

DOI:10.3969/j.issn.1000-7083.2011.01.013

青海沙蜥红原亚种成体腹部和尾尖腹面色斑两性异形与季节变化的初步研究

万宏富^{1,2}, 齐银^{1,2}, 郭宪光¹, 王跃招^{1*}

(1. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:对分布于青藏高原东部若尔盖高寒生境中的青海沙蜥红原亚种 *Phrynocephalus vlangalii hongyuanensis* 成体腹部和尾尖腹面色斑的两性异形及其与环境因子的关系进行了初步研究。结果表明:在 5 月份(繁殖季节), 雄性腹部色斑显著大于雌性 ($t_{41,74} = -2.309, P = 0.023$), 而尾尖腹面色斑在两性间差异不显著 ($Z = -0.939, P = 0.347$)。雄性在非繁殖季节(4 月初)腹部色斑显著大于繁殖季节(5 月份) ($t_{38,41} = 5.312, P < 0.000$), 而尾尖腹面色斑在 4、5 月间无显著变化 ($t_{38,41} = -1.734, P = 0.087$)。成体腹部色斑大小与体重 ($r = -0.07, P = 0.39, n = 154$) 和肥满度 ($r = -0.05, P = 0.53, n = 154$) 无显著相关性, 尾尖腹面色斑与体重 ($r = 0.09, P = 0.27, n = 154$) 和肥满度 ($r = 0.1, P = 0.24, n = 154$) 也无显著相关性。气象资料表明若尔盖 4 月份气温低于 5 月份, 推测雄性青海沙蜥红原亚种腹部色斑大小的季节变化可能是对温度适应的结果, 而雌性尾尖腹面色斑大小随季节无显著变化, 推测该特征可能与环境变化关系不大。

关键词: 青海沙蜥红原亚种; 两性异形; 腹部色斑; 尾尖色斑

中图分类号: Q959.6; Q915.864 文献标识码: A 文章编号: 1000-7083(2011)01-0054-05

Preliminary Study on Sexual Dimorphism and Seasonal Variation of the Belly Patch and Tail-tip Badge of the Adult Toad-headed Lizard *Phrynocephalus vlangalii hongyuanensis*

WAN Hong-fu^{1,2}, QI Yin^{1,2}, GUO Xian-guang¹, WANG Yue-zhao^{1*}

(1. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Sexual dimorphism and seasonal variation of the belly patch and tail-tip badge of the adult toad-headed lizard *Phrynocephalus vlangalii hongyuanensis* were tested in this study. The results showed that belly patch size of *P. vlangalii hongyuanensis* differed between sexes significantly during the breeding season ($t_{41,74} = -2.309, P = 0.023$), however there were no significant differences between sexes in tail-tip badge size ($Z = -0.939, P = 0.347$). The variation of belly patch size was significant between seasons ($t_{38,41} = 5.312, P < 0.000$), nevertheless the tail-tip badge size did not change with the season ($t_{38,41} = -1.734, P = 0.087$). Belly patch size correlated with neither body mass ($r = -0.07, P = 0.39, n = 154$) nor body condition ($r = -0.05, P = 0.53, n = 154$), and tail-tip badge size correlated with neither body mass ($r = 0.09, P = 0.27, n = 154$) nor body condition ($r = 0.1, P = 0.24, n = 154$). Preliminary conclusions are that the seasonal changes of the belly patch of *P. vlangalii hongyuanensis* evolved as a low temperature adaptation, but the tail-tip badge was not temperature dependent.

Key words: *Phrynocephalus vlangalii hongyuanensis*; sexual dimorphism; belly patch; tail-tip badge

脊椎动物普遍存在身体大小和表型特征的两性异形 (Cooper & Vitt, 1989; Parker, 1992; Owens & Hartley, 1998; Darwin, 2004)。体色作为一种重要的

性选择信号, 其两性异形特征往往和个体的健康状况、社会地位、繁殖状态和行为对策相关, 且受环境因素影响 (Thompson & Moore, 1991; Andersson &

收稿日期: 2010-04-12 接受日期: 2010-05-10 基金项目: 国家自然科学基金项目(30470252, 30700062); 中国科学院西部之光人才培养计划西部博士项目; 中国科学院知识创新工程方向项目(KSCX2-YW-Z-005)

作者简介: 万宏富, 男, 硕士研究生, 主要从事两栖爬行动物研究, E-mail: tiger1816@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: arcib@cib.ac.cn

致谢: 若尔盖湿地国家级自然保护区管理局的扎科、张明和索朗协助野外工作; 中国科学院成都生物所的戴强副研究员、黄勇同学对数据分析和文稿撰写提供帮助, 谨致谢意!

