

日粮水平对中华鳖稚鳖生长的影响

雷思佳¹, 叶世洲²

(1. 深圳职业技术学院 生物应用工程系, 广东 深圳 518055; 2. 深圳海洋世界有限公司, 广东 深圳 518083)

摘要: 于 2001 年 12 月购买当年繁殖的中华鳖 (*Trionyx sinensis*) 稚鳖 (28.66~53.37 g), 在 30 ℃ 水温下进行摄食-生长实验 (实验时间为 56 d), 设饥饿、1%、2%、4% 和饱食 5 个日粮水平, 研究了摄食水平对中华鳖稚鳖生长和转化效率的影响。方差分析表明: 摄食水平对中华鳖稚鳖的特定生长率和转化效率均有显著影响。稚鳖的湿重、干重、蛋白质和能量的特定生长率均随摄食水平的增加呈二次曲线增加, 摄食率 (RL) - 干物质特定生长率 (SGR_d) 的关系模型可表示为: $SGR_d = -0.0832RL^2 + 1.0795RL - 1.8779$ ($n = 25$, $r^2 = 0.906$, $F = 105.46$); 当摄食率为 6.97%、6.49%、6.08% 和 6.34% 时, 稚鳖湿重、干重、蛋白质和能量的特定生长率分别达到最大值。1% 组的各项转化效率均显著低于 2% 和 4% 组, 干重和能量转化效率显著低于饱食组; 2% 组的干重和能量转化效率显著高于 4% 和饱食组。

关键词: 中华鳖稚鳖; 摄食水平; 生长; 转化效率

中图分类号: S966.5; Q591.1 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853(2004)01-0043-05

Effect of Ration Level on Growth in Juvenile Soft-shelled Turtles, *Trionyx sinensis*

LEI Si-jia¹, YE Shi-zhou²

(1. Department of Biological Applied Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China;

2. Shenzhen Ocean World Ltd. Co., Shenzhen 518083, China)

Abstract: The growth trial of a 56-day period was conducted at 30 ℃ to investigate the effect of ration on growth and feed conversion efficiency in juveniles *Trionyx sinensis*, which initial body weights ranged from 28.66 to 53.37 g. They were fed commercial soft-shelled turtle diet twice a day at five ration levels (starvation, 1%, 2%, 4% and satiation). ANOVA showed that specific growth rate (SGR) and conversion efficiency (K) were significantly affected by the ration level. SGR increased quadratically with increasing ration, and the relationship between SGR for dry matter (SGR_d) and ration level (RL) could be expressed as the follow: $SGR_d = -0.0832RL^2 + 1.0795RL - 1.8779$ ($n = 25$, $r^2 = 0.906$, $F = 105.46$). The maximum SGR for wet matter, dry matter, protein and energy appeared when ration levels were 6.97%, 6.49%, 6.08% and 6.34%, respectively. All Ks at 1% ration group were significantly lower than those at 2% and 4%, and Ks for dry matter and energy were lower than the satiation; Ks for dry matter and energy at 2% were significantly higher than those at the satiation.

Key words: Juvenile *Trionyx sinensis*; Ration level; Growth; Conversion efficiency

生长虽然是很容易观察和测量的指标, 但作为机体最为复杂的活动之一, 它是机体一系列复杂行为和生理活动过程结果的反映, 是外界环境对机体影响结果的综合指标。生态因子作用于动物, 使动物机体发生一系列生理生化反应, 其最终的效果可

以从动物的生长状况表现出来。饵料类型 (Cui et al, 1994, 1996)、摄食水平 (Zhu et al, 2000)、温度 (Malloy & Targett, 1994) 等都会对摄食与生长的关系产生影响。

水生动物中对鱼类生长的研究报道相对较多,

* 收稿日期: 2003-08-11; 接受日期: 2003-12-02

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 (39430150); 广东省教育厅第二批千、百、十人才培养计划项目; 深圳市科技局项目 (00009824)

