

原尾蜥虎个体状态及主要贮能部位水分含量 及能值的周年变化

叶志强, 李 军, 刘文华, 徐大德*, 倪洪斌

(肇庆学院生命科学学院, 肇庆 526062)

摘 要: 研究了原尾蜥虎的个体状态、主要贮能部位水分含量和能值的周年变化。于 2009 年 11 月 - 2010 年 10 月期间逐月捕捉动物, 经过测量形态、称重后, 解剖分离成去尾躯干, 肝脏和尾部 3 个部分。所有样品经 65 °C 恒温烘干至恒重后, 索氏脂肪提取仪测定脂肪含量, 微电脑热量计测定能值。结果显示: (1) 个体状态在月份间存在显著差异; (2) 雄体去尾躯干水分含量明显高于雌体, 去尾躯干、肝脏和尾部的水分含量存在明显的月份间差异; (3) 雄体去尾躯干和肝脏的能值明显高于雌体, 雌体尾部的能值明显高于雄体, 去尾躯干、肝脏和尾部的能值存在明显的月份间差异。上述结果表明, 原尾蜥虎去尾躯干、肝脏以及尾部的能值的周年变化与繁殖和冬眠以及食物资源等有密切联系。繁殖期适度贮能有利于增加雄体活动灵敏性, 提高繁殖成功率; 有利于增加雌体繁殖输出, 提高个体的适合度。

关键词: 壁虎科; 原尾蜥虎; 贮能部位; 个体状态; 水分含量; 能值

中图分类号: Q955

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)05-0786-06

Annual variations of individual condition, water content and energy value in the major energy reserves of the oriental leaf-toed gecko (*Hemidactylus bowringii*)

YE Zhiqiang, LI Jun, LIU Wenhua, XU Dade, NI Hongbin

(College of Life Science, Zhaoqing University, Zhaoqing 526062)

Abstract: Annual variations of individual condition, water content and energy value in the major energy reserves of the oriental leaf-toed gecko (*Hemidactylus bowringii*) in Zhaoqing were examined in this study. Samples of the adult geckos were collected monthly from November, 2009 to October, 2010 and brought to our laboratory in Zhaoqing University. The geckos were measured, weighed and freezing-killed at -20 °C, and then separated into carcasses, livers and tails. The three components were dried to constant mass at 65 °C, weighed and frozen-preserved for later determination of composition. We extracted non-polar lipids from dried samples in a Soxhlet apparatus for at least 6 h using absolute ether as solvent, and determined energy value using the GR-3500 oxygen-bomb calorimeter. Our results showed that: (1) there were significant monthly changes in individual condition in both sexes; (2) carcass water content and energy value of three components varied significantly among different months in both sexes; (3) water content of carcass, energy value of the carcass and liver were significant higher in males than in females, but energy value of the tail was lower in males than in females. Our results indicated that annual variations in energy values of the major energy reserves were correlated with reproductive events, winter hibernation and food sources. In the breeding season, proper energy storage is helpful to strengthening the ability of quick movement for the males, whereas it can increase reproductive output and improving fitness for the females.

Key words: Gekkonidae; *Hemidactylus bowringii*; energy reserve; individual condition; water content; energy value

收稿日期: 2015-05-16

基金项目: 国家自然科学基金 (31271124), 广东省自然科学基金 (s2013010016062) 和大学生创新创业训练计划项目 (DC201455) 共同资助。

