

养殖密度对史氏鲟消化率、摄食率和生长的影响*

石小涛¹ 李大鹏^{1*} 庄平² 张学振¹ 聂芬¹

(¹ 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; ² 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

【摘要】 以体重(43.90 ± 1.75) g 史氏鲟为研究对象, 研究了 0.525、1.171 和 2.138 kg·m⁻² 3 种养殖密度对史氏鲟幼鱼生长、摄食率和消化率的影响, 实验时间为 60 d. 结果表明, 养殖密度对史氏鲟生长、摄食率和消化率具有显著影响. 高养殖密度不利于史氏鲟生长, 低密度组中史氏鲟特定生长率和日增重显著高于高密度组, 食物转化率显著低于高密度组; 特定生长率和日增重随养殖密度降低而显著增高. 低密度组、中密度组中史氏鲟消化率无显著差异, 但均显著高于高密度组. 中密度组摄食率显著低于高密度组和低密度组, 低密度组摄食率介于两者之间; 食物转化率和消化率呈显著负相关, 特定生长率与消化率呈显著正相关.

关键词 史氏鲟 养殖密度 消化率 摄食率

文章编号 1001-9332(2006)08-1517-04 中图分类号 Q95914; S9651215 文献标识码 A

Effects of rearing density on juvenile *Acipenser schrenckii* digestibility, feeding rate and growth. SHI Xiaotao¹, LI Dapeng¹, ZHUANG Ping², ZHANG Xuezheng¹, NIE Fen¹(¹College of Fishery, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; ²East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(8): 1517 ~ 1520.

A 60-day rearing experiment was conducted in this study. The initial weight of juvenile *Acipenser schrenckii* was 43.90 ± 1.75 g, and the initial rearing density was 0.525 (LSD), 1.171 (MSD), and 2.138 (HSD) kg·m⁻², respectively. The results showed that with increasing rearing density, the specific growth rate (SGR) and daily weight gain (DWG) of juvenile *A. schrenckii* were significantly decreased, while net yield (NY) was increased. The digestibility was significantly higher in LSD and MSD than in HSD, while that in LSD and MSD was nearly the same. The feeding rate in MSD was significantly lower than that in HSD, but slimly higher than that in LSD. There was a significant negative linear correlation between food conversion ratio (FCR) and digestibility, and a significant positive linear correlation between SGR and digestibility.

Key words *Acipenser schrenckii*, Rearing density, Digestibility, Feeding rate.

1 引言

高养殖密度作为一种环境胁迫因子能引起鱼类应激反应, 改变鱼类内在生理状况, 使养殖群体生长率和存活率下降, 增大鱼病发生的可能性, 导致鱼类摄食率下降^[4, 8]. 而摄食水平的改变会对鱼类消化率产生较显著影响^[9]. 消化率是养殖过程中影响鱼类生长的重要因素之一, 其本身受许多生态因子影响, 研究最多的是摄食水平、水温、体重等^[22, 24, 28]. 国内外有关拥挤胁迫对鱼类生长影响研究较多^[6, 11, 19], 对高密度产生负面影响的原因解释各异^[14, 16, 25], 对养殖密度影响摄食率的研究较少, 且未见有拥挤胁迫影响消化率报道. 史氏鲟(*Acipenser schrenckii*) 隶属于鲟形目 鲟科 鲟属, 为河川性定居鱼类, 主要分布于黑龙江流域. 本研究主要探讨不同养殖密度下史氏鲟消化率和摄食率与生长之间的关系, 为鲟鱼集约化养殖提供理论支持.

2 材料与方法

2.1 实验材料

实验用史氏鲟由中国水产科学院东海水产研究所提供, 为同一亲本经人工繁殖而得到子代. 实验前在华中农业大学水产学院室外水泥养殖池中进行暂养. 实验用鱼体质健康, 初始体重(43.90 ± 1.75) g, 初始体长(23.64 ± 0.20) cm. 实验在室内进行, 实验容为室内灰色圆底玻璃缸, 半径为 40 cm, 水深 40 cm, 采用曝气自来水. 实验期间, 各实验组水温为 18 °C ± 1 °C, 氨氮水平为(0.02 ± 0.01) mg·L⁻¹, pH 为 7.6 ± 0.1, 溶氧水平为(6.8 ± 0.7) mg·L⁻¹.

