

文章编号: 1000 - 0615(2002)01 - 0061 - 06

## 池养大海马的摄食、生长和生态转换效率

吕军仪<sup>1</sup>, 李秉记<sup>2</sup>, 孙燕燕<sup>1</sup>, 杨大伟<sup>1</sup>, 黄 琨<sup>2</sup>

(1. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275; 2. 广东亿达洲海马养殖基地, 广东 陆丰 516500)

**摘要:**对大海马(平均体长 92.82 ± 2.052 6 mm, 平均体重 6.69 ± 0.457 0g)在养殖条件下(放养密度为 200 ind · m<sup>-3</sup>, 溶解氧保持在 5.5 mg L<sup>-1</sup> 以上, 生物耗氧量低于 3 mg L<sup>-1</sup>, pH 值 7.5 ~ 8.2, 透明度 50 ~ 85 cm, 盐度 15.2 ~ 26.5)的摄食、生长和食物生态转换效率进行了定量研究。通过系统取样, 测量海马的全长、体重和消化道内食物重量, 计算其增长速度、摄食率、消化道排空率、生态转换效率等数值, 发现大海马的摄食每天有两次摄食高峰, 即 12:00 和 18:00, 晚上不摄食或很少摄食。大海马的日摄食量为 16.634 2 ± 0.782 0 g · (100g)<sup>-1</sup>, 日摄食率为 1 177.25 cal ind<sup>-1</sup>, 排空率 0.144 4 g · (100g)<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, 食物转换效率 20.04%, 能量转换效率 31.42%。体长日平均增长速度和日均增长率分别为 1.1766 mm 和 1.27%; 体重日平均增重速度和日均增重率分别为 0.182 0 g 和 2.27%。通过多元回归分析建立摄食率与体重及温度的相关关系, 得出下列关系式:  $C = 6.754 4 + 0.301 4 T + 0.219 0 W$  ( $F = 83.596 3$ ,  $F_{0.01} = 18.00$ ,  $F > F_{0.01}$ )。

**关键词:**大海马; 摄食; 生长; 生态转化效率

**中图分类号:** S968 **文献标识码:** A

## The ingestion, growth and ecological conversion efficiency of *Hippocampus kuda* under the intensive rearing conditions

LU Jun-yi<sup>1</sup>, LI Bing-ji<sup>2</sup>, SUN Yan-yan<sup>1</sup>, YANG Da-wei<sup>1</sup>, HUANG Kun<sup>1</sup>

(1. School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;

2. The Base for Seahorse Culture of Richvast, Lufeng 516500, China)

**Abstract:** *Hippocampus kuda* Bleeker is an official oceanic fish in Chinese traditional medicine. Because of the great contradiction between supply and need, the nature resources of *Hippocampus kuda* Bleeker have declined sharply. The food consumption, growth and ecological conversion efficiency of *H. kuda* were studied in the Commercial Rearing Base Guangdong Richvast, the South China Sea, Guangdong Province. The Elliott-Persson model and Eggers model were used to determine its feeding periodicity, to quantify its food consumption quantity, consumption rate, evacuation rate and food as well as energy conversion efficiency. The results indicated that seahorse (the range of body length 88.5 - 141.3 mm, body weight 5.75 - 13.27 g wet) fed in daytime with two peaks in 12:00 and 18:00 and were not fed in nighttime (the density is 200 ind · m<sup>-3</sup>, DO is beyond 5.5 mg L<sup>-1</sup>, BOD is below 3 mg L<sup>-1</sup>, pH is 7.5 - 8.2, transparency is 50 - 85 cm, salinity is 15.2 - 26.5). The

收稿日期: 2000-12-29

基金项目: 广东省重点科技计划项目资助(99M03201G)

作者简介: 吕军仪(1943-), 男, 广东海丰人, 硕士, 教授, 博士生导师, 主要从事水产养殖生态学及病害防治研究。Tel: 020 - 84113428, E-mail: ls61@zsu.edu.cn

mean daily food consumption of *H. kuda* was  $16.6342 \pm 0.7820 \text{ g} \cdot (100\text{g})^{-1}$  per day. The food consumption rate was  $1177.25 \text{ cal} \cdot \text{ind}^{-1}$  per day and evacuation rate was  $0.1444 \text{ g} \cdot (100\text{g})^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Its food and energy conversion efficiency was 20.04% and 31.42% respectively. The mean growth speed of its body length and daily growth rate was 1.1766 mm per day and 1.27% respectively. The mean body weight growth speed of *H. kuda* and daily body weight growth rate were 0.1820 g per day and 2.27% respectively. The food consumption of seahorse correlated with environmental water temperature significantly ( $P < 0.01$ ). It can be expressed by the formula:  $FC = 0.4584 + 0.6268T$  ( $P < 0.01$ ). The relationship between the food consumption rate and its body weight as well as water temperature can be expressed better by the formula  $C = 6.7544 + 0.3014T + 0.2190W$  ( $F = 83.5963$   $F_{0.01} = 18.00$   $F > F_{0.01}$ ).

