

不同养殖密度对大鳞鲃生长性能的影响

李楠¹, 高哲颖², 杜晨光¹, 孟睦涵¹, 郝金梓^{1,3}, 赵永红⁴, 周瑞⁴, 李太初^{1*}

¹天津市水产研究所, 天津

²天津市滨海新区农业农村发展服务中心, 天津

³天津农学院水产学院, 天津

⁴清水县宏鑫源种养农民专业合作社, 甘肃 天水

收稿日期: 2026年8月16日; 录用日期: 2026年9月8日; 发布日期: 2026年9月18日

摘要

为探究养殖密度对大鳞鲃幼鱼生长性能的影响, 本试验设置4.83 g/L (低密度)、6.00 g/L (中密度)、7.21 g/L (高密度) 3个密度梯度, 开展为期30 d室内养殖试验, 测定各组大鳞鲃存活率、体长、体重、相对增重率、特定生长率、日均摄食率、饵料系数及肥满度等指标。结果显示: 养殖密度升高会产生拥挤胁迫, 显著抑制大鳞鲃摄食与生长; 仅高密度组出现1尾死亡, 三组成活率无显著差异($P > 0.05$); 末均重、相对增重率、特定生长率、日均摄食率随密度升高显著降低, 饵料系数显著上升($P < 0.05$); 低密度组肥满度显著低于中、高密度组($P < 0.05$), 中高密度组间无显著差异。综合生长、摄食与饲料利用效率, 4.83 g/L低密度条件下大鳞鲃生长性能与饵料转化效果最优; 中密度可兼顾水体产出, 高密度会明显降低养殖效益。本研究可为大鳞鲃鱼种标准化集约化培育提供密度参考依据。

关键词

大鳞鲃, 养殖密度, 生长性能, 饵料系数, 拥挤胁迫

Effects of Different Stocking Densities on Growth Performance of *Barbus capito*

Nan Li¹, Zheyang Gao², Chenguang Du¹, Muhan Meng¹, Jinzi Hao^{1,3}, Yonghong Zhao⁴, Rui Zhou⁴, Taichu Li^{1*}

¹Tianjin Fisheries Research Institute, Tianjin

²Binhai New Area Agriculture and Rural Development Service Center, Tianjin

³College of Fisheries, Tianjin Agricultural University, Tianjin

⁴Qingshui County Hongxinyuan Planting and Breeding Farmers' Professional Cooperative, Tianshui Gansu

Received: August 16, 2026; accepted: September 8, 2026; published: September 18, 2026

*通讯作者。

文章引用: 李楠, 高哲颖, 杜晨光, 孟睦涵, 郝金梓, 赵永红, 周瑞, 李太初. 不同养殖密度对大鳞鲃生长性能的影响[J]. 水产研究, 2026, 13(3): 310-316. DOI: 10.12677/ojfr.2026.133036

Abstract

To investigate the effects of stocking density on the growth performance of juvenile *Barbus capito*, a 30-day indoor breeding experiment was carried out with three density gradients: low density (4.83 g/L), medium density (6.00 g/L) and high density (7.21 g/L). Indicators including survival rate, body length, body weight, weight gain rate, specific growth rate, daily feeding ratio, feed conversion ratio and condition factor of *Barbus capito* in each group were measured. The results showed that increased stocking density caused crowding stress and significantly inhibited feeding and growth of *Barbus capito*. Only one individual died in the high-density group, and there was no significant difference in survival rate among the three groups ($P > 0.05$). The final average body weight, weight gain rate, specific growth rate and daily feeding ratio decreased significantly with the increase of density, while the feed conversion ratio increased significantly ($P < 0.05$). The condition factor of the low-density group was significantly lower than that of the medium and high-density groups ($P < 0.05$), while no significant difference existed between medium and high-density groups. Comprehensive analysis of growth, feeding and feed utilization efficiency indicated that *Barbus capito* reared at low density of 4.83 g/L achieved the optimal growth performance and feed conversion efficiency. Medium density balanced water output, whereas high density remarkably reduced breeding economic benefits. This study provides a theoretical reference for standardized intensive fry culture of *Barbus capito*.

