

多疣狭口蛙昆明种群雌雄配对行为及形态适应选择

周 伟, 贺佳飞, 李明会, 李 伟

(西南林学院保护生物学学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 测量和比较采自昆明东北郊的 24 对抱对多疣狭口蛙 (*Kaloula verrucosa*) 标本, 同时野外观察其繁殖行为。配对雌雄蛙的体长、体重和头宽 3 个形态特征的 Pearson 相关系数大于 0.5; 择体长和体重作回归分析, 结果表明, 雌雄蛙体长选择和雌雄蛙体重配对都呈良好的线性关系。雌蛙选择雄蛙体长为自身体长的 (81.8 ± 5.7)%、体重为自身体重的 (53.1 ± 10.7)% 的个体为最适配偶。雌蛙选择体长较长而体重较轻的雄蛙作为配偶, 这样有利于形成较好的空间 (雄性胸腹部皮肤腺长度, 雌雄抱对时泄殖孔位置等) 配对关系。多疣狭口蛙属于雌性选择模式, 即雄蛙鸣叫, 雌蛙受吸引, 主动接近雄蛙, 如果雄蛙条件适合则形成配对。

关键词: 多疣狭口蛙; 配对; 选择策略; 生物学意义

中图分类号: Q959.53; Q492 文献标识码: A 文章编号: 0254–5853 (2006) 02–0169–06

Behavior and Morphologic Adaptive Selection of Sexual Partnership in a Population of Verrucous Digging Frog (*Kaloula verrucosa*) from Kunming

ZHOU Wei, HE Jia-fei, LI Ming-hui, LI Wei

(Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China)

Abstract: Forty-eight mated verrucous digging frogs (*Kaloula verrucosa*), collected from the suburb of northeast Kunming City, were compared and measured. Meanwhile their mating behavior was observed in the field. Pearson correlation coefficients of snout-vent length (SVL), body weight and head width were bigger than 0.5. Regression analysis of SVL and body weight was made among variables. The results showed that the selection of body length and the mating relationship of individual weight between male and female submitted good linear relation. Female of *K. verrucosa* often chose the most suitable male whose SVL was (81.8 ± 5.7)% in its SVL and body weight was (53.1 ± 10.7)% in its body weight. Female chose male who had longer SVL and lighter weight, which would help creating a better dimension for mating relationship, including the male skin derivative length and cloaca position between male and female while mating etc. *K. verrucosa* belonged to the pattern of female selection. Female was attracted by male's calling and positively moved to male. They would mate if the cases of male were suitable for female.

Key words: *Kaloula verrucosa*; Sexual partnership; Mating strategy; Biology significance

两栖类的抱对是求偶、交配和完成繁殖过程极重要的一步。在求偶和交配的过程中存在着吸引异性、激发对方的性欲望、防止同异种个体杂交、选择最理想的配偶等基本环节 (Shang, 1998)。雄蛙可与雌蛙形成长久的配对关系, 但也可以仅在极短时间内配对即分开, 这主要取决于雌

性的分布方式、繁殖期的长短、雄性对影响成功繁殖资源的垄断能力等因素 (Pough, 1998)。

对昆明地区多疣狭口蛙 (*Kaloula verrucosa*) 繁殖生态的初步观察表明, 该蛙于每年 4~5 月雨季来临之前才出蛰, 降雨之后雌雄个体才聚集在临时水塘旁, 寻觅配偶和抱对, 约在 9 月上旬繁殖即结

* 收稿日期: 2005–10–25; 接受日期: 2006–01–17

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (“973”计划) 资助项目 (2003CB415100); 云南省教育厅自然科学基金 (04Y425B); 云南省环境科学与工程创新人才联合培养基地资助项目

束。目前国内对两栖类配对研究几乎未涉及。本项工作拟通过多疣狭口蛙抱对雌雄个体的形态特征比较,结合其栖境和生活习性,初步分析抱对雌雄个体在繁殖中怎样选择配偶,为两栖类生殖生物学研究提供基础资料。

