

鳄蜥的两性异形^{*}

何 南¹ 武正军^{1*} 蔡凤金¹ 王振兴¹ 于 海² 黄乘明^{1,3}

(¹ 广西师范大学生命科学学院珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室, 广西桂林 541004;

² 广东罗坑省级自然保护区, 广东韶关 512100; ³ 中国科学院动物研究所, 北京 100101)

摘 要 通过比较鳄蜥的体型与头部大小等特征的差异, 研究了鳄蜥的两性异形情况。结果表明: 性成熟鳄蜥个体体色差异显著, 成年雄性头胸部腹面呈鲜红色或浅蓝色, 而雌性为浅黄色或淡红色; 成年雄性头部显著大于成年雌性(头长(HL), $P < 0.001$; 头宽(HW), $P < 0.001$), 成年雌性腹部长(AL)显著大于成年雄性($P = 0.018$); 而成年雄性和成年雌性的体长(SVL)以及尾长(TL)差异不显著($SVL, P = 0.193$; $TL, P = 0.22$); 亚成体头长随体长的增长速率显著大于成年雌性($P = 0.021$), 而亚成体头宽与成年雌性头宽差异不显著($P = 0.545$); 亚成体头部与成年雄性头部呈同速增长($HL, P = 0.252$; $HW, P = 0.441$)。特定SVL时, 亚成体头宽显著大于成年雌性头宽($P < 0.001$); 亚成体头长显著大于成年雄性头长($P < 0.001$), 但亚成体头宽与成年雄性头宽差异不显著($P > 0.05$)。研究结果表明鳄蜥存在局部两性异形。

关键词 鳄蜥; 两性异形; 性选择; 繁殖压力

中图分类号 Q958 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2011)1-0007-05

Sexual dimorphism of *Shinisaurus crocodilurus*. HE Nan¹, WU Zheng-jun^{1**}, CAI Feng-jin¹, WANG Zhen-xing¹, YU Hai², HUANG Cheng-ming^{1,3} (¹College of Life Science, Guangxi Normal University, Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, Guilin 541004, Guangxi, China; ²Luokeng Nature Reserve of Guangdong, Shaoguan 512100, Guangdong, China; ³Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China). Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(1): 7-11.

Abstract: Through comparing the body size and head size among juveniles and female and male adults, the sexual dimorphism of *Shinisaurus crocodilurus* was studied. There was a significant difference in the ventral color of head and breast between the adults, *i. e.*, vivid red or light blue for the males, and light yellow or light red for the females. The head size (including head width (HW) and head length (HL)) of the males were significantly larger than those of the females (HL, $P < 0.001$; HW, $P < 0.001$), and the abdomen length (AL) of the males was significantly shorter than that of the females ($P = 0.018$). However, the snout-vent length (SVL) and tail length (TL) between the males and females were not significantly different (for SVL, $P = 0.193$; for TL, $P = 0.22$). The increasing rate of HL with SVL for the juveniles was higher than that for the female adults ($P = 0.021$), whereas the HW was not significantly different between the juveniles and female adults ($P = 0.545$). The head size of both the juveniles and the male adults increased with SVL at the same rate (for HL, $P = 0.252$; for HW, $P = 0.441$). When the SVL was kept constant, the HW of the juveniles was larger than that of the female adults ($P < 0.001$), and the HL of the juveniles was larger than that of the male adults ($P < 0.001$), but the difference of HW between the juveniles and the male adults was not significant ($P > 0.05$). The results indicated that partial sexual dimorphism existed in *S. crocodilurus*.

Key words: *Shinisaurus crocodilurus*; sexual dimorphism; sexual selection; fecundity advantage.

