

文章编号: 1000-0615(2006)01-0076-05

养殖密度和温度对白斑狗鱼在设施养殖中生长的影响

黄宁宇, 夏连军, 么宗利

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 研究了养殖密度和温度对白斑狗鱼稚鱼在设施养殖中生长的影响。经过 30 d 的养殖试验发现养殖密度和温度对白斑狗鱼稚鱼在设施养殖中的摄食和生长都有显著影响。日增重、特定增长率、生长效率、摄食效率随密度的增大而减小, 净增重 $24 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $16 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 密度组最高; 随着温度的升高, 日增重、特定增长率、生长效率均呈现先升高后下降的趋势, 其中 $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 组生长最快, 摄食效率则随温度的升高而增大。特定增长率与密度之间存在显著直线回归关系, 其回归方程为 $\text{SGR} = 7.30 - 0.122\text{SD} (r^2 = 0.9927)$; 养殖温度和特定增长率之间存在显著二次函数关系, 其回归方程为 $\text{SGR} = -0.047T^2 + 2.169T - 19.56 (r^2 = 0.8342)$, 当温度为 $23.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 白斑狗鱼的特定增长率最大为 5.544, 表明白斑狗鱼最适生长水温应在 $23 \sim 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。白斑狗鱼尽管是凶猛性鱼类, 但只要控制好一定的养殖密度和水温, 进行设施养殖是可行的。

关键词: 白斑狗鱼; 稚鱼; 养殖密度; 温度; 设施养殖

中图分类号: S965.199 文献标识码: A

The influence of stocking density and water temperature on growth in juvenile *Esox lucius* raised in greenhouse

HUANG Ning-yu, XIA Lian-jun, YAO Zong-li, ZHANG Long-zhen

(Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Certificated by the Ministry of Agriculture,

East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: A study on the effect of stocking density and water temperature on the growth of juvenile white spot pike *Esox lucius* was conducted. During the experimental period, water temperature, pH, dissolved oxygen (DO) and ammonia-N level were measured once a day respectively. The major environmental factors were controlled at the same levels in each experimental tank where DO was beyond $5.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. White spot pikes weighing $(20 \pm 0.31) \text{ g}$ (mean \pm SE) were reared in different stocking density ($8, 16, 24, 32$ and $40 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$) and water temperatures ($18 \text{ }^{\circ}\text{C}, 21 \text{ }^{\circ}\text{C}, 24 \text{ }^{\circ}\text{C}, 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and CT) in greenhouse for 30 days. At the end of the experiment, fishes were weighed and data analyzed by ANOVA and correlation methods using SPSS software. Growth performance of the fish was significantly affected by water temperature and stocking density. Daily weight gain, specific growth rate, growth efficiency, ration were significantly decreased with increasing densities, maximum SGR (6.282 ± 0.022) occurred in $8 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$. But for net yield, they were much higher in group 24 and $16 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$; With temperature increased, daily weight gain, specific growth rate, growth efficiency increased firstly and then decreased, and reached a maximum (SGR = 5.667 ± 0.041) at $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$. There was significant ($P < 0.01$) negative correlation between density and SGR [SGR = $7.30 - 0.122\text{SD}, r^2 = 0.9927$], and there was significant correlation between temperature and SGR [SGR = $-0.047T^2 + 2.169T - 19.56, r^2 = 0.8342$]. Based on the regression equation, the fish achieved the biggest SGR (5.396%) at $23.11 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Compared with previous studies, the optimal water temperature

收稿日期: 2005-04-07

资助项目: 上海市科学技术委员会资助(43258016); 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科推字 2004 第 1-5-5)

作者简介: 黄宁宇 (1963-), 男, 上海市人, 助理研究员, 从事水产养殖开发研究。E-mail: ningyu886@hotmail.com

is generally lower for white spot pike cultured in greenhouse, and it can be raised in greenhouse successfully if the water temperature and stocking density are well controlled. During the experiments living food were fed, but commercial food for white spot pike is still a problem to be solved.