而对鱼类的摄食-生长模型也有多种表示方法:多数作者倾向于使用曲线模型(Brett & Groves, 1979),也有许多作者使用对数模型(Allen & Wootton, 1982),当然用直线方程的也较为普遍(Niimi & Beamish, 1974)。Malloy & Targett (1994)对夏鲮(*Paralichthys dentatus*)摄食与生长关系的研究结果表明,当温度升高时,摄食量增加,但在高摄食水平时饵料利用率明显降低,生长-摄食出现曲线关系;他们认为,温度对鱼类摄食-生长关系的影响是通过温度→摄食率→饵料利用率的途径而发生作用的。而饵料类型对鱼类摄食-生长模型的影响则是通过影响饲料的转化效率而发生作用的,在高摄食率时这种影响尤为明显(Zhu et al, 2000; Cui et al, 1994, 1996)。由于动物的种类及其发育阶段、饵料类型、投喂方式、水温等诸多因素都会影响转化效率,因此当这些因素不同时,转化效率就会出现较大差异。多数研究表明转化效率在中间摄食水平时最高(Brett & Groves, 1979; Cui, 1989; Jobling, 1994)。

中华鳖(*Trionyx sinensis*)是我国名贵水产珍品,其肉味鲜美,营养丰富,滋补力强(Liu et al, 1997),深受人们的喜爱。然而,由于病害和不健康的养殖模式,使其食用、药用价值受到严重影响。开展生态因子对中华鳖生长影响的研究,可帮助我们了解外界因素对中华鳖的影响效果。本文旨在研究摄食水平对中华鳖稚鳖生长及转化效率的影响,以期为该种的健康养殖模式的建立提供基础资料。

1 材料与方法

本研究在中华鳖的最适生长温度(30℃)(Li et al, 1995; Tong et al, 1997)下进行生长实验,养殖用水符合中华鳖生长所需要的适宜水质(Tong et al, 1997)。

1.1 实验设备

实验在37.5 L玻璃水族箱(50 cm × 25 cm × 30 cm)中进行。实验室的光照周期用日光灯控制,光照为每天12 h。实验用水为曝气的自来水,每天早晚用温度计测定温度2次,实验室的室温用空调控制在30℃,水温用上海产WMZK-01型控温仪及玻璃钢水槽(150 cm × 65 cm × 45 cm)水浴控温。

1.2 材料

于2001年12月自深圳市南山区水产技术推广

站购买当年繁殖的中华鳖(*Trionyx sinensis*)稚鳖(28.66~53.37 g)。实验室驯化一个月,投喂中华鳖稚鳖配合饲料,将温度以1~2℃/d的速度逐渐升至实验温度(30℃),然后再饲养1周后开始实验。实验用饲料同上,但加入0.5%的Cr₂O₃作为外源指示剂,混匀后使用。中华鳖稚鳖配合饲料由深圳新光饲料有限公司提供,主要成分为高筋面粉、纯鱼粉、虾肉粉、肝脏粉、豆粕、维生素等,蛋白质、脂肪含量(%干重)和比能值(kJ/g)分别为45.62%、4.70%和17.59%。驯化及实验期间每2 d换水1次,水中溶氧保持在5 mg/L以上,pH值7.7~8.0。

1.3 实验设计与方法

实验设饥饿、1%、2%、4%和饱食5个摄食水平,饥饿组在实验期间停食,1%、2%和4%组每天按稚鳖体重的1%、2%和4%的量投喂饲料,饱食组的投喂量以投喂2 h后饲料台上有剩饵为度。实验开始时,先将鳖饥饿2 d,然后称重(精确到0.01 g);同时取5只体重相近的鳖作为对照,烘干称重,测定其干物质、蛋白质和能量含量,用以估计实验开始时鳖体的干物质、蛋白质和能量含量。用木制小凳做饲料台,饲料台高出水面1 cm,每天称取确定量的饲料,按与水1:1.1的比例制成长条形,于10:00和17:00分两次投喂。投喂2 h后将剩饵吸出,烘干称重。在空白对照水族箱中,测定饲料的溶失率,以校正剩饵重量。用虹吸法每天收集粪便,烘干称重。为减少粪便在水中营养成分的溶失造成的误差,用于测定消化率和能量含量的粪便为排出后1 h内收集的样本。

实验时间为56 d,实验结束时先将鳖饥饿2 d,然后称重,烘干,磨碎。测定实验鳖和对照鳖的氮、能量含量,以及饲料的氮、能量和脂肪含量,每个样本单独测定,平行测定2次,取平均数,相对偏差超过3%则重测。氮含量用凯氏定氮法测定,脂肪含量用氯仿-甲醇抽提法测定(Cui, 1989),能量含量用上海地质仪器厂产XRY-1型弹式热量计测定。蛋白质含量=6.25×氮含量。

