

盐度对四指马鲛(*Eleutheronema tetradactylum*) 幼鱼生长及其鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的影响*

罗海忠 李伟业 傅荣兵 柳敏海 许益铵 油九菊 章霞

(浙江省舟山市水产研究所 舟山 316000)

摘要 采用盐度渐变的方法,研究了盐度 2、10、18、26、34 共 5 个梯度对四指马鲛幼鱼(7.82 ± 0.43 g)生长及其鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的影响。结果表明,盐度对四指马鲛幼鱼的生长和存活均有不同程度的影响。在实验盐度范围内,随着盐度的升高,四指马鲛幼鱼的最终体重、特定增长率(SGR)、日增重(DWG)、增重率(GBW)和增长率(GBL)均出现逐渐降低的趋势,且部分盐度组间差异显著($P < 0.05$),其中上述各项指标中,盐度 2 组均最高,与盐度 10 组差异不显著($P > 0.05$),而与盐度 18、26、34 组存在显著性差异($P < 0.05$),盐度 34 组显著低于其他盐度组($P < 0.05$);幼鱼的饲料系数随盐度升高逐渐增大,且部分盐度组间差异显著($P < 0.05$)。在成活率方面,除盐度 34 组的成活率为 72.2%,显著低于其他盐度组外($P < 0.05$),其他各盐度组成活率均达到 90%以上。盐度对四指马鲛幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶也存在一定影响,经过 3 d 的盐度驯化后,实验第 0 天部分盐度组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力有显著差异,其中盐度 34 组显著高于其他组($P < 0.05$),盐度 18、26 组显著低于其他组($P < 0.05$)。实验开始后到第 10 天,盐度 2、10、34 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力有所降低,此后,各盐度组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力趋于稳定。经过 30d 的养殖发现,盐度 34 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力最高,显著高于其他组($P < 0.05$),而盐度 2、10 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力略低于盐度 18、26 组,但差异并不显著($P > 0.05$)。从以上结果可见,盐度对四指马鲛幼鱼的生长和鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力有一定影响。

关键词 盐度;四指马鲛;幼鱼;生长;鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶

中图分类号 S965 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)02-0094-06

四指马鲛(*Eleutheronema tetradactylum*)属于鲈形目(Perciformes),马鲛科(Polynemoidea),四指马鲛属(*Eleutheronema*),俗名马友、牛笋、午鱼等,因其胸鳍下方具 4 根游离丝状鳍条而得名“四指马鲛”(朱元鼎等,1963;Motomura,2004)。主要分布中国、日本、越南及东南亚沿海,在我国主要分布于东海、南海海域(张涛等,2009)。四指马鲛成鱼通常集结成大群栖息于沿岸石礁的沙洞和拍岸浪区,其渔汛期为 3-5 月,尤以 5 月产量集中,通常在近岸产卵,受精卵在近海孵化(毛连环,2009)。四指马鲛具有肉嫩味美、生长速度快、适应范围广等特点,为我国一般经济鱼类,

产量较少,是一种良好的食用鱼类,常用于鲜食或加工制做罐头(毛连环,2009)。

目前国内外对四指马鲛的研究主要集中在生物分类和繁育养殖上(毛连环,2009;张涛等,2009;Motomura,2004),而关于盐度对其生长的影响报道较少(张琴星等,2013)。盐度作为海水养殖中重要的环境因子之一,它与养殖动物的生长、发育及生理生化等有着十分紧密的关系(施钢等,2011;姬广闻,2003;焦海峰等,2004)。为此,本研究通过研究不同盐度对四指马鲛幼鱼生长、摄食、鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的影响,旨在探索四指马鲛最适的生长盐度环境,以期四指马

