

文章编号: 1004-7271(2008)03-0321-06

## 养殖密度对饵料驯化期细鳞鱼 稚鱼生长的影响

张玉勇<sup>1</sup>, 徐革锋<sup>1</sup>, 金舒博<sup>2</sup>, 牟振波<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;

2. 东北农业大学成栋学院生物技术系, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**研究了养殖密度对饵料驯化期细鳞鱼稚鱼生长和存活的影响。试验分别设置了4个养殖密度(1 000、5 000、10 000、15 000 尾/m<sup>2</sup>), 试验期间依次投喂水蚯蚓→水蚯蚓、软颗粒饲料→软颗粒饲料→软颗粒饲料、硬颗粒饲料→硬颗粒饲料的驯养方法, 逐步从动物性饵料转化为人工配合颗粒饲料喂养。经过40 d的试验发现, 养殖密度对细鳞鱼稚鱼的存活率具有显著性影响, 但养殖密度对肥满度(CF)、特定增长率(SGR)和变异系数(CV)的影响并不显著。各密度组的死亡率分别为32.8%、28.7%、16.0%和19.3%, 肥满度为0.85~0.97, SGR平均值为4.40%, 体重变异系数为11.59%~16.89%, 体长的变异系数为37.05%~48.48%。研究结果表明饵料转化期的细鳞鱼稚鱼(2.80±0.01 cm)完全可以在较高的养殖密度下进行培育。

**关键词:**细鳞鱼; 人工驯化; 养殖密度; 肥满度; 特定增长率; 变异系数

中图分类号: S 965.2 文献标识码: A

## Influences of stocking density of domestication on growth of juvenile *Brachymastax lenok*

ZHANG Yu-yong<sup>1</sup>, XU Ge-feng<sup>1</sup>, JIN Shu-bo<sup>2</sup>, MU Zhen-bo<sup>1</sup>

(1. Heilongjiang Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Harbin 150070, China;

2. Biotechnology Department, Chengdong College of Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In this paper the effects of stocking density on the growth and survival of juvenile *Brachymastax lenok* were studied. Experimental fish were reared in four different stocking density (1 000, 5 000, 10 000, 15 000 ind/m<sup>2</sup>) for 40 days. During experiment period, using the domestication method of gradually transition (*Limnodrilus sp* → *Limnodrilus sp*, soft granular food → soft granular food, hard granular food → hard granular food), the fish fry can be weaned to artificial dry foods by gradually reducing the animal feed. Result showed that the survival rate was significantly affected by stocking density, but not for condition factor (CF), special growth rate (SGR) and coefficients of variation (CV). In this experiment, the death rates were 32.8%, 28.7%, 16.0% and 19.3% for the stocking densities of 1 000, 5 000, 10 000, 15 000 ind/m<sup>2</sup>, respectively. CF ranged from 0.85 to 0.97, SGR ranged from 0.37% to 7.73%, the body weight CV ranged

收稿日期: 2007-07-23

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAD03B08-3); 黑龙江科技攻关项目(GC03B511; GA06B203-4); 农业科技成果转化基金(2007GB23260395); 黑水研基本科研专项(2007HSYZX-YY-19)

作者简介: 张玉勇(1976-), 男, 山东德州人, 助研, 主要从事鱼类繁育及遗传育种方面的研究。E-mail: yuyongzhang2008@163.com

通讯作者: 牟振波, E-mail: mouzhenbo@163.com

from 11.59 to 16.89%, and the body length CV ranged from 37.05 to 48.48%. The results demonstrated that lenok juvenile ( $2.80 \pm 0.01$  cm) can be reared in high stocking density during the domestication period.

