

# 海陆蛙的两性异形和雌性繁殖特征

李春瑜 洪美玲 王力军\* 谢爽 孟宇

海南师范大学生命科学学院 海口 571158

**摘要:** 用采自海南东寨港红树林保护区的 58 只(35 ♀♀, 23 ♂♂) 成体海陆蛙 (*Fejervarya cancrivora*), 通过测量头体长、体重、头长、头宽、吻长等 11 个形态特征指标和雌体卵巢质量(窝卵重), 研究该种形态特征的两性异形和雌性繁殖特征, 并检验雌性成体大小(头体长和体重)与其繁殖的相关性。雌雄两性个体的最小头体长分别为 44.9 mm 和 45.2 mm。除吻长和眼间距外, 其余局部形态特征与头体长皆呈正相关性。头体长在雌雄两性之间差异显著, 雌性显著大于雄性; 而体重、头长、头宽等局部形态均无两性差异。海陆蛙雌体的窝卵重与头体长和体重之间皆成正相关关系, 表明雌性可能是通过增大体型从而增加繁殖输出, 而向较大体型发展。

**关键词:** 海陆蛙; 两性异形; 繁殖输出; 窝卵重

**中图分类号:** Q495 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2013)01-16-06

## Sexual Dimorphism and Female Reproductive Trait of the Crab-eating Frog

LI Chun-Yu HONG Mei-Ling WANG Li-Jun\* XIE Shuang MENG Yu

College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China

**Abstract:** We studied sexual dimorphism and female reproductive trait of the Crab-eating Frogs (*Fejervarya cancrivora*) based on 58 (35 ♀♀, 23 ♂♂) adults collected from National Dongzhai Harbor Mangrove Reserve in Hainan Province. We measured eleven morphological variables on all the 58 specimens and weighed clutch mass on 29 pregnant females. The smallest of snout-urostyle length (SUL) was 44.9 mm for female and 45.2 mm for male. Except for the snout length and interorbital length, all the rest morphological traits were positively related to SUL. The SUL of adult female was significantly larger than adult male, while no any difference was found on the measurements of body weight, head length, and head width between female and male. There is sexual dimorphism between male and female in body size, female is larger than male. The clutch mass was positively related to the SUL and body mass. Our data indicate that the female frogs increase reproductive output by the way of increasing their body size.

**Key words:** *Fejervarya cancrivora*; Sexual dimorphism; Reproductive output; Clutch mass

两性异形是动物界普遍存在的现象, 主要体现在雌雄两性在个体大小、局部形态特征和体色上的差异 (Shine 1979, 蔡垚 2009, Faizi et al. 2010)。自达尔文在 1987 年提出两性异形是性选择压力作用的结果以来, 决定两性异形进化的选择压力倍受人们的关注 (Katsikaros et al. 1997)。传统的性选择理论认为两性异形

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 40901261), 973 前期项目 (No. 2010CB134512);

\* 通讯作者, E-mail: wanglijun\_haikou@sina.com;

**第一作者介绍** 李春瑜, 女, 硕士研究生; 研究方向: 两栖爬行动物学; E-mail: li\_chuny@yahoo.cn。

收稿日期: 2012-06-30, 修回日期: 2012-09-26

的进化是对各自角色的适应,以谋求各自最大的繁殖利益,雄性间的争斗促进了雄体大于雌体的两性异形形成,大的雄性个体有利于其在配偶选择权上占据优势地位,从而增加其繁殖成功率(Shine 1979, Katsikaros et al. 1997, Gvozdik et al. 2003, Gienger et al. 2007);而生育选择理论则认为雌性向较大体型发展则更有利于其增加生育力和繁殖输出,是雌性具有较大体型的主要形成动力(Shine 1979, Woolbright 1983, Olsson et al. 2002);此外,两性个体之间在生态位、寿命或增长率、食性及其生长发育各阶段的物质和能量分配上的分离与差异均有可能导致两性异形形成(Dunham 1981, Slatkin 1984, Powlee et al. 1985, Shine 1990)。