* 舟山市科技计划项目(2013C31047)资助。罗海忠, E-mail: 13505805150@163.com

收稿日期: 2014-04-18, 收修改稿日期: 2014-10-24

鲛的养殖提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验于 2013 年 6–8 月在舟山市水产研究所朱家尖基地进行。实验用鱼为舟山市水产研究所自行繁育的四指马鲛, 挑选规格均匀、健壮、活力强的, 大小相近体重(7.82±0.43) g, 体长(8.25±0.16) cm 的幼鱼, 置于圆形塑料缸(直径为 60 cm、高 50 cm)内, 全天连续充气, 每天于 09:00 和 16:00 各投喂 1 次配合饲料(天邦海水鱼配合饲料 2 号料), 并于投喂后 1 h 吸污, 日换水率 100%。实验用水由曝气后的自来水、过滤海水和海水晶按比例配制而成, 配制的实验用水曝气 24 h 后使用。实验水温为(25.0±1.0)°C, pH 为 8.4±0.1, 溶解氧保持在 5 mg/L 以上。

1.2 实验方法

实验设 2、10、18、26、34 五个梯度组, 并设 2 个平行组和 1 个取样组, 每个实验缸放入 30 尾幼鱼。实验开始前, 将实验鱼放入盛有自然海水(盐度为 26)的实验缸进行暂养, 暂养 3 d 后进行盐度驯化。各盐度梯度幼鱼的驯化方法为: 盐度 10 和 18 组不经驯化直接放入, 盐度 2 组从盐度 10 开始驯化, 驯化时间为 3 d, 盐度 34 组从盐度 28 开始驯化, 驯化时间为 3 d。驯化结束后, 开始试验, 实验进行 30 d。

观察幼鱼日常行为状态, 并分别于实验开始和结束时测量鱼的体重、全长。在实验第 0、10、20、30 天, 从取样各梯度组中随机取 3 尾鱼, 取鳃丝 0.1g, 用生理盐水(0.86%)洗净、吸干后, 放入-80°C 超低温冰箱冷冻保存, 用于进行鳃丝 Na⁺/K⁺-ATP 酶测定。各实验组幼鱼在测量和取样前停食 1 d。

1.3 粗酶液制备

取待测鳃丝样品, 用 4°C 生理盐水(0.86%)润洗后,

滤纸吸干, 加入 9 倍体积的生理盐水(0.86%), 用玻璃匀浆器冰浴匀浆。匀浆液在 4°C 条件下 12000 r/min 离心 30 min, 取上清液备用。

1.4 酶活性测定方法

鳃丝 Na⁺/K⁺-ATP 酶采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定, 测定方法按照试剂盒说明进行。Na⁺/K⁺-ATP 酶定义为每小时每毫克组织蛋白的组织中 ATP 酶分解 ATP 产生 1 mol 无机磷的量为 1 个 ATP 酶活力单位。

1.5 数据处理

实验期间四指马鲛幼鱼特定增长率(*SGR*)、日增重(*DWG*)、增长率(*GBL*)、增重率(*GBW*)、饲料系数(*FCR*)计算如下:

$$SGR = [(\ln W_2 - \ln W_1) / t] \times 100\%;$$

$$DWG = (W_2 - W_1) / t;$$

$$GBL = (L_2 - L_1) / L_1 \times 100\%;$$

$$GBW = (W_2 - W_1) / W_1 \times 100\%;$$

$$FCR = F / [n(W_2 - W_1)];$$

式中, W_1 、 W_2 为时间 t_1 、 t_2 时的体重(g); L_1 、 L_2 为时间 t_1 、 t_2 时的全长(cm); t 为实验天数; n 为实验个体尾数; F 为总投饵量(g)。

采用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行处理和分析, 用 Duncan 氏检验法进行显著性分析和多重比较, 数据结果采用平均值±标准误差(Mean ±S.D.)表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 盐度对四指马鲛幼鱼行为状态的影响

由表 1 可以看出, 不同盐度下四指马鲛幼鱼表现出的行为状态较为相似。盐度 2、10、18、26 组幼鱼活力强, 游动频繁, 摄食状态也较好, 幼鱼抢食明显, 而 34 盐度组幼鱼活力和摄食均一般。不同盐度组的幼鱼在水体中的分布也有差异, 盐度越高, 幼鱼的分

表 1 不同盐度下四指马鲛幼鱼的行为状态

Tab.1 The performances of juvenile *Eleutheronema tetradactylum* at different salinities