**Key words:** *Brachymastax lenok*; domestication; stocking density; condition factor (CF); special growth rate (SGR); variation coefficients (CV)

细鳞鱼 (*Brachymastax lenok* Pallas) 又名细鳞鲑, 属于鲑形目鲑科细鳞鱼属, 是我国名贵的冷水性经济鱼类<sup>[1-2]</sup>。在我国自然分布于黑龙江至辽河的支流上游, 河北及内蒙古潮白河与滦河上游, 黄河的渭河上游及其支流和长江的汉水北侧支流渭子河、子午河的上游; 国外主要分布在朝鲜、俄罗斯、蒙古、欧洲和北美洲<sup>[3]</sup>。近年来由于过度捕捞、森林砍伐、环境污染和某些其它原因, 资源量严重下降。在我国该鱼被列为国家 II 级保护动物, 濒危种。随着我国对自然资源保护的高度重视和养殖业开发高档新品种的迫切需要, 现已开展了细鳞鱼人工繁殖和养殖工作<sup>[1,4-5]</sup>。

在养殖过程中为了提高养殖水体的利用率, 通常追求高密度养殖, 但高养殖密度往往会导致种内对空间和食饵的竞争, 使养殖群体生长率和存活率下降, 并且增大鱼病发生的可能性, 使个体间生长差异增大<sup>[6-7]</sup>。细鳞鱼作为一种优良的淡水养殖新对象, 开发利用前景广阔。研究细鳞鱼稚鱼生长和存活与养殖密度之间的关系, 尤其是研究养殖密度对饵料驯化期的影响, 对细鳞鱼苗种培育具有指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

细鳞鱼稚鱼为人工繁殖培育所得, 从孵化到试验前在人工条件下培育了 20 d, 此时正处于饵料转换期, 试验期间依次投喂水蚯蚓 (*Limnodrilus* sp.) → 水蚯蚓、软颗粒饲料 → 软颗粒饲料 → 软颗粒饲料、硬颗粒饲料 → 硬颗粒饲料的驯养方法, 逐步从动物性饵料转化为人工配合颗粒饲料喂养, 从而完成苗种驯化。所选用试验鱼体格健壮, 大小基本一致, 平均体长  $2.80 \pm 0.01$  cm, 体重  $0.147 \pm 0.036$  g。试验用养殖容器为长方形平底聚乙烯试验槽, 规格 30 cm × 40 cm × 20 cm。试验用水为镜泊湖渗水形成的泉水, 经曝气后使用。

### 1.2 试验方法

试验采用流水系统, 水流量大小为  $(0.3 \times 10^{-3} \sim 0.4 \times 10^{-3})$  m<sup>3</sup>/s。试验设置了 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub> 共 4 个养殖密度组, 初始密度分别为 1 000、5 000、10 000 和 15 000 尾/m<sup>2</sup> (即每一水槽分别放入 120、600、1 200、1 800 尾), 并设三个平行。试验期间, 使各试验组幼鱼均处于适宜的生长条件下, 并且每天记录水温, 测量溶解氧、pH 和进水管水流流速等水质指标, 使各组试验条件基本相同, 并观察稚鱼的活动情况。每天投饵 6 次, 饵料逐步从动物性饵料转化为人工配合颗粒饲料。前期投喂水蚯蚓, 后期投喂配合饲料, 所用饵料及投喂时间分别为水蚯蚓 5 d, 水蚯蚓、软颗粒饲料混合投喂 10 d, 软颗粒饲料投喂 10 d, 软颗粒饲料、硬颗粒饲料混合投喂 10 天, 硬颗粒饲料投喂 5 d。试验共用了 40 d 时间, 每 10 d 测量一次生长数据, 测量时间选择在早晨第 1 遍投饵之前, 测量时利用麻醉剂将其麻醉后, 迅速测量体长、体重。

### 1.3 数据统计和参数计算

数据通过统计软件 SPSS12.0 进行分析处理, 试验所需主要参数的计算公式:

肥满度 (Condition factor, CF)

$$CF = \frac{W}{L^3} \times 100;$$

特定生长率 (Specific growth rate, SGR)

$$SGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \times 100;$$

变异系数 (Coefficient of variation, CV)

$$CV = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100;$$

体重生长曲线 (Weight growth curve)

$$W = ae^{bt};$$

体长与体重关系式 (Length and weight correlation equation)

$$W = aL^b$$

式中  $W_1$  和  $W_2$  是初始体重和最终体重 (g),  $t$  是试验时间,  $L$  是体长 (cm),  $SD$  标准差,  $\bar{X}$  是平均体重 (g),  $a$  和  $b$  是常数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水质指标

