

蓝尾石龙子杭州和宁德种群繁殖生活史特征差异

张永普^{1,*}, 杜卫国², 寿鹿^{2,3}

(1. 温州师范学院 生命和环境科学学院, 浙江 温州 325027; 2. 杭州师范学院 杭州市动物科学与技术重点实验室, 浙江 杭州 310036; 3. 国家海洋局第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012)

摘要: 测定处于不同纬度的浙江杭州和福建宁德的蓝尾石龙子 (*Eumeces elegans*) 种群的个体大小和繁殖特征。宁德种群的产卵时间为5月27日—6月22日, 早于高纬度杭州种群(6月4日—7月12日)。宁德种群最小繁殖雌体及性成熟个体大小均显著小于杭州种群。宁德和杭州两种群的相对窝卵重无显著差异; 当统计去除母体体长的影响之后, 两地种群的窝卵数和窝卵重也无显著差异, 但杭州种群的卵重量显著大于宁德种群。蓝尾石龙子窝卵数和卵重量呈负相关, 窝卵数和卵大小的权衡存在种群间差异。特定窝卵数条件下, 杭州种群的卵重量显著大于宁德种群。由此可见, 蓝尾石龙子种群间的繁殖生活史特征存在显著差异, 而且与母体大小的差异密切相关。推测不同纬度地区的蓝尾石龙子种群的繁殖策略存在差异。

关键词: 蓝尾石龙子; 宁德种群; 杭州种群; 个体大小; 卵大小; 相对窝卵重; 种群差异

中图分类号: Q959.620.5; Q954.4 文献标识码: A 文章编号: 0254–5853 (2006) 03–0255–06

Inter-population Differences in Reproductive Life-history Traits of Blue-tailed Skinks (*Eumeces elegans*) from Hangzhou and Ningde, Eastern China

ZHANG Yong-pu^{1,*}, DU Wei-guo², SHOU Lu^{2,3}

(1. School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou Normal College, Wenzhou 325027, China;

2. Hangzhou Key Laboratory for Animal Science and Technology, Hangzhou Normal College, Hangzhou 310012, China;

3. Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China)

Abstract: We measured body size and reproductive traits of blue-tailed skinks (*Eumeces elegans*) from two localities at different latitudes in Eastern China to reveal their inter-population differences in reproductive life-history strategies. Females from Ningde, the locality at a lower latitude, produced their eggs from 27th May to 22nd June; whereas females from Hangzhou, the locality at a higher latitude, produced eggs from 4th June to 12th July. Snout-vent lengths of the minimum reproductive female and adult skinks in Ningde population were smaller than that in Hangzhou population. Females from the two populations did not show significant difference in relative clutch mass. After the effect of maternal snout-vent length was statistically removed, clutch size and clutch mass did not differ between the two populations, but mean egg mass still showed considerable inter-population difference, with larger eggs in Hangzhou skinks. This study revealed negative correlation between clutch size and egg mass, and inter-population difference in trade-offs between clutch size and egg size. For a given clutch size, females from Hangzhou laid larger eggs than did those from Ningde. Therefore, in *E. elegans*, reproductive life histories differ significantly between the two populations, and maternal body size accounts for a large quantity of such inter-population differences. These results suggest that the reproductive strategies for this species change from a high-latitude population to a low-latitude population.

Key words: *Eumeces elegans*; Ningde population; Hangzhou population; Body size; Egg size; Relative clutch mass; Inter-population difference

* 收稿日期: 2005–12–20; 接受日期: 2006–04–03

基金项目: 浙江省教育厅科研项目(20040333); 温州师范学院科研项目(2003Z18); 浙江省动物学重点学科经费资助

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: zhangypu88@yahoo.com.cn; zhangyp@wznc.zj.cn

第一作者简介: 张永普 (1967–), 男, 副教授, 主要从事动物生态学研究。

生活史特征, 如后代数量、性成熟、寿命等, 是生物长期适应环境与进化的结果。比较生活史特征的种内和种间差异, 可追溯生物的进化过程。因此, 生活史及其进化是生物学的核心问题之一 (Stearns, 1992; Roff, 2002)。

