

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7083.2013.02.016

孵化基质 pH 对红耳龟和中华条颈龟胚胎的毒性效应

傅丽容, 陈美玲, 史海涛*

(海南师范大学生命科学学院, 海口 571158)

摘要: 为了探索土壤酸化对红耳龟 *Trachemys scripta elegans* 和中华条颈龟 *Mauremys sinensis* 卵孵化和非特异性免疫功能的影响, 实验设置孵化温度 (30 ± 0.5) °C, 孵化基质 pH 为 4、5、6、7 条件下, 对比研究两种龟卵孵化率、过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性和丙二醛 (MDA) 含量的变化。结果显示, 两种龟卵孵化率均随孵化基质 pH 的降低而降低, pH7、6、5 同种龟不同处理组间和同种处理不同种间孵化率均差异不显著 ($P > 0.05$), pH4 可使龟卵致死; pH5、6 组肝脏和肌肉中 SOD 和 CAT 活性均显著低于对照组 pH7 ($P < 0.05$), 且随着 pH 的降低, SOD、CAT 活性均呈下降趋势, MDA 含量相反呈上升趋势; 不同物种间肝脏和肌肉 SOD、CAT 活性均是红耳龟大于中华条颈龟, MDA 含量则小于中华条颈龟 ($P < 0.05$), 表明胚胎期应对酸胁迫, 中华条颈龟的钙质卵壳略占优势, 红耳龟主要通过增强非特异性免疫机能提高抗氧化能力, 在生理调节方面表现出较强的机体免疫能力和防御能力。

关键词: 红耳龟; 中华条颈龟; 酸碱度; 孵化率; 免疫功能

中图分类号: Q959.6; Q956 文献标识码: A 文章编号: 1000-7083(2013)02-0237-05

Toxic Effects of Hatching Medium Acidification on Embryonic Period of *Trachemys scripta elegans* and *Mauremys sinensis*

FU Lirong, CHEN Meiling, SHI Haitao*

(College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China)

Abstract: This study was designed to evaluate the toxic effects of different hatching medium acidification (pH = 4, 5, 6, 7) on embryonic period of *Trachemys scripta elegans* and *Mauremys sinensis*. The effects on hatching rates and nonspecific immunity mechanism of the two species were contrasted by simulating soil acidification environment with different pH. Results indicated that hatching rates of the two species decreased as pH of hatching medium decreased. When pH approximately approaching to 4, the hatching rates of two species were both null, and there were no significant difference between the same species under different treatments or the same treatment of different treatments ($P > 0.05$). Superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activity in liver and intestine of control group (pH = 7) of the two species were significantly higher than that of experimental groups (pH = 5, pH = 6) ($P < 0.05$) and declined with the decrease of pH, while malondialdehyde (MDA) contents presented an opposite tendency. The activity of SOD and CAT in liver and intestine of *T. s. elegans* were higher than that of *M. sinensis* when pH equaled, however MDA contents were not. Therefore, these results indicated that dealing with acid stress during embryonic period, *M. sinensis* showed slightly predominant relying on calcareous egg shell, while *T. s. elegans* improves the anti-oxidant ability mainly by enhancing nonspecific immunity function and thus showing stronger defense ability and immunologic competence in physiological adjustment.

Key words: *Trachemys scripta elegans*; *Mauremys sinensis*; pH; hatching rate; immunity

红耳龟 *Trachemys scripta elegans* 已被列为世界上最危险的 100 个外来入侵物种之一 (IUCN, 2001), 红耳龟竞争和耐受逆境的能力强, 严重危害土著龟的生存和繁殖, 甚至导致其灭绝 (Perez-Santigosa *et al.*, 2008; 史海涛等, 2009)。张杰等 (2011) 研究红

耳龟和中华条颈龟 *Mauremys sinensis* 幼体的亚硝酸盐暴露, 发现红耳龟肝肠中超氧化物歧化酶 (SOD) 活性始终高于中华条颈龟, 丙二醛 (MDA) 含量始终低于中华条颈龟; 此外, 红耳龟还可以通过增加血细胞数量和改变红细胞形态提高免疫力对抗硝酸铵