实验期间水质指标基本维持在一个细鳞鱼稚鱼生长较安全的范围之内。水温变化范围为 11.2 ~ 16.4 °C, 溶解氧为 5.4 ~ 7.2 mg/L, pH 为 6.6 ~ 7.4。表 1 给出了水质指标阶段性数据结果。

表 1 水质指标情况

Tab. 1 Water quality (mean ± SE) at four stocking densities

测量指标	0 ~ 10 d	10 ~ 20 d	20 ~ 30 d	30 ~ 40 d
水温 (°C)	11.8 ± 0.04	12.1 ± 0.06	13.4 ± 0.11	14.7 ± 0.31
溶解氧 (mg/L)	7.09 ± 0.09	6.75 ± 0.10	6.81 ± 0.11	6.20 ± 0.12
pH	6.72 ± 0.03	6.91 ± 0.02	7.02 ± 0.05	6.89 ± 0.02

### 2.2 养殖密度与细鳞鱼稚鱼存活率之间的关系

试验期间细鳞鱼稚鱼存活率较高, 养殖密度对其影响显著 ( $P < 0.01$ ,  $P = 0.005$ )。试验开始时各组死亡率均较高, 但随着试验的进行各组死亡率均呈下降趋势, 这说明转饵期是细鳞鱼的高死亡期, 但随着细鳞鱼稚鱼的生长其抗逆性增强, 死亡率稳步下降。比较来看, 整个试验期间不同密度组之间死亡率由高到低依次为:  $D_1 > D_2 > D_4 > D_3$  (表 2)。较高的死亡率出现在低密度组中, 这可能与集群效应有关, 过低的养殖密度不利于细鳞鱼稚鱼驯化和摄食。试验过程中也注意到, 存活率较高的高密度组幼鱼往往行动活泼, 食欲较强, 摄食迅速。

表 2 四种密度下细鳞鱼稚鱼不同阶段的死亡率

Tab. 2 The death rate in juvenile *Brachymystax lenok* at the four stocking densities every 10 days

不同阶段	试验组			
	$D_1$ (%)	$D_2$ (%)	$D_3$ (%)	$D_4$ (%)
10 d	7.4	5.3	8.0	5.8
20 d	10.7	8.7	5.0	5.4
30 d	11.3	8.0	2.7	4.5
40 d	3.4	4.0	3.0	3.6
总死亡率 (%)	32.8	28.7	16.0	19.3

### 2.3 养殖密度对细鳞鱼稚鱼肥满度的影响

试验开始时细鳞鱼稚鱼肥满度为 0.55 ~ 0.75, 40 d 的试验后, 肥满度为 0.85 ~ 0.97, 试验期间肥满度最高值出现在  $D_1$  密度组, 为 0.97 (表 3)。方差分析表明不同生长阶段对肥满度这一指标的影响显著 ( $P < 0.01$ ,  $P = 0.0072$ ), 而不同密度组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ ,  $P = 0.899$ )。肥满度是反映体长与体重之间关系的一项指标, 鱼的肥满度随气候、饵料条件以及鱼体自身因素和生长阶段而变化<sup>[8]</sup>, 本试验表明养殖密度对细鳞鱼稚鱼肥满度的影响较小。

表3 不同养殖密度下体长,体重和肥满度的初始值和最终值

Tab.3 Mean total length (mean  $\pm$  SD), mean weight (mean  $\pm$  SD) and condition factor (CF) of initial and final measurement at the four stocking densities

