

原尾蜥虎的选择体温、热耐受性和食物同化的热依赖性*

徐大德^{1,2,3} 安虹¹ 陆洪良¹ 计翔^{1,2**}

1. 南京师范大学江苏省生物多样性和生物技术重点实验室, 南京 210046

2. 杭州师范大学杭州市动物科学与技术重点实验室, 杭州 310036

3. 肇庆学院生物系, 广东 肇庆 526062

摘要 2004年8月中旬及10月上旬从广东肇庆市郊原尾蜥虎 (*Hemidactylus bowringii*), 研究该种的选择体温 (T_{sel})、热耐受性和体温对食物同化的影响。T_{sel} 无显著的日时间变化, 两性个体的 T_{sel}、临界低温 (CT_{Min}) 和临界高温 (CT_{Max}) 无显著的差异。T_{sel}、CT_{Min} 和 CT_{Max} 的平均值分别为 30.9℃、3.2℃ 和 43.3℃。体温对动物食物通过时间有显著的影响。在 25℃ - 33℃ 范围内, 食物通过时间随体温升高而缩短; 体温超过 33℃ 后, 食物通过时间随体温升高而延长。温度对原尾蜥虎的摄食量、表观消化系数 (ADC) 和同化效率 (AE) 有显著的影响。在 25℃ - 37℃ 范围内, 动物在低体温下 (25℃ 和 27℃) 的摄食量、ADC 和 AE 小于更高体温下动物的对应数值。种间比较结果显示, 原尾蜥虎是生活于南方的蜥蜴中具有较强耐受极端体温的种类 [动物学报 53 (6): 959-965 2007]。

关键词 壁虎科 原尾蜥虎 选择体温 热耐受性 食物通过时间 食物同化

Selected body temperature, thermal tolerance and the thermal dependence of food assimilation in the Bowring's gecko *Hemidactylus bowringii* *

XU Da-De^{1,2,3}, AN Hong¹, LU Hong-Liang¹, JI Xiang^{1,2**}

1. Jiangsu Key Laboratory for Biodiversity and Biotechnology, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China

2. Hangzhou Key Laboratory for Animal Sciences and Technology, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China

3. Department of Biology, Zhaoqing College, Zhaoqing 526062, Guangdong, China

Abstract In mid-August and early October of 2004, we collected adult Bowring's geckos *Hemidactylus bowringii* from Zhaoqing (Guangdong, southern China) to study selected body temperature (T_{sel}), thermal tolerance and the thermal dependence of food assimilation. All geckos used in this study were adults larger than 45.7 mm SVL (snout-vent length). We did not find any sex differences in T_{sel}, critical thermal minimum (CT_{Min}) and critical thermal maximum (CT_{Max}). No diel variation in T_{sel} was found in this study, and T_{sel} measured on a laboratory thermal gradient was 31.5℃. CT_{Min} and CT_{Max} averaged 3.2℃ and 43.3℃, respectively. Within the range from 25℃ to 37℃, food passage time, daily food intake, apparent digestive coefficient (ADC) and assimilation efficiency (AE) were all affected by body temperature. Food passage time decreased with increase in body temperature within the range from 25℃ to 33℃, and then increased at higher body temperatures. Geckos at 25℃ and 27℃ took apparently less food than did those at higher body temperatures. Geckos at the two lower body temperatures also had apparently lower ADC and AE than did those at higher body temperatures. The range of viable body temperatures is wider in the Bowring's gecko (3.2℃ - 43.3℃) than in diurnal lizards [e.g. *Eumeces chinensis* (6.3℃ - 42.3℃) and *E. elegans* (9.3℃ - 41.9℃)] also living in the southern provinces of China, suggesting that *H. bowringii* is among lizard species with a relatively great ability to tolerate extreme body temperatures [Acta Zoologica Sinica 53 (6): 959-965 2007].

2007-08-21 收稿, 2007-09-21 接受

* 浙江省动物学重点学科和师资培训计划资助项目 (This research was funded by grants from the local government of Zhejiang Province for the Key Discipline of Zoology and the Teacher-training Program)

** 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: xji@mail.hz.zj.cn

© 2007 动物学报 Acta Zoologica Sinica

Key words Gekkonidae, Bowring's gecko, *Hemidactylus bowringii*, Selected body temperature, Thermal tolerance, Food passage time, Food intake, Food assimilation

