

文章编号: 1004 - 7271(2007)03 - 0230 - 06

不同投饵率对黑鲟生长及体生化成分的影响

楼宝¹, 毛国民¹, 骆季安¹, 辛俭¹, 陈雪昌¹, 史海东²

(1. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100;
2. 浙江省舟山市普陀区海洋与渔业局, 浙江 舟山 316100)

摘要:选取同一种饵料设置7个投饵率水平(分别为体重的1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%),采用静水连续充气养殖系统,在盐度为26.0~27.5、温度为27.8~26.5℃的条件下对黑鲟(*Sparus macrocephalus*)成鱼和黑鲟鱼种进行为期40d的生长实验。结果表明:(1)黑鲟成鱼和鱼种的相对增重率、特定生长率、饲料转化率的变化趋势基本相同,即随着投饵率的增加,黑鲟的饲料转化率逐渐下降,相对增重率先升高后下降。但是在各指标的变化幅度上,黑鲟鱼种远大于黑鲟成鱼。(2)黑鲟成鱼和鱼种的水分含量随投饵率的增高而下降,脂肪含量随投饵率的升高而增加。(3)适宜投饵率随着黑鲟体重的增加而降低,黑鲟鱼种的适宜投饵率为其体重的3.0%,黑鲟成鱼的适宜投饵率为其体重的2.5%。

关键词:黑鲟; 投饵率; 生长; 饲料转化率
中图分类号:S 965.3 **文献标识码:**A

Effects of feeding rate on growth and body biochemical composition of *Sparus macrocephalus*

LOU Bao¹, MAO Guo-min¹, LUO Ji-an¹, XIN Jian¹, CHEN Xue-chang¹, SHI Hai-dong²

(1. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China;
2. Putuo Ocean and Fishery Bureau, Zhoushan 316100, China)

Abstract: A growth experiment was conducted under the conditions of temperature 27.8 - 26.5 °C, salinity at 26.0 - 27.5, to determine the optimum feeding rate and the effects of different feeding rates on the growth performance of *Sparus macrocephalus* were studied. Seven feeding rates from 1.0% to 4.0% (at 0.5% increments) body weight per day (BW/day) were used in this test. A identical diet was given to adult and larval *Sparus macrocephalus* for 40 d. The main result showed that (1) The variation of percent body weight increase (BWI %), specific growth rate (SGR) and food conversion efficiency (FCE) of different individuals were generally similar. FCE were decreased with the increase of feeding rate, percent body weight increased at first and decreased, the changes in larval *Sparus macrocephalus* were much greater than those of adults. (2) Moisture and fat content were significantly affected by feeding rate. The former decreased with the increase of feeding rate, while the latter increased. (3) The optimal feeding rate decreased with the increase of body weight, it was 3.0% of the body weight for larval and 2.5% of the body weight for adult *Sparus macrocephalus*.

Key words: *Sparus macrocephalus*; feeding rate; growth; feed conversion efficiency

收稿日期: 2006-04-20

基金项目: 浙江省科院所研发专项项目(2005F13035)

作者简介: 楼宝(1969-),男,浙江义乌人,高级工程师,主要从事海水增养殖和海洋生物学方面的研究。E-mail: loubao6577@sohu.com, Tel: 0580-3055554

投饵率与水产动物的种类、数量、大小、食欲、环境及饵料质量等有关。一般草食性鱼类的摄食量高于杂食性和肉食性鱼类,因此前者的投饵率高于后两者^[1]。随着养殖动物的生长,必须不断改变相应的投饵率,因为投饵率过低,会导致养殖动物生长参差不齐,投饵率过高,则造成饵料浪费,增加成本,并对养殖环境造成污染。因此,确定适宜的投饵率是非常重要的。目前,国内外有关学者已对高首鲟、虹鳟、沟篮子鱼、中华鲟、施氏鲟、鲤、鲈等鱼类的投饵率进行了相关研究^[2-7],但未见黑鲷(*Sparus macrocephalus*)适宜投饵率的研究报道。本实验旨在通过研究不同投饵率对黑鲷成鱼和鱼种的生长、体生化成分和饲料转化率的影响以确定不同规格养殖黑鲷的适宜投饵率,为黑鲷养殖生产过程中进行饵料的合理投喂提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 实验黑鲷的来源与驯化

