断尾对胎生蜥蜴运动能力和选择体温的影响*

刘 鹏[1] 刘琳琳[1] 刘志涛[1] 夏玉国[2] 计 翔[3] 赵文阁[1**]
([1]哈尔滨师范大学生命科学与技术学院, 哈尔滨 150025; [2]黑龙江生物科技职业学院, 哈尔滨 150025; [3]南京师范大学生命科学学院, 南京 210046)

摘 要 尾自切是蜥蜴为了降低被捕食危险而采取的一种反捕食适应策略,但断尾可导致体重减轻、热量收支平衡改变,并影响蜥蜴的运动能力和体温调节。为检验断尾对蜥蜴运动能力和选择体温的影响,于2006年5月选取黑龙江省小兴安岭地区的一个胎生蜥蜴种群进行实验。结果表明:在30 ℃和24 ℃两个实验温度下,断尾后胎生蜥蜴的运动能力均明显下降,表现在停顿次数增多、最大可持续距离和最大疾跑速度减少等方面;断尾、温度和性别对胎生蜥蜴运动能力的影响在一定程度上是相互独立的,断尾是影响胎生蜥蜴运动能力的主要因素;断尾对胎生蜥蜴的选择体温没有显著影响。

关键词 胎生蜥蜴; 断尾; 运动能力; 选择体温; 温度; 性别

中图分类号 Q959.6 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2011)9-2034-05

Effects of tail loss on locomotor ability and selected body temperature of common lizard *Lacerta vivipara*. LIU Peng[1], LIU Lin-lin[1], LIU Zhi-tao[1], XIA Yu-guo[2], JI Xiang[3], ZHAO Wen-ge[1**] ([1]*College of Life Science and Technology*, *Harbin Normal University*, *Harbin* 150025, *China*; [2]*Heilongjiang Vocational College of Biological Science and Technology*, *Harbin* 150025, *China*; [3]*College of Life Sciences*, *Nanjing Normal University*, *Nanjing* 210046, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2011, **30**(9): 2034-2038.

Abstract: Tail autotomy is an effective anti-predator strategy adopted by many lizards, but can induce the decrease of their body mass and the changes in their energy balance, giving effects on their locomotor ability and body temperature adjustment. In this paper, a common lizard (*Lacerta vivipara*) population was collected from Xiaoxing'an Mountains in Heilongjiang Province of Northeast China in May 2006 to examine the effects of tail loss on the *L. vivipara* locomotor ability and selected body temperature. At experimental temperature 30 ℃ and 24 ℃, the tail loss of *L. vivipara* resulted in an obvious reduction in its locomotor performances. More specifically, the frequency of stopping locomotion increased whereas the maximum distance of continuous locomotion and the sprint speed decreased. To some extent, the effects of tail loss, experimental temperature, and sex on the locomotor ability of *L. vivipara* were independently. Tail loss was the main factor affecting the locomotor ability, but had little effects on the selected body temperature.

Key words: *Lacerta vivipara*; tail loss; locomotor ability; selected body temperature; temperature; sex.

蜥蜴的尾部通常在身体中占较大的比例,是运动的平衡器官(Ballinger,1973)和能量的主要存储部位(Avery,1970;计翔等,1994),对蜥蜴十分重要。断尾是蜥蜴在遇到捕食者袭击时为了增加生存机会而采用的一种反捕食适应策略(Congdon *et al.*, 1974;Dial & Fitzpatrick,1983),可以增加断尾个体的生存适合度,但可能会对动物的生理和行为产生不良影响(Fox &McCoy,2000)。蜥蜴断尾的代价与收益之间的权衡是生态学领域备受关注的重要课题(Ballinger & Tinkle,1979;Dial &Fitzpatrick,1981;孙燕燕等,2007)。

胎生蜥蜴(*Lacerta vivipara*)是生活在亚北极区

*黑龙江省青年科学基金项目(QC2010035)、黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12511162)和哈尔滨师范大学科技发展预研项目(09XKYY08)资助。
**通讯作者 E-mail: zhaowenge311@126.com
收稿日期: 2011-02-25 接受日期: 2011-06-15

