

若尔盖高寒湿地高原林蛙繁殖后期运动、家域和 微生境选择*

齐 银^{1,2} Zachary FELIX³ 戴 强^{1,2} 王 勇^{3,4} 杨 勇⁵ 王 波^{1,2}
王跃招^{1**}

1. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049
3. Center for Forestry, Ecology, and Wildlife, Alabama A&M University, P. O. Box 1927, Normal, AL, USA 35762
4. 北京师范大学生命科学学院, 北京 100875
5. 若尔盖湿地国家级自然保护区管理局, 四川 阿坝州 624500

摘 要 我们于 2006 年 7 月对分布于青藏高原东部若尔盖高寒湿地的 7 只高原林蛙 (*Rana kukunoris*) 进行了追踪研究。Monte-Carlo 模拟表明: 在研究期内高原林蛙的运动是随机的, 还没有开始迁移。高原林蛙的平均运动距离为 7.1 m, 雌雄运动距离没有差异。95% 和 50% Kernel 家域分别为 $796.2 \text{ m}^2 \pm 704.0 \text{ m}^2$ 和 $119.9 \text{ m}^2 \pm 94.6 \text{ m}^2$, MCP 家域为 $157.9 \text{ m}^2 \pm 119.5 \text{ m}^2$ 。雌雄高原林蛙生境选择存在差异, 雄性倾向于在洞穴较多的生境中运动和隐蔽, 而雌性倾向于在草丛中运动和藏匿; 早晨高原林蛙选择地面温度较高、相对湿度较大的微生境活动, 雌雄活动点的空气温度、相对湿度和植被高度没有显著差异。追踪个体的微生境利用表明: 高原林蛙和哺乳类洞穴具有很强的相关性 [动物学报 53 (6): 974-981, 2007]。

关键词 两栖动物 高原林蛙 无线电遥测 家域 若尔盖

Post-breeding movements, home range, and microhabitat use of plateau brown frogs *Rana kukunoris* in Zoige Alpine Wetland*

QI Yin^{1,2}, Zachary FELIX³, DAI Qiang^{1,2}, WANG Yong^{3,4}, YANG Yong⁵,
WANG Bo^{1,2}, WANG Yue-Zhao^{1**}

1. Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
3. Center for Forestry, Ecology, and Wildlife, Alabama A&M University, P. O. Box 1927, Normal, AL35762, USA
4. College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China
5. Management Bureau of Zoige Wetland Nature Reserve, Zoige, Sichuan 624500, China

Abstract Radio telemetry was used to study the ranging behaviour of plateau brown frogs *Rana kukunoris* during the post-breeding period. The movements of frogs were apparently random and limited in extent (the average distance travelled by both sexes was 7.1 metres during the study period). 95% and 50% kernel homeranges (Mean \pm SD) averaged $796.2 \text{ m}^2 \pm 704.0 \text{ m}^2$ and $119.9 \text{ m}^2 \pm 94.6 \text{ m}^2$, respectively. Use of minimum convex polygon measurements yielded a home range area of $157.9 \text{ m}^2 \pm 119.5 \text{ m}^2$. Habitat use differed between the sexes; males tended to use mammal burrows, while female frogs sheltered in grass clumps. However, measurements of air temperature, relative humidity and vegetation heights at sites used were very similar for both sexes

2007-05-06 收稿, 2007-09-27 接受

* 国家自然科学基金 (No.30470252)、East Asia and Pacific Summer Institutes provided to ZIF by the United States National Science Foundation、中国科学院成都生物研究所知识创新工程领域前沿项目 (CIB-2007-LYQY-Q02) 共同资助 [This research were funded by the National Natural Science Foundation of China (No.30470252), East Asia and Pacific Summer Institutes provided to ZIF by the United States National Science Foundation and Knowledge Innovation Program of Chengdu Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences (CIB-2007-LYQY-Q02)]

** 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: arcib@cib.ac.cn

[*Acta Zoologica Sinica* 53 (6): 974–981, 2007].

Key words Amphibians, Plateau brown frogs, *Rana kukunoris*, Telemetry, Home range, Zoige wetland

许多两栖动物具有典型的水陆两栖生活史 (Duellman and Trueb, 1986)。由于两栖动物显著的发声特征和复杂的婚配策略 (Wells, 1977; Gerhardt and Huber, 2002), 长期以来, 研究者更多的是关注水生生活阶段, 对两栖动物管理和生境保护措施制定也多是围绕水生生境, 而忽视了陆生生境 (Dodd et al., 2003)。只有完整地了解两栖动物各个生活史阶段的运动特征和生境利用, 才能更有效地保护两栖动物的生境, 从而维持不同生活史阶段生境的连通性 (Baldwin et al., 2006)。目前, 关于两栖动物陆生阶段的研究主要包括: 1) 核心生境和缓冲区域 (Semlitsch and Bodie, 2003; Porej et al., 2004; Trenham, 2005); 2) 繁殖后期运动 (Lamoureux et al., 2002; Faccio, 2003; Bartelt et al., 2004; Forester and Snodgrass, 2006); 3) 越冬迁移 (Lamoureux and Madison, 1999; Pilliod et al., 2002; Regosin et al., 2003); 4) 日运动节律和隐蔽物的利用 (Graves, 1999; Hodgkison and Hero, 2001)。

