

宁波滑蜥两性异形和雌性繁殖

罗来高 吴义莲 田贤玉 许雪峰*

滁州学院生物与食品工程学院 安徽 滁州 239012

摘要: 蜥蜴的雌性繁殖特征对理解两性异形的进化原因起着重要作用。于 2011 年 4 月在安徽滁州采集宁波滑蜥 (*Scincella modesta*), 定量研究该种形态特征的两性异形和雌性繁殖特征, 检验成体形态特征两性异形与雌性繁殖的相关性。研究共采集 43 条 (17 ♀♀, 26 ♂♂) 宁波滑蜥, 雄性和雌性个体的最大体长分别为 47.4 mm 和 46.6 mm。雌雄两性在体长和头宽上没有差异, 而在腹长和头长上差异显著, 雄性有较大的头长, 雌性有较大的腹长。宁波滑蜥年产单窝卵。窝卵数和窝卵重与雌体体长及腹长呈正相关, 卵重与雌体体长无相关性。窝卵数及卵重的变异系数分别为 0.20 和 0.12。卵长径与窝卵数呈负相关, 而卵短径与窝卵数无关。雌体主要通过增加窝卵数来增加繁殖输出。这些结果表明, 宁波滑蜥是雌雄个体大小同形的两性异形模式, 性选择使得雄性有着较大的头长, 以具有较高的交配成功率, 生育力选择使得雌性有着较大的腹长, 以具有较大的生育力和繁殖输出。

关键词: 宁波滑蜥; 两性异形; 雌性繁殖; 窝卵数; 相对窝卵重

中图分类号: Q954.3 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2012)02-23-08

Sexual Size Dimorphism and Female Reproductive Output in Slender Forest Skink, *Scincella modesta*

LUO Lai-Gao WU Yi-Lian TIAN Xian-Yu XU Xue-Feng*

School of Biology & Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239012, China

Abstract: Data on female reproductive traits can be crucial to understanding the evolutionary causes of sexual size dimorphism (SSD) of lizards. Here we quantified SSD and female reproductive traits to identify potential associations between SSD and female reproduction in *Scincella modesta*. We collected 43 (17 ♀♀, 26 ♂♂) *S. modesta* in this study, the largest male and female were 47.4 mm and 46.6 mm in snout-vent length (SVL), respectively. Adults are sexually dimorphic in head length and abdomen length but not in body size or head width, with males were larger in head length, whereas females were larger in abdomen length. Females produced single clutch of eggs during the breeding season. Clutch size and clutch mass were positively correlated with maternal SVL and abdomen length, whereas egg size was not positively correlated with maternal SVL. The coefficient variation of clutch size and clutch mass was 0.20 and 0.12, respectively. When holding female SVL constant using a partial correlation analysis, egg length was negatively related to clutch size, egg width was independent with clutch size. These results suggest that *S. modesta* is a species with sexually monomorphic SSD, sexual selection and fecundity selection, in which males have larger head length for higher mating success and females have larger abdomen length due to their higher capacity for laying eggs.

Key words: *Scincella modesta*; Sexual dimorphism; Female reproduction; Clutch size; Relative clutch mass

基金项目 滁州学院博士科研启动基金资助项目 (No. 2011qd03);

* 通讯作者, E-mail: xuefxu@chzu.edu.cn;

第一作者介绍 罗来高, 男, 博士; 研究方向: 两栖爬行动物进化生态学; E-mail: luolaigao@sina.com。

收稿日期: 2011-11-08, 修回日期: 2011-12-29

有鳞类爬行动物普遍存在个体大小、局部形态特征(如头大小)和体色的两性异形(sexual dimorphism),且两性异形的模式在不同物种间,甚至同一物种不同种群间都呈现出较大的变化^[1-3]。已有研究提出一些理论阐明了两性异形进化的远因(ultimate causes),认为雌雄两性在一些选择压力(selective pressure)强度和方向上的差异导致了两性异形^[4]。雌性选择(female choice)或雄性性内竞争(intra-sexual competition)以及雌性生育力选择(fecundity selection)已被认为是雄性或雌性表现为较大个体的主要进化驱动力^[5]。

在偏向雄性有较大体形的两性异形模式中,较大个体的雄性在性内竞争或雌性选择中通常能够增加交配成功率^[1-2,4]。在偏向雌性有较大体形的两性异形模式中,较大的雌性个体意味着具有较高的繁殖输出(通常以窝卵数和卵大小来表示)。因为雌性生育力常与其个体大小呈正相关^[4,6-9]。

