

# 中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率研究\*

王诗红 张志南

(青岛海洋大学海洋生命学院 青岛 266003)

**摘要** 于1996年6月在山东省莱阳市养殖场采集中国对虾(体长4.5—6.0cm, 体重1.2—3.7g)和日本刺沙蚕(体长1.0—5.0cm), 通过持续20d的室内实验, 研究中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率。实验条件为: 水温21—23℃, 海水盐度30—31, pH=8.2—8.6, 室内自然光照。实验结果表明, 中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率  $C(g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1})$  与体重  $W(g)$  的关系为  $C = 0.153W^{0.7072}$ 。在实验条件下, 中国对虾生长状况良好, 平均日生长率为4.32%。中国对虾摄食日本刺沙蚕的物质转换效率为  $12.721\% \pm 2.792\%$ , 能量转换效率为  $9.362\% \pm 2.472\%$ 。中国对虾摄食率与投饵量之间呈明显的对数关系。

**关键词** 日本刺沙蚕 中国对虾 摄食 生态效率

**学科分类号** Q178.1

日本刺沙蚕是中国和日本的特有地方种, 以沉积食性为主。日本刺沙蚕作为优质的饵料生物不仅在沿海渔业生物资源(邓景耀等, 1990), 而且在养虾池碎屑食物链中占据中心的环节(张志南等, 1993), 在虾池生态系统中的物质传递和能量流动中起着重要作用(周一兵等, 1994, 1995)。关于日本刺沙蚕的纳潮、大规模移植、生物量、生产力和能量代谢的研究已有报道(张志南等, 1993, 1994; 周一兵等, 1994, 1995; 刘长发, 1995)。关于中国对虾对日本刺沙蚕的捕食及生态效率已有提及(张志南等, 1993; 孙修涛等, 1995; 周一兵等, 1995), 但未见专题报道。本文报告中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率、生态效率的研究结果, 以期为养虾池生态系优化结构和数学模型的建立提供基本参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

中国对虾(*Penaeus chinensis*)幼虾(体长4.5—6.0cm, 体重1.2—3.7g)于1996年6月取自山东省莱阳市养殖场, 在室内大玻璃钢槽中驯养。3d后选取8尾活泼健康的个体, 以每个个体为单位分为8个实验组进行实验, 实验组编号分别为1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8。日本刺沙蚕(*Neanthes japonica*)幼体(体长1.0—5.0cm)于1996年6月采自山东省莱阳市养殖场附近潮间带, 于室内在海水中暂养8—30h, 以避免由于沙蚕肠容物排出引起

\* 国家攀登计划B资助项目, PDB6-7-3号; 国家自然科学基金资助项目, 39436050号, 49376277号。王诗红, 男, 出生于1968年11月, 博士, 讲师, Fax: 0086-0532-2879091

收稿日期: 1996-12-23, 收修改稿日期: 1998-05-19

误差。

## 1.2 实验过程

摄食实验在室内进行,自然光照,每日 24h 不间断充气,温度在 21—23℃。使用沉淀海水(盐度为 30—31, pH = 8.2—8.6),日换水量为 1/4—1/3。实验分 8 组,在 8 个 30 × 30 × 30cm 的玻璃培养缸中同时进行。实验开始时将单条中国对虾置于玻璃缸中培养,饥饿 24h 后开始投喂日本刺沙蚕幼体,每日定量投喂 0.4—4.8g,24h 后收集剩余日本刺沙蚕称重。每 2d 称中国对虾湿重 1 次,并收集其蜕皮,用蒸馏水冲洗后于 60℃ 烘干保存。实验持续 20d。测定中国对虾和日本刺沙蚕的干湿重比。分别将烘干的中国对虾、日本刺沙蚕研磨成粉,压片成形后,在氧弹仪中进行能值测定。

