

四川省若尔盖季节性水塘周边高原林蛙夏秋季活动特征

齐 银^{1,2}, Zachary Felix³, 戴 强^{1,2}, 王 勇^{3,4}, 刘 莉^{1,2}, 张 强⁵, 王跃招^{1,*}

(1. 中国科学院成都生物研究所, 四川 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: 影响无尾两栖类活动的因素很多, 水体是最主要的因素之一。本研究采用样线法, 分别于 2006 年 7 月和 9 月下旬对若尔盖季节性水塘周边高原林蛙(*Rana kukunoris*)的活动特征进行了研究。样线宽 2 m, 长 70—150 m, 采用十字交叉法, 基本按照东、南、西、北、东北、西北、东南、西南方向设置 8 条样线。结果表明: 夏季高原林蛙主要在水塘周边活动, 高原林蛙遇见率与水塘距离呈显著负相关(Pearson, 成体: $r = -0.479$, $P < 0.05$; 亚成体: $r = -0.480$, $P < 0.05$); 90% 的高原林蛙个体在距离水塘 110 m 范围内活动, 亚成体比成体更接近水体活动, 远离水塘的成体选择泉眼和草沓草地活动。秋季高原林蛙的活动与水塘距离无显著相关性 (Pearson, $r = -0.016$, $P > 0.05$), 水塘周边高原林蛙的遇见率很低, 远离水塘的高原林蛙偏向选择泉眼活动。

关键词: 若尔盖; 高原林蛙; 季节性水塘; 活动特征

中图分类号: Q959.5 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853 (2007) 05-0526-05

Activities of *Rana kukunoris* in Summer and Autumn Around the Seasonal Pond in Zoige Alpine Peat Land

QI Yin^{1,2}, Zachary Felix³, DAI Qiang^{1,2}, WANG Yong^{3,4}, LIU Li^{1,2},
ZHANG Qiang⁵, WANG Yue-zhao^{1,*}

(1. Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Science, 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 624500, China)

Abstract: The water environment has important features that affect the activities of anurans. The activities of *Rana kukunoris* around the seasonal pond was investigated using transects, in late July and September, respectively. The transects were set in eight directions: north, south, west, east, northwest, northeast, southwest and southeast. The transects were two meters in width and 70-150 m in length. It was indicated that *R. kukunoris* moved around the pond in summer and there was significant negative correlation between the percentage of frog numbers and distance to the aquatic site (Pearson, adult: $r = -0.479$, $P < 0.05$; sub-adult: $r = -0.480$, $P < 0.05$). Ninety percent of the frogs recorded were distributed in an area around the pond in a radius of 110 m. In contrast to sub-adults, the adult frogs tended to dissipate away from the pond and preferred to choose the mouth of the spring as a habitat. However, there was no significant correlation between the percentage of frog numbers and the distance from the seasonal pond in autumn (Pearson, $r = -0.016$, $P > 0.05$), the percentage of frog numbers was very low and frogs preferred the mouth of the spring as a habitat.

Key words: Zoige; *Rana kukunoris*; Seasonal pond; Activities

收稿日期: 2007-03-29; 接受日期: 2007-08-13

基金项目: 国家自然科学基金 (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 (编号: CIB-2007-LYQY-Q02)

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: arcib@cib.ac.cn, Tel: 028 - 85217691

第一作者简介: 男, 硕士研究生, 研究方向为两栖爬行动物生态学和动物行为学。E-mail: qiying@cib.ac.cn

在不同的生活史阶段两栖动物对生境的要求不同,如果该生境能满足它们的生存和繁殖需要,则两栖动物留在原来生境中;如果该生境不能满足它们的需要,则两栖动物要通过运动寻找适宜生境(Zug, 1993; Russell et al, 2005)。而且,在不同的生活史阶段,不同的生境因子对两栖动物作用强度不同(Sun, 2001; Richter, 2001; Bartelt, 2004)。已有的研究发现,高原林蛙具有典型的在沼泽水体繁殖,然后扩散到陆地取食和越冬的水陆两栖生活史(Dai JH, 2005; Dai, 2005)。