Iwasa, 1994; Morrison *et al.*, 1995, LeBas & Marshall, 2000)。青海沙蜥红原亚种 *Phrynocephalus vlangalii hongyuanensis* 隶属于蜥蜴亚目鬣蜥科 Agamida 沙蜥属 *Phrynocephalus*, 为高寒蜥种, 营卵胎生, 分布于青藏高原东缘若尔盖湿地的沙地和呈丘状高地的沙丘, 海拔 3500 m 左右 (赵尔宓等, 1999; 王跃招等, 2002)。本文对青海沙蜥红原亚种成体腹部和尾尖腹面色斑的两性异形和季节变化做了探讨, 并初步分析了影响腹部色斑季节变化的影响因素, 为青海沙蜥两性异形和色斑的进一步研究提供了基础资料。

1 材料和方法

1.1 研究对象

以青海沙蜥红原亚种为研究对象, 该物种腹面有大块黑斑, 自喉褶到胸部有一黑线与腹部中央的黑斑相连, 尾尖腹面黑色或砖红色 (王跃招等, 2002)。腹部色斑为腹部正中央的黑色区域, 尾尖腹面色斑为尾尖腹面端部即尾梢黑色或砖红色区域 (封 2, 图 1)。

1.2 研究地点

研究地点位于四川省若尔盖县辖曼乡, 地理坐标为东经 102°29'04.1", 北纬 33°43'25.0", 海拔 3464 m。该地区处于湿地急剧退化过程中, 沙地和沙丘镶嵌在湿地之中, 形成相对隔离的沙蜥生境。植被以矮生蒿草 *Kobresia humilis*、短轴蒿草 *Kobresia pratii*、垂穗披碱草 *Elymus nutans* 和人工种植的高山柳 *Salix cupularis* 为主 (吴鹏飞等, 2007)。

1.3 数据获取

对 2009 年所捕个体, 用富士 S8100 相机从沙蜥腹面和背面拍照 (图 1), 同时测量表型特征 (表 1)。采用 Image J 1.4 软件的直线选择 (Straight line selections)、分段选择 (Segmented line selections)、多边形选择 (Polygon selection)、分析 (Analyze) 和测量 (Set measurement) 等工具对腹部和尾尖腹面色斑的面积进行测量 (Rasband, 1997-2009) (图 1)。

为了消除个体大小对色斑大小的影响, 数据采集时, 以色斑面积和腹部面积的比值 (BPS/BS) 作为腹部色斑大小的标准; 以尾尖腹面色斑长度和尾长的比值 (TTL/TL) 作为尾尖腹面色斑大小的标准。本文中腹部色斑大小和尾尖腹面色斑大小皆指腹部色斑面积占腹部面积与尾尖腹面色斑长度占尾长的相对大小, 非绝对大小。以 SVL > 51 mm 作为成体

和亚成体的判断标准 (吴鹏飞, 2003; 章熙东等, 2005)。选择成体的测量结果做进一步分析。青海沙蜥于 3~4 月份回暖时出蛰, 5 月份开始出现求偶行为。为了比较非繁殖季节和繁殖季节之间色斑有无差异, 将 4 月非繁殖季节与 5 月繁殖季节的身体特征数据进行对比。

从中国气象科学数据共享服务网 (<http://data.cma.gov.cn>) 获得若尔盖 1998~2008 年 11 年的气象资料, 对 11 年间的温度进行整理, 并比较了 4 月和 5 月的气温。

表 1 量度的形态特征
Table 1 Morphological measurements

性状 Character	描述 Description
头长 HL, head length	吻端至喉褶
头宽 HW, head width	头部最宽处的直线长度
头体长 SVL, snout-vent length	吻端至泄殖孔
尾长 TL, tail length	泄殖孔至尾尖
腹长 BL, belly length	喉褶至泄殖孔
腹部面积 BS, belly size	喉褶至后肢基部, 个体腹部浅色区域包括色斑区域面积 (图 1, A)
腹部色斑面积 BPS, belly patch size	腹部深色区域面积 (图 1, B)
尾尖腹面色斑长度 TTL, tail-tip length	尾尖端部的深色区域长度 (图 1, D)