1 材料与方法

2003 年和 2004 年 4~10 月,在昆明东北郊西南林学院校园、后山及白龙寺附近荒地(102°45'20"E, 25°03'56"N)开展多疣狭口蛙繁殖行为观察。夜间观察时,采用便携式折叠型探照灯照明整个繁殖场所(一般为临时性水坑)。观察时尽量不发出声响,待繁殖场的多疣狭口蛙恢复正常鸣叫时,才开始记录其求偶鸣叫、抱对和产卵行为等。

2004 年,白龙寺附近荒地观察点被征用为建筑用地,多疣狭口蛙已不可能在此繁衍,对其个体全数采集已不会对其种群的繁殖力造成负面影响,故于 2004 年 5~7 月全数采集该观察点的多疣狭口蛙配对个体,以研究物种的配对关系和择偶方式。此间共采集 25 对,其中 1 对为雄—雄抱对(标本号 4061302);其余 24 对为雄—雌抱对,均采自 5 个临时性繁殖水坑。其中有 10 对采自 5 月,13 对采自 6 月,1 对采自 7 月。标本用 5% 福尔马林溶液浸泡保存。

在环境相对稳定的西南林学院校园和后山栖息地仅观察多疣狭口蛙抱对行为,不采集抱对蛙标本,也不现场测量形态数据,以免影响其繁殖成功率。2003 年和 2004 年 5~7 月在 3 个观察点共观察到 46 对多疣狭口蛙成功抱对。

用游标卡尺测量多疣狭口蛙抱对标本的可量性状,测量数据精确到 0.1 mm。用 AB204-S 型电子分析天平称量蛙的体重,精确到 0.1 g。测量形态数据时,除选择常规的体长、头长和头宽等 15 个形态特征和可量性状外(Liu & Hu, 1961; Yang, 1991),还根据野外观察雌雄蛙抱对外形和抱对后雄蛙胸腹部皮肤腺分泌物残余在雌蛙背部的痕迹,

选择如下一些与抱对相关的可量性状:

雌背分泌痕迹前端—腋部距(distance from front of secreting remainder to axilla in female),是指抱对后雄蛙胸腹分泌物在雌性背部残留下痕迹的前端至腋部之间的最短距离。

雄—雌泄殖腔距(distance of cloaca from male to female),是指抱对雄蛙泄殖腔的位置在雌蛙泄殖腔位置之前,雄雌泄殖腔之间的距离。

雌—雄泄殖腔距(distance of cloaca from female to male),是指抱对雌蛙泄殖腔的位置在雄蛙泄殖腔位置之前,雌雄泄殖腔之间的距离。

用 Kolmogorov-Smirnov 检验发现配对蛙的 15 个形态特征正态性良好(所有 $P \geq 0.09$),对它们分别做 Pearson 相关性参数检验。对相关系数 $r > 0.5$ 的形态特征进一步做线性回归,分析雌雄之间的配偶关系。数据处理和制图在 Excel 2000 和 SPSS 11.0 for Windows 上完成(Yu & He, 2003)。描述性统计值用平均值 \pm 标准差(范围)表示,显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$,极显著水平设置为 $\alpha = 0.01$ 。

2 结果

2.1 求偶和抱对行为

2.1.1 求偶 多疣狭口蛙雌雄蛙在繁殖期活动不同步。2004 年 4 月 10 日,雌蛙和不能区分性别的幼蛙先出蛰,但数量少,雌蛙所占比例较高或几乎是雌蛙。雌蛙出蛰后 10 d 左右,开始有雄蛙活动。以开始产卵和产卵结束为标志,将多疣狭口蛙的活动期分为繁殖前(pre-reproduction)、繁殖期(reproductive period)和繁殖后(post-reproduction)。繁殖前,雄蛙多于雌蛙;繁殖期,大量雄蛙进入繁殖场,雌蛙所占比例降低,雄多雌少,有时整个繁殖场都是雄蛙;繁殖后,雄蛙先冬眠,雌蛙所占的比例相应增大,雌多雄少(表 1)。

