

恒温驯化对中国林蛙热耐受性的影响

王立志^{1, 2} 李晓晨¹

(1 陕西师范大学生命科学学院, 西安 710062 2 陕西教育学院生命科学系, 西安 710061)

EFFECTS OF CONSTANT THERMAL ACCLIMATION ON THERMAL TOLERANCE OF THE CHINESE FOREST FROG (*RANA CHENSINENSIS*)

WANG Li-Zhi^{1, 2} and LI Xiao-Chen¹

(1 College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062 2 Department of Life Sciences, Shanxi Institute of Education, Xi'an 710061)

关键词: 驯化温度; 最适温度; 最高逃避温度; 最高致死温度; 中国林蛙; 蝌蚪

Key words: Acclimation temperature; Preferred temperature; High avoidance temperature; Lethal thermal maximum; Chinese forest frog; Tadpole

中图分类号: Q959.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2007)05-0748-03

外温动物主要利用外热源, 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^[1]。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^[2, 3]。过高或过低的体温对动物有害甚至能导致其死亡, 在极端高、低体温之间, 相对较高的体温有利于动物较好地表达其生理功能和行为表现^[1-4]。

中国林蛙(*Rana chensinensis*)是一种具有较高的营养价值和药用价值的两栖类动物, 其经济价值很高。王立志^[5]等报道了在恒温下中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪对温度的适应性及其生长发育所需要的最适温度条件及致死的温度范围。本文研究了在4个不同恒温下中国林蛙蝌蚪的热适应性, 得到了其在不同温度条件下的最适温度、最高逃避温度和最高致死温度, 为实现人工控制其在野外环境下的生长发育, 为中国林蛙蝌蚪的人工饲养提供新的理论指导。

1 材料与方法

1.1 研究材料 中国林蛙蝌蚪采自秦岭北麓灞河边的天然池塘中。池塘位于36°06'916"N, 108°54'455"E, 海拔420m, 池塘水的pH值为6.6—6.8。将采集回来的中国林蛙蝌蚪分别放在4个相同塑料盆中, 每个盆中均放50尾, 水深10cm。于采集当天把装有中国林蛙蝌蚪的塑料盆分别放在25℃、20℃、15℃和10℃的恒温恒湿培养箱(LRH-250-S)中驯化2

周, 湿度均为70%, 光照14L:10D。

1.2 研究方法 将在不同温度下驯化2周后的中国林蛙蝌蚪(20日龄)分别用温度梯度装置测量记录它们的最适温度、最高逃避温度和最高致死温度。温度梯度装置主要由温梯金属盒(70cm×5cm×5cm)、冰水浴和恒温水浴构成^[6]。在由温梯金属板形成的盒子中加入2厘米深的蒸馏水, 形成一个水槽结构。水槽一端连接在恒温水浴锅上(温度为60℃), 另一端置于0℃的冰水中, 以便使槽内的蒸馏水形成一系列的温度梯度。用热敏电偶测定蒸馏水的温度。蝌蚪在水槽中掉转身体逃避时所在位置的温度即为逃避温度。如果蝌蚪没有立即逃离但已经出现异常行为(如表现为急躁、乱撞、紧张等)时所在点的温度也被认为是其逃避温度, 长时间停留或出现频率最高的位置的温度范围即为最适温度范围; 致死温度的测量采用逐渐升高水温直至蝌蚪死亡时的温度值。

1.3 数据处理 驯化反应比率(The acclimation response ratio, ARR)通过不同温度驯化后的最适温度、逃避温度和最高致死温度变化量除以驯化温度变化量求得^[7]。驯化反应比率用来估计热驯化对最适温度、最高逃避温度和最高致死温度的影响程度。

数据统计前, 对所有的数据进行正态性检验。在SPSS12.0中用线性回归和单因素方差分析对数据进行统计处理。描述性统计值均用平均值±标准差表示, 显著性水平

收稿日期: 2005-08-18 修订日期: 2006-10-20

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(98H16); 陕西师范大学研究生培养创新基金资助项目