1.4 数据分析

幼体腹部和尾尖色斑不明显, 数据采集过程中未包括幼体、次成体的数据, 因此仅对成体的色斑进行分析。通过 Shapiro-Wilk test 和 Bartlett test 检验所有变量的正态性和方差同质性。对于符合正态性和方差齐性检验的变量采取双样本 *t* 检验, 对于不符合正态和方差同质假设的变量进行对数转换, 转换后仍不符合假设的变量采用非参数方法 Wilcoxon 符号秩检验。

以性别为控制变量, 采用 Pearson 偏相关性分析检验腹部色斑和尾尖腹面色斑大小与个体体重和饱满度 (body mass/SVL) 的相关性; 采用双样本 *t* 检验比较雌雄个体之间腹部色斑的大小; 采用双样本 *t* 检验比较 4 月份和 5 月份雄性腹部和尾尖腹面色斑的大小; 采用双样本 Wilcoxon 符号秩检验比较雌雄个体之间尾尖腹面色斑大小。所有统计分析均在 SYSTAT 12 (Kirby, 1993; Salkind, 2004) 中完成, 以 0.05 作为差异显著性的判断标准, 所有数据都以均值 ± 标准误差的形式表示。

2 结果

不同季节共测量青海沙蜥红原亚种成体 146

只,其中 4 月份雄性 38 只,雌性 3 只;5 月份雌性 74 只,雄性 41 只。由于 4 月份雌性样本量太少,没有

对其进行统计分析(表 2)。

表 2 青海沙蜥红原亚种腹部色斑和尾尖腹面色斑的描述性分析
Table 2 Descriptive analyses of belly patch and tail-tip badge size on *P. vlangalii hongyuanensis*

季节	性别	N	尾端部色斑长度占尾长比例		腹部色斑占腹部面积大小比例	
			Mean ± SE	Min ~ Max	Mean ± SE	Min ~ Max
4 月	雄性	38	0.290 ± 0.005	0.171 ~ 0.341	0.239 ± 0.005	0.157 ~ 0.308
5 月	雄性	41	0.304 ± 0.006	0.197 ~ 0.393	0.195 ± 0.007	0.114 ~ 0.271
	雌性	74	0.312 ± 0.006	0.165 ~ 0.433	0.176 ± 0.005	0.098 ~ 0.293

注:数据用平均值 ± 标准误表示

2.1 腹部和尾尖腹面色斑大小与身体状况(体重、肥满度)的相关性

青海沙蜥红原亚种成体腹部的色斑大小与体重($r = -0.07, P = 0.39, n = 154$)和肥满度($r = -0.05, P = 0.53, n = 154$)无显著相关性;尾尖腹面色斑与体重($r = 0.09, P = 0.27, n = 154$)和肥满度($r = 0.1, P = 0.24, n = 154$)也无显著相关性。

2.2 腹部和尾尖腹面色斑大小的两性差异

在繁殖季节,雌雄个体腹部色斑大小差异显著($t_{41,74} = 2.309, P < 0.05$),雄性腹部色斑大于雌性腹部色斑(图 2, A);而雌雄个体的尾尖腹面色斑大小差异不显著($Z = -0.939, P > 0.05$, 图 2, B)。

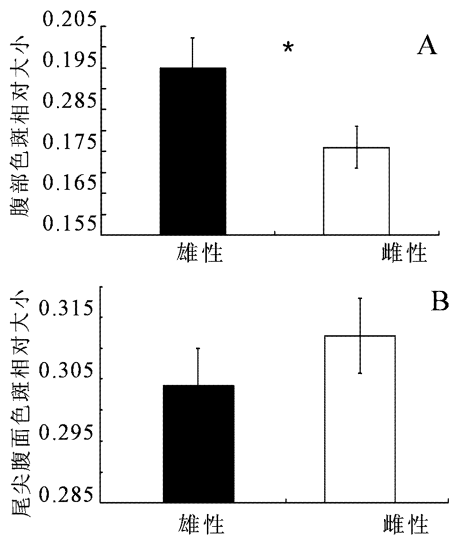


图 2 繁殖季节两性腹部和尾尖腹面色斑大小比较, * 表示差异显著
Fig. 2 Comparison of belly patch size and tail-tip badge size between sexes during the reproductive season * indicates significant difference