通过自然选择作用而减少两性间的资源竞争或产生两性间在死亡率上的差异,也能导致爬行动物的两性异形^[7,10-12]。已有研究表明导致食性分化和生态表型差异(ecomorphy difference)的生态因子是一些物种两性异形进化的选择驱动力^[11,13-15]。这些两性异形理论通常并不相互排斥,因为性选择作用所导致的性二态特征可能在减少雌雄两性的资源竞争中也起着较为重要的作用^[16-17]。

近来一些两性异形的研究还整合了大部分进化生物学的研究理论,并提供了绝佳的机会去检验两性形态特征分化的假设性选择基础^[18-19]。两性异形进化的一个选择基础是两性在生活史变异中所承担的作用,具有不同两性异形模式的物种可能有着不同的生活史特征,如生长和发育、性成熟年龄、寿命等。爬行动物有些生活史特征很难进行量化检验,但是爬行动物两性的形态特征和雌性繁殖输出的数据却容易获得。大量的研究表明,爬行动物的繁殖输出和形态特性有关^[8-9,19-20]。因此,雌性繁殖数据对理解两性异形的进化原因起着重

要作用。

宁波滑蜥(*Scincella modesta*)为年产单窝柔性卵的小型石龙子科蜥蜴,遍布于华东、华中诸省,目前对宁波滑蜥的生活史特征认识甚少^[21-22]。本文的主要目的有:(1)检测宁波滑蜥成体个体大小、头部大小和腹长的两性异形;(2)检测卵数量、卵大小、繁殖输出与母体大小的关系;(3)阐述宁波滑蜥两性形态特征与雌性繁殖输出的联系。

1 材料与方法

研究用 43 条宁波滑蜥(17 ♀♀, 26 ♂♂)于 2011 年 4 月捕自安徽滁州琅琊山(E 118.31°, N 32.30°)。捕捉的蜥蜴带回滁州学院实验室,鉴定每条蜥蜴的性别和断尾情况。用数显游标卡尺测量蜥蜴的体长(snout-vent length, SVL)、尾长(tail length, TL)、头长(head length, HL)、头宽(head width, HW)和腹长(abdomen length, AL)。体长为吻端至泄殖腔孔前缘间距,头长为吻端至外耳道前缘间距,头宽为左右颌关节间距,腹长为前肢腋窝到后肢腋窝间距。由于宁波滑蜥成体绝大多数都有断尾痕迹,其中,雄性断尾率为 100%,雌性为 41.2%,因此,本研究未对两性尾长进行比较分析。

通过蜥蜴尾基部半阴茎的有无来判定蜥蜴的雌雄,经测量和鉴定性别后,所有雄体均放回原栖息地。17 条雌体被饲养在蜥蜴专用玻璃缸(长×宽×高=100 cm×80 cm×50 cm)内,缸内模拟蜥蜴野外生境,给动物提供足量的面包虫(larvae of *Tenebrio molitor*)和饮水。蜥蜴在缸内接受自然光照,利用自然光热环境进行体温调节。定期触摸判断雌体的怀卵状态,确定怀有输卵管卵的雌体被单个关养在有潮湿沙质基质的产卵缸(长×宽×高=30 cm×15 cm×25 cm)内。所有卵均在产出后 2 h 内被收集,测量卵长短径,称重和编号。产后雌体在测量其体重和体长后释放至原捕捉地。

窝卵重用一窝卵的总湿重表示,相对窝卵重(relative clutch mass, RCM)为窝卵重与产后雌体体重之比^[23],窝卵数和卵大小(卵重)的

变异程度用变异系数(标准差/平均值)表示^[24-25]。用窝卵数与体长的自然对数转化值的回归剩余值表示相对生育力,去除雌体个体大小对窝卵数的影响,以检测卵数量与大小之间的关系^[26]。产后雌体状态用产后雌体体重与体长的自然对数转化回归剩余值表示^[27]。

所有数据在作进一步统计检验前,用 Kolmogorov-Smirnov 和 Bartlett (Statistica 6.0 统计软件包)分别检验正态性和方差的同质性。经检验,部分数据需经 \ln 转换(自然对数转换)后符合参数统计分析的条件。用以性别为因子的单因素方差分析(ANOVA)比较宁波滑蜥成体两性的个体大小的差异;用以体长为协变量、性别为因子的单因素协方差分析(ANCOVA)检测两性形态特征的性别效应,在进行单因素