实验于2005年8月至9月在浙江省海洋水产研究所西闪试验场进行。实验采用的黑鲷取自该场人工育苗并养殖的鱼种,选取健康的成鱼(体重规格为148.13~163.39 g)和鱼种(体重规格为24.21~29.65 g)各400尾,各暂养于室内小型水泥池中,每天投喂2次,达饱食状态。待摄食和生长正常后,各随机选取其中的315尾分别平均放入21个体积为0.8 m³的圆柱形玻璃钢水槽,采用静水连续充气,日换水量为1/3~1/2在实验条件下驯化14 d后开始实验。实验过程中使用经沉淀和沙滤后的自然海水,盐度为26.0~27.5,温度为27.8~26.5℃,光照周期为12L:12D。

饲料为宁波天邦股份有限公司出品的全价配合饲料,饲料主成分为:粗蛋白:45.0%,粗脂肪:8.0%,粗纤维:5.0%,粗灰分:18.0%,水分:12.0%,钙:1.5%,总磷:1.0%,食盐:2.0%,赖氨酸:2.4%。

1.2 实验设计

实验设C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7等7个投饵率处理组,其投饵率分别为实验鱼体重的1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%。每组15尾鱼,每一处理3个重复,最后的数据取其平均值,实验时间为40 d,实验期内每10 d测量1次各组鱼的体重,相应调整其投喂量。实验期间各处理组每天分2次投喂,即8:00和16:00各投喂当天投喂量的50%,每次投喂20 min。

黑鲷成鱼和鱼种的实验设计相同。

1.3 指标测定与数据统计分析

实验结束时分别测定各组鱼的湿体重,并从各组中分别随机取3尾,用作鱼体营养成分分析。将所取得的鱼体样品在70℃下烘干至恒重,得水分含量;采用凯氏定氮法测定样品的总氮含量,然后将测定结果乘以6.25得粗蛋白含量;采用索氏抽提法测定脂肪含量;将样品在马福炉中焚烧(550℃)测定灰分含量。

鱼体在实验过程中的相对增重率、特定生长率(SGR)和饲料转化率(FCE)分别用以下公式计算:

$$\text{相对增重率}(\%) = 100 \times (W_1 - W_0) / W_0$$

$$\text{SGR}(\%/d) = 100 \times (\text{Ln}W_1 - \text{Ln}W_0) / t$$

$$\text{FCE}(\%) = 100 \times (W_1 - W_0) / TF$$

其中: W_0 、 W_1 分别为实验开始时和实验结束后鱼的鱼体重(g), TF 为总投饵量(g), t 为实验时间(d)。

所有数据用SPSS统计软件进行统计分析。同一水槽实验数据(平均值)作为一个样本值,各实验组相应的数据经方差分析(ANOVA),若差异显著再作Duncan氏多重比较检验组间的差异。黑鲷成鱼和鱼种的指标测定与数据统计分析方法相同。

2 结果

2.1 投饵率对黑鲷成鱼生长和饲料利用的影响

如表1、2所示,经过40 d的试验,2.0%组的体重显著大于1.0%、1.5%处理组($P < 0.05$),2.0%和2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组相比无显著差异($P > 0.05$);在相对增重率上,2.0%组显著大于1.0%处理组($P < 0.05$),显著小于3.5%处理组($P < 0.05$),2.0%和1.5%、2.5%、3.0%、4.0%处理组相比无显著差异($P > 0.05$)。

表1 黑鲷成鱼和鱼种的体重变化(平均数±标准误)

