

中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪的最适温度、 逃避温度及致死温度

王立志 李晓晨 孙涛

(陕西师范大学生命科学院 西安 710062)

摘要 :报道了中国林蛙蝌蚪(*Rana chensinensis*)和大蟾蜍蝌蚪(*Bufo gargarizans*)在不同驯化温度下的最适温度、逃避温度和致死温度的研究结果。将中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪分别在 5、15 和 25℃ 3 个不同温度下驯养 3 周,利用温度梯度装置观察记录 2 种蝌蚪的最适温度、逃避温度和最高致死温度。结果表明,经过在 5、15 和 25℃ 3 个温度下的驯化,中国林蛙蝌蚪的最适温度范围分别为 13.5 ~ 18℃、20.5 ~ 25℃ 和 23 ~ 27.5℃;大蟾蜍蝌蚪的最适温度范围分别为 12 ~ 16.5℃、21 ~ 25.5℃ 和 22 ~ 26.5℃。中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪的最高致死温均在 37 ~ 38℃ 之间,最低致死温均为 0℃。驯化温度对最适温度影响显著($P < 0.01$),对致死温度则没有显著影响。驯化温度对中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪的逃避温度产生的影响比最适温度的大。

关键词 :驯化温度,最适温度,逃避温度,致死温度,中国林蛙,大蟾蜍,蝌蚪

中图分类号 :Q494 文献标识码 :A 文章编号 :0250-3263(2005)02-23-05

Preferred Temperature , Avoidance Temperature and Lethal Temperature of Tadpoles of the Common Giant Toad (*Bufo gargarizans*) and the Chinese Forest Frog (*Rana chensinensis*)

WANG Li-Zhi LI Xiao-Chen SUN Tao

(College of Life Sciences , Shaanxi Normal University , Xi'an 710062 , China)

Abstract :In order to estimate the preferred temperature (PT), avoidance temperature (AT), and lethal temperature (LT) of tadpoles of the Common Giant Toad (*Bufo gargarizans*) and the Chinese Forest Frog (*Rana chensinensis*), tadpoles of both species were acclimated at different temperatures. The PT, AT and LT were measured with thermocouple using a temperature gradient apparatus after the tadpoles were acclimated to different temperatures for three weeks. The results showed that the PTs of the Chinese forest frog were 13.5 – 18℃, 20.5 – 25℃ and 23 – 27.5℃, and the PTs of common giant toad were 12 – 16.5℃, 21 – 25.5℃, 22 – 26.5℃, respectively, corresponding to the acclimation temperatures of 5℃, 15℃ and 25℃. The maximum lethal temperature for both species was 37 – 38℃ and the minimum lethal temperature for both species was 0℃. Temperatures between the lethal and the preferred temperatures were their avoidance temperatures. The acclimation temperature imposes more influences on the ATs than on the PTs in tadpoles of both species.

Key words :Acclimation temperature ; Preferred temperature ; Avoidance temperature ; Lethal temperature ; The Chinese Forest Frog ; The Common Giant Toad ; Tadpole

基金项目 :陕西省自然科学基金(No. 98H16) ;

第一作者介绍 :王立志,男,硕士研究生,研究方向:动物生态学;E-mail :rjwl@126.com。

收稿日期 :2004-07-18,修回日期 :2005-01-05

从原生动植物到哺乳动物,所有动物都会避开过低和过高的温度而选择最适合的温度环境。在一个合适的温度梯度下,能够运动的动物倾向于生活在一个狭窄的最适温度范围内,这一现象一般用最适温度等术语解释^[1]。最适温度的定义是,置于一个温度梯度中所有动物个体最终集聚的那个温度范围就是它们的最适温度^[2]。最适温度表明动物的一些生理、生化过程,如新陈代谢、运动、生殖和生长发育需要在一个最适宜温度范围内进行^[3~8]。动物对环境温度有一定的耐受限度,温度过高或过低都不利于其生命活动。有关上、下限临界温度的知识给动物提供了一个生态指标^[9,10]。

中国林蛙 (*Rana chensinensis*) 和大蟾蜍 (*Bufo gargarizans*) 均属对农林业有益的两栖类,前者的经济价值更高,因此围绕对它们的饲养问题,进行了一系列它们对环境因子适应性方面的研究^[11~18]。本文就这 2 种无尾类蝌蚪对温度的适应性、其生长发育所需要的最适温度条件及致死温度范围做了研究,为中国林蛙和大蟾蜍的人工饲养提供理论指导。研究结果报道如下。

1 材料与方法

实验所用的中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪均采自秦岭北麓 河边的池塘中。蝌蚪约为 20 日龄。驯化期间以豆渣饲喂。蝌蚪分别于 5、15 和 25℃ 温度下驯化 3 周后,用温度梯度装置测量记录它们的最适温度和逃避温度。温度梯度装置主要由温梯金属板、冰水浴和恒温水浴构成(图 1)。在由温梯金属板形成的盒子中加入 2 cm 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。