协方差分析前,检验斜率的同质性;线性回归分析用以分析雌体繁殖特征与雌体大小的关系;用偏相关分析比较窝卵数、卵重与雌体体长的关系,比较卵长径、卵短径与窝卵数的关系,比较产后雌体体长、产后雌体体重与窝卵数的关系。数据以平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示,显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 两性异形 雄性成体的平均体长与雌性成体的无显著差异(表 1)。两性成体头长 ($F_{1,39} = 0.07, P = 0.79$)、头宽 ($F_{1,39} = 0.56, P = 0.46$) 和腹长 ($F_{1,39} = 0.10, P = 0.75$) 与体长呈同速增长(图 1)。两性成体头宽无显著差异,雄性成体的头长大于雌性成体的,但腹长小于雌性成体的(表 1,图 1)。

表 1 宁波滑蜥成体两性形态特征的描述性统计值和单因素方差分析及协方差分析结果

Table 1 Descriptive statistics of morphological traits of adult *Scincella modesta*, and results of one-way ANOVA on snout-vent length and one-way ANCOVA on abdomen length and head size

形态特征 Morphological traits	雌性 Female ($n = 17$)	雄性 Male ($n = 26$)	结果 Result
体长 Snout-vent length (mm)	46.6 \pm 0.5 (42.1 ~ 50.6)	47.4 \pm 0.4 (42.2 ~ 51.4)	$F_{1,41} = 1.58, P = 0.22$
腹长 Abdomen length (mm)	27.5 \pm 0.4 (23.2 ~ 29.5)	27.1 \pm 0.3 (22.7 ~ 30.5)	$F_{1,40} = 13.94, P < 0.001$ $\text{♀} > \text{♂}$
头长 Head length (mm)	8.5 \pm 0.1 (7.9 ~ 9.3)	9.2 \pm 0.1 (8.4 ~ 9.8)	$F_{1,40} = 61.88, P < 0.0001$ $\text{♀} < \text{♂}$
头宽 Head width (mm)	4.7 \pm 0.1 (4.2 ~ 5.1)	4.8 \pm 0.04 (4.4 ~ 5.1)	$F_{1,40} = 0.38, P = 0.54$

数据以平均值 \pm 标准误和范围表示。

Data are expressed as Mean \pm SE and range.

2.2 雌体繁殖 雌体于 5 月 9 日至 5 月 21 日产单窝柔性卵,雌体繁殖特征的描述性统计值见表 2。窝卵数 ($r = 0.67, F_{1,15} = 12.50, P < 0.01$)、窝卵重 ($r = 0.62, F_{1,15} = 9.52, P < 0.01$) 与雌体体长呈正相关(图 2),平均卵重 ($r = -0.18, F_{1,15} = 0.48, P = 0.50$) 与雌体体长无相关性。窝卵数 ($r = 0.65, F_{1,15} = 11.22, P < 0.005$)、窝卵重 ($r = 0.65, F_{1,15} = 10.71, P < 0.006$) 与雌体腹长呈正相关。窝卵数及卵重的变异系数分别为 0.20 和 0.12。卵重与相对生育力之间 ($r = 0.40, F_{1,15} = 2.79, P = 0.12$)、

相对窝卵重与雌体体长之间 ($r = 0.05, F_{1,15} = 0.04, P = 0.85$) 均缺乏显著的线性关系。窝卵数、卵重和雌体体长的偏相关分析显示,卵大小与窝卵数无关 ($r = -0.30, t = 1.65, df = 14, P = 0.12$)。卵长径、卵短径和窝卵数的偏相关分析显示,卵长径与窝卵数呈显著的负相关 ($r = -0.68, t = 3.12, df = 14, P < 0.01$); 卵短径与窝卵数无关 ($r = 0.21, t = 0.94, df = 14, P = 0.36$)。雌体体长、产后雌体状态和窝卵数的偏相关分析显示,窝卵数与产后雌体状态无关 ($r = 0.32, t = 0.90, df = 14, P = 0.38$)。

