

# 人工繁育与野外鳄蜥幼体及亚成体形态和健康状况的比较

罗树毅<sup>①</sup> 李树然<sup>②③\*</sup> 岑海瑶<sup>①</sup>

① 广西大桂山鳄蜥国家级自然保护区 贺州 542824; ② 温州大学生命与环境科学学院 温州 325035; ③ 中国科学院动物研究所 动物生态与保护生物学院重点实验室 北京 100101

**摘要:** 人工繁育是濒危物种保护的重要手段, 但是也会改变物种的表型。为了探究人工繁育对于鳄蜥 (*Shinisaurus crocodilurus*) 形态和健康状况的影响, 本研究比较了人工繁育鳄蜥与野外鳄蜥新生幼体及亚成体形态特征与细菌感染率。结果发现, 人工繁育鳄蜥与野外鳄蜥的新生幼体体型无显著差异, 而人工繁育鳄蜥亚成体体型显著大于野外鳄蜥; 两个年龄段的人工繁育鳄蜥断尾率均显著低于野外鳄蜥; 人工繁育鳄蜥亚成体细菌感染率最高, 但是各年龄组种群间的差异不显著。本研究表明, 人工环境促进了鳄蜥的生长, 减少了鳄蜥被捕食的风险, 但有增加鳄蜥感染疾病的可能性, 因此在鳄蜥的饲养管理中需要加强疾病防治。

**关键词:** 鳄蜥; 人工繁育; 野外种群; 形态特征; 细菌感染率

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2018) 03-368-07

## Comparison of Morphology and Health Status between Captive Breeding and Wild *Shinisaurus crocodilurus* at Newborn and Sub-adult Stage

LUO Shu-Yi<sup>①</sup> LI Shu-Ran<sup>②③\*</sup> CEN Hai-Yao<sup>①</sup>

① *Guangxi Daguishan Crocodile Lizard National Nature Reserve, Hezhou 542824;* ② *College of Life and Environmental Science, Wenzhou University, Wenzhou 325035;* ③ *Key Laboratory of Animal Ecology and Conservation Biology, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*

**Abstract:** Captive breeding is an effective strategy for the conservation of endangered species, but it may affect their phenotypes in many cases. To investigate how captive breeding influences morphology and health status of *Shinisaurus crocodilurus*, we compared the morphological traits and bacterial infection rate for both new hatched ones and sub-adults of *Shinisaurus crocodilurus* born in captive breeding population and in the wild population. We got the following results: (1) the body size of new born ones was not showed a significant difference between both groups, but the sub-adults born in captive population was larger than

基金项目 国家重点研发计划项目 (No. 2016YFC0503200);

\* 通讯作者, E-mail: lishuran@wzu.edu.cn;

第一作者介绍 罗树毅, 男, 中教一级; 研究方向: 鳄蜥人工繁育; E-mail: 854237644@qq.com.

收稿日期: 2017-09-12, 修回日期: 2018-01-20 DOI: 10.13859/j.ejz.201803006

those born in wild population by Bonferroni post hoc test (Fig. 1). (2) The tail autotomy rate was significantly lower for those born in captive population at both age stages (Fisher's exact test, all  $P < 0.05$ ; Fig. 2a). (3) The Bacterial infection rate was highest in sub-adults born in captive breeding population, but no significant difference was found between the two groups (Fisher's exact test, all  $P > 0.05$ ; Fig. 2b). Our study indicates captive breeding has enhanced growth rate, reduced predation risk. However, there is a slightly potential to increase the bacterial infection rate. More cautions should be taken in disease controlling in captive breeding programs for *S. crocodilurus*.

**Key words:** *Shinisaurus crocodilurus*; Captive breeding; Wild population; Morphological traits; Bacterial infection rate

作为保护濒危物种的重要手段, 人工繁育可以为濒危物种提供更好的生存环境, 为野外种群的复壮提供足够的个体与遗传多样性, 同时为濒危物种的科学研究提供替代种群 (Seddon et al. 2007, Pelletier et al. 2009, Witzemberger et al. 2011)。然而, 越来越多的研究发现, 由于人工繁育种群建群种的遗传结构和饲养环境条件的限制, 人工繁育对于濒危物种也会产生一系列的负面影响, 例如行为多样性的丧失, 生理和形态特征的改变, 疾病的爆发, 甚至遗传多样性的减少等 (Snyder et al. 1996, Blanchet et al. 2008)。即使对于比多数内温动物更容易管理的小型外温动物, 如蜥蜴等, 人工繁育种群也同样面临这些问题 (Jacobson 1993, Connolly et al. 2008)。