* 国家自然科学基金项目(30760039, 31060288)、教育部重点项目(209093)、广东省林业科技创新专项(2008KJCX013)、德国动物物种和种群保护协会(ZGAP)项目和广西研究生教育创新项目(2009106020710M55)资助。

** 通讯作者 E-mail: wu_zhengjun@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-05-06 接受日期: 2010-10-08

研究动物的两性异形,对于了解同种动物不同性别的繁殖对策与繁殖投入有重要意义。有鳞类爬行动物中普遍存在个体大小、局部形态特征和体色的两性差异(Anderson & Vitt, 1990; Bonnet *et al.*, 1998; 林炽贤等, 2004)。两性异形的进化受许多因素影响,如性选择压力、非性选择压力或 2 种选择压力的共同作用(张永普和计翔, 2004; Li *et al.*, 2006)。通常认为雄性向较大体形进化,与其在食物资源的获取和配偶选择权上占优势有关;而雌性向较大体形进化,则与增加生育能力和繁殖输出有关(Trivers *et al.*, 1972; Carothers, 1984; Li *et al.*, 2006)。

鳄蜥(*Shinisaurus crocodilurus*)属鳄蜥科(Shini-suridae)鳄蜥属,为单型科单型属,是第四纪冰川后期残留的原始爬行动物(赵尔宓, 1999; 张玉霞, 2002)。主要分布于中国的广东、广西两省区以及越南东北部的广宁省安图自然保护区(武正军等, 2007)。近年来有关鳄蜥的研究主要涉及生活习性的观察(于海等, 2006; 戴冬亮等, 2007),活动节律(梁文波等, 2006),生境选择(宁加佳等, 2006)和食物同化的热依赖性(王振兴等, 2008)等,但鳄蜥个体发育的两性异形尚未见有报道。研究鳄蜥的两性异形,可探讨鳄蜥两性异形的进化方式及其原因,为研究鳄蜥的繁殖成效提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物

实验于 2009 年 7—11 月在广东罗坑自然保护区进行。实验动物是野外自然环境中饲养在半自然条件下 8 个大小均为 5 m×3 m×1 m 的饲养池里的鳄蜥,共 188 只。饲养池内设小型水域,引入鳄蜥自然生境中溪沟水形成自然常年流水(水深 0.25 m),并在池底铺放细沙、石块以及枯木、藤条等进行

复杂化,岸边人工搭建栖息洞穴,最大限度地模拟鳄蜥野外自然生境。喂以环毛蚓(*Pheretima*)、面包虫(*Tenebrio molitor*)等饲料。

1.2 取样方法

本研究将鳄蜥分为 3 组,即成年雄性、成年雌性以及亚成年组。年龄及性别的判别参照张玉霞(2002)的方法。用 Mettler B303 电子天平(± 0.001 g)称重,用数显游标卡尺(± 0.01 mm)测量相关身体特征。体长(snout-vent length, SVL)为吻端至泄殖腔孔前缘间距,头长(head length, HL)为吻端至外耳道前缘间距,头宽(head width, HW)为左右颌关节间距,腹部长(abdomen length, AL)为前肢腋窝到后肢腋窝间距,尾长(tail length, TL)为泄殖腔孔至尾末端间距。

1.3 数据处理

所有数据在做进一步统计检验前,用 Kolmogorov-Smirnov 和 Bartlett 检验分别检验数据的正态性和方差的同质性。用方差分析(ANOVA)、协方差分析(ANCOVA)、*t*-检验、线性回归等处理相应的数据。数据以平均值 \pm 标准误(Mean \pm SE)表示,使用 Tukey 检验比较矫正平均值前,检验斜率的均一性。显著性水平设置为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 形态特征值与体长(SVL)的关系

鳄蜥的体长(SVL)、头长(HL)、头宽(HW)、尾长(TL)、腹部长(AL)及体重(W)见表 1。线性回归结果显示,无论是成年雄性、成年雌性还是亚成体,其头长(HL)、头宽(HW)、尾长(TL)、腹部长(AL)均与体长(SVL)呈显著正相关关系(所有 $P<0.001$) (表 1)。性成熟鳄蜥个体体色差异显著。成年雄性头胸部腹面呈鲜红色或浅蓝色,成年雌性头胸部腹面呈浅黄色或淡红色。