1.4 计算

采用生物能量学研究的通常方法,同时测定动物的湿重(w)、干重(d)、蛋白质(p)和能量(e)含量的特定生长率(SGR)和转化效率(K):

$$SGR = 100 \times (\ln S_t - \ln S_0) / t$$

$$K = 100 \times (S_t - S_0) / \triangle F \times a$$

式中： S_t 为实验结束时鳖体的湿重、干物质、蛋白质含量或能量含量， S_0 为实验开始时的湿重、干重、蛋白质含量或能量含量， t 为实验天数， $\triangle F$ 为投喂饲料干重减去剩余饲料干重；在计算 K_w 、 K_d 、 K_p 、 K_e 时， a 分别为 1、2.1、饲料干物质蛋白质含量、饲料干物质能量含量。

用实际摄食率进行摄食率－特定生长率的回归分析。实际摄食率（%）= 100 × 日摄食量 / [（ W_t + W_0 ）/ 2]，式中 W_t 和 W_0 分别表示实验鳖的初始体重和实验结束时的体重。

2 结 果

2.1 生长情况

实验开始时，中华鳖稚鳖 5 个实验组的初始体重均无差异；实验结束时，饥饿组和 1% 组的体重均显著低于 4% 组和饱食组，2% 组的体重与其他 4 组无差异（表 1）。

摄食水平显著影响稚鳖的湿重、干重、蛋白质和能量的特定生长率，而且各项特定生长率均随摄食水平的增加而增加，饱食组的最高；除能量的特定生长率外，4% 组湿重、干物质和蛋白质的特定生长率与饱食组无显著差异（表 1）。

稚鳖的特定生长率与摄食水平存在显著的相关关系（ $P < 0.01$ ），其湿重、干重、蛋白质和能量的特定生长率与摄食率之间的关系均可以用直线方

程、二次方程和指数方程表示（ $P < 0.01$ ），但以二次方程的决定系数（determination coefficient）最高，直线方程的最低；因此，选择二次方程表述二者的关系，回归方程式如表 2。

利用二次方程得出中华鳖稚鳖的维持日粮分别为 1.67%（湿重）、2.07%（干重）、2.00%（蛋白质）和 2.24%（能量）。对二次方程求导，得到稚鳖的摄食率分别为 6.97%、6.49%、6.08% 和 6.34% 时，其湿重、干重、蛋白质和能量的特定生长率分别达到最大值。

2.2 转化效率

摄食水平显著影响中华鳖稚鳖的湿重、干重、蛋白质和能量的转化效率：1% 组的各项转化效率均显著低于 2% 和 4% 组，干重和能量转化效率显著低于饱食组；2% 组的干重和能量转化效率显著高于 4% 和饱食组（表 3）。

3 讨 论

从表 1 可以看出，中华鳖稚鳖的特定生长率随日粮水平的增加而增加，饱食组（实际摄食率为 5.63%）的最高；因此仅从表 1 看，稚鳖的摄食率－特定生长率模型似乎应该用直线方程来描述。然而事实上特定生长率不会随摄食率的增加而无限增加，于是我们分别推导出了稚鳖的特定生长率与摄食率的直线、二次和指数方程，发现 3 种模型均可用于表示两者的关系，但以二次方程表达最佳。对

表 1 摄食水平对中华鳖稚鳖生长的影响（平均数 ± 标准误）
Table 1 Effect of growth in juvenile *Trionyx sinensis* (mean ± SE)

	摄食水平 Ration level					$F_{4, 20}$
	饥饿组 Starvation	1%	2%	4%	饱食组 Satiation	
实际摄食率 Real ration	0	1.64 ± 0.02 ^b	2.54 ± 0.08 ^c	4.52 ± 0.24 ^d	5.63 ± 0.18 ^e	295.089 ^{**}
初始体重 Initial body weight (g)	39.97 ± 97.94	40.45 ± 55.70	39.54 ± 72.06	44.22 ± 18.03	42.96 ± 258.52	0.299
实验结束体重 Final body weight (g)	33.98 ± 4.43 ^a	48.30 ± 3.84 ^a	63.43 ± 7.83 ^{ab}	98.11 ± 7.89 ^b	101.79 ± 28.81 ^b	4.698 ^{**}
SGR _w	- 0.29 ± 0.02 ^a	0.26 ± 0.02 ^b	0.93 ± 0.01 ^c	1.38 ± 0.16 ^{cd}	1.41 ± 0.19 ^d	39.541 ^{**}
SGR _d	- 0.80 ± 0.04 ^a	0.25 ± 0.06 ^b	1.00 ± 0.07 ^c	1.52 ± 0.15 ^d	1.62 ± 0.21 ^d	66.028 ^{**}
SGR _p	- 1.15 ± 0.05 ^a	0.08 ± 0.06 ^b	0.88 ± 0.09 ^c	1.30 ± 0.25 ^{cd}	1.59 ± 0.19 ^d	65.117 ^{**}
SGR _e	- 1.25 ± 0.13 ^a	0.19 ± 0.84 ^b	1.38 ± 0.09 ^c	1.46 ± 0.27 ^c	1.89 ± 0.21 ^c	64.361 ^{**}

