

周银环, 黄海立, 杜 涛, 等. 多鳞鱻幼鱼盐度适应性研究[J]. 渔业研究, 2017, 39(1): 22-26.

多鳞鱻幼鱼盐度适应性研究

周银环, 黄海立*, 杜 涛, 黄 洋

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524088)

摘要: 在室内人工控制条件下, 探讨了盐度对全长为 (23.47 ± 0.66) mm, 体重为 (91.71 ± 7.96) mg 多鳞鱻 (*Sillago sihama*) 幼鱼存活和生长的影响, 以确定多鳞鱻幼鱼适宜、最适宜存活和生长的盐度。研究结果表明: 在 18 个实验盐度水平下, 多鳞鱻幼鱼在 0 盐度下的存活时间为 34 h, 在盐度为 2 时存活率为 86.7%, 全长日均增长率为 $207.67 \mu\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$, 体重日均增长率为 $2.63 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$; 在盐度为 49 时, 存活率仍达到 66.3%, 全长日均增长率为 $64.68 \mu\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$, 体重日均增长率为 $1.13 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$ 。多鳞鱻幼鱼的适宜存活盐度范围为 1.4 ~ 45.1, 最适宜存活盐度范围为 2 ~ 43; 适宜生长盐度为 1.6 ~ 40.2, 最适生长盐度为 2.0 ~ 7.0。多鳞鱻作为广盐性鱼类, 对盐度有较强的适应性, 低盐度更适于多鳞鱻幼鱼的生长。研究多鳞鱻人工育苗和养殖的生态条件, 可为多鳞鱻全人工养殖提供科学依据。

关键词: 多鳞鱻幼鱼; 适宜盐度; 最适宜盐度; 存活; 生长

中图分类号: S968.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-5601(2017)01-0022-05

多鳞鱻 (*Sillago sihama*), 俗称沙钻、船丁鱼、麦穗、沙锥鱼, 隶属于棘鳍总目 Acanthopterygii、鲈形目 Perciformes、鲈亚目 Percoidae、鲈总科 Percoidea、鱻科 Sillaginidae (smelt-whittings)。主要分布于印度—西太平洋的浅海海域, 我国沿海也均有分布。多鳞鱻味道鲜美, 具有较高经济价值和营养价值, 是我国沿海重要的经济鱼类, 深受人们喜爱, 曾在我国近海捕捞作业中占有相当重要的位置。近年来由于过度捕捞, 多鳞鱻自然资源不断减少, 市场售价持续上升。为满足市场对多鳞鱻的需求, 增加海水养殖新品种, 进行多鳞鱻人工养殖已成为恢复其自然资源的重要手段。目前, 对多鳞鱻进行的相关研究主要集中在形态学^[1]、繁殖生物学及人工养

殖培育^[2-6]、遗传^[7-8]、组织生理^[9-13]、食性^[14-17]等方面。本课题组自 2007 年起陆续开展多鳞鱻繁育的相关研究^[4,6], 近期进行了多鳞鱻盐度适应性的实验, 旨在探索其存活与生长的适宜盐度, 为多鳞鱻人工养殖提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼

实验于 2016 年 7 月在广东海洋大学实验室内进行。实验用鱼为本课题组人工孵化培养 33 d 的幼鱼, 全长为 (23.47 ± 0.66) mm, 体重为 (91.71 ± 7.96) mg。幼鱼运回实验室后暂养一周, 以适应实验室的环境, 一周后去除死亡、受伤等不健康的个体, 健康个体用于盐度实验, 暂