爬行动物生理功能和行为表现受其体温影响, 极端体温对动物有害, 体温高于临界温度上限 (Critical thermal maximum, CTMax) 或低于临界温度下限 (Critical thermal minimum, CTMin) 会导致动物死亡 (Bartholomew, 1982; Huey, 1982; Huey and Kingsolver, 1989; Navas et al., 1999; Angilletta et al., 2002)。在存活体温 (Viable body temperature) 范围内, 爬行动物的生理功能和行为表现随体温升高而加强, 但过高的体温会抑制生理活动并显著影响行为表现。不同生理功能和行为表现的最适温度、热敏感性有不同程度的种内和种间差异。野外生活的爬行动物须进行体温调节, 调温的设定点很大程度上反映了动物对各项生理功能和行为表现的最适温度进行妥协的结果, 这种妥协可使各项功能和表现均能较好地表达。在实验室温梯板上活动的变温动物的平均体温被定义为选择体温 (Selected body temperature, Tsel), 用于估算野外动物在没有任何生物与非生物限制条件下进行体温调节试图达到的体温水平 (Hutchison, 1976)。由于各生理功能和行为表现的相对重要性有一定程度的时间变化, 对应功能和表现的最适温度亦有一定程度的时间变化, 因此, 爬行动物的选择体温或野外体温调节的设定点可能不是一个固定值, 可在一定范围内变化, 并可能随年龄漂移 (Xu and Ji, 2006)。动物的摄食活动获得的物质和能量能用于组织生长和后代输出 (Bartholomew, 1977; Nagy, 1983)。体温不仅能显著影响爬行动物的摄食和同化能力, 还能影响摄入能量的分配 (Bartholomew, 1977)。因此, 定量研究体温对动物食物同化的影响具有重要的生态学意义。

原尾蜥虎 (*Hemidactylus bowringii*) 为一种小型夜行性壁虎科动物, 国内主要分布在广东、海南、台湾、广西、福建、云南等省 (区), 国外见于印度、锡金、缅甸和日本的琉球群岛 (周开亚, 1999), 野外栖息在建筑物内壁、墙缝和路灯下等场所。近年来有关原尾蜥虎的研究主要涉及两性生殖周期 (张秋金等, 2000)、野外繁殖观察 (徐大德, 2001a, b) 和细胞学研究 (张秋金等, 1999; 肖义军等, 2000; 庞启平等, 2002) 等方面, 其它方面的研究数据则完全缺失。本文作者主要报道原尾蜥虎的热生物学研究数据, 内容涉及选择体温、热耐受性 (CTMin 和 CTMax) 以及温度对摄食量、食

物通过时间、表观消化系数 (Apparent digestive coefficient, ADC) 和同化效率 (Assimilation efficiency, AE) 的影响。

1 材料与方法

1.1 动物采集和维持

于 2004 年 8 月中旬及 10 月上旬在广东肇庆市郊捕捉体长 (Snout-vent length, SVL) > 45.7 mm 的成年原尾蜥虎, 动物运至杭州测量、称重、记录断尾情况, 随后饲养在 100 cm × 80 cm × 20 cm (长 × 宽 × 高) 的塑料网笼内。笼一端悬挂 2 只 60 W 灯泡, 作为动物调节体温的点热源, 环境温度低于 24℃ 时灯泡自动开启。笼内动物能自由摄食面包虫 (黄粉虫 *Tenebrio molitor* 的幼虫) 和饮水; 饮水中添加 21 金维他、钙粉和儿童钙粉, 以确保实验个体获得全价营养需求。

1.2 Tsel、CTMin 和 CTMax 测定

动物捕自 8 月份, 捕获 1 周后按 Tsel、CTMin 和 CTMax 顺序进行实验。用于 Tsel 测定的动物为一组样本 ($n = 15$), SVL 为 52.4 ($SE = 0.5$) mm; 用于 CTMin 和 CTMax 测定的动物为另一组样本 ($n = 28$), SVL 为 52.9 ($SE = 0.7$) mm; 两组动物的性比约为 1:1。每项测定前, 将动物维持在 28℃ 恒温室内 24 h。由于实验动物未在特定热环境中做两周以上的专门热驯化, 因此肇庆当地野外热环境被视为其天然驯化环境。

Tsel 实验在温度预设为 18℃ 的空调间内进行。将 100 cm × 65 cm × 40 cm 的玻璃缸移入空调间, 缸一端悬挂 2 只 250 W 灯泡, 底部用石块、木板架和草皮等复杂化, 随机放置 5–6 只直径为 10 cm 的饮水皿。灯泡光周期设置为 12L:12D, 07:00 h 自动开启, 灯开启后能在缸内形成 18–60℃ 的连续温度梯度。蜥虎从低温端移入, 次日 10:00、16:00 和 21:00 h 测定 Tsel, 连续测定 2 天。用经过标准温度计校正的 DM6801A 数字温度计 (深圳胜利仪表有限公司) 测定调温动物泄殖腔温度, 其平均值定义为测定时刻的 Tsel (Hutchison, 1976)。

