

繁殖期不同时段赤腹松鼠巢域的变化

孔令雪¹ 张虹² 任娟³ 钟雪¹ 孙玉波¹ 宋鹏飞⁴ 郭聪^{1*}

(1 四川大学生命科学学院, 成都 610064) (2 四川省林业科技推广站, 成都 610082)

(3 攀枝花学院医学院, 攀枝花 617000) (4 深圳华大基因研究院, 深圳 518083)

摘要: 繁殖期巢域的研究对了解繁殖期间动物的社群关系、种群动态、繁殖策略等有重要作用。2009年3~12月和2010年3~9月对洪雅县赤腹松鼠的巢域面积变化进行观察。使用最小凸多边形 (Minimum convex polygon, MCP) 法计算赤腹松鼠各时期的巢域面积, 结果显示: (1) 整个繁殖期, 雄性赤腹松鼠的巢域面积为 $1.34 \pm 0.34 \text{ hm}^2$, 显著大于雌性的巢域面积 ($0.60 \pm 0.08 \text{ hm}^2$); (2) 雄性赤腹松鼠在求偶交配期主动增加其巢域面积, 可能会增加雄性与雌性的遇见率, 从而增加与雌性的交配数量; 雌性赤腹松鼠在求偶交配期不主动增加巢域面积, 而是具有较为稳定的活动范围。在妊娠育幼期雌性的巢域面积会减小, 这可能是雌性为提高后代的成活率, 在增加能量和降低捕食风险两者间做出的权衡; (3) 整个繁殖期, 雌性赤腹松鼠间无巢域重叠现象, 而雄性间存在巢域重叠。两性之间仅在求偶交配期存在巢域重叠现象, 因此, 雌性赤腹松鼠在繁殖期有较强的领域性。

关键词: 赤腹松鼠; 繁殖期; 巢域

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2011) 03-0251-06

Variations in home range of *Callosciurus erythraeus* during different breeding periods

KONG Lingxue¹, ZHANG Hong², REN Juan³, ZHONG Xue¹, SUN Yubo¹, SONG Pengfei⁴, GUO Cong^{1*}

(1 College of Life Science, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

(2 Sichuan Forestry Science and Technology Extending Stations, Chengdu 610082, China)

(3 Medical College of Panzhihua University, Panzhihua 617000, China)

(4 The Shenzhen Institute of Genomics, Shenzhen 518083, China)

Abstract: Studies of home range during the breeding season are important to understanding animal community relations, population dynamics, and reproductive strategies. We carried out research on variations in home range of Red-bellied squirrels (*Callosciurus erythraeus*) in a planted forest during March-December 2009, March-September 2010 in Hongya County, Sichuan Province. We employed the minimum convex polygon (MCP) method. The results indicated that: (1) The average size of male home ranges was $1.34 \pm 0.34 \text{ hm}^2$, which was significantly larger than the size of female home ranges ($0.60 \pm 0.08 \text{ hm}^2$) throughout the breeding season; (2) In the estrous period, male squirrels expanded their home ranges, possibly to increase female encounter rate, and thus increase mating numbers. However, the female home ranges remained steady and decreased significantly during pregnancy and the offspring raising period, which could be explained by the females' trade-off between energy intake and predation risk to increase the survival rate of offspring; (3) Throughout the breeding season, the home ranges overlapped between males, but not between females. The overlap of home ranges between males and females could only be detected in the estrous period, indicating that females showed strong territoriality in the breeding season.