数据统计前,对所有的数据进行正态性检验。在 Excel 中用线性回归和单因素方差分析(ANOVA)对数据进行统计处理。显著性水平设在 $\alpha = 0.05$ 。

驯化反应速率(The acclimation response ratio, ARRs)以驯化温度总的变化除以忍耐温度变化量表示^[19]。其计算方法如下:

最适温度的 ARRs = (25 - 5) × (25℃ 下驯化的最适温度 - 5℃ 下驯化的最适温度);

逃避温度的 ARRs = (25 - 5) × (25℃ 下驯化的逃避温度 - 5℃ 下驯化的逃避温度)。

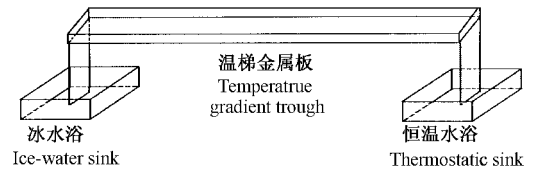


图 1 温度梯度装置

Fig. 1 The apparatus of thermal gradient

2 结果

2.1 最适温度

2.1.1 中国林蛙蝌蚪 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 5℃ 的驯化温度下,中国林蛙蝌蚪的最适温度是 15.5℃,最适温度范围是 13.5 ~ 18℃;在 15℃ 的驯化温度下,中国林蛙蝌蚪的最适温度是 22.4℃,最适温度范围是 20.5 ~ 25℃;在 25℃ 的驯化温度下,中国林蛙蝌蚪的最适温度是 24.9℃,最适温度范围是 23 ~ 27.5℃(图 2)。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($F = 170.2 > F_{0.05} = 3.1$; $P < 0.001$; $df = 2$; $n = 98$)。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也在增加。

2.1.2 大蟾蜍蝌蚪的最适温度 在不同的驯化温度下,大蟾蜍蝌蚪有不同的最适温度(平均值)。在 5℃ 的驯化温度下,最适温度是 14.6℃,最适温度范围是 12 ~ 16.5℃;在 15℃ 的

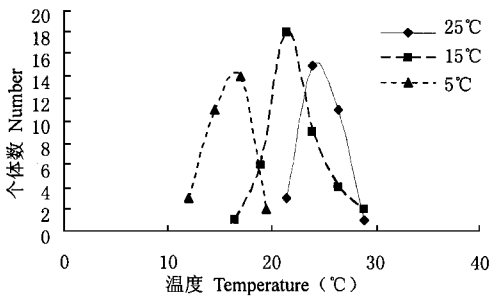


图2 不同驯化温度下中国林蛙蝌蚪的最适温度
Fig. 2 Preferred temperatures of the Chinese Forest Frog at different acclimation temperature

驯化温度下,最适温度是 23.6℃,最适温度范围是 21 ~ 25.5℃;在 25℃的驯化温度下,最适温度是 25.0℃,最适温度范围是 22 ~ 26.5℃(图 3)。单因素方差分析说明在不同的驯化温度下,大蟾蜍蝌蚪的最适温度有着显著的差异($F = 166.9 > F_{0.05} = 3.1$; $P < 0.001$; $df = 2$; $n = 97$)。随着驯化温度的升高大蟾蜍蝌蚪的最适温度和最适温度范围也在升高。

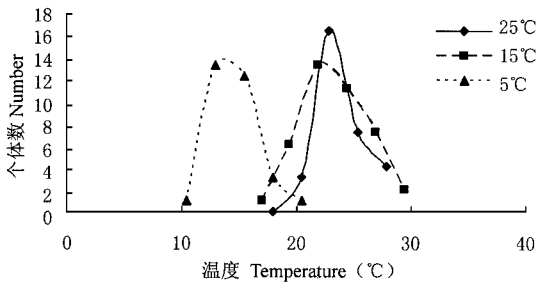


图3 不同驯化温度下大蟾蜍蝌蚪的最适温度
Fig. 3 Preferred temperatures of the Common Giant Toad at different acclimation temperature

在 5℃的驯化温度下,中国林蛙蝌蚪比大蟾蜍蝌蚪的最适温度高 0.95℃,最适温度范围高 1.5℃;在 15℃的驯化温度下,中国林蛙蝌蚪比大蟾蜍蝌蚪的最适温度低 1.2℃,最适温度范围低 0.5℃;在 25℃的驯化温度下,中国林蛙蝌蚪比大蟾蜍蝌蚪的最适温度低 0.18℃,但最适温度范围却高 1℃。大蟾蜍蝌蚪比中国林蛙蝌蚪的活动范围高约 2℃。