仅有的 4 种古北区爬行动物之一(Spellerberg,1976),由于生理结构具有的特殊性使得该物种适于栖息多种生境(Grenot & Heulin,1990),广泛分布于欧亚大陆北纬 45°以北的地区,在中国主要分布在黑龙江、内蒙古和新疆等地(赵文阁等,2006)。已有研究表明,自然环境中的胎生蜥蜴具有较高的断尾率,断尾造成的体重的变化、能量和运动平衡器官的丧失可能会影响胎生蜥蜴的运动能力和体温调节能力(董丙君等,2007)。本文通过比较不同温度和性别的胎生蜥蜴断尾和未断尾情况下的运动能力和选择体温的变化,探讨胎生蜥蜴断尾的生物学意义及其适应机制。

1　材料与方法

1.1　标本采集和饲养

研究用的胎生蜥蜴于 2006 年 5 月捕自黑龙江省小兴安岭地区的孙吴县(49 °39′N,127 °34′E),将其放入 24 ℃恒温气候室中的整理箱(55 cm×96 cm ×52 cm)里饲养,箱底铺满细沙,其上放一小块草皮,并散放一些植物叶子作为隐蔽物;在整理箱的一侧用培养皿盛装水(水中添加钙粉和复合维生素)和黄粉虫(*Tenebrio molitor*)幼虫;整理箱一角的上方加 1 只 100 W 的灯泡,光照时间为 6:00—18:00,使灯下温度在 40 ℃ ~60 ℃,形成温度梯度。

1.2　断尾及疾跑速度测定

于 6 月中旬选取身体健康且尾部完全的胎生蜥蜴成体 32 只(♀16,♂16),放入洁净的手术盘中,尾部消毒,在距离泄殖腔孔 2 cm 处使其断尾。将断尾个体放入整理箱中恢复,以防止伤口感染。3 d 后将雌雄成体随机平均分成两组,分别移入 24 ℃和 30 ℃恒温气候室适应 24 h 后,测量头体长和疾跑速度,另外选取未断尾的成体 32 只(♀16,♂16)作为对照实验。将每只实验个体放入 200 cm×30 cm×50 cm 的跑道一端,用毛刷轻轻敲打胎生蜥蜴的尾部,使其跑完跑道的往返,用摄像机记录整个过程,然后在电脑中进行分析(Du *et al*,2000;Chen *et al*.,2003),记录停顿次数、最大疾跑速度和最大可持续距离。

1.3　体温测量

为了避免雌性繁殖期对体温的影响,于 9 月下旬选取身体健康且尾部完全的胎生蜥蜴成体 40 只(♀20,♂20),其中随机选取 20 只成体(♀10,♂10)进行断尾实验,剩余的进行对照实验(对照组中有 2 只雄性在实验过程中死亡)。实验前,将恒温室温度调至 18 ℃,适应 3 d 后,于每天 13:00 测量实验个体的体温。首先将在灯下调温的胎生蜥蜴个体迅速拿起,用点温计插入泄殖腔 1.5 cm 处测量体温并记录,然后再放回到整理箱中,每只胎生蜥蜴测完两次体温后即从箱中捡出,2 次体温的平均值代表其调节后的体温,待所有实验个体都测得两次温度后即结束实验。

1.4　数据分析

所得数据用平均值±标准差表示,在进一步统计分析前,用 Kolmogorov-Simirnov 和 Bartlett 分别检验数据的正态性和方差的同质性。所有数据处理均在 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件上进行,显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$。

2　结果与分析

2.1　断尾对停顿次数的影响

未断尾的雌性胎生蜥蜴在 30 ℃的停顿次数为(1.8±0.8)次,在 24 ℃的停顿次数为(4.6±2.2)次;雄性胎生蜥蜴在 30 ℃的停顿次数为(1.5±0.9)次,在 24 ℃的停顿次数为(6.0±3.5)次(图 1)。断尾的雌性胎生蜥蜴在 30 ℃的停顿次数为(10.5±3.2)次,在 24 ℃的停顿次数为(6.2±1.7)次;雄性胎生蜥蜴在 30 ℃的停顿次数为(8.9±2.9)次,在 24 ℃的停顿次数为(11.9±4.6)次(图 1)。