大雨过后,多疣狭口蛙纷纷从附近的栖息地移入临时水坑中鸣唱,从傍晚开始(18:00—19:00),至次日清晨结束(6:30—7:30)。雌蛙闻声后主

表 1 2004 年繁殖前后的雌雄性比

Tab. 1 Sex ratio comparisons of different active periods in 2004

时期 Periods	时间 Date	观察次数 Observed times	雌蛙(只) Female(ind.)	雄蛙(只) Male(ind.)	雌:雄 Female:Male
繁殖前 Pre-reproduction	4-10~5-23	9	8	32	1:4
繁殖期 Reproductive period	5-23~8-10	11	40	280	1:7
繁殖后 Post-reproduction	8-10~9-10	7	12	8	3:2

动寻来, 向所选择的雄蛙方向移动。在多疣狭口蛙求偶场观察鸣叫蛙和不鸣叫雄蛙求偶行为, 同时测量它们的体长时发现, 求偶场中体长大于 37 mm ($n = 21, 42.86 \pm 4.19$ mm, 37 ~ 49 mm) 的雄性个体一般采用鸣唱方式求偶, 以鸣唱吸引雌性。鸣唱个体占据求偶场中的一栖点鸣唱, 但栖点不固定, 同一晚上会更换数次。2004 年 5 月 24 日 21: 25—22: 25 曾观察 1 个体在 1 h 内更换 6 次栖点, 在求偶中采取主动寻找和从已抱对蛙中夺取雌蛙等方式获得配偶, 对雌蛙没有选择性。不鸣唱的个体, 一般在鸣唱个体的外围区域活动。2003 年 6 月 2 日 21: 40 曾观察到一雄蛙追赶 1 对抱对蛙长达 1 m。在此距离内, 追赶者不断用前后肢试图把抱对雄蛙从雌蛙背上推下, 有时用前肢抱住抱对雄蛙的胯部, 试图将其从雌蛙背上拉下来, 有时也用前后肢推雌蛙, 试图掀翻抱对蛙, 但最后失败的总是追赶者。

随产卵场面积和蛙的密度不同, 不同体长的个体所采用的求偶策略也不同。2004 年 5 月 24 日 19: 00—23: 00 观察一求偶场, 其面积为 22 m², 雄蛙最多时为 27 只, 其密度为 1.23 只/m², 几乎所有雄性个体都求偶鸣唱, 未发现寻找行为, 夺取行为有 2 次。2003 年 6 月 2 日 19: 00—23: 00 观察 3 个相连而成的求偶场, 总面积 32 m², 雄蛙最多时为 70 只, 其密度为 2.18 只/m², 鸣唱个体最多时为 20 只, 鸣唱与不鸣唱雄性个体比例为 2:5。不鸣唱个体的寻找或夺取行为频繁发生。

2.1.2 抱对 水中抱对发生在水边鸣唱的雄蛙。共观察到 33 次抱对, 成功抱对 31 次, 成功率 93.9%。当雌蛙闻声移动到鸣叫雄蛙身边时, 雄蛙不立即抱对, 而是把头置于雌蛙颈部, 3 ~ 5 min 后, 猛然扑向雌蛙。雌蛙则试图沉到水底来摆脱雄蛙, 然后向岸上逃离。雄蛙紧跟其后, 用前肢抱住雌蛙胯部并迅速前移至雌蛙腋部; 接着雄蛙胸腹部分泌物开始分泌粘液, 使其腹部紧贴于雌蛙背部。

岸上抱对发生在水体岸边不鸣叫四处游荡的雄蛙。共观察到 28 次抱对, 成功抱对 7 次, 成功率 25%。当遇到雌蛙时, 雄蛙猛然扑向雌蛙。雌蛙通过逃向水体或掩蔽不动来摆脱雄蛙, 使抱对不成功。但有的雌蛙逃离时, 雄蛙追随其后, 快速将前肢移到雌蛙腋部, 接着胸腹部分泌物开始分泌粘液, 使其腹部紧贴于雌蛙背部。岸上抱对的蛙, 有 2 对离产卵场 10 ~ 15 m, 雌蛙要背负雄蛙选择产卵