2.2 研究方法

2.2.1 实验设计 实验分高、中、低 3 个养殖密度处理组, 在实验缸中分别放养 6、13、25 尾史氏鲟, 初始实验密度组为

* 国家“863”计划项目(2004AA603110)、国家“十五”科技攻关项目(2004BA526B0114)、农业部海洋与河口渔业重点开放实验室开放课题(开-03-06)和华中农业大学科技创新基金资助项目(52204-03072).

** 通讯联系人. E-mail: fishldp@163.com
2005-11-24 收稿, 2006-05-22 接受.

0.525(HSD)、1.139(MSD)、2.189(LSD) $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 设3个平行组.按照 3.0% BW $\cdot \text{d}^{-1}$ 投喂添加 0.1% Cr_2O_3 作为指示剂人工饲料, 每天于 8:00、15:00、20:00 投食 3 次, 并记录投食量和残饵量. 养殖饲料为本实验室配置鲟鱼人工养殖饲料^[29], 其成分见表 1, 饲料中粗蛋白含量为 43.31%, 粗脂肪为 9.11%, 粗灰分为 13.24%. 各种饲料原料使用前将其粉碎至 60 目, 制成粒径 2~2.5 mm 硬颗粒作为实验饵料, 为测定消化率, 制粒前加入 0.1% Cr_2O_3 作为指示剂.

表 1 实验饲料配方

Table 1 Formulation and chemical composition of the experimental diet

日粮组成 Diet composition	含量 Content ($\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$)
白鱼粉 White fishmeal	27.15
红鱼粉 Red fishmeal	27.15
豆粕 Soybean meal	13.00
α 淀粉 α starch	20.00
酵母粉 Yeast meal	5.00
植物油 Plant oil	2.00
鱼油 Fish oil	2.00
多维 Vitamin	0.70
矿物质 Mineral	2.50
氯化胆碱 Choline chloride	0.40
Cr_2O_3	0.10

2.2.2 测定方法 饲料和粪便中蛋白质含量测定采用凯氏定氮法(GB6432-86), 粗脂肪测定采用索氏提取法(GB6433-86), 粗灰分采用灼烧法(GB6438-86), 水分测定采用恒温烘干失水法(GB6435-86). 用 Sartorius 电子天平进行体重测量(精确到 0.01 g), 标准直尺进行体长测量(精确到 0.1 mm). 15 d 测量 1 次体重、体长, 实验周期为 60 d. 实验结束时, 每个实验组随机取 5 尾鱼剖腹取鱼粪肠里粪便, 70 °C 烘干称重, -20 °C 保存备用. 采用硝酸-高氯酸混合酸消化法在 TAS-986 型原子吸收分光光度计测定铬含量. 蛋白质消化率按下列公式计算: 蛋白质观消化率(digestibility, D)(%) = $100 [1 - (\text{饲料中 } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量} / \text{粪便中 } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量}) / (\text{粪便中蛋白质含量} / \text{食物中蛋白质含量})]$.

2.2.3 生长管理 史氏鲟生长用特定生长率(SGR)、净增重(NY)和日增重(DWG)来表示, 即 $\text{SGR} = 100 (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$; $\text{NY} = (W_2/s - W_1/s) / (t_2 - t_1)$; $\text{DWG} = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$. 摄食率(feeding ratio, FR)计算公式为: $\text{FR} = 200 F / [(W_2 + W_1) n (t_2 - t_1)]$. 食物转化率(food conversion ratio, FCR)即饵料系数, 表示摄食总量与鱼体增重之比来表示, 即 $\text{FCR} = F / [n (W_2 - W_1)]$. 各式中 W_1 、 W_2 为时间 t_1 、 t_2 时平均体重(g), s 为养殖池底面积(m^2), L 为体长(m), F 为食物总摄入量(g), n 为实验个体数.

实验数据通过 STATISTICA (Version 6.0) 统计软件(StatSoft, Inc.) 进行处理分析, 利用方差分析(One-way ANOVA) 进行显著性检验, 用最小显著极差法(LSD) 进行多重比较, 运用一般线性模型(GLM)、一般回归模型(GRM) 对实验中各种变量进行回归统计和相关分析, $P < 0.05$ 为显著性水平, $P < 0.01$ 为极显著水平.