收稿日期: 2012-08-26 接受日期: 2012-11-06 基金项目: 国家自然科学基金国际地区重大合作项目 (30910103916); 海南省自然科学基金资助项目 (310040); 国家大学生创新性实验计划 (101165825)

作者简介: 傅丽容 (1964~), 女, 教授, 研究方向: 动物繁殖生理, E-mail: flr@hainnu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author, 博士, 教授, 研究方向: 两栖爬行动物生态学与保护生物学, E-mail: haitao-shi@263.net

迫(傅丽容等,2012),说明在应对硝酸盐环境胁迫方面,红耳龟表现出较强的适应力和耐受力。

酸性气体的大量排放和不当的农业措施等造成土壤酸化的环境胁迫也不同程度地影响有机体繁殖、生长发育、免疫等生理机能(Inkley *et al.*,1989; Cregan & Scott,1998)。已有研究表明水质低 pH 可腐蚀表皮细胞,干扰离子调节和呼吸,明显影响鱼类(张甫英,李辛夫,1997)和蛙类的胚胎发育(Daye,1981;刘楚吾等,2001;蔡凤坤等,2007)。另外长时间暴露在低 pH 环境下,鱼、虾、蟹体内就会产生大量 O_2^- ,将破坏其抗氧化系统,同时组织细胞由于 pH 应激累积造成的脂质过氧化程度明显加重而产生大量 MDA(马广智等,2001;Wang *et al.*,2009;孙汉,2011)。目前环境酸碱度对胚胎发育毒理作用的研究中,主要集中在淡水鱼类、两栖类的研究,对于龟鳖动物的影响还未见报道。

因此本实验模拟土壤酸化的环境胁迫,对比研究红耳龟和本地土著种中华条颈龟胚胎的免疫功能,比较红耳龟和中华条颈龟对环境的适应性,为红耳龟生态入侵机制提供生理学依据,为保护物种多样性奠定理论基础。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

实验用红耳龟与中华条颈龟受精卵各 120 枚,胚盘明显、发育正常,于 2011 年 4 月 9 日购于海南省文昌顺利农渔科技公司。

1.2 实验分组和 pH 值调制

选用蛭石为孵化基质,以 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 调制蛭石,设置 4 个实验梯度组,实验组 pH 值为 4、5、6,对照组 pH 值为 7。将红耳龟与中华条颈龟卵各随机分成 4 组,每组 30 枚,置于智能生化培养箱中孵化,1 周后剔除未受精卵,孵化温度保持在 $(30 \pm 0.5)^\circ\text{C}$,空气相对湿度为 85%,每日用 IQ150 土壤原位 pH 计测定孵化基质 pH 值并做相应的调节,以保证孵化盒内基质 pH 的恒定。

1.3 样品采集与制备

孵化出壳 24 h 稚龟,冰冻麻醉断颈法处死,剪开腹甲,取内脏和肌肉。肝脏和肌肉匀浆液制备:取适量肝脏和肌肉(约 0.1 g),分别加入 1 mL 蒸馏水,冰浴匀浆,冷冻离心 $15 \text{ min}(4^\circ\text{C}, 4000 \text{ r/min})$,取上清液备用。超氧化物歧化酶活性测定采用丁秀云等(1996)的连苯三酚自氧化法,酶活单位定义:每毫

克蛋白每分钟抑制连苯三酚自氧化速率达 50% 的酶量定义为 1 个酶活单位($\text{U}/\text{mg} \cdot \text{prot}$)。丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥法(TBA)(Buege & Aust,1978)结果计算:丙二醛的浓度($\text{nmol}/\text{mg} \cdot \text{prot}$)= $(f/F) \times 10/[Pr]$ 。其中: f 和 F 分别为由样液和标准应用液测得的光密度; [Pr]为组织匀浆液中蛋白浓度。组织匀浆液中蛋白浓度的测定参照 Bradford(1976)方法,以牛血清蛋白(BSA)为标准蛋白。CAT 的测定采用 Marks(1993)的紫外分光光度法,以在 25°C 下,每毫克蛋白质每秒分解底物 H_2O_2 的相对量定义为一个酶活力单位($\text{U}/\text{mg} \cdot \text{prot}$)。