Keywords

Barbus capito, Stocking Density, Growth Performance, Feed Conversion Ratio, Crowding Stress

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大鳞鲃(*Barbus capito*)隶属于鲤形目(*Cyprini formes*)、鲤科(*Cyprinidae*)、鲃亚科(*Barbinae*)、鲃属(*Barbus*)，主要分布于乌兹别克斯坦里海和咸海水系，商品名为“淡水银鳊鱼”，是一种耐盐碱、生长快、抗逆性强的优质经济鱼类[1]，该鱼种于2003年由我国水产科学研究院黑龙江水产研究所引入国内，经驯化繁育与养殖适配，目前已在我国多地成功推广养殖，是改良盐碱水域、优化水产养殖结构的特色养殖品种，养殖产业发展前景广阔[2][3]。近年来，大鳞鲃集约化养殖规模持续扩大，规范化养殖参数的完善成为提升养殖效益、推动产业可持续发展的关键。其中，养殖密度作为水产养殖核心环境因子，对养殖生产的调控作用尤为关键。

养殖密度可直接影响鱼类的活动空间、摄食竞争、生理代谢与生长行为，进而决定鱼类生长效率与养殖成活率，是调控集约化养殖生产的核心参数[4]。养殖密度过高会引发鱼类拥挤胁迫、加剧水质恶化，抑制鱼类生长、诱发养殖病害；而密度过低则会造成水体资源浪费，降低单位产量与养殖经济效益[5]。

现阶段我国关于大鳞鲃的研究多集中于繁育、耐盐适应性、饲料研发等领域[6]，针对不同养殖密度梯度的量化对比研究较为薄弱，尚未形成统一的标准化养殖密度参数体系。实际养殖生产多依赖经验定密，存在较强的主观性与盲目性，易造成生长不均、病害频发、效益不稳等问题，制约了大鳞鲃养殖产业的规范化、规模化发展。为此，本实验设置3个养殖密度梯度，开展为期30天的可控养殖试验，探究

不同密度条件下大鳞鲃的生长与存活变化规律，旨在明确适宜其规模化养殖的最优密度区间，补充大鳞鲃养殖密度基础数据，为该鱼标准化、高效化养殖生产提供理论依据与技术参考。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

实验大鳞鲃购自山东省郯城县鱼胖胖养殖农民专业合作社，平均体长 10.75 ± 0.62 cm，平均体重为 12.47 ± 1.45 g，驯养于 $50\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 45\text{ cm}$ 的透明鱼缸中，暂养 10 d。每天投喂一次基础饲料，营养成分见表 1，投喂时间为上午 9:00，投喂饲料重量为鱼体重的 3%，投喂时间为 2 h，投喂时间结束后捞走残余饲料。实验用水为充分曝气后的自来水，全程水质参数稳定控制为：水温 $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ，溶解氧 ≥ 5 mg/L，pH 值 7.0 ± 0.2 ，氨氮 < 0.5 mg/L。

Table 1. Nutritional components of feed

表 1. 饲料营养成分

成分	含量	成分	含量
粗蛋白质, % $\geq$	33.0	粗灰分, % $\leq$	15.0
粗脂肪, % $\geq$	7.0	总磷, % $\geq$	0.60
粗纤维, % $\leq$	10.0	赖氨酸, % $\geq$	1.80

2.2. 实验方法

本实验设计低(4.83 g/L)、中(6.00 g/L)、高(7.21 g/L)三种养殖密度，每种养殖密度三个重复。在相同规格的透明鱼缸按照设定的养殖密度加入大小相似的健康大鳞鲃，每个鱼缸注入相同的水量。鱼缸配备小型过滤装置，用曝气 24 h 后的自来水作为水源，每天换水一次，换水量约为水容量的 1/2。每日记录每个鱼缸投喂饵料的重量，投喂结束后及时吸出残饵，残饵放入 60°C 烘箱烘干 24 h 后称重，统计摄食量；在养殖第 1、30 d 时，全部捞出各个养殖密度组，测量各个实验组的总体重，每个养殖密度组随机抽取 9 条大鳞鲃，测量大鳞鲃的体长和体重，统计生长指标。