作者简介: 王立志(1979—), 男, 博士; 专业方向为动物生态。E-mail: rj_wl@stu.snnu.edu.cn

通讯作者: 李晓晨, E-mail: xiaochen@snnu.edu.cn

设在 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 中国林蛙蝌蚪的最适温度

在不同的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪有不同的最适温度(平均值)。在 10℃ 的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪的最适温度是(15.6±1.9)℃, 最适温度范围是 13—17℃; 在 15℃ 的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪的最适温度是(16.3±2.0)℃, 最适温度范围是 14—18℃; 在 20℃ 的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪的最适温度是(18.1±2.7)℃, 最适温度范围是 16—19℃; 在 25℃ 的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪的最适温度是(20.7±2.1)℃, 最适温度范围是 18—21℃(图 1)。单因素方差分析表明在不同的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪的最适温度有着显著的差异($F=44.332$; $p<0.001$; $df=3$; $N=200$)。在恒温条件下, 随着驯化温度的升高中国林蛙蝌蚪的最适温度和最

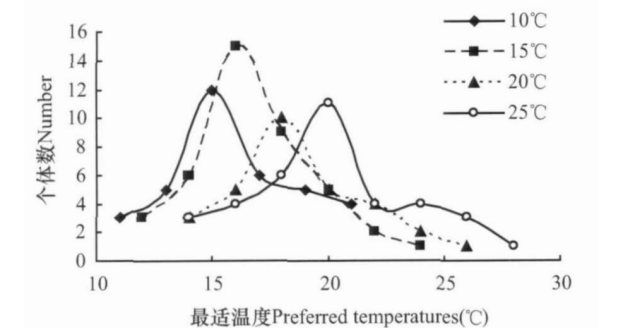


图 1 不同驯化温度下的中国林蛙蝌蚪的最适温度
Fig 1 Preferred temperatures of the Chinese forest frog tadpoles at different acclimation temperatures

表 1 中国林蛙蝌蚪的驯化温度反应率(ARRs)
Tab. 1 Acclimation response ratio of the Chinese forest frog

驯化温度 Acclimation temperature	最适温度的 ARR ARRs of preferred temperature	最高逃避温度的 ARR ARRs of high avoidance temperature	最高致死温度的 ARR ARRs of lethal thermal maximum
10℃/25℃	0.34	0.22	0.27

3 讨论

自 Mendelssohn^[7] 对动物热适应的开拓性研究以来, 已有一系列温度梯度装置被用来研究各种动物的热偏爱。然而, 很少有对不同生长阶段两栖类的热偏爱方面的研究报道。驯化传统上被定义为, 在实验室条件下, 动物针对一个单一因子变量的改变所产生的生理机能上的补偿性调整^[8]。国际生理科学协会(International Union of Physiological Sciences, IUPS) 下属的热学委员会(Thermal Commission, 2003) 给驯化的定义是, 驯化是有机体发生的一些生理和行为上的变化, 这些生理和行为上的变化能够减少由实验诱导的特定气候因子的刺激性变化带来的不良影响或能够提高动物对这些不良影响的耐受性。生理学家一般认为, 所有由驯化产生的表

适温度范围都在增加。驯化温度和中国林蛙蝌蚪的最适温度存在线性关系, 其表达式为: $y=0.3401x+11.701$, $r=0.9313$; y 表示最适温度, x 表示驯化温度。

2.2 中国林蛙蝌蚪的最高逃避温度

10℃、15℃、20℃和 25℃恒温驯化 2 周的中国林蛙蝌蚪的最高逃避温度分别为: (31.2±1.1)℃, (32.6±1.6)℃, (33.3±1.2)℃, (34.5±1.5)℃。单因素方差分析说明在不同的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪的最高逃避温度也有显著的差异($F=52.714$; $p<0.001$; $df=3$; $N=200$)。在恒温条件下, 随着驯化温度的升高中国林蛙蝌蚪的最适温度和最适温度范围都在增加。驯化温度和中国林蛙蝌蚪的最高逃避温度存在线性关系, 其表达式为: $y=0.2696x+33.101$, $r=0.9932$; y 表示最高逃避温度, x 表示驯化温度。