3 结果与分析

3.1 不同养殖密度中史氏鲟稚鱼生长情况

试验期间, 各组实验鱼成活率均为 100%. 随着实验时间推移, 各实验组中史氏鲟均呈指数型生长(图 1). 养殖密度对史氏鲟生长存在显著影响($P < 0.01$), 生活在低养殖密度实验组中史氏鲟生长最快, 最终体重、SGR、DWG 都随着养殖密度增大而显著降低, NY 却显著增大(表 2). 实验开始时各试验组条件系数无显著差异, 实验结束时 3 个密度组由低到高条件系数显著减小. 说明随着养殖密度增大, 鱼体丰满程度在不同密度. 养殖密度作为应激因子, 影响着鱼类生长和其它生理进程, 通常情况下会导致生长减缓、饵料利用率低, 使机体处于应激状态并可能导致死亡^[8, 15, 21]. Jodun 等^[10]、Vijayan 等^[23] 和庄平等^[30] 分别报道拥挤会对鱼类生长产生消极影响, 本实验结果与以前研究基本一致. 生长上抑制通常可反映慢性应激状况^[17, 18]. 因此, 本实验高密度组鱼很可能处于慢性应激状态.

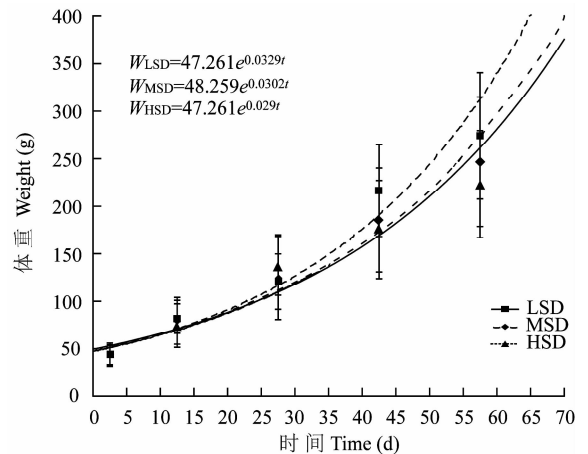


图 1 不同养殖密度下史氏鲟稚鱼体重生长曲线

Fig. 1 Weight growth curves of juveniles *A. schrenkii* under different treatments.

3.2 不同养殖密度中史氏鲟稚鱼摄食率和消化率

养殖密度对史氏鲟消化率产生显著影响. 实验组间消化率差异显著, 低密度组、中密度组消化率极显著高于高密度组($P < 0.01$), 其中低密度组均值最高, 为 79.21%, 中密度组均值为 79.20%, 高密度组均值为 70.81%(图 2).

养殖密度对史氏鲟摄食率也存在显著影响($P < 0.05$), 但低密度组和高密度组间差异不显著, 而中密度组摄食率显著低于高密度组, 低密度组界

表 2 不同养殖密度下史氏鲟稚鱼的生长参数

Table 2 Growth parameters of juvenile *A. schrenckii* at different rearing densities

实验组 Experiment treatments	初始体重 Initial weight (g)	最终体重 Final weight (g)	SGR	DWG (g n ⁻¹ d ⁻¹)	NY (g m ⁻² d ⁻¹)	FCR	初始条件系数 Initial condition factor	最终条件系数 Final condition factor	摄食率 Feeding rate (%)	日摄食量 Daily food consumption (g)
LSD	43.94 ± 1.77	267.56 ± 2.51a	3.01 ± 0.05a	3.72 ± 0.02a	44.51 ± 0.21a	0.84 ± 0.00a	3.27 ± 0.10a	4.21 ± 0.01a	2.01 ± 0.02ab	3.13 ± 0.02a
MSD	45.26 ± 2.30	245.34 ± 3.09b	2.82 ± 0.06b	3.33 ± 0.02b	86.29 ± 0.34b	0.85 ± 0.00a	3.32 ± 0.04a	4.01 ± 0.02b	1.95 ± 0.02a	2.84 ± 0.02b
HSD	42.96 ± 0.23	221.26 ± 6.39c	2.73 ± 0.04c	2.98 ± 0.10c	147.86 ± 5.14c	0.91 ± 0.03b	3.30 ± 0.05a	3.93 ± 0.01c	2.04 ± 0.04b	2.70 ± 0.02c

不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。Values with different letters meant significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

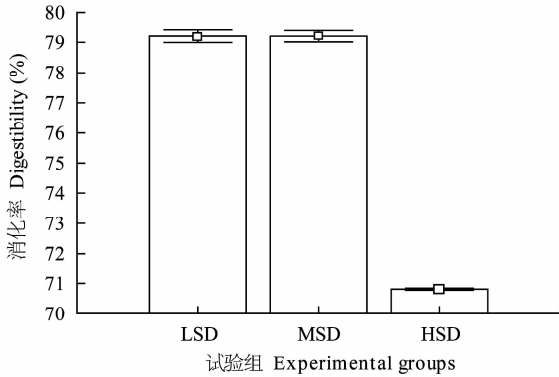


图 2 不同养殖密度下史氏鲟稚鱼消化率

Fig. 2 Digestibility of juveniles *A. schrenckii* stocked at different rearing densities (mean ± SD).

