

东北林蛙的两性异形和抱对个体的形态相关性

刘鹏 刘恒 张德成 赵文阁*

哈尔滨师范大学生命科学与技术学院 哈尔滨 150025

摘要: 2012年4月,在吉林省长白山地区,对正在抱对的30对东北林蛙(*Rana dybowskii*)成体的体长、头长、头宽、前肢长和后肢长进行测量,使用统计学的方法分析抱对个体形态特征的两性异形及配偶间形态特征的相关性。结果表明,两性的所有局部形态特征均与其体长呈显著正相关,其中,前肢长和后肢长随体长的增长速率在两性间无显著差异,而头长和头宽随体长的增长速率存在显著差异。雌性成体显著大于雄性成体;特定体长下雄性的前肢显著大于雌性,其他局部特征没有显著的两性差异;雌性个体与抱对的雄性个体的后肢长呈显著正相关,其余形态特征两性间无相关性。因此,在东北林蛙的配偶选择中,雌性对雄性形态特征的选择与两性异形形成无显著的相关性。

关键词: 东北林蛙;形态特征;两性异形;抱对;配偶选择

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2013)02-188-05

Sexual Dimorphism and Morphological Correlates of Mating Individuals in the Frog *Rana dybowskii*

LIU Peng LIU Heng ZHANG De-Cheng ZHAO Wen-Ge*

College of Life Sciences and Technology, Harbin Normal University, Harbin 150025, China

Abstract: Thirty pairs of mating *Rana dybowskii* were collected from Changbaishan Mount of Jilin Province in April, 2012 to study sexual dimorphism and morphological correlates of mate choice. Measurements taken for each individual included snout-urostyle length (SUL), head length (HL), head width (HW), fore-limb length (FLL) and hind-limb length (HLL). All morphological variables measured were positively correlated with SUL in both sexes. The rates at which FLL and HLL increased with SUL did not differ between the sexes, whereas the rates at which HL and HW increased with SUL differed between the sexes. The mean SUL was greater in females than in males, FLL was greater in males than in females after accounting for variation in SUL, and other morphological traits did not differ between the sexes. Our data also showed that there were no significant correlation in most examined morphological traits of paired female and male except HLL. Therefore, the formation of sexual dimorphism in *R. dybowskii* were not significantly correlates with morphological traits of mate choice.

Key words: *Rana dybowskii*; Morphological traits; Sexual dimorphism; Amplexus; Mate choice

基金项目 黑龙江省青年科学基金项目(No. QC2010035),黑龙江省教育厅科学技术研究项目(No. 12511162),哈尔滨师范大学科技发展预研项目(No. 11XYG-04),哈尔滨师范大学科技创新团队和人才工程团队项目;

* 通讯作者, E-mail: zhaowenge311@126.com;

第一作者简介 刘鹏,男,副教授;研究方向:两栖爬行动物进化生态学;E-mail: liupeng11111@163.com。

收稿日期:2012-10-08,修回日期:2012-12-25

无尾两栖类中约有 90% 的物种为雌体大于雄体,这种偏雌的个体大小的两性异形被认为是生育力选择作用的结果,使雌体获得产更多卵的选择利益(Gibbons et al. 1986, Lemckert et al. 1993, Katsikaros et al. 1997, 郑荣泉等 2002, 路庆芳等 2008, 莫灿坤等 2010)。雄性为增加交配机会而将更多的能量用于鸣叫、争斗等与繁殖相关的一些活动,减少了摄食和生长的机会,这是其个体小于雌性的主要原因(Woolbright 1983, Katsikaros et al. 1997)。此外,无尾两栖类雌雄个体间的两性异形现象与两性性成熟时间、寿命、资源分配模式的差异以及食性分离等因素有关(Shine 1979, 林植华等 2005, 贺佳飞等 2006, 李旭等 2006, 杨颖等 2006, Kupfer 2007, 林植华等 2007)。