Tab.1 The change of body weight in adult and larval *Sparus macrocephalus* (mean ± SE)

| 处理组 | 黑鲷成鱼 | | | 黑鲷鱼种 | | |
|------|---------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| | 起始体重(g) | 结束体重(g) | 相对增重率(%) | 起始体重(g) | 结束体重(g) | 相对增重率(%) |
| 1.0% | 148.13 ± 6.09 | 177.76 ± 6.79 ^a | 20.2 ± 3.3 ^a | 24.47 ± 1.61 | 40.20 ± 2.78 ^a | 64.26 ± 3.69 ^a |
| 1.5% | 145.64 ± 4.78 | 191.97 ± 5.57 ^{ab} | 32.1 ± 6.8 ^b | 25.81 ± 2.01 | 39.16 ± 2.29 ^a | 54.06 ± 3.99 ^a |
| 2.0% | 163.39 ± 7.87 | 219.08 ± 11.32 ^c | 34.1 ± 6.8 ^b | 25.98 ± 1.52 | 42.05 ± 1.45 ^a | 64.55 ± 6.09 ^a |
| 2.5% | 154.17 ± 5.33 | 213.04 ± 8.22 ^{bc} | 38.0 ± 3.8 ^{bc} | 24.28 ± 1.05 | 38.31 ± 2.63 ^a | 56.69 ± 4.59 ^a |
| 3.0% | 154.62 ± 4.20 | 207.18 ± 6.60 ^{bc} | 33.9 ± 3.7 ^b | 27.25 ± 2.09 | 51.78 ± 3.50 ^b | 91.24 ± 4.00 ^b |
| 3.5% | 153.67 ± 6.12 | 214.3 ± 4.94 ^{bc} | 40.6 ± 10.7 ^c | 29.65 ± 2.95 | 54.80 ± 4.28 ^b | 87.94 ± 4.80 ^b |
| 4.0% | 149.1 ± 2.94 | 206.13 ± 5.40 ^{bc} | 38.1 ± 4.3 ^{bc} | 24.21 ± 0.57 | 39.61 ± 1.50 ^a | 63.20 ± 3.21 ^a |

注:同一列数值中右上角不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

表2 黑鲷成鱼和鱼种的特定生长率和饲料利用率(平均数±标准误)

Tab.2 The specific growth rate(SGR) and feed conversion efficiency(FCE) in adult and larval *Sparus macrocephalus* (mean ± SE)

| 处理组 | 黑鲷成鱼 | | 黑鲷鱼种 | |
|------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | 特定生长率(%/d) | 饲料转化率(%) | 特定生长率(%/d) | 饲料转化率(%) |
| 1.0% | 0.46 ± 0.14 ^a | 64.27 ± 18.76 ^{bc} | 1.37 ± 0.06 ^a | 116.52 ± 10.02 ^d |
| 1.5% | 0.69 ± 0.08 ^{ab} | 66.47 ± 7.87 ^c | 1.19 ± 0.07 ^a | 69.90 ± 3.12 ^c |
| 2.0% | 0.73 ± 0.19 ^{ab} | 52.19 ± 13.02 ^{abc} | 1.36 ± 0.10 ^a | 67.23 ± 3.37 ^{bc} |
| 2.5% | 0.80 ± 0.12 ^{ab} | 46.28 ± 6.91 ^{abc} | 1.24 ± 0.08 ^a | 52.55 ± 6.27 ^{ab} |
| 3.0% | 0.73 ± 0.10 ^{ab} | 34.76 ± 5.19 ^{ab} | 1.80 ± 0.06 ^b | 66.66 ± 4.33 ^{bc} |
| 3.5% | 0.85 ± 0.08 ^b | 33.55 ± 2.57 ^a | 1.74 ± 0.07 ^b | 54.44 ± 3.55 ^{abc} |
| 4.0% | 0.81 ± 0.07 ^{ab} | 28.67 ± 2.73 ^a | 1.36 ± 0.06 ^a | 40.10 ± 2.61 ^a |

注:同一列数值中右上角不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

3.5%组的体重生长率显著大于1.0%处理组($P < 0.05$),1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、4.0%处理组之间和1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$)。

1.0%或1.5%组的饲料利用率显著大于3.0%、3.5%、4.0%处理组($P < 0.05$),1.0%、1.5%、2.0%、2.5%处理组之间和2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$)。