1.4 数据分析

本文数据在 Excel 2003 和 SPSS 16.0 中进行处理,所有实验数据均以 $\bar{x} \pm \text{SD}$ 表示。(1) Kruskal-Wallis 多独立样本非参数检验和 χ^2 -检验不同 pH 处理对胚胎孵化率的影响,(2)同一物种不同孵化基质酸碱度处理组之间的比较采用单因素方差分析法(One-way ANOVA)进行;相同处理的两物种间用 *t* 检验,差异显著临界值为 0.05。

2 结果与分析

2.1 孵化基质酸碱度对红耳龟和中华条颈龟孵化率影响

从表 1 可知,pH4 组 2 种龟孵化率均为 0,其余 3 组中华条颈龟孵化率均高于红耳龟,经 Kruskal-Wallis 多独立样本非参数检验差异不显著(pH5, $\chi^2 = 1.008$, $df = 1$, $P > 0.05$; pH6, $\chi^2 = 1.633$, $df = 1$, $P > 0.05$; pH7, $\chi^2 = 0.408$, $df = 1$, $P > 0.05$)。pH7、6、5 各组随着 pH 的降低,2 种龟孵化率均呈下降趋势。表明在一定范围内孵化基质 pH 值对胚胎发育有一定的影响,过低的酸碱度可使胚胎致死。

2.2 孵化基质酸碱度对红耳龟与中华条颈龟肝脏和肌肉中 SOD 活性的影响

由表 2 可知,红耳龟和中华条颈龟肝脏和肌肉中 SOD 活性均随孵化基质 pH 的降低而大幅度降低,从 pH7 至 pH5 红耳龟肝脏 SOD 活性下降率分别为 45.60% 和 42.71%,中华条颈龟每个梯度下降率分别为 30.46% 和 64.83%,肌肉 SOD 活性下降率与肝脏结果类似,同样表现为中华条颈龟大于红耳龟,处理组 pH5、6 的 SOD 活性均极显著低于对照组 pH7($P < 0.01$);物种间各器官酶活性,除 pH6 组($t = 1.893$, $P = 0.088$),其余各组中华条颈龟肝脏和肌肉 SOD 活性均显著或极显著低于红耳龟($P < 0.01$)。

表 1 不同 pH 处理对两种龟孵化率的影响
Table 1 Hatching rates of two species of turtles at different pH

分组 Group	物种	孵卵数 Total of eggs (n)	孵出稚龟 Hatchings (n)	孵化率 Hatchability (%)
pH7	中华条颈龟 <i>M. sinensis</i>	28	27	96.4
	红耳龟 <i>T. s. elegans</i>	25	22	88.0
pH6	中华条颈龟 <i>M. sinensis</i>	28	25	89.3
	红耳龟 <i>T. s. elegans</i>	29	21	72.4
pH5	中华条颈龟 <i>M. sinensis</i>	29	25	86.2
	红耳龟 <i>T. s. elegans</i>	28	20	71.4
pH4	中华条颈龟 <i>M. sinensis</i>	26	0	0
	红耳龟 <i>T. s. elegans</i>	23	0	0

表 2 不同孵化基质酸碱度红耳龟与中华条颈龟肝脏、肌肉中 SOD 活性(U/mg·prot)的变化
Table 2 SOD activities in *M. sinensis* and *T. s. elegans* liver and muscle tissue under different pH