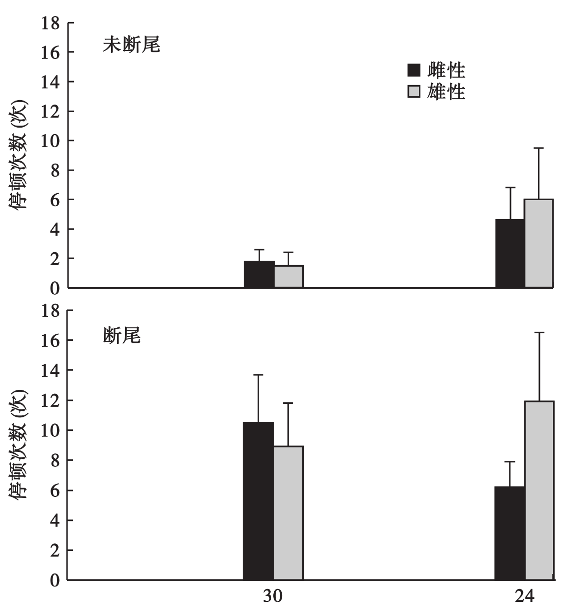

图 1　断尾和未断尾蜥蜴的停顿次数
Fig. 1　Number of stops in tailed and tailless lizards

结果表明,性别和温度对胎生蜥蜴的停顿次数均没有显著的影响($F_{1,49}=1.25$,$P=0.270$;$F_{1,49}=1.95$,$P=0.169$),而断尾后胎生蜥蜴的停顿次数显著增多($F_{1,49}=27.20$,$P<0.001$)。

2.2 断尾对最大可持续距离的影响

未断尾的雌性胎生蜥蜴在30 ℃的最大可持续距离为(144.9±26.8) cm,在24 ℃的最大可持续距离为(118.6±34.5) cm;雄性胎生蜥蜴在30 ℃的最大可持续距离为(157.5±22.4) cm,在24 ℃的最大可持续距离为(110.1±29.7) cm(图2)。断尾的雌性胎生蜥蜴在30 ℃的最大可持续距离为(73.0±19.4) cm,在24 ℃的最大可持续距离为(92.2±17.1) cm;雄性胎生蜥蜴在30 ℃的最大可持续距离为(87.8±21.2) cm,在24 ℃的最大可持续距离为(78.4±21.8) cm(图2)。结果表明,性别和温度对胎生蜥蜴的最大可持续距离没有显著的影响($F_{1,49}=0.176$,$P=0.895$;$F_{1,49}=2.63$,$P=0.111$),而断尾后胎生蜥蜴的最大可持续距离显著减少($F_{1,49}=25.70$,$P<0.001$)。

2.3 断尾对最大疾跑速度的影响

未断尾的雌性胎生蜥蜴在30 ℃的最大疾跑速度为(44.0±30.2) cm·s^{-1},在24 ℃的最大疾跑速度为(52.2±21.5) cm·s^{-1};雄性胎生蜥蜴在30 ℃的最大疾跑速度为(49.7±24.6) cm·s^{-1},在24 ℃的最大疾跑速度为(46.5±14.3) cm·s^{-1}(图3)。

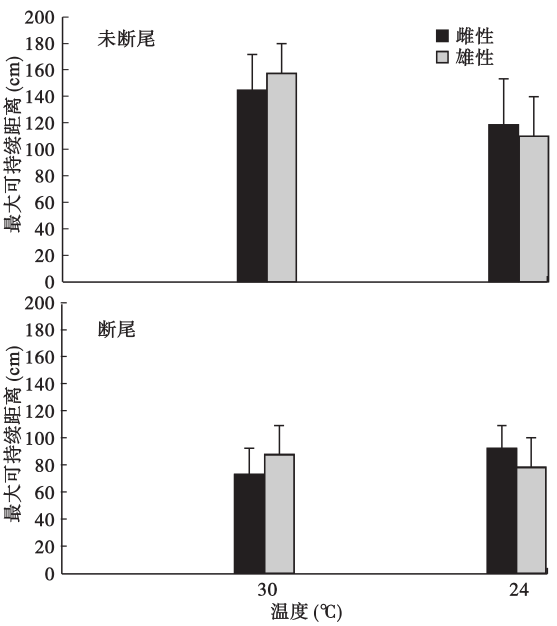

图2 断尾和未断尾蜥蜴的最大可持续距离

Fig. 2 The maximum distance of continuous locomotion in tailed and tailless lizards