冬眠结束后,大多数雄性无尾两栖类首先出蛰并到达繁殖场,为雌性选择交配对象提供较好的机会。配偶选择可以增加选择适合配偶的机会和各自的繁殖利益,但也可能增加动物在时间、能量和捕食风险等方面的代价(Davies et al. 1977)。雌性无尾两栖类在抱对时需要背负雄性进行取食和避敌,这种特殊交配方式导致体形大小成为两栖类一个重要的择偶标准(Howard et al. 1985, Robertson 1986, Lüddecke 2001, Gutiérrez et al. 2002)。因此,从形态学角度分析两性配偶选择过程中形态数据的相关性,对探讨两性异形的形成与配偶选择的关系具有重要意义(林植华等 2007)。

东北林蛙(*Rana dybowskii*)是一种适应寒冷气候的无尾两栖类动物,多生活在我国东北山区和半山区林木繁茂、杂草丛生和地面潮湿的环境中,4月初至5月初开始出蛰、配对、产卵,常以水源地为中心进行活动(赵文阁 2008)。尽管东北林蛙在我国东北地区分布较广且具有较高的经济价值和药用价值,但是关于该物种形态学方面的研究较少(应璐等 2008)。因此,在野外条件下,通过检查和测量抱对个体的形态特征,分析东北林蛙个体大小和局部特征的两性异形,从行为学角度探讨配偶选择对两性异形形成的影响。

1 研究地点及方法

1.1 研究地点 野外工作在吉林省白山市抚松县露水河镇(N42°35', E127°50', 海拔 650 m)进行,该地位于长白山的北麓,植被茂盛,降雨充沛,有大中型溪流、小溪、池塘、林地、灌丛、林缘草甸等多种生境类型,自然环境破坏较少,适于两栖类的生活。

1.2 实验材料的采集和测量 2012年4月,在研究地共获得抱对东北林蛙 30 对。用数显游标卡尺(精度为 0.01 mm)测量每一对东北林蛙的主要形态指标,包括体长(snout-urostyle length, SUL, 吻端至泄殖腔孔的距离)、头长(head length, HL, 吻端至上下颌关节后缘的距离)、头宽(head width, HW, 头部最宽处的距离)、前肢长(fore-limb length, FLL, 肩关节至第三指末端的长度)和后肢长(hind-limb length, HLL, 体后端正中部位至第四趾端的长度),并记录性别。测量后,直接将其释放到原地。

1.3 数据分析 所有数据的统计分析用 SPSS 13.0 统计软件包完成。数据在做进一步统计前用 Kolmogorov-Smirnov 和 Bartlett 检验分别检测正态性和方差同质性。用相关分析和线性回归分析局部形态特征与体长的关系以及抱对两性个体间形态的相关性,用单因素方差分析(ANOVA)比较两性体长的差异,用以体长为协变量的单因素协方差分析(ANCOVA)比较其余形态变量的两性差异。描述性统计值用平均值 ± 标准误(范围)表示,显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 两性异形 30 对抱对的东北林蛙中,雌性平均体长为(76.3 ± 1.0) mm,体长的变异范围较大(64.2 ~ 87.8 mm),雄性平均体长为(66.8 ± 0.6) mm,体长变化范围较小(62.3 ~ 73.9 mm)。两性体长的频次分布符合正态性(Kolmogorov-Smirnov test, $P > 0.05$),且雌性的体长显著大于雄性的体长(ANOVA: $F_{1,58} = 65.49, P < 0.0001$) (表 1)。两性的头长、头

表 1 东北林蛙形态特征的测量和两性异形

Table 1 Morphological measurements and sexual dimorphism in *Rana dybowskii*

	雌性 Females	雄性 Males	统计结果 Statistical results
样本数 Sample size	30	30	
体长(mm) Snout-urostyle length	76.3 ± 1.0 64.2 ~ 87.8	66.8 ± 0.6 62.3 ~ 73.9	$F_{1,58} = 65.49$, $P < 0.0001$
头长(mm) Head length	20.2 ± 0.3 16.5 ~ 23.7	18.4 ± 0.2 16.0 ~ 20.5	$F_{1,57} = 1.60$, $P = 0.21$
头宽(mm) Head width	20.6 ± 0.3 17.2 ~ 23.2	18.7 ± 0.1 17.3 ~ 20.0	$F_{1,57} = 0.53$, $P = 0.47$
前肢长(mm) Fore-limb length	42.3 ± 0.5 35.6 ~ 49.8	40.2 ± 0.4 34.5 ~ 44.5	$F_{1,57} = 9.51$, $P < 0.01$
后肢长(mm) Hind-limb length	119.3 ± 1.5 104.3 ~ 140.3	110.2 ± 1.0 96.9 ~ 119.6	$F_{1,57} = 3.11$, $P = 0.08$