爬行动物是外温动物的典型代表, 已有大量实验室和野外证据表明其表型易受发育环境的影响 (Deeming 2004, Refsnider 2013)。由此可以预测, 对于人工繁育的濒危爬行动物, 由于环境条件的改变, 再加上潜在的遗传背景的不同, 其表型势必将会与野外种群产生一定的差异, 然而此类研究却相对较为匮乏 (Connolly et al. 2008)。因此, 通过对比人工繁育和野外濒危爬行动物种群的表型差异, 分析其中的潜在原因, 对于发现人工繁育过程中存在的问题, 以及指导濒危物种的繁育, 具有重要的理论和实践意义。

鳄蜥 (*Shinisaurus crocodilurus*) 是一种小型爬行动物 (成体头体长 16 ~ 40 cm), 属有

鳞目鳄蜥科鳄蜥属下的单属种 (赵尔宓 1999), 为我国 I 级重点保护野生动物, 被 IUCN 红色名录列为“濒危” (Nguyen et al. 2014), 并于 2016 年列入 CITES 附录 I 中。目前主要分布于我国的广东、广西及越南东北部等地的几个孤立区域 (龚明昊等 2006)。近年来, 由于栖息地丧失和人为捕捉, 鳄蜥种群数量急剧下降, 从 1978 年的 6 000 只左右下降到 2004 年的不足 1 000 只 (黄乘明等 2005)。由于鳄蜥种群数量的持续减少, 加强自然保护区建设, 发展人工繁育并适时开展野外放归工作, 便成为了遏制鳄蜥自然种群数量减少的重要手段。

本文通过在广西大桂山鳄蜥国家级自然保护区北娄片区捕捉当年生和一年生野外鳄蜥, 与同年龄段的人工繁育鳄蜥进行个体形态与健康状况对比分析, 探讨人工繁育鳄蜥与野外鳄蜥生长发育的差异, 旨在为鳄蜥的人工繁育以及野外放归与自然保护提供依据, 也为其他濒危动物的人工繁育与保护提供参考。

## 1 研究区域和方法

### 1.1 研究地点

广西大桂山鳄蜥国家级自然保护区 (北纬 24°02' ~ 24°07', 东经 111°46' ~ 111°51') 位于广西贺州市, 属亚热带季风气候, 年平均气温 19.8 °C, 年平均降水量 1 550.3 mm (陈智等 2006)。该保护区目前有人工繁育鳄蜥 210 余只, 饲养于保护区北娄站的鳄蜥繁育基地; 野

生鳄蜥 160 余只, 主要分布于吃水冲、鱼散冲以及打柴冲这 3 条溪沟中(阳春生等 2017)。鳄蜥繁育基地位于吃水冲冲口, 并与鱼散冲以及打柴冲相隔不远(约 1 km)。基地内有 86 个繁育池, 繁育池高 1 m, 顶部铺设不锈钢防鸟网, 防止天敌捕食鳄蜥; 内部采取水陆各占一半的方式建造, 水深约 35 cm, 岸边种植有鳄蜥喜欢攀爬的无花果树(*Ficus carica*)等植物; 繁育池周边种植有竹子及其他本地林木, 繁育池上方搭建棚架, 攀爬有百香果(*Passiflora edulia*)藤蔓植物作遮荫绿化, 充分地模拟了鳄蜥的野外生存环境。

鳄蜥为卵胎生物种, 每年的 4~5 月份产仔(张玉霞 1986)。人工繁育的鳄蜥出生后先在保育箱里养育 2~3 周, 再在幼体池(1 m × 1 m)里饲养 2 个月左右, 然后放在 2 m × 3 m 的池中饲养。幼体和亚成体一般每池 3~6 条, 成体鳄蜥每池 2~3 条。人工繁育鳄蜥的食物主要是当地人工挖掘出来的蚯蚓, 一般每周投喂 2 次, 供鳄蜥自由采食。此外繁育池上还安装有 5 W 的节能灯用于晚上招虫, 以增加鳄蜥食物的多样性。