Key words: *Esox lucius*; juvenile; stocking density; water temperature; greenhouse

白斑狗鱼 (*Esox lucius*) 隶属鲑形目 (Salmoniformes), 狗鱼亚目 (Esocoidae), 狗鱼科 (Esocidae), 狗鱼属 (*Esox*)。在新疆阿勒泰地区俗称狗鱼。白斑狗鱼自然分布于亚洲、欧洲以及北美北部的冷水水域。我国仅产于新疆额尔齐斯河流域。白斑狗鱼喜栖于有支流的河道中, 通常生活于水草丛生的沿岸地带, 属大型肉食性凶猛鱼类, 生长速度快, 食性以鱼为主, 肉质坚韧少刺, 品味鲜美, 营养价值高, 可食部分大, 是一种畅销且具发展前途的淡水增养殖品种^[1]。

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, 使个体间生长差异增大^[2-4]。

温度作为控制因子, 主要对鱼类代谢反应速率起控制作用, 影响着生理生化进程, 如食物摄食量, 维持需求, 代谢率和蛋白质的合成率; 从而成为影响鱼类活动和生长的重要环境变量^[5]。在一定的温度范围内, 鱼类的最大摄食率和生长率随温度的升高而增加; 当温度高于一个临界值(最适温度)时, 摄食率和生长率随温度的增加而下降。这在采用控温技术的设施集约化养殖中具有重要意义。关于鱼类的最适温度, 许多学者习惯用一个峰值来表示^[6-9]; 但也有学者发现在一定范围内, 鱼类的最大摄食率和生长率并无显著差异^[10-12]。

国内外对白斑狗鱼人工繁殖及相关生理学研究已有报道^[13-15], 但由于白斑狗鱼食性以活鱼为主, 饵料不足时会自相残杀, 有关用设施进行集约化人工养殖白斑狗鱼目前尚未见报道。本试验是在甘肃省酒泉市海马水产养殖基地进行, 拟通过对白斑狗鱼在不同密度及温度下摄食和生长的适应性研究, 确定其最佳生长温度范围及养殖密度^[16], 为今后开展白斑狗鱼设施集约化养殖提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与条件

白斑狗鱼为人工繁育所得, 经 10 d 在设施中

暂养、恢复。挑选体长在(10 ± 0.12) cm, 体重(20 ± 0.31) g 左右, 所选试验用鱼体格健壮。试验用养殖容器为直径 2 m, 中间有排污口的圆锅形玻璃钢盆, 用水体积 1 m³。每天投喂 3~5 cm 的鲢鱼苗, 保证各试验盆中的饵料鱼重量是试验的白斑狗鱼重量的 5 倍以上, 记录每日饵料鱼的投喂重量, 30 d 试验结束后扣除捞出的所有剩余的饵料鱼重量, 即为食物总摄入量。

1.2 试验方法

养殖密度试验设计 试验设计为 5 个养殖密度(SD)组: SD1、SD2、SD3、SD4、SD5。初始试验密度分别是每立方米 8 尾、16 尾、24 尾、32 尾、40 尾。密度试验组用水为设施中经循环过滤的净化水, 试验期间为流水, 每日换水量 200%。用鼓风机充气, 溶氧水平 5.5 mg·L⁻¹ 以上。水温 19~25 °C, pH 8.1~8.5。试验历时 30 d。每个试验组均设 3 个重复。

温度试验设计 试验设计 5 个温度处理组(T), 分别是 18、21、24、27 °C 和 1 个自然变温组(CT) 14~18 °C。每组放养 20 尾白斑狗鱼, 将白斑狗鱼从暂养池捞出, 放入各试验盆中, 开始各试验盆水温一致, 然后按 1 °C·(6h)⁻¹ 速率升温至试验温度, 使各组试验鱼适应 5 d 后开始正式试验。对照组水温随自然温度变化而变化, 在 14~18 °C 的范围内波动。各试验盆内的水温由温控仪(WMZK-01)控制, 盆中水体不间断循环过滤, 保证水质清洁和各水层水温一致, 利用鼓风机保证各组溶氧水平一致并大于 5.5 mg·L⁻¹, pH 为 8.3 ± 0.2, 氨氮未检出; 每天吸污并换水 10%, 换水前后温差不超过 0.5 °C。试验历时 30 d。每个试验组均设 3 个重复。