与恒温的鸟类和哺乳动物不同, 爬行动物的生活史特征在遗传决定的同时, 受到环境因子的显著影响。因而, 爬行动物成为生活史进化研究的重要对象 (Dunham et al, 1988; Niewiarowski, 1994; Angilletta et al, 2004)。早期爬行动物生活史特征研究主要集中于生活史特征的种间比较, 如 Tinkle et al (1970), Dunham et al (1988) 的研究。而种群间生活史特征的比较有助于分析生活史变异的遗传和环境成因 (Niewiarowski, 1994; Shou et al, 2005), 备受生态学家的重视 (如 Forsman & Shine, 1995; Angilletta et al, 2004; Niewiarowski et al, 2004)。欧美地区蜥蜴类动物生活史的研究较为广泛 (Dunham et al, 1988; Niewiarowski, 1994; Bauwens & Díaz-Uriarte, 1997); 而中国相对较少 (Du & Ji, 2001; Ji et al, 2002b; Liu et al, 2005), 涉及种群间生活史变异的研究则更少 (Ji et al, 2002a; Du et al, 2005b)。

蓝尾石龙子 (*Eumeces elegans*) 广泛分布于华东和华南诸省 (Zhao & Adler, 1993), 为生活于山区阳坡的昼行性蜥蜴, 具有较高的喜好温度 (30.4 °C) (Du et al, 2000); 两性个体大小和头部大小存在显著差异 (Du & Ji, 2001; Zhang & Ji, 2004); 年产单窝卵, 窝卵数变异范围为 2—11 枚 (Du & Ji, 2001); 雌体在尾和腹脂肪体处储存能量供繁殖所需 (Shu et al, 2004)。本研究以处于不同纬度的浙江杭州和福建宁德的种群为对象, 比较其性成熟个体的大小, 测定其雌体繁殖特征, 旨在揭示蓝尾石龙子不同纬度地区个体大小、雌体繁殖特征和生活史对策的差异, 为积累爬行动物生活史特征多样性资料, 总结生活史地理变异的一般规律提供数据, 也为深入探讨生活史种内变异与进化奠定基础。

1 材料与方法

本研究的工作样点位于浙江杭州北高峰 (119°30'E, 29°50'N) 和福建宁德镜台山 (119°33'E, 26°40'N)。杭州属亚热带季风气候区, 年平均气温

16.0 °C, 最低月平均气温 3.5 °C, 最高月平均气温 28.5 °C, 平均年降水量为 1 475 mm。宁德属中亚热带海洋性季风气候, 年平均气温 19.3 °C, 最低月平均气温 10.4 °C, 最高月平均气温 28.7 °C, 年降雨量 2 070 mm。

形态观察用蓝尾石龙子于 2001 年至 2005 年 4—5 月分别捕自浙江杭州北高峰 (179♂, 101♀) 和福建宁德镜台山 (60♂, 34♀) 两地。带回实验室后, 鉴定性别, 用 Mettler B303 电子天平称重, 用数码游标卡尺测量头体长 (snout-vent length, SVL)。

同园实验 (common garden experiment) 用蓝尾石龙子怀卵雌体, 同期捕获于上述两地, 带回杭州师范学院实验室, 测定雌体繁殖输出特征。怀卵雌体单个饲养于实验室的玻璃缸 (200 mm × 200 mm × 200 mm) 内, 提供足量的面包虫 (larvae of *Tenebrio molitor*) 和饮水。饮水中添加儿童钙粉和 21 金维他等, 以确保蓝尾石龙子的营养需求。玻璃缸置于 24 °C 恒温室内, 玻璃缸上方悬挂 60 W 灯泡为其提供体温调节的热源, 灯泡在 7:00 开启, 到 17:00 关闭。从 5 月下旬开始, 每日检查雌体巢址 2 次, 收集卵进行测量和称重, 并测定产后雌体的 SVL 和体重。该实验于 7 月中旬结束。