## 1.2 数据收集

本研究于 2017 年 5 月下旬到 6 月中旬进行, 此时气温较高, 野外鳄蜥活动较多, 并且当年生鳄蜥幼体已经基本出生完毕。野外调查选择无雨的晚上进行(20:00~24:00 时), 对鱼散冲、打柴冲和吃水冲 3 条溪沟的鳄蜥幼体和亚成体进行调查。调查时借助 12 V 的充电灯沿溪沟逆流而上, 行走速度为 500~1 000 m/h, 对距离溪沟两岸边 1 m 范围内由地面至 3 m 高内的空间进行搜索。发现鳄蜥后, 先用数码相机拍摄体色花纹, 然后小心抓捕, 再用数码相机拍下其尾部花纹特征, 由于每只鳄蜥都具有独一无二的尾纹和体色花纹, 可根据这些特征进行个体识别(王振兴 2011)。然后原地测量鳄蜥头体长和体重, 记录个体年龄、断尾情况(完整和断尾)与细菌感染情况。以细菌感染率代表健康状况, 将被细菌感染造成体表出现菌斑、溃烂或囊肿的列为细菌感染个体。个体年

龄通过外形特征区分: 幼体头部具有明显的三角黄斑, 1 年生亚成体头部通常仅有三角黄斑的残留痕迹, 并且体型较其他高年龄段的鳄蜥小, 鳞片的老化程度低。测量后即刻放回其最初被发现的位置。同时, 记录调查范围内存在的鳄蜥潜在捕食者(蛇类)或竞争者(蜥蜴和蛙类)的种类及数量。

在野外调查期间的白天, 测量人工繁育池中鳄蜥幼体与亚成体的形态特征(头体长和体重), 同时也记录个体年龄、断尾情况(完整和断尾)与健康状况。为了消除摄食对体重的影响, 繁育池中饲养鳄蜥在喂食(蚯蚓)48 h 后进行测量。本次调查共采集了野外鳄蜥幼体 15 只、亚成体 45 只的相关数据。同时, 测量了繁育池鳄蜥幼体 67 只、亚成体 52 只的数据。

本研究采用不锈钢钢尺(精确度 1 mm)测量鳄蜥头体长, 采用电子天平(SF-400A, 甬衡计量有限公司, 中国宁波; 精确度 0.1 g)测量鳄蜥体重。以头体长为协变量, 将体重对头体长的回归剩余值作为身体状况指数(body condition index)。采用双因素方差分析比较人工繁育鳄蜥和野外鳄蜥不同年龄段个体的身体形态, 即头体长、体重、身体状况指数差异, 采用 Bonferroni 法进行多重比较检验。采用 Fisher 精确度检验比较人工繁育鳄蜥和野外鳄蜥不同年龄段个体的断尾率和细菌感染率。数据利用 Statistica 6.0 分析。

## 2 结果

### 2.1 形态对比

人工繁育鳄蜥种群与野外种群的形态存在显著差异, 而不同年龄组的鳄蜥形态也差异显著(表 1)。同时, 种群因素与年龄因素的交互作用也对鳄蜥形态特征存在显著影响(表 1), 多重比较表明, 人工饲养的鳄蜥幼体和野外幼体的头体长、体重和身体状况指数的差异均不显著, 而人工饲养的鳄蜥亚成体的头体长、体重和身体状况指数均显著高于野外亚成体(图 1)。

### 2.2 断尾率与细菌感染率

不论是幼体还是亚成体, 人工繁育鳄蜥的断尾率均显著低于野外鳄蜥的断尾率(幼体  $P < 0.01$ , 亚成体  $P < 0.05$ , 图 2a)。而人工繁育鳄蜥的细菌感染率则高于野外鳄蜥, 但差异不

表 1 种群因素、年龄因素及其交互作用对鳄蜥形态特征的影响

Table 1 Effects of population, age and their interaction on the morphological traits of *Shinisaurus crocodilurus*

形态特征 Morphological traits	种群因素 Population effect	年龄因素 Age effect	交互作用 Interaction
头体长 Snout-vent length	$F_{1,175} = 58.73, P < 0.01$	$F_{1,175} = 999.92, P < 0.01$	$F_{1,175} = 83.32, P < 0.01$
体重 Body mass	$F_{1,175} = 53.71, P < 0.01$	$F_{1,175} = 435.74, P < 0.01$	$F_{1,175} = 73.41, P < 0.01$
身体状况指数 Body condition index	$F_{1,175} = 10.46, P < 0.05$	$F_{1,175} = 9.16, P < 0.05$	$F_{1,175} = 12.74, P < 0.01$

种群因素: 指人工繁育种群与野生种群两种群的影响; 年龄因素: 指幼体与亚成体两个年龄组的影响; 交互作用: 指种群因素和年龄因素的交互作用。

Population effect: the effect of captive breeding and wild population; Age effect: the effect at different age stages; Interaction: the interaction of population effect and age effect.