使用单因素方差分析(ANOVA)比较两性体长的差异,用以体长为协变量的单因素协方差分析(ANCOVA)比较其余形态变量的两性差异。

F values and P levels of one-way ANOVA for SUL or one-way ANCOVAs for other hatchling traits with SUL as the covariate and significance levels are indicated in the table.

宽、前肢长和后肢长均与体长呈显著正相关($P < 0.05$)。以体长为协变量进行协方差分析,雄性的前肢长显著大于雌性(ANCOVA; $F_{1,57} = 9.51$, $P < 0.01$),而头长、头宽和后肢长两性间没有差异($P > 0.05$)(表 1,图 1)。方差分析结果表明,前肢长和后肢长随体长的增长速率在两性间无显著差异($P > 0.05$),而头长和头宽随体长的增长速率存在显著差异($P < 0.05$),雄性头长和头宽的增长速率均小于雌性(图 1)。

2.2 配偶的形态学相关性 从抱对雌雄个体的体长看,93.3%的雌性选择体长较小的雄性。雄性的体长一般为雌性体长的 $88.1\% \pm 1.5\%$ (73% ~ 106%),两者体长平均相差 (9.49 ± 1.23) mm (−3.72 ~ 24.08 mm)。相关分析结果表明,两性体长、头长、头宽和前肢长之间没有明显相关性($P > 0.05$),而雌性个体的后肢长与抱对雌性个体的后肢长之间呈显著正相关($r = 0.37$, $F_{1,28} = 4.49$, $P < 0.05$),即具有较长后肢的雌性,在选择配偶时会选择具有较长后肢的雄性个体进行配对(图 2)。

3 讨 论

与大多数无尾两栖类一样,东北林蛙明显存在两性异形的现象,即雌性的体长显著大于雄性的体长,这是生育力选择和性选择的结果(Woolbright 1983, Gibbons et al. 1986, Lemckert et al. 1993, Katsikaros et al. 1997)。在雄多雌少的偏雄种群中,选择压力更多地作用于雄性(Pröhl 2003)。因此,选择压力较小的雌性在配偶选择中处于主动地位,只要达到了性成熟,就能够获得交配的机会,但体形较小的雄性很少或者很难获得交配的机会。此外,在相同体长的情况下,具有较长前肢的东北林蛙雄性有利于在激烈的配偶竞争中获得更多的抱对机会,从而提高了繁殖成功率。但是,东北林蛙两性的体长和前肢长没有相关性,表明雌性对雄性形态特征的选择与两性异形的形成无显著的相关性。

东北林蛙雌性在进行配偶选择时,大多数雌性个体只选择比自身小一定比例的雄性,因为小于这一标准的雄性的后代适合度较低,而选择较大的雄性,雌性要付出更多的能量(Gibbons et al. 1986)。由此推测,同其他具有

