

# 中国对虾同化率和转换效率的初步研究

## A PRELIMINARY STUDY ON ASSIMILATION AND CONVERSION EFFICIENCY OF *PENAEUS CHINENSIS*

张 硕 董双林 王 芳

(青岛海洋大学水产养殖开放研究实验室, 266003)

ZHANG Shuo, DONG Shuang-Lin, WANG Fang

(Ocean University of Qingdao of Open Research Lab on Aquaculture, 266003)

关键词 中国对虾, 同化率, 转换效率

KEYWORDS *Penaeus chinensis*, Assimilation efficiency, Conversion efficiency

我国广泛开展对虾养殖已有近二十年的历史, 由于发展和管理不当, 产生了严重的环境污染和病害问题, 使养虾产量大幅度下降[王清印 1994]。虽然虾病的爆发性流行是对虾减产的直接原因, 但环境条件的恶化也是一个主要因素。在中国对虾的池塘养殖中, 其生长和代谢的能量主要来源于人工投喂的饵料。分析对虾池塘养殖系统可以看出, 未被对虾利用而存留于池塘中的输入能量是造成池塘和近海水域污染的主要原因。为提高养虾池塘输入能量的利用率人们正在探索综合养殖, 以其多层次、多渠道利用输入虾池的能量。以往的研究主要关注在饵料对对虾生长的影响及虾对各种营养物质的吸收利用情况, 而很少考虑到对虾对饵料中能量的实际利用效率。中国对虾(*Penaeus chinensis*)是我国海水池塘养殖的主体, 但人们对其生物能量学规律研究很少, 为此我们开展了中国对虾的同化率及转换效率的初步研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料来源

本实验于 1996 年 5~9 月按照实际养殖对虾阶段分三种规格进行, 实验虾均为健康活泼的个体, 来源于青岛市郊的养虾池塘。

### 1.2 实验方法

实验在每一规格下设计 20℃、25℃和 30℃三个温度水平, 分别投喂活日本刺沙蚕(*Neanthes japonica*), 每一条件下设置 5 个重复, 全部实验共计 45 个样品。

实验前将对虾在设计水温下驯养 7 天, 并在实验前停食 2 天, 排空胃肠中的粪便。每一温度下随机选取 5 尾虾, 用 MP-120 型电子称称重(湿重, 精确至 0.001g), 单独饲养在 14L 的玻璃水族箱内。同时分别取 15g 的沙蚕和 5 尾虾做对照, 称重后在 70℃下烘干至衡重, 用以估算实验开始时沙蚕和对虾的干重(g)、能量含量(kJ/g)。电热器加温, 用 WMZK-01 型温度指示控温仪控温。水族箱连续充气, 每隔 2 天换水三分之一, 光照采用室内自然光。每尾虾持续喂养 10~14 天, 至少完成一次蜕皮。

本研究由国家自然科学基金重点项目(39430150)、山东省自然科学基金项目(Q95D0732)和国家杰出青年科学基金(397250239)资助。

收稿日期: 1997-09-19

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www>

每天在各水族箱内投喂过量沙蚕和收集残饵 2 次,并用吸管及时收集粪便,每次收集的粪便和残饵烘干后保存,以确定摄食量和排粪量。

### 1.3 能量含量测定

沙蚕、配饵、虾体、虾壳和粪便的能值均是将它们放在 70℃ 下烘干至恒重后,用 XRY-1 型氧弹式热量计测定。根据测定的能值以及摄食量、虾体和排粪量的干物质重量,分别计算出中国对虾的摄食能(C)、生长能(G)和排粪能(F)。

中国对虾的同化率和转换效率分别根据下式计算:

$$A, \text{同化率}(\%) (\text{干物质或能量}) = \frac{\text{摄食量} - \text{排粪量}}{\text{摄食量}} \times 100$$

$$K_1, \text{总转换效率}(\%) (\text{干物质或能量}) = \frac{\text{生长量}}{\text{摄食量}} \times 100$$

$$K_2, \text{净转换效率}(\%) (\text{干物质或能量}) = \frac{\text{生长量}}{\text{摄食量} - \text{排粪量}} \times 100$$