两性异形研究涉及多种脊椎动物类群,包括爬行类(Shine 1978, Shine 1994, Gvozdik et al. 2003, Ginger et al. 2007)、鱼类(林植华等 2004)、鸟类(Temeles et al. 2000)、两栖类(Woolbright 1983, 郑荣泉等 2002, 施林强等 2011)。关于两栖类两性异形研究,不仅涉及对个体大小、局部形态特征、第二性征(Lee 2001, 郑荣泉等 2002, 施林强等 2011)的描述和比较,还从食性(林植华等 2005, Vrcibradic et al. 2009)、年龄(Howard 1981, Cadeeddu et al. 2012)、繁殖策略(Howard 1978, Tsuji et al. 2002)等方面进一步解释了两性异形的成因。大量的研究表明,与繁殖输出相关的变量如窝卵数、窝卵重等,通常与动物体长、腹部大小等形态特征有关(郑荣泉等 2002, 林植华等 2000, 2004, 林焯贤等 2004, 施林强等 2011, 罗来高等 2012),故研究动物两性形态差异和雌性繁殖输出不仅有助于深入理解两性异形的进化成因,还有助于阐明种内不同性别之间的繁殖对策和繁殖投入。

海陆蛙(*Fejervarya cancrivora*),又名食蟹蛙,隶属蛙科(Ranidae),生活于沿海红树林潮间带的半咸水或咸水区域,国内分布于广西、海南和台湾,国外见于南亚和东南亚多数国家(赵尔宓 1998)。由于沿海旅游业及养殖业的开发和利用,导致红树林大量丧失,海陆蛙栖息

地受到了严重破坏,再加上沿海居民的乱捕滥猎,导致其种群数量急剧下降,现已被中国物种红色名录列为濒危(endangered, EN)等级(赵尔宓 1998, 费梁等 2009)。关于海陆蛙的研究多集中于渗透压调节和地理分布方面(Gordon et al. 1961, Schmidt et al. 1962, Gordon et al. 1965, Dunson 1977),而针对该种的基础生物学研究较少。近年来,我们课题组成员相继开展了海陆蛙在海南的分布和种群密度调查(洪美玲等 2011),同时,在我们的野外调查中发现,海陆蛙雌雄个体具有明显的形态差异,通常,雄性个体体型小于雌性个体,且喉部两侧具黑斑,但目前尚无详细的形态测量数据报道海陆蛙的两性异形。因此,本研究以海陆蛙为研究对象,通过收集海陆蛙成体的形态数据和雌体的窝卵重,研究两性成体在头体长、头长等外部形态特征上的差异,检测窝卵重与雌体大小的关系,旨在阐明海陆蛙两性形态特征及其与雌体繁殖输出之间的关系。

## 1 材料与方法

经海南东寨港红树林国家级自然保护区和海南省生态环境教育中心动物伦理委员会同意,于2008年4月至2011年10月,在海南东寨港红树林国家级自然保护区采集58只海陆蛙(35♀, 23♂♂)个体。

用数显游标卡尺(精度为0.01 mm)对海陆蛙个体的头体长(snout-urostyle length, SUL, 吻端至泄殖腔孔的长度)、头长(head length, HL, 吻端至上下颌关节后缘的长度)、头宽(head width, HW, 头两侧之间的最大距离)、吻长(snout length, SL, 吻端至眼前角的长度)、鼻间距(internasal length or distance, INS, 左右鼻孔内缘之间的距离)、眼间距(interorbital space, IOS, 左右上眼睑内侧缘之间的最窄距离)、前臂及手长(length of lower arm and hand, LAH, 肘关节至第3指末端的长度)、后肢全长(hindlimb length, HLL, 体后端正中部位至第IV趾末端的长度)、胫长(tibia length, TL, 胫部两端之间的长度)和足长(foot length, FL, 内蹠突

