

202-207

23442(14)

维普资讯 http://www.cqvip.com

中华鳖 (*Trionyx sinensis*) 幼体 能量转换的初步研究

张廷军 牛翠娟 孙儒泳

(北京师范大学生物系, 北京, 100875)

Q959.630.8

A

摘要 在实验室内,对中华鳖幼体的能量转换进行了初步研究。结果表明:1) 温度对中华鳖幼体对食物的同化效率无显著影响,但影响总转化效率和生长效率。二者在 22℃ 左右最高,26—32℃ 温度范围内各温度组之间无显著差异,35℃ 则显著下降。2) 体重与同化效率的关系为: $AE=94.186+2.760 \lg W$, 而生长效率和总转化效率在各体重组间无显著变化;3) 中华鳖幼体能量收支方程为: $100A=74R+26G$, 并认为中华鳖将较多能量(74%)投入代谢,而将较少能量(26%)投入生长是适应其生态习性的缘故。

关键词: 中华鳖幼体, *Trionyx sinensis*, 能量转换。

PRELIMINARY STUDY OF ENERGY CONVERSION IN THE SOFT-SHELLED TURTLE (*TRIONYX SINENSIS*)

Zhang Tingjun Niu Cuijuan Sun Ruyong

(Department of Biology, Beijing Normal University, China, 100875)

Abstract Energy conversion in the juvenile soft-shelled turtle *Trionyx sinensis* was preliminary studied in the laboratory. The results show as follow; 1. No significant difference in the assimilation efficiency was observed at various temperatures. The gross conversion efficiency and production efficiency at temperature of 22°C were strikingly higher than at other levels of temperature. But at the other temperature levels, both the gross conversion efficiency and production efficiency were not significantly different. 2. The correlation between assimilation efficiency and body weight could be expressed by $AE=94.186+2.760 \lg W$. But there was no significant differences in gross conversion efficiency and in production efficiency among the groups of body weight. 3. From the results, we obtained the formula of energy flow: $100 A=74 R+26 G$. In conclusion, it is an adaptation to its ecological characteristics that *T. sinensis* channelled more energy (74%) to metabolism to raise its survivorship while less energy (26%) to growth to shorten breed interval time and enhance fecundity.

Key words: *Trionyx sinensis*, assimilation efficiency, gross conversion efficiency, pro-

• 国家自然科学基金资助项目。
收稿日期: 1994 05 25, 修改稿收到日期: 1995 09 10.

duction efficiency.

爬行类作为进化过程中的关键类群,其能量生态学的研究目前尚少,且多集中于对蜥蜴类的研究,而关于喙头类、龟鳖类、鳄类和蛇类的报道较为缺乏^[1-3]。Parmenter 研究了温度、体重对 5 种淡水龟消化转换率的影响^[1]; Hammond *et al.* 报道了晒背行为对 *Pseudemys scripta* 消化率的影响^[4]; 由文辉等研究了食物和温度对乌龟幼仔(*Chinemys reevesi*)的生长和消化的影响^[5]; Bjorndal *et al.* 报道了几种草食性淡水龟的消化效率^[6-7]; 有关龟鳖类个体水平能量收支的全面研究还未见报道,近年来龟鳖类胚胎期的能量转换较被关注^[8-9]。

中华鳖作为重要的经济养殖种类,研究其能量转换实践意义也颇大。本文旨在探讨中华鳖的同化效率、总转换效率、生长效率及其与温度、体重的关系。

1 材料和方法

实验用中华鳖购自北京市官厅水库温泉养殖场,在实验室驯化一段时间后,分别单只放入 24 cm × 12 cm × 16 cm 的水槽内,利用水浴加温,设定 6 个温度等级(22℃、26℃、28℃、30℃、32℃、35℃)。温差不超过±0.5℃,实验用中华鳖体重范围为 7—112 g。实验期间,利用 40 W 日光灯控制光周期为 12L:12D。每天中午换水一次,换水量约为 1/2。实验用饲料为镇江长江饲料有限公司生产的幼鳖用配合饲料。在设定的温度和光周期下,驯化一周后,开始实验。每天分 2 次投喂,投喂后 1 h,收集残饵和粪便,分离后分别放入烘箱中,在 65℃ 下烘干至恒重,得到中华鳖的摄食量和排粪量;实验开始前和结束后 48 h 对动物称重,用以计算中华鳖的生长量;实验结束后,取部分中华鳖杀死,测其湿重,然后放入烘箱内,在 65℃ 下烘干至恒重,测其干重。饲料、粪便、鳖体的能量值用岛津 CA-4P 自动氧弹式热量计测定。