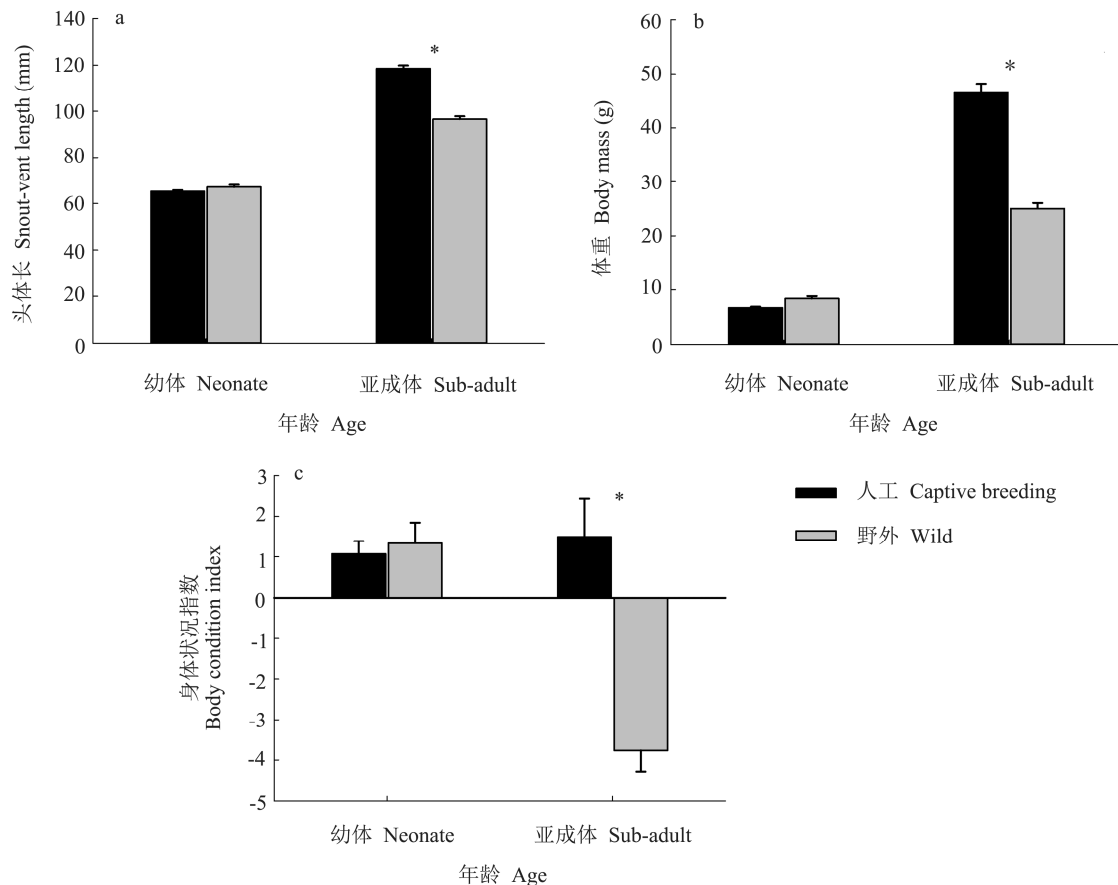


图 1 不同年龄段的人工繁育鳄蜥和野外鳄蜥形态特征对比

Fig. 1 Comparison of morphological traits between captive breeding population and wild population of *Shinisaurus crocodilurus* at different age stages

a. 头体长; b. 体重; c. 身体状况指数。图中星号代表差异显著,  $P < 0.05$ 。

a. Snout-vent length; b. Body mass; c. Body condition index. Asterisks in the figure indicate significant differences, at  $P < 0.05$  lever.