## 2 结果

### 2.1 中国对虾的摄食率和生长率

实验期间中国对虾的摄食率、增重率和特定生长率见表 1。由此表可以看出中国对虾的摄食率随温度的升高而显著增大( $F = 25.35, P < 0.01$ )。增重率和特定生长率也随温度的升高而增大,但 25℃ 与 30℃ 之间的差异不显著( $P > 0.05$ )。

表 1 中国对虾的摄食率、增重率和特定生长率(SGR)

Tab. 1 The feeding rates, growth rates and SGR of *P. chinensis*

温度(℃)	摄食率(% g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	增重率(% g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	SGR(%)
20	16.33 ± 2.23 <sup>a</sup>	2.41 ± 0.29 <sup>a</sup>	1.26 ± 0.08 <sup>a</sup>
25	24.84 ± 1.28 <sup>b</sup>	3.08 ± 0.61 <sup>b</sup>	2.52 ± 0.16 <sup>b</sup>
30	32.38 ± 3.56 <sup>c</sup>	3.29 ± 0.53 <sup>b</sup>	2.53 ± 0.35 <sup>b</sup>

注: 同一列中的不同字母表示经多重检验相互间的差异显著,  $P < 0.05$ 。

### 2.2 中国对虾干物质的同化率和转换效率

中国对虾摄食沙蚕时干物质的同化率和转换效率见表 2。由此表可以看出,中国对虾摄食沙蚕时对干物质的同化率随温度升高而增大。经方差检验,温度对同化率有显著影响( $F = 4.995 > F_{2,44,0.05} = 3.259; P < 0.05$ )。温度对总转换效率有极其显著的影响( $F = 27.874 > F_{2,44,0.01} = 5.249; P < 0.01$ )随温度升高而下降;净转换效率随温度升高也明显下降,方差检验,温度对其影响也达到极显著水平( $F = 30.134 > F_{2,44,0.01} = 5.249; P < 0.01$ )。

随体重增大,中国对虾对干物质的同化率增加,经方差检验,体重对干物质同化率的影响达到极显著水平( $F = 28.296 > F_{2,44,0.01} = 5.249; P < 0.01$ )。经多重检验,小规格中国对虾对干物质的同化率显著小于其它两种规格( $P < 0.01$ ),而大、中两种规格之间的差异达不到显著水平( $P > 0.05$ )。不同体重下中国对虾对干物质的总转换效率无明显差异( $P > 0.05$ )。净转换效率随体重的增加而下降,对体重的影响达显著水平( $F = 4.332 > F_{2,44,0.05} = 3.259; P < 0.05$ )。

表 2 中国对虾摄食沙蚕干物质的同化率和转换效率

Tab. 2 Dry matter assimilation rate and conversion efficiency of *P. chinensis*

体重(g)	温度(℃)	A(%)	K <sub>1</sub> (%)	K <sub>2</sub> (%)
0.281±0.049	20	82.72±2.87	31.33±5.26	37.87±6.91
3.502±0.352	20	90.97±0.63	26.86±1.18	29.52±1.46
11.118±0.901	20	91.72±2.24	25.81±4.14	28.14±4.22
0.255±0.048	25	85.70±1.82	27.40±5.19	31.97±6.45
3.522±0.279	25	91.42±1.35	26.13±2.82	28.58±2.81
10.936±0.920	25	92.44±2.65	25.22±2.78	27.28±2.78
0.276±0.025	30	88.64±1.84	17.07±0.60	19.09±0.90
3.502±0.271	30	93.32±0.28	16.27±3.86	17.33±4.07
11.132±1.260	30	92.74±3.17	16.12±3.00	18.03±3.36

