/4左右。可能的解释是,雄性个体的迁移完成的比雌性羚牛更早。然而,至今尚无研究支持羚牛的迁移模式存在性间差异这一论点,但这种现象被证实存在在狍(*Capreolus capreolus*)的迁移模式中是存在的^[32]。此外,一些研究认为身体状况和是否带幼崽也对有蹄类的家域忠诚度和栖息地选择有显著的效应^[33,29]。Mysterud曾提出动物在夏季增大活动范围而获取的能量效率要高于冬季,但不论冬季或夏季,动物的体重与其所占有的家域是显著正相关的观点^[4]。羚牛平均体重在250—500kg,其冬季家域面积不足4km²,而生活在北美州,体重约60—130kg的白尾鹿(*Odocoileus virginianus*)的冬季家域面积达10—12km²^[31],可见体重和家域面积的关系不能作为唯一判断标准,还应参考食物资源的质量、数量以及空间分布特征。因此,羚牛的个体差异包括繁殖状态^[34]、体形差异^[22]及年龄差异^[35]等可能是羚牛家域波动个体间差异较大的主要原因。

家域忠诚度高有利于提高个体的适合度,熟悉和适应一个区域将提高动物的生存机会和繁殖成功率,如更快地找到觅食地和逃生路线^[6]。在较大的空间(时间)尺度如分布区(年度),每轮迁移周期的栖息地忠诚度可能接近100%,但是在更小的空间或时间尺度(如家域和季节),这种重叠度可能会在0和100%之间波动^[18]。因此,同一物种对栖息地的忠诚度的高低,可以在一定程度上反映栖息地质量的优劣和稳定程度。例如,对马鹿(*Cervus elaphus*)和驼鹿(*Alces americanus*)的研究就提出人类干扰应作为影响有蹄类对栖息地忠诚度的重要因子^[36-37]。唐家河自然保护区的羚牛年际间的家域忠诚度,在食物较丰盛的季节(夏季和秋季)较高,达到64%以上,且总体家域重叠度超过72%,这显示了该保护区适宜羚牛生存且质量稳定。因此,对栖息地忠诚度研究的意义在于了解影响物种分布的关键栖息地因子,进而通过监测栖息地关键因子的波动和动物的行为反馈,一方面能够探讨动物行为策略形成的机制,另一方面也能应用于物种的保护和管理。虽然研究期间(2006—2009)唐家河自然保护区的人为干扰强度较低,不具备探讨人为干扰对羚牛家域忠诚度的产生的影响及动物可能做出响应的条件。但是,目前唐家河自然保护区已经开展了生态旅游(自2011年),随着开发的力度增加,人为活动给羚牛带来的干扰可能日益显现。因此,非常有必要在生态旅游起步阶段开展人为活动对羚牛行为影响的监测工作,为有效地提升保护区对羚牛及其它野生动物保护和管理,提供数据支持。

由于本研究的样本量较少,而且仅局限于家域行为和忠诚度的描述,缺乏相关生态数据的分析探讨。未来的研究,需要联系环境的属性和变化以及不同策略间的生态后果与家域及忠诚度变化,探究影响羚牛及有蹄类的行为策略的深层原因。

参考文献(References):

- [1] Burt W H. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 1943, 24(3): 346-352.
- [2] Mattisson J, Sand H, Wabakken P, Gervasi V, Liberg O, Linnell J D C, Rauset G R, Pedersen H C. Home range size variation in a recovering wolf population: evaluating the effect of environmental, demographic, and social factors. *Oecologia*, 2013, 173(3): 813-825.
- [3] Milton, K, May M L. Body weight, diet and home range area in primates. *Nature*, 1976, 259(5543): 459-462.
- [4] Mysterud A, Pérez-Barbería F J, Gordon I J. The effect of season, sex and feeding style on home range area versus body mass scaling in temperate ruminants. *Oecologia*, 2001, 127(1): 30-39.
- [5] Jerina K. Roads and supplemental feeding affect home-range size of Slovenian red deer more than natural factors. *Journal of Mammalogy*, 2012, 93(4): 1139-1148.
- [6] Ruther J, Thal K, Steiner S. Pheromone communication in *Nasonia vitripennis*: abdominal sex attractant mediates site fidelity of releasing males. *Journal of Chemical Ecology*, 2011, 37(2): 161-165.
- [7] Green B C, Smith D J, Grey J, Underwood G J. High site fidelity and low site connectivity in temperate salt marsh fish populations: a stable isotope