2.2 投饵率对黑鲷鱼种生长和饲料利用的影响

如表1、2所示,经过40 d的试验,3.0%或3.5%组的体重显著大于1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、4.0%处理组($P < 0.05$),3.0%和3.5%处理组间和1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、4.0%处理组间无显著差异($P > 0.05$);在相对增重率上,3.0%或3.5%组显著大于1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、4.0%处理组($P < 0.05$),3.0%和3.5%处理组间和1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、4.0%处理组间无显著差异($P > 0.05$)。

3.0%、3.5%、4.0%组的体重生长率显著大于1.0%、1.5%、2.0%、2.5%处理组($P < 0.05$),3.0%、3.5%、4.0%处理组之间和1.0%、1.5%、2.0%、2.5%处理组之间无显著差异($P > 0.05$)。

1.0%组的饲料利用率显著大于1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组($P < 0.05$),

1.5%、2.0%、3.0%显著大于4.0%处理组($P < 0.05$),1.5%、2.0%、3.0%、3.5%处理组之间和2.5%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$)。

2.3 投饵率对黑鲷成鱼生化组成的影响

黑鲷成鱼在实验结束时的体组成变化如表3所示。水分:1.0%组显著大于1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组($P < 0.05$),1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$);蛋白质:3.0%或3.5%显著大于2.0%处理组($P < 0.05$),1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、4.0%处理组之间和1.0%、1.5%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$);灰分:3.5%显著大于1.0%、1.5%处理组($P < 0.05$),1.5%、2.0%、2.5%、3.0%、4.0%处理组之间和2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$);脂肪:3.0%、3.5%、4.0%处理组显著大于1.0%、1.5%、2.0%、2.5%处理组($P < 0.05$),3.0%、3.5%、4.0%处理组之间和1.0%、1.5%、2.0%之间无显著差异($P > 0.05$)。

表3 不同投饵率对黑鲷成鱼的体生化组成的影响(平均数±标准误)

Tab.3 Effects of feeding rate on body biochemical composition in adult *Sparus macrocephalus* (mean ± SE)

| 处理组 | 蛋白质(%) | 水分(%) | 灰份(%) | 脂肪(%) |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1.0% | 19.8 ± 0.1 ^{ab} | 78.70 ± 0.10 ^a | 1.39 ± 0.02 ^a | 1.27 ± 0.02 ^a |
| 1.5% | 19.60 ± 0.10 ^{ab} | 76.60 ± 0.30 ^{bc} | 1.41 ± 0.02 ^{ab} | 1.29 ± 0.01 ^a |
| 2.0% | 19.30 ± 0.40 ^a | 76.80 ± 0.50 ^c | 1.45 ± 0.04 ^{abc} | 1.32 ± 0.03 ^{ab} |
| 2.5% | 19.70 ± 0.20 ^{ab} | 76.50 ± 0.10 ^{bc} | 1.44 ± 0.10 ^{abc} | 1.36 ± 0.02 ^b |
| 3.0% | 20.20 ± 0.10 ^b | 76.10 ± 0.20 ^{bc} | 1.48 ± 0.01 ^{abc} | 1.45 ± 0.03 ^c |
| 3.5% | 20.05 ± 0.15 ^b | 76.00 ± 0.20 ^{bc} | 1.54 ± 0.02 ^c | 1.47 ± 0.01 ^{cd} |
| 4.0% | 19.90 ± 0.10 ^{ab} | 75.80 ± 0.30 ^b | 1.51 ± 0.03 ^{bc} | 1.49 ± 0.01 ^c |

注:同一列数值中右上角不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

2.4 投饵率对黑鲷鱼种生化组成的影响

黑鲷鱼种在实验结束时的体组成变化如表4所示。水分:1.0%、1.5%处理组显著大于3.0%、3.5%、4.0%处理组($P < 0.05$),1.0%、1.5%、2.0%、2.5%处理组之间和2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$);蛋白质:各处理组之间均不存在显著差异($P > 0.05$);灰分:各处理组之间均不存在显著差异($P > 0.05$);脂肪:3.5%、4.0%处理组显著大于1.0%、1.5%处理组($P < 0.05$),1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%处理组之间和2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异($P > 0.05$)。

表4 不同投饵率对黑鲷鱼种的体生化组成的影响(平均值±标准误)