动物对食物的利用遵循能量平衡公式: $C = P + R + F + U$ 。式中 C 代表摄取的能量, P 代表生长, R 表示代谢消耗的能量, F 表示不能消化吸收的那部分食物的能量, U 表示食物经消化吸收再排出体外的能量。在能量生态学的研究中,估计各个组分占摄取食物能的比重是很有用的,这有助于对食物能转换效率的理解。

根据以上理论,计算下列数据:同化效率(AE) = (摄食能-粪能)/摄食能;总转化效率(CE) = 生长能/摄食能;生长效率(PE) = 生长能/(摄食能-粪能)。数据通过 SPSS/PC 统计学软件包进行统计分析。

2 结果

2.1 温度、体重对同化效率的影响

据 45 只中华鳖幼体的实验数据,2 因素方差分析表明,温度对同化效率的影响不显著($F_{5,20} = 0.368, P > 0.05$) (表 1),而体重对同化效率有显著影响($F_{4,20} = 3.62, P < 0.01$) (表 2)。多重比较结果表明,较大个体组(体重大于 50 g)的同化效率显著大于较小体重组(50 g 以下的个体)($P < 0.01$),同化效率与体重的关系(图 1):

表 1 不同温度下中华鳖幼体的同化效率、总转化效率及生长效率(M ± S.E.)

Table 1 Assimilation efficiency (AE), gross conversion efficiency (CE) and growth efficiency (PE) in juvenile *Trionyx sinensis*

温度 Temp. (℃)	同化效率 AE (%)	总转化效率 CE (%)	生长效率 PE (%)	实验鳖数目 Animal No. (No.)
22	98.17 ± 0.99	58.59 ± 4.58	59.63 ± 4.31	3
26	97.87 ± 0.44	27.04 ± 5.54	27.73 ± 5.74	9
28	97.79 ± 0.59	20.95 ± 3.61	21.40 ± 3.64	8
30	98.45 ± 0.36	23.64 ± 1.07	24.03 ± 1.14	9
32	98.16 ± 0.39	26.34 ± 3.72	26.97 ± 3.92	12
35	99.74 ± 0.11	12.36 ± 7.57	12.37 ± 7.58	4

$$\lg AE = 94.186 + 2.7601 \lg W (r^2 = 0.948, n = 45, P < 0.01) \quad (1)$$

表 2 中华鳖幼体不同体重组的同化效率、总转化效率和生长效率 ($M \pm S.E.$)Table 2 Assimilation efficiency, gross conversion efficiency and growth efficiency in juvenile *Trionyx sinensis*

组别 Croup	平均体重 W (g)	同化效率 AE (%)	总转化效率 CE (%)	生长效率 PE (%)	实验鳖数目 Animal No. (No.)
1	9.12 ± 0.45	96.95 ± 0.37	28.85 ± 5.53	29.98 ± 5.78	10
2	23.33 ± 1.59	97.86 ± 0.38	21.96 ± 1.26	22.43 ± 1.28	8
3	33.16 ± 1.12	98.21 ± 0.31	32.42 ± 4.70	33.04 ± 4.77	14
4	58.90 ± 3.20	99.44 ± 0.12	16.31 ± 3.86	16.40 ± 3.89	8
5	109.40 ± 5.67	99.77 ± 0.10	22.76 ± 3.66	22.81 ± 3.67	5