密度	开始时			结束时		
	体长 (cm)	体重 (g)	肥满度 (CF)	体长 (cm)	体重 (g)	肥满度 (CF)
D <sub>1</sub>	2.68 $\pm$ 0.24	0.139 $\pm$ 0.027	0.73 $\pm$ 0.03	4.67 $\pm$ 0.78	0.988 $\pm$ 0.465	0.97 $\pm$ 0.05
D <sub>2</sub>	2.96 $\pm$ 0.12	0.146 $\pm$ 0.029	0.57 $\pm$ 0.05	4.54 $\pm$ 0.53	0.840 $\pm$ 0.344	0.90 $\pm$ 0.04
D <sub>3</sub>	2.67 $\pm$ 0.15	0.142 $\pm$ 0.041	0.74 $\pm$ 0.06	4.57 $\pm$ 0.69	0.814 $\pm$ 0.302	0.85 $\pm$ 0.09
D <sub>4</sub>	2.77 $\pm$ 0.22	0.160 $\pm$ 0.041	0.75 $\pm$ 0.04	4.49 $\pm$ 0.59	0.783 $\pm$ 0.307	0.87 $\pm$ 0.05

随着试验时间的推移,细鳞鱼稚鱼体重均呈指数生长(图1),各试验组体重生长方程分别为: $W_{D_1} = 125.06e^{0.0451t}$  ( $R^2 = 0.9202$ ),  $W_{D_2} = 124.31e^{0.0484t}$  ( $R^2 = 0.9645$ ),  $W_{D_3} = 128.71e^{0.0455t}$  ( $R^2 = 0.9717$ ),  $W_{D_4} = 125.72e^{0.0521t}$  ( $R^2 = 0.9815$ )。各密度组细鳞鱼稚鱼体重与体长的关系曲线分别为: $W_{D_1} = 0.0059L^{3.1922}$  ( $R^2 = 0.9302$ ),  $W_{D_2} = 0.0057L^{3.2293}$  ( $R^2 = 0.9029$ ),  $W_{D_3} = 0.0053L^{3.2732}$  ( $R^2 = 0.8968$ ),  $W_{D_4} = 0.0063L^{3.1799}$  ( $R^2 = 0.9356$ ) (图2)。

## 2.4 养殖密度对细鳞鱼稚鱼特定生长率的影响

特定生长率 SGR 最高值出现在试验进行了30 d 后的 D<sub>4</sub> 组中,值为 7.73%; SGR 最低值出现在试验进行了 10 d 后的同一组中,值为 0.37%。试验进行了 30 d 后各密度组的 SGR 均达到最大值,而后出现下降(图3)。整个试验期间各密度组平均 SGR 值为 4.40%。方差分析结果显示养殖密度对细鳞鱼稚鱼的 SGR 没有显著性的影响 ( $P > 0.05$ ,  $P = 0.515$ ),而不同的养殖阶段对 SGR 却存在极显著影响 ( $P < 0.01$ ,  $P = 9.92 \times 10^{-5}$ )。

一般认为,除了遗传、饵料和环境条件等影响因素之外,群体密度是影响野生或养殖鱼类生长和性成熟的一个重要因素<sup>[9]</sup>。但养殖密度对养殖对象的生长的影响还存在一定的争论。有的学者研究发现养殖密度与养殖对象的存活与生长存在负相关关系,例如大鳞大麻哈鱼 (*Concorhynchus tshawytscha*)<sup>[10]</sup>、史氏鲟 (*Acipenser schrenckii*)<sup>[11]</sup>、白斑狗鱼 (*Esox lucius*)<sup>[12]</sup> 等;而有的学者则发现养殖密度对养殖对象影响较小或者几乎没有影响,例如俄罗斯鲟鱼<sup>[13]</sup>、大眼梭鲈 (*Stizostedion Vitreum vitreum*)<sup>[14]</sup> 等。本试验中尽管各密度组的 SGR 并不一致(整个试验期间 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> 各组的平均 SGR 分别为 4.90%, 4.37%, 4.37% 和 3.98%),但养殖密度对其的影响并不显著 ( $P > 0.05$ ),这与俄罗斯鲟鱼等的结论一致。对本试验结论可能的解释是,细鳞鱼稚鱼在较高的养殖密度下相互间存在着较低水平的负面影响,这与 Baker 等人的观点一致<sup>[15]</sup>。在养殖条件下细鳞鱼稚鱼不存在自残现象并且易于驯化,这在某种程度上也降低了高密度所产生的负面影响。

