

围栏条件下平胸龟的体温变异*

舒霖^{1**} 沈建伟² 张永普³ 刘亦秋⁴ 占勇军⁵

(¹衢州学院 衢州 324000; ²杭州师范大学生命与环境科学学院动物科学与技术重点实验室 杭州 310036)

(³温州大学生命与环境科学学院 温州 325027)

(⁴衢州市水产技术推广站 衢州 324000; ⁵开化县水产技术推广站 开化 324300)

摘要 应用微型温度自动记录器,在野外围栏条件下,测定平胸龟(*Platysternon megacephalum*)体表温度和环境温度的昼夜和季节变化;在实验室条件下,测定其选择体温,旨在揭示平胸龟的体温和环境温度的关系。春、夏、秋季平胸龟体表温度与环境温度显著相关,其中与水温的相关性高于与暴露岩石温度的相关性。平胸龟体表温度及环境温度存在显著的季节变异,夏季高于春、秋季。夏季平胸龟体表温度存在昼夜差异,而春、秋季则无显著昼夜变化。平胸龟的选择体温无昼夜变化,平均选择体温为25.5℃。图2表2参23

关键词 平胸龟;体温;季节变异;环境温度

CLC Q959.630.8

Variation in Body Temperature of *Platysternon megacephalum* in Field Enclosure*

SHU Lin^{1**}, SHEN Jianwei², ZHANG Yongpu³, LIU Yiqiu⁴ & ZHAN Yongjun⁵

(¹Quzhou College, Quzhou 324000, Zhejiang, China)

(²Hangzhou Key Laboratory for Animal Science and Technology, School of Life and Environmental Sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China)

(³Life and Environmental College, Wenzhou University, Wenzhou 325027, Zhejiang, China)

(⁴Quzhou Aquaculture Technology Spreading Station, Quzhou 324000, Zhejiang, China)

(⁵Kaihua Aquaculture Technology Spreading Station, Kaihua 324300, Zhejiang, China)

Abstract To determine the relationship between body temperature and ambient temperature of big-headed turtle (*Platysternon megacephalum*) the seasonal and diel variations in its body surface temperature and ambient temperatures were measured in a field enclosure using miniaturized dataloggers and selected body temperature in the laboratory. Body surface temperature was significantly correlated with ambient temperatures; a close correlation between body surface temperature and water temperature rather than rock temperature was found. Body surface temperature and ambient temperatures showed noticeably seasonal variation, with higher temperatures in summer and lower in spring and autumn. In summer, body surface temperature at daytime was significantly higher than that at night, but such difference was not detected in spring and autumn. The selected body temperature, which averaged 25.5℃, did not vary from day to night. Fig 2, Tab 2, Ref 23

Keywords big-headed turtles; *Platysternon megacephalum*; active body temperature; seasonal variation; ambient temperature

CLC Q959.630.8

爬行动物的体温可显著影响其活动、代谢和生长等重要生态学过程,因而,一直是热生物学研究的一个焦点^[1-3]。爬行动物的体温在很大程度上依赖于热环境,同时,体温调节能力对动物维持适宜体温具有重要作用,行为调温是爬行动物的主要体温调节方式,一些动物也具有生理调温能力^[2, 4]。在自然界,生活在温暖开阔地带的陆生爬行动物,由于环境热资源可利用性高,如太阳辐射、周围环境热辐射等,常可通过行为调温方式(晒背、阴阳穿梭、栖息地选择等)维持高而稳定的活动体温^[5, 6]。也许由于行为调温的重要科学意义及野外工作的便利性,此类爬行动物的体温调节吸引了较多生态学家的注意力,其研究也较为广泛且深入^[3]。相反,对生活于

郁闭生境以及水域中爬行动物的体温及其调节模式仍知之甚少^[7]。

由于过度捕猎、贸易及栖息地丧失,中国龟类野生资源急剧萎缩,其保护任务日益紧迫^[7]。野生种群保护是生物多样性维持的核心,人工养殖则是一项可应用于资源动物保护和利用的双赢措施。龟类体温变异及其调节过程是野外保护和人工养殖共同关注的问题。因此,开展相关研究,将为龟类的保护和人工养殖提供科学指导,具有显著的理论与实践价值。