**Key words:** *Hippocampus kuda*; food consumption; growth; ecological conversion efficiency

大海马 (*Hippocampus kuda* Bleeker) 是热带、亚热带海域中近岸生活的鱼类。海马是祖国中医药中传统的药用动物,素有“南方人参”美誉,在国内外具有广泛的市场,但由于供需矛盾很大,造成天然海域中的海马自然资源急剧下降,使一些过去曾经盛产海马的海域,出现了无海马可捕的现状,因此海马被国家列为重点发展的“南药”品种。有关海马的摄食、生长和食物转换效率的研究,多数集中于天然海域<sup>[1-3]</sup>,在人工养殖条件下海马的摄食及生态转换效率的定量研究还未见报道。本文是在工厂化养殖场,研究海马在人工投饵情况下的摄食规律,对大海马的摄食、生长和食物的生态转换效率进行定量,从而为规模化养殖海马提供应用性的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试大海马来自广东亿达洲集团海马养殖基地 1998 年的春苗。试验海马的体长范围 88.5 ~ 96.5 mm ( $92.82 \pm 2.0526$  mm)、体重范围 5.75 ~ 7.50 g ( $6.69 \pm 0.4570$  g) 的春苗。

### 1.2 养殖环境条件

同一批大海马养殖于 5.0 m × 6.0 m × 1.8 m 的水泥池中,放养密度为 200 尾  $\cdot \text{m}^{-3}$ ,设进水口和排水口,池底铺设充气管道,根据水质情况,3 ~ 5 d 换水一次,其间每天适当补充经二次过滤、净化后的新鲜海水,使水中的溶解氧保持在  $5.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  以上,生物耗氧量低于  $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,pH 值 7.5 ~ 8.2,透明度 50 ~ 85 cm,盐度 15.20 ~ 26.50。

### 1.3 投喂方式

每日从 6:00 到 18:00,每隔 2 h 投新鲜糠虾 (*Mysis* spp.),投喂量以 2 h 内能吃完或略有剩余,从而保证海马能获得较充分的饵料,每天投饵之前用虹吸法清除残饵和粪便。

### 1.4 取样时间及样品处理

养殖从 1998 年 5 月 1 日开始,到 5 月 30 日结束,每隔 5 d 进行取样 1 次,共 7 次。每天取样时间从 6:30 至 18:30,每隔 2 h 取样 1 次,共 7 次,每次取海马 10 尾。测体全长,称体重和消化道内食物重量 (g)。海马的新鲜饵料糠虾称重湿重后,放在 60 °C 恒温箱内烘干 72 h,再用 Sartorius 电子天平 (0.0001 g) 称干重,用 XRY-1 能量测定仪测定干糠虾的比能值。

### 1.5 参数处理

#### 1.5.1 大海马日均增长率

体长日均增长率 (%) = (实验结束时体长 - 实验开始时体长) / (实验开始时体长 × 养殖天数) × 100

体长日均增重率 (%) = (实验结束时体重 - 实验开始时体重) / (实验开始时体重 × 养殖天数) × 100

### 1.5.2 消化道内食物量占体重百分率

$$DCW = 100 \cdot DT_t / W_t (\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1})$$

DCW:  $t$  时刻消化道内食物量表示为占体重的百分率;

$DT_t$ :  $t$  时刻消化道内食物湿重;  $W_t$ :  $t$  时刻海马净湿重。

### 1.5.3 日平均摄食及摄食率

$$D = MF \cdot ER \cdot 24 (\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1})$$

MF 为 1d 内 7 次取样获得的消化道内含物量的平均值; ER 为排空率, ER 为 DCW 的自然对数  $\ln$  (DCW) 与时间 ( $t$  相关关系的斜率); 24 为每天 24h。

$$C = r \cdot D \cdot W \cdot Ed / 100$$

式中,  $C$  为个体日平均能量摄入量 ( $\text{cal} \cdot \text{ind}^{-1}$ );  $W$  为海马平均重量;  $Ed$  是海马饵料(糠虾)的比能值;  $r$  是饵料(糠虾)的干湿比。