## 1.3 结果处理及计算

根据摄食实验过程中中国对虾湿重的变化,经回归分析可建立其个体在 20d 内生长状况的直线方程。按日投喂量及中国对虾体重的不同,经回归分析得出中国对虾在不同投喂量下的摄食率与其体重的变化关系。从日本刺沙蚕到中国对虾的生态效率根据 Crisp(1984)的定义,以物质转换效率( $k_w$ )和能量转换效率( $k_e$ )表达,公式如下:

$$k_w = \frac{\Delta W + W_c}{F_w} \times 100\% \quad k_e = \frac{\Delta E + E_c}{F_e} \times 100\%$$

式中, $k_w$ 为物质转换效率; $\Delta W$ 为中国对虾干重增加量; $W_c$ 为中国对虾蜕皮干重; $F_w$ 为中国对虾摄食的日本刺沙蚕干重。 $k_e$ 为能量转换效率; $\Delta E$ 为中国对虾能值增加量; $E_c$ 为中国对虾蜕皮的能量值; $F_e$ 为中国对虾摄食的日本刺沙蚕能量值。

## 2 结果

### 2.1 中国对虾与日本刺沙蚕干湿重比及能量值

实验所得中国对虾的干湿重比为 1:4.74,能量值为 16.61kJ/g;日本刺沙蚕的干湿重比为 1:5.99,能量值为 18.14kJ/g。中国对虾蜕皮的能量值较低,为 7.28kJ/g(表 1)。本研究以此测定值进行生态效率的计算。

### 2.2 中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率

在饵料充足的条件下,中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率随投喂量的增加而有所提

表 1 中国对虾与日本刺沙蚕的干湿重比及能量测定值( $n$ 为样本数)

种类	湿重/干重	能值(kJ/g)
中国对虾	4.74±0.26 ( $n=11$ )	16.61±2.87 ( $n=2$ )
中国对虾蜕皮		7.28±1.28 ( $n=2$ )
日本刺沙蚕	5.99±0.27 ( $n=10$ )	18.14±2.34 ( $n=2$ )

表 2 中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率( $C$ )与日投喂量( $F_s$ )之间的关系

Tab.2 Relationship between consumption rate ( $C$ ) of *P. chinensis* on *N. japonica* and amount of daily supply of food ( $F_s$ )

实验组	回归方程	相关系数	实验组	回归方程	相关系数
1	$C=0.3269 \ln(F_s)+0.5244$	$R^2=0.3871$	5	$C=0.3234 \ln(F_s)+0.6948$	$R^2=0.5190$
2	$C=0.2877 \ln(F_s)+0.6231$	$R^2=0.2152$	6	$C=0.3088 \ln(F_s)+0.5585$	$R^2=0.5534$
3	$C=0.2658 \ln(F_s)+0.5104$	$R^2=0.2243$	7	$C=0.4041 \ln(F_s)+0.7420$	$R^2=0.7101$
4	$C=0.2747 \ln(F_s)+0.6451$	$R^2=0.3741$	8	$C=0.2523 \ln(F_s)+0.6548$	$R^2=0.2440$

高。中国对虾的摄食率与日投饵量之间的关系见表 2, 表中所有回归曲线的置信度为 0.05。

### 2.3 中国对虾摄食日本刺沙蚕的生态效率

中国对虾摄食日本刺沙蚕的生态效率, 以物质转换效率表示为  $12.721\% \pm 2.792\%$ , 以能量转换效率表示为  $9.362\% \pm 2.472\%$  (表 3)。

表3 中国对虾摄食日本刺沙蚕的生态效率

Tab.3 Ecological efficiency of *P. chinensis* feeding on *N. japonica*

实验组	$W_i$ (g) <sup>2)</sup>	$\Delta W$ (g)	$W_e$ (g)	$W_c$ (g) <sup>3)</sup>	$k_w$ (%)	$k_e$ (%)
1	0.214	0.233	0.116	2.232	15.632	11.643
2	0.480	0.090	0.117	2.643	7.844	4.894
3	0.469	0.096	0.099	2.197	8.885	5.809
4	0.349	0.260	0.096	2.275	15.660	12.157
5	0.244	0.229	0.060	2.701	10.688	8.654
6	0.340	0.251	0.091	2.100	16.307	12.682
7 <sup>1)</sup>	0.385	0.102	0.083	1.561	11.859	8.116
8	0.529	0.252	0.136	2.608	14.891	10.940
平均	—	—	—	—	12.721 (+2.792)	9.362 (+2.472)