作者简介: 叶志强, 实验师。

* 通信作者: 徐大德, 教授。E-mail: zqxdd@163.com

多数爬行动物生理状态具有一定的周期性变化, 这主要是由繁殖和食物可得性等因素的季节性变化所造成的。爬行动物能通过动用贮存于躯干、肝脏和尾等一些特定的身体部位内的脂肪和碳水化合物等主要能量物质来维持繁殖和冬眠时期的生命活动所需。爬行动物贮能部位也存在显著的种间差异, 现有报道发现中国石龙子 (*Eumeces chinensis*) 的主要脂肪贮存部位位于腹部脂肪体和尾^[1-2], 多疣壁虎 (*Gekko japonicus*) 则位于躯干、尾和肝脏^[3-4], 而北草蜥 (*Takydromus septentrionalis*) 的腹部脂肪体、肝脏、躯干和尾则是其脂肪贮存部位^[2, 5-6]。侧斑美洲鬣蜥 (*Uta stansburiana*) 脂肪体中的能量主要用于生成繁殖期的首窝卵^[7]; 北美艾灌蜥 (*Sceloporus graciosus*) 脂肪体中的部分能量用于在冬眠期维持基本能耗, 其余的所有能量则用于繁殖期卵的生成, 而脂肪体内的能量动用较尾部的要快^[8]。国内外众多研究者对爬行动物的脂肪体和脂质含量的季节性周期变化已有一定的报道^[7-11], 并将爬行动物体内脂肪的贮存和动用分为: (1) 无周期性; (2) 与繁殖有关; (3) 与冬眠有关; (4) 与繁殖和冬眠均有关等 4 种基本类型^[12]。然而, 迄今为止对于贮能部位能值的周期性变化仅在少数几种蜥蜴中有过相关报道^[1, 6, 13]。因此, 研究更多的爬行动物种类主要贮能部位能量的贮存和动用的季节性变化, 将有助于更深入的了解爬行动物繁殖和冬眠的生态学意义。

原尾蜥虎 (*Hemidactylus bowrigii*) 是一种小型卵生夜行性壁虎科 (Gekkonidae) 蜥虎属蜥蜴, 常栖息于居民建筑物的缝隙、屋檐等处, 主要分布于热带及亚热带地区, 是我国华南地区蜥蜴区系组成的重要成分。该种壁虎年活动规律为: 3-12 月下旬为活动期, 12 月下旬-次年 3 月中旬为休眠期; 其中 3 月下旬出蛰, 4 月开始交配, 5-8 月为繁殖期。5-10 月为全年的活动盛期^[14]。有关原尾蜥虎的生理生态学研究主要涉及: 摄食对代谢率的影响, 两性异形和雌性繁殖, 选择体温、热耐受性和食物同化的热依赖性, 体温、摄食、断尾和雌体繁殖状态对运动表现的影响等^[15-18]。本文报道广东肇庆地区原尾蜥虎主要贮能部位水分含量和能值的年周期变化, 旨在揭示去尾躯干、肝脏及尾部水分含量和能值变化以及水分含量和能值与其繁殖和冬眠关系。

1 材料与方 法

研究用原尾蜥虎成体于 2009 年 11 月—2010 年 10 月之间每月通过徒手捕自广东肇庆市郊

(E112°29', N23°04'), 捕捉到的蜥虎被带回实验室后, 被饲养在壁虎专用饲养网笼(长×宽×高 = 100 cm × 80 cm × 30 cm) 内, 笼内壁两侧悬挂纸为蜥虎提供躲避环境, 将笼子放置于实验室通风处并接受自然光照, 并在笼内放置添加 21 金维他的饮水, 每周提供面包虫 (*Tenebrio molitor*) 幼虫 3 次。12 月下旬蜥虎陆续进入冬眠状态, 这些个体分别于 2010 年 1 月和 2 月被冰冻。其余每月捕捉到的个体带回实验室后即刻置于 -20℃ 冰柜内冰冻保存。各月蜥虎解冻后, 称重并用数显游标卡尺测量体长 (snout-vent length, SVL) 为吻端至泄殖腔的距离, 尾长 (tail length, TL) 为泄殖腔至尾末端的距离。蜥虎被解剖分离为去尾躯干 (包括头部但不包括内脏)、肝脏和尾 3 部分, 对各部分用电子天平称重后, 在 65 °C 烘箱中烘干至恒重, 烘干的材料用 GR-3500 氧弹式量热计 (长沙) 测定各部分的能值。