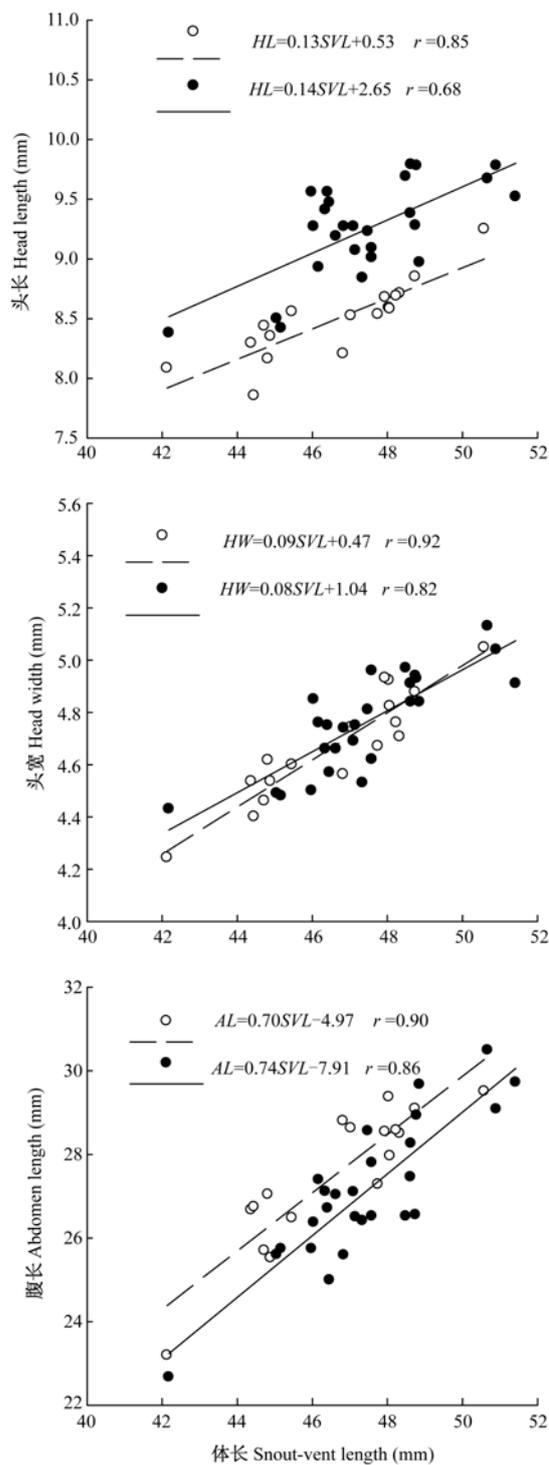


图 1 宁波滑蜥头大小和腹长与体长之间的关系

Fig. 1 Linear regressions of head length, head width and abdomen length on female SVL in *Scincella modesta*

雄体:实点、实线; 雌体:空点、虚线。SVL:体长; HL:头长; HW:头宽; AL:腹长。

Males; solid dots and lines; Females; open dots and dash lines. SVL; Snout-vent length; HL; Head length; HW; Head width; AL; Abdomen length.

表 2 宁波滑蜥雌性繁殖特征的描述性统计值
Table 2 Descriptive statistics of female reproductive characteristics of *Scincella modesta* ($n = 17$)

	平均值 \pm 标准误 Mean \pm SE	范围 Range
体长 Snout-vent length (mm)	46.6 \pm 0.5	42.1 ~ 50.6
产后体重 (g)	1.33 \pm 0.05	1.00 ~ 1.72
卵重 Egg mass (g)	0.110 \pm 0.003	0.10 ~ 0.13
卵长径 Egg length (mm)	7.59 \pm 0.12	6.78 ~ 8.70
卵短径 Egg width (mm)	5.17 \pm 0.05	4.89 ~ 5.50
窝卵数 Clutch size	7.3 \pm 0.4	5.0 ~ 10.0
窝卵重 Clutch mass (g)	0.806 \pm 0.040	0.57 ~ 1.11
相对窝卵重 Relative clutch mass	0.61 \pm 0.02	0.45 ~ 0.81

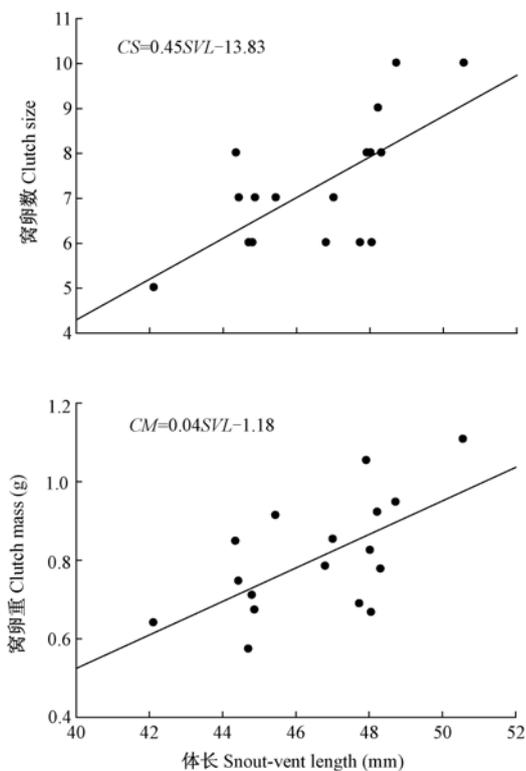


图 2 宁波滑蜥窝卵数 (CS)、窝卵重 (CM) 与雌体体长 (SVL) 之间的关系

Fig. 2 Relationship between clutch size and clutch mass and female snout-vent length in *Scincella modesta*