热耐受性实验在温度预设为 30℃ 的 LRL-250A 生化培养箱内 (广东医疗器械厂) 进行。动物移入培养箱后, 按 0.125℃/min 的递减或递增速率向下 (CTMin 测定) 或向上 (CTMax 测定) 调节箱内温

度, 观察降温或升温过程中动物的行为。测定动物在强刺激下不能做出正确反应 (不能四肢活动、眨眼和翻身) 的最低和最高体温, 分别作为 CTMin 和 CTMax 的测定值 (计翔等, 1995)。所有动物在 CTMin 和 CTMax 实验后均存活并具有正常的行为。

1.3 摄食量、食物通过时间和食物同化

动物捕自 10 月份, 实验在约 8 m² 的恒温室内进行。恒温室内光照周期为 12L:12D, 07:00 h 自动开启。实验体温设置为 25、27、29、31、33、35 和 37°C ± 0.5°C, 用 DM6801A 数字温度仪测定实验动物泄殖腔温度确认其体温控制在相应的水平。动物被单个关养在 20 cm × 15 cm × 20 cm 的玻璃缸中, 缸口覆盖沙网防止动物逃逸。动物在实验温度下禁食至无尿粪排出后称重, 随后给其提供食物和饮水; 动物最先自行摄入的 3 条面包虫内各含 1 条长 3 mm、直径 0.3 mm 的红色塑料标记线。光照期间每隔 30 min 收集 1 次粪尿。各温度实验结束前, 记录停止喂食时间, 取走剩余面包虫, 将动物禁食至无粪尿排出后称重。收集到的粪、尿以及剩余的面包虫在 65°C 烘箱中干燥至恒重, 分别称重并用 WZR-1A 型热量计 (长沙仪器厂) 测出能量。

食物通过时间用动物开始摄食至第 1 条标记线排出的间隔时间表示 (计翔等, 1995)。表观消化系数 (Apparent digestive coefficient, ADC) 用 $(I - F) / I \times 100\%$ 表示 (Waldschmidt et al., 1986; Van Damme et al., 1991), 同化效率 (AE, assimilation efficiency) 用 $(I - F - U) / I \times 100\%$ (Ji et al., 1993) 表示; 其中 I、F 和 U 分别为摄入食物能量、粪能和尿能。

1.4 数据分析

实验过程中拒绝摄食或死亡个体的数据不用于统计分析。所有数据做参数统计分析前, 分别检验其正态性 (Kolmogorov-Smirnov test) 和方差同质性 (F-max test)。用成对样本 *t* 检验 (Paired sample *t* test)、重复测试方差分析 (Repeated measures ANOVA)、单因子方差分析 (One-way ANOVA) 和 Tukey 多重比较分析相应的数据。文中的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

连续两天 10:00、16:00 和 21:00 h 同一测定时刻的 Tsel 无显著的差异 (成对样本 *t* 检验, $P > 0.088$), 三个测定时刻的 Tsel 无显著差异 (重复测

试方差分析: $F_{2,28} = 0.41$, $P = 0.664$; 图 1), 故同一个体不同测定时间的数据被合并。实验动物的 CTMax ($F_{1,26} = 1.39$, $P = 0.249$) 和 CTMin ($F_{1,26} = 0.003$, $P = 0.954$) 无显著的两性差异, 故两性数据被合并。原尾蜥虎成体的平均 Tsel、CTMin 和 CTMax 分别为 30.9、43.3 和 3.2°C (表 1)。

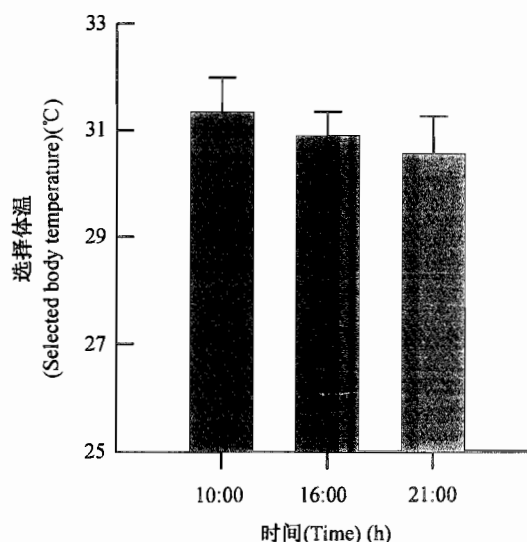


图 1 不同时间测定的原尾蜥虎成体选择体温

数据用平均值 ± 标准误表示, 显示原尾蜥虎缺乏 Tsel 的时间变化。

Fig.1 Selected body temperatures of adult *H. bowringii* measured at different times

Data are expressed as Mean ± SE, showing the lack of temporal variation in Tsel in *H. bowringii*.