平胸龟(*Platysternon megacephalum*)为平胸龟科(Platysternidae)的唯一物种,分布于中国南方诸省以及缅甸、泰国和越南^[9]。平胸龟生活于山区小溪,由于乱捕滥杀,目前处于濒危状态^[10, 11]。已有研究主要集中于其形态学、分类学及养殖生物学等方面^[12, 13]。本研究应用微型温度自动记录器,在野外围栏条件下,测定平胸龟体表温度和环境温度的昼夜和季节变化;在实验室条件下,测定其选择体温

收稿日期: 2008-08-15 接受日期: 2008-10-24

*浙江省科技计划项目(2006C32037)和温州市科技计划项目(No. N2006A010)资助 Supported by the Science & Technology Project of Zhejiang, China (No. 2006C32037) and the Science & Technology Project of Wenzhou, Zhejiang, China (No. N2006A010)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: hhcsu@126.com)

(Selected body temperature), 旨在揭示平胸龟的体温与环境温度的相关性, 为该物种的野外保护和人工养殖提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究方法

2006年5月, 从浙江省衢州市及其周边地区获得30只成年野生龟, 体重 $298 \text{ g} \pm 13 \text{ g}$ (范围193~542 g, 15♀, 15♂)。将其饲养于浙江开化平胸龟繁育研究所的野外实验池, 该实验池建于平胸龟自然分布区溪流边, 面积 50 m^2 (长×宽为 $10 \text{ m} \times 5 \text{ m}$), 池内仿平胸龟自然生境建造, 水直接引自山溪。2006年7月、10月和2007年4月, 用iButton温度自动记录器(DS1921, $5.9 \text{ mm} \times 17.4 \text{ mm}$, 3 g, MAXIM集成电路产品公司, Dallas, TX)分别测定动物体表温度、暴露岩石及水的温度。预先应用iButton Viewer 32 软件(MAXIM集成电路产品公司)设置iButton温度记录器, 每20 min自动记录一次, 所有温度记录器同步启动。然后将iButton温度记录器进行防水处理后, 直接黏附在龟背甲中部测定动物体表温度, 或者放置在岩石表面、水深25 cm及50 cm处测定温度。这3处位点覆盖了动物的主要活动范围, 因为野外调查发现平胸龟多活动于从水边至50 cm左右深处的水环境。各季节实验均选择在晴天进行, 记录周期为3 d。

2006年10月从浙江开化平胸龟繁育研究所获得30只平胸龟, 体重 $103 \text{ g} \pm 3 \text{ g}$ (范围71~162 g, 15♀, 15♂), 为3~4龄的健康幼龟^[12]。动物被带回杭州师范大学后, 在室温和自然光照条件下驯化2 wk。选择体温实验在铝制水箱(长×宽×高为 $2 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$)中进行, 箱底覆盖1 cm 细沙, 箱内水深约5 cm。铝制水箱置于 15°C 恒温室内, 其一端用电炉丝加热, 箱内形成 $16\sim 36^\circ \text{C}$ 的水温梯度。将实验动物从中间放入, 每次随机测定5只动物, 8:00时将动物引入, 于14:00、21:00及次日9:00时测定龟泄殖腔温度, 作为选择体温。

1.2 数据分析与处理

用Statistica统计软件数据检验, 发现温度数据不满足参数分析假设和条件, 因此, 应用Spearman 相关分析检测体表温度与环境温度的关系, 用Friedman ANOVA、Kruskal-Wallis ANOVA等非参数分析比较温度的季节差异。雌雄平胸龟体温和选择体温无显著两性差异(所有 $P>0.05$), 故两性数据合并统计。文中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

2.1 体表温度与热环境的关系

Spearman相关分析显示, 春、夏、秋季平胸龟体表温度与环境温度显著相关, 其中与水温的相关性高于与暴露岩石温度的相关性(表1)。体表温度和环境温度昼夜变化曲线进一步表明, 体表温度与水温极为吻合, 白昼岩石则由于受到太阳辐射升温较快而显著高于体表温度和水温(图1)。

2.2 体表温度和环境温度的昼夜和季节变化

围栏条件下, 平胸龟体表温度及环境温度存在显著的季节变异。暴露岩石温度(Kruskal-Wallis ANOVA, $H_{2,214} = 101.333$, $P = 0.000$)和水温(25 cm深水温, $H_{2,214} = 191.592$, $P =$