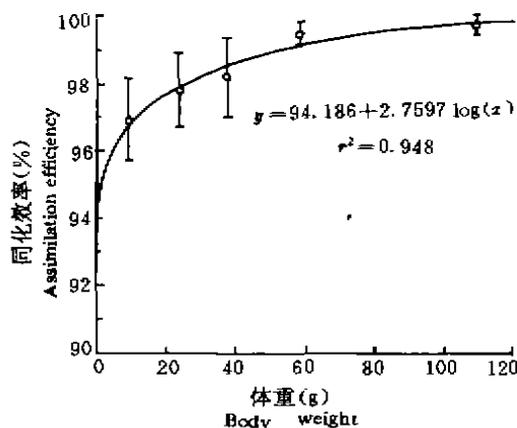


图 1 体重对同化效率的影响

Fig. 1 Effect of body weight on assimilation efficiency

2.2 温度、体重对总转化效率和生长效率的影响

2 因素方差分析表明, 温度对总转化效率的影响极其显著 ($F_{5,20} = 4.21; P < 0.01$), 而各体重组间无显著差异 ($F_{4,20} = 0.961; P > 0.05$)。同样, 温度对生长效率有显著影响 ($F_{5,20} = 4.11, P < 0.01$), 体重无显著影响 ($F_{4,20} = 1.04, P > 0.05$)。多重比较证实, 较低温 (22 C) 的总转化效率、生长效率与其它温度间有显著差异 ($P < 0.01$), 而其它温度组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。总转化效率与温度呈 3 次曲线关系 (图 2), 关系式为:

$$CE = 22.644 - 2.273T + 0.0767T^2 - 0.0009T^3 \quad (2)$$

($r^2 = 0.479, n = 45, P < 0.01$)

生长与温度关系曲线与图 2 所示相似, 关系式为:

$$PE = 22.498 - 2.254T + 0.076T^2 - 0.0009T^3 \quad (3)$$

($r^2 = 0.473, n = 45, P < 0.01$)

3 讨论

3.1 温度、体重对中华鳖同化效率的影响

在不同温度下, 45 只中华鳖 (平均体重为 39.99 g) 的同化效率, 平均为 98.5%。中华鳖较高的同化效率显示了食肉类爬行动物的消化特征, 食肉爬行类一般为 70%—98%, 而食草爬行类为 30%—56%。Vinegar 报道一种食鼠类蛇的同化效率为 91.4%—97.7%^[20]。38.73 g 乌龟幼体的消化率平均为 92%^[5]。本文的结果与此基本相符, 但有所偏高, 可能与饲料有关, 说明中华鳖对此饲料有较高的同化效率。Wang *et al.* 对扬子鳄 (*Alligator sinensis*) 的研究表明: 当食物全部为鱼肉时, 同化效率为 99.5%, 而当食物包括鱼头及 21% 的鱼肉时, 同化效率为 97.5%^[11]。密西西比河鳄 (*Alligator mississippiensis* (D.)) 的同化

效率随食物中纤维含量的变化而变化(78.5%—91.3%)^[12],说明食物种类对同化效率影响较大。

温度对中华鳖同化效率无显著影响,乌龟幼体的同化效率在各温度等级(20℃、25℃、30℃)也无显著差异^[5]。Waldschmidt等推测,温度能够影响蜥蜴类的食物摄取和食物通过肠道的时间,而对同化效率影响较小^[13]。同化效率是酶浓度和酶活性及胃肠道蠕动率的综合性指标,在低温下,酶浓度和酶活性可能较低,但此时胃肠道蠕动率也较低,食物在消化道中与消化液、消化酶的接触时间延长,补偿性地提高了同化效率,因而在各温度之间同化效率可能无显著差异, Ji 等认为,在动物同化效率的影响因素中,排出物的量及所含能量起着重要的作用。提高排出物总能值的结果导致同化效率的降低,降低排出物总能值将提高同化效率^[14]。随温度降低,龟排出物的总能值降低可能就是此时温度补偿作用的结果^[15]。

体重对中华鳖同化效率的影响结果与对乌龟幼体研究相同^[5],较大个体同化效率较高。可能随个体增长,其消化功能有所加强。

3.2 温度、体重对中华鳖总转化效率和生长效率的影响

总转化效率、生长效率反映的是摄取的食物能分配给生长的能量比例,其值越大,表示同化为生长的能量越多。本研究表明,中华鳖处于 22℃ 时,总转化效率、生长效率显著高于其它温度组($P < 0.01$),而其它温度组之间无显著差异($P > 0.05$)。总转化效率或生长效率与温度之间存在显著的 3 次曲线关系($P < 0.01$)。崔奕波等对真鲢(*Phoxinus phoxinus* (L.))的研究表明,在最大日摄食率水平,不同温度下的总转化效率几乎是相等的^[16]。孙儒泳等在分析温度对罗非鱼生长的影响时指出,低于最适温度,鱼类的摄食量和同化量都随温度上升而上升,维持消耗的能量虽然也随温度上升,但同化量分配给生长的能量是逐渐增加的,高于最适温度,起初同化量虽然尚有增加,但维持消耗的能量增加迅速使分配给生长的能量反而减少,到后来摄食量和同化量也减少,生长速率迅速下降^[17]。即罗非鱼的总转化效率或生长效率与温度之间存在向上凸的二次曲线关系。而由本研究看中华鳖的总转化效率和生长效率随温度升高而降低,但到一定温度后,出现一平台期,温度继续升高,总转化效率和生长效率又下降,显然不同于罗非鱼对温度的反应。