我们在若尔盖湿地对青藏高原特有种高原林蛙(*Rana kukunoris*)的活动特征进行了研究(Zhang, 1999; Xie et al, 2000)。Dai et al (2005)结合高原林蛙分布点与水体距离对其陆地核心生境进行了探讨,得出高原林蛙最小陆地核心生境半径为 51 m。但是,已有研究都是针对分布于河流、溪流、泉眼等具有明显湿度和植被过渡梯度的高原林蛙展开,对于水位季节性消长的水塘周边的高原林蛙尚未做过研究。我们选择若尔盖湿地季节性水塘(Olson et al, 1997)生境为研究点,对夏秋季高原林蛙的活动进行了研究,分析了不同季节高原林蛙的活动特征差异,并结合已有的研究,探讨不同水体周边高原林蛙活动特征的差异。

1 研究地点和方法

1.1 研究地点概况

若尔盖湿地国家级自然保护区位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县境内(图 1),北纬 33°25'—34°00', 东经 102°29'—102°59', 海拔 3400—3700 m。保护区总面积 1666 km²,地处若尔盖湿地的核心部分,是黄河上游重要的水源涵养地(He & Zhao, 1999),其湿地类型为草本沼泽。该地气候属于高原寒温带湿润季风气候,年均温 0.7℃,最热月(7月)平均为 10.7℃,最冷月(1月)平均为 -10.7℃,年平均降雨量为 656.8 mm,湿度为 69%。

研究点位于若尔盖县城西北部的一处季节性水塘生境(图 2)。该水塘基本呈圆形,半径大约 5 m,往外依次为淤泥带、草地。调查时,发现水塘中残留有高原林蛙和岷山蟾蜍蝌蚪,水塘周边分布有高原林蛙和岷山蟾蜍幼体,偶尔还会发现倭蛙成体,这表明该水塘是高原林蛙的繁殖水体。水塘周围植被主要有中国马先蒿(*Pedicularis oederi*),珠芽蓼

(*Polygonum viviparum*), 鹅绒委陵菜(*Potentilla anserine*), 西伯利亚剪股颖(*Agrostis sibirica*)等。

1.2 野外样地设置和数据收集

我们于 2006 年 7 月和 9 月,利用样线法对该水塘周边高原林蛙活动特征进行了研究。为了减少不同方向植被高度和微生境差异对高原林蛙活动的影响,样线设置采用十字交叉法,基本按照东、南、西、北、东北、西北、东南、西南方向,围绕水塘设置 8 条宽度为 2 m 的样线,样线编号为:1、2、3、4、5、6、7、8。其中,样线 1 和 2 末端与泉眼相连接,样线 3 和 4 位于草甸草地(布满草墩子,草墩子周围常有哺乳类洞穴)中,样线 5、6、7、8 位于低平草地中(草墩子很少)(图 2)。每条样线由若干 10 m 距离段组成,最长样线 150 m,由 15 个距离段组成,最短样线 70 m,由 7 个距离段组成,样线长短反映了距离水体的距离(图 1)。为了便于记录,每个距离段末端处插一个小旗子,旗子编号反映该点距离水体的距离。

样线调查的顺序随机产生,调查时,分别记录每个距离段中高原林蛙的数量和性别,同时测量每条样线开始和结束点的地表温度、地表湿度和植被高度。按照 Dai et al(2005)在同一地区对高原林蛙性别判断时使用的最小体长法,凡体长大于 32 cm,没有婚垫的高原林蛙归为雌性,有婚垫的归为雄性,体长小于 32 cm 的归为亚成体。

1.3 数据处理

夏季高原林蛙的遇见率(单位距离段中发现的高原林蛙数量)分为成体和亚成体分别处理。秋季统计到的高原林蛙多为成体,很少有亚成体,为了避免因为样本量过小带来的误差,亚成体不作单独处理。