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。
每一数字后的字母上标为 Duncan 多重比较结果；同行数据中有相同字母的平均数表示在 0.05 水平上无显著差异。
SGR_w、SGR_d、SGR_p 和 SGR_e 分别表示湿重、干物质、蛋白质和能量的特定生长率。
Letters after each value in the same row indicate results of Duncan's multiple comparisons. The same superscript letters indicate no significant differences ($P > 0.05$) between ration levels.
The specific growth rates of wet matter , dry matter , protein and energy are expressed as SGR_w , SGR_d , SGR_p and SGR_e , respectively.

表 2 中华鳖稚鳖特定生长率与摄食水平的回归方程 ($SGR = aRL^2 + bRL + c$) 的系数 (平均数, $n = 25$)

Table 2 Coefficients for the regression equations ($SGR = aRL^2 + bRL + c$) relating specific growth rate to ration level in juvenile *Trionyx sinensis* (mean, $n = 25$)

	a	b	c	r^2	$F_{2, 22}$
SGR_w	-0.0512	0.7134	-1.0473	0.831	54.03**
SGR_d	-0.0832	1.0795	-1.8779	0.906	105.46**
SGR_p	-0.0943	1.1460	-1.9143	0.912	114.05**
SGR_e	-0.1105	1.4014	-2.5872	0.884	83.59**

** $P < 0.01$ 。
 SGR_w 、 SGR_d 、 SGR_p 和 SGR_e 同表 1。
 SGR_w , SGR_d , SGR_p and SGR_e are the same as Table 1.

表 3 摄食水平对中华鳖稚鳖转化效率的影响 (平均数 ± 标准误)

Table 3 Effect of ration level on conversion efficiencies in juvenile *Trionyx sinensis* (mean ± SE)

K (%)	摄食水平 Ration level				$F_{3, 16}$
	1%	2%	4%	饱食组	
K_w	16.24 ± 3.71 ^a	36.31 ± 3.03 ^b	29.53 ± 5.63 ^b	25.82 ± 3.18 ^{ab}	4.1520*
K_d	3.10 ± 0.84 ^a	13.08 ± 1.03 ^b	18.78 ± 1.77 ^c	22.99 ± 3.18 ^c	24.798*
K_p	10.89 ± 2.63 ^a	24.61 ± 2.44 ^b	22.30 ± 3.78 ^b	16.53 ± 2.30 ^{ab}	4.621*
K_e	4.89 ± 6.45 ^a	28.10 ± 5.80 ^c	15.61 ± 3.37 ^b	18.20 ± 2.43 ^b	10.976*

* $P < 0.05$ 。
每一数字后的字母上标为 Duncan 多重比较结果; 同行数据中有相同字母的平均数表示在 0.05 水平上无显著差异。
表中 K 为转化效率, K_w 、 K_d 、 K_p 和 K_e 分别表示湿重、干物质、蛋白质和能量的转化效率。
Letters after each value in the same row indicate results of Duncan's multiple comparisons. The same superscript letters indicate no significant differences ($P > 0.05$) between ration levels.
K is conversion efficiency. The conversion efficiencies of wet matter, dry matter, protein and energy are expressed as K_w , K_d , K_p and K_e , respectively.

该二次方程求导得出, 当摄食率分别为 6.97%、6.49%、6.08% 和 6.34% 时中华鳖稚鳖的湿重、干物质、蛋白质和能量的特定生长率分别达到最大值, 摄食率达到上述水平后再继续增加, 则特定生长率出现下降趋势。看来在本实验条件下, 对中华鳖稚鳖的养殖投饵率以不超过 7% 为宜, 否则不但达不到促进生长的效果, 同时浪费饲料, 而且还会污染水质, 引发疾病。

Malloy & Targett (1994) 对夏鲮个体生长与摄食关系的研究结果表明, 在低温 (10℃) 时两者关系为线性, 在高温 (10~16℃) 时则为曲线关系。该实验饵料为冰冻糠虾肉, 由于含有较高的蛋白质 (干物质 67.9%) 和能量, 导致高摄食水平时饵料利用率降低。在低温时摄食量较少, 表现不明显; 但当温度升高时摄食量增加, 高摄食水平时饵料利用率明显降低, 生长-摄食出现曲线关系。本研究