0.000; 50 cm深水温, $H_{2,214} = 191.629$, $P = 0.000$)均表现为夏季高于春、秋季。同样, 平胸龟体表温度也表现为夏季高于春、秋季($H_{2,214} = 191.135$, $P = 0.000$) (图2)。

暴露岩石温度在所有季节均存在显著昼夜变化; 25 cm深处水温在夏季存在显著昼夜差异, 在秋季呈边缘性显著

表1 平胸龟体表温度与环境温度关系的Spearman相关分析
Table 1 Spearman analysis of the relationship between body surface temperature of *P. megacephalum* and ambient temperatures

	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
体表温度 × 25 cm深处水温 Body surface temperature × water temperature at 25 cm depth	$R = 0.968$ $t_{70} = 32.191$ $P = 0.00$	$R = 0.976$ $t_{70} = 37.236$ $P = 0.00$	$R = 0.990$ $t_{70} = 58.945$ $P = 0.00$
体表温度 × 50 cm深处水温 Body surface temperature × water temperature at 50 cm depth	$R = 0.978$ $t_{70} = 39.674$ $P = 0.00$	$R = 0.962$ $t_{70} = 29.302$ $P = 0.00$	$R = 0.965$ $t_{70} = 30.666$ $P = 0.00$
体表温度 × 暴露岩石温度 Body surface temperature × temperature on exposed rock	$R = 0.486$ $t_{70} = 4.651$ $P < 0.0001$	$R = 0.764$ $t_{70} = 9.912$ $P = 0.00$	$R = 0.617$ $t_{70} = 6.554$ $P = 0.00$

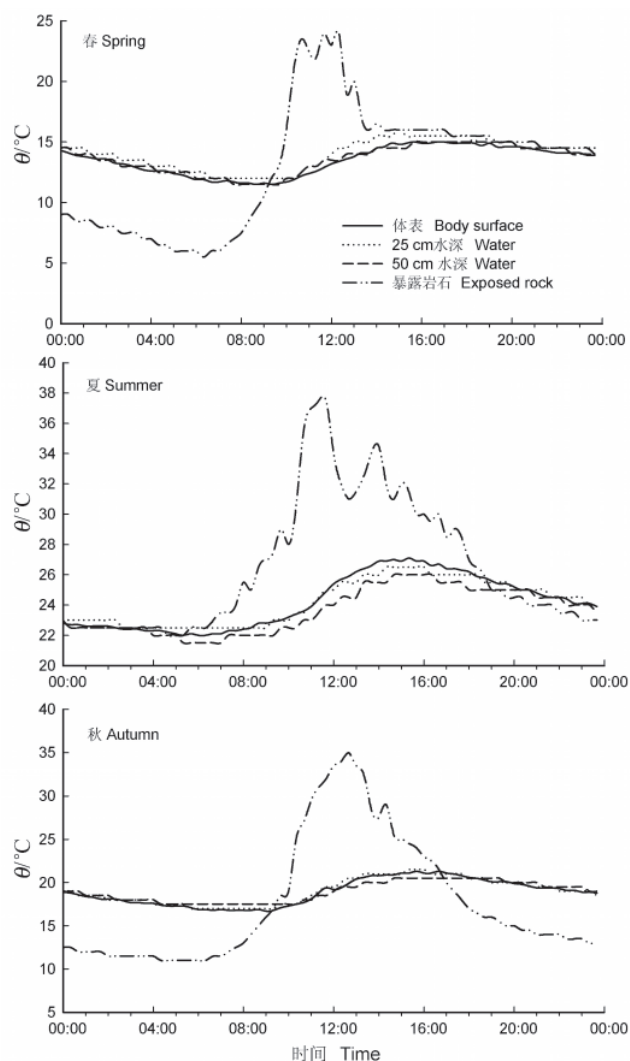


图1 平胸龟体表温度与环境温度的日变异
Fig. 1 Diel variations in body surface temperature and ambient temperatures of *P. megacephalum*