近端至第Ⅳ趾末端的长度)等外部形态指标进行测量。用电子天平(SI234,丹佛仪器(北京)有限公司,精度为0.1 mg)对海陆蛙的体重(body mass, BM)和窝卵重(clutch mass, CM)进行测定。

所有数据在差异显著性检验前,用Kolmogorov-Smirnov和F-max test分别对数据的正态性和方差同质性进行检验,经检验部分数据需经过转换(倒数转换),才符合参数统计条件。由于雌雄头体长数据方差不同质,故采用 $t'$ 检验(即近似 $t$ 检验)比较两性个体头体长的差异显著性;用线性回归分析局部形态特征与头体长的关系,以及窝卵重与雌体大小的关系。对与头体长不相关的变量,用 $t$ 检验分析两性异形;对与头体长相关的变量,以头体长为协变量,应用协方差分析(ANCOVA)比较其他形态指标的两性异形;描述性统计值用平均值 $\pm$ 标准误(Mean $\pm$ SE)和范围表示,显著性水平设 $\alpha=0.05$ 。所有数据的统计分析用SPSS16.0统计软件包完成。

## 2 结果

**2.1 形态特征的两性异形** 本研究中的海陆蛙雌性性成熟的最小头体长为44.93 mm,故将SUL大于44.93 mm者视为性成熟个体。统计结果表明,雌性成体头体长显著大于雄性成体(表1)。除吻长和眼间距外,海陆蛙的其他8个局部特征皆与头体长呈线性相关(头长: $r^2=0.822$ ,  $F_{1,56}=257.991$ ,  $P<0.001$ ;头宽: $r^2=0.826$ ,  $F_{1,56}=271.506$ ,  $P<0.001$ ;鼻间距: $r^2=0.410$ ,  $F_{1,56}=38.958$ ,  $P<0.001$ ;前肢长: $r^2=0.217$ ,  $F_{1,56}=15.545$ ,  $P<0.001$ ;胫长: $r^2=0.248$ ,  $F_{1,56}=18.498$ ,  $P<0.001$ ;后肢长: $r^2=0.827$ ,  $F_{1,56}=266.939$ ,  $P<0.001$ ;足长: $r^2=0.101$ ,  $F_{1,56}=6.311$ ,  $P=0.015$ ;体重: $r^2=0.885$ ,  $F_{1,56}=430.052$ ,  $P<0.001$ )。以头体长为协变量的协方差分析和 $t$ 检验结果表明,雌雄两性在局部形态上均无显著差异(表1)。

**2.2 雌体繁殖** 35只雌性个体中,29个个体具卵,线性回归分析结果表明,雌性个体的窝卵重随头体长( $r^2=0.533$ ,  $F_{1,27}=30.777$ ,  $P<0.001$ )和体重( $r^2=0.569$ ,  $F_{1,27}=35.659$ ,  $P<$

表1 海陆蛙成体形态特征的描述性统计值和 $t$ 检验及协方差分析结果

Table 1 The morphological characteristics of adult *Fejervarya cancrivora* and results of  $t$ -test and one-way ANCOVA

