

鄂尔多斯丽斑麻蜥两性异形及繁殖输出

陈绍勇^① 毕俊怀^{①*} 何志超^① 李树然^② 刘睿^①
汪洋^② 赵雪^①

① 内蒙古师范大学生命科学与技术学院 呼和浩特 010022; ② 中国科学院动物研究所 北京 100101

摘要: 两性异形和雌性繁殖输出是丽斑麻蜥 (*Eremias argus*) 种群生活史研究的重要内容。本文研究了丽斑麻蜥成体两性异形及雌性繁殖输出, 研究用的 95 条怀卵雌体和 38 条 (18♂、20♀) 成体于 2013 年 6 月及 8 月捕自内蒙古鄂尔多斯。被测形态特征有体重、头体长、头长、头高、头宽、上臂长、前臂长、腕指长、大腿长、小腿长、踝趾长、腋跨距和尾长; 怀卵雌性个体在实验室条件下饲养至产卵, 称量产后母体体重、卵重, 记录窝卵数。丽斑麻蜥成体存在两性异形, 表现为雄性个体的头部、四肢长及尾长都显著大于雌性, 腋跨距显著小于雌性。本实验中最小的产卵雌体头体长为 44.0 mm, 产卵期在 6 月 4 日至 7 月 15 日, 窝卵数 2~5 枚, 平均 2.9 枚, 窝卵数 ($P=0.043$)、窝卵重 ($P=0.026$) 与头体长显著正相关, 相对窝卵重 ($P=0.001$) 与头体长负相关; 窝卵数 ($P=0.000$)、卵均重 ($P=0.000$) 与窝卵重显著正相关, 窝卵数与卵均重不显著负相关 ($P=0.200$)。

关键词: 丽斑麻蜥; 两性异形; 雌性繁殖

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 02-214-07

Sexual Dimorphism and Reproductive Output of *Eremias argus* from Ordos

CHEN Shao-Yong^① BI Jun-Huai^{①*} HE Zhi-Chao^① LI Shu-Ran^② LIU Rui^①
WANG Yang^② ZHAO Xue^①

① College of Life Science and Technology, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022; ② Institute of Zoology,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Sexual dimorphism and reproductive output is an important part of life history of *Eremias argus*. In June and August 2013, We collected 95 pregnant females and 38 (18♂, 20♀) adult *E. argus* from a population in Ordos of Inner Mongolia (Northern China) in order to study sexual dimorphism and female reproductive output. We examined body mass, snout-vent length, head length, head height, head width, brachium length, ante-brachium length, wrist-finger length (the length of wrist to the tip of the forth finger), thigh length, shank length, ankle-toe length (the length of ankle to the tip of the forth toe), abdomen length

基金项目 内蒙古自治区“草原英才”人才工程项目;

* 通讯作者, E-mail: bijunhuai@imnu.edu.cn;

第一作者介绍 陈绍勇, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: bijunhuai@imnu.edu.cn.

收稿日期: 2014-07-20, 修回日期: 2014-09-29 DOI: 10.13859/j.cjz.201502007

and tail length for the 18♂ and 20♀, and fed all the pregnant females in the terrarium. We kept tracking the situation of the pregnant females, and immediately weighted their body mass and eggs, recorded their clutch size after they laid eggs. The morphological data were analyzed by the one-way ANOVA and ANCOVA, and female reproductive data were treated by the regressive analysis and the partial correlative analysis. *E. argus* is a sexually dimorphic species, the head size, limb length and tail length are larger in males than that in females, while their abdomen lengths were shorter than that in females (Table 1). The smallest female laid eggs was 44.0 mm snout-vent length (SVL) in our samples. The ovipositor period in our study was between 4 June and 15 July, clutch size was varied from 2 to 5 eggs (mean = 2.9, $n = 93$). The female SVL was positively related to Clutch size ($P = 0.043$) and clutch mass ($P = 0.026$), but negatively related to clutch mass ($P = 0.001$, Fig. 1), clutch size ($P = 0.000$) and average egg weight ($P = 0.000$); the clutch size was negatively related to average egg weight ($P = 0.200$).