数据处理 试验数据用 SPSS 统计软件进行处理分析^[17], 利用方差分析(ANOVA)来检验密度和温度对白斑狗鱼生长影响的显著性, 并对 SGR 进行回归统计分析^[18], $P < 0.05$ 为显著性水平, $P < 0.01$ 为极显著性水平。生长指标及其计算公式如下:

1) 日增重(daily weight gain, DWG) =

$$(W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

2) 特定增长率(specific growth rate, SGR) =

$$100(\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1)$$

3) 生长效率(growth efficiency, GE) =

$$100(W_2 - W_1)n / F$$

4) 食物转化率(feed conversion ratio, FCR) =

$$F / n(W_2 - W_1)$$

5) 摄食效率(feeding rate, R) =

$$100F / [0.5(W_2 + W_1)n(t_2 - t_1)]$$

6) 净增重(net yield, NY) =

$$(W_2/m_2 - W_1/m_1) / (t_2 - t_1)$$

式中, W_1 、 W_2 为时间 t_1 、 t_2 时的平均体重, F 为食物总摄入量, n 为试验个体数量。 m_2 为养殖水体面积。

2 结果

2.1 不同养殖密度下的生长差异

通过对白斑狗鱼在不同养殖密度下的生长指标的方差分析可以看出, 除食物转化率无显著差异外 ($P > 0.05$), 日增重、特定增长率、生长效率、摄食效率均有显著差异 ($P < 0.05$)。其最终体重、日增重、特定增长率、生长效率和摄食效率都随养殖密度(SD)的增大而显著性降低。但 NY 却是 SD3 和 SD2 组最高, 各个养殖密度组的多重比较如表 1 所示。养殖密度与特定增长率的回归分析发现(图 1), 养殖密度和特定增长率间存在显著直线回归关系 ($P < 0.05$), 其回归方程为: $SGR = 7.30 - 0.122SD (r^2 = 0.9927)$ 。

表 1 白斑狗鱼稚鱼在不同养殖密度下的生长指标

Tab. 1 Growth indexes of juvenile *Esox lucius* cultured at different densities

生长指标 growth indexes	试验组 experimental groups				
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5
日增重($g \cdot d^{-1}$) DWG	3.630 ± 0.030 ^a	2.607 ± 0.014 ^b	1.990 ± 0.009 ^c	1.208 ± 0.035 ^d	0.702 ± 0.021 ^e
特定增长率% SGR	6.282 ± 0.022 ^a	5.266 ± 0.032 ^b	4.513 ± 0.029 ^c	3.464 ± 0.082 ^d	2.290 ± 0.066 ^e
生长效率%, GE	25.00 ± 0.204 ^a	23.80 ± 0.131 ^a	22.20 ± 0.104 ^b	20.31 ± 0.591 ^c	19.67 ± 0.587 ^d
食物转化率 FCR	4.002 ± 0.032 ^a	4.204 ± 0.023 ^a	4.507 ± 0.021 ^a	5.328 ± 0.472 ^a	5.023 ± 0.715 ^a
摄食效率 R	19.64 ± 0.386 ^a	18.44 ± 0.215 ^b	17.70 ± 0.177 ^b	15.92 ± 1.966 ^c	11.35 ± 0.982 ^d
净增重($g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$) NY	9.248 ± 0.323	13.282 ± 0.523	15.211 ± 0.601	12.306 ± 0.413	8.939 ± 0.250
死亡率/% mortality	0	0	0	2.5	5

注: 同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异 ($P < 0.05$), 相同则无显著性差异 ($P > 0.05$)

Notes: the difference letters on the parameters in one row mean significant differences ($P < 0.05$); the same ones mean no significant differences ($P > 0.05$)