形态特征 Morphological traits	雌性 Female ( $n=35$ )	雄性 Male ( $n=23$ )	结果 Result
头体长(mm) Snout-urostyle length	68.60 $\pm$ 2.26(44.93~94.00)	58.26 $\pm$ 1.44(45.19~71.49)	$t'=3.859$ , $df=54$ , $P<0.001$
体重 Body mass (g)	37.77 $\pm$ 3.59(7.65~86.87)	21.46 $\pm$ 1.75(8.73~42.92)	$F_{1,55}=2.310$ , $P=0.134$
头长 Head length (mm)	22.49 $\pm$ 0.66(15.12~29.00)	19.13 $\pm$ 0.39(15.19~22.53)	$F_{1,55}=2.419$ , $P=0.126$
头宽 Head width (mm)	23.39 $\pm$ 0.77(15.53~32.70)	20.57 $\pm$ 0.49(16.76~25.86)	$F_{1,55}=2.466$ , $P=0.122$
吻长 Snout length (mm)	12.89 $\pm$ 0.49(8.30~21.64)	13.75 $\pm$ 0.71(8.60~20.04)	$t=1.028$ , $df=56$ , $P=0.308$
鼻间距 Internasal space (mm)	3.97 $\pm$ 0.13(2.73~6.14)	3.41 $\pm$ 0.11(2.57~4.34)	$F_{1,55}=2.016$ , $P=0.161$
眼间距 Interorbital space (mm)	4.73 $\pm$ 0.20(2.80~8.21)	4.96 $\pm$ 0.26(3.00~7.74)	$t=0.691$ , $df=56$ , $P=0.492$
前臂及手长(mm) Length of lower arm and hand	28.16 $\pm$ 0.86(19.40~43.00)	27.35 $\pm$ 1.07(16.60~34.91)	$F_{1,55}=1.160$ , $P=0.286$
后肢长 Hindlimb length (mm)	91.01 $\pm$ 2.52(63.78~116.97)	80.87 $\pm$ 2.18(59.65~93.35)	$F_{1,55}=0.216$ , $P=0.644$
胫长 Tibia length (mm)	25.56 $\pm$ 0.87(15.90~37.40)	24.08 $\pm$ 0.71(16.70~31.55)	$F_{1,55}=0.401$ , $P=0.529$
足长 Foot length (mm)	37.25 $\pm$ 1.33(21.72~56.00)	36.66 $\pm$ 1.31(23.80~49.52)	$F_{1,55}=0.990$ , $P=0.324$

数据以平均值 $\pm$ 标准误和范围表示。 $t'$ 和 $df'$ 分别表示近似 $t$ 检验的结果及自由度。

Data are expressed as Mean $\pm$ SE and range.  $t'$  and  $df'$  indicated  $t$  value and degree of approximate  $t$  test.