- approach. *Oecologia*, 2012, 168(1): 245-255.
- [8] Matthews K R, Preisler H K. Site fidelity of the declining amphibian *Rana sierrae* (Sierra Nevada yellow-legged frog). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2010, 67(2): 243-255.
- [9] Bona M, Novotný M, Danko S, Burešová A. Nest site fidelity in the Slovakian population of the European pond turtle *Emys orbicularis*. *Amphibia-Reptilia*, 2012, 33(2): 207-213.
- [10] Hoover J P. Multiple effects of brood parasitism reduce the reproductive success of prothonotary warblers, *Protonotaria citrea*. *Animal Behaviour*, 2003, 65(5): 923-934.
- [11] Hestbeck J B, Nichols J D, Malecki R A. Estimates of movement and site fidelity using mark-resight data of wintering Canada geese. *Ecology*, 1991, 72(2): 523-533.
- [12] Xu J L, Zhang X H, Sun Q H, Zheng G M, Wang Y, Zhang Z W. Home range, daily movements and site fidelity of male Reeves's pheasants *Syrnaticus reevesii* in the Dabie Mountains, central China. *Wildlife Biology*, 2009, 15(3): 338-344.
- [13] van Beest F M, Vander Wal E, Stronen A V, Paquet P C, Brook R K. Temporal variation in site fidelity: scale-dependent effects of forage abundance and predation risk in a non-migratory large herbivore. *Oecologia*, 2013, 173(2): 409-420.
- [14] Liu Y, Keller I, Heckel G. Breeding site fidelity and winter admixture in a long-distance migrant, the tufted duck (*Aythya fuligula*). *Heredity*, 2012, 109(2): 108-116.
- [15] Costello C M. Estimates of dispersal and home-range fidelity in American black bears. *Journal of Mammalogy*, 2010, 91(1): 116-121.
- [16] Faillie G, Dussault C, Ouellet J P, Fortin D, Courtois R, St-Laurent M H, Dussault C. Range fidelity: The missing link between caribou decline and habitat alteration?. *Biological Conservation*, 2010, 143(11): 2840-2850.
- [17] Guan T P, Ge B M, McShea W J, Li S, Song Y L, Stewart C M. Seasonal migration by a large forest ungulate: a study on takin (*Budorcas taxicolor*) in Sichuan Province, China. *European Journal of Wildlife Research*, 2013, 59(1): 81-91.
- [18] Zeng Z G, Skidmore A K, Song Y L, Wang T J, Gong H S. Seasonal altitudinal movements of golden takin in the Qinling Mountains of China. *Journal of Wildlife Management*, 2008, 72(3): 611-617.
- [19] 曾治高, 钟文勤, 宋延龄, 李俊生, 赵雷刚, 巩会生. 羚牛生态生物学研究现状. *兽类学报*, 2003, 23(2): 161-167.
- [20] 宋延龄, 曾治高, 张坚, 王学杰, 巩会生, 王宽武. 秦岭羚牛的家域研究. *兽类学报*, 2000, 20(4): 241-249.
- [21] Kernohan B J, Gitzen R A, Millspaugh J J. Analysis of animal space use and movements // Millspaugh J J, Marzluff J M, eds. *Radio tracking and animal populations*. New York: Academic, 2001: 125-166.
- [22] Börger L, Franconi N, Ferretti F, Meschi F, De Michele G, Gantz A, Coulson T. An integrated approach to identify spatiotemporal and individual-level determinants of animal home range size. *The American Naturalist*, 2006, 168(4): 471-485.
- [23] Laver P N, Kelly M J. A critical review of home range studies. *Journal of Wildlife Management*, 2008, 72(1): 290-298.
- [24] Rodgers A R, Rempel R S, Abraham K F. A GPS-based telemetry system. *Wildlife Society Bulletin*, 1996, 24(3): 559-566.
- [25] 曾治高, 宋延龄, 巩会生. 佛坪自然保护区羚牛的种群数量与结构特征. *兽类学报*, 1998, 18(4): 241-246.
- [26] 葛桃安, 胡锦涛, 江明道, 邓启涛. 唐家河自然保护区扭角羚的兽群结构及数量分布. *兽类学报*, 1989, 9(4): 262-268.
- [27] 吴家炎. *中国羚牛*. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [28] McCullough D R. Density dependence and life-history strategies of ungulates. *Journal of Mammalogy*, 1999, 80(4): 1130-1146.
- [29] 曾治高, 宋延龄, 钟文勤, 巩会生, 张坚, 党高第. 秦岭羚牛的食性. *动物学杂志*, 2001, 36(3): 36-44.
- [30] Schaller G B, Teng Q T, Pan W S, Qin Z S, Wang X M, Hu J C, Shen H M. Feeding behavior of Sichuan takin (*Budorcas taxicolor*). *Mammalia*, 1986, 50(3): 311-322.
- [31] Lesage L, Crête M, Huot J, Dumont A, Ouellet J P. Seasonal home range size and philopatry in two northern white-tailed deer populations. *Canadian Journal of Zoology*, 2000, 78(11): 1930-1940.
- [32] Mysterud A. Seasonal migration pattern and home range of roe deer (*Capreolus capreolus*) in an altitudinal gradient in southern Norway. *Journal of Zoology*, 1999, 247(4): 479-486.
- [33] Luccarini S, Mauri L, Ciuti S, Lamberti P, Apollonio M. Red deer (*Cervus elaphus*) spatial use in the Italian Alps: home range patterns, seasonal migrations, and effects of snow and winter feeding. *Ethology Ecology & Evolution*, 2006, 18(2): 127-145.
- [34] van Beest F M, Rivrud I M, Loe L E, Milner J M, Mysterud A. What determines variation in home range size across spatiotemporal scales in a large browsing herbivore? *Journal of Animal Ecology*, 2011, 80(4): 771-785.
- [35] Saïd S, Gaillard J M, Widmer O, Débias F, Bourgoin G, Delorme D, Roux C. What shapes intra-specific variation in home range size? A case study of female roe deer. *Oikos*, 2009, 118(9): 1299-1306.
- [36] Tracz B V, LaMontagne J M, Bayne E M, Boutin S. Annual and monthly range fidelity of female boreal woodland caribou in response to petroleum development. *Rangifer*, 2010, 30(1): 31-44.
- [37] Webb S L, Dzialak M R, Harju S M, Hayden Wing L D, Winstead J B. Influence of land development on home range use dynamics of female elk. *Wildlife Research*, 2011, 38(2): 163-167.