1) 本组数据因实验中期中国对虾跳出玻璃缸死亡, 其实际生长结果按 11 天计算; 2) 中国对虾初重; 3) 中国对虾摄食日本刺沙蚕总量

## 3 讨论与结语

### 3.1 中国对虾对日本刺沙蚕的摄食率与中国对虾体重的关系

实验结果表明, 在过量投喂的条件下, 增加投饵量可使中国对虾的摄食率略有提高。本实验所涉及的中国对虾体重范围较小, 中国对虾摄食量随其湿体重的增加稍有提高, 但变化不很明显, 近似用直线进行回归分析的结果 (表 4), 3 条直线的相关系数数值都很低。将摄食率换算成以  $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$  为单位, 它与中国对虾干体重的关系为负相关, 回归分析的最佳拟合曲线如表 4, 此时的相关系数有所提高 ( $R^2$  为 0.208 1—0.282 6), 置信度达到 0.05。在饵料充足时, 如果不考虑投喂量的差异, 中国对虾的平均摄食率  $C(g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1})$  与其干体重  $W_d(g)$  的关系为  $C = 0.153 W_d^{0.7072}$ 。

表 4 中国对虾摄食率 ( $C$ ) 与其湿体重 ( $W_w$ )、干体重 ( $W_d$ ) 的关系

Tab.4 Relationship between the consumption rate of *P. chinensis* and wet body weight ( $W_w$ ) and dry body weight ( $W_d$ )

日本刺沙蚕的日投喂量 (g)		回归方程	相关系数
$W_w$	2.01—3.0	$C = 0.0639 W_w + 0.7701$	$R^2 = 0.0118$
	1.41—2.0	$C = 0.0596 W_w + 0.6225$	$R^2 = 0.0143$
	1.0—1.4	$C = 0.0890 W_w + 0.4880$	$R^2 = 0.0855$
$W_d$	2.01—3.0	$C = 0.1645 W_d^{-0.8268}$	$R^2 = 0.2826$
	1.41—2.0	$C = 0.1398 W_d^{-0.7886}$	$R^2 = 0.2081$
	1.0—1.4	$C = 0.1577 W_d^{-0.5453}$	$R^2 = 0.2157$

### 3.2 中国对虾摄食日本刺沙蚕与摄食其它饵料的对比

中国对虾在摄食日本刺沙蚕的条件下生长状况良好。蜕皮期间为5—12d(平均8.9d), 平均每日摄食日本刺沙蚕量为0.7g(湿重), 日生长率平均为4.32%, 饵料系数为9.93, 这与张乃禹等(1983)研究中国对虾摄食缢蛭(*Sinonovacula constricta*) 鲜肉所得的结果的饵料系数比较类似, 比周一兵等(1995)的结果略高(表5)。这可能是由中国对虾体重的差异引起的。另外, 张乃禹等(1983)和周一兵等(1995)没有说明是否将中国对虾蜕皮所产生的损失计算在内。本研究测定的中国对虾蜕皮量占其干重总增加量的34.5%, 如果忽略了中国对虾蜕皮的重量损失, 会使生态效率的计算结果偏低相应的比率, 给实验结果带来很大的误差。

表5 中国对虾日生长率和饵料系数的结果对比

Tab.5 Comparison of the results for daily growth rate and food coefficient ( $C_r$ ) for *P. chinensis*