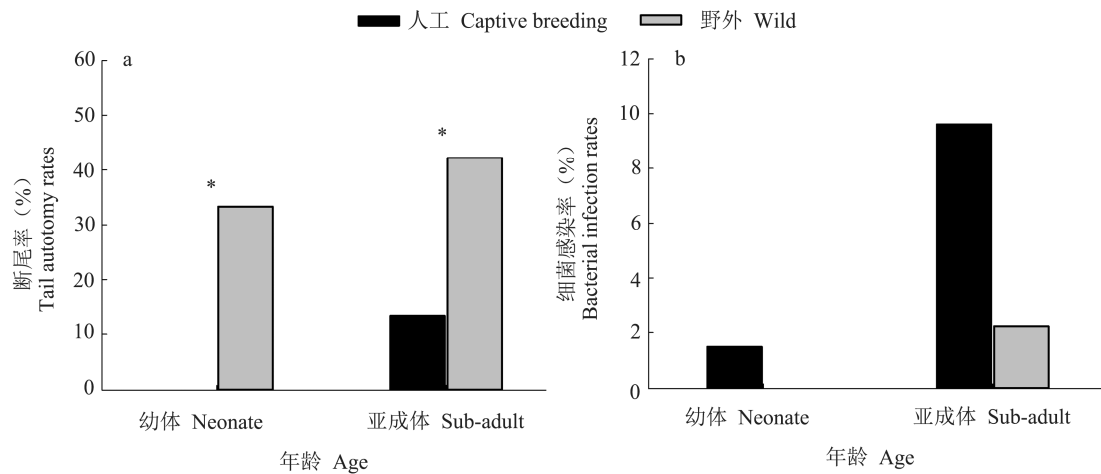


图2 不同年龄段的人工繁育鳄蜥和野外鳄蜥断尾率(a)与细菌感染率(b)对比

Fig. 2 Comparison of tail autotomy rates (a) and bacterial infection rates (b) between new born and sub-adult group in captive breeding populaiton and wild population of *Shinisaurus crocodilurus*

图中星号代表差异显著,  $P < 0.05$ . Asterisks in the figure indicate significant differences,  $P < 0.05$ .

显著(幼体  $P > 0.05$ , 亚成体  $P > 0.05$ , 图 2b)。

### 3 讨论

爬行动物初生形态特征受遗传因素和孵化环境的共同影响(Booth 2006, Du et al. 2006, Qu et al. 2011)。在本研究中,人工繁育的鳄蜥种源来自当地保护区的野生种群,并且近年来持续有野外救护的个体补充进来,因此人工种群和野外种群在遗传上很难形成分化。同时,对于鳄蜥这类卵胎生物种,母体怀孕期间经历的温度对于其后代初生形态特征具有重要影响(Tang et al. 2012),而我们的研究发现,鳄蜥怀孕期间(从5月到第二年4月),人工繁育池的热环境与野外的相近(平均温度:  $23.4^{\circ}\text{C}$  vs.  $22.5^{\circ}\text{C}$ , 李树然, 未发表数据)。因此,人工繁育的鳄蜥和野外鳄蜥在初生形态上尚未表现出显著差异。但是,由于人工环境下食物充足,加之活动空间有限,人工繁育个体在觅食上消耗的时间和能量相对减少(梁文波等 2006),摄入的能量则大大增加,导致人工繁育的鳄蜥生长速度更快,到亚成体阶段体型明显大于野外亚成体,体重甚至达到了野外

亚成体的两倍,而且身体状况也要好于野外亚成体(图1)。

虽然较大的体型和较高的身体状况指数对于野生爬行动物来说意味着可能具有更高的越冬存活率和繁殖能力(Sorci et al. 1999, Bonnet et al. 2001),但是对于人工繁育种群,可能意味着能量摄入过量(Connolly et al. 2008)。这种现象在人工繁育的濒危动物中普遍存在,比如一些石龙子科的蜥蜴(Connolly et al. 2008)、大型猫科动物以及灵长类动物等(O'Regan et al. 2005)。这种能量过剩通常对人工繁育爬行动物的健康和繁殖是有害的(Ackerman 1997),譬如降低个体的非特异性免疫力(Kanghae et al. 2017),但目前还不明确这种情况是否会对鳄蜥造成不利影响。近年来在人工繁育鳄蜥中出现的繁殖提前现象可能与此有关,本保护区人工繁育鳄蜥通常在2周岁,个别鳄蜥甚至在1.5岁就已经达到性成熟,可以交配繁殖,而野外鳄蜥达到性成熟通常需要3.5至4年(张玉霞 2002)。已有研究发现,在卵胎生的蛇类中,当身体状况指数超过一定阈值后母体便进入卵黄生成阶段,可以参与繁