本研究所获取的数据全部用 Statistica 统计软件包 6.0 进行统计分析。在作进一步统计分析前, 用 Kolmogorov-Smirnov 和 Bartlett 方法分别检验数据的正态性和方差的均质性。经检验, 数据均符合进行参数统计的要求。用双因子方差分析 (two-way ANOVA)、线性回归分析 (linear regression)、Tukey 多重比较检验 (Tukey's test) 等方法处理相应的数据。个体状态用体重与 SVL 的回归剩余值表示。描述性统计值用平均值 ± 标准误差表示, 显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。

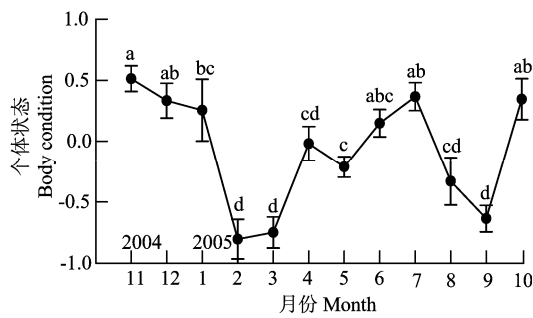
2 结果与分析

2.1 个体状态的变化

表 1 显示的是不同月份原尾蜥虎成体体长和体重的描述性统计值。以月份和性别为因子对个体状态进行双因子方差分析 (two-way ANOVA), 结果显示: (1) 原尾蜥虎的个体状态在月份间存在显著差异, 7 和 10—12 月的个体状态明显高于 2、3 和 9 月 (图 1); (2) 两性间的个体状态无显著差异; (3) 月份和性别两者间的交互作用也是个体状态变异的主要来源 (表 2)。

2.2 去尾躯干、肝脏和尾部的水分含量变化

以月份和性别为因子对原尾蜥虎的去尾躯干、肝脏和尾部水分含量分别进行双因子方差分析 (two-way ANOVA), 结果显示: (1) 月份、性别以及两者间的交互作用显著影响原尾蜥虎的去尾躯干水分含量 (表 2), 雄性的躯干水分含量明显高于雌性个体, 雌性 6、7、9 和 11 月的躯干水分含量明显高于 2 和 3 月, 雄性 4-9 月的躯干水分含量明显高



数据用平均值 ± 标准误表示, 不同上标的平均值之间差异显著 (Tukey 检验, $\alpha = 0.05, a > b > c > d$)

Data are expressed as mean ± SE. Means with different superscripts are statistically different (Tukey's test, $\alpha = 0.05, a > b > c > d$)

图 1 原尾蜥虎个体状态的周年变化

Figure 1 Annual changes of individual condition of *Hemidactylus bowringii*

于 1—3 月 (图 2A); (2) 月份以及月份和性别的交互作用显著影响蜥虎的肝脏水分含量, 但两性间的肝脏水分含量差异不显著 (表 2), 雌性 6 和 9 月的肝脏水分含量明显高于 7 和 8 月, 雄性 4 月的肝脏水分含量明显高于 8 和 10—12 月 (图 2B); (3) 月

份间蜥虎尾部的水分含量差异显著, 而性别与交互作用不是尾部水分含量的变异来源 (表 2), 雌性 4—9 和 11 月的尾部水分含量明显高于 2 和 3 月, 雄性 4—9 月的尾部水分含量明显高于 1—3 月 (图 2C)。