2.2 逃避温度 在 5、15、25℃驯化 3 周的大蟾蜍蝌蚪的逃避温度分别为:25.7、31.4、34℃;在

5、15 和 25℃驯化 3 周的中国林蛙蝌蚪的逃避温度分别为 25.6、30.2、31.9℃。单因素方差分析说明在不同的驯化温度下,大蟾蜍蝌蚪的逃避温度有着显著的差异($F = 141.6 > F_{0.05} = 3.1$; $P < 0.001$; $df = 2$; $n = 97$);中国林蛙蝌蚪的逃避温度也有显著的差异($F = 95.9 > F_{0.05} = 3.1$; $P < 0.001$; $df = 2$; $n = 98$)。这说明驯化温度可以明显地改变其逃避温度,可以通过高温驯化,提高其对高温的适应能力。

在不同温度下,大蟾蜍蝌蚪的逃避温度略高于中国林蛙蝌蚪的逃避温度。在 5℃时,大蟾蜍蝌蚪的逃避温度比中国林蛙蝌蚪的逃避温度高 0.1℃;在 15℃时,大蟾蜍蝌蚪的逃避温度比中国林蛙蝌蚪的逃避温度高 1.2℃;在 25℃时,大蟾蜍蝌蚪的逃避温度比中国林蛙蝌蚪的逃避温度高 2.1℃。由此可知:随着驯化温度的升高,大蟾蜍蝌蚪的逃避温度比中国林蛙蝌蚪的逃避温度升高的快。

2.3 致死温度 由表 1、2 可以看出,在 5、15、25℃驯化 3 周的中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪的致死高温在 37 ~ 38℃之间,致死低温为 0℃的冰。单因素方差分析结果可得知驯化温度对致死温度没有显著影响($F < F_{0.05}$; $P > 0.05$)。

表 1 不同驯化温度下中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪高温死亡率

Table 1 Mortality of the tadpoles of the Common Giant Toad and the Chinese Forest Frog in high temperature at different acclimation temperatures

温度 Tem- pera- tures (°C)	中国林蛙蝌蚪 高温致死率 Mortality of the Chinese Forest Frog in high temperature(%)			大蟾蜍蝌蚪 高温致死率 Mortality of the Common Giant Toad in high temperature(%)		
	5°C	15°C	25°C	5°C	15°C	25°C
30	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	10	0	0
37	40	30	30	30	30	30
38	100	100	100	100	100	100
39	100	100	100	100	100	100

2.4 驯化反应速率(ARRs) 驯化温度对中国林蛙蝌蚪和中国大蟾蜍蝌蚪的逃避温度施加的

影响要比最适温度的影响大(表3)。中国林蛙蝌蚪最适温度的 ARR_s 比大蟾蜍蝌蚪的高 0.23 逃避温度的 ARR_s 比大蟾蜍蝌蚪的高 0.78。

表 2 不同驯化温度下中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪低温死亡率

Table 2 Mortality of the tadpoles of the Common Giant Toad and the Chinese Forest Frog in low temperature at different acclimation temperatures

温度 Temperatures (°C)	中国林蛙蝌蚪 低温致死率 Mortality of the Chinese Forest Frog in low temperature(%)			大蟾蜍蝌蚪 低温致死率 Mortality of the Common Giant Toad in low temperature(%)		
	5°C	15°C	25°C	5°C	15°C	25°C
	2.5	0	0	0	0	0
0 Water	0	0	0	0	10	20
0 Ice	100	100	100	100	100	100
-2.5	100	100	100	100	100	100

表 3 中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪的驯化温度反应率(ARR_s)

Table 3 Acclimation response ratio of the Chinese Forest Frog and the Common Giant Toad

种名 Name of Species	驯化温度* Acclimation temperature (°C)	最适温度 的 ARR _s of PT	逃避温度 的 ARR _s of AT
中国林蛙蝌蚪 The Chinese Forest Frog	5/25	2.146	3.209
大蟾蜍蝌蚪 The Common Giant Toad	5/25	1.914	2.429

* 驯化温度是指在实验条件下引起动物生理机制发生补偿性适应的温度。在该表中的驯化温度分别是 5°C 和 25°C, 最适温度和逃避温度的 ARR_s 是在 5°C 和 25°C 的驯化温度下各自测量值的计算结果。

3 讨论

驯化温度可以改变中国林蛙蝌蚪和大蟾蜍蝌蚪的最适温度。林蛙养殖南移过程中,可经过驯化提高其对高温的适应能力。驯化温度对大蟾蜍蝌蚪和中国林蛙蝌蚪逃避温度具有显著影响。随着驯化温度 5、15、25°C 逐渐升高,其逃避