Tab.4 Effects of feeding rate on body biochemical composition in larval *Sparus macrocephalus* (mean ± SE)

| 处理组 | 蛋白质(%) | 水分(%) | 灰份(%) | 脂肪(%) |
|------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1.0% | 22.10 ± 0.10 ^a | 76.55 ± 0.25 ^a | 1.55 ± 0.01 ^{ab} | 1.74 ± 0.02 ^a |
| 1.5% | 22.05 ± 0.15 ^a | 76.55 ± 0.05 ^a | 1.53 ± 0.01 ^{ab} | 1.74 ± 0.01 ^a |
| 2.0% | 22.05 ± 0.05 ^a | 76.30 ± 0.10 ^{ab} | 1.52 ± 0.01 ^{ab} | 1.77 ± 0.02 ^{ab} |
| 2.5% | 22.85 ± 0.05 ^a | 76.25 ± 0.05 ^{ab} | 1.50 ± 0.01 ^a | 1.78 ± 0.01 ^{ab} |
| 3.0% | 22.15 ± 0.05 ^a | 76.00 ± 0.10 ^b | 1.54 ± 0.02 ^{ab} | 1.78 ± 0.02 ^{ab} |
| 3.5% | 21.75 ± 0.05 ^a | 76.10 ± 0.10 ^b | 1.51 ± 0.01 ^{ab} | 1.79 ± 0.01 ^b |
| 4.0% | 21.85 ± 0.05 ^a | 76.05 ± 0.05 ^b | 1.51 ± 0.03 ^{ab} | 1.80 ± 0.01 ^b |

注:同一列数值中右上角不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 投饵率对黑鲟生长及饲料转化率的影响

实验结果表明,不同投饵率对黑鲟生长及饲料转化率均产生显著影响,1.0%或1.5%处理组饲料转化率最高,但在此投饵率下,黑鲟的相对增重率和摄食率却明显低于其它各组,生长率也低于其它各组,可见,较低的投饵率虽然可使实验鱼获得较高的饲料转化率,但未必是越低越好,过低的投饵率可使鱼摄饵量相对不足,必然会造成饵料营养成分在数量上的缺乏,在这种情况下较高的饵料利用率并不能完全补偿饲料营养的不足。

随着投饵率的增加,黑鲟的饲料转化率逐渐下降,相对增重率先升高后下降,4.0%处理组的相对增重率较3.0%处理组、3.5%处理组显著下降,这点与赵吉伟等^[6]的研究结果一致,这种情况也见于Hung等^[8]和Cui等^[9]对白鲟、Fiogbe等^[10]对鲈的实验结果,原因目前尚不清楚。

在投饵率增加、饲料转化率逐渐下降的同时,黑鲟的摄食率却不断增大,原因可能与实验水温有关,本实验期间水温范围为27.8~26.5℃,处于黑鲟生长适温范围的上限^[1],有研究表明,当水温超过生长最适温度后,鱼类的摄食率虽然仍会继续增加,达到最大摄食率,但此时摄人的能量中用于鱼类生长的那部分已经开始减少,而用于维持基础代谢的能量部分却增加了,从而导致饲料转化率降低^[11]。

实验的结果还表明,虽然随着投饵率的增加,不同规格黑鲟的相对增重率、特定生长率、摄食率、饲料转化率的变化趋势均基本相同,但是变化幅度相差较大,各指标的绝对数值相比较,小黑鲟远大于大黑鲟。如特定生长率都是最大的3.5%处理组,小黑鲟特定生长率为1.74%,大黑鲟为0.85%,两者相差2倍;黑鲟鱼种饲料转化率从116.52%降到40.10%,黑鲟成鱼从66.47%降到28.67%。本实验中黑鲟成鱼和鱼种在生长率和饲料转化率方面的变化与南方鲂^[12]、玉筋鱼^[13]变化一致。