收稿日期: 2016-10-31

资助项目: 广西科学研究与技术开发计划项目 (桂科攻 1598006-6-4)。

作者简介: 周银环 (1969-), 女, 河北定州人, 高级实验师, 硕士, 从事水产养殖教学及研究。E-mail: yin-huanzh@126.com

通讯作者: 黄海立 (1970-), 男, 广东信宜人, 教授级高级工程师, 硕士, 从事水产养殖研究。E-mail: huanghaili90@163.com

养期间水温为 28 ~ 30℃，盐度为 27，溶解氧大于 5 mg/L。

1.2 实验设计

实验在 9 000 mL 的白色塑料箱中进行，加水至 7 000 mL，气温为室温，水温为 28.5 ~ 29.5℃，盐度梯度为 0、2、4、7、10、13、16、19、22、25、28、31、34、37、40、43、46 和 49 共 18 个水平，每个盐度水平设置 3 个平行组。将幼鱼按照每组 20 尾随机放入实验箱中，幼鱼培育盐度为 27，通过向幼鱼生存海水中陆续添加海水或蒸馏水的方式调节实验盐度，按每小时升高或降低 2 的速率调整到各个预设盐度后开始实验，实验时间为 23 d。

1.3 实验管理

实验过程中连续充气，每天上午、下午投喂鱼用人工饲料 2 次，日投饵量为鱼体总重的 5%，每天吸污，并补充同盐度海水至 7 000 mL，每 3 天换水 1/3，每天观察鱼的摄食、运动、存活等情况，并做好记录。

1.4 指标测定与数据统计

实验结束时测量所有幼鱼的全长和体重，统计存活和死亡的数量，幼鱼存活率公式为 $R_s = (S_1/S_0) \times 100\%$ ， S_0 和 S_1 分别为实验开始和结束时存活幼鱼数量，幼鱼死亡的判定以鱼不运动、腹部向上为标准。全长日均生长率公式为 $R_L = (L_1 - L_0) / T \times 100\%$ ，式中 L_1 为实验结束时幼鱼的平均全长， L_0 为实验开始时平均全长， T 为实验时间。体重日均生长率公式为 $R_w = (W_1 - W_0) / T \times 100\%$ ， W_1 为实验结束时幼鱼平均体重， W_0 为实验开始时平均体重； T 为实验时间。

适宜存活盐度及最适宜存活盐度的判定：把实验中存活率 $R_s = 70\%$ 盐度作为多鳞鱖幼鱼生存临界盐度，高端和低端生存临界盐度之间的范围则为多鳞鱖幼鱼适宜存活盐度范围。临界盐度采用栗志民等二点法^[18]，计算公式为：

$L_{s70\%} = T_1 + [(R_{s1} - 70\%) / (R_{s1} - R_{s2})] \times (T_1 - T_2)$ ，其中 T_1 、 T_2 分别为存活率接近 70% 的低、高端盐度， R_{s1} 、 R_{s2} 为对应的存活率。经过多重比较无显著差异 ($P > 0.05$) 的存活率最高的几个实验组对应的盐度作为最适存活盐度。

参照栗志民等^[18]界定幼鱼适宜生长盐度与最适生长盐度的方法来界定多鳞鱖幼鱼适宜生长盐度与最适生长盐度：即确定实验期间全长达日均生长率和体重日均生长率最高的组，按照其日均生长率 50% 所对应的盐度作为全长和体重增长临界盐度，高低两端增长临界盐度之间的范围则为多鳞鱖幼鱼的适宜生长盐度范围。临界盐度的计算采用二点法。把 60% 增长率之间的盐度范围作为最适宜生长的盐度范围。适宜和最适生长盐度范围是全长和体重两个指标的盐度重合部分。