Key words: *Eremias argus*; Sexual dimorphism; Female reproduction

动物两性异形 (sexual dimorphism) 的进化动力与性选择、生育力选择有关 (Anderson et al. 1990), 自然选择、雄性争夺配偶及食物资源等也可促进两性异形进化 (Brooks 1991, Du et al. 2001), 性选择理论认为雌雄异形进化是雌雄群体为获得最大繁殖效率而对自身角色的适应。

繁殖输出是量度亲本繁殖成效的指标之一, 是动物长期适应环境的结果, 反映该动物类群的繁殖策略及适应特征。许多动物的繁殖输出直接或间接地与两性异形、能量分配、后代数量及大小有关 (Anderson et al. 1990, Andersson 1994), 尤其是野外爬行动物面临捕食、天敌、繁殖、生长、体温调节等活动的能量需求, 使得雌性繁殖输出和母体大小之间的权衡关系较为复杂 (Seigel et al. 1991, Ji et al. 1997, 1999), 在实验室饲养条件下, 食物丰富、无天敌压力、热环境适宜, 其繁殖输出能够得到充分表达, 便于研究繁殖期内的繁殖潜力 (Braña 1996, Ji et al. 2000, 林植华等 2000, 张永普等 2000)。

丽斑麻蜥 (*Eremias argus*) 隶属蜥蜴科 (Lacertidae) 麻蜥属, 遍布内蒙古、山西、陕西、宁夏、河北、山东、安徽和江苏等地。有关该物种的研究主要涉及种群分布 (毕俊怀等 1997)、生态位分化 (郭砺 2005)、热生物学

(罗来高等 2005)、繁殖生态 (郭砺等 1996)、繁殖输出与地理变异 (郭泽刚等 2008, Wang et al. 2011, Sun et al. 2013)、遗传学 (Zhao et al. 2011)、雌雄异形及交配行为 (Kim et al. 2010, 2012) 等方面, 有关鄂尔多斯丽斑麻蜥两性异形及雌性繁殖输出未见报道。本文以鄂尔多斯丽斑麻蜥为研究对象, 侧重讨论成体两性异形及繁殖输出与母体的关系, 为研究丽斑麻蜥种群生活史的进化提供参考资料。

1 材料与方法

于 2013 年 8 月在内蒙古鄂尔多斯准格尔旗 (40.21 N, 111.12 E, 海拔 1 042.4 m) 捕捉 38 条 (18♂, 20♀) 成体丽斑麻蜥, 用数显游标卡尺 (精良 L505, 量程 0~150 mm, 精度 0.01 mm) 测量形态特征: 头体长 (snout-vent length, SVL, 吻端至泄殖腔孔前缘间距)、头长 (head length, HL, 吻端至外耳道前缘间距)、头高 (head height, HH, 下颌到眶上鳞的间距)、头宽 (head width, HW, 左右眼睑后缘的间距)、上臂长 (brachium length, BL, 肩关节到肘关节的距离)、前臂长 (ante-brachium length, AL, 肘关节到腕关节的距离)、腕指长 (wrist-finger length, WFL, 腕关节至第 4 指端距离)、大腿长 (thigh length, TL, 髋关节至膝关节的距离)、小腿长 (shank length, SL, 膝关节至踝关节的

距离)、踝趾长 (ankle-toe length, ATL, 踝关节至第 4 趾端的距离)、腋跨距 (abdomen length, AL, 前肢后缘基部到后肢前缘基部的间距) 和尾长 (tail length, TL, 泄殖腔到尾端的距离), 并用 JM-BL5003 天平 (上海精科精密仪器公司, 量程 0~1 000 g, 精度 0.01 g) 称量体重 (body mass, BM)。