场。

多疣狭口蛙偶尔会发生错抱行为和练习抱对行为。2003 年 6 月 10 日和 7 月 13 日、2004 年 6 月 13 日共 3 次观察到多疣狭口蛙与同域分布的大蹼铃蟾成功抱对, 但无产卵行为。大蹼铃蟾与多疣狭口蛙繁殖时间大体一致。2003 年 5 月 31 日、6 月 2 日和 7 月 23 日、2004 年 5 月 24 日和 6 月 13 日共 5 次观察到 2 只成熟多疣狭口蛙雄蛙抱对成功。一般情况下, 雄蛙接近其他雄蛙时, 会遭驱赶。但有些雄蛙间则表现出亲昵行为, 当它们相遇时, 有 1 只充当“雌蛙”角色, 雄蛙把吻放在充当“雌蛙”的雄蛙颈部, 练习抱对。充当“雌蛙”的个体较大, 身体丰满 (No.4061301, 体长 45.8 mm, 体重 18.70 g), 而雄蛙个体较小 (No.4061302, 雄蛙体长 44.1 mm, 体重 12.79 g)。

2.2 抱对蛙的形态特征

测量和记录了 24 对抱对雌雄蛙的 15 个形态特征和雄蛙胸腹部分泌物长。Pearson 相关性检验表明, 配对雌雄蛙的体长、体重和头宽 3 个形态特征的相关系数大于 0.5。其余 12 个形态特征的相关系数较小 (表 2)。

3 分 析

不同性别抱对蛙个体的体长、体重和头宽 3 个因子两两均显著正相关 (表 3)。但头宽作为身体的局部特征, 是伴随体长或体重的变化而变化的。因此, 仅从体长和体重两方面分析雌雄蛙的配对关系。

3.1 体长的配对关系

抱对雄雌配对个体体长的比值较集中分布于平均值 81.8% 左右 (表 4)。回归分析表明, 雌雄体长配对呈良好的线性关系 (图 1A)。雄蛙体长随雌蛙体长的变化而变化, 大个体雌蛙所选择抱对的雄蛙较大, 小个体雌蛙选择较小的雄蛙。

3.2 体重的配对关系

抱对雄蛙最大体重 17.6 g, 与之抱对的雌蛙 38.8 g, 雄蛙为雌蛙体重的 45.5%。雄雌配对个体的体重比值较集中分布于平均值 53.1% 左右 (表 4)。回归分析表明, 雌雄蛙体重配对呈良好线性关系 (图 1B), 即配对选择中, 体重大的雌蛙选择体重大的雄蛙, 体重小的雌蛙选择体重小的雄蛙。

3.3 雄蛙体长与胸腹部分泌物长度的关系

抱对雄蛙体长与其胸腹部分泌物长度相关 (r

= 0.664, $P < 0.001$, $n = 24$), 大个体抱对雄蛙胸腹部分泌物长度较长; 相反, 小个体抱对雄蛙的较短。抱对雄蛙个体大小集中在 37 ~ 44 mm 之间, 这些个体占总个体数的 77.8%; 雄性胸腹部分泌物长度也相应地集中于 20 ~ 25 mm 之间。

3.4 抱对蛙的空间关系

24 只雌蛙标本中有 15 只在背部留有雄蛙分泌物的痕迹。60% 抱对雄性的前臂紧贴于雌性的腋下, 雌背分泌物痕迹前端—腋部长为 0 mm。40% 雄性的前臂远离腋下, 雄性的前臂由雌蛙背部向腋

下斜伸, 把指伸到雌蛙腋下, 雌背分泌物痕迹前端—腋部长的平均值为 (6.58 ± 3.02) (4 ~ 12.5) mm。

不同配对雄蛙泄殖腔至雌蛙泄殖腔之间的距离不一致 (表 5)。配对蛙中, 13.4% 雄蛙的泄殖腔在雌蛙的泄殖腔之前; 86.6% 雄蛙的泄殖腔在雌蛙泄殖腔之后。

总之, 雄蛙前臂既要紧贴于雌蛙的腋下, 泄殖腔又要在雌蛙泄殖腔之后, 这是配对蛙空间关系的发展趋势, 体现了配对雄蛙有较长体长的特点。

表 2 多疣狭口蛙抱对雌雄蛙形态特征的相关性

Tab. 2 Correlation of morphological characters between mating male and female of *Kaloula verrucosa*