### 1.5.4 生态转换率

参考文献[4]的方法。

$$ECE = \text{生物量生产} / \text{食物摄入量} \text{ 或 } ECE = \text{生物量生产} / \text{能量摄入量}$$

## 2 结果

### 2.1 大海马的增长速度及日增长率

1998 年 5 月 1 日实验开始时,同一批大海马的体长范围为 88.5 ~ 96.5mm,平均体长  $92.82 \pm 2.052$  6 mm,体重范围 5.75 ~ 7.50g,平均体重  $6.69 \pm 0.457$  0g,至 5 月 30 日实验结束时,体长范围 103.9 ~ 141.3 mm,平均体长  $128.12 \pm 8.162$  0mm,体重范围 9.90 ~ 13.27g,平均体重  $12.15 \pm 0.688$  7g,体长增长速度为 1.176 6mm,体长日均增长率 1.27%;体重日平均增重速度为 0.182 0g,体重日均增重率为 2.72%。

### 2.2 大海马消化道内日食物含量占体重的百分率

在实验过程中,每隔 5d 取样 1 次,每天又取 7 次样所得到的数据,经生物统计结果见表 1。从表 1 中可以看出,大海马日平均摄食量和消化道内日平均食物量占体重的百分率都随水温的升高而增加(图 1)。根据实验实测值,经数学模型拟合后,筛选出实测值与理论拟合值相近的经验公式。它们与水温之间的关系可分别用下式表示:日平均摄食量:  $FC = 0.4584 + 0.6268T$  ( $R = 0.9655$ ,  $R_{0.01} = 0.8740$ ,  $P > 0.01$ ); 消化道内日平均食物量占体重的百分率:  $DCW = 0.1323 + 0.1809T$  ( $R = 0.9675$ ,  $R_{0.01} = 0.8740$ ,  $P > 0.01$ )。

表 1 大海马消化道内日平均食物量占体重的百分率和日平均摄食量与水温变化的关系

Tab. 1 The relationship between water temperature and mean daily food content in digestive tract and daily food consumption of *Hippocampus kuda*

日期 date (月-日)	水温 water temp ( $^{\circ}\text{C}$ )	体长 body length (mm)	体重 body weight (g)	消化道内日平均食物占体重百分率 daily food consumption rate [ $\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ ]		日平均摄食量 mean daily food consumption [ $\text{g} \cdot (100\text{g})^{-1}$ ]	
				实测值 experimental value	理论计算值 theoretic value	实测值 experimental value	理论计算值 theoretic value
05-01	23.81	$92.82 \pm 2.052$ 6	$6.69 \pm 0.457$ 0	$4.5015 \pm 1.164$ 5	4.438 6	15.600 4	15.382 3
05-05	24.91	$95.11 \pm 1.921$ 9	$6.94 \pm 0.383$ 8	$4.6169 \pm 1.175$ 1	4.518 5	16.000 3	16.071 8
05-10	25.65	$96.86 \pm 1.848$ 4	$7.56 \pm 0.400$ 1	$4.7139 \pm 2.300$ 1	4.771 4	16.336 5	16.535 7
05-15	25.78	$99.30 \pm 3.553$ 7	$7.88 \pm 0.588$ 8	$4.7983 \pm 2.811$ 0	4.794 9	16.629 0	16.617 2
05-20	26.30	$103.31 \pm 5.259$ 0	$8.81 \pm 0.579$ 1	$4.8581 \pm 2.110$ 1	4.888 9	16.836 2	16.943 1
05-25	26.70	$111.09 \pm 7.094$ 1	$9.27 \pm 0.916$ 1	$4.9100 \pm 2.500$ 0	4.916 1	17.016 1	17.193 8
05-30	27.50	$128.12 \pm 8.176$ 2	$12.15 \pm 0.899$ 1	$5.20 \pm 3.150$ 1	5.106 0	18.021 1	17.695 4

在不同的取样日期、相同取样时刻的大海马消化道内食物量占体重的百分率随当天的取样时间而发生变化,从早晨 6:30 至中午 12:30 呈明显的升高 ( $F > F_{0.01}, P > 0.01$ ),而从 14:30 开始消化道内的食物量有一个下降过程 ( $F > F_{0.01}, P > 0.01$ ),至 18:30 消化道内的食物量又增加(表 2),即表现出摄食的第二高峰。