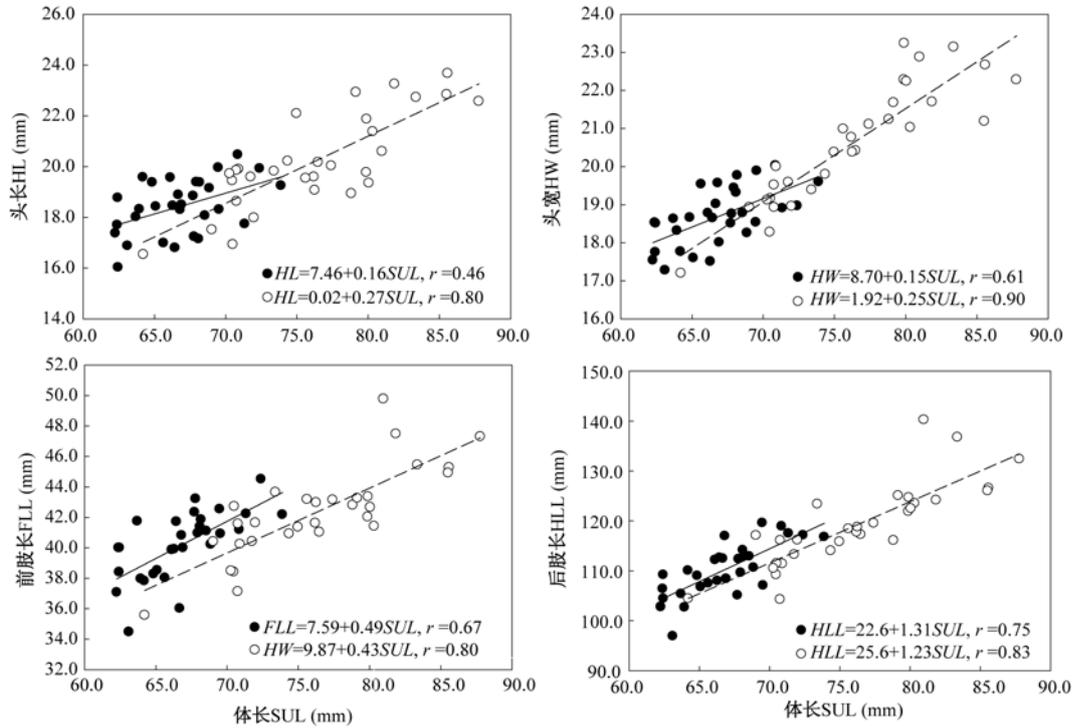


图 1 东北林蛙头长、头宽、前肢长、后肢长与体长之间的线性回归

Fig. 1 Linear regressions of head length (HL), head width (HW), fore-limb length (FLL) and hind-limb length (HLL) on snout-urostyle length (SUL) in *Rana dybowskii*

实心圆和实线代表雄性,空心圆和虚线代表雌性。

Solid dots and lines, males; Open dots and dash lines, females.

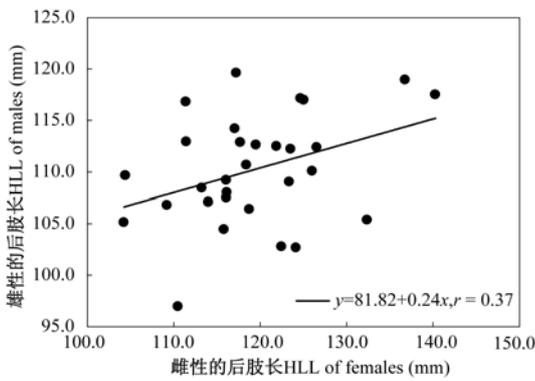


图 2 东北林蛙抱对个体两性间后肢长的回归分析

Fig. 2 The linear regression of hind-limb length (HLL) between paired *Rana dybowskii*

声囊的无尾两栖类一样,在东北林蛙配偶选择中,除个体大小因素以外,雄性占据的资源 and 鸣声对雌性的吸引也十分重要,雄性竞争的获胜

者将获得更多的交配机会,所以即使有些雄性的体长略大于雌性也将会被选择,因为与较大雄性交配获得的后代具有更大的适合度 (Sullivan et al. 1992, 寿鹿等 2005, 周伟等 2006)。

两栖类的后肢长度在两性的生活史过程中均扮演十分重要的角色,例如,雌性较长的后肢可以支持怀卵时自身更大的体重和抱对时更大的雄性,从而提高游泳、爬行和跳跃能力(应璐等 2008);雄性较长的后肢可以使其在交配竞争和提高自身适合度等方面具有较强的竞争力。在配偶选择中,两性的后肢长具有显著的相关性,即具有较长后肢的雌性偏爱选择具有较长后肢的雄性,这种配偶选择的结果没有直接体现在对两性异形特征的强化上,东北林蛙两性间的后肢长在去除体长的影响下没有显著差异。