温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	盐度	饵料种类	平均体重 (g)	日摄饵重 (g/d)	日生长率 (%)	$C_r^{2)}$	作者
16—18	23—29	缢蛭鲜肉	1.09	0.43	6.66	7.34 <sup>3)</sup>	张乃禹等(1983)
			1.94	0.63	3.76	9.80 <sup>3)</sup>	
			3.06	0.74	4.93	5.76 <sup>3)</sup>	
19	30—31	日本刺沙蚕	0.52 <sup>1)</sup>	—	—	5.5	周一兵等(1995)
21—23	30—31	日本刺沙蚕	2.23	0.73	4.32	9.93	本文

1) 根据陈宗尧等(1987)换算所得。2) 饵料系数, 单位时间内摄饵量与摄食者体重增加量的比值。3) 由文献数据换算所得

### 3.3 生态效率的比较

生态效率(Crisp, 1984)的含义是指较高营养级生物重量或能量的增量与所摄食的较低营养级生物的重量或能量的比值, 该值可以以物质转换效率或能量转换效率两种方式来表达。总体上说, 该值在10%—40%之间(Parsons *et al.*, 1977), 不同情况下差别很大。如食肉鱼类和食草鱼类幼体的能量转换效率分别是29%和20%(彼得等, 1992)。本文所得结果处于上述范围的低限, 从日本刺沙蚕到中国对虾的物质转换效率为12.721%, 能量转换效率9.362%, 前者比后者略高。其原因在于作为被摄食者的日本刺沙蚕的能值比摄食者中国对虾的能值高9.2%, 比中国对虾蜕皮的能值高149%。这可能是因为, 中国对虾比日本刺沙蚕体内含有更多的无机物。这一点可以从中国对虾蜕皮样品在氧弹仪中燃烧之后剩余较多的残渣而证明。这同时也说明, 中国对虾蜕皮所损失的是无机质含量较高而有机质含量低的部分, 中国对虾因蜕皮所损失的能量相对较少。

## 参 考 文 献

- 邓景耀 叶昌臣 刘永昌, 1990. 黄渤海的对虾及其资源管理. 北京: 海洋出版社. 1—35  
 刘长发, 1995. 日本刺沙蚕幼体的呼吸耗氧率及其在虾池中的耗氧初探. 大连水产学院学报, 10(1): 56—61  
 孙修涛 李健 麻次松等, 1995. 中国对虾虾池几种动物的摄食能力和选择性研究. 海洋科学, 3: 1—4  
 张乃禹 林如杰 曹登宫等, 1983. 中国对虾摄饵量、生长率的初步观察. 海洋与湖沼, 14(5): 482—486  
 张志南 于子山 段榕琦等, 1994. 虾池纳潮期日本刺沙蚕幼虫数量及其沉降的研究. 海洋与湖沼, 25(3):

248—258

张志南 孙文林 于子山等, 1993. 日本刺沙蚕大规模移植的生态学研究. 海洋与湖沼, 24(5): 520—526

陈宗尧 王克行, 1987. 实用对虾养殖技术. 北京: 农业出版社. 1—85

周一兵, 1994. 青堆子虾池中日本刺沙蚕的生物量和数量变动. 大连水产学院学报, 9(1, 2): 12—20

周一兵 谢祚泽, 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

彼得·泰特勒 & 彼得·凯洛主编, 王安利等译, 1992. 鱼类能量学新观点. 天津: 天津科技翻译出版公司.