表 1 原尾蜥虎成体的选择体温、临界高温和临界低温

Table 1 Selected body temperature, critical thermal maximum and critical thermal minimum of adult *H. bowringii*

	选择体温 (°C) Selected body temperature	临界高温 (°C) Critical thermal maximum	临界低温 (°C) Critical thermal minimum
样本数 Sample size	15	28	28
平均值 Mean	30.9	43.3	3.2
标准误 Standard error	0.3	0.1	0.1
范围 Range	28.8 - 33.8	42.0 - 44.1	2.6 - 3.7

初步分析摄食和同化实验动物的数据发现, 各项测定指标均无显著的两性差异 ($P > 0.05$), 故两性对应数据被合并。体温对动物食物通过时间有显著的影响 ($F_{6,128} = 127.45$, $P < 0.0001$)。在 25°C - 33°C 范围内, 食物通过时间随体温升高而缩短; 体温超过 33°C 后, 食物通过时间随体温升高而延长 (图 2)。

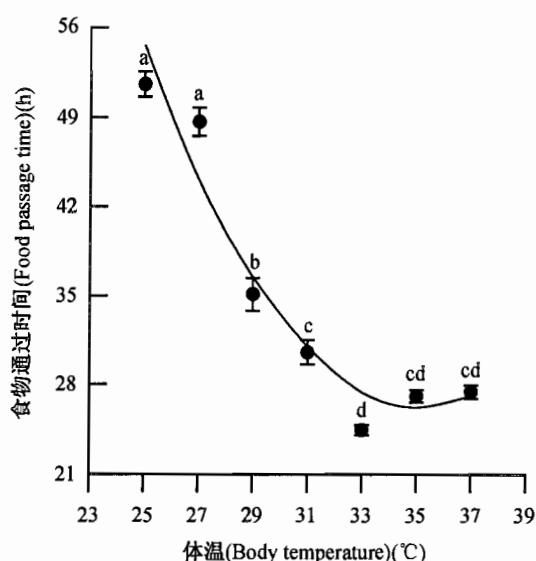


图2 原尾蜥虎食物通过时间与体温之间的关系
数据用平均值 $\pm$ 标准误表示, 不同上标的平均值差异显著 (Tukey's test, $\alpha = 0.05$, $a > b > c > d$)。图中曲线由食物通过时间原始数据的负指数拟合获得。

Fig.2 Food passage time in *H. bowringii* as a function of body temperature

Data are expressed as Mean $\pm$ SE, and means with different superscripts differ significantly (Tukey's *post hoc* test, $\alpha = 0.05$, $a > b > c > d$). The curve in the figure is generated from a negative exponential fit on the original data of food passage time.

温度对原尾蜥虎的摄食量 ($F_{6,120} = 29.36$, $P < 0.0001$)、ADC ($F_{6,128} = 3.62$, $P < 0.003$) 和 AE ($F_{6,128} = 5.89$, $P < 0.0001$) 有显著的影响。在 25°C – 37°C 范围内, 动物在低体温下 (25°C 和 27°C) 的摄食量、ADC 和 AE 小于更高温度中动物的对应数值 (表 2)。

3 讨论

爬行动物主要利用外热源通过行为调温辅以生理调温将体温维持在相对较高且稳定的水平, 环境温度通过影响体温而影响动物的生理功能和行为表现, 通过姿势、选择活动时间和冷热斑块之间穿梭等行为途径进行体温调节, 以维持相对较高且稳定的体温 (Avery, 1982; Huey, 1982; Huey and Kingsolver, 1989)。行为调温要求环境温度的空间和时间分布是异质化的, 在具有温度梯度的异质热环境中, 爬行动物才能进行行为调温。爬行动物的生理调温能力通常较弱, 在缺乏温度梯度的均质热环境中, 其体温会因行为调温受到有效的限制而随环境温度发生显著的变化 (Avery, 1982; Huey, 1982)。原尾蜥虎的体温调节也具有这些特性, 故在实验室温度梯度条件下能将体温维持到喜好的水平。

表2 体温对原尾蜥虎体重变化、摄食量、表观消化系数和同化效率的影响

Table 2 The effects of body temperature on food intake, ADC and AE of *H. bowringii*