2 结果

2.1 多鳞鱖幼鱼适宜存活盐度和最适存活盐度

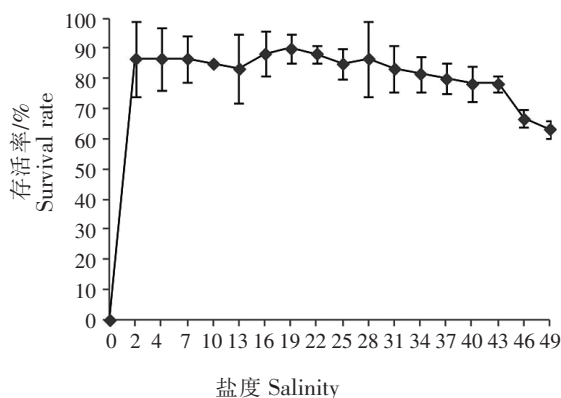


图 1 不同盐度下多鳞鱖幼鱼存活率

Fig.1 Survival rate of juvenile *Sillago sihama* with different salinity

不同盐度下多鳞鱖幼鱼的存活情况如图 1 所示。实验第 1 天，0 盐度海水中的幼鱼开始死亡，实验 34 h 后，0 盐度的幼鱼全部死亡。盐度从 0 到 2 之间，幼鱼的存活率直线上升，盐度为 2 时存活率为 86.67%，盐度 43 时，幼鱼存活率为 78.33%。以 70% 作为多鳞鱖幼鱼生存临界盐度，采用二点法，低端存活临界盐度 $L_{s70\%}$ 为 1.4，高端为 45.1，由此得出多鳞鱖幼鱼适宜存活盐度为 1.4 ~ 45.1，通过多重比较得知，盐度 2 ~ 43 之间所有组间多鳞鱖幼鱼成活率差异不显著 ($P > 0.05$)，并且显著高于 0、46、49 盐度组，得出幼鱼的最适存活盐度为 2 ~ 43。

2.2 多鳞鱖全长适宜增长盐度和最适盐度

不同盐度下多鳞鱖幼鱼全长日均增长率如图

2 所示。在实验盐度范围内，除了 0 盐度组的幼鱼全部死亡外，盐度为 2 时，幼鱼全长日均增长率最高为 $207.67\ \mu\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$ ，随着盐度的增加，幼鱼全长日均生长率逐渐降低。通过二点法计算，多鳞鱖幼鱼低端全长适宜增长盐度 $L_{550\%}$ 为 1.5，高端适宜盐度为 40.2，因此多鳞鱖幼鱼全长适宜增长的盐度范围为 1.5 ~ 40.2。多重比较表明，2.0 ~ 7.0 范围内组间幼鱼全长增长率差异不显著 ($P>0.05$)，并且显著高于其他盐度组，因而多鳞鱖幼鱼全长最适增长盐度范围 $L_{560\%}$ 为 2.0 ~ 7.0。

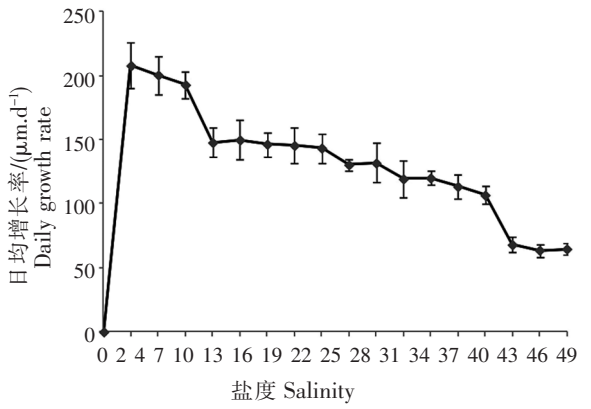


图 2 不同盐度下多鳞鱖幼鱼全长日均增长率
Fig.2 Total daily length growth rate of juvenile *Sillago sihama* with different salinity

2.3 多鳞鱖体重适宜增长盐度和最适盐度

不同盐度下多鳞鱖幼鱼体重日均增长率如图 3 所示。多鳞鱖幼鱼在盐度为 7 时，体重日均增长率达到最大为 $3.06\ \text{mg}\cdot\text{d}^{-1}$ ，之后随着盐度的增加，体重日均增长率降低。通过二点法计算，多鳞鱖幼鱼低端体重适宜增长盐度 $L_{550\%}$ 为 1.6，高端适宜盐度为 42.1，多重比较表明 2.0 ~ 19.0 各组间体重日均增长率之间无显著差异 ($P>0.05$)，因而多鳞鱖幼鱼体重最适增长盐度范围 $L_{560\%}$ 为 2.0 ~ 19.0。

2.4 多鳞鱖适宜生长和最适生长盐度

根据多鳞鱖全长和体重适宜生长和最适宜生长的判定标准，将多鳞鱖幼鱼全长适宜生长的盐度 1.5 ~ 40.2，体重适宜生长的盐度 1.6 ~ 42.1 两指标重叠的部分作为幼鱼适宜生长的盐度范围，即 1.6 ~ 40.2。全长最适宜增长的盐度范围 2.0 ~ 7.0 和体重最适宜增长的盐度范围 2.0 ~