2.3 去尾躯干、肝脏和尾部的能值变化

原尾蜥虎两性个体各月份躯干能值、肝脏能值和尾部能值均于体重呈显著的正相关 ($P < 0.05$)。对相应能值与 BM 的回归剩余值进行双因子方差分析 (two-way ANOVA) 显示出: 躯干能值、肝脏能值和尾部能值的两性差异和月份间差异均显著, 且相应的能值受性别和月份间交互作用的影响 (表 2); 雄性的躯干能值和肝脏能值均显著高于雌性个体, 而尾部能值却低于雌性个体。雌性 2、3 和 12 月的躯干能值明显高于 5—7 和 9、10 月, 雄性 1—3 和 11 月的明显高于 4、5 和 7—9 月的 (图 3A); 雌性 1—3 和 12 月的肝脏能值明显高于 4—10 月, 雄性 1、3 和 11 月的明显高于 4、5、8 和 9 月的 (图 3B); 雌性 1—3 和 8 月尾部能值明显高于 4—7、9 和 10 月, 雄性 1—3 和 8 月的明显高于 4—7 和 9—12 月的 (图 3C)。

表 1 不同月份原尾蜥虎成体体长和体重的描述性统计值

Table 1 Descriptive statistics of snout-vent length and body mass of adult geckos, *Hemidactylus bowringii* in different months

| 时间 Time | 样本量 N | 性比(♀/♂) Sex ratio | 体长/mm Snout-vent length | | 体重/g Body mass | |
|------------|----------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | | ♀♀ | ♂♂ | ♀♀ | ♂♂ |
| 2009-11 | 30 | 15/15 | 37.5 ± 0.7 (33.5-42.1) | 38.3 ± 0.1 (33.0-44.8) | 2.77 ± 0.12 (2.05-3.51) | 3.10 ± 0.20 (1.97-4.85) |
| 2009-12 | 22 | 15/7 | 37.0 ± 0.1 (32.3-42.4) | 34.5 ± 0.1 (30.1-39.7) | 2.63 ± 0.16 (1.68-3.59) | 2.81 ± 0.38 (1.98-4.65) |
| 2010-01 | 19 | 13/6 | 39.1 ± 0.1 (32.6-43.5) | 47.0 ± 0.4 (32.8-57.1) | 3.30 ± 0.21 (2.17-4.50) | 2.08 ± 0.17 (1.51-2.73) |
| 2010-02 | 9 | 4/5 | 49.6 ± 0.3 (41.1-53.8) | 50.6 ± 0.3 (40.5-56.4) | 2.09 ± 0.19 (1.72-2.44) | 1.98 ± 0.24 (1.08-2.40) |
| 2010-03 | 13 | 7/6 | 48.7 ± 0.2 (38.1-55.5) | 54.2 ± 0.2 (44.1-59.0) | 1.75 ± 0.18 (1.31-2.69) | 2.50 ± 0.19 (2.07-3.08) |
| 2010-04 | 15 | 2/13 | 48.6 ± 0.3 (45.2-52.0) | 50.4 ± 0.1 (46.2-56.0) | 2.37 ± 0.6 (1.74-3.00) | 2.80 ± 0.15 (1.84-3.61) |
| 2010-05 | 27 | 11/16 | 49.6 ± 0.1 (43.6-54.8) | 46.9 ± 0.1 (39.8-54.7) | 2.70 ± 0.14 (1.99-3.40) | 2.26 ± 0.13 (1.48-3.18) |
| 2010-06 | 12 | 10/2 | 48.6 ± 0.1 (45.6-50.9) | 53.6 ± 0.4 (49.4-57.7) | 2.75 ± 0.13 (2.06-3.49) | 4.19 ± 0.93 (3.26-5.12) |
| 2010-07 | 20 | 10/10 | 47.7 ± 0.1 (40.6-52.9) | 50.7 ± 0.1 (47.3-54.2) | 2.89 ± 0.21 (2.28-4.52) | 3.21 ± 0.14 (2.49-3.83) |
| 2010-08 | 11 | 6/5 | 46.0 ± 0.3 (32.0-52.4) | 46.3 ± 0.2 (40.0-51.0) | 2.18 ± 0.23 (1.11-2.78) | 2.41 ± 0.45 (1.30-3.89) |
| 2010-09 | 25 | 11/14 | 38.7 ± 0.1 (34.0-49.0) | 43.5 ± 0.1 (35.3-50.0) | 1.68 ± 0.19 (1.05-3.45) | 2.17 ± 0.14 (1.45-2.93) |
| 2010-10 | 17 | 10/7 | 35.8 ± 0.1 (28.1-40.5) | 33.1 ± 0.1 (27.7-36.8) | 2.63 ± 0.25 (1.68-4.14) | 2.71 ± 0.30 (1.39-3.46) |