将 2013 年 6 月于内蒙古鄂尔多斯准格尔旗捕获的 95 条雌性怀卵丽斑麻蜥带回实验室, 在专用饲养缸 (长 × 宽 × 高 = 58 cm × 42 cm × 33 cm) 内饲养。在饲养缸中适时投放适量的面包虫和水, 并定期在盛水盘中添加钙粉、21 金维他等营养物质, 保证其营养需求。饲养期间每隔 1~2 d 检查雌性怀卵情况, 将怀卵后期个体放置于专用产卵缸 (长 × 宽 × 高 = 33 cm × 23 cm × 18 cm) 中单独饲养, 用 100 W 的白炽灯给予光照 (时间 9:00~12:00 时和 14:00~18:00 时), 且产缸底部用 40 W 的加热垫供热, 确保产缸内的热环境适宜丽斑麻蜥生活、产卵的需要, 在产缸中投放适量食物和水。

随时留意雌性产卵情况, 将产下的卵进行收集称重, 并测量产后母体头体长 (SVL) 及体重 (BM)。

统计窝卵重 (clutch mass, CM)、窝卵数 (clutch size, CS)、卵均重 (average egg weight, AEW) 及相对窝卵重 (relative clutch mass, RCM), 本文中, 相对窝卵重 = 窝卵重 / 产后母体体重。用 Spss16.0 和 Sigma Plot 10.0 软件对两性异形数据作协方差分析、繁殖输出部分作回归分析和偏相关分析, 数据采用平均值 ± 标准误差表示, 显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 两性异形

丽斑麻蜥成体雌雄间存在两性异形, 即雄性头长、头宽、头高、前臂长、腕指长、大腿长、小腿长、踝趾长、尾长、体重均显著大于雌性, 腋跨距显著小于雌性, 雌雄两性间头体长、上臂长无显著差异 (表 1)。

表 1 丽斑麻蜥成体形态特征描述统计值及显著性

Table 1 Descriptive statistics of morphological traits and significance of the adult *Eremias argus*

形态特征 Morphological traits	雄性成体 (n = 18) Male adults	雌性成体 (n = 20) Female adults	显著性 Significance
体重 Body mass (g)	4.84 ± 0.79	4.32 ± 1.10	$F_{1,37} = 14.85, P = 0.00$
头体长 Snout-vent length (mm)	58.00 ± 2.48	58.02 ± 3.07	$F_{1,37} = 0.04, P = 0.85$
头长 Head length (mm)	13.84 ± 0.61	12.39 ± 0.66	$F_{1,37} = 147.27, P = 0.00$
头宽 Head width (mm)	7.87 ± 0.37	7.27 ± 0.29	$F_{1,37} = 57.37, P = 0.00$
头高 Head height (mm)	7.07 ± 0.31	6.46 ± 0.33	$F_{1,37} = 82.38, P = 0.00$
上臂长 Brachium length (mm)	5.69 ± 0.57	5.47 ± 0.41	$F_{1,37} = 2.67, P = 0.11$
前臂长 Ante-brachium length (mm)	5.45 ± 0.48	5.18 ± 0.40	$F_{1,37} = 7.13, P = 0.01$
腕指长 Wrist-finger length (mm)	6.85 ± 0.37	6.35 ± 0.60	$F_{1,37} = 12.71, P = 0.00$
大腿长 Thigh length (mm)	8.83 ± 0.52	8.43 ± 0.49	$F_{1,37} = 10.49, P = 0.00$
小腿长 Shank length (mm)	6.90 ± 0.62	6.58 ± 0.51	$F_{1,37} = 4.92, P = 0.03$
踝趾长 Ankle-toe length (mm)	12.35 ± 0.49	11.92 ± 0.68	$F_{1,37} = 5.75, P = 0.02$
腋跨距 Abdomen length (mm)	31.38 ± 0.32	35.11 ± 0.35	$F_{1,37} = 47.66, P = 0.00$
尾长 Tail length (mm)	83.33 ± 3.94	69.58 ± 5.27	$F_{1,37} = 128.19, P = 0.00$