分组 Group	组织	超氧化物歧化酶活性 SOD activity	
		红耳龟 <i>T. s. elegans</i>	中华条颈龟 <i>M. sinensis</i>
肝脏 Liver	pH7	146.53 ± 24.84 ^{a*}	119.85 ± 17.80 ^a
	pH6	79.71 ± 12.28 ^b	83.34 ± 8.84 ^b
	pH5	45.66 ± 7.34 ^{b**}	29.31 ± 5.51 ^c
肌肉 Muscle	pH7	66.08 ± 7.65 ^{a**}	42.95 ± 5.62 ^a
	pH6	38.40 ± 2.63 ^b	34.90 ± 3.68 ^b
	pH5	35.48 ± 2.17 ^{b**}	13.39 ± 2.67 ^c

注: 同一指标中同列的不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), “*”表示两物种在同一指标差异显著 ($P < 0.05$), “**”表示两物种间差异极显著 ($P < 0.01$), 下同

Values with different upper letters in the same column of the same indicator means significant difference. A sterisk means significant difference between two species at the same exposure time ($P < 0.05$), two asterisks mean extremely significant difference ($P < 0.01$), the same as below

表明孵化基质 pH 的降低对两种龟肝脏和肌肉 SOD 活性均有显著的影响,且红耳龟表现出较强的抗氧化性。

2.3 孵化基质酸碱度对红耳龟与中华条颈龟肝脏和肌肉中 CAT 活性的影响

单因素方差分析可知每物种肝脏和肌肉中 CAT 活性各处理组间均差异显著,且随孵化基质 pH 的降低 CAT 活性显著下降 ($P < 0.05$) (表 3); pH5 时不同物种间 CAT 活性红耳龟肝脏 CAT 活性显著高于中华条颈龟 ($t = 2.825, P = 0.018$)。肌肉中 CAT 活性在两物种间没有差异显著性。

2.4 孵化基质酸碱度对红耳龟与中华条颈龟肝脏和肌肉中 MDA 含量的影响

表 4 可见,不同 pH 条件下红耳龟除 pH6 与对照组中肝脏 MDA 含量差异不显著 ($P > 0.05$) 外,两物种肝脏和肌肉中 MDA 含量随孵化基质 pH 的降低而成倍的升高,各组间均差异显著。同种处理不同物种的 MDA 含量明显不同,各处理组红耳龟肝脏 MDA 含量均极显著低于中华条颈龟 ($P < 0.001$),

表 3 不同孵化基质酸碱度红耳龟与中华条颈龟肝脏、肌肉中 CAT 活性(U/mg·prot)的变化
Table 3 CAT activities in *M. sinensis* and *T. s. elegans* liver and muscle tissue under different pH

分组 Group	组织	过氧化氢酶活性 CAT activity	
		红耳龟 <i>T. s. elegans</i>	中华条颈龟 <i>M. sinensis</i>
肝脏 Liver	pH7	118.95 ± 9.10 ^a	106.14 ± 11.10 ^a
	pH6	76.95 ± 12.76 ^b	65.44 ± 14.72 ^b
	pH5	62.26 ± 11.54 ^{c*}	46.68 ± 7.02 ^c
肌肉 Muscle	pH7	28.48 ± 2.17 ^a	25.32 ± 3.42 ^a
	pH6	22.51 ± 3.45 ^b	20.06 ± 2.20 ^b
	pH5	20.92 ± 4.81 ^b	16.27 ± 2.73 ^c

表 4 不同孵化基质酸碱度红耳龟与中华条颈龟肝脏、肌肉中 MDA 含量(nmol/mg·prot)的变化
Table 4 MDA level in *M. sinensis* and *T. s. elegans* liver and muscle tissue under different pH