表 2 原尾蜥虎个体状态和主要储能部位水分含量及能值的双因子方差分析统计结果

Table 2 Results of two-way ANOVA with sex and month as the factors on individual condition, the water contents and energy values of major energy reserves in *Hemidactylus bowringii*

| 项目 Item | 统计结果 Statistical result | | |
|---------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | 性别 Sex | 月份 Month | 交互作用 Interaction |
| 个体状态 Individual condition | $F_{1, 196} = 1.29, P = 0.258$ | $F_{11, 196} = 12.79, P < 0.0001$ | $F_{11, 196} = 6.59, P < 0.0001$ |
| 水分含量 Water content | | | |
| 去尾躯干 Carcass | $F_{1, 196} = 7.47, P < 0.007; M > F$ | $F_{11, 196} = 16.68, P < 0.0001$ | $F_{11, 196} = 2.47, P < 0.007$ |
| 肝脏 Liver | $F_{1, 196} = 1.01, P = 0.317$ | $F_{11, 196} = 5.57, P < 0.0001$ | $F_{11, 196} = 2.96, P < 0.002$ |
| 尾部 Tail | $F_{1, 196} = 0.56, P = 0.456$ | $F_{11, 196} = 19.63, P < 0.0001$ | $F_{11, 196} = 0.83, P = 0.611$ |
| 能值 Energy value | | | |
| 去尾躯干 Carcass | $F_{1, 196} = 12.33, P < 0.0006; M > F$ | $F_{11, 196} = 85.84, P < 0.0001$ | $F_{11, 196} = 30.50, P < 0.0001$ |
| 肝脏 Liver | $F_{1, 196} = 5.73, P < 0.02; M > F$ | $F_{11, 196} = 36.09, P < 0.0001$ | $F_{11, 196} = 11.91, P < 0.0001$ |
| 尾部 Tail | $F_{1, 196} = 15.22, P < 0.0002; F > M$ | $F_{11, 196} = 19.72, P < 0.0001$ | $F_{11, 196} = 3.63, P < 0.0002$ |

用检测变量与体重的回归剩余值进行统计分析以去除个体大小差异的影响。F: 雌性个体, M: 雄性个体。

Residues derived from regressions of the examined variables on body mass were used in statistical analyses, thereby removing the influence of variation in body size. F: Female, M: Male.