3 讨论

不同蜥蜴雌雄成体体形大小差异的模式不尽相同^[3]。蜥蜴两性成体体形大小有 3 种类

型: ①雄性 > 雌性, ②雄性 < 雌性, ③雄性 = 雌性^[28]。国内已研究的草原沙蜥 (*Phrynocephalus frontalis*)^[29]、密点麻蜥 (*Eremias multiocellata*)^[30]、鳄蜥 (*Shinisauveus crocodilurus*)^[31] 成体个体大小两性间差异不显著; 中国石龙子 (*Eumeces chinensis*)^[32]、蓝尾石龙子 (*E. elegans*)^[33]、多线南蜥 (*Mabuya multifasciata*)^[34] 成体个体大小雄性大于雌性; 而蝮蜥 (*Sphenomorphus indicus*)^[35]、青海沙蜥 (*P. vlangalii*)^[36]、变色沙蜥 (*P. versicolor*)^[29] 成体个体大小雄性小于雌性。我们的结果表明, 宁波滑蜥两性成体体形大小属于第 3 种模式 (表 1)。一般认为, 雄体具有较大的体形与其在雄-雄性内竞争, 或者通过雌性选择获得更大的交配成功率有关; 雌性向较大的体形进化有利于增加生育力和繁殖输出^[1-2]。尽管宁波滑蜥成体两性的体长没有显著差异, 然而, 宁波滑蜥雌雄两性局部形态特征却表现出在选择压力强度和方向上的差异, 如雌性具有较大的腹长和雄性具有较大的头长 (表 1)。

已有的研究认为, 雌体具有较大的腹长可能与生育力选择有关, 因为雌体的腹腔容纳量能限制其繁殖输出^[37-39]。本研究中, 宁波滑蜥雌体腹长与其体长呈正相关关系 (图 1), 而宁波滑蜥窝卵数和窝卵重与雌体体长呈正相关 (图 2), 也与雌体腹长呈正相关。表明宁波滑蜥雌体具有较大的腹长与生育力选择有关。宁波滑蜥年产单窝卵, 雌体经由生育力选择具有较大的腹长, 进而具有较大的繁殖输出, 能够增大雌体的适合度。雌体的生育力随其个体增大而增大也见于其他两性同形 [如北草蜥 (*Takydromus septentrionalis*)^[40-42] 和雪山草蜥 (*T. hsuehshanensis*)^[43]] 和两性异形 (如中国石龙子^[32]、蓝尾石龙子^[33]、多线南蜥^[34]、蝮蜥^[35]、青海沙蜥^[36]、草原沙蜥和变色沙蜥^[29]) 的蜥蜴中。宁波滑蜥卵重与母体体长无相关性, 这一结果与蝮蜥^[35]、密点麻蜥^[30]、青海沙蜥^[36] 相似; 而区别于中国石龙子^[32]、蓝尾石龙子^[33]、多线南蜥^[34]、草原沙蜥和变色沙蜥^[29], 这些蜥蜴的卵 (仔) 重均与母体体长呈正相关。

宁波滑蜥窝卵数的变异系数(0.20)大于卵重的变异系数(0.12),这一结果支持后代数量与大小权衡的理论模型,该理论模型认为后代大小的变异度小于后代数量变异度^[44]。进一步分析上述已研究过的蜥蜴发现,卵生种类窝卵数(变异系数0.22~0.30)和卵大小(变异系数0.12~0.23)的变异小于卵胎生种类窝卵数(变异系数0.30~0.33)和卵大小(变异系数0.11~0.20)的变异^[29-30,32-36]。

宁波滑蜥卵重与相对生育力缺乏相关性,这一结果与爬行动物中通常存在卵(仔)大小与数量之间具有负相关性的结果不同^[45],但本研究的结果与青海沙蜥^[36]和多线南蜥^[34]的结果相似。宁波滑蜥卵长径与窝卵数呈负相关,表明该种蜥蜴与其他爬行动物一样,卵形状受窝卵数的影响^[46]。宁波滑蜥卵短径与窝卵数无关,结合卵大小变化独立于窝卵数变化及较小的卵重变异系数等特点,表明宁波滑蜥雌体趋于产大小优化的卵。