分组 Group	组织	丙二醛含量 MDA level	
		红耳龟 <i>T. s. elegans</i>	中华条颈龟 <i>M. sinensis</i>
肝脏 Liver	pH7	4.27 ± 1.74 ^{b**}	12.12 ± 2.58 ^c
	pH6	11.44 ± 1.17 ^{b**}	22.32 ± 6.55 ^b
	pH5	38.58 ± 10.58 ^{a**}	57.57 ± 6.30 ^a
肌肉 Muscle	pH7	5.01 ± 0.80 ^c	6.32 ± 0.97 ^c
	pH6	11.24 ± 1.17 ^b	12.63 ± 2.48 ^b
	pH5	17.07 ± 1.05 ^{a*}	23.70 ± 4.63 ^a

pH7、6 组两物种肌肉 MDA 含量差异不显著 ($P > 0.05$) pH5 处理组红耳龟的 MDA 含量明显低于中华条颈龟 ($t = 3.423, P = 0.007$)。

3 讨论

3.1 孵化基质 pH 对两种龟孵化率的影响

胚胎发育是动物生活史中的重要时期,也是对环境因子最敏感的时期(杨振才等,2000)。已有研究表明,随着孵化环境 pH 的降低通常会影响到水生动物的胚胎发育甚至导致畸形和死亡率的增加(陈光明等,1984; 张甫英,李辛夫,1992; 丁宏印等,2010)。本实验中随着孵化基质 pH 的降低,两种龟死亡率均呈现上升的趋势,且 pH4 组胚胎全部致死,这与 Daye (1981) 对鱼类受精卵和蔡凤坤等

(2007) 对东北林蛙卵的研究结果类似,究其原因可能是因为基质中的氢离子能影响龟卵与环境的水分交换,从而改变了卵壳的渗透性和基质中卵可利用的水分的量(Marco *et al.*, 2005),可能还会影响到某些酶的活性,进而造成代谢功能和免疫功能明显衰退和紊乱。并且过低的 pH 值使卵膜软化,失去弹性,胎易破膜死亡(雷惠生,1982)。而微酸、中性环境对稚龟孵化率影响较小,这与蔡凤坤等(2007)研究的东北林蛙卵孵化率的结果一致。

酸胁迫环境下红耳龟孵化率低于中华条颈龟,可能与卵壳结构有关。红耳龟卵为革质壳卵,其卵壳薄、钙化程度低,湿度耐受范围较窄,孵化过程需要吸收大量的水分,缺水将严重影响其胚胎发育甚至导致其死亡(杨振才,2000)。中华条颈龟卵为硬壳卵,对湿度的要求范围较宽(Packard & Packard, 1988)在防止过多水分吸入或散失方面起着重要的作用。高浓度的氢离子的不断渗入,使胚体内外离子交换失去平衡,具有革质壳卵的红耳龟壳卵软化易变形更不利于水分的吸收与储存,从而导致胚胎死亡率的增加。因此,从卵壳结构来看,红耳龟在应对酸胁迫方面并不具有先天的优势。

3.2 孵化基质 pH 对两种龟非特异性免疫的影响

SOD 与 CAT 是生物体内抗氧化防御系统的重要组成部分,可联合清除活性氧自由基(洪美玲等,2007)。本研究发现随着孵化基质 pH 的降低两种龟肝脏与肌肉 SOD 和 CAT 活性均显著下降,这与文春根等(2009)在低 pH 胁迫下对背角无齿蚌的研究相一致。高浓度的氢离子的不断渗入,将胚体内酸碱平衡和离子交换平衡打乱,导致免疫系统的受损,进而导致 SOD 和 CAT 活性降低,而两种酶活性的降低,进一步使自由基的清除能力下降,使自由基堆积超过一定限度后,影响到了抗氧化酶的合成,导致不可逆的毒性损伤作用(张迎梅等,2008)。相比之下,红耳龟肝脏和肌肉中的 SOD 和 CAT 活性始终高于中华条颈龟,表明红耳龟可能有更强的解毒能力和耐受性。

MDA 是脂质过氧化反应的终产物之一,其含量可反映机体内自由基的代谢情况及组织遭受逆境氧化损伤的程度(Ohkawa *et al.*, 1979)。背角无齿蚌肝脏的 MDA 含量随着 pH 的降低而升高(文春根等,2009); pH 的降低也会使中华绒螯蟹肝胰腺中 MDA 含量显著提高(孙汉,2011)。本实验中,随着孵化基质 pH 的降低,MDA 含量逐渐增高,与 SOD