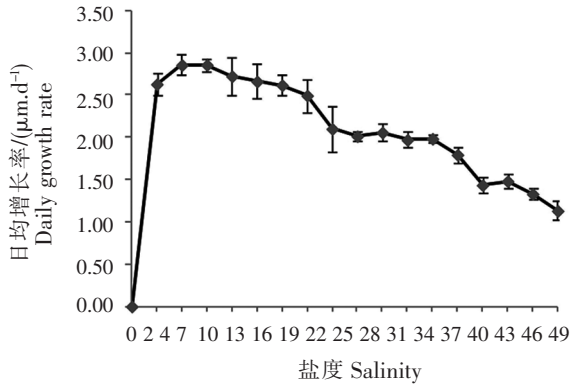


图 3 不同盐度下多鳞鱖幼鱼体重日均增长率
Fig.3 Daily weight growth rate of *Sillago sihama* juvenile with different salinity

19.0 重叠部分作为多鳞鱖幼鱼最适生长盐度范围，为 2.0 ~ 7.0。

3 讨论

作为生长在海洋中的生物，盐度是影响鱼类存活和生长最重要的因子之一。鱼类通过自身渗透压调节影响机体各项生理机能，以应对环境盐度的变化^[19-20]。本实验过程中，不同盐度对多鳞鱖幼鱼存活和生长产生了显著影响。

多鳞鱖幼鱼在 0 盐度即淡水的环境下，不能长时间的存活，实验过程中，在 2 h 内幼鱼开始死亡，34 h 后，0 盐度实验组的幼鱼全部死亡。多鳞鱖是生活在海洋中的鱼类，海水鱼类可以通过调节渗透压来适应盐度的变化，但在纯淡水环境中，多鳞鱖由于自身生活环境和实验盐度之间差异很大，超过了多鳞鱖幼鱼自身的调节能力，以致引起实验幼鱼在短时间内全部死亡；另外，实验幼鱼从生活盐度 27 降至 0 用时 13.5 h，盐度较短时间内剧变应是引起实验幼鱼不能长时间存活的原因之一。一些广盐性的鱼类对于 0 盐度都有极好的耐受性，如金钱鱼幼鱼盐度从 30 突变至 0 时，幼鱼 96 h 存活率 100%^[21]，遮目鱼幼鱼盐度从 27 突变至 0 时，7 d 存活率仍可达 73.33%^[22]，而多鳞鱖幼鱼在 0 盐度情况下最多存活时间为 34 h，与其他鱼类相比，多鳞鱖幼鱼在 0 盐度不能长时间存活，作者认为一是因为种类之间的差异，二是由于多鳞鱖人工繁殖和养殖驯化时间比较短，对养殖环境适应性不高，这两

个原因导致其在0盐度时存活率低于其他鱼类。至于延长盐度从27降至0的时间,能否提高实验幼鱼的存活时间和存活率,有待进一步研究。

本实验结果表明:多鳞鱖幼鱼在盐度为1.4~45.1之间都适宜生存,幼鱼的最适存活盐度为2~43,在最适存活盐度范围内,多鳞鱖幼鱼存活率可达78.33%~86.67%,即使在实验盐度最高49时,实验鱼23 d的存活率仍为63.33%,由此可见多鳞鱖幼鱼为典型的广盐性鱼类,对盐度有极高的适应性,这与多鳞鱖栖息于沿海近岸、沙洲、红树林、河口等盐度变化频繁海区的生活习性相一致^[23]。