温度也在一定范围内升高,这与梭鱼幼体的热忍受温度随驯化温度的升高而升高相一致^[20]。

中国林蛙蝌蚪对温度的耐受范围大于大蟾蜍蝌蚪,表明它的温度适应能力比大蟾蜍蝌蚪强,这可能与二者的生境差异有关。中国林蛙蝌蚪的生境一般分布在海拔较高的山地,季节和昼夜温差变化较大,因此能够适应的温度范围也较大,而大蟾蜍蝌蚪多活动在低海拔处,季节和昼夜温差变化较高海拔地区小,因而能够耐受的溫度范围也较小。

无论是中国林蛙蝌蚪还是大蟾蜍蝌蚪,其致死高温均为 37~38°C,致死低温均为 0°C 的冰,不同驯化温度下的致死温度基本一致,即驯化温度对致死温度没有显著影响。这一研究结果与 5 日龄草鱼驯化温度对致死高温的影响并不一致。5 日龄草鱼的驯化温度 22、25°C 分别对应的致死高温为 36.5、37.4°C^[21]。

中国林蛙蝌蚪最适温度和逃避温度的 ARR_s 值都大于大蟾蜍蝌蚪的,说明驯化温度对中国林蛙蝌蚪的温度适应性的影响比大蟾蜍蝌蚪的大。

参 考 文 献

[1] Reynolds W W, Casterlin M E. Behavioral thermoregulation and the " final preferendum " paradigm. *Am Zool*, 1979, **19**: 211 ~ 224.

[2] Fry F E J. Effects of the environment on animal activity. *Univ Toronto Stud Biol Ser*, 1947, **68**: 1 ~ 62.

[3] Jobling M. Temperature tolerance and the final preferendum-rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. *J Fish Biol*, 1981, **19**: 439 ~ 455.

[4] Kellogg R L, Gift J J. Relationship between optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four fish species. *Trans Amer Fish Soc*, 1983, **112**: 424 ~ 430.

[5] McCauley R W, Casselman J M. The final preferendum as an index of the temperature for optimum growth in fishes. *World Symposium on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems*, 1981, **2**: 81 ~ 93.

[6] Hadfield S. Observations on body temperature and activity in the toad *Bufo woodhousei fowleri*. *Copeia*, 1996 (4): 581 ~ 582.

[7] Smith G C. Ecological energetics of three species of ectothermic vertebrates. *Ecology*, 1976, **57**: 252 ~ 264.

- [8] Lillywhite H B. Behavioural thermoregulation in the Bullfrog *Rana catesbiana*. *Copeia*, 1970 (1): 58 ~ 168.
- [9] Brett J R. Some principles in the thermal requirements of fishes. *Quart Rev Biol*, 1956, **31**: 75 ~ 86.
- [10] Hutchison V H. Factors influencing thermal tolerance of individual organisms. In: Esch W G, McFarland W R eds. *Thermal Ecology II*. Springfield: US National Technical Information Service, 1976, 10 ~ 26.
- [11] 杨富亿, 邵庆春, 李景林等. 长白山区中国林蛙养殖技术. *水利渔业*, 1999, **19**(5): 7 ~ 9.
- [12] 杨富亿, 邵庆春, 李景林等. 长白山区中国林蛙野外封沟养殖技术. *大连水产学报*, 2000, **15**(4): 303 ~ 309.
- [13] 王寿冰, 蒋朝光, 屈云芳等. 野生和人工养殖辽宁中国林蛙肥满度和重/长指标的初步研究. *应用生态学报*, 1999, **10**(1): 91 ~ 94.
- [14] 卢欣. 中国林蛙生殖量特征及其地理变化. *生态学报*, 1994, **14**(2): 209 ~ 214.
- [15] 杨富亿, 邵庆春, 李景林. 中国林蛙蝌蚪对盐度的适应性. *生态学杂志*, 2004, **23**(2): 37 ~ 40.
- [16] 杨富亿. 中国林蛙蝌蚪对碳酸盐碱度的适应性. *动物学杂志*, 2004, **39**(1): 36 ~ 39.
- [17] 崔明勋等. 温度、食物、饲养密度对中国林蛙蝌蚪期生长发育及变态的影响. *延边大学农学学报*, 1996, **2**(21): 96 ~ 94.
- [18] 寿冰, 屈云芳等. 不同温度条件下环境水分对中国林蛙幼体存活的影响. *生态学杂志*, 1998, **17**(4): 63 ~ 65.
- [19] Claussen D L. Thermal acclimation in ambystomatid salamanders. *Comp Biochem Physiol*, 1977, **58A**: 333 ~ 340.
- [20] 张梅英, 侯文礼. 梭鱼幼鱼热忍受温度的研究. *生态学杂志*, 1999, **18**(2): 60 ~ 62.
- [21] 文良印, 谭玉钧, 王武. 五日龄草鱼的温度耐受性研究. *青岛海洋大学学报*, 1998, **28**(3): 415 ~ 419.