3.2 投饵率对黑鲟的鱼体生化成分含量的影响

实验结果表明,黑鲟成鱼和鱼种的水分含量随投饵率的增高而下降,在1.0%或1.5%处理组时最高;在蛋白质和灰分含量上,除黑鲟成鱼个别组有所变化外,各处理组基本上无显著变化;黑鲟成鱼和鱼种的脂肪含量基本上都随投饵率的升高而增加,3.5%、4.0%处理组时最高。这与Hung等^[8]的实验中,0.5%~1.5%的投饵率下,白鲟鱼体水分含量明显高于2.0%以上投饵率组,而蛋白质含量则没有显著变化的研究结果一致。

3.3 关于黑鲟的适宜投饵率

通常鱼体重较小时,其代谢率和相对生长率较高,投饵率要高于体重较大的鱼。250~500g的高首鲟,在18℃下的最适投饵率为1.5%~2.0%,而500~1000g的高首鲟,在22.4℃下的最适投饵率为1.3%左右^[2,8,14]。在本次实验条件下,黑鲟成鱼中3.5%处理组的相对增重率最大,2.5%明显大于1.0%,2.5%与1.5%、2.0%、3.0%、3.5%、4.0%处理组之间无显著差异;1.0%或1.5%的饲料转化率显著大于3.5%、4.0%处理组,而1.0%、1.5%、2.0%、2.5%处理组之间无显著差异。由此推断,黑鲟成鱼的适宜投饵率为2.5%;黑鲟鱼种中3.0%或3.5%处理组的相对增重率最高,1.0%的饲料转化率显著大于其它各组,但其相对增重率显著小于3.0%或3.5%处理组,3.0%的饲料转化率比1.0%低但比4.0%高,且与1.5%、2.0%、2.5%、3.5%相比无显著差异。由此推断,黑鲟鱼种的适宜投饵率为3.0%。本实验结果表明黑鲟鱼种的适宜投饵率大于黑鲟成鱼,换言之,黑鲟的适宜投饵率随着鱼体重的增加而降低。

参考文献:

- [1] 侯永清. 水产动物营养与饲料配方[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,2001.
- [2] Cui Y B, Hung S S O. A prototype feeding-growth table for whitesturgeon[J]. Journal of Applied Aquaculture, 1995, 5(4): 25 - 34.
- [3] Austreng E, Storebakken T, Asgard T. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout[J]. Aquaculture, 1987, 60: 157 - 160.
- [4] 蔡清海. 放养密度和投饲量对沟篮子鱼生长和饲料利用率的影响[J]. 水产科技情报, 1996, 23(1): 34 - 35.
- [5] 肖 慧, 文志豪, 胡亚平. 中华鲟幼鲟的适宜投喂率研究[J]. 水产科技情报, 1998, 25(6): 248 - 249.
- [6] 赵吉伟, 邱岭泉, 杨雨辉, 等. 不同投饵率对施氏鲟幼鱼生长及体成分的影响[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 375 - 377.
- [7] 朱秋华, 钱国英, 许梓荣. 投饲率对鲈鱼生长和体成分的影响[J]. 浙江农业学报, 2004, 16(6): 384 - 388.
- [8] Hung S S O, Lutes P B. Optimum feeding rate of juvenile white sturgeon (*Acepenser transmontanus*) at 20°C [J]. Aquaculture, 1987, 65: 307 - 317.
- [9] Cui Y B, Hung S S O, Zhu X. Effect of ration and body size on the energy budget of juvenile white sturgeon[J]. J Fish Biology, 1996, 49: 863 - 876.
- [10] Fiogbe E D, Kestemont P. Optimum daily ration for Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared at its optimum growing temperature[J]. Aquaculture, 2003, 216: 243 - 252.
- [11] Diana J S. Biology and ecology of fishes[M]. New York: Biological Sciences Press, 1995: 74 - 81.
- [12] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲇的最大摄食率及其与体重和温度的关系[J]. 生态学报, 1992, 12(3): 225 - 231.
- [13] 刘 勇, 孙 耀. 不同大小玉筋鱼摄食、生长和生态转换效率的比较[J]. 海洋与湖沼, 2005, (1): 73 - 78.
- [14] Hung S S O, Lutes P B, Conte F S, et al. Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acepenser transmontanus*) subyearlings at different feeding rates[J]. Aquaculture, 1989, 80: 147 - 153.