体温 Body temperature (°C)	样本数 Sample size (n)	初始体重 Initial body mass (g)	摄食量 Food intake ($J \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$)	表观消化系数 ADC (%)	同化效率 AE (%)
25	18	3.2 ^a $\pm$ 0.1	146.8 ^c $\pm$ 7.9	89.5 ^b $\pm$ 0.4	82.7 ^{bc} $\pm$ 0.7
		2.8 – 4.1	82.3 – 207.7	86.5 – 94.0	77.2 – 90.9
27	19	2.9 ^b $\pm$ 0.1	184.6 ^{bc} $\pm$ 10.6	89.0 ^b $\pm$ 0.3	80.9 ^c $\pm$ 0.4
		2.3 – 3.4	83.3 – 272.6	86.6 – 91.2	78.0 – 84.3
29	19	3.0 ^{ab} $\pm$ 0.1	194.9 ^{bc} $\pm$ 14.8	92.6 ^c $\pm$ 0.7	87.2 ^a $\pm$ 0.9
		2.3 – 4.1	110.5 – 305.5	86.9 – 97.6	81.6 – 95.3
31	20	3.0 ^{ab} $\pm$ 0.1	230.0 ^b $\pm$ 20.0	90.8 ^{ab} $\pm$ 0.6	84.7 ^{ab} $\pm$ 1.0
		2.4 – 3.9	96.4 – 415.8	87.2 – 98.9	79.5 – 98.5
33	20	2.9 ^b $\pm$ 0.1	220.5 ^{bc} $\pm$ 25.6	90.4 ^{ab} $\pm$ 1.1	83.0 ^{bc} $\pm$ 1.5
		2.1 – 4.1	36.2 – 448.3	76.5 – 95.9	64.6 – 92.3
35	20	3.0 ^{ab} $\pm$ 0.1	360.6 ^c $\pm$ 17.4	90.5 ^{ab} $\pm$ 0.3	81.5 ^{bc} $\pm$ 0.4
		2.3 – 3.5	251.9 – 501.5	87.6 – 92.6	77.6 – 85.6
37	19	3.1 ^{ab} $\pm$ 0.1	403.9 ^c $\pm$ 18.3	91.1 ^{ab} $\pm$ 0.2	83.6 ^{bc} $\pm$ 0.4
		2.7 – 3.7	252.6 – 591.0	88.5 – 92.5	78.9 – 85.7

数据用平均值 $\pm$ 标准误和范围表示, 上标不同的平均值差异显著 (Tukey 多重比较, $\alpha = 0.05$; $a > b > c$)。

Data are expressed as Mean $\pm$ SE and range. Means with different superscripts differ significantly (Tukey's *post hoc* test, $\alpha = 0.05$; $a > b > c$).

爬行动物的选择体温和热耐受性受许多内、外因子（如营养状态、发育阶段、性别、地理分布、季节差异等）的影响（Hutchison, 1976），如蜥蜴（*Sphenomorphus indicus*）主要生活在郁闭度较高、气温和基底温度相对较低的生境中， T_{sel} （25.7℃）、 CT_{Max} （37.6℃）和 CT_{Min} （3.1℃）均较低（Ji et al., 1997）。中国石龙子（*Eumeces chinensis*）、蓝尾石龙子（*Eumeces elegans*）和北草蜥（*Takydromus septentrionalis*）在其分布区内的不少地方是共栖种，热需求较为相似，成年雄体的 T_{sel} 分别为 31.2℃（Ji et al., 1995）、30.4℃（Du et al., 2000）和 30.0℃（Ji et al., 1996）。这三种蜥蜴成年雄体的高温耐受性亦相似，中国石龙子、蓝尾石龙子和北草蜥的 CT_{Max} 分别为 42.3℃（Ji et al., 1995）、41.9℃（Du et al., 2000）和 42.3℃（Ji et al., 1996）。主要分布在南方温暖地区的中国石龙子和蓝尾石龙子成年雄体的 CT_{Min} 较高，分别为 6.3℃（Ji et al., 1995）和 9.3℃（Du et al., 2000），显著大于能分布到更北地区的北草蜥（3.9℃；Ji et al., 1996）。原尾蜥虎的 T_{sel} 和 CT_{Max} 与中国石龙子、蓝尾石龙子和北草蜥相似，但 CT_{Min} 明显小于华南地区常见的中国石龙子和蓝尾石龙子。原尾蜥虎能够耐受的温度范围（40.1℃）比中国石龙子和蓝尾石龙子更宽，这可能与原尾蜥虎为夜行性动物、所处生境中温度的空间异质化程度较低、生境热环境因栖架较高而与分布区域的大热环境较为吻合等因素有关。 CT_{Min} 较低表明原尾蜥虎的低温耐受性较强，有利于耐受冬季低温环境，并顺利越冬。 CT_{Max} 较高则表明原尾蜥虎的高温耐受性较强，有利于渡过南方较长的酷热高温季节，原尾蜥虎选择体温个体间变异幅度较窄（28.8℃ - 33.8℃）的结果表明，在具备体温调节的异质热环境条件下，该种动物具有维持相对较高且稳定的体温的能力。