应用 Statistica 6.0 软件进行统计分析。以首条母体产卵日期为基准, 其他母体的产卵滞后天数作为产卵时间的量化数据, 求出平均值后, 再换算为对应日期作为平均产卵时间。相对窝卵重的计算方法为: 窝卵重/产后雌体体重 (Dunham, 1986)。产后雌体的状态用产后体重与 SVL 的 log 转化回归剩余值表示。产卵时间和个体大小种群间的差异分别用 Mann-Whitney *U* 检验和 *t* 检验。用线形回归分析繁殖特征与母体体长的关系, 以及窝卵数和卵重量的关系。以 SVL 为协变量的协方差分析 (ANCOVA) 被用于检测与母体体长相关的繁殖特征的种群间差异, 计算校正平均值时, 协变量 SVL 设置为 74.94 mm。在比较两种群卵的形状时, 为避免假重复, 同窝卵的卵重、卵长径和卵短径被合并计算, 其平均值用于该分析。在分析窝卵数与卵大小的关系时, 由于窝卵数和卵大小与母体大小呈正相关, 计算窝卵数和卵重量分别相对于母体 SVL 的回归剩余值, 以去除母体大小的影响。描述性统计值用平均值 ± 标准误表示, 显著性水平设置为 $\alpha =$

0.05。

2 结果与分析

2.1 产卵时间

蓝尾石龙子宁德种群的产卵时间范围为 5 月 27 日—6 月 22 日, 主要分布于 6 月上中旬; 而杭州种群为 6 月 4 日—7 月 12 日, 主要分布于 6 月下旬 (图 1)。宁德种群的平均产卵时间为 6 月 11 日, 显著早于杭州种群 (6 月 24 日) (Mann-Whitney U 检验, $U = 56.50$, $df = 38$, $P < 0.001$)。

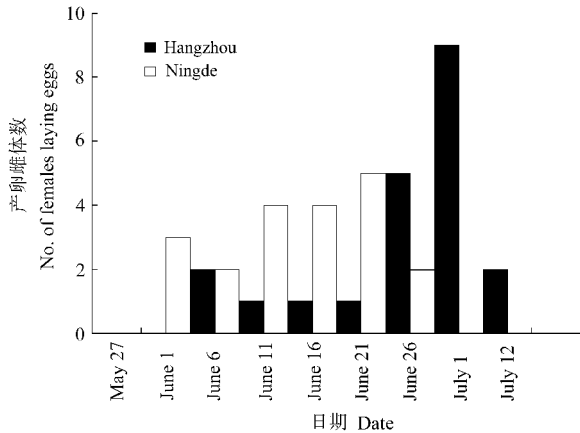


图 1 蓝尾石龙子杭州和宁德种群雌体的产卵时间分布

Fig. 1 Distribution of oviposition dates of female blue-tailed skinks (*Eumeces elegans*) from Hangzhou and Ningde

2.2 个体大小与相对窝卵重

蓝尾石龙子宁德种群最小繁殖雌体的 SVL 为 66.09 mm, 小于杭州种群最小繁殖雌体 (67.71 mm SVL); 其成年雄体和雌体的 SVL 及体重均显著小于杭州种群 (表 1)。

宁德和杭州种群雌体的相对窝卵重无显著差异 (0.416 ± 0.025 , $n = 20$ vs 0.359 ± 0.026 , $n = 21$) ($F_{1,38} = 2.90$, $P = 0.10$); 其母体产后身体状态的差异也不显著 ($F_{1,38} = 0.02$, $P = 0.88$)。

2.3 窝卵数、窝卵重与卵大小

蓝尾石龙子杭州和宁德种群的卵重、窝卵数和窝卵重与母体体长呈正相关 (卵重: $EM = 0.011SVL - 0.251$, $r^2 = 0.27$, $F_{1,39} = 14.61$, $P < 0.0005$; 窝卵数: $CS = 0.123SVL - 3.548$, $r^2 = 0.14$, $F_{1,39} = 6.33$, $P < 0.02$; 窝卵重: $CM = 0.137SVL - 7.272$, $r^2 = 0.39$, $F_{1,39} = 24.82$, $P < 0.00001$)。方差分析显示, 两种群的窝卵数无显著差异, 而种群间窝卵重和卵重具显著差异 (表 2)。应用协方差分析去除母体体长的影响后, 两种群的窝卵数和窝卵重也无显著差异, 但杭州种群的卵重量依然显著大于宁德种群 (表 2)。这表明窝卵重的种群间差异是由母体大小的种群间差异导致的。