盐度 Salinity	活动状况 Activity	摄食情况 Feeding	成活率 Survival rate(%)
2	活力强, 多分布于水体中下层	抢食	91.1±1.9 ^a
10	活力强, 中下层水体分布多于中上层水体	抢食	90.0±3.3 ^a
18	活力强, 水体各层分布较均匀	抢食	92.2±1.9 ^a
26	活力强, 水体各层分布较均匀	抢食	93.3±3.4 ^a
34	活力一般, 中上层水体分布多于中下层水体	摄食一般	72.2±5.1 ^b

注: 同一列数据中上标字母不同表示显著差异($P < 0.05$)

Note: Data within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$)

布越趋近于水体的上层。各试验组幼鱼成活率均较高,其中盐度2、10、18、26组全部在90%以上,且差异性不显著,而盐度34组成活率为72.2%,与其他盐度组差异显著。

2.2 盐度对四指马鲛幼鱼生长的影响

从表2可见,幼鱼的最终体重、最终体长、特定增长率、日增重、增重率和增长率出现随盐度的升高逐渐降低的趋势,且部分盐度组间差异显著($P<0.05$)。

其中盐度2组的最终体重、特定增长率、日增重、增重率和增长率均最高,与盐度10组差异不显著,而与盐度18、26、34组存在显著性差异($P<0.05$);而盐度34组的上述各项指标均最低,且与不同盐度组均存在显著性差异($P<0.05$)。幼鱼的饲料系数随盐度升高逐渐增大,且部分盐度组间差异显著($P<0.05$),盐度组的饲料系数最小为 1.527 ± 0.042 ,盐度34组的饲料系数最大为 1.980 ± 0.056 。

表2 四指马鲛幼鱼在不同盐度下的生长指标
Tab.2 Growth indicators of juvenile *E. tetradactylum* at different salinities

生长指标 Growth index	盐度 Salinity				
	2	10	18	26	34
初始体重 Initial weight(g)	7.83 ± 0.35^a	7.75 ± 0.46^a	7.95 ± 0.43^a	7.68 ± 0.46^a	7.89 ± 0.48^a
最终体重 Final weight(g)	21.09 ± 3.14^a	20.64 ± 3.23^{ab}	17.94 ± 4.27^b	17.65 ± 3.60^b	11.85 ± 1.36^c
初始体长 Initial length(cm)	8.28 ± 0.12^a	8.24 ± 0.17^a	8.30 ± 0.15^a	8.18 ± 0.18^a	8.26 ± 0.19^a
最终体长 Final length(cm)	10.89 ± 1.12^a	10.85 ± 1.11^a	10.05 ± 1.76^{ab}	9.98 ± 1.40^{ab}	8.98 ± 0.56^b
特定增长率 SGR(%)	3.303 ± 0.031^a	3.265 ± 0.034^a	2.713 ± 0.042^b	2.773 ± 0.038^b	1.356 ± 0.023^c
日增重 DWG(g/d)	0.442 ± 0.021^a	0.430 ± 0.023^a	0.320 ± 0.020^b	0.332 ± 0.024^b	0.132 ± 0.010^c
增重率 GBW(%)	169.28 ± 4.08^a	166.24 ± 4.83^a	120.57 ± 5.43^b	129.67 ± 5.81^c	50.17 ± 3.10^d
增长率 GBL(%)	31.52 ± 1.14^a	31.67 ± 1.22^a	21.08 ± 1.59^b	22.00 ± 1.51^b	8.72 ± 0.95^c
饲料系数 FCR	1.527 ± 0.042^a	1.603 ± 0.038^{ab}	1.680 ± 0.036^{bc}	1.750 ± 0.040^c	1.980 ± 0.056^d

注:同一行数据中上标字母不同表示显著差异($P<0.05$)

Note: Data within the same line with different letters are significantly different ($P<0.05$)

2.3 不同盐度对四指马鲛幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力比较

从图1可以看出:实验第0天和经过3d的盐度驯化部分盐度组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力有显著差异,盐度2、10、34组显著高于盐度18和26组,