夜行性壁虎选择体温的研究极少受到关注（Avery, 1982; Huey, 1982; Vance, 1973; Kearney and Predavec, 2000; Hu and Du, 2007）；就作者所知，迄今没有任何关于壁虎类热耐受性方面的数据报道。因研究的种类较少且测定方法存在差异，当前拟通过比较数据的种间差异来得出一般性的结论是困难的。

蜥蜴食物通过时间与体温度之间的关系被认为有三种基本模式：（1）食物通过时间随温度升高而缩短，如侧斑美洲鬣蜥（*Uta stansburiana*）

（Waldschmidt et al., 1986）和北草蜥（Ji et al., 1996）；（2）食物通过时间在低温环境中随温度升高而缩短，高温中基本不变，如中国石龙子（Ji et al., 1995; Xu et al., 1999）和蜥蜴（Ji et al., 1997）；（3）食物通过时间在低温环境中随温度升高而缩短，高温中则随温度升高而延长，如胎生蜥蜴（*Lacerta vivipara*）（van damme et al., 1991）、峡谷鬣蜥（*Sceloporus merriami*）（Beaupre et al., 1993）、蓝尾石龙子（Du et al., 2000）、丽斑麻蜥（*Eremias argus*）（Luo et al., 2006）和山地麻蜥（*Eremias brenchleyi*）（许雪峰等, 2001; Xu and Ji, 2006）。根据图 2 结果，原尾蜥虎食物通过时间与体温之间的关系显然属于类型 3。

原尾蜥虎摄食量随体温升高而增加（表 2），与高温下代谢率较高的蜥蜴须通过增加能量摄入的一般模式相吻合。ADC 和 AE 数值的大小反映动物对食物能量利用能力的大小，营养需求的季节变化、消化酶活性、食物通过时间及摄入食物的数量和类型等因素能决定蜥蜴 ADC 和 AE 数值的大小（Xu and Ji, 2006）。例如，草食性动物的 ADC 或 AE 一般小于食肉或食虫动物（Andrews and Asato, 1977; Ballinger and Holscher, 1983），实验室内摄食黄粉虫的蜥蜴的 ADC 和 AE 一般分别约在 84% - 96% 和 77% - 92% 范围内（e. g. Andrews and Asato, 1977; Harwood, 1979; Beaupre et al., 1993; Witz and Lawrence, 1993; Ji et al., 1995, 1996, 1997; 许雪峰等, 2001; Du et al., 2000; Chen et al., 2003; Zhang and Ji, 2004; Luo et al., 2006; Xu and Ji, 2006），摄食黄粉虫的原尾蜥虎的 ADC（约 89% - 93%）和 AE（约 81% - 85%）亦处于此范围内（表 1）。对处于特定季节、摄食特定类型食物的蜥蜴而言，ADC 和 AE 数值的大小更多地决定于消化酶的活性和食物在消化道中通过的时间。在一定的温度范围内，消化酶活性随温度升高而增强，但过高温度中酶活性减弱（Harwood, 1979）。消化酶活性高、食物在消化道中滞留时间（食物通过时间）较长的蜥蜴呈现较大的 ADC 和 AE 值（Harwood, 1979; van Damme et al., 1991; Beaupre et al., 1993; Ji et al., 1993, 1995, 1996, 1997; Xu et al., 1999; Du et al., 2000; Chen et al., 2003; Zhang and Ji, 2004; Luo et al., 2006; Xu and Ji, 2006）。25℃ 和 27℃ 原尾蜥虎食物通过时间虽较长，但 ADC 和 AE 值较小，可能与这两个温度的酶活性较低有关。

致谢 南京师范大学高建芳、林隆慧、屈彦福，华东师范大学韩军，海南琼州大学杜宇在实验的不同阶段提供支持和帮助，特表谢意。

参考文献 (References)