形态特征 Morphological character (mm)	♂ (n = 24)	♀ (n = 24)	Pearson correlation R
体长 Snout-vent length (SVL)	41.2 ± 2.8 (36.0 ~ 48.6)	50.4 ± 3.0 (42.9 ~ 55.0)	0.622 **
体重 Body weight (g)	12.2 ± 2.5 (7.4 ~ 17.6)	23.2 ± 5.4 (16.3 ~ 38.8)	0.567 **
头长 Head length	11.7 ± 0.8 (11.1 ~ 13.3)	13.9 ± 1.1 (12.0 ~ 15.8)	0.423 **
头宽 Head width	16.1 ± 1.3 (13.4 ~ 17.9)	18.2 ± 1.0 (17.1 ~ 19.3)	0.690 **
吻长 Snout length	4.7 ± 0.4 (3.8 ~ 5.1)	5.4 ± 0.4 (4.7 ~ 6.1)	0.383
鼻间距 Internasal distance	2.3 ± 0.3 (2.1 ~ 3.1)	2.8 ± 0.2 (2.3 ~ 3.2)	0.477 *
眼间距 Interorbital distance	5.3 ± 0.3 (4.7 ~ 6.0)	6.4 ± 0.5 (5.4 ~ 7.3)	0.193
鼓膜直径 Tympanum length	2.7 ± 0.3 (2.0 ~ 3.4)	3.4 ± 0.4 (2.8 ~ 4.0)	0.422 *
前臂及手长 Length of lower arm and hand	20.1 ± 1.5 (16.9 ~ 23.8)	23.0 ± 1.8 (18.1 ~ 25.1)	0.321
前臂长 Length of lower arm	8.2 ± 0.6 (6.9 ~ 9.9)	9.2 ± 0.6 (8.0 ~ 10.2)	0.077
前臂宽 Diameter of lower arm	3.9 ± 0.5 (3.2 ~ 4.9)	4.3 ± 0.4 (3.8 ~ 4.9)	0.485 *
后肢全长 Leg length	50.7 ± 3.1 (44.9 ~ 56.1)	55.5 ± 3.4 (46.4 ~ 61.1)	0.467 *
胫长 Tibia length	11.8 ± 1.0 (9.60 ~ 14.2)	12.9 ± 0.9 (10.7 ~ 14.2)	0.310
胫宽 Tibia width	6.2 ± 0.7 (5.0 ~ 8.0)	7.5 ± 0.7 (6.2 ~ 9.2)	0.316
足长 Foot length	18.9 ± 1.3 (17.2 ~ 21.2)	20.1 ± 1.2 (17.2 ~ 22.6)	0.298
内蹠突长 Length of metatarsal tubercles	3.1 ± .03 (2.6 ~ 3.9)	3.6 ± 0.3 (3.1 ~ 4.1)	0.247
雄蛙胸腹部分泌物长 Secretion length of abdomen in male	23.5 ± 2.5 (20.0 ~ 29.0)	—	—

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。

表 3 多疣狭口蛙配对蛙体长、体重和头宽之间的相关性分析

Tab. 3 Correlative analysis among SVL, body weight and head width of mating frog of *Kaloula verrucosa*

项目 Item		Pearson correlation R	P
体长—体重 SVL - Body weight	♂	0.581	0.003
	♀	0.602	0.002
体长—头宽 SVL - Head width	♂	0.756	<0.001
	♀	0.570	0.004
头宽—体重 Head width - Body weight	♂	0.624	0.001
	♀	0.515	0.01

表 4 多疣狭口蛙配对雌雄蛙体重和体长的配对关系

Tab. 4 Mating relationship of body weight and SVL between male and female of *Kaloula verrucosa*

项目 Item	抱对蛙 Mating frogs (n = 24)
雌—雄蛙体长之差 Difference of SVL between male and female (mm)	9.21 ± 3.1 (4.0 ~ 14.2)
雄—雌蛙体长之比 Ratio of SVL between male and female (%)	81.8 ± 5.7 (73.5 ~ 91.3)
雌—雄蛙体重之差 Difference of body weight between male and female (g)	11.2 ± 2.9 (8.9 ~ 21.2)
雄—雌蛙体重之比 Ratio of body weight between male and female (%)	53.1 ± 10.7 (32.5 ~ 75.9)