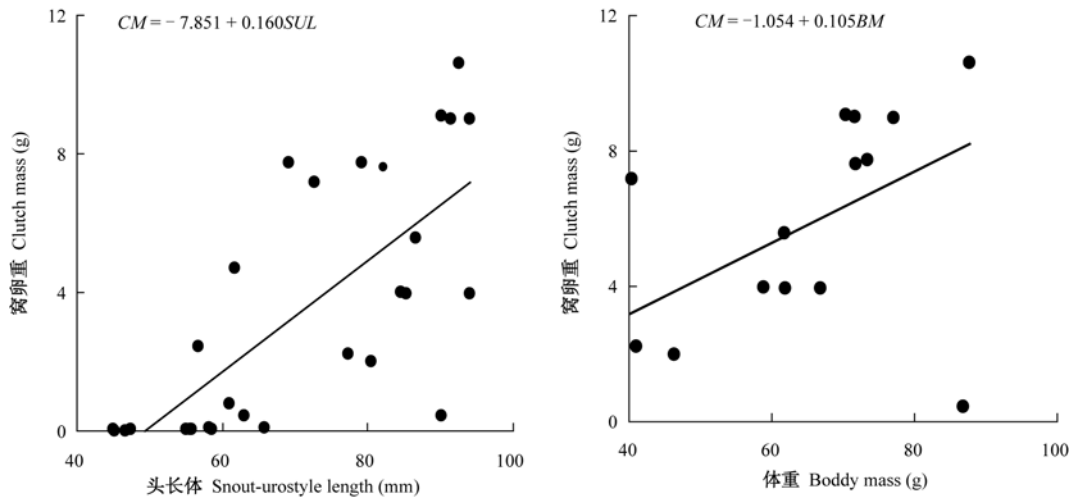


图1 海陆蛙雌体窝卵重(CM)与头体长(SUL)、体重(BM)的关系

Fig.1 Relationship between clutch mass and snout-urostyle length and body mass

0.001)的增加而增加,也就是雌性成体越大,其窝卵重也就越大,表明雌性海陆蛙的生育力可随个体的增大而增大(图1)。

### 3 讨论

相关研究表明,两栖类是一个极好的两性异形研究类群,约有80%的有尾两栖类和95%的无尾两栖类属于两性异形种类(Shine 1979)。两栖类不仅在形态、栖息环境和生活史上有丰富的多样性,而且第二性征也具有丰富的多样性(刘承钊等 1961, Shine 1979)。同时,两栖类为了适应各自的栖息环境,相应地演化出丰富多样的繁殖类型(Howard 1978, Shine 1979, Howard 1981)。两栖动物的两性异形主要存在以下3种类型:(1)雌性成体大于雄性成体体型;(2)雄性成体大于雌性成体体型;(3)两性成体大小相似,但局部特征在两性之间差异显著。第一种类型即雌性个体大于雄性,在两栖动物中较为普遍,约90%无尾两栖类雌体大于雄体个体;仅5%无尾两栖类为第二种类型,通常雄性具有较大的个体或头部(Shine 1979),而且研究已表明,头部较大的个体在种内竞争中可能处于优势,有利于雄性个体获得配偶(Schauble 2004, 路庆芳等 2008, Herrel et al. 2012),有些种类的两性异形也表

现在第二性征上,比如出现獠牙、大拇指、背部或者胸部出现刺(Shine 1979, 路庆芳等 2008)。

海陆蛙雌性成体的头体长显著大于雄性,在两性异形上属于第一种类型,这一结果与黑斑侧褶蛙(*Pelophylax nigromaculata*) (郑荣泉等 2002)、泽陆蛙(*Fejervarya limnocharis*) (施林强等 2011)、非洲爪蟾(*Xenopus tropicalis*) (Herrel et al. 2012)的研究结果相似。导致海陆蛙雌雄成体体型出现差异的原因可能与下面因素有关:(1)两栖类成体大小通常与性成熟年龄相关(Howard 1981, Sarasola-Puenta et al. 2011, Cadeeddu et al. 2012),雄性个体小于雌性说明雄性性成熟比雌性早,雄性在生长发育过程中将更多能量用于繁殖,限制了其个体生长。研究发现海陆蛙成体的头长、头宽等局部特征不存在两性差异,说明雌性成体的增大部分主要在躯干,这进一步说明相对于同龄雄体,海陆蛙雌性成体可能将更多的能量投入在体型增长上。(2)雌性比雄性繁殖投入大,较大的雌性个体具有较高的生育力(林植华等 2000, 郑荣泉等 2002, 路庆芳等 2008, 罗来高等 2012),故雌体有向较大体型方向进化的趋势。

海陆蛙雌性窝卵重与头体长、体重之间具有显著的正相关性,说明雌体可通过增加自身个体大小相应地增加腹腔容量来提高繁殖输

出,该结果符合生育力选择理论。生育力选择被认为是雌体大于雄体的两性异形进化动力,该假设认为,如果生育力随雌体大小的增加而增加,雌性向较大体型方向进化有利于提高繁殖输出并强化其繁殖成功率(Woolbright 1983, Olsson 2002)。黑斑侧褶蛙(郑荣泉等 2002)、泽陆蛙(施林强等 2011)、虎纹蛙(*Hoplobatrachus rugulosus*)(林植华等 2005)、多疣狭口蛙(*Kaloula verrucosa*)(贺佳飞等 2006)、金线侧褶蛙(*P. plancyi*)(吴桦等 2004)等相关研究也证实了雌体可通过增大个体大小以增加腹腔怀卵量的策略来提高繁殖适合度。