卵长径和短径的比较可揭示种群间卵形状的差异。当控制卵重恒定后, 两种群卵的长径和短径无

表 1 蓝尾石龙子杭州和宁德种群成体的头体长和体重

Tab. 1 Snout-vent length and body mass of adult *Eumeces elegans* from Hangzhou and Ningde

	性别 Sex	杭州种群 Hangzhou population		宁德种群 Ningde population		差异显著性 Significance
		<i>n</i>		<i>n</i>		
头体长 (mm) Snout-vent length	雄 Male	179	82.75 ± 0.46 (67.80—98.85)	60	76.36 ± 0.80 (67.28—93.77)	$t = 6.47$, $P < 0.00001$
	雌 Female	101	76.65 ± 0.62 (67.71—93.88)	34	73.96 ± 1.06 (66.09—81.85)	$t = 2.79$, $P < 0.01$
体重 (g) Body mass	雄 Male	179	11.141 ± 0.199 (6.095—19.236)	60	7.896 ± 0.344 (5.000—16.697)	$t = 7.60$, $P < 0.00001$
	雌 Female	101	9.324 ± 0.265 (4.799—18.327)	34	7.954 ± 0.457 (4.093—13.770)	$t = 3.03$, $P < 0.01$

显著差异 (长径: ANCOVA- $F_{1,38} = 1.35$, $P = 0.25$; 短径: ANCOVA- $F_{1,38} = 0.12$, $P = 0.73$), 表明蓝尾石龙子卵形状不存在种群间差异。

2.4 窝卵数与卵大小的权衡

窝卵数和卵重量之间的回归分析显示, 窝卵数和卵重量呈负相关 ($r^2 = 0.1$, $F_{1,39} = 4.11$, $P < 0.05$)。协方差分析显示, 当窝卵数控制恒定时,

蓝尾石龙子杭州种群的卵重量显著大于宁德种群 ($F_{1,38} = 6.11$, $P = 0.02$) (图 2)。这表明种群间窝卵数和卵大小的权衡存在差异。

3 讨论

蓝尾石龙子性成熟大小和繁殖输出存在显著种群间差异, 而且从母体个体大小的差异可以解释很

表 2 蓝尾石龙子杭州和宁德种群繁殖输出特征的比较

Tab. 2 A comparison of reproductive output between the two *Eumeces elegans* populations from Hangzhou and Ningde

		杭州种群 Hangzhou population (n = 21)	宁德种群 Ningde population (n = 20)	差异显著性 Significance*
卵重 Egg mass (g)	观察值 Observed value	0.587 ± 0.019 (0.483—0.746)	0.491 ± 0.019 (0.370—0.689)	$F_{1,39} = 12.28, P < 0.01$ (ANOVA)
	校正平均值 Adjusted mean	0.573 ± 0.018	0.505 ± 0.019	$F_{1,38} = 6.39, P < 0.05$ (ANCOVA)
窝卵数 Clutch size	观察值 Observed value	5.8 ± 0.4 (3—10)	5.5 ± 0.4 (2—8)	$F_{1,39} = 0.27, P = 0.61$ (ANOVA)
	校正平均值 Adjusted mean	5.5 ± 0.3	5.7 ± 0.4	$F_{1,38} = 0.14, P = 0.71$ (ANCOVA)
窝卵重 Clutch mass (g)	观察值 Observed value	3.401 ± 0.269 (1.932—7.054)	2.643 ± 0.167 (1.043—4.126)	$F_{1,39} = 5.61, P < 0.05$ (ANOVA)
	校正平均值 Adjusted mean	3.187 ± 0.193	2.867 ± 0.198	$F_{1,38} = 1.26, P = 0.27$ (ANCOVA)