- Andrews RM, Asato T, 1977. Energy and utilization of a tropical lizard. *Comp. Biochem. Physiol.* 58A: 57–62.
- Angilletta MJ, Montgomery LG, Werner YL, 1999. Temperature preference in geckos: diel variation in juveniles and adults. *Herpetologica* 55: 212–222.
- Angilletta MJ, Niewiarowski PH, Navas CA, 2002. The evolution of thermal physiology in ectotherms. *J. Therm. Biol.* 27: 249–268.
- Avery RA, 1982. Field studies of body temperature and thermoregulation. In: Gans C, Pough FH ed. *Biology of the Reptilia* Vol. 12. New York: Academic Press, 93–116.
- Ballinger RE, Holscher VL, 1983. Assimilation efficiency and nutritive state in the striped plateau lizard *Sceloporus virgatus* (Sauria, Iguanidae). *Copeia* 1983: 838–839.
- Bartholomew GA, 1977. Body temperature and energy metabolism. In: Gordon MS, Bartholomew GA, Grinnell AD, Jørgensen CB, White FN ed. *Animal Physiology: Principles and Adaptations*. New York: Macmillan, 364–449.
- Bartholomew GA, 1982. Physiological control of body temperature. In: Gans C, Pough FH ed. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. London: Academic Press, 167–211.
- Beaupre SJ, Dunham AE, Overall KL, 1993. The effects of consumption rate and temperature on apparent digestibility coefficient, urate production, metabolizable energy coefficient, urate production, metabolizable energy coefficient and passage time in canyon *Sceloporus merriami*. *Func. Ecol.* 7: 272–280.
- 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). *J. Therm. Biol.* 28: 385–391.
- 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. Therm. Biol.* 25: 197–202.
- Harwood RH, 1979. The effect of temperature on the digestive efficiency of three species of lizard, *Cnemidophorus tigris*, *Gerrhonotus multicarinatus* and *Sceloporus occidentalis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 63A: 417–433.
- Hu LJ, Du WG, 2007. Thermoregulation and thermal dependence of locomotor performance in the gecko *Gekko japonicus*. *Acta Zool. Sinica* 53: 227–232 (In Chinese).
- Huey RB, 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In: Gans C, Pough FH ed. *Biology of the Reptilia*. Vol. 12. London: Academic Press, 25–91.
- Huey RB, Kingsolver JG, 1989. Evolution of thermal sensitivity of ectotherm performance. *Trends Ecol. Evol.* 4: 131–135.
- Hutchison VH, 1976. Factors influencing thermal tolerances of individual organisms. In: Esch GW, McFarlane RW ed. *Thermal Ecology* 11. Proc. 2nd SREL Thermal Ecology Symposium. Oak Ridge: U. S. National Technical Information Service, 10–26.
- Ji X, Du WG, Sun PY, 1996. Body temperature, thermal tolerance and influence of temperature on sprint speed and food assimilation in adult grass lizards *Takydromus septentrionalis*. *J. Therm. Biol.* 21: 155–161.
- Ji X, Sun PY, Du WG, 1997. Selected body temperature, thermal tolerance and food assimilation in a viviparous skink *Sphenomorphus indicus*. *Neth. J. Zool.* 47: 103–110.
- Ji X, Zheng XZ, Xu YG, Sun RM, 1995. Several aspects of the thermal biology of the skink *Eumeces chinensis*. *Acta Zool. Sinica* 41: 268–285 (In Chinese).
- Ji X, Zhou WH, He GB, Gu HQ, 1993. Food intake assimilation efficiency, and growth of juvenile lizards *Takydromus septentrionalis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 105A: 283–285.
- Kearney M, Predavec M, 2000. Do nocturnal ectotherms thermoregulate? A study of the temperate gecko *Christinus marmoratus*. *Ecology* 81: 2984–2996.
- Luo LG, Qu YF, Ji X, 2006. Thermal dependence of food assimilation and sprint speed in a lacertid lizard *Eremias argus* from northern China. *Acta Zool. Sinica* 52: 256–262.