若尔盖高寒湿地是一种脆弱的生态系统, 该生态系统正在沿着: “湿地-草甸-退化草甸-沙化草地-沙化” 这样一种生态环境的恶化演变, 湿地萎缩, 沙地及沙化草地扩展, 草地退化速度加快, 气候变得干暖 (雍国玮等, 2003)。高原林蛙 (*Rana kukunoris*) 作为青藏高原特有种, 是该生态系统能量流动的重要环节, 对当地气候和环境变化可能会非常敏感。从长远看, 生态系统的恶化演变可能会危及到高原林蛙的生存和繁殖, 同时高原林蛙数量的下降也会对生态系统能量流动和功能发挥形成负反馈 (Fellers et al., 2003; Williams et al., 2003)。因此, 及时开展对高原林蛙生态和保护方面的研究, 对若尔盖高寒湿地生态系统生物多样性保护具有重要意义。

高原林蛙是青藏高原特有种, 该物种种群数量正在下降 (Fellers et al., 2003), 生境也在恶化 (雍国玮等, 2003), 及时开展对该物种的生态研究, 对将来该物种保护非常关键。陆地生境是两栖动物完成生活史的重要部分 (Gill, 1978; Semlitsch, 1998)。但是到目前为止, 对高原林蛙陆地生境选择和季节性迁移行为研究很少, 特别是迁移机制方面。关于该物种陆地运动特征, 特别是繁殖后期运动、家域和季节性生境选择研究也很少。通过此次

研究, 我们拟初步揭示: 1) 高原林蛙繁殖后期家域大小和雌雄之间家域大小的差异; 2) 高原林蛙繁殖后的运动特征; 3) 高原林蛙繁殖后的生境选择。

1 材料与方法

1.1 研究地点

研究区域位于青藏高原东缘阿坝藏族羌族自治州若尔盖高寒湿地自然保护区境内, 地理坐标为 (33°25'–34°00'N, 102°29'–102°59'E) (图 1), 海拔 3 400 m–3 700 m, 多年平均气温 0.9℃, 最暖月 7 月均温 10.7℃, 最冷月 1 月均温 -10.7℃。年降雨量 648.7 mm, 相对湿度为 69%。我们选择位于若尔盖县城西北角的一个水塘作为高原林蛙的捕捉和释放点。该水塘基本呈圆形, 半径大约 5 m, 水塘周围植被主要有马先蒿 (*Pedicularis oederi*)、珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)、鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserine*) 和西伯利亚剪股颖 (*Agrostis sibirica*) 等。除高原林蛙外, 该水塘周围还分布有倭蛙 (*Nanorana pleskei*) 和岷山蟾蜍 (*Bufo minshanicus*)。

1.2 无线电追踪和环境因子测量

我们围绕繁殖水体选择追踪个体, 利用测径器测量体长 (Snout-vent length, SVL 表示), 精确到 mm; 利用弹簧秤测量体重, 精确到 g; 雌雄判断以是否出现婚垫为依据 (Liu, 1950), 共选择了 7 只适合个体 (SVL > 50 mm, 3 雌 4 雄)。发射器 (BD-2 发射器, Holohil Systems Ltd., Carp, Ontario, Canada; 0.96 g) 用塑料线圈 (直径 1 mm) 捆绑于林蛙的腰部, 捆绑圈大小以不磨损林蛙皮肤为宜, 塑料线打结处超出塑料的弹性范围以防止发射器脱离。发射器和捆绑线的总重量约 1.2 g, 小于林蛙体重的 10% (Heyer et al., 1994)。安装完发射器的林蛙在称重并测量体长之后在各自的捕捉点释放, 释放 24 h 以后开始追踪。每隔两天对标记后的林蛙检查一次, 看是否出现皮肤磨损或捆绑过紧。由于死亡和皮肤磨损, 有两只个体被更换, 剩下的 7 只个体平均追踪 $18.0 \text{ d} \pm 3.7 \text{ (SD) d}$, 共获得 126 个追踪点。每只个体每天早晨和下午各追踪一次, 接收器使用 Merlin 12 (Custom Electronics of Urbana, Inc.), 天线采用折叠式 (3-element Yagi) (Custom Electronics of Urbana, Nikomas, FL, USA)。一旦追踪