多鳞鱖幼鱼适宜生长盐度范围为1.6~40.2,由此可见多鳞鱖在极低和极高的盐度范围内都可以生长,但如果要在适宜盐度范围内获得最快的生长速率,其幼鱼的最适生长盐度范围则应处在一个较低区域,为2.0~7.0。在最适盐度范围内,随着盐度的降低,多鳞鱖幼鱼日均生长率提高,这和李学军等对尼罗罗非鱼和以色列红罗非鱼的研究结果一致,但萨罗罗非鱼随着盐度的升高,日均生长率增加^[24];而张雅芝等^[25]认为斜带石斑鱼幼鱼(全长3.61 cm)在盐度4~39范围内,全长和体重的变化与盐度变化没有明显关系。以上结果表明盐度对于鱼类存活和生长的影响因种类而异。

从实验结果分析,多鳞鱖幼鱼最适存活盐度范围为2~43,比最适生长的盐度范围2.0~7.0更为宽广,因而在养殖过程中,多鳞鱖在幼鱼阶段若要达到较快的生长速率,在保证存活率的前提下,降低盐度是可行的。

Imsland A K等^[26]研究结果显示,降低盐度对大西洋庸鲽生长的促进作用不受鱼体重量和年龄的影响,本实验结果是基于多鳞鱖幼鱼得出的结论,而盐度对于不同规格多鳞鱖生长和存活的影响有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 张健东, 马龙, 陈刚, 等. 不同地理群体多鳞鱖的形态差异分析 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (11): 5678 - 5681.
- [2] ONGNUNUI P, SANO M, KUROKURA H. Reproductive biology of two sillaginid fishes, *Sillago sihama*

- and *S. aeolus*, in tropical coastal waters of Thailand [J]. Mer, 2006, 41 (1): 1 - 16.
- [3] LEE C S. Factors affecting egg characteristics in the fish *Sillago sihama* [J]. Marine ecology, 1981, 4: 361 - 363.
- [4] 黄洋, 杜涛, 黄海立. 多鳞鱖 *Sillago sihama* Forskål 人工繁殖研究 [J]. 广东海洋大学学报, 2013, 33 (1): 16 - 21.
- [5] 万瑞景. 多鳞鱖早期发育形态 [J]. 海洋水产研究, 1996, 17 (1): 36 - 38.
- [6] 杜涛, 黄洋, 曹剑香. 多鳞鱖采捕暂养的初步研究 [J]. 水产养殖, 2009, (10): 15 - 17.
- [7] 郭昱嵩, 颜程钟, 张宇岚, 等. 多鳞鱖 (*Sillago sihama*) 4个野生地理群体的微卫星标记分析 [J]. 海洋与湖沼, 2013, 44 (2): 267 - 276.
- [8] 袁文华. 利用 AFLP 标记对四个多鳞鱖群体的遗传结构分析 [D]. 湛江: 广东海洋大学, 2011.
- [9] 曹剑香, 黄洋, 杜涛. 多鳞鱖 *Sillago sihama* Forskål 外周血细胞的显微结构观察 [J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28 (6): 86 - 89.
- [10] 曹剑香, 简纪常, 黄洋, 等. 多鳞鱖消化系统的形态学和组织学研究 [J]. 水产科学, 2010, 29 (6): 339 - 343.
- [11] 卢振彬, 陈骁, 杜建国. 闽南一台湾浅滩渔场多鳞鱖生长、死亡参数及种群动态 [J]. 海洋水产研究, 2008, 29 (5): 47 - 53.
- [12] 张建东, 马龙, 陈刚, 等. 三种多鳞鱖群体的同工酶分析 [J]. 北京农学院学报, 2015, 30 (2): 44 - 48.
- [13] 刘金殿, 朱立新, 卢伙胜, 等. 北部湾多鳞鱖生长与死亡参数的估算 [J]. 浙江海洋学院学报 (自然科学版), 2010, 29 (1): 65 - 69.
- [14] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学 [M]. 北京: 海洋出版社, 1991.
- [15] SUKREE H, PUN Y, SAKRI I. Feeding ecology of two sillaginid fishes and trophic interrelations with other co-existing species in the southern part of South China Sea [J]. Environ Biol Fish, 2006, 76: 167 - 176.
- [16] TONGNUNUI P, SANO M, KUROKURA H. Feeding habits of two sillaginid fishes, *Sillago sihama* and *S. aeolus*, at Sikao Bay, Trang Province, Thailand [J]. Mer, 2005, 43 (1/2): 9 - 17.
- [17] 王军, 林民君. 罗源湾多鳞鱖的食性 [J]. 福建水产, 1993, (2): 25 - 27.
- [18] 栗志民, 刘志刚, 姚茹, 等. 温度和盐度对皱肋