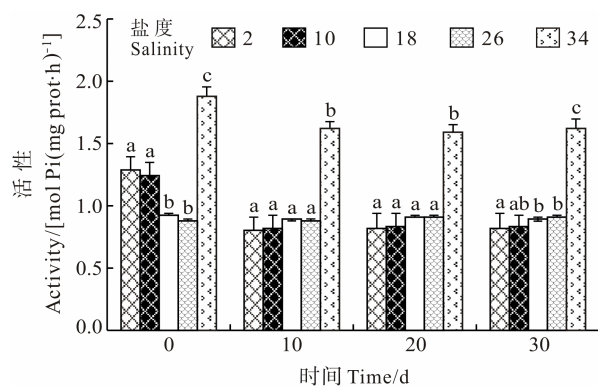


图1 盐度对四指马鲛幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力影响
Fig.1 The effects of salinity on Na^+/K^+ -ATPase activity in the gill of juvenile *E. tetradactylum*

同一组数据中上标字母不同表示显著差异($P<0.05$)

Data within the same group with different letters are significantly different ($P<0.05$)

盐度34组显著高于其他各组。实验到第10天,盐度2、10、34组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力有所降低,34组仍显著高于其他各组。此后,各盐度组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力变动趋于稳定。经过30d的养殖发现:盐度34组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力最高,显著高于其他各组,而盐度2、10组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力略低于盐度18、26组,但差异不显著。

3 讨论

3.1 盐度对四指马鲛幼鱼生长的影响

盐度是影响鱼类生长和活动重要的环境因子之一。盐度对鱼类的生长代谢和生理变化有显著影响,从而影响鱼类的活动和生长(Partridge *et al*, 2002)。国外在盐度对鱼类的影响方面已做了较深入研究,并发现不同鱼类对盐度变化表现出不同的生长性能。Mckay等(1985)对虹鳟的研究发现,其生长速率随盐度的升高而下降,死亡率随盐度的升高而升高。Cherinski(1984)研究发现尼罗罗非鱼对盐度的适应范围很广,在盐度18下,其生长性能与淡水的差异

不显著, 并发现尼罗罗非鱼在盐度 50 下仍能正常存活。De Silva 等(1976)研究了不同盐度对鲮鱼(*Mugil cephalus*)幼鱼的摄食量、饲料转化率和消化速度等的影响, 结果显示, 在盐度 10–30 条件下, 其摄食量随盐度的升高而增大, 而饲料转化率却随盐度的升高而降低。近年来, 国内学者在这方面也做了大量工作。施群焰等(2003)对点带石斑鱼(*Epinephelus awoara*)研究发现, 在盐度 9–30 范围内, 随着盐度的升高点带石斑鱼增重率和特定生长率显著降低, 且盐度对点带石斑鱼的特定生长率影响极其显著。王武等(2004)对江黄颡鱼(*Pseudobagrus vachelli*)的研究发现, 在盐度 0–7 范围内, 其成活率与体重无显著差异, 而在盐度 10 的条件下, 其成活率与增重率显著下降。姜志强等(2005)研究发现盐度对美国红鱼幼鱼的生长、摄食均有显著的影响($P < 0.05$), 在盐度 16 时, 其摄食量、体重、饵料转化率最高, 因此认为美国红鱼幼鱼的最适生长盐度在 16 左右。徐学军等(1993)对红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)的研究结果表明, 盐度 12 时, 其表现出的生长性状最优, 成活率最高。姜志强等(2002)对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)幼鱼的研究发现, 在盐度为 24 时, 其生长最快, 食物转化率最高, 耗氧率最低。马亚州等(2008)通过采用每天升降盐度 2.0–2.5 的方法研究盐度对黑鲷幼鱼的影响, 结果确定了黑鲷(*Sparus macrocephalus*)幼鱼在盐度为 30 时, 体长和体质量增长率最高。从以往的研究可以看出, 盐度的变化对鱼类生长和存活有显著的影响, 然而, 经过适当的盐度驯化, 部分鱼类在一定的盐度范围内仍可以保持良好的生长性能。四指马鲛属马鲛科, 幼鱼常集结成大群栖于岩礁及河口地区, 有时也进入淡水, 适盐范围较广。本研究结果显示, 不同盐度对四指马鲛幼鱼的生长影响显著($P < 0.05$), 在盐度 2–34 下, 幼鱼最终体重、最终体长、特定增长率、日增重、增重率和增长率出现随盐度的升高逐渐降低的趋势, 其中盐度 2 组的最终体重、特定增长率、日增重、增重率和增长率显著高于盐度 18、26、34 组, 而盐度 34 组上述各项指标均最低。幼鱼的饲料系数随盐度升高逐渐增大, 部分盐度组间差异显著($P < 0.05$)。这说明四指马鲛幼鱼更适于在低盐度的水中生长, 这与四指马鲛幼鱼生长环境的盐度相近(朱元鼎, 1963)。在此前的养殖过程中我们发现, 四指马鲛幼鱼在淡水中生长缓慢且成活率较低, 表明四指马鲛幼鱼并不适宜在淡水中生长。因此, 认为盐度 2–10 对四指马鲛幼鱼生长较适宜。