表 1 鳄蜥的体长、头长、头宽、尾长、腹部长及体重的测量数据
Table 1 Measurements of snout-vent length, head size, tail length, abdomen length and weight of *Shinisaurus crocodilurus*

项目	亚成体 (n=78)		成年雌性 (n=41)		成年雄性 (n=69)	
	平均值	与 SVL 的相关系数(r)	平均值	与 SVL 的相关系数(r)	平均值	与 SVL 的相关系数(r)
体长(mm)SVL	94.3 \pm 1.3		147.1 \pm 2.3		143.6 \pm 1.5	
头长(mm)HL	22.0 \pm 0.3	0.898**	30.7 \pm 0.5	0.827**	32.1 \pm 0.4	0.758**
头宽(mm)HW	13.5 \pm 0.2	0.783**	19.4 \pm 0.4	0.617**	20.7 \pm 0.3	0.718**
尾长(mm)TL	118.8 \pm 2.7	0.591**	175.7 \pm 3.4	0.444**	159.5 \pm 3.4	0.384**
腹部长(mm)AL	21.5 \pm 1.0	0.865**	75.3 \pm 1.5	0.756**	71.2 \pm 0.9	0.783**
体重(g)	47.0 \pm 0.7	0.774**	79.9 \pm 3.5	0.843**	72.7 \pm 2.2	0.693**

** 极显著相关($P<0.01$)。

2.2 成年雄性与雌性的形态特征值比较

单因素方差分析显示:成年雌性与雄性的 SVL 差异不显著 (ANOVA: $F_{1,109} = 1.718, P = 0.193$); 体重差异也不显著 (ANOVA: $F_{1,109} = 1.671, P = 0.199$)。相对于 SVL, 成年雄性的头部与成年雌性头部 (ANCOVA: $HL-F_{1,109} = 29.364, P < 0.001$, $HW-F_{1,109} = 20.948, P < 0.001$) 呈异速增长, 且成年雄性增长比成年雌性增长快, 表现为成年雄性头长和头宽的斜率均大于成年雌性的斜率 (图 1、图 2)。成年雌性与成年雄性个体的尾长 (TL) 无显著差异 (ANCOVA: $F_{1,60} = 1.532, P = 0.22$)。雌雄成体的头长 (HL), 头宽 (HW) 和腹部长 (AL) 与 SVL 的线性回归剩余值进行方差分析结果显示: 雄性头部显著大于雌性 ($HL-F_{1,109} = 27.464, P < 0.001$, $HW-F_{1,109} = 21.614, P < 0.001$), 雌性腹部长显著大于雄性 ($AL-F_{1,109} = 5.765, P = 0.018$)。

2.3 亚成体与成体的形态特征值比较

相对 SVL, 亚成体头长和成年雌性头长 (ANCOVA: $F_{1,118} = 5.438, P = 0.021$) 呈异速增长, 且亚成体比成年雌性的增长快, 表现为亚成体头长斜率大于成年雌性头长斜率 (图 1)。亚成体头宽与成

年雌性头宽差异不显著 (ANCOVA: $F_{1,118} = 0.368, P = 0.545$) (图 2)。亚成体头部与成年雄性头部呈同速增长, 表现为亚成体头部各斜率与成年雄性头部各斜率无显著差异 (ANCOVA: $HL-F_{1,146} = 1.324, P = 0.252$, $HW-F_{1,146} = 0.598, P = 0.441$)。

由于亚成体头长和成年雌性头长相对 SVL 呈异速增长, 不适于特定 SVL 的比较 (许雪峰, 1999)。方差分析显示, 成年雌性头长绝对值显著大于亚成体头长 (ANOVA: $F_{1,118} = 259.437, P < 0.001$)。使用矫正平均值比较特定 SVL 时各组鳄蜥的头长和头宽 (张永普和计翔, 2000)。当 SVL 设置为 125 mm 时的各组鳄蜥头长和头宽的矫正平均值。特定 SVL 时, ANOVA 显示各组鳄蜥头长和头宽的矫正平均值差异显著 (头长: $F_{2,187} = 48.972, P < 0.001$; 头宽: $F_{2,187} = 13.974, P < 0.001$)。Tukey 检验发现: 亚成体头宽显著大于成年雌性头宽 ($P < 0.001$); 亚成体头长显著大于成年雄性头长 ($P < 0.001$), 而成年雄性头宽略大于亚成体头宽, 但统计学上差异不显著 ($P = 0.968$) (表 2)。当 SVL 设置为 125 mm 时, 成年雌性头宽为 16.78 mm, 亚成体头宽为 17.20 mm。