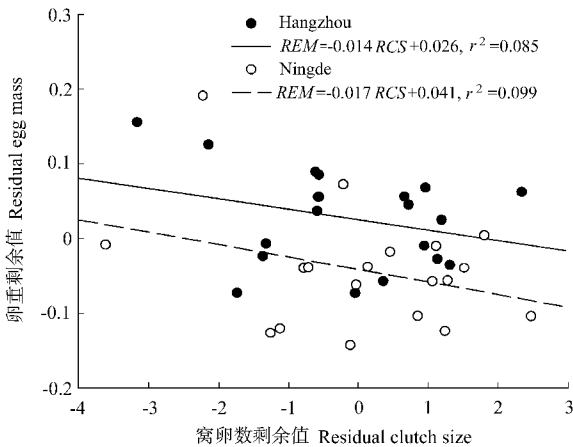


图 2 蓝尾石龙子杭州和宁德种窝卵数与卵重权衡的差异

Fig. 2 Inter-population difference in the position of the trade-off between clutch size and egg mass in the blue-tailed skink (*Eumeces elegans*) from Hangzhou and Ningde

大部分的繁殖生活史种群间差异。其他蜥蜴类动物的研究亦表明，繁殖生活史特征的种间和种群间的差异在很大程度上归因于母体大小的变异 (Fitch, 1985; Dunham et al, 1988; James & Shine, 1988; Hasegawa, 1994; Bauwens & Díaz-Urriarte, 1997; Du et al, 2005b)。在蜥蜴类动物中，雌体繁殖输出与其个体大小普遍存在正相关关系 (Shine, 1992)。这样，在蜥蜴生活史中，随着个体的增长，其繁殖输出亦增加。最近的实验研究也进一步证实：蜥蜴母体可根据腹腔容纳量来调节其怀卵数量 (Du et al, 2005a)。由此可见，母体大小是重要的生活史特征，了解母体大小的进化是揭示蜥蜴类爬行动物繁

殖生活史进化的一个重要前提。那么，是什么因素决定特定物种和种群的母体进化为特定的个体大小呢？显然，这些因素应既有遗传因素，又有环境因素。譬如，遗传和环境因素都可影响蜥蜴的生长速度，进而决定其性成熟时个体大小 (Reznick & Bryga, 1987; Sinervo & Adolph, 1989; Smith et al, 1994)。对外温动物而言，除遗传因素外，环境因子显著影响着动物个体的大小。如温度 (Ashton & Feldman, 2003; Angilletta et al, 2004)、食物可利用性和食物大小 (Case, 1978; Wellborn, 1995)，以及捕食压力等 (Case & Schwaner, 1993)。高纬度地区杭州的蓝尾石龙子个体大于低纬度地区宁德的个体 (表 1)。这种个体大小的纬度变化趋势与一些爬行动物相同，可解释为温度作用的结果，符合 Bergman 规律。最近的研究还表明，这一在哺乳动物研究中发展起来的规律也适用于部分外温动物 (Ashton & Feldman, 2003; Angilletta et al, 2004)。然而，决定动物个体大小是在遗传与环境共同作用下长期进化的结果。因此，只有深入剖析个体大小的遗传决定因子、环境影响因子，以及动物的生活史策略 (如能量分配对策) 等，才能全面揭示动物个体大小的进化。

当然，母体个体大小的差异不能完全解释种群间生活史特征的差异。譬如，即使在利用统计方法消除母体体长的影响后，蓝尾石龙子卵大小的种群间差异依然存在。尽管有关生活史特征的遗传决定过程尚未揭示，一些数量遗传和人工选择实验已显示，卵大小具显著遗传性 (Sinervo & Doughty,

1996; Caley et al, 2001; Czesak & Fox, 2003)。Du et al (2005b) 报道北草蜥 (*Takydromus septentrionalis*) 繁殖生活史特征 (窝卵数、卵大小、窝卵重) 的地理种群间差异并不随饲养时间和条件的变化而改变, 表明这些种群间差异主要取决于内在遗传差异而不是环境因子。