殖 (Naulleau et al. 1996)。此外, 爬行动物早期过快的生长速度往往会对其长期存活造成负面影响 (Olsson et al. 2002)。因此后续研究需要关注能量摄入对鳄蜥健康状况、繁殖以及存活的影响, 进而确定在饲养管理中如何对鳄蜥能量摄入进行控制。

野外鳄蜥断尾率要明显高于人工繁育的鳄蜥 (图 2a), 可能与其面临较高的捕食风险和种间竞争有关。我们在本研究野外调查期间, 共发现 2 条环纹华游蛇 (*Sinonatrix aequifasciata*)、1 条紫沙蛇 (*Psammodynastes pulverulentus*)、1 条银环蛇 (*Bungarus multicinctus*) 和 4 条翠青蛇 (*Cyclophiops major*) 等潜在捕食者, 以及 1 条丽棘蜥 (*Acanthosaura lepidogaster*)、2 只大树蛙 (*Rhacophorus dennysi*) 和 3 只棘胸蛙 (*Quasipaa spinosa*) 等潜在竞争者。除此之外, 野外鳄蜥的种内竞争也可能导致其断尾率较高, 因为鳄蜥具有明显的领域性 (蒋洁等 2012), 其咬合力又较大 (何南 2011), 在争斗过程中容易造成尾的损伤。人工繁育的鳄蜥断尾的最主要原因就是同类之间相互打斗, 但是由于人工环境下食物充足, 鳄蜥之间竞争相对较弱, 加上人工繁育池的合理分配, 即同一窝或者体型相近的个体分配在同一池中, 且每池鳄蜥数量不超过 6 只 (平均 4 只), 才未造成较高的断尾率。

疾病的控制是濒危物种人工繁育管理中面临的主要挑战 (Snyder et al. 1996, 苏萍等 2006)。由于空间的限制以及管理的需要, 人工繁育的濒危物种种群密度都远远大于野外种群密度, 这就容易导致人工繁育个体的疾病发生, 以及大范围的相互感染。大桂山保护区内鳄蜥的主要疾病是由细菌感染造成体表溃烂、囊肿, 严重者断趾、食欲减退, 进而消瘦乃至死亡 (罗树毅, 未发表数据)。在本研究中, 人工繁育鳄蜥和野外鳄蜥的细菌感染率差异不显著, 但是人工繁育的亚成体鳄蜥的细菌感染率已经有明显的升高趋势 (图 2b)。因此在鳄蜥的饲养管理中仍需加强疾病的预防和治疗,

例如对饲养环境进行严格消毒, 在饲养过程中保证营养均衡, 以增强个体体质, 对染病个体进行隔离与治疗等 (Jacobson 1993, 苏萍等 2006)。

**致谢** 感谢广西大桂山鳄蜥国家级自然保护区的陈耀还、张维、姚秀凤以及山东理工大学的李星翰等在野外工作中的帮助。

## 参 考 文 献

- Ackerman L. 1997. The Biology, Husbandry and Health Care of Reptiles. Neptune: TFH Publications.
- Blanchet S, Páez D J, Bernatchez L, et al. 2008. An integrated comparison of captive-bred and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*): Implications for supportive breeding programs. *Biological Conservation*, 141(8): 1989–1999.
- Bonnet X, Naulleau G, Shine R, et al. 2001. Short-term versus long-term effects of food intake on reproductive output in a viviparous snake, *Vipera aspis*. *Oikos*, 92(2): 297–308.
- Booth D T. 2006. Influence of incubation temperature on hatchling phenotype in reptiles. *Physiological and Biochemical Zoology*, 79(2): 274–281.
- Connolly J D, Cree A. 2008. Risks of a late start to captive management for conservation: Phenotypic differences between wild and captive individuals of a viviparous endangered skink (*Oligosoma ottagense*). *Biological Conservation*, 141(5): 1283–1292.
- Deeming D C. 2004. Post-hatching phenotypic effects of incubation on reptiles//Deeming D C. *Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour*. Nottingham: Nottingham University Press, 229–251.
- Du W G, Ji X. 2006. Effects of constant and fluctuating temperatures on egg survival and hatchling traits in the northern grass lizard (*Takydromus septentrionalis*, Lacertidae). *Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology*, 305(1): 47–54.
- Jacobson E R. 1993. Implications of infectious diseases for captive propagation and introduction programs of threatened/endangered reptiles. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 24(3): 245–255.
- Kanghae H, Thongprajukaew K, Yeetam P, et al. 2017. Optimal