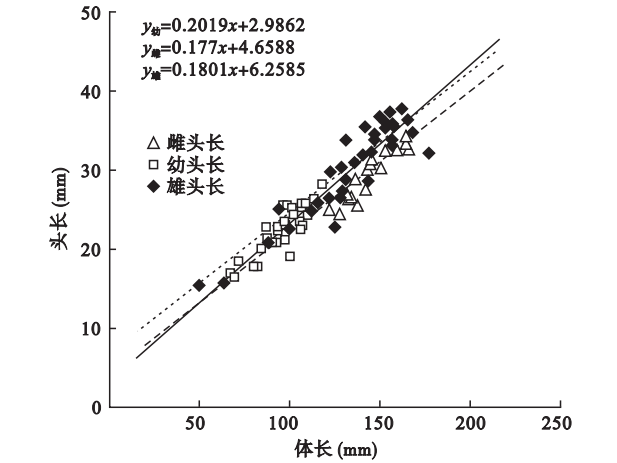


图 1 鳄蜥头长与体长之间的线性回归
Fig.1 Regressions of head length on SVL in *Shinisaurus crocodilurus*

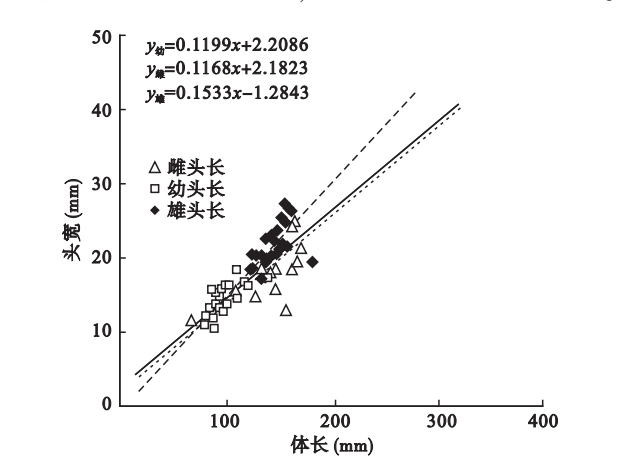


图 2 鳄蜥头宽与体长之间的线性回归
Fig.2 Regressions of head width on SVL in *Shinisaurus crocodilurus*

表 2 鳄蜥成体和亚成体头部大小矫正值

Table 2 Adjusted value of head sizes of *Shinisaurus crocodilurus*

个体	样本量	头长 (mm)			头宽 (mm)		
		观测值	矫正值	亚成体与成体的差异性	观测值	矫正值	亚成体与成体的差异性
亚成体	78	22.0±0.3	29.3±0.2		13.5±0.2	17.96±0.17	
成年雌性	41	30.7±0.5	26.1±0.3	$P < 0.001$	19.4±0.4	16.5±0.3	$P < 0.001$
成年雄性	69	32.1±0.4	28.0±0.2	$P < 0.001$	20.7±0.3	18.02±0.19	$P = 0.968$