- Nagy KA, 1983. Ecological energetics. In: Huey RB, Pianka ER, Schoener TW ed. *Lizard Ecology: Studies of a Model Organism*. Cambridge: Harvard University Press, 24–54.
- Navas CA, James RS, Wakeling JM, Kemp KM, Johnston IA, 1999. An integrative study of the temperature dependence of whole animal and muscle performance during jumping and swimming in the frog *Rana temporaria*. *J. Comp. Physiol.* 169B: 588–596.
- Pang QP, Ye Y, Mo XM, 2002. Karyotype and Ag-NORs of *Hemidactylus bowringii*. *Sichuan J. Zool.* 21: 242–244 (In Chinese).
- van Damme R, Bauwens D, Verheyen RF, 1991. The thermal dependence of feeding behaviour, food consumption and gut-passage time in the lizard *Lacerta vivipara* Jacquin. *Func. Ecol.* 5: 507–517.
- Vance VJ, 1973. Temperature preference and tolerance in the gecko *Coleonyx variegatus*. *Copeia* 1973: 615–617.
- Waldschmidt SR, Jones SM, Porter WP, 1986. The effect of body temperature and feeding regime on activity, passage time, and digestive coefficient in the lizard *Uta stansburiana*. *Physiol. Zool.* 59: 376–383.
- Witz BW, Lawrence JM, 1993. Nutrient absorption efficiencies of the lizard *Cnemidophorus sexlineatus* (Sauria: Teiidae). *Comp. Biochem. Physiol.* 105A: 151–155.
- Xiao YJ, Zhang QJ, Jin YP, 1999. Observation on the peripheral blood cells morphology of the Bowring's Gecko *Hemidactylus bowringii*. *Wuyi Sci.* 16: 207–210 (In Chinese).
- Xu DD, 2001a. A tentative study on breeding habits of *Hemidactylus bowringii*, Gray. *J. Econ. Anim.* 5 (3): 44–48 (In Chinese).
- Xu DD, 2001b. A tentative study on ecology of *Hemidactylus bowringii*, Gray in Seven Star Crag of Zhaoqing. *J. Guizhou Normal Univ.* 19 (4): 12–16 (In Chinese).
- Xu XF, Chen XJ, Ji X, 2001. Selected body temperature, thermal tolerance and influence of temperature on food assimilation and locomotor performance in lacertid lizards *Eremias brenchleyi*. *Zool. Res.* 22: 443–448 (In Chinese).
- Xu XF, Ji X, 2006. Ontogenetic shifts in thermal tolerance, selected body temperature and thermal dependence of food assimilation and locomotor performance in a lacertid lizard *Eremias brenchleyi*. *Comp. Biochem. Physiol.* 143A: 118–124.
- Xu XF, Zhao Q, Ji X, 1999. Selected body temperature, thermal tolerance and influence of temperature on food assimilation in juvenile Chinese skinks *Eumeces chinensis* (Scincidae). *Raff. Bull. Zool.* 47: 465–471.
- Zhang QJ, Chen YL, Gao JM, Geng BR, 2000. Female reproductive cycle of the Bowring's gecko *Hemidactylus bowringii*. *J. Fujian Normal Univ.* 16 (2): 93–96 (In Chinese).
- Zhang QJ, Gao JM, Geng BR, 1999. Karyotypes of *Hemidactylus bowringii* and *Ateuchosaurus chinensis*. *Chin. J. Zool.* 34 (4): 12–14 (In Chinese).
- Zhang YP, Ji X, 2004. The thermal dependence of food assimilation and locomotor performance in southern grass lizards *Takydromus sexlineatus* (Lacertidae). *J. Therm. Biol.* 29: 45–53.
- Zhou KY, 1999. Gekkonidae. In: Zhao EM, Zhao KT, Zhou KY ed. *Fauna Sinica (Reptilia Vol. 2)*. Beijing: Science Press, 15–76.
- 胡凌君, 杜卫国, 2007. 多疣壁虎的体温调节及运动能力热依赖性. *动物学报* 53: 227–232.
- 计翔, 郑向忠, 徐永根, 孙如明, 1995. 中国石龙子热生物学的研究. *动物学报* 41: 268–274.
- 庞启平, 叶英, 莫肖敏, 2002. 原尾蜥虎的核型和 Ag-NORs 研究. *四川动物* 21: 242–244.
- 肖义军, 张秋金, 金雅平, 2000. 原尾蜥虎 (*Hemidactylus bowringii*) 血细胞的形态学观察. *武夷科学* 16: 207–210.
- 徐大德, 2001a. 原尾蜥虎繁殖生态的探讨. *经济动物学报* 5 (3):

44 - 48.

徐大德, 2001b. 肇庆七星岩原尾蜥虎生态学研究. 贵州师范大学学报 19 (4): 12 - 16.

许雪峰, 陈雪君, 计翔, 2001. 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. 动物学研究 22: 443 - 448.

张秋金, 陈友铃, 高建民, 耿宝荣. 2000. 原尾蜥虎 (*Hemidactylus*

bowringii) 雌性生殖周期的研究. 福建师范大学学报 16 (2): 93 - 96.

张秋金, 高建民, 耿宝荣, 1999. 原尾蜥虎和光蜥的核型研究. 动物学杂志 34 (4): 12 - 14.

周开亚, 1999. 壁虎科. 见: 赵尔宓, 赵肯堂, 周开亚编. 中国动物志 (爬行纲第二卷). 北京: 科学出版社, 15 - 76.