于两者之间。养殖密度对史氏鲟的日摄食量有显著影响,日摄食量随密度增加而减小。摄食率差异表现为高密度组、低密度组、中密度组鱼摄食率依次减小。养殖密度对史氏鲟的FCR存在显著影响($P < 0.05$),FCR随着养殖密度增大而显著增大(表2)。

消化率是影响鱼类生长的重要因素之一。影响消化率的因素有水质水平、摄食水平、食物颗粒形状及大小、水温、体重、消化酶活性、鱼种特异性、生理状况等^[1, 5, 12, 20, 27]。本实验观察到不同密度组鱼消化率呈现显著差异,低密度组、中密度组消化率显著高于高密度组(图2),可能是低密度和中密度下史氏鲟均处于相对较好的生理状况,未影响到其对饲料营养物质的消化吸收状况,而高密度组中史氏鲟可能处于不理想的生理状况,导致消化率显著低于低密度组、中密度组。

各密度组食物转化率(FCR)和消化率(D)之间存在显著负相关: $FCR = 1.4396 - 0.0075D$ ($r = -0.9053$) (图3); 特定增长率(SGR)和消化率(D)之间存在显著正相关: $SGR = 1.1798 + 0.0219D$ ($r = 0.6947$) (图4),表明养殖密度不同,食物转化率随消化率降低而升高,特定增长率随消化率降低而降低,说明在不同密度下史氏鲟生长上差异部分源于消化率不同。邓利等^[7]报道大口鲶(*Silurus meridionalis*)在一定范围内随着对饲

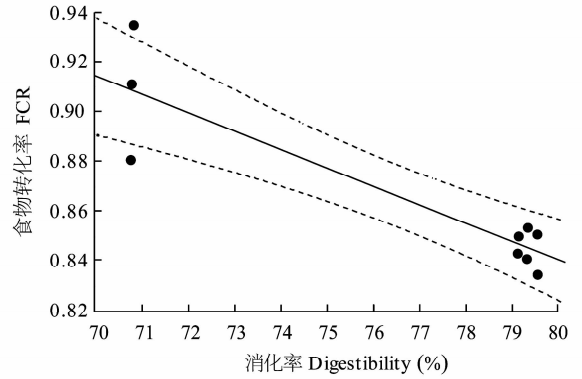


图 3 不同养殖密度下史氏鲟稚鱼消化率与食物转化率的相关关系

Fig. 3 Relationship between digestibility and FCR of juveniles *A. schrenckii* at different rearing densities.

- 回归直线 95% 置信区间 Regression, 95% confidence. 下同 The same below.

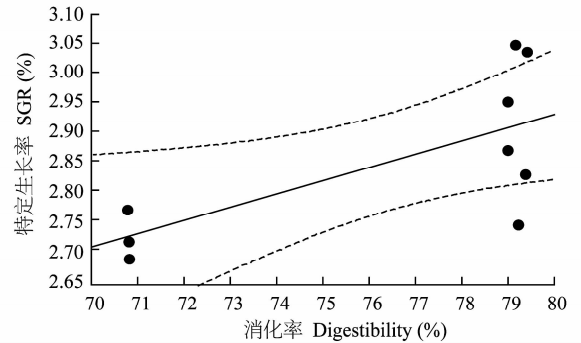


图 4 不同养殖密度下史氏鲟稚鱼消化率与特定增长率的相关关系

Fig. 4 Relationship between digestibility and SGR of juveniles *A. schrenckii* at different rearing densities.