数据值为平均值±标准误, 表内显示样本含量和数据范围。计算矫正平均值时, SVL 设为 125 mm。

3 讨论

3.1 个体大小的两性异形

本研究表明,成年鳄蜥的头部以及腹部长存在显著的两性异形,但个体大小差异不显著。蜥蜴成体个体大小有3种类型:1)雄性成体大于雌性成体,如中国石龙子(*Eumeces chinensis*) (林植华和计翔,2000;杜卫国和计翔,2001);2)雌性成体大于雄性成体,如多疣壁虎(*Gekko japonicus*) (计翔等,1991)、蜥蜴(*Sphenomorphus indicus*) (计翔和杜卫国,2000);3)两性成体个体大小无显著差异,如奇台沙蜥(*Phrynocephalus grumgrzimaloi*) (刘洋和时磊,2009)、北草蜥(*Takydromus septentrionalis*) (许雪峰,1999)。蜥蜴两性异形主要受两种进化动力的影响:种内竞争假说(*intrasexual selection hypothesis*)认为,雄性向较大体型进化,主要受性选择作用(*sexual selection*),较大体型有利于在竞争配偶和资源等方面获胜;繁殖优势假说(*fecundity advantage hypothesis*)认为,雌性较大体型则主要受自然选择(*natural selection*)和繁殖压力的影响,较大体型可以提高繁殖能力(Cox *et al.*, 2003)。鳄蜥个体大小的两性异形属于第3种类型,可能是由性选择和自然选择共同作用决定的。

3.2 头部的两性异形

成年雄性鳄蜥的头部显著大于成年雌性,且成年雄性的头部增长速度显著大于成年雌性,这可能是性选择压力促使性成熟雄体把营养物质更多地分配到头部的增长。头部大小在一定程度上是资源持有能力的象征(Li *et al.*, 2006),头部越大越有利于提高其竞争资源(食物、优质空间和配偶)的能力(林焯贤等,2004),也有利于其抵御天敌。体形较大或头部较大的雄体通常被认为是竞争中潜在的胜利者,并对征服潜在的配偶有利(计翔等,1994; Bonnet *et al.*, 1998; 林植华和计翔,2000)。实验室和野外观察发现,鳄蜥具有种内的格斗行为,体型与头部较大个体经常是胜利者,体型与头部较小者一般远远避开或被赶跑。但这种格斗行为的原因尚未明确,猜测可能与领域竞争有关。

3.3 腹部的两性异形

鳄蜥成年雌性头部小于成年雄体,但腹部长显著大于成年雄性,这可能是繁殖选择(*fecundity selection*)压力使雌性成体的腹部倾向于增大。在食物可得性不成为限制因子的情况下,爬行动物繁殖

输出的种间差异与各种动物腹腔容纳量有关,较大腹腔容纳量是动物增加繁殖输出的基本条件(许雪峰,1999)。一方面,鳄蜥卵胎生繁殖模式使其雌性腹腔空间对增加生育力和繁殖输出具限制作用,雌性向增大腹腔进化有利于强化雌性繁殖利益(林植华和计翔,2000;计翔和杜卫国,2000; Olsson & Shine, 2002);另一方面,在繁殖压力的作用下,雌性个体为寻求最大的繁殖利益,以减缓头部生长来确保躯体生长,以进一步增加腹腔容纳量,增大繁殖输出(马小梅和计翔,2001;许雪峰等,2003; Lu *et al.*, 2006)。鳄蜥雌性选择较大的腹部长和较小的头部直接有利于增大其繁殖输出。

3.4 尾部的两性异形

体长协方差分析显示,鳄蜥成体之间尾长差异不显著,这与其他类似研究的结果不同,如:丽纹攀蜥(*Japalura splendida*) (林植华,2004),奇台沙蜥(*Phrynocephalus grumgrzimaloi*) (刘洋和时磊,2009)和青海沙蜥(*Phrynocephalus vlangali*) (Zhang *et al.*, 2005)雄性成体的尾长大于雌性个体。对于雄性个体而言,一方面尾巴越长越有利,雄性拥有相对长的尾巴与其容纳双阴茎和牵缩肌有关(King, 1989),也有研究认为尾部是雄性向雌性求爱的一个显著特征,较长尾巴的雄性更容易得到异性的青睐(Gillingham, 1987);另一方面,尾长过长会影响陆地爬行动物的运动能力(Arnold & Bennett, 1988; 林植华,2004),不利于捕食和逃避天敌;同时,雄性个体把营养物质更多地投入到头部的增长,从而减缓了尾部的增长。这两方面的因素决定了鳄蜥雌雄成体间的尾长差异不显著。