Key words: Breeding period; Home rang; Red-bellied squirrel (*Callosciurus erythraeus*)

赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*) 属于啮齿目松鼠科丽松鼠属, 主要分布在热带和亚热带的混

基金项目: 国家科技部 973 资助项目 (2007CB109106)

作者简介: 孔令雪 (1986-), 男, 硕士研究生, 主要从事保护生物学研究. E-mail: lxhn621@163.com

收稿日期: 2011-01-09; 修回日期: 2011-04-17

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: guocong@gmail.com

交林和针叶林中，为晨昏活动型啮齿动物，主要以植物的果实、种子、嫩芽为食，具有很强的适应能力（冉江洪等，2005），雌性松鼠一年可产仔两次，每胎产1~5仔，以2~3仔居多，繁殖期为3~10月，在沿金沙江的河谷地区，个别雌鼠在11月尚能怀孕（王西之和胡锦矗，1984），雌鼠的怀孕高峰期分别为3~4月，7~8月（董岚等，2009），松鼠出生后10~12个月至成熟前期，之后1~5个月内进入成熟期（徐玮和冉江洪，2004），崔文慧等对台湾雄性赤腹松鼠的生殖腺研究发现辜丸指数的峰值为3月及6~8月，因此在3月及7月份为雄性生理活跃期（崔文慧，1981）。

巢域（Home range）是动物进行取食、生殖和育幼等行为所利用的区域（Burt，1943）。巢域的变化可能导致资源的不平等分配，并导致竞争者不同的生长、死亡及繁殖（Adams，2001）。因此，巢域研究对了解动物的活动范围、资源利用、社群关系（包括婚配制度），进而讨论其繁殖策略和种群动态规律等具有重要意义（刘伟等，2002）。动物为各种资源如食物、隐蔽所、异性个体等而竞争（Maher and Lott，1995），竞争的手段之一是排除潜在的竞争者（Schoener，1968；Brown and Orians，1970）。因此，动物领域是动物保卫的特定区域，具有较强的排他性。领域可能是整个巢域，也可能是巢域的一部分。占有一定面积的领域对于动物的生存和繁殖是有利的，占有者可以得到充足的各种资源（尚玉昌，2005）。

Tamura等（1989）对日本和台湾地区不同生境中赤腹松鼠的巢域进行了研究，发现雄性的平均巢域面积均显著大于雌性。我们对赤腹松鼠的活动进行研究时，发现3月和7月的雄性赤腹松鼠的活动面积显著大于其他时期（宋鹏飞等，2010），推测这可能与雄性赤腹松鼠的繁殖行为有关。许多雄性动物在繁殖期会增加其巢域面积，如雄性爱伯特松鼠（*Sciurus aberti*）在繁殖期的巢域面积是非繁殖期的3.5倍（Edelman and Koprowski，2006）；雄性莫哈维黄鼠（*Spermophilus mohavensis*）在繁殖期大幅度增加其移动距离从而增加其巢域面积（Harris and Leitner，2004）；雄性高原鼠兔（*Ochotona curzonia*）在繁殖期早期巢域面积达到最大值（曲家鹏等，2007）。对于雌性赤腹松鼠繁殖期巢域的变化未见报道。Tamura等（1995）在日本观察到赤腹松鼠的求偶交配行为发生在雌性家域附近，我们在研究地也观察到在雌性松鼠巢附近的

追逐现象和求偶期的特殊鸣叫，推测雌性赤腹松鼠不主动寻找雄性，而是通过鸣叫声或气味等通信方式引来雄性。因此，我们假设一：求偶交配期的雌性赤腹松鼠主动扩大活动范围寻找发情的雌性，而雌性有较为固定的活动范围，不主动寻找雄性。若成立，可由此预测，1）雄性赤腹松鼠在求偶交配期的平均巢域面积大于妊娠育幼期及非繁殖期的平均巢域面积；2）雌性在求偶交配期的平均巢域面积与非繁殖期的巢域面积相当；3）雄性赤腹松鼠在求偶交配期间有较大的巢域重叠，雌性间无巢域重叠或较小的巢域重叠。