2.3. 生长指标的测定

在 1、30 d 时，每个养殖密度随机抽取 9 尾大鳞鲃，测量其体重、体长。根据以下公式统计存活率(survival rate, SR)、特定生长率(specific growth rate, SGR)、相对增重率(weight gain rate, WGR)、摄食率(feeding ratio, FR)、饵料系数(feed conversion ratio, FCR)、肥满度(condition factor, CF)：

$$\text{存活率}(\text{SR}, \%) = \text{存活数} / \text{初始养殖数} \times 100$$

$$\text{相对增重率}(\text{WGR}, \%) = (\text{末均重} - \text{初均重}) / \text{末均重} \times 100$$

$$\text{特定生长率}(\text{SGR}, \%) = (\ln \text{末均重} - \ln \text{初均重}) / \text{养殖天数} \times 100$$

$$\text{日均摄食率}(\text{FR}, \%/d) = \text{周期总摄食量} / \text{平均体质量} \times \text{养殖天数} \times 100$$

$$\text{饵料系数}(\text{FCR}) = \text{总摄食量} / (\text{末均重} - \text{初均重})$$

$$\text{肥满度}(\text{CF}, \text{g}/\text{cm}^3) = \text{体重} / \text{体长}^3$$

以上公式中，质量单位为 g，长度单位为 cm。

2.4. 数据处理

实验所有结果均以“平均值 $\pm$ 标准差”来表示，运用 SPSS 软件中的 One-Way ANOVA 法对数据进

行统计学分析，当 $P < 0.05$ 时认为差异显著。

3. 试验结果与分析

不同养殖密度对大鳞鲃生长指标的影响

实验期间，高密度养殖组在第 16d 出现 1 尾个体死亡，成活率为 98%；低密度组与中密度组成活率均为 100%，3 组间成活率无显著性差异($P > 0.05$)。

养殖 30 d 后，3 种养殖密度下大鳞鲃各项生长指标如表 2 所示。单因素方差分析结果表明，各组末均重存在显著差异($P < 0.05$)。多重比较显示，低密度组末均重(17.65 g)显著高于中密度组(15.15 g)与高密度组(14.51 g)，中密度组末均重显著高于高密度组($P < 0.05$)。

相对增重率组间差异显著($P < 0.05$)，低密度组相对增重率显著高于高密度组($P < 0.05$)，低密度组与中密度组、中密度组与高密度组之间差异不显著($P > 0.05$)。特定生长率组间差异显著($P < 0.05$)，低密度组特定生长率显著高于中密度组、高密度组($P < 0.05$)，中、高密度两组间无显著差异($P > 0.05$)。

日均摄食率组间差异显著($P < 0.05$)，低密度组日均摄食率显著高于中密度组与高密度组，且中密度组显著高于高密度组($P < 0.05$)。饵料系数组间差异显著($P < 0.05$)，低密度组饵料系数显著低于中密度组与高密度组($P < 0.05$)，中密度组与高密度组饵料系数无显著差异($P > 0.05$)。

肥满度组间差异显著($P < 0.05$)，低密度组肥满度显著低于中密度组与高密度组($P < 0.05$)，中密度组与高密度组肥满度无显著差异($P > 0.05$)。

Table 2. Growth indicators of three breeding densities of bighead barbels

表 2. 三种养殖密度大鳞鲃生长指标

生长指标	低密度养殖组	中密度养殖组	高密度养殖组
初始均重(g/尾)	12.66 ± 0.47 ^a	12.30 ± 0.38 ^a	12.45 ± 0.67 ^a
末均重(g/尾)	17.65 ± 0.07 ^a	15.15 ± 0.33 ^b	14.51 ± 0.41 ^c
成活率(%)	100 ^a	100 ^a	98 ^a
相对增重率(%)	28.13 ± 2.47 ^a	18.78 ± 1.73 ^{ab}	15.11 ± 1.24 ^b
特定生长率(%)	1.11 ± 0.11 ^a	0.70 ± 0.08 ^b	0.55 ± 0.05 ^b
日均摄食率(%/d)	2.68 ± 0.03 ^a	2.52 ± 0.02 ^b	1.96 ± 0.02 ^c
饵料系数	3.01 ± 0.09 ^a	5.46 ± 0.65 ^b	4.76 ± 0.63 ^{bc}
丰满度(g/cm ³)	0.09 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.01 ^b	0.10 ± 0.01 ^{bc}