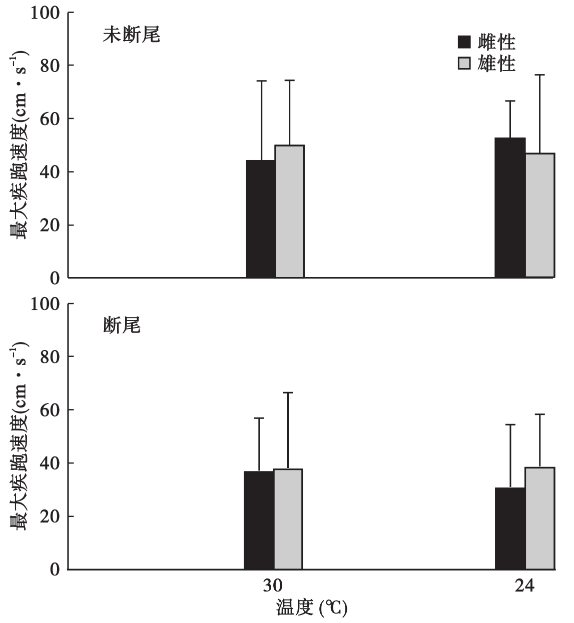

图3 断尾和未断尾蜥蜴的最大疾跑速度

Fig. 3 Sprint speed in tailed and tailless lizards

断尾的雌性胎生蜥蜴在30 ℃的最大疾跑速度为(36.7±19.9) cm·s^{-1},在24 ℃的最大疾跑速度为(30.6±23.6) cm·s^{-1};雄性胎生蜥蜴在30 ℃的最大疾跑速度为(37.8±28.5) cm·s^{-1},在24℃的最大疾跑速度为(38.4±19.7) cm·s^{-1}(图3)。结果表明,性别和温度对胎生蜥蜴的最大疾跑速度没有显著的影响($F_{1,49}=0.53$,$P=0.469$;$F_{1,49}=0.001$,$P=0.974$),而断尾后胎生蜥蜴的最大疾跑速度显著下降($F_{1,49}=15.89$,$P<0.001$)。

2.4 断尾、温度和性别对运动能力影响的交互作用

尽管性别与温度的交互作用对停顿次数有显著影响($P<0.05$),断尾情况与温度交互作用对最大可持续距离有显著影响($P<0.05$),但其他交互作用对运动能力无显著影响($P>0.05$)(表1),这说明断尾、温度和性别对胎生蜥蜴运动能力的影响在一定程度上是独立的,实验中运动能力显著变化的原因主要是由于断尾造成的,而与温度和性别没有直接关系。

2.5 断尾对体温选择的影响

方差分析结果表明,性别和断尾对胎生蜥蜴的体温选择没有影响($F_{1,34}=0.012$,$P=0.91$;$F_{1,34}=0.065$,$P=0.80$),也不存在显著的交互作用($F_{1,34}=0.013$,$P=0.91$)(表2),胎生蜥蜴的体温选择在32℃左右。由此可见,胎生蜥蜴的性别和断尾对体温选择的影响是相互独立。

表 1　性别、温度、断尾情况交互作用对运动能力的影响

Table 1　Effects of sex, temperature and tail loss interactions on locomotor performance

	停顿次数	最大可持续距离	最大疾跑速度
断尾情况与性别交互作用	$F_{1,49}=1.37$, $P=0.543$	$F_{1,49}=0.01$, $P=0.939$	$F_{1,49}=0.52$, $P=0.473$
性别与温度交互作用	$F_{1,49}=4.20$, $P=0.046$	$F_{1,49}=1.59$, $P=0.213$	$F_{1,49}=0.14$, $P=0.071$
断尾情况与温度交互作用	$F_{1,49}=3.64$, $P=0.062$	$F_{1,49}=4.48$, $P=0.039$	$F_{1,49}=0.73$, $P=0.397$
断尾情况、性别、温度交互作用	$F_{1,49}=1.75$, $P=0.192$	$F_{1,49}=0.04$, $P=0.851$	$F_{1,49}=2.16$, $P=0.148$

表 2　尾部情况和性别对体温的影响

Table 2　Effects of tail loss and sex on body temperature

性别	尾部情况	体温平均值(℃)	样本数
♀	未断尾	32.58 ±2.18	10
	断尾	32.48 ±2.21	10
♂	未断尾	32.73 ±1.76	8
	断尾	32.48 ±2.38	10