对于一夫多妻制和混交婚配制的动物来说，雄性大多较少承担后代的养育，由雌性承担，雌性繁殖成功的主要影响因素是食物资源的分布和丰富度（Ostfeld，1985；Davies and Krebs，1991），赤腹松鼠为养育后代，提高后代成活率，需要更多的能量。因此我们还假设二：雌性赤腹松鼠在妊娠育幼期受食物需求的影响较大。若成立，则处于育幼期的雌性松鼠会扩大巢域面积以满足其对食物资源的需求。本研究对雌雄赤腹松鼠在求偶交配期的行为差异、雌性赤腹松鼠在妊娠育幼期的巢域变化及影响因素进行了探讨，为深入了解赤腹松鼠繁殖期的社群关系、繁殖策略和种群动态等提供帮助。

1 研究方法

1.1 研究地点

研究地点位于四川省洪雅县槽渔滩镇境内（29°52'~29°53'N，103°07'~103°08'E），海拔为976~1222 m，属亚热带湿润气候，气候温和湿润，年平均温度16.6℃，年降雨量1435.5 mm，夏季的降雨量占全年降雨量的47%。当地林区多为人工柳杉林，同时分布有一定数量的灌丛、次生阔叶林。阔叶林主要树种有桦木（*Betula platyphylloides*）、灯台（*Cornus controversa*）、板栗树（*Castanea mollissima*）、檫木（*Sassafras tsumu*）、野槭树（*Toxicodendron succedaneum*）等。灌木林以忍冬（*Lonicera japonica*）、西南山茶（*Camellia pitardii*）和花楸（*Sorbus pohuashanensis*）为主。地表植被主要是蕨类、苔藓和悬钩子（*Rubus corchorifolius*）。还分布有少量箭竹（*Sinarundinaria nitida*）等禾本科植物。

1.2 捕捉及跟踪观察

野生赤腹松鼠的警惕性高，在高大茂盛的乔木中往往一闪而过，且偏爱在陡坡及悬崖上活动，难

以近距离观察研究。因此在跟踪方法上主要采用无线电跟踪，并辅以直接观察。在观察到松鼠活动或有活动痕迹的地方放置 26 cm × 14 cm × 14 cm 的捕鼠笼，笼内放置新鲜的苹果对赤腹松鼠进行诱捕，记录捕获赤腹松鼠的日期及个体情况，包括繁殖状况、性别、体重 (g)、体长 (cm)、尾长 (cm) 等参数。给赤腹松鼠佩戴无线电发射器，并记录发射器的频率 (165 ~ 171 MHz)，信号发射的直线距离为 150 ~ 200 m。发射器平均重量 7.5 g，未超过个体体重的 5% (Edelman and Koprowski, 2006)，在捕捉点进行放归，为了避免佩戴发射器的不适应，我们在放归赤腹松鼠的两天后再进行数据的采集。携带无线电接收器进行跟踪，以确定其活动的位点并监测其活动行为。接收器为型号 ICOM. IC-

R20 的折叠式天线 (两单元八木天线)。用手持 GPS 确定被跟踪赤腹松鼠的活动位置，在无法用 GPS 精确定位的活动位点使用三角定位法。三角定位的具体方法：在研究区内设固定点，在固定点处选择接收器信号显示最强的方向，用六五式罗盘测量方向和角度，利用两个固定点测量的方向和角度确定其位置。夹角尽量接近 90°，且在 3 min 之内完成定位。对赤腹松鼠进行全天追踪，每隔 2 ~ 4 h 定位一次。共成功跟踪到赤腹松鼠 28 只 (17 雄，11 雌)，雄性平均体重为 332.24 ± 18.70 g，雌性平均体重为 340.91 ± 22.82 g。其中雄性赤腹松鼠均为成体，均有睾丸下降的特征。跟踪的赤腹松鼠的个体数量及跟踪时间情况见表 1。

表 1 赤腹松鼠的跟踪情况

Table 1 The tracking information of *Callosciurus erythraeus*

	求偶交配期 Estrous period	妊娠育幼期 Pregnancy and offspring raising period	非繁殖期 Non-breeding period
跟踪雄性个体数量/累计观察天数 Numbers of males tracked/Accumulative days tracked	10/139	7/70	4/58
跟踪雌性个体数量/累计观察天数 Numbers of females tracked/Accumulative days tracked	7/107	5/36	3/47