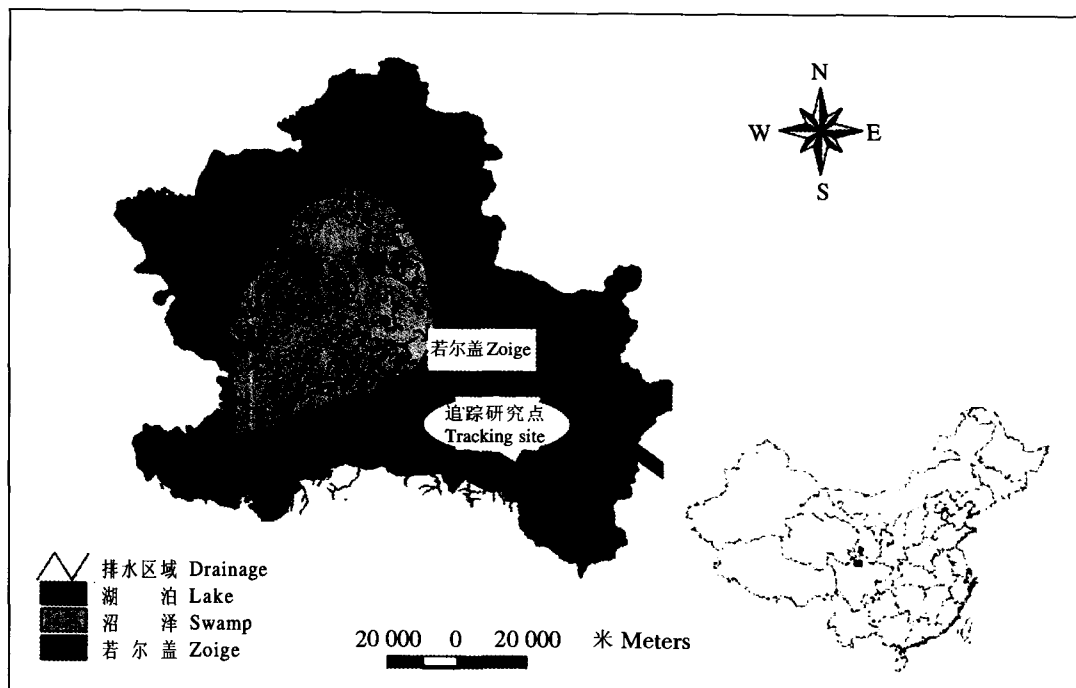


图 1 若尔盖在中国的位置和研究点在若尔盖的位置

Fig.1 Location of Zoige in China and the study site within Zoige

到某个个体, 利用手持 GPS (Garmin Etrex) 记录该个体的通用横墨卡托 (Universal Transverse Mercator-UTM) 坐标, 同时利用电子温湿度计 (Digital max/min thermohygrometer) (Forestry Supplier, Inc.) 测量林蛙分布点的地面温度 (Air temperature of frog, ATF)、相对湿度 (Relative humidity of frog, RHF)、垂直距离地面 1.5 m 处的温度 (Ambient temperature, ATA) 和相对湿度 (Ambient relative humidity, RHA)。用土壤温湿度计测量土壤温度 (Soil Temperature, ST), 用 5 m 卷尺测量植被高度 (Vegetation height, VH)。

1.3 数据分析

利用 Monte-Carlo 模拟判断高原林蛙运动是否是随机的, 共进行 1 000 次模拟, 模拟运动距离保持相同, 模拟运动角度随机给予, 利用与活动中心的平方距 (R^2) 来度量林蛙的散布性, 利用每条路线的实际距离和直线距离比值来度量林蛙运动的线性。通过观测值和模拟值的比较, 如果 $P < 0.05$, 说明林蛙运动具有方向性, 也就是说林蛙已经开始迁移, 反之则说明林蛙还没有开始迁移 (Hooge and Eichenlaub, 1998)。

家域估算采用最小凸多边形法 (Minimum convex polygon, MCP) 和固定核心法 (Fixed kernel, FK)。利用每个个体所有追踪点估算 100% MCP 家域, 同时估算 95% FK 和 50% FK 家域; 利用单因

素方差分析 (One-way ANOVA) 检验 MCP, 50% FK 和 95% FK 家域差异, 如果差异显著, 利用 LSD (Least Significant Difference) 进行多重比较; 对林蛙体重和体长与 MCP 家域和平均运动距离进行 Pearson 相关性检验, 以检验林蛙体型对运动的影响。

将高原林蛙的微生境分为三类: 1) 无洞穴草地; 2) 有洞穴草地; 3) 水体。计数雌、雄高原林蛙对这三种微生境的使用率, 利用相依表分析 (Contingency table analysis) 和 χ^2 分布检验雌、雄之间生境选择的差异性; 利用独立样本 t -检验来检验早晨和下午 ATF 与 ATA、RHF 与 RHA 的差异性。以及雌雄之间 ATF、RHF、ST 和 VH 的差异。以上所有变量首先利用 Kolmogorov-Smirnov tests 检验其正态性, 以满足 t -检验的假设, 以 $\alpha < 0.05$ 作为显著性判断标准。