本研究结果表明,海陆蛙具有两性异形现象,且雌性体型较大,这可能与生育力选择有关。但已有的研究还表明,两性之间在生态位、寿命或生长率、食性及其生长发育各阶段的物质和能量分配上的分离与差异均可能导致两性异形(Dunham 1981, Slatkin 1984, Powlee et al. 1985, Shine 1990)。当雄性个体将能量和资源更多地用于繁殖而不是生长时,雄性个体往往会小于雌性(Woolbright 1983, Woolbright 1989)。因此海陆蛙两性异形与雌雄两性间在食物选择、寿命、空间利用、食性及能量分配策略之间的关联性有待于进一步研究。

**致谢** 海南省林业局苏文拔工程师,海南东寨港红树林国家级自然保护区林卫海、林志军,海南师范大学生命科学学院罗樊强、洪云彩、何艳冰、李星雅、羊健鼎、黄国超等人在样品采集及数据测量过程中给予了大力的支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

## 参 考 文 献

- Cadeeddu G, Giacoma C, Castellano S. 2012. Sexual size dimorphism in the Tyrrhenian tree frog: a life-history perspective. *Journal of Zoology*, 286(4): 285–292.
- Dunham A E. 1981. Populations in a Fluctuating Environment: the Comparative Population Ecology of the Iguanid Lizards *Sceloporus merriami* and *Urosaurus ornatus*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1–62.
- Dunson W A. 1977. Tolerance to high temperature and salinity by tadpoles of the Philippine frog, *Rana cancrivora*. *Copeia*, 1977(2): 375–378.
- Faizi H, Pouyani R N, Rajabizadeh M, et al. 2010. Sexual dimorphism in *Trachylepis aurata transcaucasica* Chernov, 1926 (Reptilia: Scincidae) in the Zagros Mountains, western Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 6(1): 25–35.
- Gienger C M, Beck D D. 2007. Heads or tails? Sexual dimorphism in helodermatid lizards. *Canadian Journal of Zoology*, 85(1): 92–98.
- Gordon M S, Schmidt-Nielsen K, Kelly H M. 1961. Osmotic regulation in the crab-eating frog (*Rana cancrivora*). *Journal of Experimental Biology*, 38(3): 659–678.
- Gordon M S, Tucker V A. 1965. Osmotic regulation in the tadpoles of the crab-eating frog (*Rana cancrivora*). *Journal of Experimental Biology*, 42(3): 437–445.
- Gvozdk L, Van Damme R. 2003. Evolutionary maintenance of sexual dimorphism in head size in the lizard *Zootoca vivipara*: a test of two hypotheses. *Journal of Zoology*, 259(1): 7–13.
- Herrel A, Gonwouo L N, Fokam E B, et al. 2012. Intersexual differences in body shape and locomotor performance in the aquatic frog, *Xenopus tropicalis*. *Journal of Zoology*, 287(4): 311–316.
- Howard R D. 1978. The evolution of mating strategies in the bullfrog, *Rana catesbeiana*. *Evolution*, 32(4): 850–871.
- Howard R D. 1981. Sexual dimorphism in bullfrogs. *Ecology*, 62(2): 303–310.
- 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 Linnean Society*, 60(1): 39–51.
- Lee J C. 2001. Evolution of a secondary sexual dimorphism in the Toad, *Bufo marinus*. *Copeia*, 2001(4): 928–935.
- Olsson M, Shine R, Wapstra E, et al. 2002. Sexual dimorphism in lizard body shape: the roles of sexual selection and fecundity selection. *Evolution*, 56(7): 1538–1542.
- Powlee G L, Russell A P. 1985. Growth and sexual size of dimorphism in Alberta populations of the eastern short-horned lizard, *Phrynosoma douglassi brevirostre*. *Canadian Journal of Zoology*, 63(1): 139–154.
- Sarasola-Puerta V, Gosá A, Oromí N, et al. 2011. Growth, size and age at maturity of the agile frog (*Rana dalmatina*) in an Iberian Peninsula population. *Journal of Zoology*, 114(3): 150–154.
- Schauble C S. 2004. Variation in body size and sexual dimorphism across geographical and environmental space in the frogs *Limnodynastes tasmaniensis* and *L. peronii*. *Biological Journal*