## 2.5 养殖密度对生长离散的影响

试验期间无论是体重还是体长的变异系数均受不同试验阶段的显著影响 ( $P < 0.01$ ,  $P = 4.73 \times 10^{-5}$  和 0.0024),但不同养殖密度对细鳞鱼稚鱼体重和体长均无显著影响 ( $P > 0.05$ ,  $P = 0.717$  和 0.979)。体重变异系数为 11.59% ~ 16.89%,体长的变异系数为 37.05% ~ 48.48% (图4)。

养殖密度过大往往会导致种内对空间和饵料的竞争,当水域空间和食物资源趋于紧张时,由于竞争作用通常使从属劣势鱼更处于劣势,生长率进一步下降,而优势鱼则受影响较小,因此整个鱼群的平均

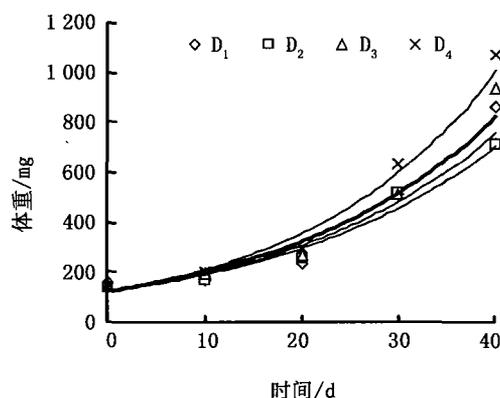


图1 不同养殖密度组中细鳞鱼的体重生长曲线

Fig.1 Weight growth curves of juveniles *Brachymastax lenok* at the four stocking densities

生长率下降,生长离散就会加剧。本次试验前后,各实验组的 CV 均未出现明显的变化。Blackburn<sup>[16]</sup>认为充足的溶氧会降低养殖密度对银鲟生长的抑制作用。本次试验中保持了良好的水质,溶氧充足,水温适宜,从而使高密度组的种内竞争及排泄因子对生长和存活的不利影响被良好的水体环境所减弱。