### 2.3 中国对虾对能量的同化率和转换效率

中国对虾对能量的同化率和转化效率见表 3。由此表可以看出,随温度升高能量同化率增大,经方差检验,温度对能量同化率有极显著影响( $F=18.572 > F_{2,44,0.01}=5.248; P < 0.01$ )。中国对虾对能量的总转换效率和净转换效率随温度的升高而下降,经方差检验,温度对  $K_1$  和  $K_2$  的影响都达到极显著水平( $F_{K_1}=38.460 > F_{2,44,0.01}=5.248, P < 0.01; F_{K_2}=47.103 > F_{2,44,0.01}=5.248, P < 0.01$ )。

随体重的增加中国对虾对能量的同化率也增大,经方差检验,体重对能量同化率的影响达到极显著水平( $F=7.786 > F_{2,44,0.01}=5.248, P < 0.01$ )。经方差检验,在同一温度下,不同体重组之间的能量转换效率没有明显的差异, ( $F_{K_1}=0.204 < F_{2,44,0.05}=3.259, P > 0.05; F_{K_2}=0.113 < F_{2,44,0.01}=5.248, P > 0.05$ )。在 20℃~30℃之间能量转换效率与温度的关系可用下式表示:  $K=0.321T^{1.159}$  ( $r^2=0.787, n=45, F=158.59, P < 0.01$ )

表 3 中国对虾摄食沙蚕能量同化率和转换效率

Tab. 3 Energy assimilation rate and efficiency of *P. chinensis*

体重(g)	温度(℃)	A(%)	K <sub>1</sub> (%)	K <sub>2</sub> (%)
0.281±0.049	20	95.60±1.02	29.64±6.61	31.04±7.04
3.502±0.352	20	96.52±0.25	28.01±1.47	29.01±1.56
11.118±0.901	20	95.84±1.87	29.39±5.45	30.67±5.67
0.255±0.048	25	96.36±0.58	25.05±5.51	26.01±5.81
3.522±0.279	25	97.07±0.85	25.23±3.50	26.15±3.21
10.936±0.920	25	98.42±0.64	25.67±2.27	26.07±2.26
0.276±0.025	30	97.18±0.53	15.70±0.86	16.16±0.92
3.502±0.271	30	97.60±0.62	15.49±3.53	15.87±3.62
11.132±1.260	30	98.30±0.60	15.38±2.94	15.64±2.96

## 3 讨论

### 3.1 中国对虾同化效率的影响因子

在不同温度下,中国对虾摄食沙蚕的能量同化效率,平均为 96.98%。虽然温度对同化率有极显著的影响,但就整体而言,中国对虾对能量具有较高的同化效率,这一结果显示了虾蟹类对能量的高吸收率特征。十足目甲壳动物的能量同化率一般大于 80%,但饲料的种类对本沼虾 (*Macrobrachium nipponensis*) 摄食螺蛳和摇蚊幼虫的能量同化率为 80.7% 和 93.8%,二者的差异比较大,与本文结果相比较略低一些,这可能与虾

和食物的种类有关。关于虾类摄食植物性饲料的同化率目前还没有报道,但许多养殖虾类以人工配合饲料为主要能量来源。Villarrea[1991]报道澳大利亚螯虾(*Cherax tenuimanus*)摄食配合饲料的同化率为93%。配合饲料中的蛋白质含量要大于天然植物性饲料,在一定范围内虾类的同化率与蛋白质的含量密切相关。许多虾类是以动物食性为主的杂食性动物,配合饲料中的蛋白质含量一般都能满足生长的需求。鱼类能量学研究表明,在一般模式下,肉食性鱼类的能量同化率大于植食性鱼类20%[崔奕波1989]。同一种虾分别摄食动物和植物性饲料时对能量的同化率是否存在显著的差别还需要进一步的研究。