2 结果

2.1 家域特征

Monte Carlo 模拟表明: 所有追踪个体都没有表现出迁移行为 (表 1, 图 2、图 3)。平均 MCP 家域为 $157.9 \text{ m}^2 \pm 119.5 \text{ m}^2$ (范围: $43.3 \text{ m}^2 \pm 312.3 \text{ m}^2$), 平均 50% FK 家域为 $119.9 \text{ m}^2 \pm 94.6 \text{ m}^2$ (范围: $8.9 \text{ m}^2 \pm 258.8 \text{ m}^2$), 平均 95% FK 家域为 796.2

$m^2 \pm 704.0 m^2$ (范围: $80.5 m^2 \pm 2 130.3 m^2$), 雌雄之间 MCP 家域 ($t = 0.60, df = 5, P = 0.58$), 50% FK 家域 ($t = -2.19, df = 5, P = 0.08$), 95% FK 家域 ($t = -1.64, df = 5, P = 0.16$) 没有显著差异。雌雄 MCP 家域和 FK 家域存在重叠, 比如 R1 和 R3、R2 和 R8、R5 和 R6 (图 2、3)。不同的家域估算方法 (MCP, 50% FK 和 95% FK) 对家域估算结

果有显著影响 ($F_{2,18} = 5.84, P = 0.01$) (表 1)。95% FK 家域大于 MCP 和 50% FK 家域。体长 ($r^2 = 0.03, P = 0.72$) 和体重 ($r^2 = 0.19, P = 0.33$) 与 MCP 家域没有显著相关性, 林蛙的日平均运动距离为 7.1 m (范围: 3.1 m - 24.2 m), 与体长 ($r^2 = 0.29, P = 0.21$) 和体重 ($r^2 = 0.008, P = 0.85$) 也没有显著相关性。

表 1 四川若尔盖高寒湿地自然保护区 7 只被追踪高原林蛙繁殖后期的运动型和家域

Table 1 Movement pattern and home range of 7 *Rana kukunoris* radio-tracked during post breeding season in Zoige Wetland Nature Reserve, Sichuan, China

林蛙编号 Frog ID	性别 Sex	始标期 Tag date	去标期 Removal date	体重 Mass (g)	体长 SVL (mm)	追踪点 数量 Points	95% FK (m^2)	50% FK (m^2)	MCP (m^2)	平均移动 距离 AL (m^2)	均方距 R^2	线性 Linearity
R1	F	7/8/2006	7/23/2006	13.2	58.7	20	609.5	63.8	312.3	11.4	150.9 (0.09)*	0.05 (0.10)
R2	F	7/8/2006	7/23/2006	13.0	51.5	22	365.6	74.9	216.7	4.0	81.3 (0.42)	0.20 (0.78)
R3	M	7/9/2006	7/23/2006	16.0	61.1	18	544.2	106.1	78.7	6.3	220.8 (0.43)	0.31 (0.12)
R5	M	7/9/2006	7/23/2006	14.1	58.2	18	2 130.3	243.9	310.7	9.5	614.0 (0.26)	0.21 (0.50)
R6	M	7/9/2006	7/18/2006	14.8	59.5	11	1 349.5	258.8	51.5	9.8	566.0 (0.08)	0.70 (0.20)
R7	M	7/9/2006	7/23/2006	13.0	55.2	21	493.5	83.2	92.4	5.7	176.2 (0.42)	0.40 (0.46)
R8	F	7/13/2006	7/23/2006	14.0	57.2	16	80.5	8.9	43.3	3.1	14.9 (0.09)	0.09 (0.11)
平均值 Mean				14.0	57.3	18	796.2	119.9	157.9	7.1		
标准差 SD				1.1	3.2	3.7	704.0	94.6	119.5	3.2		

R^2 : 与活动中心的平方距离。线性: 每条运动路线绝对距离与直线距离的比值 (Hogge and Eichenlaub, 1998)。FK: 固定核心家域。MCP: 最小多边形家域。AL: 平均移动距离。* 均方距 (R^2) 和线性 (Linearity) 后面括号中的值反映获得该观察值的概率。

R^2 : Mean squared distance from the center for of activity. Linearity: the ratio of absolute distance moved to the straight-line distance for each movement path (Hogge and Eichenlaub, 1998). SVL: Snout-vent length. Points: Number of radiolocation points. FK: Fixed kernel home range. MCP: Minimum convex polygon home range, AL = Average length of movements.* Values in parentheses following R^2 and linearity are the probability of observing the values, respectively.