3　讨　论

野生动物在自然界中承受很大的生存压力,而断尾是蜥蜴类具有的一种求生策略(陈绍军,1994),但不同种类之间存在一定的差异。例如,鬣蜥科蜥蜴未见断尾现象(Zhang *et al.*,2005),而壁虎科、石龙子科和蜥蜴科种类断尾现象较常见(林吕河,1978;赵肯堂等,1990;陈绍军,1994)。不同环境、年度、性别及年龄的同种个体断尾率也有一定的差异(计翔等,1994;Webb,2006;董丙君等,2007),这些差异与蜥蜴的尾部形态结构、运动方式、生境利用、摄食行为等有关(陈绍军,1994;Lin & Ji,2005)。以往的研究表明,小兴安岭地区的胎生蜥蜴种群具有较高的断尾率,当个体面临被捕食和竞争危险时,考虑到付出和收益之间的权衡后,自行断尾是一种迅速的、有效的自我保护方式,与获得更多的生存机会相比,断尾带来的不利影响是微不足道的,而且断尾在短时间内造成的不利影响可以通过结构比较简单、功能不太完善再生尾获得一定的补偿(董丙君等,2007)。

本研究证实,胎生蜥蜴断尾前两性的运动能力没有显著差别(雌性怀孕期除外),断尾后如果雌雄保留的尾基部长度一致(约 2 cm),则两性的运动能力也没有显著差别。然而,断尾后两性的运动能力与断尾前相比有明显变化,表现在运动过程中的停顿次数显著增加、最大可持续距离和最大疾跑速度显著下降,可能与重心向后肢移动使身体平衡发生变化有关(Ballinger,1973;Punzo,1982;Formanowicz *et al.*,1990),而运动能力的下降可能会使其活动范围缩小(Salvador *et al.*,1996)或交配机会减少(Fox & Rostker,1982)。显然,断尾具有运动代价,胎生蜥蜴不会轻易选择断尾这种逃生对策。例如,有些个体在确认其无法摆脱危险时,即使反复捕捉也不会自行断尾。胎生蜥蜴具有明显的两性异形现象,雄性的尾长明显大于雌性(Liu *et al.*,2008),两性尾长的不同造成断尾的位置可能存在一定的差别,这对两性运动能力的影响需要进一步的研究。

此外,尾部作为调节温度的重要部位,失去后会使体温有所变化(O' Connor,1999;Dzialowsky *et al.*,1999),而温度也是影响蜥蜴运动能力的重要因素之一(Du *et al.*,2000;Chen *et al.*,2003)。本研究中,胎生蜥蜴在 24℃ 和 30℃ 的停顿次数、最大疾跑速度和最大可持续距离无显著差异,推测胎生蜥蜴运动能力达到最佳状态时所对应的温度可能介于 24℃ 和 30℃ 之间(刘鹏等,2008)。断尾前后胎生蜥蜴两性的体温没有显著差异,原因可能是由于胎生蜥蜴的体形较小(Herczeg *et al.*,2004),或者体温调定点不受体重减轻和身体表面积减少的影响(Martín & Salvador,1993),也可能体重减轻和表面积减少的作用相互抵消,结果是体温调定点不发生漂变。尽管断尾对胎生蜥蜴短期内的选择体温没有显著影响,但是对其调温速度、小生境的选择、食性的变化、越冬前的储能状况等方面的影响有待进一步研究。

参考文献

陈绍军. 1994. 丽斑麻蜥的种群结构与自截断尾再生的初步观察. 四川动物, **13**(4): 173-174.

董丙君, 赵文阁, 刘志涛, 等. 2007. 胎生蜥蜴断尾及再生的研究. 四川动物, **26**(2): 428-429.

计　翔, 徐永根, 郑向忠. 1994. 中国石龙子的主要储能部位研究. 动物学研究, **15**(3): 59-64.

林吕河. 1978. 蛤蚧的尾及再生研究. 动物学杂志, **13**(2): 10-13.

刘　鹏, 刘志涛, 李殿伟, 等. 2008. 模拟生境中胎生蜥蜴的日活动节律和活动时间分配. 生态学杂志, **27**(12): 2146-2152.

孙燕燕, 宋 幽, 计 翔. 2007. 印度蜓蜥尾自切的能量代价// 计 翔. 两栖爬行动物学研究(第11辑). 南京: 东南大学出版社: 107-115.

赵肯堂, 张 祥, 陈丽华. 1990. 北草蜥和多疣壁虎尾的自残及再生研究// 赵尔宓. 从水到陆——刘承钊教授诞辰九十周年纪念文集. 北京: 中国林业出版社: 138-144.

赵文阁, 董丙君, 刘 鹏, 等. 2006. 胎生蜥蜴的捕食行为及其食性分析. 生态学杂志, **25**(12): 1520-1523.

Avery RA. 1970. Utilization of caudal fat by hibernating common lizards, *Lacerta vivipara*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **37**: 119-131.