中华鳖的这些特征可能是其对环境长期适应的结果。自然界中的中华鳖在 1 年内约有半年时间冬眠(10 月—翌年 4 月),实际摄食生长的时间非常短(4 个月左右)。4 月份左右,当水温回升到 15℃ 时,鳖由冬眠中苏醒,水温升到 20℃ 之后,开始摄食,此时中华鳖活动较少,代谢较低,所以尽管生长速度慢,但生长效率高,这对其能够尽快恢复体质有所帮助;随温度上升后,由于其活动增加,代谢需求加强,且其幅度相对大于同化能的增加,所以生长效率可能继续下降,但此时由于动物摄取的能量增大,同化能绝对量增大,所以生

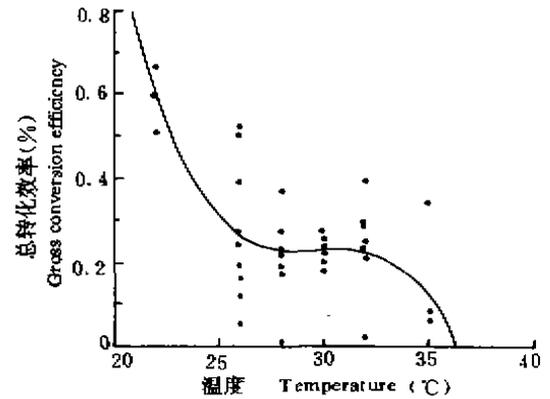


图 2 温度对中华鳖总转化效率的影响

Fig. 2 Effect of temperature on gross conversion efficiency in the soft shelled turtle *Trionyx sinensis*

长速度加快。

各体重组之间,总转化效率、生长效率无显著差异($P>0.05$),可能是采用的体重范围不够大所致。各龄美洲蜥的能量分配研究表明,幼体有较多的能量投入生长,成体同化能量的68%用于呼吸,23%用于生长,9%用于排泄,而幼体相应为55%、38%、8%^[18],可能因为随个体的增大,特殊体重摄食能、同化能、代谢能下降,但由于特殊体重代谢能下降的幅度小于同化能下降的幅度,从而使得分配于生长的能量相对降低。

3.3 中华鳖对食物的利用

与其它爬行类相比,中华鳖的总转化效率、生长效率并不高(0.2643±0.0228)。得克萨斯强棱蛇(*Sceloporus olivaceus*)在30℃时,总转化效率和生长效率分别为0.64、0.79^[19];玉米锦蛇(*Elaphe guttata*)在25℃时,二者分别为0.77、0.86;东猪鼻蛇(*Heterodon platyrhions*)在25℃时,二者分别为0.68、0.81^[20]。总结以上结果,初步得到中华鳖幼体的能量收支方程:100A=26G+74R(其中A:同化能,G:生长能,R:代谢能)。

中华鳖将较大能量投入代谢是适应其生态习性的能量分配。分配给生长的能量有利于提高繁殖力,缩短繁殖间隔时间,分配给代谢的能量除满足维持需要外,还可加强动物的机动性,提高其追捕猎物和逃避敌害的能力,有利于提高动物的存活力。相互竞争能量资源的代谢和生长,同时对动物的适合度起协同进化的作用。中华鳖性猜疑、胆小、行为敏捷。在人面前绝不敢吃食,自然界的中华鳖白天大部分时间呆在水底阴暗处,只有日中暖和时才爬上来晒背,但有声响就迅速逃入水中。另外中华鳖从小就喜欢咬斗,在养殖过程中笔者观察到此现象,人在时,中华鳖一般都藏在设置的晒台下,且相互间时常咬烂对方的背甲,中华鳖的行动迅速及好斗习性决定其代谢需求较高,因而分配于生长的能量较少。所以在其养殖过程中,要切实做到养殖附近安静,使其少受干扰,还要保证合适的放养密度,避免其相互争斗。