2.3 大海马的排空率

大海马的消化道内日平均食物量占体重的百分率的自然对数随着取样时间变化而变化(表 3)。经回归相关分析,  $\ln(DCW)$  与取样时间的关系可用下式表示:  $\ln(DCW) = -0.1444T + 4.8058$  ( $R = | -0.9799 |, R > R_{0.01}, R > (0.01)$  或  $DCW = 122.2172e^{-0.1444T}$ 。上述公式的斜率即为大海马的排空率  $0.1444g \cdot (100g)^{-1} \cdot h^{-1}$ 。

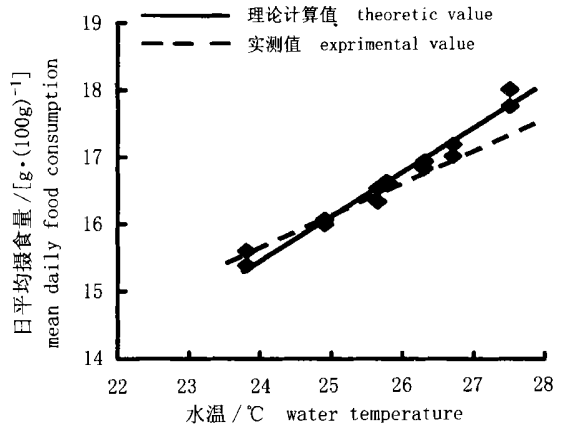


图 1 大海马日平均摄食与水温变化关系

Fig. 1 The relationship between water temperature and daily food consumption of *H. kuda*

表 2 大海马消化道内食物量占体重的百分率随取样时间变化的规律

Tab. 2 The fluctuation of digestive tract content weight along with a percent of body weight of *H. kuda* with the time of day in 7 experiment from 1 to 30, May

日期 date (月 - 日)	消化道内食物占体重的百分率 [ $g \cdot (100g)^{-1}$ ] food weight in the digestive tract with a percent of body weight						
	取样时间 sampled time (h)						
	6:30	8:30	10:30	12:30	14:30	16:30	18:30
05 - 01	3.810 5	4.191 0	4.960 9	5.273 2	5.267 9	3.832 5	4.050 6
05 - 05	4.408 7	3.945 5	4.138 9	4.378 0	4.172 6	3.853 6	4.322 3
05 - 10	3.610 2	4.224 9	4.273 4	4.263 3	4.105 3	3.996 5	4.303 8
05 - 15	3.836 3	4.113 7	4.208 6	4.310 0	3.858 2	3.941 3	4.223 9
05 - 20	3.765 3	3.898 0	4.133 3	4.216 3	3.080 8	4.112 6	4.276 7
05 - 25	3.763 7	3.938 8	4.072 4	4.185 5	4.071 6	3.936 4	4.175 8
05 - 30	3.647 2	4.038 5	4.151 3	4.231 1	3.958 1	3.794 2	4.072 6

表 3 大海马排空率随取样时间变化的测算数值

Tab. 3 The experimental results of evacuation rates of *H. kuda*

取样时间 sampled time	水温 (°C) water temp	体重(g) body weight	样品数 fish sampled	消化道内食物量(DCW) (g) food weight in intestine		$\ln(DCW)$	
				实测值 experimental value	理论计算值 theoretic value	实测值 experimental value	理论计算值 theoretic value
2.5	23.85	7.81 ±0.853 6	10	3.816 3 ±0.769 3	3.903 4	1.339 4	1.364 5
4.5	24.16	7.53 ±0.661 3	10	3.802 6 ±0.561 2	3.732 8	1.335 7	1.317 1
6.5	24.80	7.46 ±0.780 0	10	3.612 5 ±0.870 7	3.450 3	1.283 3	1.224 7
8.5	25.65	7.82 ±0.692 3	10	2.967 3 ±0.930 1	3.009 9	1.087 7	1.101 9
10.5	26.15	7.69 ±0.932 5	10	2.751 1 ±0.731 1	2.800 3	1.012 0	1.029 7
12.5	25.76	7.74 ±0.381 1	10	3.011 4 ±0.901 8	2.962 6	1.102 4	1.086 1
14.5	25.58	7.90 ±0.503 8	10	3.001 4 ±0.369 8	3.040 6	1.099 1	1.112 0