- of Linnean Society, 82(1): 39–56.
- Schmidt N K, Lee P. 1962. Kidney function in the crab-eating frog (*Rana cancrivora*). *Journal of Experimental Biology*, 39(1): 167–177.
- Shine R. 1978. Sexual size dimorphism and male combat in snakes. *Oecologia*, 33(3): 269–277.
- Shine R. 1979. Sexual selection and sexual dimorphism in the amphibia. *Copeia*, 1979(2): 297–306.
- Shine R. 1990. Proximate determinants of sexual differences in adult body size. *American Naturalist*, 135(2): 278–283.
- Shine R. 1994. Sexual size dimorphism in snakes revisited. *Copeia*, 1994(2): 326–346.
- Slatkin M. 1984. Ecological causes of sexual dimorphism. *Evolution*, 38(3): 622–630.
- Temeles E J, Pan I L, Brennan J L, et al. 2000. Evidence for ecological causation of sexual dimorphism in hummingbird. *Science*, 289(5478): 441–443.
- Tsuji H, Matsui M. 2002. Male-Male combat and head morphology in fanged frog (*Rana kuhlii*) from Taiwan. *Journal of Herpetology*, 36(3): 520–526.
- Vrcibradic D, Teixeira R L, Broges-Junior V N T. 2009. Sexual dimorphism, reproduction and diet of the casque-headed treefrog *Itapotihyla langsdorffii* (Hylidae: lophiophyllini). *Journal of Natural History*, 43(35/36): 2245–2256.
- Woolbright L L. 1983. Sexual selection and size dimorphism in anuran amphibia. *American Naturalist*, 121(1): 110–119.
- Woolbright L L. 1989. Sexual dimorphism in *Eleutherodactylus coqui*: selection pressures and growth rates. *Herpetologica*, 45(1): 68–74.
- 蔡垚. 2009. 南京北草蜥形态特征的两性异形. *安徽农业科学*, 37(35): 17533–17534.
- 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 等. 2009. 中国动物志: 两栖纲: 下卷. 北京: 科学出版社, 1305–1310.
- 贺佳飞, 周伟, 李明会, 等. 2006. 多疣狭口蛙的两性异形. *中南林学院学报*, 26(1): 77–81.
- 洪美玲, 王力军, 杨炳坤, 等. 2011. 海南红树林的海陆蛙分布与种群密度调查. *动物学杂志*, 46(1): 23–28.
- 林焯贤, 邱清波, 林隆慧, 等. 2004. 蜡皮蜥的两性异形和繁殖输出. *动物学研究*, 25(6): 477–483.
- 林植华, 计翔. 2000. 浙江丽水中国石龙子的食性、两性异形的雌性繁殖. *生态学报*, 20(2): 304–310.
- 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.
- 林植华, 雷焕宗. 2004. 黄颡鱼的两性异形和雌性繁殖特征. *动物学杂志*, 39(6): 13–17.
- 刘承钊, 胡淑琴. 1961. 中国无尾两栖类. 北京: 科学出版社, 1–364.
- 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.
- 罗来高, 吴义莲, 田贤玉, 等. 2012. 宁波滑蜥两性异形和雌性繁殖. *动物学杂志*, 47(2): 23–30.
- 施林强, 张秀琴, 马小梅. 2011. 泽陆蛙 (*Fejervarya limnocharis*) 两性异形的个体发育和雌体繁殖. *生态学杂志*, 30(4): 717–723.
- 吴桦, 吴秀华, 沈斐, 等. 2004. 金线侧褶蛙的两性异形和雌性繁殖特征的研究. *徐州师范大学学报: 自然科学版*, 22(2): 57–59.
- 赵尔宓. 1998. 中国濒危动物红皮书: 两栖类和爬行类. 北京: 科学出版社, 70–72.
- 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.