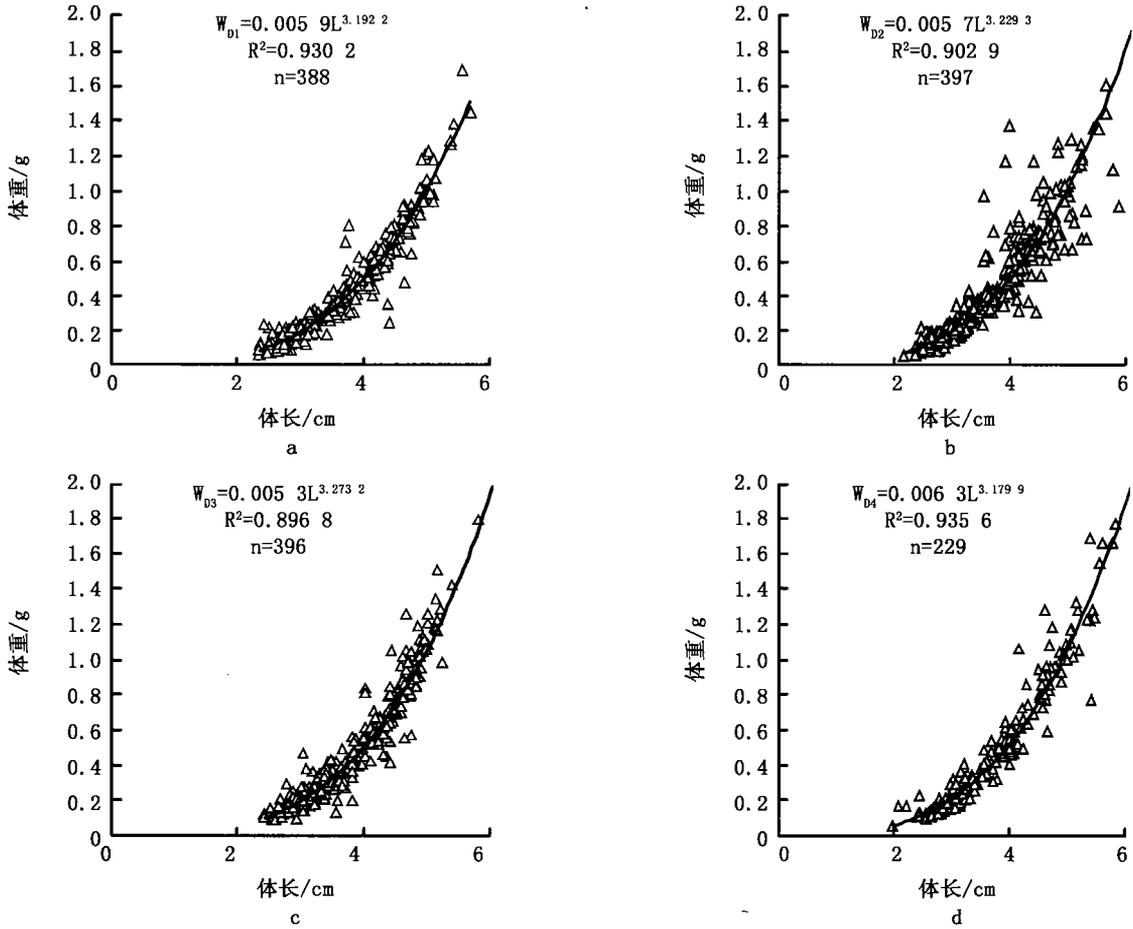


图2 不同养殖密度下细鳞鱼稚鱼体重与体长关系曲线

Fig.2 Length-weight relationship of lenok juvenile reared at four different stocking densities  
a. D<sub>1</sub>, b. D<sub>2</sub>, c. D<sub>3</sub>, d. D<sub>4</sub>

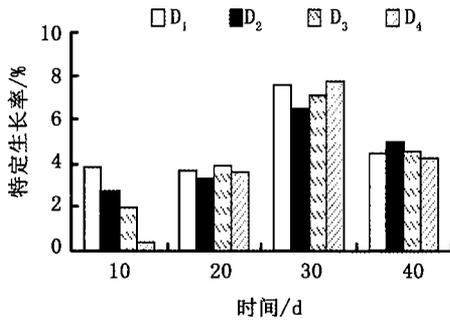


图3 不同养殖密度下的细鳞鱼稚鱼特定生长率(SGR)  
Fig.3 SGR of lenok juvenile at four stocking densities

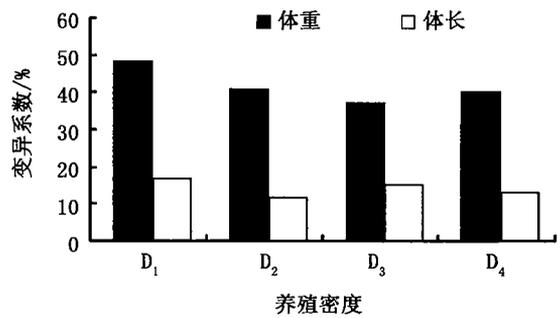


图4 不同养殖密度下细鳞鱼稚鱼体长与体重变异系数  
Fig.4 Coefficients of variation of standard length and body weight of lenok juvenile at four stocking densities