夏季高原林蛙日遇见率差异不显著(Repeated measures ANOVA, $P > 0.05$),故将结果合并分析。成体遇见率合并后不符合正态分布($K-S$ 检验, $P < 0.05$),通过开根号转化,数据即符合正态分布($K-S$ 检验, $P > 0.05$)。距水塘不同距离段中和各样线中高原林蛙遇见率符合正态分布($K-S$ 检验, $P > 0.05$),因此对高原林蛙遇见率与繁殖水体距离和样线进行 Pearson 相关性双尾检验,利用 GLM(通用线性模型)-Univariate 进行方差分析。亚成体遇见率合并后符合正态分布($K-S$ 检验, $P > 0.05$),所以亚成体遇见率与繁殖水体距离和样线直接进行 Pearson 相关

性双尾检验, 方差分析与成体相同。

秋季高原林蛙日遇见率差异显著(Repeated

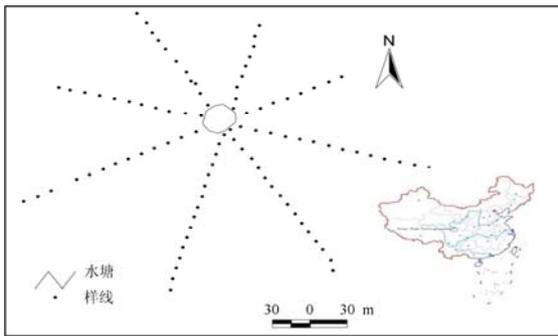


图1 野外样线设置和若尔盖在中国的地理位置示意图

Fig.1 A schematic drawing of the transects designed in the field of the Zoige Wetland, Sichuan Province in China



图2 位于若尔盖县城西北部的、本研究点所在的季节性水塘

Fig.2 A photograph of the seasonal pond located in the northwest of Zoige County where our study was conducted

measures ANOVA, $P < 0.05$), 故不合并分析数据。高原林蛙遇见率不符合正态分布($K-S$ 检验, $P < 0.05$), 经过开根号转化仍然不符合。距水塘不同距离段中和各样线中高原林蛙遇见率均不符合正态分布, 所以对高原林蛙遇见率与繁殖水体距离和样线进行偏相关性分析, 利用 GLM(通用线性模型)-Repeated measures 进行方差分析。

2 结果

2.1 遇见率随水体距离的变化

此次调查共发现高原林蛙 377 只次, 其中夏季 308 只次, 成体占 36.7%, 亚成体占 63.3%; 秋季 69 只次, 主要为成体。夏季高原林蛙成体和亚成体遇见率与水体距离呈显著负相关(Pearson, 成体: $r = -0.479$, $P < 0.05$; 亚成体: $r = -0.480$, $P < 0.05$)(图 3)。

90%的高原林蛙在距离繁殖水体 110 m 范围内活动。成体遇见率在不同距离范围间存在显著性差异(Univariate ANOVA, $P < 0.05$)(表 1), 其中 < 60 m 范围中的遇见率显著高于 70—150 m 范围中的遇见率(LSD, $P < 0.05$)。亚成体遇见率在不同距离范围间也存在显著性差异(Univariate ANOVA, $P < 0.05$)(表 1), 其中 < 50 m 范围内中的遇见率显著高于 60—150 m 范围中的遇见率(LSD, $P < 0.05$)。秋季高原林蛙遇见率与水体距离呈无显著负相关(Pearson, $r = -0.016$, $P > 0.05$)(图 3), 遇见率在不同距离范围间不存在显著性差异(Repeated measures ANOVA, $P > 0.05$)(表 1)。

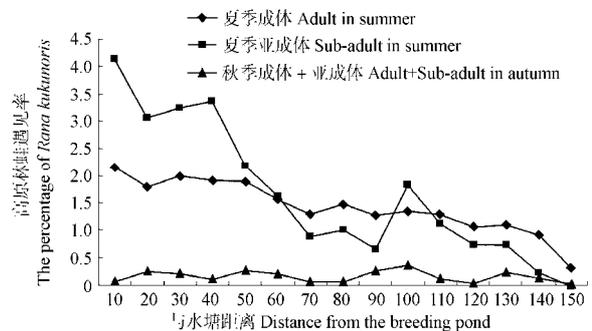


图3 夏秋季高原林蛙遇见率随水塘距离的变化

Fig.3 The percentage of *Rana kukunoris* found in relation to the distance in meters from the pond, in summer and autumn