1.3 繁殖期的划分

董岚等 (2009) 对 2000 ~ 2003 年 4 年资料分析发现，本地收集的雌性赤腹松鼠的怀孕率在 4 月和 8 月有两个高峰。我们对 2008 ~ 2010 年的 324 只雌性赤腹松鼠解剖也发现类似的现象，结果如表 2。

在野外对赤腹松鼠行为观察时发现，在 3 月份和 7 月份赤腹松鼠的追逐行为明显较多，求偶鸣叫

声显著增加，这与台湾的雄性赤腹松鼠生理状态的研究相符 (崔文慧, 1981)。雌性松鼠的妊娠期一般为 35 ~ 40 d，因此，结合雌鼠怀孕的解剖结果及在野外对繁殖期赤腹松鼠的行为观察结果，我们将本次赤腹松鼠的繁殖期划分为求偶交配期 (3 月和 7 月)，即以求偶交配行为为主的月份；妊娠育幼期 (4 月和 5 月、8 月和 9 月)，包括雌鼠妊娠期至哺育后代的时间段；非繁殖期为 10 ~ 12 月份。

表 2 雌性赤腹松鼠的繁殖情况

Table 2 Productive status of female *Callosciurus erythraeus*

月份 Month	捕获数 Number captured	怀孕个体数 Pregnant individuals	非怀孕个体数 Non-pregnant individuals	怀孕率 Pregnancy rate
1	2	1	27	3.6
2	32	2	30	6.3
3	27	2	25	7.4
4	21	12	9	57.1
5	50	6	44	12.0
6	26	3	23	11.5
7	35	6	29	17.1
8	22	5	17	22.7
9	23	1	22	4.35
10	29	0	29	0
11	19	0	19	0
12	12	0	12	0
合计 Total	324	38	286	

1.4 巢域面积及分析

用 Arcview GIS 3.3 扩展模块 Animal Movement 的最小凸多边形法 (Minimum convex polygon, MCP) 分别计算赤腹松鼠求偶交配期、妊娠育幼期及非繁殖期的巢域面积, MCP 法使用较为普遍, 使得研究数据与其他研究的结果更具可比性 (刘晓庆等, 2010)。得到的巢域面积数据利用统计软件 SPSS 13.0 进行相关数据的显著性检验, 先用 One-sample Kolmogorov-Smirnov Z-test 检验数据是否符合正态分布, 若正态分布, 使用独立样本 t -检验, 若不符合正态分布, 则使用 Mann-Whitney U 检验。各变量在描述时采用 Mean \pm SE 表示。

1.5 巢域重叠率的计算

利用 Arc View GIS 3.3 扩展模块 Geoprocessing, 计算某一时间段内有巢域面积重叠的两个体的重叠率, 有巢域重叠没有时间重叠的个体不做巢域重叠率的计算。巢域重叠率的计算公式为:

$$\text{巢域重叠率} = \text{Mc}^2 / (\text{Ma} \times \text{Mb})$$

其中, Ma 和 Mb 分别为 A、B 两个体在某一个时间段内的巢域面积, Mc 为相应时间段内两个

体巢域重叠部分的面积 (杨建东等, 2006)。

2 结果

2.1 各繁殖期时段的巢域面积

在整个繁殖期, 雄性赤腹松鼠的巢域面积为 $1.34 \pm 0.34 \text{ hm}^2$, 雌性平均巢域面积为 $0.60 \pm 0.08 \text{ hm}^2$, 雄性显著大于雌性 ($t = 2.15$, $P = 0.04$)。