参 考 文 献

- 1 Congdon J D, Dunham A E and Tinkle D W. Energy budgets and life histories of reptile in; *Biology of the Reptilia* ed. Gans, C. Academic London and New York. 1982, 13: 233—271
- 2 Congdon J D. Proximate and evolutionary constraints on energy relations of reptiles. *Physiol. Zool.* 1989, 62: 356—373
- 3 Parmenter R P. Digestive turnover rates in freshwater turtles; the influence of temperature and body size. *Comp. Biochem. Physiol.* 1981, 70A: 235—238
- 4 Hammond K A, Spotila J R and Standora E A. Basking behavior of the turtle *Pseudemys scripta*; the effect of digestive state, acclimation temperature, sex and season. *Physiol. Zool.* 1988, 63: 1232—1247
- 5 由文辉, 卢波, 王培潮. 环境温度和食物种类对乌龟幼仔生长和消化的影响. *动物学研究*, 1993, 14: 136—142
- 6 Bjorndal K A and Bolten A B. Body size and digestive efficiency in a herbivorous freshwater turtle; advantages of small bite size. *Physiol. Zool.* 1992, 65: 1028—1039
- 7 Bjorndal K A and Bolten A B. Digestive efficiencies in herbivorous and omnivorous freshwater turtles on plant diets; do herbivores have a nutritional advantage. *Physiol. Zool.* 1993, 66: 384—395
- 8 Leshem A A Ar and Ackerman R A. Growth, water and energy metabolism of the soft-shell turtle (*Trionyx triunguis*) embryo; effects of temperature. *Physiol. Zool.* 1991, 64: 568—594
- 9 Thompson M B. Oxygen consumption and energetics of development in eggs of the leatherback turtle *Dermochelys coriacea*. *Comp. Biochem. Physiol.* 1993, 104A: 449—453

- 10 Scoczylas R. Physiology of digestive tract in; Biology of the Reptilia (ed. Gans, c.) Academic Press London and New York. 1978, 8: 589—717
- 11 Wang P C, Chang J H., Zhu B R *et al.* Energy metabolism of *Alligator sinensis*. Current Herpetology in East Asia, 1989, 65—72
- 12 Staton M A, Edwards Jr H M, Brisbin Jr H M *et al.* Ditary energy sources for the American alligator, *Alligator Mississippiensis*(Daudin). *Aquaculture*, 1990, 89(3—4): 245—261
- 13 Waldschmidt S R, Jones S M and Porter W P. The effect of body temperature and feeding regime on activity, passage time, and digestive coefficient in the lizard *Uta stansburiana*. *Physiol. Zool.*, 1986, 59: 376—383
- 14 Ji X, Zhou. W H He, G B. *et al.* Food intake, assimilation efficiency and growth of juvenile lizards *Takydromys septentrionalis*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1993, 105A: 283—285
- 15 Harwood R H. The effect of temperature on the digestive efficiency in the lizard *Uta stansburiana*. *Physiol. Zool.*, 1979, 59: 376—383
- 16 崔奕波, R J 吴登. 真鲃(*Phoxinus phoxinus*(L.))的能量收支各组分与摄食量、温度及体重的关系. 水生生物学报, 1990, 14: 193—204
- 17 孙儒泳, 张玉书. 温度对罗非鱼生长的影响. 生态学报, 1982, 2: 181—187
- 18 Andrew R E *et al.* Energy expenditure of a tropical lizard. *Comp. Biochem. Physiol.* 1977, 58A: 57—62
- 19 Dutton R H, Fitzpatrick L C and Hughes J L. Energetics of the rusty lizard *Sceloporus olivaceus*. *Ecology*, 1975, 56: 1378—1387
- 20 Smith G C. Ecological energetics of three species of ectothermic vertebrates. *Ecology*, 1976, 57: 252—264

欢迎订阅《生态学报》

《生态学报》是中国生态学会主办的国家一级学术刊物, 创刊于1981年。《生态学报》旨在反映我国生态学的研究成果, 促进国内外学术交流, 为我国生态学发展服务。

《生态学报》刊载有关生态学的创造性研究成果、研究简报、专题论述和问题讨论; 生态学新理论、新方法、新技术介绍; 生态学出版物评价和学术动态。特别优先刊登对实现四个现代化有重要意义的著作和能反映现代生态学发展方向的综述性文章。读者对象为从事生态学研究的科技工作者、广大干部及高等院校师生。

本刊为双月刊, 16开本, 112页, 定价8.00元

全国各地邮局发行, 邮发代号: 8—136

国外刊号 Q583

联系通讯: 北京 2871 信箱

《生态学报》编辑部

邮政编码: 100085

电 话: 2555129; 2545511—3181