差异, 而春季无显著昼夜变化; 50 cm 深处水温在夏季存在显著昼夜差异, 但秋季和春季无显著昼夜变化。平胸龟体表温度的昼夜差异只有在夏季发现, 其他两个季节中则无显著昼夜变化(表2, 图2)。

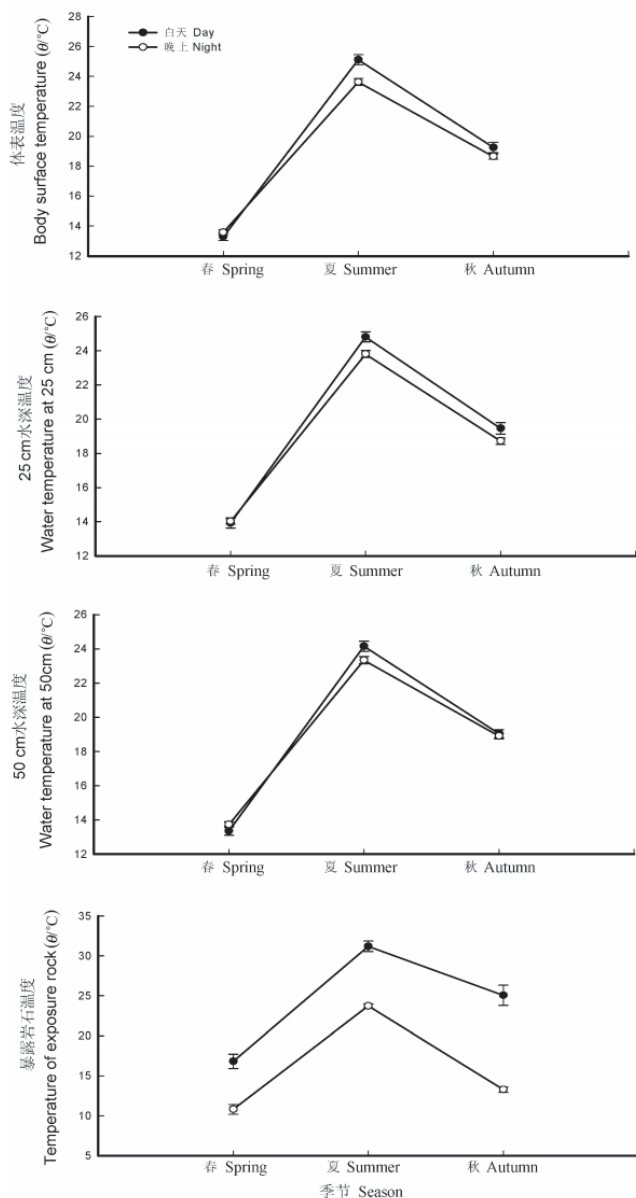


图2 平胸龟体表温度和环境温度的季节变化和昼夜差异

Fig. 2 Seasonal variations and difference between day and night in body surface temperature of *P. megacephalum* and ambient temperatures

2.3 选择体温

平胸龟的选择体温无昼夜变化(Friedman ANOVA $X^2 = 2.639$, $d_f = 2$, $P = 0.267$). 9: 00、14: 00和21: 00时的选择体温分别为(26.03±0.39) °C、(25.32±0.48) °C和(25.07±0.53) °C。

3 讨论

体温是反映爬行动物生理及生态信息的一个重要参数。由于技术限制, 连续测定爬行动物野外活动体温的研究尚很缺乏。很多学者测定了野外活动期爬行动物的体温, 但对

表2 平胸龟体表温度及环境温度的昼夜比较

Table 2 Comparisons of body surface temperature of *P. megacephalum* and ambient temperatures between day and night

	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
体表温度 Body surface temperature	$Z = 0.925$ $P = 0.355$	$Z = -3.821$ $P = 0.000$	$Z = -1.506$ $P = 0.132$
25 cm深处水温 Water temperature at 25 cm depth	$Z = -0.134$ $P = 0.894$	$Z = -2.902$ $P = 0.004$	$Z = -1.919$ $P = 0.055$
50 cm深处水温 Water temperature at 50 cm depth	$Z = 1.245$ $P = 0.213$	$Z = -2.280$ $P = 0.023$	$Z = -0.442$ $P = 0.658$
暴露岩石温度 Temperature on exposed rock	$Z = -5.391$ $P = 0.000$	$Z = -6.746$ $P = 0.000$	$Z = -6.415$ $P = 0.000$