2.2 繁殖输出

繁殖用的95条雌性丽斑麻蜥中有93条产卵, 产卵母体头体长44.0~67.2 mm, 平均(55.7 ± 0.5) mm; 体重2.01~6.13 g, 平均(3.45 ± 0.08) g; 窝卵数2~5枚, 平均(2.9 ± 0.07)枚; 窝卵重0.52~2.49 g, 平均(1.22 ± 0.04) g; 卵均重0.18~0.60 g, 平均(0.43 ± 0.01) g; 相对窝卵重0.13~0.65, 平均0.36 ± 0.01。窝卵数($R^2 = 0.044$, $F_{1,92} = 4.215$, $P = 0.043$)、窝卵重($R^2 = 0.053$, $F_{1,92} = 5.119$, $P = 0.026$)与头体长呈正相关, 相对窝卵重($R^2 = 0.112$, $F_{1,92} = 11.496$, $P = 0.001$)与头体长呈负相关(图1)。对窝卵数、窝卵重、卵均重作偏相关分析, 窝卵重与窝卵数显著正相关($R = 0.775$, $df = 90$, $P = 0.000$), 窝卵重与卵均重显著正相关($R =$

0.484, $df = 90$, $P = 0.000$), 窝卵数与卵均重不显著负相关($R = -0.135$, $df = 90$, $P = 0.200$)。

3 讨论

3.1 两性异形

两性异形在爬行动物类群中较为常见, 如个体大小、局部形态特征和体色等两性差异(Gibbons et al. 1990), 就个体形态大小有3种类型, ①成年雄性大于成年雌性, ②成年雌性大于成年雄性, ③成年两性个体大小无显著差异(Powell et al. 1985)。成体丽斑麻蜥属于第一种类型, 其近缘种山地麻蜥(*E. brenchleyi*) (许雪峰等 2003)及本研究地中与丽斑麻蜥同域分布的密点麻蜥(*E. multiocellata*) (Li et al. 2006)和草原沙蜥(*Phrynocephalus frontalis*) (赵雪等 2014)也属该类型。丽斑麻蜥雄性头