2.3 雄性成体的腹部与尾尖腹面色斑长度随季节变化

雄性成体的腹部色斑大小季节性差异显著($t_{38,41} = 5.312, P < 0.05$, 图 3, A),5 月份的腹部色斑显著小于 4 月份;而雄性成体的尾尖腹面色斑大小季节性差异不显著($t_{38,41} = -1.734, P > 0.05$, 图 3, B)。

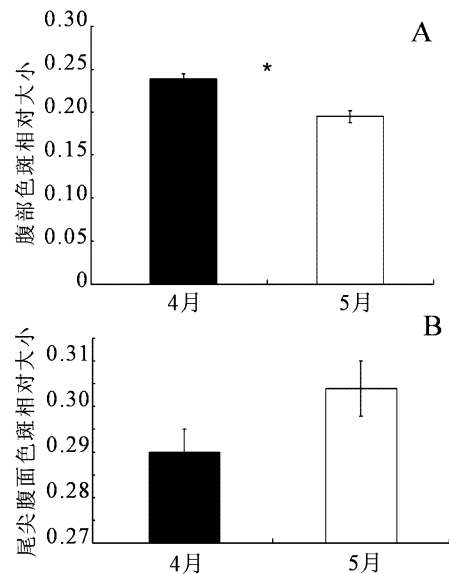


图 3 不同季节雄性腹部和尾尖腹面色斑大小比较, * 表示差异显著
Fig. 3 Comparison of belly patch size and tail-tip badge size of male between different seasons * indicates significant difference

2.4 温度变化与雄性腹部色斑的关系

若尔盖 1998 ~ 2008 年 11 年的气象资料(中国气象科学数据共享服务网, <http://data.cma.gov.cn>)显示:若尔盖年均温为 2.08℃,4 月份的月均温为 2.83℃,5 月份的月均温为 5.91℃。雄性腹部色斑 4 月份相对大小为 0.239 ± 0.005;5 月份为 0.195 ± 0.007,4 月至 5 月雄性腹部色斑变小。随着温度升高,雄性腹部色斑变小(图 4)。

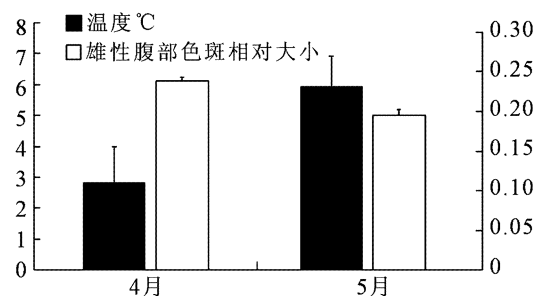


图 4 4 月与 5 月间气温和腹部色斑大小比较
Fig. 4 Comparison of temperature and belly patch size between April and May

3 讨论

3.1 青海沙蜥红原亚种腹部和尾尖腹面色斑的两性异形

蜥蜴的身体大小和表型特征往往呈两性异形 (Carothers, 1984; Olsson *et al.*, 2002)。体色作为蜥蜴类重要的两性异形特征, 同个体间的识别、身体状况、社会地位、繁殖状态以及配偶选择等密切相关 (Morrison *et al.*, 1995; Huang, 1996; Verrastro, 2004; Martin & Lopez, 2009)。青海沙蜥红原亚种腹部和尾尖腹面色斑的大小, 与成体体重和肥满度不存在显著相关性。在 5 月繁殖季节, 两性成体腹部和尾尖腹面色斑大小呈两性异形, 雄性较雌性的腹部色斑大; 而雄性和雌性尾尖腹面色斑大小差异不显著。