其非活动期的体温了解甚少^[1, 7, 14]。另一些研究通过无线电遥测技术, 在动物体内安置热敏无线电遥感发射器, 获得动物的体温^[15, 16], 然而, 无线电设备的高昂费用及技术难度使其应用受到一定的限制。本研究应用的微型温度记录器提供了连续记录动物体温的一个新方法。尽管该方法只能记录动物的体表温度, 但是从本文数据可看到该方法能记录动物在野外所经历的热环境, 并可推测其可能采取的体温调节方式。因此, 该方法在爬行动物体温及其他动物的热生物学研究中也应具有广泛应用性。

本研究中, 围栏直接建立在平胸龟野外栖息地内, 且围栏生境模仿其自然生境, 因此, 围栏热环境应非常接近其野外真实热环境。本研究的主要发现是平胸龟的体温与环境水温较为吻合(表1, 图1), 在夏季, 平胸龟体温接近水下25 cm处的温度, 但明显高于水下50 cm处的温度(图2)。该结果提示, 平胸龟可能主要通过在水下移动, 选择适宜热环境来维持适宜活动体温。该发现亦可从动物体表温度与水温的昼夜差异的相关性得到说明(表2, 图2), 在春、秋两季, 不同深度的水温昼夜差异不明显, 平胸龟体表温度的昼夜差异亦不显著, 相反, 在夏季不同水深的温度均存在显著的昼夜差异, 平胸龟的体表温度同样存在显著昼夜差异。在白昼平胸龟体温略高于25 cm处水温(图2), 提示该龟多选择25 cm以上水位; 而晚上其体温接近于50 cm处水温(图2), 表明龟位于下层水位。生活于南美热带雨林中的蛇颈龟(*Hydromedusa maximiliani*)也通过选择不同水位来调节体温^[7]。与之相反, 生活于开阔水域的龟类则通过陆地和水面晒背行为进行体温调节, 体温往往会显著高于环境温度, 如锦龟(*Chrysemys picta*)^[17]、布氏拟龟(*Emydoidea blandingii*)^[18]、欧洲泽龟(*Emys orbicularis*)和红耳滑龟(*Trachemys scripta*)^[19]。

选择体温是在实验室温梯板中测定的动物喜好温度, 代表了动物在没有物理和生物因素限制下试图达到的温度^[20, 21]。平胸龟的选择体温(25.3 °C)明显低于龟总科的一些淡水龟类及鳖总科种类, 如中华花龟(*Ocadia sinensis*) (27.3 °C)^[20]、拟鳄龟(*Chelydra serpentina*) (28 °C)^[22]、红耳滑龟(28.5 °C)^[21]和美国鳖(*Apalone mutica*) (27 °C)^[23]。平胸龟具有较低的选择体温, 与其野外郁闭生境及较低的环境温度相适应。平胸龟选择体温无昼夜变异, 相反, 其他一些淡水龟的体温选择则存在显著的昼夜变化^[20, 21], 这种选择体温昼夜变化的种间差异

是否与野外平胸龟的热环境(水体)昼夜波动不显著有关, 尚待进一步验证. 平胸龟具有较强的水栖性, 一方面与其以水生生物为食有关^[13]; 另一方面较其它开阔生境龟类相对低的热需求, 可能降低了其对陆生环境的依赖性.

致谢 感谢王磊、包胜在野外和实验室中的帮助.