和 CAT 呈相反的趋势,表明酸胁迫对红耳龟和中华条颈龟造成一定程度的氧化损伤。研究结果可知肝脏的过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性明显高于肌肉,这可能与不同组织的功能有关。活性氧随物质代谢过程而产生,因此代谢强度愈大,产生的活性氧越多。作为运动器官的肌肉,在孵化期的代谢机能比较低,因此抗氧化系统的功能相对较弱。中华条颈龟肝脏和肌肉中的 MDA 含量均大于红耳龟,表明在酸胁迫环境,中华条颈龟机体自由基可能长期维持在较高的水平,氧化损伤严重,从而导致其抗氧化系统功能失调,酶活性受到抑制,表现出对环境胁迫的不适应性。

由此可见,在胚胎发育过程中红耳龟在应对酸胁迫时革质壳卵结构并不占优势,主要通过增强非特异性免疫机能提高抗氧化能力,在生理调节方面,表现出较强的机体免疫能力和防御能力。

4 参考文献

- 蔡凤坤,苏凤燕,刘海斌,等. 2007. pH 值对东北林蛙卵的孵化率及蝌蚪生长发育的影响[J]. 经济动物学报, 11(2): 100~103.
- 陈光明,庄振朋,明道来,等. 1984. pH 值对白鲢胚胎及仔鱼发育影响的观察[J]. 中国农学院学报, 3(1): 77~82.
- 丁宏印,姚海富,李贵玲,等. 2010. 孵化水体 pH 值对锯缘青蟹胚胎发育的影响[J]. 中国水产, 31(9): 9~11.
- 丁秀云,李光友,翟玉梅,等. 1996. 纹盘鲍经诱导后血淋巴中一些因子变化的研究[J]. 海洋与湖沼, 27(4): 362~367.
- 傅丽容,贺斌,王雪,等. 2012. 硝酸铵影响红耳龟和中华条颈龟孵化及血液生理指标的研究[J]. 四川动物, 31(2): 252~255.
- 刘楚吾,徐贺伦,冯超源,等. 2001. 环境因素对虎纹蛙胚胎发育的影响[J]. 湛江海洋大学学报, 21(2): 7~12.
- 雷惠生. 1982. 池塘养鱼学[M]. 上海: 上海科技出版社: 139~141.
- 马广智,唐玫,徐军. 2001. 低 pH 对草鱼鳃和肝组织超氧化物歧化酶 SOD 活性的影响[J]. 中国水产科学, 8(1): 23~25.
- 世界自然保护联盟(IUCN)物种红色名录濒危等级和标准[S]. 2001. 瑞士: 格朗德.
- 史海涛,龚世平,梁伟,等. 2009. 控制外来物种红耳龟在中国野生环境蔓延的态势[J]. 生物学通报, 44(4): 1~3.
- 孙汉. 2011. pH 和硫酸铜对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)非特异性免疫的影响[D]. 苏州大学硕士毕业论文: 35~39.
- 文春根,张丽红,胡宝庆,等. 2009. pH 对背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*) 5 种免疫因子的影响[J]. 南昌大学学报, 33(2): 172~176.
- 杨振才,牛翠娟,孙儒泳. 2000. 爬行动物卵孵化的生理生态学研究[A]. 两栖爬行动物学研究(第 8 辑)-亚洲两栖爬行动物学第四届国际学术会议专辑[C]: 125~132.
- 张甫英,李辛夫. 1997. 酸性水对几种主要淡水鱼类的影响[J]. 水生生物学报, 21(1): 39~46.