2.2 遇见率在不同生境中的差异

夏季高原林蛙成体遇见率在不同生境中差异显著(Univariate ANOVA, $P < 0.05$)(表 1), 遇见率在接近泉眼生境和位于草沓草地生境的样线 2、3、4 中较高, 在位于低平草地生境的样线 5 中较低(LSD, $P < 0.05$); 亚成体遇见率在不同生境中差异不显著(Univariate ANOVA, $P > 0.05$)(表 1)。秋季高原林蛙遇见率在不同生境中差异显著(Univariate ANOVA, $P < 0.05$)(表 1), 遇见率在接近泉眼的样线 1 中较高, 在位于草沓草地和低平草地的样线 3、4、5、6、7 中较低(LSD, $P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 高原林蛙活动特征的季节差异分析

在季节性水塘中繁殖的两栖类, 其繁殖、觅食区、植被高度与水体距离呈显著正相关, 两栖类密度与水体距离呈显著负相关。在夏季刚完成繁殖的高原林蛙需要尽快恢复繁殖而丧失的体能, 因此,

表 1 夏秋季各距离段范围和样线中不同年龄段高原林蛙遇见率的差异性
 Tab. 1 Results from the ANOVA test for the effects of intervals and transects on the percentages of *Rana kukunoris* in summer and autumn

	变异来源 Variation source	自由度 <i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
夏季 Summer	成体 Adult			
	样线 Transect	7	4.5720	0.0000
	与水体距离 Distance from aquatic sites	14	2.1500	0.0190
	亚成体 Sub-adult			
	样线 Transect	7	1.8790	0.0850
	与水体距离 Distance from aquatic sites	14	1.9820	0.0310
秋季 Autumn	成体+亚成体 Adult +Sub-adult			
	样线 Transect	5	7.1170	0.0000
	与水体距离 Distance from aquatic sites	14	0.8650	0.5990

和越冬生境在空间和时间上是分离的,因此它们需要在这些生境之间迁移才能完成生活史(Sinsch, 1990)。我们对季节性水塘周边高原林蛙的研究,印证了这一点:在夏季高原林蛙完成繁殖后,主要在繁殖水塘周边活动,遇见率呈现出随着繁殖水塘距离增加而降低的趋势。与亚成体相比,成体遇见率降低的趋势比较缓和,运动距离也比亚成体远,远离水塘时,成体多选择距离水塘 150 m 的泉眼生境和草沓草地生境活动。而在秋季高原林蛙的活动与夏季不同,它们不再围绕繁殖水塘活动,而是开始迁移,一次长距离(> 50 m)的运动后,会在一个新的生境中停留 2—3 日,然后继续运动(未发表数据)。与水塘周围相比,泉眼周围的高原林蛙遇见率较高。其他研究也曾经得出类似的结论:8 月黄腿蛙(*Rana muscosa*)很少运动,只留在湖泊和溪流边,9 月开始运动增强,平均移动距离达到 145 m (Matthews & Pope, 1999); 2—5 月斑点蛙(*Rana pretiosa*) 在较浅的水体中产卵,6—8 月沿着溪流移动到较深的水体中,并且显著减少了运动量,但 9 月到次年 1 月又返回到繁殖水体中 (Watson & Mcallister, 2003)。

西部蟾蜍(*Bufo boreas*) 在繁殖后期活动的主要目的是为了降低水分的散失,该活动模式是对各种生境因子的一个综合的利用,例如生境边缘、隐蔽物和坡向等(Bartelt et al, 2004)。两栖类繁殖水体周围食物的丰富度和猎物个体的大小随着远离水体而变大(Lamoureux & Madison, 2002)。在若尔盖地它们选择在水塘周边活动,也可能是对各种生境因子综合利用的结果(Dai et al, 2005)。Gilliam(1982)