蜥蜴中雄体头部普遍比雌体头部大,宁波滑蜥雄体头长也大于雌体头长。雄体有着较大的头部见于雄性个体较大的两性异形模式的蜥蜴中,如中国石龙子^[32]、蓝尾石龙子^[33]、达尔马提亚壁蜥(*Podarcis melisellensis*)和尖头岩蜥(*Lacerta oxycephala*)^[47];也见于雌性个体较大的两性异形模式的蜥蜴,如蝮蛇^[35]、青海沙蜥^[36]和白条草蜥(*Takydromus wolteri*)^[48];以及两性同形的蜥蜴中,如北草蜥^[49]、山地麻蜥(*Eremias brenchleyi*)^[50]和密点麻蜥^[30]。已有研究表明有着较大头部的蜥蜴具有较大的张口和较强的咬合力^[47,51-54],确保了蜥蜴具有较强的资源竞争和配偶争夺的能力。实验室观察发现雄性宁波滑蜥具有种内格斗行为,因此,我们推测有着较大头长的宁波滑蜥雄性可能在雄-雄竞争中有着较大张口和较有力的咬合,这就保证了雄性在交配时能够咬紧雌性以获得较大的交配成功率。

参 考 文 献

[1] Andersson M. Sexual Selection. Princeton; Princeton

University Press,1994.

- [2] Cox R M, Skelly S L, John-Alder H B. A comparative test of adaptive hypotheses for sexual size dimorphism in lizards. *Evolution*, 2003, 57(7): 1653 - 1669.
- [3] Fairbairn D J, Blanckenhorn W U, Székely T. Sex, Size and Gender Roles; Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism. Oxford; Oxford University Press, 2007.
- [4] Darwin C. The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex. London; Murray, 1871.
- [5] Olsson M, Shine R, Wapstra E, et al. Sexual dimorphism in lizard body shape: the roles of sexual selection and fecundity selection. *Evolution*, 2002, 56(7): 1538 - 1542.
- [6] Shine R. The evolution of large body size in females; a critique of Darwin's "fecundity advantage" model. *American Naturalist*, 1988, 131(1): 124 - 131.
- [7] Cox R M, Butler M A, John-Alder H B. The evolution of sexual size dimorphism in reptiles // Fairbairn D J, Blanckenhorn W U, Székely T. Sex, Size and Gender Roles. Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism. Oxford; Oxford University Press, 2007: 38 - 49.
- [8] Stephens P R, Wiens J J. Evolution of sexual size dimorphisms in emydid turtles; ecological dimorphism, Rensch's rule, and sympatric divergence. *Evolution*, 2009, 63(4): 910 - 925.
- [9] Pincheira-Donoso D, Tregenza T. Fecundity selection and the evolution of reproductive output and sex-specific body size in the *Liolaemus* lizard adaptive radiation. *Evolutionary Biology*, 2011, 38(2): 197 - 207.
- [10] Slatkin M. Ecological causes of sexual dimorphism. *Evolution*, 1984, 38(3): 622 - 630.
- [11] Shine R. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism; a review of the evidence. *Quarterly Review of Biology*, 1989, 64(4): 419 - 461.
- [12] Hews D K. Examining hypotheses generated by field measures of sexual selection on male lizards, *Uta palmeri*. *Evolution*, 1990, 44(8): 1956 - 1966.
- [13] Stamps J A, Losos J B, Andrew R E. A comparative study of population density and sexual size dimorphism in lizards. *American Naturalist*, 1997, 149(1): 64 - 90.
- [14] Butler M A, Schoener T W, Losos J B. The relationship between sexual size dimorphism and habitat use in Greater Antillean Anolis lizards. *Evolution*, 2000, 54(1): 259 - 272.
- [15] Butler M A, King A A. Phylogenetic comparative analysis: a modeling approach for adaptive evolution. *American Naturalist*, 2004, 164(6): 683 - 695.