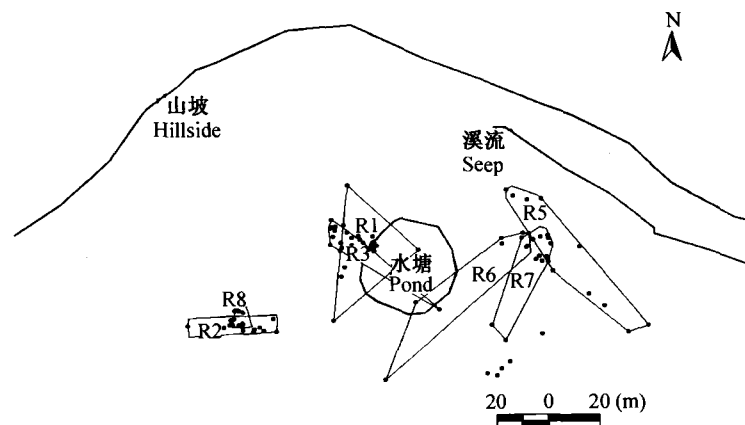


图 2 2006 年 7 月四川若尔盖高寒湿地自然保护区 7 只高原林蛙 MCP 家域的空间分布

R1 至 R8 代表追踪个体的编号, 与表 1 一致。

Fig.2 The spatial distribution of minimum convex polygon home ranges for 7 *R. kukunoris* in Zoige Wetland Nature Reserve, Sichuan Province, China, July 2006

R1 to R8 indicate frog numbers corresponding to those in Table 1.

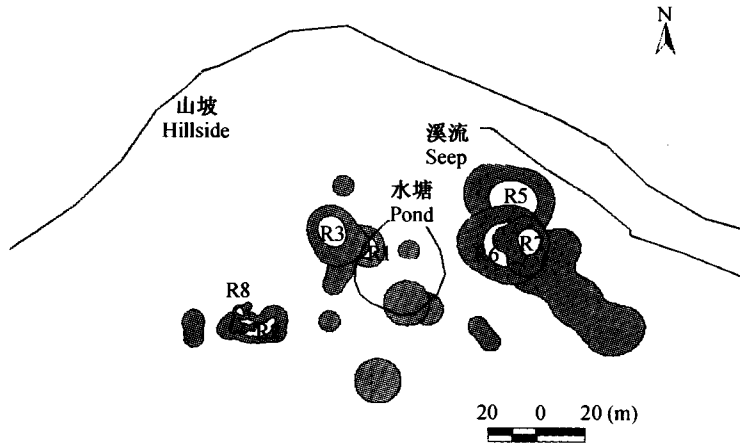


图3 2006年7月四川若尔盖高寒湿地自然保护区高原林蛙95%FK和50%FK家域空间分布
R1至R8代表追踪个体的编号,与表1一致。

Fig.3 The spatial distribution of 95% and 50% kernel home ranges for 7 *R. kukunoris* in Zoige Wetland Nature Reserve, Sichuan Province, China, July 2006

R1 to R8 indicate frog numbers corresponding to those in Table 1.

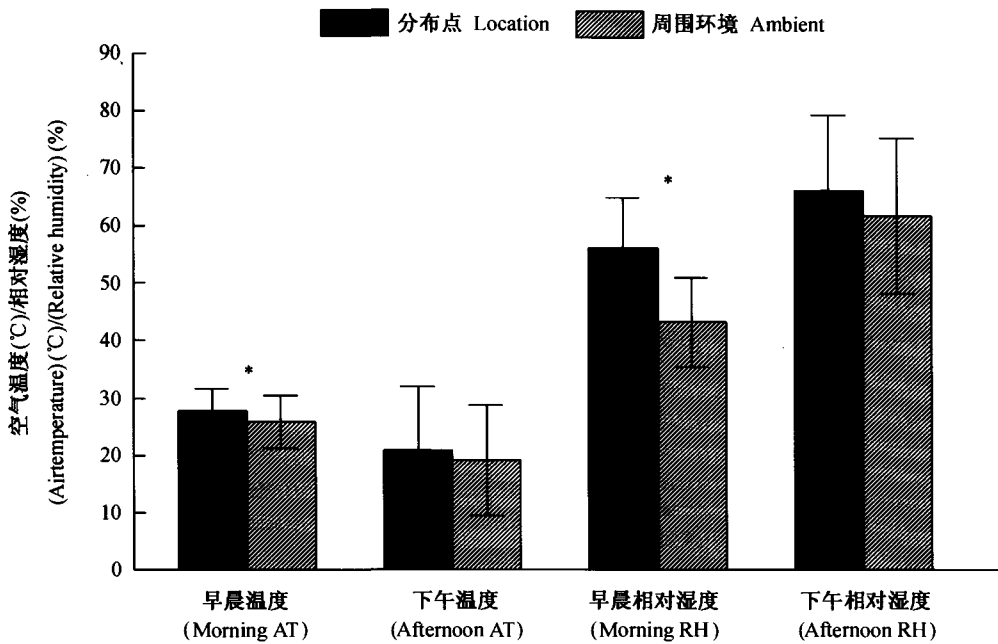


图4 2006年7月若尔盖高寒湿地自然保护区内高原林蛙分布点温度和相对湿度与周围环境温度和相对湿度的比较

* 显著差异。AT: 空气温度。RH: 相对湿度。

Fig.4 Comparison of air temperature and relative humidity at radiotracked *R. kukunoris* locations and ambient habitat in Zoige Wetland Nature Reserve, Sichuan Province, China, July 2006

* Indicates significant difference. AT: air temperature. RH: relative humidity.