3.2 青海沙蜥红原亚种的腹部和尾尖腹面色斑的季节性变化

研究结果显示雄性成体腹部色斑会随着季节的改变发生显著变化。随着温度的升高, 青海沙蜥红原亚种雄性的腹部色斑变小 (图 4)。沙蜥属物种腹部色斑随着海拔而发生变化, 栖息在海拔 2000 m 以下的卵生沙蜥没有黑色腹斑 (赵尔宓等, 1999)。金园庭 (2008) 研究显示: 腹部色斑随着生境的变化而变化, 分布在低海拔藏南谷地的西藏沙蜥 *Phrynocephalus theobaldi* 腹部没有色斑, 而分布在其它地区的西藏沙蜥有腹斑。腹斑在沙蜥物种之间也存在变化, 分布在高海拔地区的红尾沙蜥 *Phrynocephalus erythrurus* 腹部黑斑比青海沙蜥 *Phrynocephalus vlangalii* 和贵德沙蜥 *Phrynocephalus putjatia* 的大。赵尔宓等 (1999) 认为沙蜥属物种腹部色斑是吸收地表辐射热的一种适应特性, 本研究对相同海拔相同种群青海沙蜥红原亚种的雄性成体腹部色斑的研究支持该结论。若尔盖 4 月份的平均气温低于 5 月份的平均气温, 在气温较低的情况下, 较大的腹部色斑可能有助于提高个体吸收地面热辐射能力; 在气温较高的情况下, 较小的腹部色斑可能有助于减缓过强的地面热辐射, 通过腹部色斑大小的变化, 可以有效地维持相对稳定的身体状态, 而对于腹部色斑的大小变化和温度适应的机制, 还需要更进一步探讨。本研究未发现雄性尾尖腹面色斑的季节变化, 推测该特征可能与环境变化关系不大。对于不同生长发育阶段青海沙蜥红原亚种的腹部色斑和尾尖腹面色斑的大小, 随个体的变化及色斑两性异形状况, 还需要进一步的研究。

4 参考文献

- 金园庭. 2008. 青藏高原沙蜥的进化研究[D]. 兰州大学博士学位论文.
- 王跃招, 曾晓茂, 方自力, 等. 2002. 沙蜥属—有效种贵德沙蜥及红原沙蜥的分类研究 (蜥蜴亚目: 鬣蜥科)[J]. 动物分类学报, 27(2): 372~383.
- 吴鹏飞, 王跃招, 朱波, 等. 2007. 若尔盖青海沙蜥——洞穴密度与深度的生态内涵[J]. 动物学研究, 25(4): 311~315.
- 吴鹏飞. 2003. 若尔盖青海沙蜥 (*Phrynocephalus vlangalii*) 种群生态学[D]. 四川大学硕士学位论文.
- 章熙东, 计翔, 罗来高, 等. 2005. 青海沙蜥的两性异型和雌性繁殖[J]. 动物学报, 51(6): 1006~1012.
- 赵尔宓, 赵肯堂, 周开亚, 等. 1999. 中国动物志, 爬行纲, 第 2 卷, 有鳞目, 蜥蜴亚目[M]. 北京: 科学出版社: 189~191.
- 中国气象局国家气象信息中心. 2009. 中国气象科学数据共享服务网[DB/OL]. <http://data.cma.gov.cn>.
- Andersson M, Iwasa Y. 1996. Sexual selection[J]. Trends in Ecology & Evolution, 11(2): 53~58.
- Carothers JH. 1984. Sexual Selection and Sexual Dimorphism in Some Herbivorous Lizards[J]. The American Naturalist, 124(2): 244.
- Cooper WE, Vitt LJ. 1989. Sexual Dimorphism of Head and Body Size in an Iguanid Lizard—Paradoxical Results[J]. American Naturalist, 133(5): 729~735.
- Darwin C. 2004. The descent of man and selection in relation to sex [M]. Montana: Kessinger Pub Co: 142~162.
- Huang WS. 1996. Sexual size dimorphism in the five-striped blue-tailed skink, *Eumeces elegans*, with notes on its life history in Taiwan [J]. Zoological Studies, 35(3): 188~194.
- Kirby KN. 1993. Advanced data analysis with SYSTAT[CP/DK]. Van Nostrand Reinhold Company.
- LeBas NR, Marshall NJ. 2000. The role of colour in signaling and male choice in the agamid lizard *Ctenophorus ornatus* [J]. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 267(1442): 445~452.
- Martin J, Lopez P. 2009. Multiple color signals may reveal multiple messages in male Schreiber's green lizards, *Lacerta schreiberi* [J]. Behavioral Ecology and Sociobiology, 63(12): 1743~1755.
- Morrison RL, Rand MS, Frost-Mason SK. 1995. Cellular basis of color differences in three morphs of the lizard *Sceloporus undulatus erythrocheilus* [J]. Copeia, 1995(2): 397~408.
- Olsson M, Shine R, Wapstra E, *et al.* 2002. Sexual dimorphism in lizard body shape: the roles of sexual selection and fecundity selection [J]. Evolution, 56(7): 1538~1542.
- Owens I, Hartley I. 1998. Sexual dimorphism in birds: why are there so many different forms of dimorphism? [J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 265(1394): 397.
- Parker GA. 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish [J]. Journal of Fish Biology, 41: 1~20.
- Rasband W S, ImageJ US. 1997-2009. Image J[CP/DK]. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.