## 2.6 养殖密度对细鳞鱼稚鱼活动行为的影响

养殖密度对细鳞鱼的活动行为也有一定的影响,  $D_1$  与  $D_4$  两个密度组对比明显。具体表现为, 高密度组稚鱼集群明显, 低密度组稚鱼多做“散游”; 高密度组抢食明显, 投饵时很快就能进入摄食状态, 而低密度组进入摄食状态较晚, 抢食强度低。但高密度组的稚鱼相遇频率要高于低密度环境中的频率, 鱼类活动呈现一种比较“焦急”的状态, 彼此相互碰撞与避让; 而低密度中的鱼的活动相对平稳, 少有碰撞, “情绪”看似比较平和。试验过程中还发现稚鱼的体色与养殖密度有关, 高密度组的体色较深, 低密度环境下的体色较浅, 而体色的变化很可能是细鳞鱼稚鱼对环境产生应激的一种反应, 因此可以通过观察体色来对细鳞鱼养殖密度进行调整。

## 3 结论

养殖密度对细鳞鱼稚鱼存在一定影响, 这主要表现在饵料转换期对稚鱼死亡率的影响较大, 但养殖密度对  $CF$ 、 $SGR$  和  $CV$  的影响并不显著。试验中较高的死亡率还是出现在较低的密度组中, 可见细鳞鱼稚鱼 ( $2.80 \pm 0.01$  cm) 在养殖驯化期间可以采用较高的密度进行培育, 这样既可以有效发挥养殖设施的效益, 又可得到较理想的培育效果。

### 参考文献:

- [1] 张德隆, 杜晓燕, 张雅斌, 等. 细鳞鱼人工繁殖和苗种培育[J]. 淡水渔业, 2006, 36(2): 49-51.
- [2] 张觉民. 黑龙江省鱼类志[M]. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1995, 52-54.
- [3] Sang-Min Lee, Kyoung-Duck Kim, Huem Gi Park, et al. Protein requirement of juvenile Manchurian trout *Brachymastax lenok*[J]. Fisheries Science, 2001, 67: 46-51.
- [4] 白桂芝, 张捷彬, 赵洪生. 细鳞鱼、哲罗鱼人工育苗及养殖技术项目试验初报[J]. 黑龙江水产, 1999, 4: 12-13.
- [5] 刘希泰, 郭银环, 钱志军. 池养细鳞鱼亲鱼培育技术研究[J]. 河北渔业, 2000, 3: 16-17.
- [6] 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-Cul, 1971, 33: 197-203.
- [7] Fagerlund U H M, McBride J R, Stone E T. Stress-related effects of hatchery rearing density on coho salmon[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1981, 110: 644-649.
- [8] 徐如卫, 罗仙池. 新安水库太湖银鱼生长特性的初步研究[J]. 浙江水产学院学报, 1996, 15(2): 122-128.
- [9] Smith H T, Schreck C B, Maughan O E. Effect of population density and feeding rate on the fathead minnow (*Pimephales promelas*) [J]. Journal of Fish Biology, 1978, 12: 449-455.
- [10] Martin R M, Wertheimer A. Adult production of chinook salmon reared at different densities and released as two amolt sizes[J]. Progressive Fish-Culturist, 1989, 51: 194-200.
- [11] 李大鹏, 庄平, 严安生, 等. 光照、水流和养殖密度对史氏鲟幼鱼摄食、行为和生长的影响[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 54-61.
- [12] 黄宁宇, 夏连军, 么宗利. 养殖密度和温度对白斑狗鱼在设施养殖中生长的影响[J]. 水产学报, 2006, 30(1): 76-80.
- [13] Celikkale M S, Memis D, Ercan E, et al. Growth performance of juvenile Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzenburg, 1833) at two stocking densities in net cages[J]. J Appl Ichthyol, 2005, 21: 14-18.
- [14] Fox M G, Flowers D D. Effect of fish density on growth, survival and food consumption by juvenile walleyes in rearing ponds[J]. Transactions of the American Fishery Society, 1990, 119: 112-121.
- [15] Baker R F, Ayles G B. The effects of varying density and loading level on the growth of Arctic charr (*Aalvelinus alpinus* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. World Aquaculture, 1990, 121: 313-326.
- [16] Blackburn J, Clarke W C. Lack of density effect on growth and smolt quality in zero-age coho salmon[J]. Aquacultural engineering, 1990, 9(2): 121-130.