References

- 1 Avery RA. Field studies of body temperatures and thermoregulation. In: Gans C, Pough FH, eds. Biology of the Reptilia. London: Academic Press, 1982, **12**: 93~166
- 2 Huey RB. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In: Gans C, Pough FH, eds. Biology of the Reptilia, London: Academic Press, 1982, **12**: 25~91
- 3 Seebacher F. A review of thermoregulation and physiological performance in reptiles: What is the role of phenotypic flexibility? *J Comp Physiol B*, 2005, **175**: 453~461
- 4 Bartholomew G A. Physiological control of body temperature. In: Gans C, Pough FH eds. Biology of the Reptilia, London: Academic Press, 1982, **12**: 167~211
- 5 Andrews RM. Geographic variation in field body temperature of *Sceloporus* lizards. *J Therm Biology*, 1998, **23**: 329~334
- 6 Castilla AM, van Damme R, Bauwens D. Field body temperatures, mechanisms of thermoregulation and evolution of thermal characteristics in lacertid lizards. *Nat Croat*, 1999, **8**: 253~274
- 7 Souza FL, Martins FI. Body temperature of free-living freshwater turtles, *Hydromedusa maximiliani* (Testudines, Chelidae). *Amphibia-Reptilia*, 2006, **27**: 464~468
- 8 赵尔宓. 中国濒危动物红皮书(两栖爬行类). 北京: 科学出版社, 1998. 86~172
- 9 张孟闻, 宗愉, 马积藩. 中国动物志(爬行纲第一卷). 北京: 科学出版社, 1998. 86~90
- 10 Song JY (宋憬愚), Ding L (丁雷). China's freshwater resources and the protection of turtles and breeding status. *Reserv Fish (水利渔业)*, 2000, **20**: 17~18
- 11 Shi HT (史海涛). Marine turtle and land turtle of China. *Bull Biol (生物学通报)*, 2004, **39**: 13~16
- 12 Tang BP (唐伯平), Zhou KY (周开亚), Song DX (宋大祥). Megacephalum big-headed turtles (*Platysternon megacephalum*) color, age, body shape changes in the initial observation. *Chin J Zool (动物学杂志)*, 2000, **35**: 16~18
- 13 Wei CQ (魏成清), Zhou XP (朱新平), Chen YL (陈永乐). The biological characteristics and artificial domestication of big-headed turtles (*Platysternon megacephalum*). *Guangdong Agric Sci (广东农业科学)*, 2005, **6**: 88~89
- 14 Shou L (寿鹿), Du WG (杜卫国), Lu YW (陆玮玮). The causal analysis of inter-population variation in life histories of the northern grass lizard *Takydromus septentrionalis*: Between-island differences in thermal environment, food availability and body temperature. *Acta Zool Sin (动物学报)*, 2005, **51**: 797~805
- 15 Manning B, Grigg GC. Basking is not of thermoregulatory significance in the "basking" freshwater turtle *Emydura signata*. *Copeia*, 1997, **3**: 579~584
- 16 Ji X (计翔), Chen HL (陈慧丽), Du WG (杜卫国), Zhu BQ (朱炳全). Radiotelemetry of thermoregulation and thermal tolerance on Chinese cobras (*Naja atra*) overwintering in a laboratory enclosure. *Acta Zool Sin (动物学报)*, 2002, **48**: 591~598
- 17 Grayson KL, Dorcas ME. Seasonal temperature variation in the painted turtle (*Chrysemys picta*). *Herpetologica*, 2004, **60**: 325~336
- 18 Sajwaj TD, Lang JW. Thermal ecology of Blanding's turtle in central Minnesota. *Chelon Cons Biol*, 2000, **3**: 626~636
- 19 Cadi A, Joly P. Competition for basking places between the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis galloitalica*) and the introduced red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*). *Can J Zool*, 2003, **81**: 1392~1398
- 20 Pan ZC (潘志崇), Zhang YP (张永普), Ji X (计翔). Diel variation in body temperature, thermal tolerance, and thermal dependence of locomotor performance in hatchling Chinese striped-necked turtles (*Ocadia sinensis*). *Acta Zool Sin (动物学报)*, 2003, **49**: 45~52
- 21 Zhang YP (张永普), Pan ZC (潘志崇), Ji X (计翔). Thermal tolerance, body temperature, and thermal dependence of locomotor performance of hatchling red-eared slider turtles, *Trachemys scripta elegans*. *Acta Ecol Sin (生态学报)*, 2003, **23**: 1 048~1 056
- 22 Williamson LU, Spotila JR, Standora EA. Growth, selected temperature and CTM of young snapping turtles, *Chelydra serpentina*. *J Therm Biol*, 1989, **14**: 33~39
- 23 Nebeker AV, Bury RB. Response of juvenile softshell turtles (*Apalone mutica*) in a thermal gradient. *Chelon Cons Biol*, 2001, **4**: 162~165