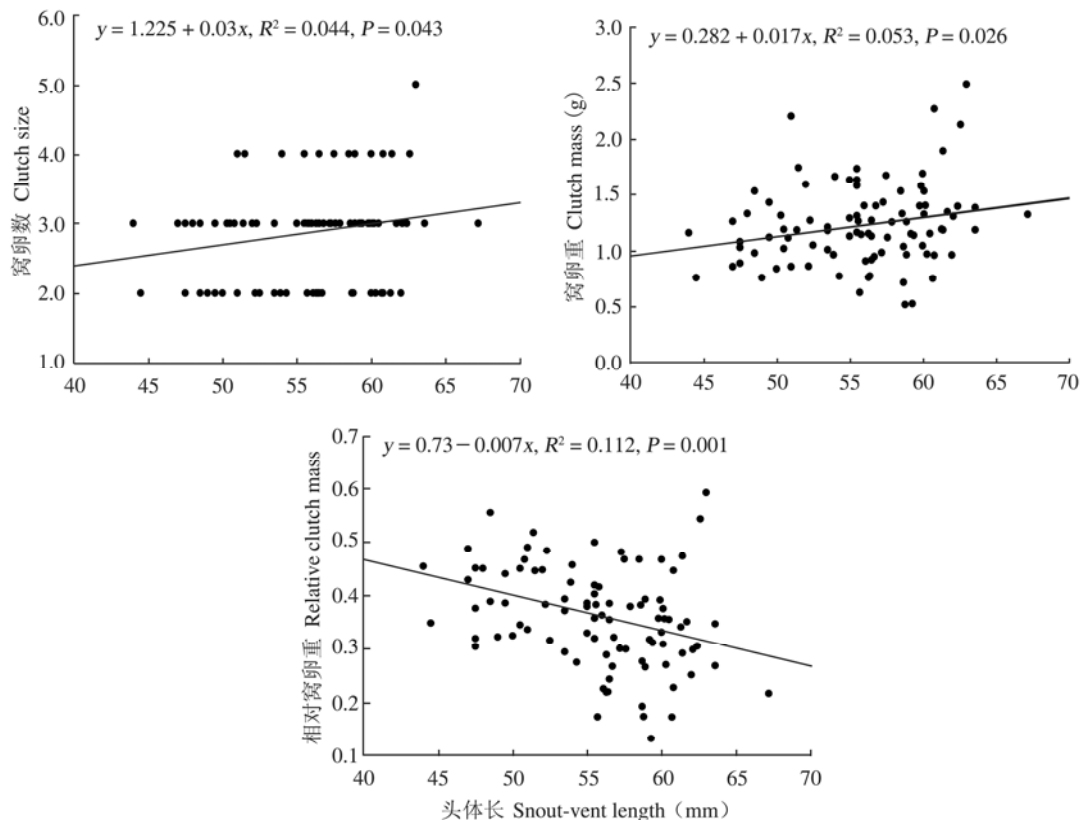


图1 丽斑麻蜥雌性繁殖输出与头体长的回归分析

Fig. 1 Regression relationships of reproductive output to snout-vent length of females *Eremias argus*

长、头宽显著大于雌性，这与 Kim 等 (2010) 对韩国忠清南道丽斑麻蜥种群雌雄头部异形的研究结果一致，表明不同地理种群丽斑麻蜥的两性异形有一定相似性。丽斑麻蜥头部的形态差异，可能是为适应繁殖而导致物质能量分配不同的结果，头部的大小与其争斗能力、食谱范围、咬合力、繁殖策略等有关，较大的头部可能是雄性竞争雌性的“利器”，也是获得交配成功率的“法宝”。

四肢形态特征与运动能力、逃避天敌、交媾等有关 (Garland et al. 1994, Kim et al. 2012)。雌雄交媾时有互相撕咬追逐行为 (郭砺 1996)，丽斑麻蜥雄性四肢较雌性的长，可能是雄性间竞争雌性、雌性对雄性选择的结果，雄性较长较健壮的四肢有利于奔跑和交媾，能提高与雌性交媾的成功率，有关丽斑麻蜥两性间四肢形态与功能适应关系有待进一步研究。尾部特征主要与运动、能量储存、躲避敌害、繁殖潜力等有关 (Lu et al. 2012)，雄性较长的尾部可能是对雌性选择及容纳半阴茎的适应，雄性分配较多能量用于尾部生长，可能更易被雌性选择，以提高其交媾繁殖的成功率，此外较长的尾部有利于储存能量，益于越冬。

丽斑麻蜥雄性腋跨距 (腹长) 显著小于雌性，说明雌性为获得最大繁殖效率从而减缓头部、四肢、尾部的生长而确保腹部的生长，进而增大腹腔的容积。生育力选择可能导致雌性具有较大腹长，因为雌体繁殖输出受其腹腔容纳量限制 (Du et al. 2010)，雌性丽斑麻蜥较大的腋跨距和较小的头部、四肢、尾长，这种生长策略可能有益于繁殖输出。

综上所述，丽斑麻蜥在生活史演化过程中，性选择、生育力选择及雄性竞争雌性是丽斑麻蜥头部、四肢、腋跨距、尾部差异进化的主要动力 (Shine 1979, Anderson et al. 1990)，两性异形的结果使得雌雄个体各自适合度得以提高，在食物、空间资源等充分利用的前提下，雌性生长发育向着有利于增加生育能力的方向发展，雄性则向着有利于获得最大交配成功率的方向生长发育，使得种群的生存与繁衍得以优化。