料营养成分消化率停止上升,生长率相应逐渐上升,饵料系数下降。本实验同样表明随消化率上升,特定增长率上升,饵料系数下降。Allen等^[2]报道刺鱼(*Gasterosteus aculeatus*)消化率不受摄食影响,本实验结果也表明消化率与摄食率无显著相关关系。

摄食行为与鱼类应激状态有关,高密度银大马哈鱼 16 d 后还未完全恢复摄食,高养殖密度环境下虹鳟(*Salmo trutta*)在适应的次日即恢复正常摄食^[26]。本实验过程中观察实验鱼摄食行为,高密度鱼没有停止摄食的表现,游动速度较快,但由于过于拥挤常常是摄食一口后不能连续摄食,有时被前方鱼挡住不得不由贴底游动改为越过障碍而失

去好₁进食机会,有₂则是准备回头摄食或改变方向时由于密度太大被阻碍而放弃。尽管如此,高密度组中₃鱼仍摄食积极。摄食率差异表现为高密度组、低密度组、中密度组鱼₄摄食率依次减小,高密度组摄食率显著高于中密度组。庄平等^[30]报道,史氏鲟经过28 d₅密度实验摄入相对等量₆饲料,低密度组中₇稚鱼能较高密度组更为有效地吸收利用食饵。Marchand等^[13]指₈在不同密度下₉溪红点鲑(*Salvelinus fontinalis*)摄食率没有显著差异,饲养个体饵料消耗量大致相同,而低密度组₁₀饵料摄取总能比高密度组多₁₁15%,高密度组活动频率和速度明显高于低密度组,每小时高密度组耗能是低密度组₁₂4.3倍,低密度组56%₁₃摄食能用于生长,高密度组仅为28%。Marchand等^[13]指₁₄养殖密度过大使鱼类活动耗能增加和饵料消耗率下降₁₅,从而对鱼类生长产生不利₁₆影响。从本实验结果来看,尽管₁₇高密度组日均摄食量最小,其摄食行为受影响,但可能因摄食速度与强度加剧,使其摄食率最高;低密度组日均摄食量最大,但其摄食率居于高密度组与中密度组之间。

FCR随养殖密度增大而显著增大,说明密度增大₁₈降低了其对饵料₁₉吸收利用效率,与庄平等^[30]的₂₀结果一致。Vijayan等^[23]指₂₁溪红点鲑食饵消耗量随养殖密度₂₂增大而减少,可直接引₂₃起₂₄生长速率下降₂₅,本研究得₂₆日均摄食量随养殖密度增大显著减小,支持前人₂₇的结论。其日摄食量差异显著,可能是拥挤胁迫₂₈带来₂₉摄食量₃₀减少₃₁的结果。

4 结 论

高养殖密度对史氏鲟幼鱼₃₂的生长存在着消极影响。这种影响主要是通过₃₃降低史氏鲟对饲料₃₄的消化率实现₃₅的。因此,在集约化₃₆的鲟鱼养殖过程中,确定不同生长阶段₃₇的适宜养殖密度非常重要。过高₃₈的养殖密度不但₃₉不利于鲟鱼₄₀的健康养殖,而且还会造成饲料₄₁的过度浪费,增加养殖成本。

