

文章编号:1000-0615(2007)02-0220-06

分级对银鲫生长和个体大小差异的影响

熊 瑛, 王 岩, 李 翠

(上海水产大学水域生态与鱼类营养实验室, 上海 200090)

摘要:在室内水槽进行12周的饲养实验以检验分级对银鲫生长和鱼群内个体大小差异的影响。用隔网将实验水槽分为两部分,每个水槽内放养10尾大鱼(体重8.0~9.0 g)和10尾小鱼(体重6.5~7.5 g),分级时将个体大小相近的10尾鱼分布在隔网同一侧。实验中,3组鱼分别隔1周、2周或4周分级1次,1组鱼不进行分级作为对照。鱼摄食率和生长率随分级间隔时间缩短而降低。实验结束时,隔1周分级1次的鱼体重低于对照组,隔4周分级1次的鱼体重与对照组无显著差异。实验结束时被分级的鱼群中大鱼体重的变异系数高于小鱼,表明大鱼对分级操作更敏感。本实验结果表明,分级未能明显提高银鲫生长速度和降低鱼群内个体大小的差异程度。

关键词:银鲫; 分级; 生长; 差异

中图分类号:S 965.117

文献标识码:A

Effect of size grading on growth and size variation of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*)

XIONG Ying, WANG Yan, LI Cui

(Laboratory of Aquatic Ecology and Fish Nutrition, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract:The effect of size grading on growth and size variation in group-housed gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) was examined in a 12-week experiment. Four treatments were established: three groups of fish were graded at intervals of 1, 2, or 4 weeks, respectively, while one group without gradation served as a control. The fish were reared in 20 tanks, each was divided into two parts by a medial net. Ten large fish (body weight 8.0–9.0 g) and 10 small fish (body weight 6.5–7.5 g) were distributed in each of the tanks. For size grading, the fish of similar body size in each tank were hand selected, and redistributed in same part of the tank. The results of the experiment indicated specific growth rate (SGR) declined with the increase of the grading frequency. At the end of the experiment, body weight of the fish graded once every week was lower than that of the control, while there was no significant difference in SGR between the control and fish graded once every 4 weeks. In the graded fish, coefficient of variance in final weight was higher in the large fish than the small fish, suggesting the large fish may be more sensitive to the grading operation than the small fish. Our results reveal size grading fails to improve growth performance and size variation in group-housed gibel carp.

Key words:*Carassius auratus gibelio*; size grading; growth; variation

收稿日期:2006-06-02

资助项目:上海市科技启明星计划(01QC14038);淡水生物技术与生态学国家重点实验室开放基金资助项目

作者简介:熊 瑛(1979-),女,湖北天门人,硕士,现在江苏省海洋水产研究所工作,从事海洋渔业资源研究。E-mail: yxiongshfu

@126.com

鱼群中往往会形成社会等级^[1]。大鱼在社会等级内占据较高的地位,并压制社会地位较低的鱼(小鱼)的生长,结果进一步加剧鱼群内个体大小分化的程度。具有攻击行为的鱼类种类,如齐氏罗非鱼(*Tilapia zilli*)^[2]和大西洋鲑(*Salmo salar*)^[3]鱼群内个体大小分化现象明显。鱼群内个体大小分化往往导致鱼成活率和生长速度下降^[4-6]。为此,人们期望通过分级来人为缩小鱼群内个体大小差异,消除鱼群社会等级对鱼生长的负面影响^[5]。迄今有关分级对鱼群生长的影响的研究主要针对肉食性鱼类^[1,7-13],多次分级以及分级间隔时间对杂食性鱼类生长的影响还未见报道。银鲫(*Carassius auratus gibelio*)是我国具有重要经济价值的淡水杂食性鱼类。人工养殖的银鲫鱼群内个体大小往往存在明显的差异,其原因及其对养殖生产的影响尚不清楚。本文报道了分级对银鲫生长和个体大小差异的影响,以确定分级措施是否对银鲫养殖生产有益。