DOI:10.3969/j.issn.1000-7083.2011.01.014

温度对白条锦蛇 SDH、LDH 活性及 LD 含量的影响

赵伟民¹, 侯天德², 程昉²

(1. 青海大学生物科学系, 西宁 810016; 2. 西北师范大学生命科学院, 兰州 730070)

摘要:在不同温度条件下,测定了白条锦蛇 *Elaphe dione* 骨骼肌中琥珀酸脱氢酶(SDH)、乳酸脱氢酶(LDH)的活性以及骨骼肌、肝脏和肾脏中乳酸(LD)的含量。结果表明,温度从 10℃ 上升到 35℃,SDH 的活性先增高后降低,而 LDH 的活性和 LD 的含量随温度升高持续升高。说明白条锦蛇的能量供给方式与这种动物的喜好温度有密切关系。

关键词:白条锦蛇; 温度; 琥珀酸脱氢酶; 乳酸脱氢酶; 乳酸

中图分类号: Q959.6; Q55 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083(2011)01-0058-03

Effect of Temperature on SDH and LDH Activities and LD Contents in *Elaphe dione*

ZHAO Wei-min¹, HOU Tian-de², CHENG Fang²

(1. Department of Biological Science, Qinghai University, Xining 810016, China;

2. College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract:The activities of SDH and LDH and the contents of LD from different tissues of the snake, *Elaphe dione*, were measured under different temperatures. The results showed that the activities of LDH and the contents of LD rose along with an increase in temperature from 10°C to 35°C, but SDH activity fell along a temperature increase from 25°C to 35°C. It suggests that how energy is supplied in this snake was closely related to the preferred temperature of this animal.

Key words:*Elaphe dione*; temperature; SDH; LDH; LD

琥珀酸脱氢酶(SDH)和乳酸脱氢酶(LDH)是与供能有直接关系的两种酶,SDH 位于线粒体内膜上,是三羧酸循环(TCA)中唯一与膜结合的酶,它直接与电子传递链相连,是线粒体的一种标志酶。不同肌组织 SDH 的分布、活性不同,同一肌组织在不同的状态下 SDH 的含量、活性也会发生变化。LDH 是糖酵解(EMP)供能系统的关键酶之一,催化丙酮酸加氢生成 LD。动物组织中糖无氧酵解产生的丙酮酸只有在 LDH 作用下还原成 LD,才能使 EMP 产生 ATP 的途径顺利进行。LDH 活性的高低常被用来评价骨骼肌、肝脏等组织无氧代谢的能力。研究白条锦蛇 *Elaphe dione* 体内 SDH、LDH 活性以及 LD 含量与温度的关系,对于揭示和补充爬行动物体内酶活性与能量供应的关系、爬行动物的喜好温度、温度与代谢率的关系都具有参考价值(Dawson, 1963;

王培潮,陆厚基,1986;王培潮,徐宏发,1987;李仁德,刘迺发,1994)。本文采用测定不同温度下酶活性以及 LD 含量的方法,对白条锦蛇骨骼肌中 SDH、LDH 活性以及不同组织 LD 含量进行了定量分析,旨在揭示温度与能量供应方式、酶活性与 LD 的线性关系。

1 材料和方法

1.1 实验动物

实验所用白条锦蛇均捕获于甘肃省兰州市野外,饲养在通风、采光及湿度良好,摄食、饮水、活动自由的环境中,饲养温度为 25℃ 左右。每天定时换新鲜自来水供其饮水,每 10 天投喂 1 次小白鼠。饲养 30 天后挑出健壮的动物,禁食、自由饮水 10 天后实验。

收稿日期:2010-03-22 接受日期:2010-04-20

作者简介:赵伟民(1975~),男,讲师,研究方向:动物生理及细胞生物学, E-mail: zhaoweimin1975@yahoo.cn

Salkind N. 2004. Statistics for people who (think they) hate statistics [M]. Sage Publications, Inc; 333~334.

Thompson CW, Moore MC. 1991. Throat colour reliably signals status in male tree lizards, *Urosaurus ornatus*[J]. Animal Behaviour, 42(5):

745~753.

Verrastro L. 2004. Sexual dimorphism in *Liolaemus occipitalis* (Iguania, Tropiduridae)[J]. Iheringia Série Zoologia, 94: 45~48.