用饵料为中华鳖稚鳖配合饲料, 能量含量也较高, 高摄食水平使转化效率降低, 当摄食水平为 2% 时, 除干物质的转化效率外, 其他各指标的转化效率均达到最高值。这可以部分地解释为什么二次方程表达的中华鳖稚鳖摄食-生长关系决定系数最高, 与夏鲮 (Malloy & Targett, 1994) 的情况有类似之处。

本研究表明, 除干物质饲料转化效率外, 中华鳖稚鳖的转化效率随摄食水平的增加呈 ∩ 型变化, 在 2% 组 (摄食率相当于最大摄食水平的 43%) 达到最大, 这与大多数鱼类的情况相似 (Brett & Groves, 1979; Cui, 1989; Jobling, 1994)。中华鳖稚鳖在最大摄食水平时干物质、蛋白质和能量的转化效率分别为 22.99%、16.53% 和 18.20%, 而多数鱼类的转化效率在 10%~25% (Welch, 1968), 也与鱼类的情况接近。

参考文献：

- Allen JRM, Wootton RJ. 1982. The effect of ration and temperature on the growth of three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L [J]. *J. Fish Biol.*, **20**: 409–422.
- Brett JR, Groves TDD. 1979. Physiological energetics [A]. In: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR. *Fish Physiology*, Vol.8 [M]. New York: Academic Press. 279–352.
- Cui YB. 1989. Bioenergetics of Fish: Theory and methods [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **13**(4): 369–383. [崔奕波. 1989. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, **13**(4): 369–383.]
- Cui Y, Chen S, Wang S. 1994. Effect of ration size on the growth and energy budget of the grass carp, *Ctenopharygodon idellii* V [J]. *Aquaculture*, **123**: 95–107.
- Cui Y, Hung SSO, Zhu X. 1996. Effect of ration and body weight size in the energy budget of juvenile white sturgeon [J]. *J. Fish Biol.*, **49**: 863–876.
- Jobling M. 1994. *Fish Bioenergetics* [M]. London: Chapman & Hall.
- Li LC, Yang ZG, Qin YL, Hu GX, Lin ZD, Li SF. 1995. *Trionyx sinensis* and environment [J]. *Reservoir Fisheries*, **4**: 25–27. [李林春, 杨治国, 秦玉丽, 胡国祥, 林志定, 李思发. 1995. 中华鳖与环境. 水利渔业, **4**: 25–27.]
- Liu ST, Nie XT, Liu GL. 1997. Determination of the biochemistry Indices on different tissues of *Trionyx sinensis* and investigation of its nutritional and medical use [J]. *J. Shanxi Agric. Univ.*, **17**(1): 55–58. [刘拴桃, 聂向庭, 刘桂林. 1997. 中华鳖不同组织器官生化指标的测定及其营养和药用价值的探讨. 山西农业大学学报, **17**(1): 55–58.]
- Malloy KD, Targett TE. 1994. Effect of ration limitation and low temperature on growth, biochemical condition, and survival of juvenile summer flounder from two *Atlantic coast* nurseries [J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, **123**: 182–193.
- Niimi AJ, Beamish FWH. 1974. Bioenergetics and growth of largemouth bass *Micropterus salmoides* in relation to body weight and temperature [J]. *Canadian Journal of Zoology*, **42**: 447–456.
- Tong JC, Yuan SM, Ma DB. 1997. The regulations of production and technic for *Trionyx sinensis* original strain in Shaoxing [J]. *Fisheries Technological Information*, **24**(5): 215–221. [童加潮, 袁声明, 马东标. 1997. 绍兴中华鳖原种场原种生产技术操作规程. 水产科技情报, **24**(5): 215–221.]
- Welch HE. 1968. Relationships between assimilation efficiencies and growth efficiencies for aquatic creatures [J]. *Ecology*, **49**: 755–759.
- Zhu XM, Xie SQ, Cui YB. 2000. Effect of ration level on growth and energy budget of the Gibel carp, *Carassius auratus gibelio* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, **31**(5): 471–479. [朱晓鸣, 解绶启, 崔奕波. 2000. 摄食水平对异育银鲫生长及能量收支的影响. 海洋与湖沼, **31**(5): 471–479.]