1 材料和方法

1.1 实验鱼和饲养系统

实验在上海水产大学水域生态和鱼类营养实验室内进行。银鲫购自上海市嘉定区望新淡水鱼良种场,运回实验室后先在室内水泥池中暂养3周,暂养期间投喂配合饲料(含48.6%粗蛋白,7.1%粗脂肪和10.5%灰分)。饲养系统由20个容积为185 L的塑料流水水槽(80 cm × 55 cm × 42 cm)组成,每个水槽被一中间隔网分为两部分,隔网不影响水的流动,但可将养在两侧的鱼分开。实验开始前2周,挑选体重为每尾8.0~9.0 g(大鱼,简称LF)和每尾6.5~7.5 g(小鱼,简称SF)的鱼各250尾,驯养在饲养系统内。每个水槽内放养12尾LF和13尾SF,或13尾LF和12尾SF,相同规格的鱼被养在隔网的同一侧。驯养期间每天分2次向隔网两侧分别投配合饲料。

1.2 饲养实验

实验设4个处理:1组鱼实验期间不分级(对照,C),另外3组鱼分别每周(G1)、每2周(G2)或每4周(G4)被分级1次。每个处理设5个水槽重复。

实验开始前将预先驯养鱼停食24 h,然后将LF和SF分别集中在2个水槽中。每次随机取10尾LF和10尾SF,单尾称重(天平感量0.01

g)并测量体长后,随机放入20个水槽内。每个水槽内放入10尾LF和10尾SF,在隔网的每一侧各放养5尾LF和5尾SF。

实验持续12周。实验期间G1、G2、G4和C组分别被分级12次、6次、3次和0次。分级时将同一水槽内隔网两侧的鱼集中在一起,根据视觉判断大小,用手重新选出10尾大鱼(LF)和10尾小鱼(SF),然后将相同规格的鱼养在隔网的同一侧。实验期间,每天8:00和16:00向隔网两侧分别投配合饲料。每2周将分布在隔网同一侧的鱼(LF和SF)成群称重,根据鱼体重变化调整投喂量。每天通过流水的方式用经过充分曝气的自来水将水槽内的水更换1/2,连续充气使水槽内溶氧高于5 mg · L⁻¹。每天早、晚测量水温(水温变化为21.7~28.9 °C,平均值为26.9 °C)。用悬挂在水槽上方的8组40 W的日光灯提供光照,光:暗周期控制为12:12。实验结束时将每个水槽内的鱼捕出、单尾称重并测量鱼体长。

1.3 数据计算与统计分析

根据下列公式计算鱼群摄食率(FI:% · d⁻¹)、特定生长率(SGR:% · d⁻¹)、食物利用效率(FE:%)和条件系数(CF):

$$FI = 100 \times I / [N_0 \times (W_t + W_0) / 2 \times t]$$

$$SGR = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

$$FE = 100 \times (N_t \times W_t - N_0 \times W_0) / I$$

$$CF = 100 \times W / L^3$$

其中,I(g)为鱼群的摄食量;t(d)为时间;W₀(g)和W_t(g)分别为某阶段鱼初始体重和终体重;N₀(尾)和N_t(尾)分别为某阶段开始和结束时鱼的数量;W(g)和L(cm)分别为实验开始或结束时鱼的体重和体长。

根据下列公式计算鱼群内个体体重和体长的变异系数:

$$CV = 100 \times |SD| / X$$

其中,SD为标准差,X为平均值。

实验期间不同处理组鱼群FI、SGR、平均体重和FE的差异用针对重复采样设计的单因素方差分析方法检验,用Duncan氏方法进行多重比较。实验开始和结束时不同处理鱼群内LF和SF体重、体长、CF以及体重CV间的差异用单因素方差分析方法检验。实验结束时同一处理鱼群内LF与SF体重CV的差异用Student t方法检验;鱼群SGR与分级频率(每月分级的次数)间的关

系用多元回归方法检验。FI、SGR、FE、CF 和 CV 进行方差分析前先经过反正弦转换。取 $P < 0.05$ 为差异显著性水平。

2 结果

2.1 鱼群的摄食、生长和食物利用

实验期间鱼的成活率为 100%。第 3-4 周内 G1 组鱼群的 FI 明显低于其它 3 组 ($P < 0.05$), 第 5-12 周内各组鱼群的 FI 无显著差异 ($P > 0.05$) (图 1)。