参考文献

- 1 Ai Q-H (艾庆辉), Xie X-J (谢小军). 2002 The nutrition of *Silurus meridionalis*. Effects of different levels of dietary soybean protein on digestibility and feeding rate. *Acta Hydrobiol Sin* (水生生物学报), **26** (3): 215 ~ 220 (in Chinese)
- 2 Allen JRM, Wootton RJ. 1982. The effect of ration and temperature on the growth of three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. *J Fish Biol*, **20**: 409 ~ 422
- 3 Allen KO. 1974. Effects of stocking density and water exchange rate on growth and survival of channel catfish *Ictalurus punctatus* in circular tanks. *Aquaculture*, **4**: 29 ~ 39
- 4 Andrews JW, Knight LH, Page LH, et al. 1971. Interactions of stocking density and water turnover on growth and food conversion of channel catfish reared in intensively stocked tanks. *Prog Fish Cult*, **33**: 197 ~ 203
- 5 Arlinghaus R, Wirth M, Rennert B. 2003. Digestibility measurements in juvenile tench *Tinca tinca* (L.) by using a continuous filtration device for fish faeces. *J Appl Ichthyol*, **19**: 152 ~ 156
- 6 Blackburn J, Clarke WC. 1990. Lack of density effect on growth and smolt quality in zero-age coho salmon. *Aquacult Eng*, **9**: 121 ~ 130
- 7 Deng L (邓利), Xie X-J (谢小军). 2000. Studies on the nutrition of *Silurus meridionalis* I. Digestibilities of the artificial diets. *Acta Hydrobiol Sin* (水生生物学报), **24** (4): 347 ~ 355 (in Chinese)
- 8 Fagerlund UHM, McBride JR, Stone ET. 1981. Stress-related effects of hatchery rearing density on coho salmon. *Trans Am Fish Soc*, **110**: 644 ~ 649
- 9 Jobling M. 1994. *Fish Bioenergetics*. London: Chapman and Hall. 93 ~ 205
- 10 Jodun WA, Millard MJ, Mohler J. 2002. The effect of rearing density on growth, survival, and feed conversion of juvenile Atlantic sturgeon. *N Am J Aquacult*, **64**: 10 ~ 15
- 11 Jorgensen EH, Christiansen JS, Jobing M. 1993. Effect of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture*, **110**: 191 ~ 204
- 12 Lei S-J (雷思佳), Li D-S (李德尚). 2000. Effects of temperature, salinity, food type and body weight on the digestibility of Taiwan Red Tilapia. *Mar Sci* (海洋科学), **24** (9): 1 ~ 3 (in Chinese)
- 13 Marchand F, Boisclair D. 1988. Influence of fish density on the energy allocation pattern of juvenile brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Can J Fish Aquat Sci*, **55**: 796 ~ 805
- 14 Meyer-Burgdorff KH, Osman MF, Gunther KD. 1989. Energy metabolism in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, **79**: 283 ~ 291
- 15 Montero D, Izquierdo MS, Tort L, et al. 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiol Biochem*, **20**: 53 ~ 60
- 16 Olsen RE, Ringø E. 1999. Dominance hierarchy formation in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): Nutrient digestibility of subordinate and dominant fish. *Aquac Res*, **30**: 667 ~ 671
- 17 Pankhurst NW, Van Der KG. 1997. Effects of stress on reproduction and growth of fish. In: Iwama GK, eds. *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Cambridge: Cambridge University Press. 73 ~ 93
- 18 Pickering AD. 1990. Stress and the suppression of somatic growth in teleost fish. *Prog Clin Biol Res*, **342**: 473 ~ 479
- 19 Poston HA, Williams RC. 1988. Interrelations of oxygen concentration, fish density, and performance of Atlantic salmon in an ozonated water reuse system. *Prog Fish Cult*, **50**: 69 ~ 76
- 20 Shen X-M (沈晓民), Liu Y-F (刘永发), Tang R-Y (唐瑞英), et al. 1995. The study of protein digestibility of gynogenetic crucian carp. *J Fish China* (水产学报), **19** (1): 52 ~ 57 (in Chinese)
- 21 Suresh AV, Lin CK. 1992. Effect of stocking density on water quality and production of red tilapia in a recirculated water system. *Aquac Eng*, **11**: 1 ~ 22
- 22 Tian X-L (田相利), Dong S-L (董双林), Wang F (王芳). 2004. Effects of different temperatures on the growth and energy budget of Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15** (4): 678 ~ 682 (in Chinese)
- 23 Vijayan MM, Leatherland JF. 1988. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture*, **75**: 159 ~ 170
- 24 Wang Y (王岩). 2003. Influences of ration level and initial body weight on growth and size hierarchy of hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14** (2): 237 ~ 240 (in Chinese)
- 25 Wedemeyer GA. 1976. Physiological response of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to handling and crowding stress in intensive fish culture. *J Fish Res Board Can*, **33**: 2699 ~ 2702
- 26 Wedemeyer GA, Barton BA, McLeay DJ. 1990. Stress and acclimation. In: Schreck CB, Moyle PB, eds. *Methods for Fish Biology*. Maryland: American Fisheries Society. 451 ~ 489
- 27 Xie SQ, Cui YB, Yang YX, et al. 1997. Effect of body size on growth and energy budget of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, **157**: 25 ~ 34
- 28 Zhu X-M (朱晓鸣), Xie S-Q (解绥启), Cui Y-B (崔奕波). 2000. Effect of ration level on growth and energy budget of the Gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Oceanol Imnol Sin* (海洋与湖沼), **31** (5): 471 ~ 479 (in Chinese)
- 29 Zhuang P (庄平), Li D-P (李大鹏), Wang L-J (王立金). 2001. The Aquaculture Technology of Amur Sturgeon (*Acipenser schrenckii*). Wuhan: Hubei Science and Technology Press. 65 ~ 67 (in Chinese)
- 30 Zhuang P (庄平), Li D-P (李大鹏), Wang M-X (王明学), et al. 2002. Effect of stocking density on growth of juvenile *Acipenser schrenckii*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **13** (6): 735 ~ 738 (in Chinese)

作者简介 石小涛,男,1981年生,硕士研究生.主要从事鱼类生理生化方面研究. E-mail: shixiaotao@webmail.hzau.edu.cn
责任编辑 肖红