注：同一组生长指标中，数据右上角标有相同小写英文字母表示无显著性差异($P > 0.05$)，标有不同小写英文字母表示存在差异性显著($P < 0.05$)。

4. 讨论

本试验设置低、中、高三个养殖密度梯度开展大鳞鲃 30 d 室内养殖试验，从存活率、终末体重、摄食、生长速率、饵料利用、体型丰满度多个维度分析密度胁迫对大鳞鲃生长性能的影响，结果证实养殖密度升高会形成慢性拥挤胁迫，显著抑制大鳞鲃生长与摄食效率，各指标变化规律与金鱼[4]、虹鳟[7]、鲟类[8]等淡水鱼类密度胁迫相关研究结论基本一致。

本试验中低密度、中密度组成活率均为 100%，仅高密度组在养殖第 16 d 出现 1 尾个体死亡，成活率 98%，三组死亡率无显著差异($P > 0.05$)。该结果说明本试验设置的高密度梯度尚未达到致死胁迫强度，

短期 30 d 养殖下密度仅小幅提升死亡风险, 未造成显著生存损伤。多数淡水鱼类仅在超高密度、长期养殖或水质恶化叠加胁迫时, 死亡率才会显著上升[9] [10]; 本试验养殖周期较短并且每日换水, 氨氮、溶氧稳定, 缓解了高密度带来的环境压力, 因此仅出现零星个体损耗。零星死亡推测源于高密度下个体频繁追逐碰撞, 弱势个体持续应激, 机体抗逆能力下降, 最终出现死亡个体, 与高密度养殖易加剧个体竞争、提升应激损伤的规律相符[11] [12]。

养殖 30 d 后, 低、中、高密度组大鳞鲃平均末体重依次为 17.65 g、15.15 g、14.51 g, 低密度组末均重显著高于中、高密度组, 中密度组显著高于高密度组($P < 0.05$), 呈现密度越高、个体终均重越低的梯度变化, 与鲤[13]、草鱼[14]、珍珠龙胆[15]等多种鱼类密度试验结论完全吻合, 即放养密度提升会持续抑制鱼体体重增长。本试验结果显示, 大鳞鲃相对增重率(WGR)、特定生长率(SGR)随养殖密度升高呈显著下降趋势, 其中相对增重率仅低密度组显著高于高密度组, 低密度与中密度、中密度与高密度组无显著差异; 特定生长率表现为低密度显著优于中、高密度, 中高密度两组间无显著性差异($P > 0.05$), 该生长抑制规律与多数淡水鱼类拥挤胁迫研究结论一致[4] [7]。本试验中相对增重率仅低、高密度存在显著差异, 而特定生长率低密度显著高于中、高密度, 两类指标显著性差异模式不同, 源于两个指标计算逻辑差异: 相对增重侧重初始体重增量占比, 受短期摄食波动影响更大; 特定生长率基于对数体重计算, 更能反映长期日均生长潜力。中密度组处于轻度胁迫区间, 应激程度弱于高密度, 因此相对增重与高密度未拉开显著差距, 但长期累积生长速度仍明显不及低密度, 与赵霞[16]在大菱鲃密度试验结果一致, 中等密度仅小幅抑制生长, 胁迫效应未达到与高密度同一水平。

日均摄食率(FR)三组差异极显著, 表现为低密度 > 中密度 > 高密度, 三组两两对比均存在显著差异($P < 0.05$)。高密度下大鳞鲃摄食积极性显著下降, 一方面是拥挤带来应激厌食; 另一方面群体抢食空间不足, 弱势个体难以稳定摄食, 整体群体日均摄食量持续降低。