高纬度地区蓝尾石龙子的卵大于低纬度地区, 此种卵大小的地理变异特征也在其他蜥蜴中存在, 如柔滑蜥 (*Lampropholis delicata*) (Forsman & Shine, 1995)、中国石龙子 (*Eumeces chinensis*) (Ji et al, 2002a)、北草蜥 (Du et al, 2005b) 等。在纬度较高的地区, 爬行动物的热环境可利用性相对较差, 幼体从卵孵出后到越冬前的时间较低纬度地区者短, 相对较大的卵可以孵出较大幼体, 较大幼体具有较好的功能表现 (运动速度、捕食和逃避天敌的能力) (Ferguson & Fox, 1984; Webb, 1986), 在越冬前能储存相对较多的能量, 因而, 具有较大的越冬存活机会和自然选择优势。

尽管卵大小存在显著的地理种群间差异, 但种群间相对窝卵重无显著差异。蓝尾石龙子的此种现象在其他蜥蜴也存在 (Shine & Schwarzkopf, 1992)。雌体的繁殖投入可能受到腹腔空间和能量可得性的限制 (Shine, 1992; Olssen & Shine,

1997)。就理论推测而言, 能量限制可使蜥蜴的繁殖投入和相对窝卵重根据可利用能量的变化而变化, 进而产生显著变异; 而腹腔空间为动物设置了一个最大可能的繁殖空间极限。对蓝尾石龙子这类小型蜥蜴来说, 其寿命较短, 年产单窝卵, 充分利用腹腔空间以增加繁殖输出对提高繁殖成功率极为重要。因此, 相对窝卵重的相对恒定可能表明, 蜥蜴已充分利用了腹腔空间, 产出与个体大小相匹配的一窝卵。同域分布的小型蜥蜴——北草蜥的研究为上述推测提供了佐证: 腹腔容纳量能限制蜥蜴的窝卵数 (Du et al, 2005a), 而能量可利用性只影响繁殖时间和频率, 而不影响窝卵数和卵大小 (Du, 2006)。在本研究中, 蓝尾石龙子在食物不受限制的条件下繁殖, 即使野外能量积累对其繁殖投入有影响, 也应已被大大缓冲。因此, 所检测到的窝卵数和卵大小的权衡更多反映了繁殖空间 (腹腔容纳量) 的限制。窝卵数与卵大小的权衡存在种群间差异, 表明繁殖策略存在种群间差异, 也可能反映特定大小雌体腹腔空间存在种群间差异。

致谢: 杭州师范学院沈罕卿、杨彦协助开展实验室和野外工作; 审稿专家对论文初稿提出宝贵意见, 在此一并表示衷心感谢。

参考文献:

- Angilletta MJ Jr, Steury TD, Sears MW. 2004. Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: Fitting pieces of a life-history puzzle [J]. *Int Comp Biol*, **44**: 498–509.
- Ashton KG, Feldman CR. 2003. Bergmann's rule in nonavian reptiles: Turtles follow it, lizards and snakes reverse it [J]. *Evolution*, **57**: 1151–1163.
- Bauwens D, Dfaz-Uriarte R. 1997. Covariation of life-history traits in lacertid lizards: A comparative study [J]. *Am Nat*, **149**: 91–111.
- Caley MJ, Schwarzkopf L, Shine R. 2001. Does total reproductive effort evolve independently of offspring size [J]. *Evolution*, **55**: 1245–1248.
- Case TJ. 1978. A general explanation for inter-population body size trends in terrestrial vertebrates [J]. *Ecology*, **59**: 1–18.
- Case TJ, Schwaner TD. 1993. Island/mainland body size differences in Australian varanid lizards [J]. *Oecologia*, **94**: 102–109.
- Czesak ME, Fox CW. 2003. Evolutionary ecology of egg size and number in a seed beetle: Genetic trade-off differs between environments [J]. *Evolution*, **57**: 1121–1132.
- Du WG. 2006. Phenotypic plasticity in reproductive traits induced by food availability in a lacertid lizard, *Takydromus septentrionalis* [J]. *Oikos*, **112**: 363–369.
- Du WG, Ji X. 2001. Growth, sexual size dimorphism and female reproductive of blue-tailed skinks, *Eumeces elegans* [J]. *Zool Res*, **22**: 279–286. [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**: 279–286.]
- Du WG, Yan SJ, Ji X. 2000. Selected body temperature, thermal tolerance and thermal dependence of food assimilation and locomotor performance in adult blue-tailed skinks, *Eumeces elegans* [J]. *J Therm Biol*, **25**: 197–202.
- Du WG, Ji X, Shine R. 2005a. Does body-volume constrain reproductive output in lizards [J]. *Biol Lett*, **1**: 98–100.
- Du WG, Ji X, Zhang YP, Xu XF, Shine R. 2005b. Identifying sources of variation in reproductive and life history traits among five populations of a Chinese lizard (*Takydromus septentrionalis*, Lacertidae) [J]. *Biol J Linn Soc*, **85** (4): 443–453.
- Dunham AE, Miles DB, Reznick DN. 1988. Life history patterns in squamate reptiles [A]. In: Gans C, Huey RB. *Biology of the Reptilia* [M]. New York: Alan R Liss, 441–522.
- Dunham AE, Morin CH, Wilbur HM. 1986. Methods for the study of reptile populations Vol. 16B [A]. In: Gans C, Huey RB. *Biology of the Reptilia* [M]. New York: Alan R Liss, 331–385.
- Ferguson GW, Fox SF. 1984. Annual variation of survival advantage of large juvenile side-blotched lizards, *Uta stansburiana*: Its causes and evolutionary significance [J]. *Evolution*, **38**: 342–349.
- Fitch HS. 1985. Variation in clutch and litter size in New World reptiles [J]. *Univ Kans Mus Nat Hist*, **76**: 1–76.
- Forsman A, Shine R. 1995. Parallel geographic variation in body shape and reproductive life history within the Australian scincid lizard *Lampropholis delicata* [J]. *Funct Ecol*, **9**: 818–828.