参 考 文 献

- Davies N B, Halliday T R. 1977. Optimal mate selection in the toad *Bufo bufo*. *Nature*, 269(5623): 56–58.
- Gibbons M M, McCarthy T K. 1986. The reproductive output of frogs *Rana temporaria* (L.) with particular reference to body size and age. *Journal of Zoology*, 209(4): 579–593.
- Gutiérrez G, Lüddecke H. 2002. Mating pattern and hatching success in a population of the Andean frog *Hyla labialis*. *Amphibia-Reptilia*, 23(3): 281–292.
- Howard R D, Kluge A G. 1985. Proximate mechanisms of sexual selection in wood frogs. *Evolution*, 39(2): 260–277.
- Katsikaros K, Shine R. 1997. Sexual dimorphism in the tusked frog, *Adelotus brevis* (Anura: Myobatrachidae): The roles of natural and sexual selection. *Biological Journal of the Linnean Society*, 60(1): 39–51.
- Kupfer A. 2007. Sexual size dimorphism in amphibians: an overview//Fairbairn D J, Blanckenhorn W U, Sze-kely T. Sex, Size and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism. Oxford: Oxford University Press, 50–59.
- Lemckert F L, Shine R. 1993. Costs of reproduction in a population of the frog *Crinia signifera* (Anura: Myobatrachidae) from Southeastern Australia. *Journal of Herpetology*, 27(4): 420–425.
- Lüddecke H. 2001. Variation in mating pattern in a population of the Andean frog *Hyla labialis*. *Amphibia-Reptilia*, 22(2): 199–207.
- Pröhl H. 2003. Variation in male calling behaviour and relation to male mating success in the strawberry poison frog (*Dendrobates pumilio*). *Ethology*, 109(4): 273–290.
- Robertson J G M. 1986. Female choice, male strategies and the role of vocalizations in the Australian frog *Uperoleia rugosa*. *Animal Behaviour*, 34(3): 773–784.
- Shine R. 1979. Sexual selection and sexual dimorphism in the Amphibia. *Copeia*, 1979(2): 297–306.
- Sullivan B K, Hinshaw S H. 1992. Female choice and selection on male calling behaviour in the grey treefrog *Hyla versicolor*. *Animal Behaviour*, 44(4): 733–744.
- Woolbright L L. 1983. Sexual selection and size dimorphism in anuran amphibia. *American Naturalist*, 121(1): 110–119.
- 贺佳飞, 周伟, 李明会, 等. 2006. 多疣狭口蛙的两性异形. *中南林学院林报*, 26(2): 77–81.
- 李旭, 周伟, 杨颖, 等. 2006. 滇蛙的性异形与食性. *西南林学院学报*, 26(1): 47–51.
- 林植华, 计翔, 张军, 等. 2007. 中华大蟾蜍成体的两性异形和配偶的形态相关性//计翔. 两栖爬行动物学研究: 第十一辑. 南京: 东南大学出版社, 53–62.
- 林植华, 计翔. 2005. 浙江丽水虎纹蛙形态特征的两性异形和食性. *动物学研究*, 26(3): 255–262.
- 路庆芳, 郑荣泉, 刘春涛, 等. 2008. 湖南平江棘胸蛙两性异形和雌性个体生育力. *浙江师范大学学报: 自然科学版*, 31(2): 220–224.
- 莫灿坤, 徐大德, 江波. 2010. 花狭口蛙两性异形及其繁殖习性. *肇庆学院学报*, 31(5): 33–38.
- 寿鹿, 杜卫国, 舒霖. 2005. 金线侧褶蛙和泽陆蛙的两性异形与生育力. *生态学报*, 25(4): 664–668.
- 杨颖, 周伟, 李旭, 等. 2006. 昭觉林蛙的食性与两性异形. *浙江林学院学报*, 23(5): 560–564.
- 应璐, 徐艳春, 黄孝明, 等. 2008. 东北林蛙 8 个地理种群的形态聚类分析. *安徽农业科学*, 36(18): 7699–7700.
- 赵文阁. 2008. 黑龙江省两栖爬行动物志. 北京: 科学出版社, 74–83.
- 郑荣泉, 杜卫国, 寿鹿. 2002. 黑斑侧褶蛙的两性异形和雌性繁殖特征. *动物学杂志*, 37(4): 14–18.
- 周伟, 贺佳飞, 李明会, 等. 2006. 多疣狭口蛙昆明种群雌雄配对行为及形态适应选择. *动物学研究*, 27(2): 169–174.