- 张迎梅,王叶菁,虞闰六,等. 2008. 重金属胁迫对泥鳅肝胰脏 AT-Pase 和 SOD 活性的影响[J]. 甘肃科学学报, 20(3): 55~59.
- 张甫英,李辛夫. 1992. 低 pH 对鱼类胚胎发育、鱼苗生长及鳃组织损伤影响的研究[J]. 水生生物学报, 16(2): 175~181.
- 洪美玲,陈立侨,顾顺樟,等. 2007. 氨氮胁迫对中华绒螯蟹免疫指标及肝胰腺组织结构的影响[J]. 中国水产科学, 14(3): 412~417.
- 张杰,洪美玲,廖广桥,等. 2011. 亚硝酸盐暴露对红耳龟与中华条颈龟幼体的慢性毒性效应[J]. 四川动物, 30(2): 173~177.
- Braford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding[J]. Anal Biochem, 2: 248~254.
- Buege JA, Aust SD. 1978. Microsomal lipid peroxidation[J]. Methods Enzymo, 52: 302~310.
- Cregan PD, Scott BJ. 1998. Soil acidification-an agricultural and environmental problem[A]. In: Partley JE, Robertsom A. Agriculture and the Environmental Imperative[C]. CSIRO publishing: Melbourne: 75~77.
- Daye P. 1981. The impact of acid precipitation on the physiology of fish [C]. International Atlantic Salmon Foundation Special Publication, 10: 29~34.
- Inkley D, Driscoll CT, Allen HL. 1989. Acidic Deposition and Forest Soils[M]. Sprienger-verlag: New York: 83~84.
- Marks GW, Fox DL. 1993. The inactivation of mussel catalase by oxygen [J]. J Biol Chem, 103: 269~283.
- Marco A, Lopez-Vicente ML, Perez-Mellado V. 2005. Soil acidification negatively affects embryonic development of flexible-shelled lizard eggs [J]. Herpetological Journal, 15: 107~110.
- Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. 1979. Assay for Lipid Peroxidation in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reactio[J]. Analytical Biochemistry, 95: 351~358.
- Packard GC, Packard MJ. 1988. Physiological ecology of reptilian eggs and embryos[A]. In: Biology of the reptilia. vol. 16, (Gans & Huey, eds) [C]. Liss: New York: 523~605.
- Wang WN, Zhou J, Wang P, et al. 2009. Oxidative stress, DNA damage and antioxidant enzyme gene expression in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* when exposed to acute pH stress[J]. Comp Biochem Physiol, 150(4): 428~435.
- Perez-Santigosa N, Diaz-Paniagua C, Hidalgo-Vila J. 2008. The reproductive ecology of exotic *Trachemys scripta elegans* in an invaded area of southern Europe [J]. quatic Conserv: MarFreshw Ecosyst, 18: 1302~1310.

“第二届中国西部动物学学术研讨会” 将于 2013 年 8 月在陕西召开

[本刊讯]近日本刊收到第二届中国西部动物学学术研讨会组委会通知 继“首届中国西部动物学学术研讨会”在四川成都成功召开后 经陕西、四川、重庆、甘肃、贵州、新疆、云南、宁夏、青海等省、市、区动物学会商定,“第二届中国西部动物学学术研讨会”将于 2013 年 8 月 16~18 日在西安陕西师范大学召开。

此次会议主题为中国西部动物资源与保护利用。重点围绕西部地区的动物学研究现状,包括形态学、系统学、生态学、行为学、动物地理学、特有动物资源保护与利用、实验模式动物、基因组学、动物生理生化、动物生物教学等领域的研究进展和最新成果进行交流与研讨。会议希望各省、市、区学会及会员积极组织、踊跃参加 并积极撰稿投稿(论文摘要 400~800 字,请于 2013 年 6 月 15 日前投稿至: taifadao@snnu.edu.cn,会议将编印《第二届中国西部动物学学术研讨会论文摘要集》)。

欲参会者请于 6 月 30 日前将报名回执(可在 www.scdwzz.com.cn 或 www.scdwzz.com 公告栏下载)发送到 snow1178@snnu.edu.cn 联系人: 邵发道、常昱 电话: 029-85310286、13669292468、18792606171。