## 2.4 大海马摄食率与体重的关系

根据 7 次(每隔 5d 取 1 次)取样得到的数据(表 1)可以看出,大海马摄食量的平均值为  $16.634 2 \pm 0.782 0 \cdot (100\text{g})^{-1} \text{h}^{-1}$ 。在投喂鲜活饵料时,采用略过量的投喂方式,保证大海马能够得到充分的饵料,可以认为上述结果是大海马的最大日摄食量。经测定,新鲜糠虾的水份含量为 76.96%,比能值  $4 076.25 \text{cal} \cdot \text{g}^{-1}$ 。计算出大海马(平均体重 7.535 7g)的日平均摄食率为  $1 177.25 \text{cal} \cdot \text{ind}^{-1}$ 。通过多元回归分析建立摄食率与体重、温度的相关关系,得出下列关系式:  $C = 6.754 4 \pm 0.301 4 T + 0.219 0 W$  ( $F = 83.596 3$ ,  $F_{0.01} = 18.00$ ,  $F > F_{0.01}$ )。

## 2.5 生态转换效率

### 2.5.1 食物转换效率

实验开始时  $W_0 = 6.69\text{g}$ 。结束时  $W_t = 12.15\text{g}$ ,日均增长量为 0.182 0g。个体日均摄食量为 0.908 2g。食物转换效率为 20.04%。

### 2.5.2 能量转换效率

大海马经 30d 养殖,个体平均增重  $5.46\text{g} \cdot \text{ind}^{-1}$ ,大海马水份含量为 68.85%,比能值为  $6524.21 \text{cal} \cdot \text{g}^{-1}$ ,个体增加总能量为  $11 096.31 \text{cal} \cdot \text{ind}^{-1}$ ;个体摄入总能量为  $35 317.51 \text{cal} \cdot \text{ind}^{-1}$ ,能量转换效率为 31.42%。

## 3 讨论

### 3.1 鱼类生活习性对摄食、生长和生态转换效率的影响

大海马生活于热带、亚热带海域近岸海草较丰盛的海域。在工厂化养殖条件下,除摄食时间外,大部分时间用“尾巴”勾附在人工设立的附着物上,游泳运动缓慢,这与运动激烈的鱼类相比,不消耗大量的能量用于活动代谢,所以大海马的生态转换效率相对较高。而活动代谢对于鱼类的能量分配具有明显的影响<sup>[5]</sup>。孙耀<sup>[2]</sup>在室内小水体和郭学武等<sup>[6]</sup>在室内较大水体中分别研究了真鲷幼鱼的摄食、生长和生态转换效率,真鲷幼鱼处于快速游动时,其生态转换效率较低,斑<sup>[7]</sup>的摄食、生长和生态转换效率也有类似情况<sup>[7]</sup>。而赤鼻<sup>[8]</sup>是典型的浮游动物兼浮游植物杂食性鱼类,无明显的摄食节律性,且日摄食量大,生态转换效率同样相对较高<sup>[8]</sup>。

### 3.2 大海马的摄食规律及摄食率与体重的关系

大海马在幼体是摄食浮游动物;在体长 40~60mm 左右时,以摄食糠虾为主。在人工养殖条件下,从上午 6:00~12:00,其捕食量逐渐增大,至中午达到高峰。这与这段时间内(从早晨到中午)水温逐渐上升有关;从下午 14:00~18:00,海马的摄食量又逐渐增加,至 18:00 达到高峰。根据一天内温度变化规律,可以认为大海马的摄食量受温度影响,而上述两个时间还受光线变化影响,晚间不摄食或很少摄食,在上述两时间段内,海马摄食量的变化也可能受光线变化影响,在中午摄食量降低,可能是由于光线太强的缘故,这些都与海马在天然海域中的生活习性相吻合。鱼类摄食率与体重的关系一般呈幂函数关系<sup>[9]</sup>,大海马在工厂化养殖条件下的摄食率与体重的相关关系虽然也可以用幂函数  $C = 2.347 W^{0.218 0}$  来表示,但指数函数  $C = 2.608 5 e^{0.023 7 W}$ ,经指数函数拟合后,更能表达它们之间的关系。

### 3.3 大海马的生态转换效率

大海马在工厂化人工养殖条件下饵料充足,加上它的游泳运动缓慢,摄食后,一般喜欢停留在水中附着物上。因此,同其他鱼类相比,食物转换效率和能量转换效率处于较高水平。其食物转换效率在 10%~30%或更高<sup>[10]</sup>。根据大海马的生态转换效率,在人工养殖条件下,应根据水温变化情况和海马不同生长期,适当增减投饵量,采取多次投喂的方式,可以取得较好的经济效益。