3.2 盐度对四指马鲛幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的影响

Na^+/K^+ -ATP 酶是横跨质膜的一种酶类, 通过消

耗 ATP 来维持 Na^+ 、 K^+ 离子的交换, 在机体离子调节中发挥着重要作用, 对细胞的渗透调节、物质吸收(葡萄糖、氨基酸等)和跨细胞离子运动有重要影响(Satyavathi *et al*, 2000)。对于鱼类而言, 鳃不仅是鱼类的呼吸器官, 也是调控机体渗透压和离子运输的重要器官, 鳃上皮的泌氯细胞中含有大量 Na^+/K^+ -ATP 酶, 当外界环境盐度发生变化时, 鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力也会发生显著变化(Evans, 1993; Karnaky *et al*, 1976)。目前, 有关盐度变化对鱼类鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的影响已研究较多, 而不同鱼类鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的变化情况却不尽相同。在对鲢鱼(*Miichthys miiuy*) (柳敏海等, 2008)、褐牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) (潘鲁青等, 2006)、史氏鲟(*Acipenser schrenckii*) (赵峰等, 2006)等鱼的研究发现, 当盐度发生变化时, 鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力先降低后升高, 并最终趋于稳定。而对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) (Choi *et al*, 2008)、条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*) (孙鹏等, 2010)、银鲷(*Pampus argenteus*) (尹飞等, 2011)的研究表明, 当盐度发生变化时, 鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力先升高后降低, 并最终趋于稳定。本研究结果与后者相似: 实验开始时, 经过 3 d 驯化, 各盐度组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力均有升高的现象, 尤其是盐度 2、10、34 组升高显著。出现这种现象的原因可能是: 当盐度降低时, 进入鱼体细胞内的离子减少, 造成离子流失, 随之 Na^+/K^+ -ATP 酶活性升高, 促使四指马鲛幼鱼鳃丝从外界吸收离子以维持细胞内外离子稳定和渗透压平衡; 当盐度升高时, 由于外界环境的渗透压高于幼鱼体内的渗透压, 进入鱼体细胞内的离子增多, 此时 Na^+/K^+ -ATP 酶活性升高, 促使机体会将多余的各种无机离子排出, 从而维持细胞内外离子稳定和渗透压平衡。实验到第 10 d, 盐度 2、10、34 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力有所降低, 此后, 各盐度组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力趋于稳定。这表明幼鱼经过一段时间对盐度的适应后, 通过自身调节, 已建立起新的平衡环境。经过 30 d 的养殖发现, 在实验第 10、20、30 天时, 盐度 2、10 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力略低于盐度 18、26 组, 但差异并不显著, 盐度 34 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活力最高, 显著高于其他组。这与一些学者的研究结果是一致的, 通过对银鲑(*Oncorhynchus kisutch*) (Madsen *et al*, 1996)、罗非鱼(*Tilapia*) (Hwang *et al*, 1989)、斑尾复触虎鱼(*Synechogobius ommaturus*) (税春等, 2014)等鱼类进行研究, 认为在等渗点鱼类鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力有一个最低值, 当盐度高于等渗点时, 随着水环境盐度的增加, 鱼类鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶的活性也逐渐增

加。盐度 2、10、18、26 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力差异不显著,表明四指马鲛幼鱼是广盐性鱼类,具有较强的渗透调节能力,其对盐度变化具有较强的适应能力,其等渗点可能在盐度 2-10 范围内。而盐度 34 组幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力显著高于其他组,这表明四指马鲛幼鱼在高盐度环境中需要消耗较多的能量来维持渗透压平衡。目前,大多学者认为在等渗点附近鱼类生长较好,结合四指马鲛幼鱼的实际生活环境以及本研究的实验数据,推测盐度 2-10 是四指马鲛幼鱼的最适生长范围。