3.5 亚成体与成年鳄蜥形态特征的比较

鳄蜥亚成体与成年雌性头长相对于体长呈异速增长,亚成体比成年雌性的增长快,且特定体长时,亚成体的头宽显著大于成年雌性头宽。这可能是成年雌性在发育过程中更倾向于把营养物质分配到躯干的增长,以减缓头部增长为代价提高繁殖能力(计翔和杜卫国,2000;杜卫国和计翔,2001;许雪峰等,2003)。亚成体与成年雄性头部相对于体长呈同速增长,表明亚成体在发育过程中同时兼顾头部与躯干的增长,从而使其较早地生长到性成熟时的最小体长(许雪峰,1999;张永普和计翔,2004)。特定体长时亚成体头长显著大于成年雄性头长,而成年雄性头宽略大于亚成体头宽,但差异不显著,这一结果显示亚成体把营养物质较多地投入到头部增

长, 因为亚成体相对较大的头部有利于其摄食较大的食物, 获得较大的摄食净能, 最终有利于提高亚成体的早期存活率和生长速率(许雪峰等, 2003)。但是, 刚达到性成熟体长的雄体一般不能获得交配机会, 较大的头部并不给刚性成熟的雄体带来明显的繁殖利益(计翔, 1994; 张永普和计翔, 2000; 张永普和计翔, 2004)。因此, 雄性亚成体在兼顾躯体增长时也增长头部是性选择压力和自然选择压力共同作用的结果, 这也解释了为什么相对体长时亚成体头部与成年雄性头部差异不显著。

综上所述, 鳄蜥存在显著的体色和头部、躯干等局部特征的两性异形, 可能是繁殖压力和性选择压力作用的结果。其具体原因, 还需要对雌雄两性的领域行为、繁殖的能量投入、繁殖能力等进行深入研究。

致 谢 本研究得到广西师范大学生命科学学院 2006 级本科生韦金礼以及广东罗坑自然保护区邓福星、吴基庭、张仁达等工作人员的大力帮助, 在此表示衷心感谢!

参考文献

- 戴冬亮, 武正军, 黄乘明, 等. 2007. 洗胃法在鳄蜥食性研究中的应用. *四川动物*, **26**(2): 438-441.
- 杜卫国, 计翔. 2001. 蓝尾石龙子的生长、两性异形及雌性繁殖. *动物学研究*, **22**(4): 279-286.
- 计翔, 王培潮, 洪卫星. 1991. 多疣壁虎的繁殖生态研究. *动物学报*, **37**: 185-192.
- 计翔, 杜卫国. 2000. 蜥蜴头、体大小的两性异形和雌体繁殖. *动物学研究*, **21**(5): 349-354.
- 计翔. 1994. 中国石龙子头、体大小的性二态. *杭州师范学院学报(自然科学版)*, (6): 79-84.
- 梁文波, 张玉霞, 苏萍. 2006. 半自然状态下鳄蜥活动时间分配的初步研究. *四川动物*, **25**(2): 264-266.
- 林植华. 2004. 丽纹攀蜥头体大小的两性异形和繁殖期的生长. *四川动物*, **23**(3): 277-280.
- 林植华, 计翔. 2000. 浙江丽水中国石龙子的食性、两性异型和雌性繁殖. *生态学报*, **20**(2): 304-310.
- 林炽贤, 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.
- 刘洋, 时磊. 2009. 奇台沙蜥生长过程中的两性异形. *四川动物*, **28**(5): 710-713.
- 马小梅, 计翔. 2001. 中国石龙子个体发育过程中头部两性异形和食性的变化. *生态学杂志*, **20**(3): 12-16.
- 宁加佳, 黄乘明, 于海, 等. 2006. 广东罗坑自然保护区鳄蜥生境特征分析. *动物学研究*, **27**(4): 419-426.
- 王振兴, 武正军, 于海, 等. 2008. 广东罗坑自然保护区鳄蜥的体温调节及静止代谢率的热依赖性. *动物学报*, **54**(6): 964-971.
- 武正军, 戴冬亮, 黄乘明, 等. 2007. 广东省罗坑自然保护区鳄蜥对溪沟林型的选择. *生态学杂志*, **26**(11): 1777-1781.
- 许雪峰. 1999. 北草蜥的两性异形. *滁州师专学报*, (2): 41-43.