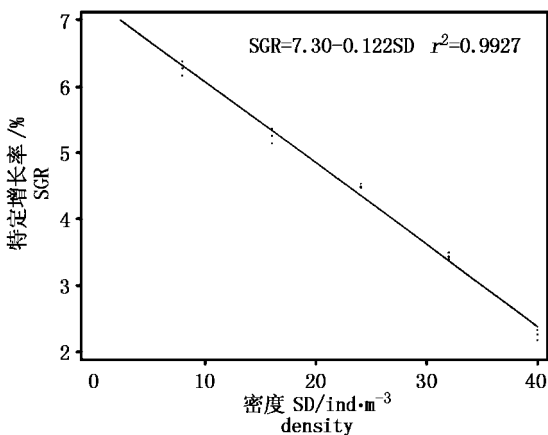


图 1 养殖密度对特定增长率回归分析

Fig. 1 The regression between SGR and stocking density

2.2 不同养殖温度下的生长差异

通过对白斑狗鱼在不同养殖温度下的养殖指标的方差分析发现, 除食物转化率无显著差异外, 日增重、特定增长率、生长效率和摄食效率均有显著差异 ($P < 0.05$)。各养殖温度组的多重比较表 2 所示。24 °C 组的日增重、特定增长率和生长效率都显著高于其他处理组。通过对养殖温度和特定增长率的回归分析发现, 养殖温度和特定增长率之间存在显著的二次函数关系 ($P < 0.05$), 其回归方程为 $SGR = -0.047T^2 + 2.169T - 19.56 (r^2 = 0.8342)$ 。

由回归方程可得, 在 23.1 °C 时, 白斑狗鱼的特定增长率最大, 为 5.544, 温度 23.1 °C 可能为白斑狗鱼在设施集约化养殖中的最适生长水温。

表 2 白斑狗鱼稚鱼在不同养殖温度下生长指标

Tab. 2 Growth indexes of juvenile *Esax lucius* cultured at different temperatures

生长指标 growth indexes	对照组	试验组 experimental groups			
	control group	18 °C	21 °C	24 °C	27 °C
日增重 (g d ⁻¹) DWG	1.439 ± 0.012	1.827 ± 0.020 ^b	2.367 ± 0.024 ^c	2.954 ± 0.037 ^d	2.053 ± 0.014 ^e
特定增长率 % SGR	3.692 ± 0.041 ^a	4.340 ± 0.050 ^b	5.028 ± 0.048 ^c	5.667 ± 0.041 ^d	4.740 ± 0.031 ^e
生长效率 % GE	20.81 ± 0.166 ^a	22.23 ± 0.243 ^b	23.81 ± 0.244 ^c	25.00 ± 0.312 ^d	20.410 ± 0.136 ^e
食物转化率 FCR	4.811 ± 0.038 ^a	4.509 ± 0.050 ^b	4.208 ± 0.043 ^c	4.011 ± 0.050 ^d	4.904 ± 0.032 ^e
摄食效率 R	16.11 ± 0.069 ^a	17.17 ± 0.091 ^b	17.86 ± 0.112 ^c	18.46 ± 0.172 ^d	19.97 ± 0.098 ^e
死亡率 % mortality	0	0	0	0	0

注: 同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异 ($P < 0.05$), 相同则无显著性差异 ($P > 0.05$)

Notes: The difference letters on the parameters in one row mean significant differences ($P < 0.05$); the same ones mean no significant differences

($P > 0.05$)