Ballinger RE, Tinkle DW. 1979. On the cost of tail regeneration to body growth in lizards. *Journal of Herpetology*, **13**: 374-375.

Ballinger RE. 1973. Experimental evidence of the tail as a balancing organ in the lizard, *Anolis carolinensis*. *Herpetologica*, **29**: 65-66.

Chen XJ, Xu XF, Ji X. 2003. Influence of body temperature on food assimilation and locomotor performance in white-striped grass lizards, *Takydromus wolteri* (Lacertidae). *Journal of Thermal Biology*, **28**: 385-391.

Congdon JD, Vitt LJ, King WW. 1974. Geckos: Adaptive significance and energetics of tail autotomy. *Science*, **184**: 1379-1380.

Dial BE, Fitzpatrick LC. 1981. The energetic costs of tail autotomy to reproduction in the lizard *Coleonyx brevis* (Sauria: Gekkonidae). *Oecologia*, **51**: 310-317.

Dial BE, Fitzpatrick LC. 1983. Predator escape success in tailed versus tailless *Scincerella lateralis* (Sauria: Scincidae). *Animal Behavior*, **32**:301-302.

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*. *Journal of Thermal Biology*, **25**: 197-202.

Dzialowsky EM, O'Connor MP. 1999. Utility of blood flow to the appendages in physiological control of heat exchange in reptiles. *Journal of Thermal Biology*, **24**: 21-32.

Formanowicz DR, Brodie ED, Bradley PJ. 1990. Behavioural compensation for tail loss in the ground skink, *Scincella lateralis*. *Animal Behaviour*, **40**: 782-784.

Fox SF, McCoy JK. 2000. The effects of tail loss on survival, growth, reproduction, and sex ratio of offspring in the lizard *Uta stansburiana* in the field. *Oecologia*, **122**: 327-334.

Fox SF, Rostker MA. 1982. Social cost of tail loss in *Uta stansburiana*. *Science*, **218**: 692-693.

Grenot C, Heulin B. 1990. Sur la plasticité écophysiologique du lizard vivipare, *Lacerta vivipara* (Reptilia, Lacertidae). *Bulletin de la Societe Herpetology de France* **54**: 190-204.

Herczeg G, Kovács T, Tóth T, *et al*. 2004. Tail loss and thermoregulation in the common lizard *Zootoca vivipara*. *Naturwissenschaften*, **91**: 485-488.

Lin ZH, Ji X. 2005. Partial tail loss has no severe effects on energy stores and locomotor performance in a lacertid lizard *Takydromus septentrionalis*. *Journal of Comparative Physiology B*, **175**: 567-573.

Liu P, Zhao WG, Liu ZT, *et al*. 2008. Sexual dimorphism and female reproduction in *Lacerta vivipara*, in Northeast China. *Asiatic Herpetological Research*, **11**: 98-104.

Martín J, Salvador A. 1993. Tail loss and foraging tactics of the Iberian rock lizard, *Lacerta monticola*. *Oikos*, **66**: 318-324.

O'Connor MP. 1999. Physiological and ecological implications of a simple model of heating and cooling in reptiles. *Journal of Thermal Biology*, **24**: 113-136.

Punzo F. 1982. Tail autotomy and running speed in the lizards *Cophosaurus texanus* and *Uma notata*. *Journal of Herpetology*, **16**: 329-331.

Salvador A, Martín J, López P, *et al*. 1996. Long-term effect of tail loss on home-range size and access to females in males in male lizards (*Psammodromus algirus*). *Copeia*, **1996**: 208-209.

Spellerberg IF. 1976. Adaptations of reptiles to cold// Bellaires A d'A, Cox CB, eds. Morphology and Biology of Reptiles. Linnean Society Symposia Series 3. London: Academic Press: 261-285.

Webb JK. 2006. Effects of tail autotomy on survival, growth and territory occupation in free-ranging juvenile geckos (*Oedura lesueurii*). *Austral Ecology*, **31**: 432-440.

Zhang XD, Ji X, Luo LG, *et al*. 2005. Sexual dimorphism and female reproduction in the Qinghai toad-headed lizard *Phrynocephalus vlangalii*. *Acta Zoologica Sinica*, **51**: 1006-1012.

作者简介 刘 鹏,男,1978年生,博士,副教授。主要从事两栖爬行动物生态学和保护生物学研究。E-mail: lipeng111111@163.com

责任编辑 刘丽娟