- 许雪峰, 计翔. 2003. 山地麻蜥个体发育过程中头部两性异形和食性的变化. *应用生态学报*, **14**(4): 557-561.
- 于海, 黄乘明, 武正军, 等. 2006. 鳄蜥生活习性的观察. *四川动物*, **25**(2): 365-366.
- 张永普, 计翔. 2000. 北草蜥个体发育过程中头部两性异形及食性的变化. *动物学研究*, **21**(3): 181-186.
- 张永普, 计翔. 2004. 蓝尾石龙子的头部两性异形和食性. *动物学报*, **50**(5): 745-752.
- 张玉霞. 2002. 鳄蜥生物学. 桂林: 广西师范大学出版社.
- 赵尔宓. 1999. 中国动物志·爬行纲·第二卷·有鳞目, 蜥蜴亚目. 北京: 科学出版社.
- Anderson RA, Vitt LJ. 1990. Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizards. *Oecologia*, **84**: 145-157.
- Arnold SJ, Bennett AF. 1988. Behavioural variation in natural populations. V. Morphological correlates of locomotion in the garter snake (*Thamnophis radix*). *Biological Journal of the Linnean Society*, **34**: 175-190.
- Bonnet X, Shine R, Naulleau G, et al. 1998. Sexual dimorphism in snakes: Different reproductive roles favour different body plans. *Proceedings of Royal Society B*, **265**: 179-183.
- Carothers JH. 1984. Sexual selection and sexual dimorphism in some herbivorous lizards. *The American Naturalist*, **124**: 244-254.
- Cox RM, Skelly SL, John-Alder HB. 2003. A comparative test of adaptive hypotheses for sexual size dimorphism in Lizards. *Evolution*, **57**: 1653-1669.
- Gillingham JC. 1987. Social behavior// Seigel RA, Collins JT, Novak SS, eds. *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. New York: McGraw-Hill: 184-209.
- King RB. 1989. Sexual dimorphism in snake tail length: Sexual selection, natural selection, or morphological constraint. *Biological Journal of the Linnean Society*, **38**: 133-154.
- Li H, Ji X, Qu YF, et al. 2006. Sexual dimorphism and female reproduction in the multi-ocellated racerunner, *Eremias multiocellata* (Lacertidae). *Acta Zoologica Sinica*, **52**: 250-255.
- Lu HL, Ji X, Lin LH, et al. 2006. Relatively low upper threshold temperature in lizards using cool habitats. *Journal of Thermal Biology*, **31**: 256-261.
- Olsson M, Shine R. 2002. Sexual dimorphism in lizard body shape: The roles of sexual selection and fecundity selection. *Evolution*, **56**: 1538-1542.
- Shine R. 1993. Sexual dimorphism in snakes// Seigel RA, Collins JT, eds. *Snakes: Ecology and Behavior*. New York: McGraw-Hill: 49-86.
- Trivers RL. 1972. *Sexual Selection and in the Descent of Man*. Chicago: Aldine Publ. Co.
- Zhang XD, Ji X, Luo LG, et al. 2005. Sexual dimorphism and female reproduction in the Qinghai toad-headed lizard *Phrynocephalus vlangali*. *Acta Zoologica Sinica*, **51**: 1006-1012.

作者简介 何南, 男, 1984 年生, 硕士研究生。研究方向为动物生态学。E-mail: henan-6635@163.com

责任编辑 李凤芹