- [16] Shine R. Intersexual dietary divergence and the evolution of sexual dimorphism in snakes. *American Naturalist*, 1991, 138(1): 103 – 122.
- [17] Vincent S E, Herrel A, Irschick D J. Sexual dimorphism in head shape and diet in the cottonmouth snake (*Agkistrodon piscivorus*). *Journal of Zoology*, 2004, 264(1): 53 – 59.
- [18] Vitt L J, Cooper W E Jr. The evolution of sexual dimorphism in the skink *Eumeces laticeps*: an example of sexual selection. *Canadian Journal of Zoology*, 1985, 63(5): 995 – 1002.
- [19] Shine R, Keogh S, Doughty P, et al. Costs of reproduction and the evolution of sexual dimorphism in a ‘flying lizard’ *Draco melanopogon* (Agamidae). *Journal of Zoology*, 1998, 246(2): 203 – 213.
- [20] Cooper W E Jr, Vitt L J. Sexual dimorphism of head and body size in an iguanid lizard: Paradoxical results. *American Naturalist*, 1989, 133(5): 729 – 735.
- [21] Zhao E M, Adler K. *Herpetology of China*. Oxford: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 1993.
- [22] Lu H L, Ji X, Lin L H, et al. Relatively low upper threshold temperature in lizards from cool habitats. *Journal of Thermal Biology*, 2006, 31(3): 256 – 261.
- [23] Shine R. Relative clutch mass and body shape in lizards and snakes: is reproductive investment constrained or optimized. *Evolution*, 1992, 46(3): 828 – 833.
- [24] Seigel R A, Ford N B. Effect of energy input on variation in clutch size and offspring size in a viviparous reptile. *Functional Ecology*, 1992, 6(4): 382 – 385.
- [25] Shine R, Seigel R. A neglected life-history trait: clutch-size variance in snakes. *Journal of Zoology*, 1996, 239(2): 209 – 223.
- [26] Olsson M, Shine R. The limits to reproductive output: offspring size versus number in the sand lizard *Lacerta agilis*. *American Naturalist*, 1997, 149(1): 179 – 188.
- [27] Van Damme R, Bauwens D, Breana F, et al. Incubation temperature differentially affects hatching time, egg survival, and hatchling performance in the lizard *Podarcis muralis*. *Herpetologica*, 1992, 48(2): 220 – 228.
- [28] Powell G L, Russell A P. Growth and sexual size dimorphism in Alberta populations of the eastern short-horned lizard, *Phrynosoma douglassi brevirostre*. *Canadian Journal of Zoology*, 1985, 63(1): 139 – 154.
- [29] Qu Y F, Gao J F, Mao L X, et al. Sexual dimorphism and female reproduction in two sympatric toad-headed lizards, *Phrynocephalus frontalis* and *P. versicolor* (Agamidae). *Animal Biology*, 2011, 61(2): 139 – 151.
- [30] Li H, Ji X, Qu Y F, et al. Sexual dimorphism and female reproduction in the multi-ocellated racerunner *Eremias multiocellata* (Lacertidae). *Acta Zoologica Sinica*, 2006, 52(2): 250 – 255.
- [31] 何南, 武正军, 蔡凤金, 等. 鳄蜥的两性异形. *生态学杂志*, 2011, 30(1): 7 – 11.
- [32] 林植华, 计翔. 浙江丽水中国石龙子的食性、两性异形和雌性繁殖. *生态学报*, 2000, 20(2): 304 – 309.
- [33] 杜卫国, 计翔. 蓝尾石龙子的生长、两性异形及雌性繁殖. *动物学研究*, 2001, 22(4): 279 – 286.
- [34] Ji X, Lin L H, Lin C X, et al. Sexual dimorphism and female reproduction in the many-lined sun skink (*Mabuya multifasciata*) from China. *Journal of Herpetology*, 2006, 40(3): 353 – 359.
- [35] 计翔, 杜卫国. 蝮蜓头、体大小的两性异形和雌体繁殖. *动物学研究*, 2000, 21(5): 349 – 354.
- [36] Zhang X D, Ji X, Luo L G, et al. Sexual dimorphism and female reproduction in the Qinghai toad-headed lizard *Phrynocephalus vlangalii*. *Acta Zoologica Sinica*, 2005, 51(6): 1006 – 1012.
- [37] Mouton P F N, Van Wyk J H. Sexual dimorphism in cordylid lizards: a case study of the Drakensberg crag lizard, *Pseudocordylus melanotus*. *Canadian Journal of Zoology*, 1993, 71(9): 1715 – 1723.
- [38] Du W G, Ji X, Shine R. Does body volume constrain reproductive output in lizards? *Biology Letters*, 2005, 1(1): 98 – 100.
- [39] Du W G, Lü D. An experimental test of body volume constraint on female reproductive output. *Journal of Experimental Zoology A*, 2010, 313(3): 123 – 128.
- [40] Du W G, Ji X, Zhang Y P, et al. Identifying sources of variation in reproductive and life-history traits among five populations of a Chinese lizard (*Takydromus septentrionalis*, Lacertidae). *Biological Journal of Linnean Society*, 2005, 85(4): 443–453.
- [41] Du W G, Ji X, Zhang Y P. Inter-population variation in life-history traits of a Chinese lizard (*Takydromus septentrionalis*, Lacertidae). *Herpetological Journal*, 2006, 16(3): 233–237.
- [42] Ji X, Du W G, Lin Z H, et al. Measuring temporal variation in reproductive output reveals optimal resource allocation to reproduction in the northern grass lizard, *Takydromus septentrionalis*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2007, 91(2): 315–324.
- [43] Huang W S. Reproductive cycles of the grass lizard, *Takydromus hsuehshanensis*, with comments on reproductive patterns of lizards from the central high elevation area of Taiwan. *Copeia*, 1998, 1998(4): 866 – 873.