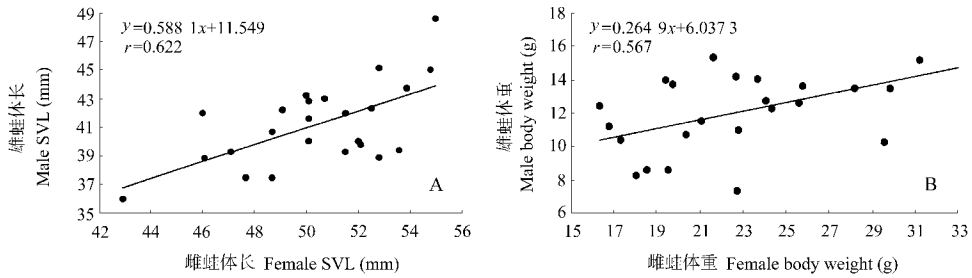


图 1 多疣狭口蛙抱对雌雄蛙体长和体重的关系

Fig. 1 Mating relationship between SVL and body weight of *Kaloula verrucosa*

A: 雌雄蛙体长的配对选择 (Mating choice of SVL between male and female); B: 雌雄蛙体重的配对选择 (Mating choice of body weight between female and male)。

表 5 多疣狭口蛙配对雌雄蛙泄殖腔之间的关系

Tab. 5 Mating relationship of cloaca between male and female of *Kaloula verrucosa*

泄殖腔距 Distance of cloaca (mm)	Mean \pm SD (Range)	比率 Ratio (%)
雌雄蛙 Between male and female	5.10 \pm 3.20 (0.2~8.1)	—
雄—雌蛙 From male to female	1.05 \pm 0.49 (0.7~1.4)	13.4
雌—雄蛙 From female to male	5.72 \pm 3.60 (0.2~8.1)	86.6

4 讨论

雌蛙散布在一较大范围且有一较长的繁殖期时, 雄性很少有机会选择雌性。而当繁殖期极短, 大群雌蛙聚集在一块时, 通常是一种以群配为特征的配对系统, 雄蛙为拥有雌蛙发生激烈竞争 (Pough et al, 1998)。多疣狭口蛙基本属于后一类型。

4.1 雌蛙的配对策略

在配对选择过程中, 不同物种的选择原则和雌性个体的选择指标不相一致: 有些物种依据雌性个体大小; 有些依据雄性所占的资源; 有些依据雄性鸣声的大小等 (Heatwole & Sullivan, 1995)。如果雄蛙能够垄断雌蛙成功繁殖所需要的资源, 如好的产卵场或者食物丰富的区域, 那么主导性的交配系统将是雄性护卫含有这些资源的领域 (Shang, 1998)。

牛蛙的雌性个体对较老和较大的雄蛙所占据的领域具有特别的偏爱。这些领域中的蝌蚪死亡率比其他领域低, 原因是这些领域较少受极端温度影响, 也较少受捕食动物的侵扰。此时雌性动物择偶并不是直接针对雄性动物本身, 而是针对它们所占有的资源的数量和质量 (Howard, 1978)。

多疣狭口蛙雌蛙依雄蛙求偶鸣唱来选择雄蛙, 是选择的主动方。雄蛙虽聚集在求偶场, 但各自占据不同展示位置, 且不固定。雌蛙选择配偶后, 不使用雄蛙占据点的任何资源, 而是背负着雄蛙移动

到其他地方产卵, 说明雄蛙不是因占据好的资源而被雌蛙选中。对西南林学院多疣狭口蛙 3 个繁殖场统计, 繁殖期雌雄比高达 1:7, 表明雌蛙是稀缺资源, 雄蛙性内竞争强烈。雄蛙集聚在求偶场鸣唱, 雌蛙循声进入求偶场, 向鸣唱宏亮雄蛙爬去。当雌蛙到达初步选择的雄蛙附近时, 雌蛙通过反抱对行为判断雄蛙的抱对能力和经验, 检测鸣声信号的真实性, 确定最终的配偶。鸣声大的雄蛙能量耗费大, 且被天敌发现的机率亦高。这说明这些个体有较强的生存能力。由于雄蛙既不占有雌蛙所需的资源, 也不占有和保卫雌蛙, 因此, 雄蛙携带的优质基因很可能是雌蛙择偶的主要原因 (Shang, 1998)。