参 考 文 献

- 马亚州,张海发,黄泽强. 盐度变化对黑鲟幼鱼生长与存活的影响. 水产科学, 2008, 27(2): 17-19
- 尹飞,孙鹏,彭士明,等. 低盐度胁迫对银鲳幼鱼肝脏抗氧化酶、鳃和肾脏 ATP 酶活力的影响. 应用生态学报, 2011, 22(4): 1059-1066
- 毛连环. 四指马鲛人工繁殖技术. 水产科技情报, 2009, 36(6): 275-278
- 王武,甘炼,张东生,等. 盐度对江黄颡鱼生存和生长的影响. 水产科技情报, 2004, 31(3): 121-124
- 孙鹏,彭士明,尹飞,等. 盐度对条石鲷幼鱼 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的影响. 水产学报, 2010, 34(8): 1204-1209
- 庄平,王幼槐,李圣法. 长江口鱼类. 上海: 上海科学技术出版社, 2006, 1-11
- 朱元鼎,张春霖,成庆泰. 东海鱼类志. 北京: 科学出版社, 1963, 202-204
- 张涛,庄平,刘健,等. 长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性. 生态学杂志, 2009, 28(10): 2058-2062
- 张琴星,张涛,侯俊利,等. 盐度变化对多鳞四指马鲛幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶及肝脏抗氧化酶活性的影响. 海洋渔业, 2013, 35(3): 324-330
- 姜志强,刘钢,金柏. 盐度对美国红鱼幼鱼生长和摄食的影响. 大连水产学院学报, 2005, 20(2): 91-94
- 姜志强,赵祥东,王国祖. 不同盐度下牙鲆鱼幼鱼存活、生长和摄食的研究. 大连水产学院学报, 2002, 17(2): 79-83
- 施钢,张健东,潘传豪,等. 盐度渐变和骤变对褐点石斑鱼存活和投饵的影响. 广东海洋大学学报, 2011, 31(1): 45-51
- 施群焰,袁重桂. 点带石斑鱼对盐度的适应性研究. 福建水产, 2003, 12(4): 9-11
- 柳敏海,罗海忠,陈波,等. 盐度、pH 对鳊鱼幼鱼鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的影响. 海洋湖沼通报, 2008, 1: 109-113
- 赵峰,庄平,章龙珍,等. 盐度驯化对史氏鲟鳃 Na^+/K^+ -ATP 酶活力、血清渗透压及离子浓度的影响. 水产学报, 2006, 30(4): 444-449
- 姬广闻. 盐度对香鱼仔鱼生长和成活率的影响. 淡水渔业, 2003, 33(4): 3-5
- 徐学军,姜长波. 不同盐度对红鳍东方鲀稚、幼鱼的影响. 河北渔业, 1993, 2: 23-25
- 袁锦芳,陈叙龙. 环境因素对海洋动物 Na^+/K^+ -ATP 酶的影响概述. 海洋环境科学, 1999, 18(3): 330-338
- 焦海峰,尤仲杰,竺俊全,等. 嘉庚蛸对温度、盐度的耐受性试验. 水产科学, 2004, 23(9): 7-10
- 税春,施永海,华雪铭,等. 盐度渐变对斑尾复觚虎鱼血清渗透压和离子浓度及鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的影响. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2014, 40(1): 67-71
- 潘鲁青,唐贤明,刘泓宇,等. 盐度对褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*) 幼鱼血浆渗透压和鳃丝 Na^+/K^+ -ATP 酶活力的影响. 海洋与湖沼, 2006, 37(1): 1-6
- Chermvski J. Salinity tolerance of young catfish, *Clarias lazera* (burchell). J Fish Biol, 1984, 25: 147-149
- Choi CY, An KW, An MI. Molecular characterization and mRNA expression of glutathione peroxidase and glutathione S-transferase during osmotic stress in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Comp Biochem Physiol-Part A: Mol Integr Physiol, 2008, 149(3): 330-337
- De Silva S, Perera PAB. Studies on the young greymullet (*mugil cephalus*) effects of salinity on food intake growth and food conversion. Aquaculture, 1976, 7: 327-338
- Evans DH, Claiborne JB. The Physiology of Fishes. Boca Raton: CRC Press, 1993, 315-341
- Hwang PP, Sun CM, Wu SM. Changes of plasma osmolality, chloride concentration and gill Na^+/K^+ -ATPase activity in tilapia (*Oreochromis mosambicus*) during seawater acclimation. Mar Biol, 1989, 100: 295-299
- Karnaky KJ, Kinter LB, Kinter WB. Autoradiographic localization of gill Na^+/K^+ -ATPase in killifish *Fundulus heteroclitus* adapted to low and high salinity environments. J Cell Biol, 1976, 70: 157-177
- Madsen SS, Larsen BK, Jensen FB. Effects of freshwater to seawater transfer on osmoregulation, acid-base balance and respiration in river migration whitefish (*Coregonus lavaretus*). J Comp Physiol, 1996, 166: 101-109
- Mckay LR, Cjerde B. The effect of salinity on growth of rainbow trout. Aquaculture, 1985, 49: 325-331
- Motomura H. Threadfins of the world (Family Polynemidae): An annotated and illustrated catalogue of Polynemid species known to date. FAO species Catalogue for Fisheries Purposes, 2004, 3-5
- Partridge GJ, Jenkins GI. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). Aquaculture, 2002, 210(1-4): 219-230
- Satyavathi C, Rao YP. Inhibition of Na^+/K^+ -ATPase in *Penaeus indicus* postlarvae by lead. Comp Biochem Physiol Part C, 2000, 127(1): 11-12