3.2 繁殖输出

本研究显示，产卵雌体头体长均值为 55.7 mm，窝卵数平均 2.9 枚，窝卵重平均 1.22 g，分别较安徽滁州丽斑麻蜥种群 (头体长 58.3 mm，平均窝卵数 4.0 枚，平均窝卵重 1.48 g) (郭泽刚等 2008) 和黑龙江哈尔滨丽斑麻蜥种群 (头体长 60.51 mm，平均窝卵数 4.8 枚，平均窝卵重 1.71 g) (Sun et al. 2013) 小。本研究中 19 条初次繁殖个体偏小 (头体长 44.0 ~ 50.0 mm) 可能是导致母体头体长偏小的原因。此外个体大小差异与种群的地理分布有关 (Sun et al. 2013)，3 个地理种群窝卵数与窝卵重的不同，表明丽斑麻蜥不同地理种群间繁殖输出存在差异。繁殖输出还可能与产卵母体大小及产卵环境条件有关。

窝卵重、窝卵数与母体头体长呈正相关，相对窝卵重与母体头体长负相关，说明较大的雌性个体有较大的繁殖投入，每个雌性个体的相对繁殖投入具有一定的稳定性，即每个雌性个体对种群的繁衍具有相近的贡献率。本研究的窝卵数、窝卵重、相对窝卵重与繁殖母体的相关性与安徽滁州雌性丽斑麻蜥繁殖特征相似 (郭泽刚等 2008)，这表明繁殖输出与母体相关性在不同地理种群间相对稳定。

卵均重与窝卵数呈负相关，这与 Stewart 等 (1979) 的预测相同。窝卵数非恒定的卵生动物，可能存在窝卵数与卵重的权衡，即通过改变窝卵数或卵重来适应生境变化，因此卵重在一定程度上受窝卵数的影响，窝卵重相对稳定的前提下，窝卵数的增多，卵重相应减小，很大程度上影响到后代的孵化与发育；相反，窝卵数减少，卵重相应增加，后代的孵化与发育质量会得到提高。因此丽斑麻蜥雌性繁殖后代的质量和数量只能在卵均重与窝卵数间权衡。由于丽斑麻蜥雌性繁殖输出及卵孵化、幼体发育受多种因素的影响，所以参与繁殖的雌体可能会根据生存环境及自身繁殖潜力来权衡当年的繁殖输出，环境条件优越可能增加窝卵数，反之可能增加卵重。对产卵数非恒定的卵生爬行动物而言，窝卵数、窝卵重及卵均重的进化受生育力选择和生存选择的影响 (Sinervo 1994)，两者共同作用能导致优化选择，从而产出数量、大小较适宜的卵 (郭泽刚等 2008)，