从图 2 可见, 第 1-4 周内 G1 组鱼群的 SGR

明显低于其它 3 组 ($P < 0.05$); 第 5-12 周内各组鱼群的 SGR 无显著差异 ($P > 0.05$)。实验期间鱼群的 SGR (Y) 与每月分级的次数 (X) 显著负相关, 回归方程为 $Y = 0.491 - 0.013X$ ($n = 20, R^2 = 0.304, P < 0.01$)。从图 3 可见, 实验结束时, G1 组鱼群平均体重低于其它 3 组鱼群的平均体重 ($P < 0.05$)。

从图 4 可见, 第 1-4 周内 G1 组鱼群的 FE 明显低于其它 3 组 ($P < 0.05$), 第 5-12 周内各组鱼群的 FE 无显著差异 ($P > 0.05$)。

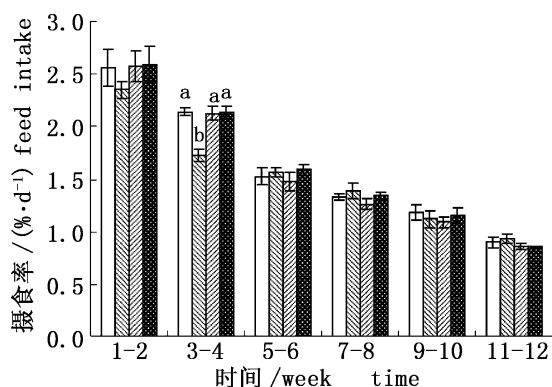


图 1 实验期间银鲫鱼群的摄食率

Fig. 1 Feed intake of whole gibel carp group in the experiment

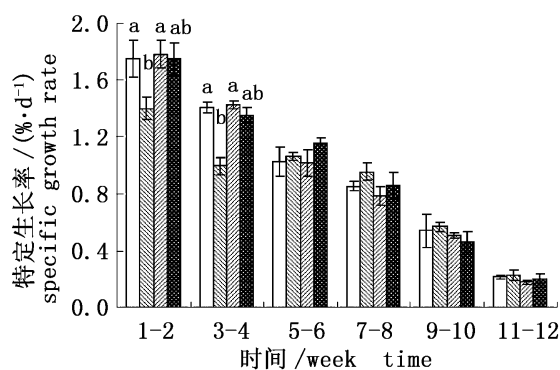


图 2 实验期间银鲫鱼群的特定生长率

Fig. 2 Specific growth rate of whole gibel carp group in the experiment

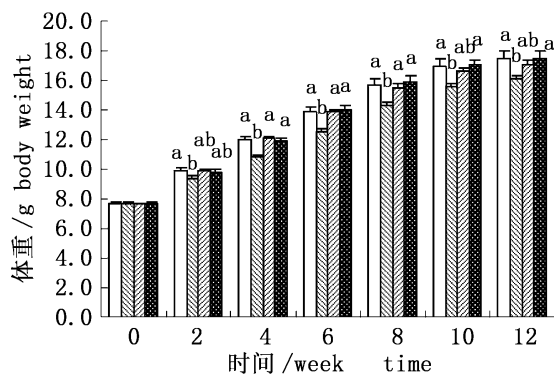


图 3 实验期间银鲫鱼群内个体的平均体重

Fig. 3 Mean value of body weight of whole gibel carp group in the experiment

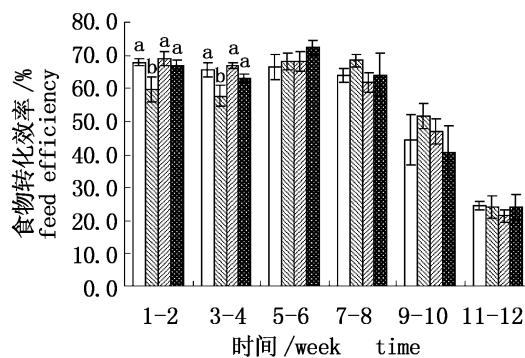


图 4 实验期间银鲫鱼群的食物转化效率

Fig. 4 Feed efficiency of whole gibel carp group in the experiment

□ 对照组; ▨ 每周分级 1 次; ▩ 每 2 周分级 1 次; ■ 每 4 周分级 1 次; 竖线表示标准误; 同一时间字母不同者表示差异显著
 □ control; ▨ fish graded every week; ▩ fish graded once every 2 weeks; ■ fish graded once every 4 weeks. Error bars denote SE. Columns at the same time with different letters are significantly different.