2.2 生境选择

雌、雄个体之间地面温度 ($t = -0.82, df = 107, P = 41$), RHF ($t = 0.95, df = 112, P = 0.34$), ST ($t = -0.74, df = 111, P = 0.5$) 和 VH ($t =$

$-0.13, df = 104, P = 0.9$) 都没有显著差异性。早晨地面温度 ($t = 8.83, df = 125, P < 0.0001$) 和 RHF ($t = 2.65, df = 124, P = 0.009$) 显著高于 ATA 和 RHA; 下午, ATF 和 ATA ($t = 0.99, df = 100, P$

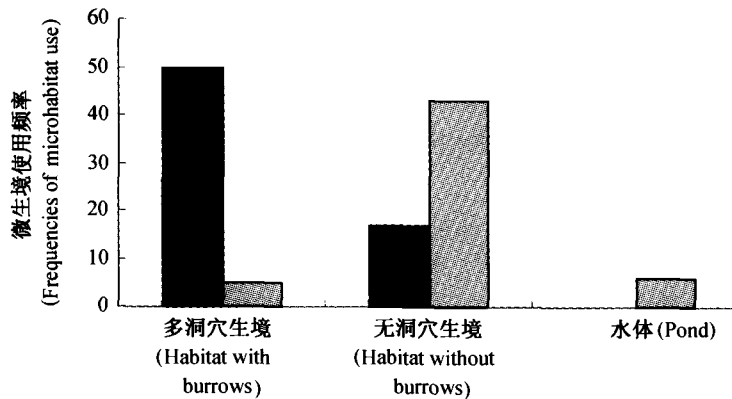


图5 若尔盖高寒湿地自然保护区雌雄高原林蛙微生境选择

黑色柱体代表雄性, 灰色柱体代表雌性。

Fig.5 Microhabitat use by 4 male and 3 female *R. kukunoris* radiotracked in Zoige Wetland Nature Reserve, Sichuan Province, China, July 2006

Black bars represent males, and grey bars represent females.

= 0.32), RHF 和 RHA ($t = 1.67$, $df = 100$, $P = 0.098$) 没有显著差异 (图 4)。雌雄之间微生境选择不同 ($\chi^2 = 53.30$, $df = 2$, $P < 0.001$), 雌性个体倾向选择低平或较高的草地活动, 而雄性个体则多选择哺乳类洞穴多的生境活动 (图 5)。

3 讨论

3.1 无线电追踪技术的使用

无线电追踪是研究动物迁移、生境选择和种群动态的有效途径 (Muths, 2003; Bartelt et al., 2004; Forester and Snodgrass, 2006)。无线电追踪技术的发展, 使得对小型动物的追踪研究成为可能 (Cooke et al., 2004)。根据发射器发射频率、重量和电池寿命, 无线电追踪设备分为许多种类: 项圈适合于大型或中型动物, 如哺乳类和一些鸟类; 而植入式或捆绑式的小型发射器适合于小型动物, 如两栖动物和爬行动物 (van Nuland and Claus 1981; Okada et al., 2006)。对两栖动物来说, 无线电追踪可以在不干扰动物的情况下标记它们的生境选择、活动轨迹以及记录它们的行为。为了降低无线电追踪装置对动物行为的负面影响, 根据经验值, 追踪装置的总重量与动物体重之比应该小于 10% (Heyer et al., 1994)。追踪前后动物体重的变化, 可以在一定程度反映追踪装置对动物行为影响大小 (Lamoureux and Madison, 1999; Hodgkison and Hero, 2001; Lamoureux et al., 2002)。我们发现, 除一个个体体重没有明显变化外, 其它所有个体追踪结束时体重都大于捕捉时体重, 说明这种追踪装置对高

原林蛙行为影响较小。

3.2 高原林蛙夏季家域和生境选择

Burt (1943) 将家域 (Home range) 定义为: 动物正常活动过程中所需要的空间。但是该定义没有明确指出什么是动物的“正常活动”, 也没有指出判断特定季节家域的时间期限 (White and Garrott, 1990), 因此, 家域定义随所研究物种不同而异。对两栖动物来说, 一些研究者主张家域估算不应该包括前往或离开繁殖点的迁移过程 (Sinsch, 1988; Hooge and Eichenlaub, 1998), 另一些研究者则认为家域估算应该包括所有活动中心和廊道, 以降低对家域估算的误差 (Spieler and Lisenmair, 1998; Forester and Snodgrass, 2006)。我们追踪的 7 只高原林蛙都没有表现出迁移或散布的行为, 因此家域估算不包括迁移廊道。