饵料系数(FCR)随密度升高显著上升, 低密度组饵料系数显著低于中、高密度, 中高密度间无显著差异。低密度大鳞鲃摄食稳定、应激消耗少, 饲料蛋白、能量更多转化为机体增重, 饲料利用效率最优; 中、高密度鱼类大量饵料能量可能用于应对拥挤应激[17]、频繁游动[18], 饲料损耗增加, 饵料转化率变差, 该规律在施氏鲟[8]、大菱鲃[16]、草鱼[14]等多种水产动物中均有报道。集约化养殖中, 高密度虽能提升单位水体总产量, 但个体生长放缓、饵料成本上升, 生产经济效益会明显下降, 从饲料利用角度, 低密度更适合大鳞鲃鱼种培育。

肥满度(CF)反映鱼类体型丰满程度、营养积累状况, 本试验结果显示低密度组肥满度显著低于中、高密度组, 中高密度无显著差异($P > 0.05$), 该结果与多数鱼类变化规律存在区别, 中、高密度生长受抑, 体长生长放缓, 体重下降幅度小于体长下降幅度, 体型相对粗短, 肥满度更高。大鳞鲃属于高密度下体长受限更明显的类型。

本研究全部试验在实验室小型透明鱼缸内完成, 水体容积有限、养殖环境可控程度极高, 与户外池塘、工厂化循环水大池等商业化养殖场景存在明显差异, 试验结论存在一定适用边界, 主要局限性体现在三方面: 第一, 水体规模与空间结构差异。试验采用小型长方体鱼缸, 鱼类纵向、横向活动空间狭小, 鱼体间近距离接触频次远高于商业化大水体, 拥挤胁迫效应被放大; 规模化养殖池水深、水面面积更大, 鱼类可分层、分区分散活动, 能一定程度缓解种内竞争, 同等单位体积密度下, 商业化养殖的应激程度会低于本实验室条件。第二, 水质调控模式区别显著。本试验每日更换 1/2 水体, 配套独立小型过滤设备, 全程溶解氧、氨氮、pH 稳定维持在理想区间; 而商业化大规模养殖受换水成本、水体总量、残饵粪便累积速度限制, 高密度条件下极易出现溶氧分层、底质恶化、氮磷污染物快速积累, 水质胁迫会与拥挤胁迫形成双重叠加, 加剧生长抑制、提升病害风险, 实验室短期换水控质的环境无法复刻该复合胁迫场景。第三, 养殖周期、配套设施与管理条件简化。本试验仅开展 30d 短期幼鱼培育, 未涵盖鱼种长期

培育、成鱼养殖阶段；商业化养殖配备增氧机、生物净化系统、定时投料机、水体理化实时监测设备，可通过增氧、分筛、分区投喂等管理手段缓冲高密度负面影响，而本试验仅统一单次人工投喂，缺乏规模化配套调控措施。

5. 结论

本试验设置低、中、高 3 个养殖密度开展 30 d 大鳞鲃室内养殖，探究密度拥挤胁迫对其存活、生长、摄食及饲料利用的影响。结果表明：养殖密度升高抑制大鳞鲃生长与摄食性能；高密度仅出现零星死亡，三组成活率无显著差异；末体重、日均摄食率随密度升高逐级显著降低，饵料系数同步升高。相对增重率、特定生长率均随密度上升下降；受体生长受限影响，中、高密度组肥满度显著高于低密度。综合生长、摄食与饵料转化效率，低密度养殖条件下大鳞鲃生长、饲料利用效果最优；中密度兼顾水体产出与生长性能，高密度个体生长与饲料利用率受损明显。本试验为小型可控水体大鳞鲃幼鱼培育提供密度参考，试验在小型鱼缸内开展、水质调控条件理想化，存在一定局限性；规模化池塘、工厂化大池商业化生产，需结合水体空间、净水增氧配套设施动态调整放养密度，同时配套分池、分区投喂等管理措施缓解复合胁迫。实际大鳞鲃鱼种室内培育优先选用低密度养殖模式，若需提高单位水体产出可酌情采用中密度，应避免长期高密度养殖。