2.2 鱼群内大鱼、小鱼的生长与条件系数

从表 1 可见,实验开始时,各组 LF 或 SF 体重和体长之间没有显著差异($P > 0.05$)。实验结束时,G1 组鱼群内 SF 体重和体长分别低于其它 3 组鱼群内同规格鱼的体重和体长($P < 0.05$),

G2 和 G4 组鱼群内 LF 和 SF 体重和体长与 C 组鱼群内同规格鱼体重和体长无显著差异($P > 0.05$)。从表 2 可见,实验结束时各组鱼群内 LF 和 SF 的 CF 之间无显著差异($P > 0.05$)。

表 1 实验开始和结束时大鱼和小鱼的体重和体长(平均值 ± 标准误)
Tab.1 Body weight (g) and length (cm) of the small and large gibel carp at the start and end of the experiment (mean ± SE)

Table with 9 columns: 处理 treatment, 实验开始 at the start of the experiment (L_L, L_S, W_L, W_S), 实验结束 at the end of the experiment (L_L, L_S, W_L, W_S). Rows include treatments C, G1, G2, G4 with their respective weight and length values.

注:W_L 和 W_S 分别为 LF 和 SF 体重;L_L 和 L_S 分别为 LF 和 SF 体长;C 为对照组;G1 每周分级 1 次;G2 每 2 周分级 1 次;G4 每 4 周分级 1 次。同列中上标相同者无显著差异

Notes;W_L, body weight of the large fish and W_S of the small fish;L_L, body length of the large fish and L_S of the small fish;C: control;G1: fish graded every week;G2: fish graded once every 2 weeks;G4: fish graded once every 4 weeks. Values within the same column with the same superscript are not significantly different

表 2 实验结束时大鱼和小鱼的条件系数(平均值 ± 标准误)

Tab.2 Condition factor of the small and large gibel carp at the end of the experiment (mean ± SE)

Table with 3 columns: 处理 treatment, 大鱼 LF, 小鱼 SF. Rows include treatments C, G1, G2, G4 with their respective condition factor values.

注:C 为对照组;G1 每周分级 1 次;G2 每 2 周分级 1 次;G4 每 4 周分级 1 次。

Notes;C: control;G1: fish graded every week;G2: fish graded once every 2 weeks;G4: fish graded once every 4 weeks

2.3 鱼群内个体大小差异

从表 3 可见,实验开始时各组整个鱼群、LF 或 SF 体重 CV 之间均无显著差异($P > 0.05$)。实验结束时,整个鱼群、LF 或 SF 体重 CV 与实验开始时相比均不同程度增加。实验结束时,各处理整个鱼群和 SF 体重 CV 之间无显著差异($P >$

0.05),但 G1 组 LF 体重 CV 大于 C 组 LF 体重 CV($P < 0.05$);同一组内不同规格的鱼相比,G1 组 SF 体重 CV 明显低于 LF($P < 0.05$),但 C 组 SF 体重 CV 明显高于 LF($P < 0.05$);G2 组和 G4 组 SF 与 LF 体重 CV 差异不显著($P > 0.05$)。

表 3 实验期间银鲫体重的变异系数(平均值 ± 标准误)
Tab.3 Coefficient of variation in body weight of gibel carp in the experiment (mean ± SE)

Table with 7 columns: 处理 treatment, 实验开始时 at the start of the experiment (大鱼 LF, 小鱼 SF, 鱼群 group), 实验结束时 at the end of the experiment (大鱼 LF, 小鱼 SF, 鱼群 group). Rows include treatments C, G1, G2, G4 with their respective CV values.