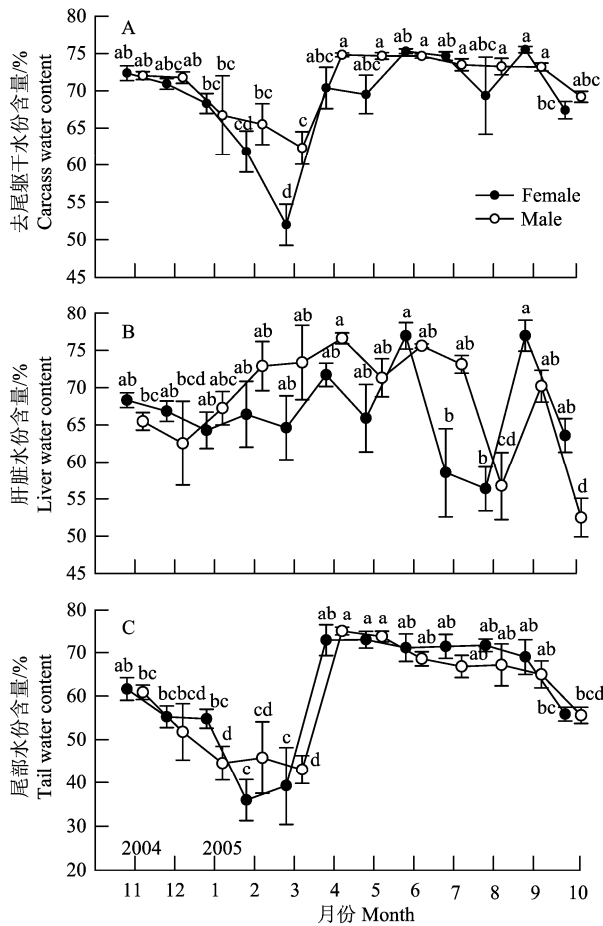


图 2 原尾蜥虎去尾躯干、肝脏和尾部水分含量的周年变化
Figure 2 Annual changes of water contents in carcass, liver and tail of *Hemidactylus bowringii*

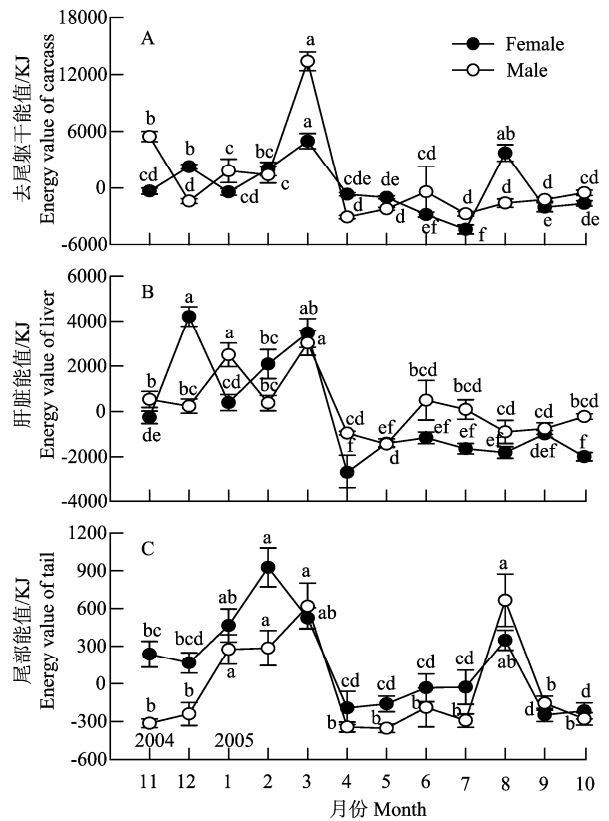


图 3 原尾蜥虎去尾躯干、肝脏和尾部能值的周年变化
Figure 3 Annual changes of the energy values in carcass, liver and tail of *Hemidactylus bowringii*

3 讨论

原尾蜥虎冬眠前期 (11-12 月) 和繁殖期 (5

—8月)的个体状态高于冬眠后期(2—3月)及繁殖期后(9月),这与动物消耗大量的能量有关。在冬眠期(11月—次年3月)原尾蜥虎仅以消耗贮存的能量来维持基本生命活动,又无能量的摄入,故个体状态随着冬眠时间的延长而下降。而在繁殖期能耗巨大,故使得在繁殖期结束后个体状态也相对较低。该结果与同科的多疣壁虎^[4]相似。

原尾蜥虎去尾躯干的水分含量存在明显的性别差异和月份间差异,而肝脏和尾部的水分含量仅存在月份间差异。雄性个体的去尾躯干水分含量显著高于雌性;繁殖期(4—8月)去尾躯干和尾部的水分含量明显高于冬眠期(1—3月份),且在繁殖期后(9月)到动物出蛰(3月)期间两部分的水分含量一直呈下降趋势,这种水分的周年变化规律与北草蜥^[5]及山地麻蜥^[6]的变化规律相似,但与同属于夜行性爬行类的多疣壁虎^[4]的水分含量全年保持一致的规律差别很大。这其中可能与物种及所测量期间的气候环境有密切的联系,所造成的差异也是动物对不同环境的一种适应表现。而雌性个体肝脏水分含量的周年变化显示,在繁殖后期(7—8月)处于相对较低的水平,这可能与雌性在繁殖过程中为了使身体机能达到较旺盛的新陈代谢状态而动用了大量的水分致使繁殖后期水分下降有关。