认为:动物在觅食行为、自身身体状况和被捕食的风险之间,存在着动态反馈(dynamic feedback)。如果将这种动态反馈理论运用到对高原林蛙的活动过程的解释中,我们似乎得出:在完成繁殖后,体形较大的个体,其相对表面积较小,水分散失率较低,因而到远离水塘的生境去获取食物,比如泉眼生境和草沓草地生境;而体形较小的个体,由于其相对表面积较大,水分散失率较高,因而在水塘周围觅食。但是泉眼生境是否优于水塘周围?远离水塘的高原林蛙的体能是否强于水塘周边的个体?这些问题有待进一步研究。在秋季若尔盖地区的气温已经变得很低,水塘水位和周围的植被变得很低,这种生境不能满足两栖动物越冬的需要,因此高原林蛙开始迁移寻找越冬地。与水塘周围相比,泉眼附近植被较高,湿度也较大,因而大量的高原林蛙选择泉眼生境活动。

对高原林蛙成体和亚成体生态位研究得出:在与水塘距离这个维度上,高原林蛙生态位宽度很小,成体的生态位宽度为 0.27,亚成体的生态位宽度为 0.14,成体对远离水体的耐受能力强于亚成体(Zhang, 2006)。我们的研究支持该结论,在与繁殖水塘较近(< 5 m)的区域内,高原林蛙亚成体遇见率高于成体,而在较远(> 50 m)区域内,成体的遇见率高于亚成体。

3.2 不同水体周边高原林蛙活动特征差异分析

两栖类的活动特征受到生境的强烈影响,在水塘中繁殖的两栖类在完成繁殖后,常要迁移到陆地上去越冬和觅食,溪流里繁殖的两栖类则会一直呆在溪流里(Duellman & Trueb, 1986)。Russell et al(2005)

指出：如果采食点没有适合繁殖和越冬的生境，两栖动物每年就会在取食点、繁殖点和越冬点之间迁移。Dai et al (2005)的研究得出：河流、湖泊、溪流、沼泽、泉眼等周围的湿度和植被具有明显过渡的水体周边，90%高原林蛙雌性个体在距离繁殖水体30m的范围内活动，90%雄性个体在距离繁殖水体51m的范围内活动，但高原林蛙密度与水体距离呈显著负相关。其原因是我们选择的是季节性水塘生境，秋季水位变得很浅，水塘周围植被和湿度无明

显的过渡梯度，植被稀疏而低矮，这样的生境不能满足高原林蛙觅食和隐蔽的需要，也不能满足其越冬需要，因此高原林蛙要通过迁移寻找新的觅食和越冬生境。

致谢：若尔盖国家级高寒湿地自然保护区张明、杨勇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先生对文章的修改提出宝贵意见，谨此一并致谢。