注:C 为对照组;G1 每周分级 1 次;G2 每 2 周分级 1 次;G4 每 4 周分级 1 次。同列中上标相同者无显著差异

Notes;C: control;G1: fish graded every week;G2: fish graded once every 2 weeks;G4: fish graded once every 4 weeks. Values within the same column with the different superscript are significantly different

3 讨论

Brown^[1]发现鱼群中的社会等级可影响鱼的生长,认为个体大小差异的存在是导致社会等级形成的原因,将鱼群中的大鱼移走后小鱼的生长将加快。Huntingford等^[3]认为大西洋鲑鱼群中个体大小差异是社会等级形成的结果而非原因,即鱼群中的大鱼并非一定占据社会等级的上层并对小鱼产生压制作用,但占据社会等级上层的鱼因其竞争优势而生长最快,最终个体明显大于社会等级较低的鱼。对养殖的鱼类分级可人为缩小鱼群内个体大小的差异程度,减轻大鱼对小鱼产生的压制或侵害^[5],但同时分级操作会造成鱼体创伤,对鱼产生生理压力,影响鱼的摄食和生长。有关分级对鱼生长的影响目前存在不同的研究结果:对棕鳟^[1]、大西洋鲑^[8]和牙鲈^[13]的研究表明分级有助于提高鱼的生长速度,但对北极红点鲑^[9-11]、欧洲鳗^[12]和庸鲽^[14]的研究发现分级无益于加快鱼群生长或降低个体间的生长分化程度。本实验中,对照组整个鱼群摄食率、生长率和食物利用效率明显高于每周分级1次的鱼,实验结束时每周分级1次的鱼体重明显低于未分级或每2-4周分级1次的鱼,表明频繁分级对银鲫摄食和生长所产生的负面影响大于正面影响。

本实验中,每4周分级1次的鱼群内大鱼和小鱼的生长与对照组无显著差别,每周分级1次的鱼群内大鱼和小鱼的生长均低于对照组,表明分级对银鲫鱼群内大鱼和小鱼的生长没有益处,频繁分级对鱼群内大鱼和小鱼的生长都不利。作者认为分级对鱼群内处于不同社会等级的个体的影响可归为4种情况:(1)分级对所有个体都不利;(2)分级有利于小鱼的生长,对大鱼生长不利;(3)分级有利于大鱼的生长,对小鱼生长不利;(4)分级对鱼群内所有个体的生长都有利。从本实验结果来看,分级对银鲫鱼群的影响应属于第一种情况。

未被分级的北极红点鲑鱼群内个体体重变异系数与分级的鱼群相比无显著差异^[15]。本实验结束时每周分级1次的鱼群内大鱼体重变异程度明显高于对照组同规格的鱼,每周分级1次的鱼群内大鱼体重变异程度高于小鱼,而对照组内小鱼体重的变异程度高于大鱼,这说明频繁分级对鱼群中大鱼生长的负面影响相对大于对小鱼的影

响。尽管分级对鱼群中大鱼和小鱼个体分化产生不同的影响,实验结束时各处理鱼群之间的体重变异程度无显著差异,说明分级未明显改变银鲫鱼群内个体大小的分化程度,这与对北极红点鲑的研究结果^[15]一致。鱼群中个体生长分化与个体大小差异程度和食物条件有关^[16],鱼群内个体大小相似^[14,17]或食物分配不均匀^[18]都容易导致生长分化。本实验中采用过量投喂的方法,保证鱼群内所有个体都充分摄食,实验结束时各组鱼群内小鱼和大鱼的条件系数无明显差别,表明大鱼与小鱼的营养状况差别不大,这在一定程度上说明食物因素不是造成本实验中鱼群内生长分化的原因。

鱼群社会结构对鱼生长的影响一定程度上与鱼的行为有关,而鱼的行为往往受个体大小差异和饲养密度的影响。虹鳟鱼群中个体间竞争食物可导致代谢支出增加^[19]。鳎(*Blennius pholis*)鱼群内个体间对视会导致攻击行为和代谢率增加,使鱼生长下降^[20-22],但成群饲养的北极红点鲑鱼群内个体对视与否对生长无影响,但个体间攻击行为随个体大小差异程度增加而减弱^[23]。银鲫不具有攻击行为,表现出明显的集群习性。本实验中,同一水槽内被隔网分开的鱼总是聚集在隔网处透过隔网对视,每周分级1次的鱼群这一特点最为明显,这种集群行为可能会降低鱼群的觅食活动并增加其代谢支出,结果导致其生长减慢。

本实验中,每周分级1次的鱼群在第1-4周内摄食、生长和食物利用效率明显低于对照组,但在第5-12周内与对照组无明显差异,表明4周后银鲫适应了分级操作。因此,评价分级对银鲫摄食和生长的影响还需要进行更长时间的实验。

参考文献:

- [1] Brown M E. The growth of the brown trout (*Salmo trutta* Linn.) I. Factor influencing the growth of trout fry [J]. J Exp Biol, 1946, 22: 118-129.
- [2] Koebele B P. Growth and the size hierarchy effect: an experimental assessment of three proposed mechanism; activity differences, disproportional food acquisition, physiological stress [J]. Env Biol Fish, 1985, 12: 181-188.
- [3] Huntingford F A, Metcalfe N B, Thorpe J E. Social dominance and body size in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L [J]. J Fish Biol, 1990, 36:

- 877 – 881.
- [4] Paller M H, Lewis W M. Effects of diet on growth depensation and cannibalism among intensively cultured larval striped bass [J]. *The Progressive Fish-Culturist*, 1987, 47: 270 – 275.
- [5] Katavic I, Jug-Dujakovic J, Glamuzina B. Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings [J]. *Aquaculture*, 1989, 77: 135 – 143.
- [6] Baras E, Maxi M Y J, Ndao M, *et al.* Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions II. Effect of initial size heterogeneity, diet and light regime on early cannibalism [J]. *J Fish Biol*, 2000, 57: 1021 – 1036.
- [7] Kestemont P, Jourdan S, Houbart M, *et al.* Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences [J]. *Aquaculture*, 2003, 227: 333 – 356.
- [8] Gunnes K. Effect of size grading young Atlantic salmon (*Salmo salar*) on subsequent growth [J]. *Aquaculture*, 1976, 9: 381 – 386.
- [9] Wallace J C, Kolbeinshavn A G. The effect of size grading on subsequent growth in fingerling Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* L. [J]. *Aquaculture*, 1988, 73: 97 – 100.
- [10] Jobling M, Reinsnes T G. Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* L. [J]. *Aquaculture*, 1987, 60: 27 – 31.
- [11] Baardvik B M, Jobling M. Effect of size-sorting on biomass gain and individual growth rates in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. [J]. *Aquaculture*, 1990, 90: 11 – 16.
- [12] Kamstra A. The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking [J]. *Aquaculture*, 1993, 112: 67 – 77.
- [13] Dou S Z, Masuda R, Tanaka M, *et al.* Size hierarchies affecting the social interactions and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* [J]. *Aquaculture*, 2004, 233: 237 – 249.
- [14] Stefánsson M Ö, Imsland A K, Jenssen M D, *et al.* The effect of different initial size distribution on the growth of Atlantic halibut [J]. *J Fish Biol*, 2000, 56: 826 – 836.
- [15] Jobling M, Baardvik B M. The influence of environmental manipulations on inter- and intra-individual variation in food acquisition and growth performance of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* [J]. *J Fish Biol*, 1994, 44: 1069 – 1087.
- [16] 王 岩. 食物水平和初始体重对杂交罗非鱼生长和个体生长分化的影响 [J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 237 – 240.
- [17] Pfister C A. Some consequences of size variability in juvenile prickly sculpin, *Cottus asper* [J]. *Env Biol Fish*, 2003, 66: 383 – 390.
- [18] Ryer C H, Olla B L. Growth depensation and aggression in laboratory reared coho salmon: the effect of food distribution and ration size [J]. *J Fish Biol*, 1996, 48: 686 – 694.
- [19] Metcalfe N B. Intraspecific variation in competition ability and food intake in salmonids: consequences for energy budgets and growth rates [J]. *J Fish Biol*, 1986, 28: 525 – 531.
- [20] Wirtz P. The influence of the sight of a conspecific on the growth of *Blennius pholis* (Pisces; Teleostei) [J]. *J Comp Physiol*, 1974, 91: 61 – 165.
- [21] Wirtz P. Physiological effects of visual contact to a conspecific in *Blennius pholis* (Pisces; Teleostei) [J]. *J Comp Physiol*, 1975, 101: 237 – 242.
- [22] Wirtz P, Davenport J. Increased oxygen consumption in blennies (*Blennius pholis* L.) exposed to their mirror images [J]. *J Fish Biol*, 1976, 9: 67 – 74.
- [23] Jobling M, Reinsnes T G. Physiological and social constraints on growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L: an investigation of factors leading to stunting [J]. *J Fish Biol*, 1986, 28: 379 – 384.