4.2 雄蛙的配对策略

当雌性在空间上处于中等聚集时, 配对系统就可能发生变化。一种选择是雄性四处寻找雌性, 并积极护卫寻觅到的雌蛙和防止其他雄蛙接近, 直到与该雌蛙交配; 另一种选择是雄性靠鸣唱信号吸引异性。有时鸣唱的雄性大范围散布, 而许多物种聚集成合唱或在贯例的表演区域吸引异性 (Shang, 1998)。对大灰攀蛙 (*Chiromantis xerampelina*) 的研究表明, 不鸣叫雄蛙在繁殖地主动寻找雌蛙, 并试图抱住任何一个所遇到的个体 (Jennions et al, 1992)。对光滑耳腺蟾 (*Uperoleia laevigata*)、白绿雨蛙 (*Hyla ebraccate*)、变色灰雨蛙 (*Hyla versicolor*) 的研究显示, 雄蛙频繁出现在繁殖场, 则成功

配对的机会越大 (Gray, 1979; Robertson, 1990; Morris, 1991; Sullivan & Hinshaw, 1992)。

多疣狭口蛙雄蛙不同大小个体所采用的抱对策略各异。鸣唱声音宏量的雄蛙个体较大, 一般通过鸣唱来吸引雌蛙, 与雌蛙在水里抱对, 成功率高 (93.9%)。它们是雌蛙所选择的最佳配偶。鸣唱声小或不鸣唱的蛙, 一般采取主动寻找或从已抱对蛙中夺取雌蛙等方式来获得雌蛙。当它们遇上未抱对的雌蛙时, 不管雌蛙个体的大小, 均试图抱对, 或者试图赶走已抱对的雄蛙, 夺取得到雌蛙, 但成功率低 (25%)。这类雄蛙不是雌蛙所选择的最佳配偶。与主动鸣唱吸引雌性相比, 鸣唱声小或不鸣唱的个体选择主动寻找或夺取的替代策略, 推测这种方式更节约能量。

有研究表明, 竞争可能限制雄蛙利用主要的选择策略, 使得其他个体不得不采用成功机会较低的替代策略。这些替代策略所付出的能量通常比主要策略低; 而通常采取替代策略的个体多半体型较小 (Gerhardt et al, 1987; Roberts et al, 1999)。

4.3 择偶标准

体型较大的雄蛙配对成功的机会较大 (Gittins et al, 1980; Bastos & Haddad, 1996)。光滑耳腺蟾的雌蛙依鸣叫声选择雄蛙, 配对雄蛙体长相当于雌蛙体长的 70% (Robertson, 1990)。影响蟾蜍 (*Bu-*

fo bufo) 生殖成功率的因素主要是雌蟾的大小和雌雄蟾之间大小是否匹配。雌蟾个体越大, 产卵就越多; 雌雄蟾的大小越匹配, 卵受精率的百分率就越高。雄蟾与比自己大 10~20 mm 的雌蟾配对时生殖率最高, 雌蟾如能选择遇到的最大雄蟾与之交配则生殖效率最高。16 对雌雄蟾的体长几乎全部处于各自所要求的最适值之间 (Davies & Halliday, 1978)。

多疣狭口蛙雌蛙选择雄蛙体长为自身体长的 (81.8 ± 5.7)%、体重为自身体重的 (53.1 ± 10.7)% 的个体为最适配偶。雌蛙选择体长较长而体重较轻的雄蛙作为配偶, 这样有利于形成较好的配对空间 (雄性胸腹部皮肤腺长度, 雌雄抱对时泄殖腔位置等) 关系。雄蛙前臂紧贴于雌蛙的腋下和较多的胸腹部分泌物可加强抱对的牢固性, 雄蛙泄殖腔在雌蛙的之后可提高卵的授精率。但雄蛙过大, 会增加抱对雌蛙的负载量, 尤其是碰上其他雄蛙与抱对蛙抢夺雌蛙时, 会使雌蛙在争斗中处于不利地位或不能完成产卵 (Robertson, 1990)。因此, 雄蛙体重符合雌蛙的背负能力是雌性选择的另一标准。配偶选择导致多疣狭口蛙两性较明显的异形, 雄蛙较瘦长, 而雌蛙较丰满。