基金项目

津甘双地科技特派员项目“清水县淡水银鲃引进及养殖技术示范推广”(项目编号：24CXNE026)。

参考文献

- [1] 朱瑞, 吴莉芳, 李良, 等. 大鳞鲃鱼的研究现状及养殖发展前景[J]. 河南农业科学, 2019, 48(10): 1-5.
- [2] 蔺玉华, 丁辰龙, 王信海, 等. 大鳞鲃的引进、驯化、繁育及研发[J]. 吉林农业大学学报, 2017, 39(6): 631-639.
- [3] 耿龙武, 杜汝君, 丛艳锋, 等. 我国大鳞鲃的养殖现状及发展前景[J]. 水产学杂志, 2022, 35(5): 106-110.
- [4] 李嘉禧. 不同养殖密度对金鱼生长、生理生化以及食欲调节因子表达的影响[D]: [硕士学位论文]. 佛山: 佛山科学技术学院, 2020.
- [5] 刘宝良, 雷霖霖, 贾睿, 等. 养殖密度对鱼类福利影响研究进展[J]. 中国工程科学, 2014, 16(9): 100-105.
- [6] 徐伟, 耿龙武, 苗建生, 等. 耐盐碱鱼类大鳞鲃的研究现状[J]. 天津农学院学报, 2012, 19(3): 62-64.
- [7] 周建设, 李宝海, 王万良, 等. 不同养殖密度对全雌虹鳟幼鱼生长特性的影响[J]. 水产养殖, 2018, 39(1): 13-17.
- [8] 丁厚猛. 养殖密度对杂交幼鱼摄食、生长及生理机能的影响[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [9] 廖锐, 区又君, 勾效伟. 养殖密度对鱼类福利影响的研究进展I. 死亡率、生长、摄食以及应激反应[J]. 南方水产, 2006(6): 76-80.
- [10] 邵邻相, 谢炜, 叶菲菲. 养殖密度对地图鱼幼鱼生长发育的影响[J]. 水产科学, 2005(4): 7-9.
- [11] Bosakowski, T. and Wagner, E.J. (1994) Assessment of Fin Erosion by Comparison of Relative Fin Length in Hatchery and Wild Trout in Utah. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **51**, 636-641. <https://doi.org/10.1139/f94-064>
- [12] Laiz-Carrión, R., Viana, I.R., Cejas, J.R., Ruiz-Jarabo, I., Jerez, S., Martos, J.A., *et al.* (2012) Influence of Food Deprivation and High Stocking Density on Energetic Metabolism and Stress Response in Red Porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture International*, **20**, 585-599. <https://doi.org/10.1007/s10499-011-9488-y>
- [13] 张磊, 樊启学, 赵志刚, 等. 慢性拥挤胁迫对鲤生长及血液生化指标的影响[J]. 大连水产学院学报, 2007(6): 465-469.
- [14] 李文翰, 李大鹏, KAZUHIRO Shiozaki, 等. 高密度养殖条件下空间变化对草鱼应激和生长的影响[J]. 水生生物学报, 2026, 50(3): 111-121.
- [15] 张现红. 拥挤胁迫对珍珠龙胆石斑鱼生长、生理及免疫水平的影响[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2024.

-
- [16] 赵霞. 不同养殖密度对两种鲆鲽鱼类生长及免疫指标的影响[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [17] Pickering, A.D. and Pottinger, T.G. (1989) Stress Responses and Disease Resistance in Salmonid Fish: Effects of Chronic Elevation of Plasma Cortisol. *Fish Physiology and Biochemistry*, **7**, 253-258. <https://doi.org/10.1007/bf00004714>
- [18] Kristiansen, T.S., Fernø, A., Holm, J.C., Privitera, L., Bakke, S. and Fosseidengen, J.E. (2004) Swimming Behaviour as an Indicator of Low Growth Rate and Impaired Welfare in Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) Reared at Three Stocking Densities. *Aquaculture*, **230**, 137-151. [https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(03\)00436-8](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(03)00436-8)