- 文蛤幼贝存活与生长的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30 (13): 3406–3413.
- [19] Li D P, Liu S Y, Xie C X, et al. Effects of water temperature on serum content of reactive oxygenspecies and antioxidant defense system in Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2008, 32 (3): 327–332.
- [20] Spanopoulos M, Martínez C A, Vanegas R C, et al. The combined effects of salinity and temperature on the oxygen consumption of juvenile shrimps *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) [J]. Aquaculture, 2005, 244 (1–4): 127–138.
- [21] 杨世平, 杨丽专, 陈兆明, 等. 盐度、pH 和温度对金钱鱼幼鱼存活的影响 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42 (27): 9386–9389.
- [22] 林先智, 区又君, 李加儿, 等. 盐度胁迫对遮目鱼幼鱼存活、生长及性状相关性的影响 [J]. 中国水产科学, 2015, 22 (4): 675–686.
- [23] McKay R J. FAO Species Catalogue. Sillaginid fishes of the world (family Sillaginidae). an annotated and illustrated catalogue of the sillago, smelt or Indo–Pacific whiting species known to date [J]. Fao Fisheries Synopsis, 1992, 125 (14): 87.
- [24] 李学军, 李思发, 么宗利, 等. 不同盐度下尼罗罗非鱼、萨罗罗非鱼和以色列红罗非鱼幼鱼生长、成活率及肥满系数的差异 [J]. 中国水产科学, 2005, 12 (3): 245–253.
- [25] 张雅芝, 刘冬娥, 方琼珊, 等. 温度和盐度对斜带石斑鱼幼鱼生长与存活的影响 [J]. 集美大学学报 (自然科学版), 2009, (4): 8–13.
- [26] Imsland A K, Gunnarsson S, Ásgeirsson Á, et al. Long-term rearing of Atlantic halibut at intermediate salinity: effect on growth, feed conversion efficiency, and blood physiology [J]. Journal of the world aquaculture society, 2010, 41 (1): 115–123.

Study on adaptability of juvenile of *Sillago sihama* to salinity

ZHOU Yinhan, HUANG Haili*, DU Tao, HUANG Yang

(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: The *Sillago sihama* was widely distributed in the sea area of China. In recent years, researchers studied artificial breeding of *Sillago sihama*. Salinity was one of important environmental factor influencing the survival and growth of aquatic animals, the juvenile of *Sillago sihama* [total length was (23.47 ± 0.66) mm, body weight was (91.71 ± 7.96) mg] were selected to examine effects of salinity on the survive and growth of juvenile of *Sillago sihama* in controlled environment, which determined juvenile of *Sillago sihama* salinity adaption, it provided the scientific basis for artificial breeding of *sillago sihama*. All animals were equally divided into 18 groups under different culture salinity: 0, 2, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40, 43, 46 and 49. Results showed that juvenile of *Sillago sihama* could survive at 0 for 34 h; When the salinity was 2, the survival rate, total daily length growth rate, daily weight growth rate of the juvenile of *Sillago sihama* were 86.7%, $207.67 \mu\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$ and $2.63 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$, respectively; When the salinity was 49, the survival rate, total daily length growth rate, daily weight growth rate of the juvenile of *Sillago sihama* were 66.3%, $64.68 \mu\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$ and $1.13 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$, respectively. The appropriate survival salinity of juvenile of *Sillago sihama* was among 1.4~45.1. The optimal salinity survival was 2~43; and appropriate growth salinity was 1.6~40.2, the optimal growth salinity was 2.0~7.0. According to the experimental results, we concluded that *Sillago sihama* could adapt to a wide range of salinity. It was seemingly more beneficial to the growth of the juvenile of *Sillago sihama* under low salinity.

Key words: juvenile of *Sillago sihama*; appropriate salinity; optimal salinity; survival; growth