2.3 中国林蛙蝌蚪的最高致死温度

10℃、15℃、20℃和 25℃恒温驯化 2 周的中国林蛙蝌蚪的最高致死温度分别为: (35.8±1.9)℃, (37.2±1.8)℃, (38.3±1.1)℃, (39.8±0.9)℃。单因素方差分析说明在不同的驯化温度下, 中国林蛙蝌蚪的最高致死温度也有显著的差异($F=27.719$; $p<0.001$; $df=3$; $N=200$)。在恒温条件下, 随着驯化温度的升高中国林蛙蝌蚪的最适温度和最适温度范围都在增加。驯化温度和中国林蛙蝌蚪的最适温度存在线性关系, 其表达式为: $y=0.2089x+29.233$, $r=0.9895$; y 表示最高致死温度, x 表示驯化温度。

2.4 驯化反应速率(ARRs)

驯化温度对中国林蛙蝌蚪的最适温度施加的影响要比最高逃避温度和最高致死温度的影响大(表 1)。中国林蛙蝌蚪最适温度的 ARR 比最高逃避温度的高 0.12, 比最高致死温度的高 0.07。

型上的补偿性变化能够提高有机体在诱导这些补偿性变化发生的环境中的生理机能或适合度^[9]。

经过恒温驯化的中国林蛙蝌蚪只经历了一个稳定的温度驯化过程, 因而它们的最适温度分布只有一个峰值。中国林蛙蝌蚪对温度的耐受范围比较小, 可能与其生境有关。中国林蛙蝌蚪的生境一般分布在海拔较高, 环境比较潮湿的高山地区, 季节和昼夜温差变化较小, 因此能够适应的温度范围也较小。

经过较高温度驯化的个体有着较强的耐受不利环境温度的能力^[10]。最高致死温度高于最高逃避温度, 说明中国林蛙蝌蚪能够耐受的极端高温范围较窄, 但其适应的温度范围却很宽。较宽的最适温度范围和较大的逃避温度与最适温度之差, 说明中国林蛙属于广温性种类。

不同的驯化温度显著影响中国林蛙蝌蚪的最适温度、最

高逃避温度和最高致死温度, 其中对最适温度的影响最大, 对最高致死温度影响最小。

参考文献:

[1] Huey R B, Kingsolver J G. Evolution of thermal sensitivity of ectotherm performance [J]. *Trends Ecol. Evol.*, 1989, **4**: 131—135

[2] Avery R A. Field studies of body temperature and thermo regulation [M]. In: Gans C, Pough F H (Eds.), *Biology of the Reptilia* Vo. 1. 12. New York: Academic Press. 1982: 93—116

[3] Huey R B. Temperature, physiology and the ecology of reptiles [M]. In: Gans C, Pough F H (Eds.), *Biology of the Reptilia* Vo. 1. 12. New York: Academic Press. 1982: 25—91

[4] Pough F H. The advantages of ectothermy for tetrapods [J]. *Amer. Nat.*, 1980, **115**: 92—112

[5] Wang L Z, Li X C, Sun T. Preferred temperature, avoidance temperature and lethal temperature of tadpoles of the Common giant toad

(*Bufo gargarizans*) and the Chinese forest frog (*Rana chensinensis*) [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2005, **40**(2): 23—27 [王立志, 李晓晨, 孙涛. 中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪的最适温度、逃避温度和致死温度. 动物学杂志, 2005, **40**(2): 23—27]

[6] Claussen D L. Thermal acclimation in ambystomatid salamanders [J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1977, **58A**: 333—340

[7] Mendelssohn M. Ueber den thermotropismus einzellier organismen [J]. *Pflüger's Arch. Ges. Physiol.*, 1895, **60**: 1—27

[8] Prosser C L. Environmental and metabolic animal physiology: comparative animal physiology 4th ed. [M]. Wiley Liss. 1991, 24—47

[9] Wilson R S, Franklin C E. Testing the beneficial acclimation hypothesis [J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2002, **17**(2): 66—70

[10] Gilchrist G W. Specialists and generalists in changing environments. I. fitness landscapes of thermal sensitivity [J]. *The American Naturalist*, 1995, **146**(2): 252—270