The Effects of Salinity on the Growth of Juvenile *Eleutheronema tetradactylum* and Na^+/K^+ -ATP Enzyme

LUO Haizhong^①, LI Weiye, FU Rongbing, LIU Minhai, XU Yian, YOU Jiuju, ZHANG Xia
(Zhoushan Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316000)

Abstract Salinity has significant influences on the growth, metabolism and physiological changes in fish. In this study we explored the growth of juvenile *Eleutheronema tetradactylum* (7.82 ± 0.43 g) and the Na^+/K^+ -ATP enzyme under five graduated salinities, and found that salinities had impact on the growth and survival of the juvenile fish. We tested the growth performance under salinities of 2, 10, 18, 26 and 34. Along with the increase in the salinity, the final weights, *SGR*, *DWG*, *GBW* and *GBL* of the juvenile fish all decreased, and there were significant differences ($P<0.05$) between some salinity groups. Salinity 2 had the highest values of all measurements, and it was significantly different from salinity 18, 26 and 34 ($P<0.05$), but there was no difference between salinity 2 and salinity 10 ($P>0.05$). The measurements of salinity 34 were significantly lower than other groups ($P<0.05$). The feed coefficient of juvenile fish increased as the salinity rose, and some groups showed significant differences ($P<0.05$). The survival rate of salinity 34 is 72.2%, lower than other groups ($P<0.05$) of which the survival rates were above 90%. Salinity also affected the Na^+/K^+ -ATP enzyme in the gill of juvenile fish. After 3-day salinity domestication, the activity of Na^+/K^+ -ATP enzyme in some groups was remarkably increased. The enzyme activity at salinity 34 was significantly higher than other groups ($P<0.05$), and salinity 18 and salinity 26 exhibited lower enzyme activities ($P<0.05$). After 10 days the enzyme activities at salinity 2, 10 and 34 became slightly lower, and thereafter all salinity groups displayed stable enzyme activities. After a 30-day culture, we found that the optimal salinity for Na^+/K^+ -ATP enzyme was 34 at which the enzyme activity was significantly higher ($P<0.05$). The enzyme activity at salinity 2 and 10 was insignificantly lower than that at salinity 18 and 26. These results demonstrated that salinity had effects on the growth of juvenile *E. tetradactylum* and its Na^+/K^+ -ATP enzyme activity.

Key words Salinity; *Eleutheronema tetradactylum*; Juvenile fish; Growth; Gill Na^+/K^+ -ATP enzyme

① Corresponding author: LUO Haizhong, E-mail: 13505805150@163.com