家域估算的最基本方法是最小多边形法 (Minimum Convex Polygon), 该方法定义: 家域应该包括动物在特定时期使用和穿越的所有空间。但是这种方法容易受到样本大小和意外点的影响, 同时 MCP 家域包括动物从来没有使用过的区域 (Harris et al., 1990; Brito, 2003)。Kernal 估算的家域较 MCP 法估算的家域能真实的反映动物对家域的使用情况 (Worton, 1987; Row and Blouin-Demers, 2006), 但是这种估算方法很容易受到追踪位点之间空间自相关性 (点与点之间距离过近) 的影响, 同时估算参数很难选择 (Hooge and Eichenlaub, 1998; Row and Blouin-Demers, 2006)。Row and Blouin-Demers (2006) 通过模拟研究, 建议使用 MCP

方法来计算两栖爬行动物家域大小, Kernal 法更适合研究两栖爬行动物生境的使用情况。我们的研究表明: MCP 法和 50% FK 法估算的家域大小没有差异, 95% FK 估算的家域显著大于 MCP 家域和 50% 家域。

雌雄两栖动物家域大小存在差异 (Zug et al., 1993; Muths, 2003), 而我们的初步数据表明: 雌、雄高原林蛙家域大小没有差异, 这或许是由于我们追踪的个体较少, 使得我们无法判断这种差异, 关于雌雄家域大小差异将需要进一步研究。追踪个体 MCP 家域和 FK 家域的显著重叠表明高原林蛙缺乏领域行为。

Bartelt et al. (2004) 研究表明: 西部蟾蜍 (*Bufo boreas*) 繁殖后期的活动受到降雨、温度和湿度的影响。Sinsch (1992) 研究表明: 降雨和相对湿度影响雌雄黄条背蟾蜍 (*Bufo calamita*) 的活动。在我们的研究中, 高原林蛙在早晨选择有较高相对湿度和温度的微生境活动, 雌、雄高原林蛙微生境选择没有显著性差异。温湿的生境可能有助于提高林蛙的体温, 这对高原林蛙适应高海拔非常重要, 因为经过气温较低的高原夜晚后, 林蛙需要寻找适合的环境提高机体机能来调节温度, 从而有助于捕食。洞穴和植被能为两栖动物提供适合的温度和湿度环境 (Spieler and Linsenmair, 1998; Trenham, 2001)。在我们的研究中, 雌性高原林蛙似乎更倾向选择草丛活动, 雄性则倾向于选择哺乳类洞穴较多的环境活动。

致 谢 若尔盖国家级高寒湿地自然保护区张明、张强等同志对该研究提供了宝贵意见; 中国科学院成都生物研究所两栖爬行动物研究室郭宪光老师和东北林业大学刘丙万老师对文章的修改提出宝贵意见, 谨此一并致谢。

参考文献 (References)