体重对中国对虾同化效率的影响与日本沼虾的研究结果比较一致[施正峰等1994],较大个体同化效率较高。

### 3.2 温度和体重对中国对虾能量生长效率的影响

生长效率是摄取的食物能分配给生长的能量比例,其中包括总转换效率和净转换效率。其值越大,表示同化为生长的能量越多。本研究表明,在20℃~30℃范围内中国对虾的能量生长效率在20℃时最大平均为29.01%,而在30℃时下降到15.52%,生长效率随温度的升高显著下降。温度对甲壳动物生长效率具有显著的影响,这一结果在日本沼虾[董双林等1994b]和本研究得到证实。许多研究表明,虾类的呼吸代谢耗能随温度的升高急剧增大[董双林等1994b, Dall 1986, Chen 和 Lai 1993],而在甲壳动物和一些鱼类中呼吸代谢耗能在同化能中占有最大比例,其他部分的能量支出都占很小的比例[崔奕波1989, 施正峰等1994, 董双林等1994a],因此温度对中国对虾能量转换效率的影响主要是由于呼吸代谢耗能的急剧增大,用于生长能的比例减少所造成的。从本实验结果可以看出,温度是影响中国对虾能量转化效率的重要因素,但是在鱼类的研究中表明,在一定的温度范围内草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、真鲷(*Phoxinus phoxinus*)和南方鲶(*Silurus meridionalis*)生长能所占的比例不受温度的影响[崔奕波1989, 崔奕波等1995, Xie 和 Sun 1992],这说明不同类别水生动物之间的能量学机制具有很大差异。

在本实验的规格范围内,每一温度下,中国对虾的能量生长效率不受体重的影响(表3)。中国对虾的生活史中存在数个幼体发育阶段,这一阶段的能量代谢类型与成体完全不同[周洪琪和顾功超1992],而放养到池塘中的虾苗已转为底栖生活,具有成体的生长特征。这说明在池塘养殖过程中,中国对虾的生长类型基本不随生长发生变化。

### 3.3 池塘养殖生态系中国对虾的物质和能量利用效率

养殖中国对虾的能量来源由两部分组成:一是人工输入的饲料,二是池塘生态系自身提供的饲料。沙蚕作为池塘中的天然饲料已经被广泛用于养虾生产中。周一兵和谢诈浑[1995]认为养虾池塘内中国对虾对沙蚕的平均生长效率为13.2%,沙蚕可以提供20%的对虾产量。在本研究中,中国对虾对沙蚕的干物质转换效率平均为23.57%,能量的平均转换效率是22.98%,明显大于池塘中的生长效率。养虾池塘中的饲料来源以人工投喂为主,并且存在其他的饲料来源,如果养虾池塘中的沙蚕能够满足对虾的摄食需求,可以减少人工投喂量,提高沙蚕的利用效率,达到降低生产成本的目的。

## 参 考 文 献

- 王清印. 1994. 对虾养殖与近岸水环境保护. 国外水产, 33(77): 1~4
- 周洪琪, 顾功超. 1992. 中国对虾幼体的能量代谢. 水产学报, 16(2): 167~190
- 周一兵, 谢诈浑. 1995. 虾池中日本刺沙蚕的次级生产力研究. 水产学报, 19(2): 140~150
- 施正峰, 梅志平, 罗其志等. 1994. 日本沼虾能量收支和利用效率的初步研究. 水产学报, 18(3): 191~197
- 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): 369~381
- 崔奕波, 陈少莲, 王少梅. 1995. 温度对草鱼能量收支的影响. 海洋与湖沼, 26(2): 169~173
- 董双林, 堵南山, 赖伟. 1994a. 日本沼虾生理生态学研究II. 温度和体重对能量收支的影响. 海洋与湖沼, 25(3): 238~

- 董双林, 堵南山, 赖 伟. 1994b. 日本沼虾生理生态学研究 I . 温度和体重对其代谢的影响. 海洋与湖沼, 25(3): 233~ 237
- Chen J C, Lai S H. 1993. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammoniac N excretion of juvenile *Penaeus japonicus* Bate. J Exp Mar Biol Ecol, 165: 161~ 170
- Dall W. 1986. Oxygen consumption and ammoniac N excretion in feed and starved tiger prawn, *Penaeus esculentus* Haswell. Aquaculture, 55: 23~ 33
- Villarrea H. 1991. A partial energy budget for the Australian crayfish *Cherax tenuimanus*. J The World Aqua Socie, 22(4): 252 ~ 259
- Xie X J, Sun R. 1992. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growth rate as a function of ration level, body weight and temperature. J Fish Biol, 40: 719~ 730