赤腹松鼠的求偶交配期、妊娠育幼期及非繁殖期的巢域面积见表 3。雄性赤腹松鼠求偶交配期的巢域面积显著大于其妊娠育幼时段的巢域面积 ($t = 2.33$, $P = 0.04$), 前者是后者的 3.03 倍, 雄性赤腹松鼠妊娠育幼期的巢域面积与非繁殖期的巢域面积不存在显著性差异 ($t = 0.15$, $P = 0.88$)。雌性赤腹松鼠求偶交配期的巢域面积显著大于妊娠育幼期 ($t = 3.04$, $P = 0.01$), 前者是后者的 1.90 倍, 雌性求偶交配期的巢域面积与非繁殖期不存在显著性差异 ($t = 0.52$, $P = 0.65$), 繁殖期赤腹松鼠的巢域变化情况如图 1。

表 3 繁殖期不同时段及非繁殖期赤腹松鼠的巢域面积

Table 3 Home range of *Callosciurus erythraeus* during different breeding period and non-breeding period

面积 Area (hm^2)	求偶交配期 Estrous period	妊娠育幼期 Pregnancy and offspring raising period	非繁殖期 Non-breeding period
雄性巢域面积 (hm^2) Home range of males	1.85 ± 0.52	0.61 ± 0.08	0.60 ± 0.12
雌性巢域面积 (hm^2) Home range of females	0.74 ± 0.10	0.39 ± 0.05	0.98 ± 0.45

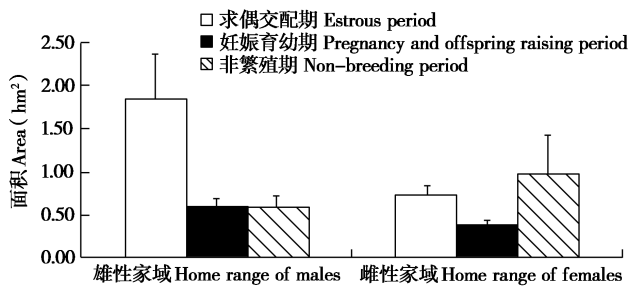


图 1 赤腹松鼠求偶交配期、妊娠育幼期及非繁殖期的巢域面积
Fig. 1 Home range of *Callosciurus erythraeus* during different breeding period and non-breeding period

2.2 繁殖期巢域的重叠率

求偶交配期, 雄性赤腹松鼠巢域之间的巢域重叠率为 34.32% ($n = 4$), 最大重叠率达 68.57%; 雌性巢域间无重叠现象; 雌雄之间的巢域重叠率为 18.74% ($n = 4$), 其中最大重叠率达到 54.68%。妊娠育幼期, 雄性巢域的重叠率为 21.04%

($n = 3$), 最大达到 34.66%, 雌性间没有发现巢域重叠现象, 雌雄之间也无巢域重叠的现象。

3 讨论

3.1 雌雄赤腹松鼠求偶交配期的巢域变化

本次研究显示, 雄性在求偶交配期的巢域面积显著大于妊娠育幼期, 而雄性在妊娠育幼期的面积与非繁殖期的面积相当, 这表明, 雄性在求偶交配期主动增加了其巢域面积, 而对于一夫多妻制和混交婚配制的动物来说雄性繁殖成功与否的主要影响因素是与雌性交配的个体数量。因此, 雌性的数量和空间分布对雄性巢域面积大小有重要影响 (Emmlen and Oring, 1977; Ims, 1987; Clutton-Brock, 1989)。我们推测, 雄性增加巢域面积的行为与其提高遇见雌性松鼠的机率, 从而增加与雌性的交配数量有关。松鼠科其他物种的雄性个体在繁殖期也有这种现象, 如莫哈维松鼠 (Harris and Leitner,