- Baldwin RF, Calhoun AJK, de Maynadier PG, 2006. Conservation planning for amphibian species with complex habitat requirements: a case study using movements and habitat selection of the wood frog *Rana sylvatica*. *Journal of Herpetology* 40 (4): 442 - 453.
- Bartelt PE, Peterson CR, Klaver PW, 2004. Sexual differences in the post-breeding movements and habitats selected by western toads *Bufo boreas* in southeastern Idaho. *Herpetologica* 60 (4): 455 - 467.
- Brito JC, 2003. Seasonal variation in movements, home range, and habitat use by male *Vipera latastei* in northern Portugal. *Journal of Herpetology* 37 (1): 156 - 160.
- Burt WH, 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24: 346 - 352.
- Cooke SJ, Hinch SG, Wikelski M, Andrews RD, Kuchel LJ, Wolcott TG, Butler PJ, 2004. Biotelemetry: a mechanistic approach to ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 19 (6): 334 - 343.
- Dodd CK Jr, Cade BS, 1998. Movement patterns and the conservation of amphibians breeding in small, temporary wetlands. *Conservation Biology* 12 (2): 331 - 339.
- Duellman WE, Trueb L, 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill Book Co., New York, NY. 141 - 171.
- Faccio SD, 2003. Post-breeding emigration and habitat use by Jefferson and spotted salamanders in Vermont. *Journal of Herpetology* 37 (3): 479 - 489.
- Fellers GM, Wang YZ, Liu SY, 2003. Status of amphibians at the Zoige wetlands, Sichuan province, China. *Froglog* 58: 1. (<http://www2.open.ac.uk/biology/froglog/FROGLOG-58.html>)
- Forester DC, Snodgrass JW, 2006. Post-breeding dispersal and summer home range of female American toads *Bufo americanus*. *Northeastern Naturalist* 13 (1): 59 - 72.
- Gerhardt HC, Huber F, 2002. *Acoustic Communication of Insects and Anurans: Common Problems and Diverse Solutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gill DE, 1978. The metapopulation ecology of the red-spotted newt *Notophthalmus viridescens* (Rafinesque). *Ecological Monographs* 48 (2): 145 - 166.
- Graves BM, 1999. Diel activity patterns of the sympatric poison dart frogs, *Dendrobates auratus* and *D. pumilio*, in Costa Rica. *Journal of Herpetology* 33 (3): 375 - 381.
- Harris S, Cresswell WJ, Forde PG, Trehwella WJ, Woollard T, Wray S, 1990. Home-range analysis using radio-tracking data—a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20 (2-3): 97 - 123.
- Heyer WR, Donnelly MA, McDiarmid RW, Hayekand LC, Foster MS, 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington, D. C.: Smithsonian Inst. Press.
- Hodgkinson S, Hero JM, 2001. Daily behavior and microhabitat use of the waterfall frog *Litoria nannotis* in Tully Gorge, eastern Australia. *Journal of Herpetology* 35 (1): 116 - 120.
- Hooge PN, Eichenlaub B, 1998. *Animal movement extension to ArcView. Version 2.04*. Alaska Biological Science Center, US Geological Survey, Anchorage, AK.
- Lamoureux VS, Madison DM, 1999. Overwintering habitats of radio-implanted green frogs *Rana clamitans*. *Journal of Herpetology* 33 (3): 430 - 435.
- Lamoureux VS, Madison DM, Maerz JC, 2002. Premigratory autumn foraging forays in the green frog *Rana clamitans*. *Journal of Herpetology* 36 (2): 245 - 254.
- Liu C, 1950. *Amphibians of Western China*. Chicago: Chicago Natural History Museum.
- Muths E, 2003. Home range and movements of boreal toads in undisturbed habitat. *Copeia* 1: 160 - 165.
- van Nuland GJ, Claus PFH, 1981. The development of a radiotracking system for anurans species. *Amphibia-Reptile* 2: 107 - 116.
- Okada S, Utsunomiya T, Okada T, Felix ZI, 2006. Radio transmitter attachment by suturing for the Japanese giant salamander *Andrias japonicus*. *Herpetological Review* 37 (4): 431 - 434.
- Pilliod DS, Peterson CR, Pitson PI, 2002. Seasonal migration of Columbia spotted frogs *Rana luteiventris* among complementary resources in a high mountain basin. *Canadian Journal of Zoology* 80 (11): 1 849 - 1 862.
- Porej D, Micacchion M, Hetherington TE, 2004. Core terrestrial habitat for conservation of local populations of salamanders and wood frogs in agricultural landscapes. *Biological Conservation* 120 (33): 399 - 409.
- Regosin JV, Windmiller BS, Reed JM, 2003. Terrestrial habitat use and winter densities of the wood frog *Rana sylvatica*. *Journal of Herpetology* 37 (2): 390 - 394.
- Row JR, Blouin-Demers G, 2006. Kernels are not accurate estimators of home-range size for herpetofauna. *Copeia* 2006 (4): 797 - 802.
- Semlitsch RD, 1998. Biological delineation of terrestrial buffer zones for pond-breeding salamanders. *Conservation Biology* 12 (5): 1 113 - 1 119.
- Semlitsch RD, Bodie JR, 2003. Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles. *Conservation Biology* 17 (5): 1 219 - 1 228.

- Sinsch U, 1988. Seasonal changes in the migratory behaviour of the toad *Bufo bufo*: direction and magnitude of movements. *Oecologia* 76 (3): 390 - 398.
- Sinsch U, 1992. Structure and dynamic of a natterjack toad metapopulation *Bufo calamita*. *Oecologia* 90: 489 - 499.
- Spieler M, Linsenmair KE, 1998. Migration patterns and diurnal use of shelter in a ranid frog of a West African savannah: a telemetric study. *Amphibia-Reptilia* 19 (1): 43 - 64.
- Trenham PC, 2001. Terrestrial habitat use by adult California tiger salamanders. *Journal of Herpetology* 35 (2): 343 - 346.
- Trenham PC, 2005. Amphibian upland habitat and its consequences for population viability. *Ecological Applications* 15 (4): 1 158 - 1 168.
- Wells KD, 1977. The social behavior of anuran amphibians. *Animal Behaviour* 25: 666 - 693.
- White GC, Garrott RA, 1990. *Analysis of Wildlife Radio-tracking Data*. London: Academic Press.
- Williams SE, Bolitho EE, Fox S, 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proceedings of the Royal Biological Society of London* 270 (1 527): 1 887 - 1 892.
- Worton BJ, 1987. A review of models of home range for animal movement. *Ecological Modeling* 38 (3 - 4): 277 - 298.
- Yong GW, Shi CC, Qiu PF, 2003. The dynamic remote sensing monitoring of meadow desertification and wetland shrinking at the northeast of Zoige Plateau. *Journal of Mountain Science* 21 (6): 758 - 762 (In Chinese).
- Zug GR, Vitt LJ, Caldwell JP, 1993. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. San Diego: Academic Press, 199 - 211.
- 雍国玮, 石承苍, 邱鹏飞. 2003 川西北高原若尔盖草地沙化及湿地萎缩动态遥感监测. *山地学报* 21 (6): 758 - 762.