216—293

Crisp D J, 1984. Energy Flow Measurements. In: Holme N A, McIntyre A D ed. Methods for the Study of Marine Benthos. London: Blackwell Scientific Publications. 284—372

Parsons T R, Takahashi M, Hargrave B, 1977. Biological Oceanographic Processes. Oxford: Pergamon Press. 13—143

## STUDY OF THE CONSUMPTION RATE OF *PENAEUS CHINENSIS* ON *NEANTHES JAPONICA*

WANG Shi-hong, ZHANG Zhi-nan

(College of Marine Life Science, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003)

**Abstract** This study deals with the feeding of *Penaeus chinensis* on the juvenile of *Neanthes japonica*, which is considered to be a prey of high trophic value. *P. chinensis* (body length from 4.5cm to 6.0cm, body weight from 1.2g to 3.7g) were sampled in a mari-culture farm of Laiyang, Shandong in June 1996 and cultured individually in experimental aquaria (30 × 30 × 30cm in size), which were filled with precipitated seawater with a salinity of 30—31 and a pH value of 8.2—8.6. The juveniles of *N. japonica* (body length from 1.0cm to 5.0cm) were sampled from an intertidal mudflat of Laiyang, Shandong in June 1996, and were kept in seawater for 8—30h before they were supplied to *P. chinensis* as prey, in case that the gut content of worms discharged would cause errors to the result of this study. The amount of daily supply of the worms differed immensely in weight (from 0.4g/d to 4.8g/d) in order to test if the feeding behavior of *P. chinensis* is food limited. Residual worms were collected and weighed every day; shrimps were weighed every two days, the ecdysis of which were collected, dried and preserved. The experiment was carried out at 21—23°C under natural light indoors, lasting for 20 days. The dry-wet ratio and calory content of both *P. chinensis* and *N. japonica* were determined subsequently. The following formulae are used to calculate the ecological efficiency:

$$k_w = \frac{\Delta W + W_e}{F_w} \times 100\% \quad k_e = \frac{\Delta E + E_e}{F_e} \times 100\%$$

where  $k_w$  is ecological efficiency in terms of weight;  $\Delta W$  is dry weight increment of *P. chinensis*;  $W_e$  is dry weight of ecdysis;  $F_w$  is dry weight of *N. japonica* consumed;  $k_e$  is ecological efficiency expressed in energy;  $\Delta E$  is calory increment of *P. chinensis*;  $E_e$  is calory of ecdysis of shrimps; and  $F_e$  is calory of *N. japonica* consumed.

The result shows that the consumption rate ( $C$ ) of *P. chinensis* on *N. japonica* is related directly to body weight ( $W$ ):  $C = 0.153 W^{-0.7072}$ . The consumption rate was affected by prey density and shrimp size. The shrimps grew quite well under the experimental conditions, at a daily growth rate of 4.32%. The dry-wet ratio of *P. chinensis* is 1:4.74 and that of *N. japonica* is 1:5.99. The ecological efficiency from *N. japonica* to *P. chinensis* is  $12.721\% \pm 2.792\%$  in dry weight, or  $9.362\% \pm 2.472\%$  in energy. Thus, a power law relation is significant between the consumption rate and the amount of food supplied.

**Key words** *Neanthes japonica* *Penaeus chinensis* Feeding Ecological efficiency

**Subject classification number** Q178.1

## 《海洋与湖沼》学报被引频次再前进 5 名

据中国科学引文数据库公布,在中国科技期刊被引频次的前 500 名排行表中,《海洋与湖沼》的名次依次为:1994 年,45 名;1995 年,40 名;1996 年,35 名。这三年以每年前进 5 名的顺序递增。1996 年按学科分类,在地球科学领域的期刊中,以被引频次统计,本刊排序为第 2 名;以影响因子统计,本刊排序为第 10 名。

又 1997 年本刊分别获中国科协优秀科技期刊二等奖,中宣部、国家科委、新闻出版署优秀科技期刊三等奖。

以上成绩的取得是与各级领导、专家及广大作者、审者和读者等的鼎力支持和帮助是分不开的。为此,本编辑部向所有对本刊给予支持和作出贡献的领导、专家和科技工作者,致以最忠心的谢忱和敬意。希望今后让我们继续通力合作,不断拓新办刊新局面,争取《海洋与湖沼》尽早加入世界先进期刊的行列,为繁荣学术、人才培养和现代化建设作出更大贡献!

本刊编辑部