参考文献：

- Bartelt PE, Peterson C. 2004. Sexual differences in the post-breeding movements and habitats selected by Western toads (*Bufo boreas*) in southeastern Idaho [J]. *Herpetologica*, **60** (4): 455-467.
- Dai JH, Dai Q, Zhang M, Zhang JD, Li C, Liu B, Liu ZJ, Wang YZ. 2005a. Habitat selection of three amphibians (*Rana kukunoris*, *Nanorana pleskei*, *Bufo minshanicus*) during summer-autumn in Zoige Wetland Nature Reserve [J]. *Zool Res*, **26** (3): 263-271. [戴建洪, 戴强, 张明, 张晋东, 李成, 刘兵, 刘志军, 王跃招. 2005a. 若尔盖湿地国家级自然保护区三种无尾两栖类夏秋季生境选择. 动物学研究, **26** (3): 263-271.]
- Dai Q, Dai JH, Zhang JD, Yang Y, Zhang M, Li C, Liu ZJ, Gu HJ, Wang YZ. 2005b. Terrestrial core habitat of three anurans in Zoige Wetland Nature Reserve [J]. *Acta Ecologica Sinica*, **25** (9): 2256-2262. [戴强, 戴建洪, 张晋东, 杨勇, 张明, 李成, 刘志军, 顾海军, 王跃招. 2005b. 若尔盖湿地国家级自然保护区三种无尾两栖类陆地核心生境. 生态学报, **25** (9): 2256-2262.]
- Duellman WE, Trueb L. 1986. *Biology of Amphibians* [M]. New York: McGraw-Hill.
- Forester DC, Snodgrass JW. 2006. Post-breeding dispersal and summer home range of female American toads (*Bufo americanus*) [J]. *Northeastern Naturalist*, **13** (1): 59-72.
- He CQ, Zhao KY. 1999. The conservation of wetlands biodiversities and their sustainable utilization in Zoige plateau [J]. *Journal of Natural Resources*, **14** (3): 238-244. [何池全, 赵魁义. 1999. 若尔盖高原湿地生物多样性保护及其可持续利用. 自然资源学报, **14** (3): 238-244.]
- Lamoureux VS, Maerz JC, Madison DM. 2002. Premigratory autumn foraging forays in the green frog, *Rana clamitans* [J]. *Journal of Herpetology*, **36** (2): 245-254.
- Matthews KR, Pope KL. 1999. A telemetric study of the movement patterns and habitat use of *R. muscosa*, the mountain yellow-legged frog, in a high-elevation basin in Kings Canyon National Park, California [J]. *Journal of Herpetology*, **33** (4): 615-624.
- Olson DH, Leonard WP, Bruce Bury R. 1997. Sampling Amphibians in Lentic Habitats [R]. Northwest Fauna Number 4 Society of Northwestern Vertebrate Biology, 69.
- Richter SC, Young JE, Seigel RA, Johnson GN. 2001. Postbreeding movements of the dark gopher frog, *Rana sevosa* goin and netting: Implications for conservation and management [J]. *Journal of Herpetology*, **35** (2): 316-321.
- Russell AP, Bauer AM, Johnson MK. 2005. Migration in amphibians and reptiles: An overview of patterns and orientation mechanisms in relation to life history strategies [A]. Migration of Organisms[M]. In: Springer Berlin Heidelberg, 151-203.
- Sinsch U. 1990. Migration and orientation in anuran amphibians[J]. *Ethology Ecology and Evolution*, **2**: 65-79.
- Sun RY. 2001. Principles of Animal Ecology [M]. Beijing: Beijing Normal University Publishing House, 3: 249-272. [孙儒泳. 2001. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 3: 249-272.]
- Watson JW, Mcallister KR, John Pierce D. 2003. Home range, movements, and habitat selection of Oregon spotted frogs (*Rana pretiosa*) [J]. *Journal of herpetology*, **37**: 292-300.
- Xie F, Ye CY, Fei L, Jiang JP, Masafumi Matsui. 2000. Taxonomical studies on the populations of *Rana chensinsis* in north-western China (Amphibia; Ranidae) [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, **25** (2): 228-235. [谢峰, 叶昌媛, 费梁, 江建平, 松井正文. 2000. 中国西北地区中国林蛙各居群的分类学研究 (两栖纲: 蛙科). 动物分类学报, **25** (2): 228-235.]
- Zhang JD, Dai JH, Dai Q, Zhang M, Xiong Y, Li C, Liu ZJ, Wang YZ. 2006. Niche breadths of three anurans at different ontogenetic stages in Zoige Wetland [J]. *Chin J Appl Environ Bio*, **12** (5): 665-668. [张晋东, 戴建洪, 戴强, 张明, 熊晔, 李成, 刘志军, 王跃招. 2006. 若尔盖湿地3种无尾两栖类不同发育阶段生态位宽度. 应用与环境生物学报, **12** (5): 665-668.]
- Zhang RZ. 1999. Zoogeography of China [M]. Beijing: Science Press, 411-423. [张荣祖. 1999. 中国动物地理. 北京: 科学出版社, 411-423.]
- Zug GR. 1993. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles* [M]. San Diego, California: Academic Press.