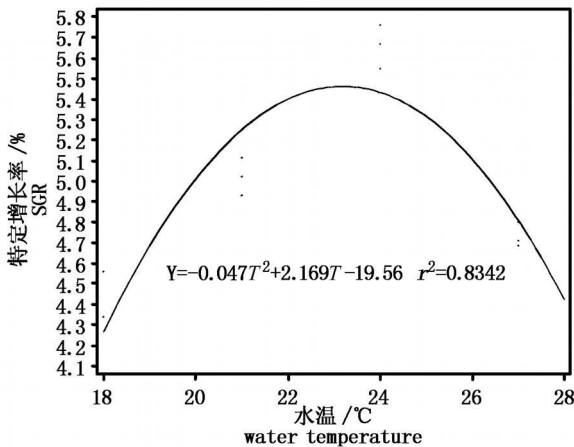


图 2 特定增长率与水温的回归曲线

Fig. 2 The regression curve between SGR and water temperature

3 讨论

3.1 白斑狗鱼生长与养殖密度的关系

本试验白斑狗鱼最终体重、日增重、特定增长率、生长效率和摄食效率都随养殖密度的增大而显著性降低; 但 NY 却是 SD3、SD2 两组最高, 这与李大鹏等^[19]所做的鲟鱼在正常的不同养殖密度试验中, NY 是最高密度组为最大的结果不同。Maske^[20]发现水族箱大小对鱼类生长并非起关键作用, 水体的可利用量才是影响其生长的重要因素。Poston 和 Williams^[21]认为通过提高水中溶氧水平可减少养殖密度对大西洋鲑的影响。但在本试验中, 即使各密度组溶氧水平处于基本一致的良好试验条件下, 其生长还是表现出显著性差异。肉食性凶猛的白斑狗鱼与鲟在设施集约化养殖条件下的生长也不同。

白斑狗鱼是肉食性凶猛鱼类, 在体长生长到 5 ~ 6 cm 以上, 如饵料鱼不足时, 会相互打斗, 自相

残杀。如定期控制好养殖的白斑狗鱼规格整齐, 饵料鱼充足时, 这种情况基本可以避免, 这从白斑狗鱼摄食的特点是首先捕食弱小的饵料鱼以及试验结束时试验盆中剩余的是个体强壮的饵料鱼的现象即是证明。但养殖密度过大如 SD4、SD5 试验组各有 1 尾和 2 尾因打斗、误伤而死。这说明白斑狗鱼尽管是凶猛性鱼类, 但在设施集约化养殖中采取控制好一定的养殖密度, 定期将生长不同步的白斑狗鱼进行分池养殖等措施, 开展白斑狗鱼设施集约化养殖是可行的。

3.2 白斑狗鱼生长与养殖温度的关系

试验结果表明, 当白斑狗鱼特定增长率最大为 5.544 时, 此时的水温 23.1 °C 即为白斑狗鱼在设施集约化养殖中的最适生长水温。这与 Bevelhimer 等^[22]报道的白斑狗鱼在自然界最适生长温度 24~25 °C 基本一致。冷水性鱼类, 如虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*), 其适温范围一般有两个: 7~9 °C 和 16~19 °C^[23]。温水性鱼类的适宜生长水温范围多在 20~30 °C^[23], 凶猛性鱼类鳊和乌鳢的最适生长温度也是有一段最适温度平台^[24]。就试验结果来看, 白斑狗鱼生长适宜温度范围较广, 至少在 14~27 °C 都能摄食生长, 有报道表明白斑狗鱼可在 0~30 °C 的温度范围内存活^[25], 但低温和高温均不利于白斑狗鱼的生长。白斑狗鱼的适宜生长的水温在 23 °C 左右, 其生长水温范围较广, 应该是介于温水性和冷水性之间的鱼类。

3.3 白斑狗鱼设施养殖中的密度和温度控制

白斑狗鱼设施养殖中的密度在饵料鱼充足、水质良好的情况下, 体重在 20 g 的白斑狗鱼应控制在每立方米 20 尾, 尽管密度小有利于白斑狗鱼生长, 但没能有效地发挥养殖设施的效益。而密度过大, 白斑狗鱼不但生长缓慢, 而且易发生相互

打斗、残杀。

试验表明, 白斑狗鱼最适生长水温应在 23~24 °C, 但在设施养殖中白斑狗鱼的养殖水温最好控制在 24 °C 以下, 这是因为当水温超过 27 °C 时, 白斑狗鱼明显活动加剧, 性情不稳定, 易造成打斗和误伤。另外维持过高的新陈代谢需要保持水体中足够的溶解氧和良好的水质状况, 需增加养殖成本。

4 结论

白斑狗鱼设施养殖中的密度在饵料鱼充足和水质良好的情况下, 体重在 20 g 的白斑狗鱼应控制在每立方米 20 尾; 白斑狗鱼最适生长水温应在 23~24 °C, 但在设施养殖中白斑狗鱼的养殖水温最好控制在 24 °C 以下。本试验为白斑狗鱼开展设施集约化养殖做了有益的尝试; 但要确保有充足的大小适口的活饵料鱼供应是白斑狗鱼设施集约化养殖成功的前提, 是否能通过驯化而改变白斑狗鱼摄食习性, 用冰鲜鱼或软颗粒饲料替代活饵料鱼, 今后需进一步研究探讨。

参考文献:

[1] 乔德亮, 凌去非, 姚化章, 等. 白斑狗鱼人工繁育技术的初步研究[J]. 科学养鱼, 2002(5): 15- 16.