2004)、道格拉斯松鼠 (*Tamiasciurus douglasii*) (Koford, 1982) 等。雌性赤腹松鼠在求偶交配期的巢域面积与非繁殖期的巢域面积大小相当, 这说明雌性松鼠在求偶交配期有较为稳定的活动范围, 不主动扩大面积寻找雄鼠; 处于发情期的雌性松鼠可能通过鸣叫或气味等通讯方式吸引雄性松鼠, 完成求偶交配, 这与我们在野外观察到的赤腹松鼠求偶期鸣叫声增加的现象符合。雌性爱伯特松鼠 (Edelman and Koprowski, 2006), 雌性欧洲红松鼠 (*Sciurus vulgaris*) 在整个繁殖期同样是拥有稳定的巢域面积 (Wauters and Dhondt, 1992), 与本研究结论相似。因此, 研究结果支持假设一, 即在求偶交配期雄性个体主动增加其活动面积到雌性巢域附近求偶, 而雌性此时有较为稳定的活动范围。这与日本和台湾地区观察到的繁殖期赤腹松鼠的行为符合, 多只雄性赤腹松鼠清晨在处于发情期的雌性赤腹松鼠巢域附近聚集, 其中两或三只占优势的雄性松鼠互相追逐, 在竞争中占有优势的雄鼠与雌鼠交配后离开, 随后竞争中占优势的其他雄鼠再与雌鼠完成交配 (Tamura, 1995)。

3.2 雌性赤腹松鼠妊娠育幼期的巢域变化

雌性赤腹松鼠求偶交配期的巢域面积显著大于妊娠育幼期, 而求偶交配期的巢域面积与非繁殖期的面积相当, 这说明, 雌性个体在妊娠育幼期减小了其巢域面积。因此, 假设二不成立。表明本地的雌性赤腹松鼠在妊娠育幼期, 其巢域内的食物资源能够满足其对能量的需求, 雌性松鼠可能受到其生理因素和保护幼鼠因素的影响而选择了减小活动面积。雌性松鼠在妊娠育幼期平均巢域面积的减小与研究地的生境状况及赤腹松鼠面临的捕食风险相符, 由于在妊娠育幼期赤腹松鼠巢域内有较为丰富的食物, 赤腹松鼠在此时期受食物的影响较小, 没必要冒风险扩大巢域面积, 相反, 育有幼鼠的雌鼠此时期可能受捕食风险的影响较大, 赤腹松鼠在当地为森林害鼠, 人为捕杀赤腹松鼠的行为较为频繁。同时当地还存在黄鼬、蛇和猛禽等赤腹松鼠的天敌。赤腹松鼠面临的捕食风险较大, 若在妊娠育幼期, 雌性松鼠育有幼仔, 则面临更大的捕食风险。雌鼠可能在此时期为提高后代成活率而减小巢域面积, 也可能是雌性赤腹松鼠此时期在食物资源和捕食风险之间做出的权衡。这与处于育幼期的雌性美国西部灰松鼠 (*Sciurus griseus*) 的巢域研究结果相似, 欧洲棕熊 (*Ursus arctos*) 为避免幼仔被雄性棕熊猎杀在育幼期也有减少巢域面积的现象

(Dahle and Swenson, 2003)。

3.3 繁殖期巢域重叠

多数混交制系统的动物雄性间常有较大的巢域重叠, 雌性间有较小的巢域重叠, 如拉布拉多白足鼠 (*Peromyscus maniculatus*) (Ribble and Millar, 1996), 波氏白足鼠 (*Peromyscus boylii*) 和皮农鹿鼠 (*P. truei*) (Ribble and Stanley, 1998), 狐尾林鼠 (*Neotoma cinerea*) (Topping and Millar, 1998) 等。本次对重叠率的研究发现也有相似的结论, 雌性赤腹松鼠在繁殖期的各个时段均无巢域重叠的现象, 说明雌性在赤腹松鼠繁殖期具有较强的领域性。雌雄赤腹松鼠个体在繁殖期的早期有巢域重叠现象, 这是因为在求偶交配时期, 成年赤腹松鼠将异性看做是一种资源, 雌性允许雄鼠进入其巢域, 而雄鼠将会因为争夺与雌鼠的交配权发生追逐和争斗, 因此出现巢域重叠现象。在妊娠育幼期雌性与雄性无巢域重叠现象, 主要因为赤腹松鼠的婚配制度是混交制 (Tamura *et al.*, 1989), 后代的养育主要由雌性松鼠承担, 因此雌鼠在妊娠育幼期可能表现出强烈的领域性。一方面为保护其后代, 另一方面为保护其养育后代的食物资源。而对于雄性来说, 在妊娠育幼期, 其求偶需求降低, 不再将雌鼠看做是繁殖后代的资源, 因此其巢域面积减小, 并不再与雌鼠的巢域发生重叠。