食物可得性、动物生长、繁殖与生存维持、动物对食物的捕捉、处理和利用能力等多个因素均可能导致爬行动物主要贮能部位能量的贮存和动用^[2,19-22]。原尾蜥虎雄性个体的去尾躯干和肝脏的能值均明显高于雌性,但尾部能值却低于雌性。冬眠期(1—3月)去尾躯干、肝脏和尾部的能值明显高于活动期(4—10月)。由于在1—3月份的环境温度较低,使得动物贮存在体内的能量消耗相对较低于温度较高的活动期,且在活动期中雌性将更多的能量投入到了繁殖输出中,雄性也会因觅偶、交配消耗较多的能量,它们所需的能量除来自捕捉到的食物外,还会动用体内的贮能,这就致使原尾蜥虎主要贮能部位的能值下降。而在环境温度相对较高的活动期(4—10月),蜥虎的食物同化能力较强,因此去尾躯干、肝脏和尾部的能值基本保持不变。在繁殖后期(8月)去尾躯干和尾部的能值较繁殖前期(4—7月)有明显的增长,这可能与8月份昆虫类食物的丰富程度有关。原尾蜥虎去尾躯干、肝脏和尾部的能值存在明显的周年变化,其主要贮能部位能量的贮存、动用与Derickson^[12]所提出的第3种类型相符合,属于与繁殖和冬眠有关。

尽管原尾蜥虎雌雄两性间去尾躯干、肝脏和尾

部能值的周年变化显示出相同的变化规律,但是这3个主要贮能部位的重要性在两性间以及不同阶段存在着显著的差异。雄性个体的去尾躯干和肝脏能量绝对值大于雌性,部分与雄性具有较大个体大小有关,原尾蜥虎雄性个体的SVL明显大于雌性^[17]。事实上,用去尾躯干和肝脏能值与体重的回归剩余值分析显示在相同体重条件下雄性个体这两部分能值亦显著大于雌性个体。雄性个体在繁殖期(4—7月)的贮能水平相对较低,而期间的野外食物可得性和丰富度较其他阶段相对较高,故雄性繁殖期的低贮能水平将有利于提高运动的灵敏性,并提高觅偶和交配成功率。相同的结果也见于山地麻蜥^[6]中。雌性原尾蜥虎较雄性具有相对较高的尾部能值,这与雌性繁殖输出有关。蜥蜴的首窝卵的形成与出蛰后个体自身所贮存的能量有密切的关系,而后续窝卵则更多的是来源于繁殖期摄入食物所转化的能量^[7,23-24],并且冬眠期雌性储存更多的能量将大大提高首窝卵的生育率^[23-24]。与越冬期个体相比,雌性在繁殖期间贮能较低,其摄食转化的能量主要用于繁殖输出。且繁殖期雌性为具有相对较大的腹腔容纳量也将以低贮能为代价,这对提高雌性繁殖输出有重要的意义。

致谢: 浙江丽水学院丁国骅博士在实验的不同阶段提供支持和帮助,特表谢意。

参考文献:

- [1] 计翔,徐永根,郑向忠.中国石龙子的主要脂肪贮存部位研究[J].动物学研究,1994,15(3):59-64.
- [2] 吴义莲,许雪峰.北草蜥和中国石龙子主要储能部位的比较研究[J].安徽师范大学学报,2000,23(2):140-143.
- [3] Ji X, Wang P C. Annual cycles of lipid contents and caloric values of carcass and some organs of the gecko, *Gekko japonicas* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1990, 96A(2): 267-271.
- [4] 计翔.多疣壁虎个体状态及一些贮能部位的季节变化[J].杭州师范学院学报,1993,93(6):78-83.
- [5] 吴义莲,许雪峰.北草蜥主要贮能部位研究[J].动物学杂志,2001,36(2):6-8.
- [6] 许雪峰,吴义莲.山地麻蜥主要贮能部位水分含量和能值的年变化[J].动物学报,2003,49(2):191-197.
- [7] Hahn W E, Tinkle D W. Fat body cycling and experimental evidence for its adaptive significance to ovarian follicular development in the lizard, *Uta stansburiana* [J]. *J Exp Zool*, 1965, 158(1): 79-86.
- [8] Derickson W K. Lipid deposition and utilization in the sagebrush lizard, *Sceloporus graciosus*: its significance for reproduction and maintenance [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1974, 49A: 267-272.
- [9] Ballinger R E, Hipp T G. Reproduction in the collared

- Cortaphytus callaris* in west central Texas [J]. Copeia, 1985(4): 976-980.
- [10] Selcer K W. Seasonal variation in fat body and liver mass of the introduced *Mediterranean gecko*, *Hemidactylus turcicus*, in Texas. [J]. Herpetol, 1987, 21(1): 74-78.
- [11] Cruz F R M, Guillette L J, Crus M V S, Andreu G C. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard, *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae) [J]. Herpetol, 1988, 22(1): 1-12.
- [12] Derickson W K. Lipid storage and utilization in reptiles [J]. Ame Zool, 1976, 16: 711-723.
- [13] 许雪峰, 吴义莲. 山地麻蜥饥饿后的补偿生长[J]. 动物学报, 2002, 48: 700-703.
- [14] 赵尔宓, 赵肯堂, 周开亚. 中国动物志: 爬行纲第二卷·有鳞目·蜥蜴亚目[M]. 北京: 科学出版社. 1999: 15-76.
- [15] 徐大德, 李方满, 陆洪良. 摄食对原尾蜥虎代谢率的影响[J]. 四川动物, 2006, 25(2): 369-371.
- [16] 徐大德, 安虹, 陆洪良, 等. 原尾蜥虎的选择体温、热耐受性和食物同化的热依赖性[J]. 动物学报, 2007, 53: 959-965.
- [17] Xu D D, Ji X. Sexual dimorphism, female reproduction and egg incubation in the oriental leaf-toed gecko (*Hemidactylus bowringii*) from southern China [J]. Zoology, 2007, 110: 20-27.
- [18] 徐大德, 计翔, 陆洪良, 等. 体温、摄食、断尾和雌体繁殖状态对原尾蜥虎运动表现的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1745-1755.
- [19] Ji X. Egg and hatchling components in a viviparous snake, *Elaphe rufodorsata* [J]. Journal of Herpetology, 1995, 29: 298-300.
- [20] Ji X, Du W G, Sun P Y. Body temperature, thermal tolerance and influence of temperature on sprint speed and food assimilation in adult grass lizards, *Takydromus septentrionalis* [J]. Therm Biol, 1996, 21(3): 155-161.
- [21] 许雪峰, 陈雪君, 计翔. 雄性山地麻蜥选择体温、热耐受性及温度对食物同化和运动表现的影响[J]. 动物学研究, 2001, 22(6): 443-448.
- [22] 许雪峰, 吴义莲, 欧永跃. 北草蜥主要贮能部位水分含量和能值的变化[J]. 动物学研究, 2002, 23(1): 44-48.
- [23] Ballinger R E. Reproductive strategies: food availability as a source of proximal variation in a lizard [J]. Ecology, 1977, 58: 628-635.
- [24] Andren C and Nilson G. Reproductive tactics in an island population of adders, *Vipera berus* (L), with a fluctuating food resource [J]. Amphibia-Reptilia, 1983, 4(1): 63-79.