在配偶选择配对系统里, 多疣狭口蛙属于雌性选择模式, 即雄蛙鸣叫, 雌蛙受吸引, 主动接近雄蛙, 如果雄蛙条件适合则形成配对。

参考文献:

- Bastos RP, Haddad CFB. 1996. Breeding activity of the neotropical tree frog *Hyla elegans* [J]. *J Herpetol*, **30**: 355 - 360.
- Davies NB, Halliday TR. 1978. Deep croaks and fighting assessment in toad (*Bufo bufo*) [J]. *Nature*, **274**: 683 - 685.
- Gray MF. 1979. Mate selection in gray tree frog *Hyla versicolor* [J]. *Copeia*, (2): 286 - 290.
- Gerhardt HC, Daniel RE, Perrill SA, Schramm S. 1987. Mating behavior and male mating success in the green tree frog [J]. *Anim Behav*, **35**: 1490 - 1503.
- Gittins SP, Parker AG, Slater FM. 1980. Population characteristics of the common toads (*Bufo bufo*) visiting a breeding site in Mid-Wales [J]. *J Anim Ecol*, **49**: 161 - 173.
- Heatwole H, Sullivan BK. 1995. Amphibian Biology [M]. Chipping Norton: Survey Beatty & Sons.
- Howard RD. 1978. The influence of male-defended oviposition sites on early embryo mortality in bullfrogs [J]. *Ecology*, **59**: 789 - 798.
- Jennions MD, Backwell PRY, Passmore NI, Jennions MD, Backwell PRY, Passmore NI. 1992. Breeding-behavior of the African frog, *Chiromantis xerampelina*: Multiple spawning and polyandry [J]. *Anim Behav*, **44**: 1091 - 1100.
- Liu CZ, Hu SQ. 1961. Batrachian of China [M]. Beijing: Science Press, 1 - 364. [刘承钊, 胡淑琴. 1961. 中国无尾两栖类. 北京: 科学出版社, 1 - 364.]
- Morris MR. 1991. Female choice of large males in the tree frog *Hyla e-braccata* [J]. *J Zool*, **223**: 371 - 378.
- Pough FH, Andrews RM, Cadle JE, Crump ML, Savitzky AH, Wells KD. 1998. Herpetology [M]. New Jersey: Prentice Hall.
- Roberts JD, Standish RJ, Byrne PG, Doughty P. 1999. Synchronous polyandry and multiple paternity in the frog *Crinia georgiana* (Anura: Myobatrachidae) [J]. *Anim Behav*, **57**: 721 - 726.
- Robertson JGM. 1990. Female choice increases fertilization success in the Australian frog *Uperoleia laevigata* [J]. *Anim Behav*, **39**: 639 - 645.
- Shang YC. 1998. Behavioral Ecology [M]. Beijing: The Press of Beijing University, 58 - 100. [尚玉昌. 1998. 行为生态学. 北京: 北京大学出版社, 58 - 100.]
- Sullivan BK, Hinshaw SH. 1992. Female choice and selection on male calling behavior in the Gray tree frog *Hyla versicolor* [J]. *Anim Behav*, **44**: 733 - 744.
- Yang DT. 1991. The Amphibia-Fauna of Yunnan [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. [杨大同. 1991. 云南两栖类志. 北京: 中国林业出版社.]
- Yu JY, He XH. 2003. Statistics and Analysis for Data and the Application of SPSS [M]. Beijing: Post & Telecommunications Press, 292 - 310. [余建英, 何旭宏. 2003. 数据统计分析与 SPSS 应用. 北京: 人民邮电出版社, 292 - 310.]