致谢: 感谢四川洪雅林业局的支持, 及文山村李加全夫妇的后勤保障工作。

参考文献:

- Adams E A. 2001. Approaches to the study of territory size and shape. *Ann Rev Ecol Syst*, **32**: 277 - 303.
- Brown J L, Orians G H. 1970. Spacing patterns in mobile animals. *Ann Rev Ecol Syst*, **1**: 239 - 262.
- Burt W H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *J Mammal*, **24**: 346 - 352.
- Clutton-Brock T H. 1989. Mammalian mating systems. *Proc R Soc Lond B Biol Sic*, **236**: 339 - 372.
- Cui W H. 1981. Reproduction cycles of the male Red-bellied tree squirrel (*Callosciurus erythraeus*) in Taipei. Master Thesis. Taiwan: National Taiwan University. (in Chinese)
- Dahle B, Swenson J E. 2003. Seasonal range size in relation to reproductive strategies in brown bears *Ursus arctos*. *J Anim Ecol*, **72**: 660 - 667.
- Davies N B, Krebs J R. 1991. Behavioral Ecology. Oxford. Blackwell, 263 - 294.
- Dong L, Ji M, Xu W, Jiang Y Z, Sun G Z, Ran J H. 2009. Relation of damage and reproduction of Red-bellied squirrels in planta-