- [44] Smith C C, Fretwell S D. The optimal balance between size and number of offspring. *American Naturalist*, 1974, 108 (962): 499 – 506.
- [45] Stewart J R. The balance between number and size of young in the living-bearing lizard *Gerrhonotus coeruleus*. *Herpetologica*, 1979, 35: 342 – 350.
- [46] Iverson J B, Ewert M A. Physical characteristics of reptilian eggs and a comparison with avian eggs//Deeming D C, Ferguson M W J. *Egg Incubation, Its Effect on Embryonic Development in Birds and Reptiles*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991: 87 – 100.
- [47] Verwajen D, Van Damme R, Herrel A. Relationships between head size, bite force, prey handling efficiency and diet in two sympatric lacertid lizards. *Functional Ecology*, 2002, 16(6): 842 – 850.
- [48] Luo L G, Wu Y L, Zhang Z Y, et al. Sexual size dimorphism and female reproduction in the white-striped grass lizard *Takydromus wolteri*. *Current Zoology*, 2012, 58: 236 – 243.
- [49] Ji X, Zhou W H, Zhang X D, et al. Sexual dimorphism and reproduction in the grass lizard *Takydromus septentrionalis*. *Russian Journal of Herpetology*, 1998, 5(1): 44 – 48.
- [50] 许雪峰, 计翔. 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*, 2003, 14(4): 557 – 561.
- [51] Gvozdik L, Van Damme R. Evolutionary maintenance of sexual dimorphism in head size in the lizard *Zootoca vivipara*: a test of two hypotheses. *Journal of Zoology*, 2003, 259(1): 7 – 13.
- [52] Lailvaux S P, Herrel A, Vanhooydonck B, et al. Performance capacity, fighting tactics and the evolution of life-stage male morphs in the green anole lizard (*Anolis carolinensis*). *Proceedings of Royal Society B: Biological Sciences*, 2004, 271(1556): 2501 – 2508.
- [53] Huyghe K, Vanhooydonck B, Scheers H, et al. Morphology, performance and fighting capacity in male lizards, *Gallotia galloti*. *Functional Ecology*, 2005, 19(5): 800 – 807.
- [54] Dubey S, Chevalley M, Shine R. Sexual dimorphism and sexual selection in a montane scincid lizard (*Eulamprus leuraensis*). *Austral Ecology*, 2011, 36(1): 68 – 75.

欢迎订阅《动物学杂志》

《动物学杂志》是中国科学院动物研究所、中国动物学会主办的科技期刊,亦是中國自然科学核心期刊。主要报道动物学领域的最新研究成果,介绍有创见的新思想、新学说、新技术、新方法。报道范围既有宏观生态研究,又有微观实验技术。报道层次既有科学前沿性、资料性的,也有技术性、知识性的。稿件内容涉及范围广,实用性强,主要栏目有:研究报告、珍稀濒危动物、技术与方法、研究简报和快讯、科技动态等等。读者对象为动物科学领域的研究、教学、技术、管理人员及广大业余爱好者。

《动物学杂志》双月刊,16开,112页,2012年每册定价60元,全年360元,国内外公开发行。国内邮发代号:2-422;国外发行代号(Code No.):BM58。全国各地邮局均可订阅。如未能在当地邮局订到,可与编辑部直接联系。本刊对在校学生及个人订户7折优惠(直接与编辑部联系订阅)。

地址:北京市朝阳区北辰西路1号院5号中国科学院动物研究所内《动物学杂志》编辑部

邮编:100101;电话:(010)64807162。

E-mail: journal@ioz.ac.cn。网址:dwxzz.ioz.ac.cn。

欢迎投稿、欢迎订阅、欢迎刊登广告。