鄂尔多斯丽斑麻蜥雌性繁殖输出, 在一定程度上反映了这两种选择压力的作用。

参 考 文 献

- Anderson R A, Vitt L J. 1990. Sexual selection versus alternative causes of sexual dimorphism in teiid lizards. *Oecologia*, 84(2): 145–157.
- Andersson M. 1994. *Sexual Selection*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 163–178.
- Braña F. 1996. Sexual dimorphism in lacertid lizards: male head increase vs female abdomen increase. *Oikos*, 75(3): 511–523.
- Brooks M J. 1991. The ontogeny of sexual dimorphism: quantitative models and a case study in *Labrisomid blennies* (Teleostei: Paraclinus). *Systematic Zoology*, 40(3): 271–283.
- Du W G, Ji X. 2001. Growth, sexual size dimorphism and female reproduction of blue tailed skinks, *Eumeces elegans*. *Zoological Research*, 22(4): 279–286.
- Du W G, Lü D. 2010. An experimental test of body volume constraint on female reproductive output. *Journal of Experimental Zoology A*, 313(3): 123–128.
- Garland T, Losos J B. 1994. Ecological morphology of locomotor performance in squamate reptiles // Wainwright P C, Reilly S M. *Ecological Morphology: Integrative Organismal Biology*. Chicago: University of Chicago Press, 240–302.
- Gibbons J W, Lovich J E. 1990. Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the slider turtle (*Trachemys scripta*). *Herpetological Monographs*, 4: 1–29.
- Ji X, Braña F. 1999. The influence of thermal and hydric environments on embryonic use of energy and nutrients, and hatchling traits, in the wall lizard (*Podarcis muralis*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 124(2): 205–213.
- Ji X, Braña F. 2000. Among clutch variation in reproductive output and egg size in the wall lizard (*Podarcis muralis*) from a lowland population of northern Spain. *Journal of Herpetology*, 34(1): 54–60.
- Ji X, Xie Y Y, Sun P Y, et al. 1997. Sexual dimorphism and female reproduction in a viviparous snake, *Elaphe rufodorsata*. *Journal of Herpetology*, 31(3): 420–422.
- Kim B N, Kim J K, Park D. 2012. Mating behavior of the Mongolian racerunner (*Eremias argus*; Lacertidae, Reptilia). *Animal Cells and Systems*, 16(4): 337–342.
- Kim J K, Song J Y, Lee J H, et al. 2010. Physical characteristics and age structure of Mongolian racerunner (*Eremias argus*; Lacertidae; Reptilia). *Journal of Ecology and Field Biology*, 33(4): 325–331.
- Li H, Ji X, Qu Y F, et al. 2006. Sexual dimorphism and female reproduction in the multi-ocellated Racerunner *Eremias multiocellata* (Lacertidae). *Acta Zoologica Sinica*, 52(2): 250–255.
- Lu H L, Gao J F, MA X H, et al. 2012. Tail loss affects fecundity but not offspring traits in the Chinese skink *Eumeces chinensis*. *Current Zoology*, 58(2): 228–235.
- Powell G L, Russell A P. 1985. Growth and sexual size dimorphism in Alberta populations of the eastern short-horned lizard, *Phrynosoma douglassi brevirostre*. *Canadian Journal of Zoology*, 63(1): 139–154.
- Seigel R A, Ford N B. 1991. Phenotypic plasticity in the reproductive characteristics of an oviparous snake, *Elaphe guttata*: implications for life history studies. *Herpetologica*, 47(3): 301–307.
- Shine R. 1979. Sexual selection and sexual dimorphism in the Amphibian. *Copeia*, 1979(2): 297–306.
- Sinervo B. 1994. Experimental tests of reproductive allocation paradigms // Vitt L J, Pianka E R. *Lizard Ecology: Historical and Experimental Perspectives*. New Jersey: Princeton University Press, 73–90.
- Stewart J R. 1979. The balance between number and size of young in the living bearing lizard *Gerrhonotus coeruleus*. *Herpetologica*, 35(4): 342–350.
- Sun B J, Li S R, Xu X F, et al. 2013. Different mechanisms lead to convergence of reproductive strategies in two lacertid lizards (*Takydromus wolteri* and *Eremias argus*). *Oecologia*, 172(3): 645–652.
- Wang Z, Xia Y, Ji X. 2011. Clutch frequency affects the offspring size-number trade-off in lizards. *PLoS One*, 6(1): e16585.
- Zhao Q, Liu H X, Luo L G, et al. 2011. Comparative population genetics and phylogeography of two lacertid lizards (*Eremias*

- argus* and *E. brenchleyi* from China. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 58(3): 478–491.
- 毕俊怀, 何晓萍. 1997. 内蒙古东部地区两栖及爬行动物记述. 内蒙古师大学报: 自然科学汉文版, (4): 62–65.
- 郭砺. 1996. 丽斑麻蜥 (*Eremias argus*) 繁殖生态的研究. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 27(3): 408–411.
- 郭砺. 2005. 人工灌丛生境草原沙蜥和丽斑麻蜥生态位分化的研究. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 36(1): 76–80.
- 郭泽刚, 许雪峰. 2008. 安徽滁州雌性丽斑麻蜥繁殖特征. 动物学杂志, 43(2): 123–125.
- 林植华, 计翔. 2000. 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, 20(2): 221–227.
- 罗来高, 屈彦福, 计翔. 2005. 华北丽斑麻蜥食物同化和疾跑速的热依赖性. 动物学报, 52(2): 256–262.
- 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.
- 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.
- 赵雪, 毕俊怀. 2014. 草原沙蜥幼体的形态两性异形. 动物学杂志, 49(2): 274–279.