[2] Andrews J W, Knight L H, Page J W, *et al.* Interactions of stocking density and water turnover on growth and food conversion of channel catfish reared in intensively stocked tanks[J]. Prog Fish-Cult, 1971, 33: 197- 203.

[3] Allen K O. Effects of stocking density and water exchange rate on growth and survival of channel catfish *Ictalurus punctatus* in circular tanks[J]. Aquac, 1974, 4: 29- 39.

[4] Fagerlund U H M, McBride J R, Stone E T. Stress-related effects of hatchery rearing density on coho salmon[J]. Trans Am Fish So, 1981, 110: 644- 649.

[5] 庄平, 李大鹏, 严安生. 拥挤胁迫和环境因子对史氏鲟生长的调控作用[J]. 中国水产科学, 2003, 10(7): 55- 66.

[6] 孙儒泳, 张玉书. 温度对罗非鱼生长的影响[J]. 生态学报, 1982, 2(2): 111- 118.

[7] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲇的最大摄食率及其与体重和水温的关系[J]. 生态学报, 1992, 12(3): 226- 231.

[8] Buckel J A, Steinberg N D. Effects of temperature, salinity and fish size on growth and consumption of juvenile blue fish[J]. J

Fish Biol, 1995, 47: 696- 706.

[9] Clapp D F, Wahl D H. Comparison of food consumption, growth, and metabolism among muskellunge: an investigation of population differentiation[J]. Trans Am Fish Soc, 1996, 125: 402- 410.

[10] Horn M H, Gibson R N. Effects of temperature on the food processing of three species of seaweed-eating fish from European coastal waters[J]. J Fish Biol, 1990, 37: 237- 247.

[11] Burel B, Person-Le Ruyet J, Gaumet F, *et al.* Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot[J]. J Fish Biol, 1996, 49: 678- 692.

[12] Ellis C S, Watanabe W O, Ellis E P. Temperature effects on feed utilization and growth of post settlement stage Nassau grouper[J]. Trans Amer Fish Soc, 1997, 126: 309- 315.

[13] 杜劲松, 海萨, 苏德学, 等. 白斑狗鱼胚胎和仔鱼发育的研究[J]. 水生生物学报, 2004, 28(6): 629- 634.

[14] 张桂容, 杜劲松. 额尔齐斯河白斑狗鱼的个体繁殖力[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(3): 335- 337.

[15] 苏德学, 严安生. 钠、钾、钙和葡萄糖对白斑狗鱼精子活力的影响[J]. 动物学杂志, 2004, 39(1): 16- 20.

[16] 庄平, 李大鹏, 王学明, 等. 养殖密度对施氏鲟稚鱼生长的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 735- 738.

[17] 陈平雁, 黄浙明. SPSS10.0 统计软件应用教程[M]. 北京: 人民军医出版社, 2001. 89- 200.

[18] Altman D G. Practical statistics for medical research[M]. Chapman & Hall, London, 1991. 205- 215.

[19] 李大鹏, 庄平, 严安生, 等. 光照、水流和养殖密度对史氏鲟稚鱼摄食、行为和生长的影响[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 54- 61.

[20] Meske C. Fish aquaculture[M]. Pergamon Press, Oxford, 1985. 237.

[21] Poston H A, Williams R C. Interrelations of oxygen concentration, fish density, and performance of Atlantic salmon in an ozonated water reuse system[J]. Prog Fish Cult, 1988, 50: 69- 76.

[22] Bevelhimer M S, Stein R A, Carline R F. Assessing significance of physiological difference among three esocids with a bioenergetics model[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1985, 42: 57- 69.

[23] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 41.

[24] 刘家寿, 崔奕波, 刘健康. 鳊和乌鳢最适温度的研究[J]. 水生生物学报, 2002, 26(5): 433- 437.

[25] Cassel J M. Effects of environmental factors on growth survival, activity and exploitation of northern pike[J]. Am Fish Soc Sepc Publ, 1978, 11: 114- 118.