- Hasegawa M. 1994. Insular radiation in life history of the lizard *Eumeces okadae* in the Ize islands, Japan [J]. *Copeia*, **1994**: 732–747.
- James CD, Shine R. 1988. Life-history strategies of Australian lizards: A comparison between the tropics and the temperate zone [J]. *Oecologia*, **75**: 307–316.
- Ji X, Huang HY, Hu XZ, Du WG. 2002a. Geographic variation in female reproductive characteristics and egg incubation of *Eumeces chinensis* [J]. *Chin J Appl Ecol*, **13** (6): 680–684. [计翔, 黄红英, 胡晓忠, 杜卫国. 2002. 中国石龙子雌体繁殖特征和卵孵化的地理变异. 应用生态学报, **13** (6): 680–684.]
- Ji X, Qiu QB, Diong CH. 2002b. Sexual dimorphism and female reproductive characteristics in the oriental garden lizard, *Calotes versicolor*, from a population in Hainan, southern China [J]. *J Herpetol*, **36**: 1–8.
- Liu NF, Huang ZH, Li RD. 2005. Reproduction of *Eremias multiocellata* from a Minqin population [A]. In: Zhou KY, Ji X. *Herpetologica Sinica* [M]. Jilin: Jilin People's Press, **10**: 147–154. [刘迺发, 黄族豪, 李仁德. 2005. 密点麻蜥民勤种群的繁殖研究. 见: 周开亚, 计翔. 两栖爬行动物学研究. 吉林: 吉林人民出版社, **10**: 147–154.]
- Niewiarowski PH. 1994. Understanding geographic life-history variation in lizards [A]. In: Vitt LJ, Pianka ER. *Lizard Ecology: Historical and Experimental Perspectives* [M]. Princeton: Princeton University Press, 31–50.
- Niewiarowski PH, Angilletta MJ Jr, Leache DD. 2004. Phylogenetic comparative analysis of life-history variation among population of the lizard *Sceloporus undulatus*: An example and prognosis [J]. *Evolution*, **58**: 619–633.
- Olsson M, Shine R. 1997. The limits to reproductive output: Offspring size versus number in the sand lizard (*Lacerta agilis*) [J]. *Am Nat*, **149**: 179–188.
- Reznick DN, Bryga H. 1987. Life-history evolution in guppies (*Poecilia reticulata*): 1. Phenotypic and genetic changes in an introduction experiment [J]. *Evolution*, **41**: 1371–1385.
- Roff DA. 2002. *Life History Evolution* [M]. Sunderland, Mass., USA: Sinauer Associates.
- Shine R. 1992. Relative clutch mass and body shape in lizards and snakes: Is reproductive investment constrained or optimized [J]. *Evolution*, **46**: 828–833.
- Shine R, Schwarzkopf L. 1992. The evolution of reproductive investment in lizards and snakes [J]. *Evolution*, **46**: 62–75.
- Shou L, Du WG, Lu YW. 2005. The causal analysis of inter-population variation in life histories of the northern grass lizard *Takydromus septentrionalis*: Between-island differences in thermal environment, food availability and body temperature [J]. *Acta Zool Sin*, **51** (5): 797–805. [寿鹿, 杜卫国, 陆玮玮. 2005. 北草蜥种群间生活史变异的成因分析: 热环境、食物可利用性和体温的岛屿间差异. 动物学报, **51** (5): 797–805.]
- Shu L, Du WG, Zhao J, Hu LJ. 2004. Effects of food and reproduction on energy storage in blue-tailed skink, *Eumeces elegans* [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, **10** (3): 298–300. [舒霖, 杜卫国, 赵炯, 胡凌君. 2004. 食物和繁殖对蓝尾石龙子储能的影响. 应用与环境生物学报, **10** (3): 298–300.]
- Sinervo B, Adolph SC. 1989. Thermal sensitivity of growth rate in hatching *Sceloporus lizards*: Environmental, behavioral and genetic aspects [J]. *Oecologia*, **78**: 411–419.
- Sinervo B, Doughty P. 1996. Interactive effects of offspring size and timing of reproduction on offspring reproduction: Experimental, maternal, and quantitative genetic aspects [J]. *Evolution*, **50**: 1314–1327.
- Smith GR, Ballinger RE, Nietfeldt JW. 1994. Elevational variation of growth rates in neonate *Sceloporus jarrovi*: An experimental evaluation [J]. *Funct Ecol*, **8**: 215–218.
- Stearns SC. 1992. *The Evolution of Life Histories* [M]. Oxford: Oxford University Press.
- Tinkle DW, Wilbur HM, Tilley SG. 1970. Evolutionary strategies in lizard reproduction [J]. *Evolution*, **24**: 55–74.
- Webb PV. 1986. Locomotion and predator-prey relationships [A]. In: Feder ME, Lauder GV. *Predator-prey Relationships: Perspectives and Approaches from the Study of Lower Vertebrates* [M]. Chicago: University of Chicago Press, 24–41.
- Wellborn GA. 1995. Determinants of reproductive success in freshwater amphipod species differing in body size and life history [J]. *Anim Behav*, **50**: 353–363.
- Zhang YP, Ji X. 2004. Sexual dimorphism in head size and food habits in the blue-tailed skink *Eumeces elegans* [J]. *Acta Zool Sin*, **50** (5): 745–752. [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.]
- Zhao E, Adler K. 1993. *Herpetology of China* [M]. Ohio: SSAR, Oxford.

更 正

本刊 27 (2) 第 158 页左栏第 6 行末“(Wu & Fang, 2005)”应为“(Wan et al, 2005)”;同时, 文后参考文献右栏第 13 行首增加“Wan QH,”。此错误系我们在合作者校样时遗漏, 特此更正, 并向作者和读者表示由衷地歉意!

《动物学研究》编辑部

2006 年 6 月 22 日