- feeding frequency of captive head-started green turtles (*Chelonia mydas*). *Journal of Animal Physiology & Animal Nutrition*, 101(4): 667–675.
- Naulleau G, Bonnet X. 1996. Body condition threshold for breeding in a viviparous snake. *Oecologia*, 107(3): 301–306.
- Nguyen T, Hamilton P, Ziegler T. 2014. *Shinisaurus crocodilurus*. The IUCN Red List of Threatened Species: e.T57287221A57287235.
- Olsson M, Shine R. 2002. Growth to death in lizards. *Evolution*, 56(9): 1867–1870.
- O'Regan H J, Kitchener A C. 2005. The effects of captivity on the morphology of captive, domesticated and feral mammals. *Mammal Review*, 35(3/4): 215–230.
- Pelletier F, Réale D, Watters J, et al. 2009. Value of captive populations for quantitative genetics research. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(5): 263–270.
- Qu Y F, Li H, Gao J F, et al. 2011. Embryonic thermosensitivity and hatchling morphology differ between two coexisting lizards. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 37(4): 375–380.
- Refsnider J M. 2013. High thermal variance in naturally incubated turtle nests produces faster offspring. *Journal of Ethology*, 31(1): 85–93.
- Seddon P J, Armstrong D P, Maloney R F. 2007. Developing the science of reintroduction biology. *Conservation Biology*, 21(2): 303–312.
- Snyder N F R, Derrickson S R, Beissinger S R, et al. 1996. Limitations of captive breeding in endangered species recovery. *Conservation Biology*, 10(2): 338–348.
- Sorci G, Clobert J. 1999. Natural selection on hatchling body size and mass in two environments in the common lizard (*Lacerta vivipara*). *Evolutionary Ecology Research*, 1(3): 303–316.
- Tang X L, Yue F, Yan X F, et al. 2012. Effects of gestation temperature on offspring sex and maternal reproduction in a viviparous lizard (*Eremias multiocellata*) living at high altitude. *Journal of Thermal Biology*, 37(6): 438–444.
- Witzenberger K A, Hochkirch A. 2011. Ex situ conservation genetics: a review of molecular studies on the genetic consequences of captive breeding programmes for endangered animal species. *Biodiversity and Conservation*, 20(9): 1843–1861.
- 陈智, 黄乘明, 李友邦, 等. 2006. 广西大桂山瑶山鳄蜥栖息地景观分类研究. *广西师范大学学报: 自然科学版*, 24(1): 83–86.
- 龚明昊, 黄乘明. 2006. 瑶山鳄蜥及栖息地调查研究. 北京: 中国林业出版社.
- 何南. 2011. 广东罗坑鳄蜥性二型性及咬力研究. 桂林: 广西师范大学硕士学位论文, 11–17.
- 黄乘明, 于海, 李友邦, 等. 2005. 珍稀的国家一级保护动物——瑶山鳄蜥. *野生动物*, 26(4): 17.
- 蒋洁, 武正军, 于海, 等. 2012. 鳄蜥对熟悉和陌生个体气味的辨别. *动物学杂志*, 47(2): 16–22.
- 梁文波, 张玉霞, 苏萍, 等. 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.
- 苏萍, 张玉霞, 赵继艳, 等. 2006. 半自然条件下鳄蜥的管理. *四川动物*, 25(2): 407–410.
- 王振兴. 2011. 给鳄蜥制作“身份证”. *生命世界*, (12): 50–51.
- 阳春生, 罗树毅, 李钰慧, 等. 2017. 样线法和标志重捕法在鳄蜥种群数量调查中的应用比较. *野生动物学报*, 38(2): 291–294.
- 张玉霞. 1986. 一种濒危的珍稀动物——鳄蜥. *动物学杂志*, 21(5): 40–41.
- 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 蜥亚目. 北京: 科学出版社, 205–210.