## 参考文献:

- [1] Jin X S, Tang Q S. The structure, distribution and variation of the fishery resources in the Bohai Sea[J]. J Fish Sci China, 1998, 5(3): 18 - 24. [金显仕, 唐启升. 渤海渔业资源结构、数量分布及其变化[J]. 中国水产科学, 1998, 5(3): 16 - 24.]
- [2] Sun Y. Food consumption, growth and ecological conversion efficiency of *Pagrosomus major*: comparison between in laboratory and in situ determining method[J]. Mar Fish Res, 1999, 20(2): 32 - 37. [孙耀. 真鲷的摄食、生长和生态转换率测定——室内模拟与现场方法的比较[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(2): 32 - 37.]
- [3] Zeng W Y. Studies on the Feed rate of *Pagrosomus major* and its influencing factors[J]. Mar Sci, 1993, (2): 39 - 42. [郑微云. 真鲷幼鱼摄食及其影响因素[J]. 海洋科学, 1993, (2): 39 - 42.]
- [4] Sun R Y. Fundamentals of Ecology[M]. Beijing: People press, 1981. 73 - 74. [孙儒泳. 生态学基础[M]. 北京: 人民出版社, 1981. 73 - 74.]
- [5] Boisclair D, Sirois P. Testing assumptions of fish bioenergetics models by direct estimation of growth, consumption and activity rate[J]. Trans Ame Fish Soc, 1993, 122: 784 - 796.
- [6] Guo X W, Zhang B, Sun Y. The consumption and ecological conversion efficiency of Age-0 Red Sea Bream (*Pagrosomus major*), the lab application of an *in situ* approach[J]. Mar Fish Res, 1999, 20(2): 26 - 31. [郭学武, 张波, 孙耀, 等. 真鲷幼鱼的摄食与生态转换效率——一种现场研究方法在室内的应用[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(2): 26 - 31.]
- [7] Guo X W, Tang Q S, Sun Y, et al. Food consumption and ecological conversion efficiency of *Chupanodon Punctatus* [J]. Mar Fish Res, 1999, 20(2): 17 - 25. [郭学武, 唐启升, 孙耀, 等. 斑鰻的摄食与生态转换效率[J]. 海洋水产研究, 1999, 20(2): 17 - 25.]
- [8] Guo X W, Tang Q S. Consumption and ecological conversion of *Thrissa Kammalensis* [J]. J Fish China, 2000, 24(5): 422 - 427 [郭学武, 唐启升. 赤鼻魮的摄食与生态转换效率[J]. 水产学报, 2000, 24(5): 422 - 427.]
- [9] Madon S P, Culver D A. Bioenergetics model for larval and juvenile walleyes: an *in situ* approach with experimental ponds[J]. Trans Ame Fish Soc, 1993, 122: 797 - 813.
- [10] Stewart D J, Binkowski F P. Dynamics of consumption and food conversion by Lake Michigan alewives: an energetics-modeling synthesis [J]. Trans Ame Fish Soc, 1986, 115: 643 - 659.

## 下期论文摘要

## 草鱼种对配合饵料中钙磷的需要量及适宜钙磷比

王志忠, 孙鹤田, 刘汉华, 马俊岭, 轩子群, 任维美, 吴亚恒

(山东省淡水水产研究所饲料研究室, 山东 济南 250117)

**摘要:** 研究了草鱼种对饵料中钙磷的需要量及适宜钙磷比。试验结果以增重率和饵料转换率两项生物学指标为依据进行综合分析。结果表明, 在本试验条件下草鱼对饵料中钙的需要量为 0.473% ~ 0.788%, 磷的需要量为 1.419% ~ 1.577%, 钙磷的总需要在 2.100% ~ 2.700% 范围内, 适宜钙磷比则随着钙磷含量的高低而异而变化, 即在钙磷含量较低而总量不同时为 1.3, 钙磷含量高而总量相同时为 1.2。当钙磷比中的磷小于 2 时, 钙磷总量高则可减轻因钙磷不平衡对草鱼生长所产生的抑制作用。钙磷比不等于 1.2(或 1.3) 时, 钙磷总量过多或过少都不利于鱼的生长, 且饵料转换率呈降低趋势。

**关键词:** 草鱼; 配合饵料; 钙磷比; 增重率