- tion. *Sichuan J Zool*, **28** (2): 197 - 201. (in Chinese)
- Edelman A J, Koprowski J L. 2006. Seasonal changes in home ranges of Abert's squirrels: impact of mating season. *Can J Zool*, **84**: 404 - 411.
- Emlen S T, Oring L W. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science*, **197**: 215 - 223.
- Harris J H, Leitner P. 2004. Home-range size and use of space by adult Mohave ground squirrels, *Spermophilus mohavensis*. *J Mammal*, **85** (3): 517 - 523.
- Ims R A. 1987. Male spacing systems in microtine rodents. *Am Nat*, **130**: 475 - 484.
- Liu W, Zhong W Q, Wan X R. 2002. Advance in the research of home range in rodents. *Chin J Ecol*, **21** (4): 36 - 40. (in Chinese)
- Liu X Q, Wang X M, Wang Z H, Liu X Q, Ma B. 2010. Comparison of the Tibetan fox (*Vulpes ferrilata*) home range size using methods the fixed kernel estimation and the minimum convex polygon. *Acta Theriologica Sinica*, **30** (2): 163 - 170. (in Chinese)
- Maher C R, Lott D F. 1995. Definitions of territoriality used in the study of variation in vertebrate spacing systems. *Anim Behav*, **49**: 1581 - 1597.
- Ostfeld R S. 1985. Limiting resources and territoriality in microtine rodents. *Am Nat*, **126**: 1 - 15.
- Qu J P, Li K X, Yang M, Li W J, Zhang Y M, Smith A T. 2007. Seasonal dynamic pattern of spacial territory in social groups of plateau pikas (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, **27** (3): 215 - 220. (in Chinese)
- Ribble D O, Millar J S. 1996. The mating system of northern populations of *Peromyscus maniculatus* as revealed by radiotelemetry and DNA fingerprinting. *Ecoscience*, **3**: 423 - 428.
- Ribble D O, Stanley S. 1998. Home ranges and social organization of syntopic *Peromyscus boylii* and *P. truei*. *J Mammal*, **79**: 932 - 941.
- Schoener T W. 1968. Sizes of feeding territories among birds. *Ecology*, **49**: 123 - 141.
- Seaman D E, Powell R A. 1996. An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology*, **77** (7): 2075 - 2085.
- Song P F, Cao X L, Qi M D, Ren J, Kong L X, Jia G, Guo C. 2010. Home range and habitat use of Red-bellied squirrels in planted forest of Hongya County. *Chn J Zool*, **45** (4): 52 - 58. (in Chinese)
- Tamura N, Hayashi F, Miyashita K. 1989. Spacing and kinship in the Formosan squirrel living in different habitats. *Oecologia*, **79**: 344 - 352.
- Tamura N. 1995. Postcopulatory mate guarding by vocalization in the Formosan squirrel. *Behav Ecol Sociobiol*, **36**: 377 - 386.
- Topping M G, Millar J S. 1998. Mating patterns and reproductive success in the bushy-tailed woodrat (*Neotoma cinerea*), as revealed by DNA fingerprinting. *Behav Ecol Sociobiol*, **43**: 115 - 124.
- Wang Y Z, Hu J C. 1984. Sichuan Fauna Economica: Vol 2. Rodentia: Sciuridae. Chengdu: Sichuan Science and Technology press. (in Chinese)
- Wauters L A, Dhondt A A. 1992. Spacing behavior of red squirrels, *Sciurus vulgaris*: variation between habitats and the sexes. *Anim Behav*, **43**: 297 - 311.
- Xu W, Ran J H. 2004. Studies and control of *Callosciurus erythraeus*. *J Sichuan Forestry Science Technol*, **25** (4): 16 - 21. (in Chinese)
- Yang J D, Zhang Z Y, Li M, Hu J C, Wei F W. 2006. Home range of red pandas (*Ailurus fulgens*) in Fengtongzhai Nature Reserve, Sichuan, China. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (1): 13 - 17. (in Chinese)
- 王西之, 胡锦涛. 1984. 四川资源动物志 (第二卷 兽类). 成都: 四川科技出版社, 191 - 193.
- 刘伟, 钟文勤, 宛新荣. 2002. 啮齿动物巢区研究进展. 生态学杂志, **21** (4): 36 - 40.
- 刘晓庆, 王小明, 王正寰, 刘秀群, 马波. 2010. 固定核空间法和最小凸多边形法估计藏狐巢域的比较. 兽类学报, **30** (2): 163 - 170.
- 曲家鹏, 李克欣, 杨敏, 李文靖, 张堰铭, Smith A T. 2007. 高原鼠兔家群空间领域的季节性动态格局. 兽类学报, **27** (3): 215 - 220.
- 宋鹏飞, 曹晓莉, 祁明大, 任娟, 孔令雪, 贾岗, 郭聪. 2010. 洪雅县人工林赤腹松鼠活动范围及栖息地利用. 动物学杂志, **45** (4): 52 - 58.
- 杨建东, 张泽钧, 李明, 胡锦涛, 魏辅文. 2006. 蜂桶寨自然保护区小熊猫巢域初步研究. 兽类学报, **26** (1): 13 - 17.
- 尚玉昌. 2005. 动物行为学. 北京: 北京大学出版社, 281 - 286.
- 徐玮, 冉江洪. 2004. 赤腹松鼠及其危害防治的研究. 四川林业科技, **25** (4): 16 - 21.
- 崔文慧. 1981. 坪林地区雄性赤腹松鼠之生殖生物学. 台湾: 国立台湾大学硕士论文.
- 董岚, 纪岷, 徐玮, 蒋永智, 孙国忠, 冉江洪. 2009. 人工林赤腹松鼠危害与繁殖关系的初步研究. 四川动物, **28** (2): 197 - 201.