

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2015.140352

盐度胁迫对遮目鱼幼鱼存活、生长及性状相关性的影响

林先智^{1,2}, 区又君¹, 李加儿¹, 温久福¹, 王鹏飞¹

1. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州 510300;

2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306

摘要: 设置盐度梯度为 0、10、20、27(自然海水)、35, 共 5 个实验组, 每组 3 个平行。遮目鱼(*Chanos chanos*)幼鱼不经过过渡直接放入各梯度盐度中, 养殖 30 d 后统计存活率, 测量每尾鱼的体质量及各表型形态性状, 以体质量为因变量(y), 各形态性状为自变量(x)进行通径分析和决定系数分析。结果表明, 盐度 0 组的幼鱼存活率最低(73.33%), 增重率(573.94 ± 231.58)%和特定生长率(6.23 ± 1.16)%最高, 与其他组差异极显著($P < 0.01$)。除盐度 0 组外, 其他各组幼鱼的存活率均在 90%以上, 且幼鱼特定生长率和增重率在各组之间差异不显著($P > 0.05$)。相关分析表明, 幼鱼的各形态性状与其体重之间呈极显著的相关关系($P < 0.01$)。通径分析表明, 遮目鱼幼鱼的体长、全长和体高对体重的影响最大, 且在不同盐度胁迫下对幼鱼体重的决定作用不同, 其他性状对体重的影响较小。建立了盐度胁迫下形态性状对体重影响的最优回归方程。

关键词: 遮目鱼; 盐度; 胁迫; 生长; 性状相关

中图分类号: S96

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2015)04-0675-12

鱼类的生长发育不仅受到自身内部系统的调控, 而且还依赖于外部环境因子。水环境盐度对鱼类的胚胎发育^[1-3]、生长存活^[4-5]、消化酶活力^[6]、生殖、摄食、耗氧量及排氮率^[7]等各个方面都有着深刻的影响。有关盐度对鱼类生长的影响已有较多的报道^[4-5]。在盐度胁迫下, 鱼类长期处于应激状态, 可能对鱼类的体重及其他形态性状的生长产生较大影响。因而研究盐度胁迫下鱼类的形态性状对体重的影响对不同盐度下的鱼类养殖模式及选育具有重要意义。但盐度胁迫下鱼类的形态性状对体重的影响分析至今未有研究报道。水产动物各形态性状对体重的影响分析常使用通径分析和多元回归分析等方法^[8], 研究结果用以指导生产。通径分析在鱼类的养殖及选育研究中较为普遍^[9], 在不同生长时期^[9-11]、不同性别^[12]等方面已有不少对鱼类进行通径分析的比较研究。

遮目鱼(*Chanos chanos*), 隶属于鲱形目(Clupeiformes), 遮目鱼亚目(Chanoidei), 遮目鱼科(Chanidae), 遮目鱼属(*Chanos*)^[13]。遮目鱼在印度尼西亚、菲律宾等东南亚国家以及中国台湾普遍养殖, 人工繁育技术成熟^[14], 在国外和中国台湾地区对遮目鱼的研究报道相对较多^[15-16]。遮目鱼在中国大陆研究较少, 迄今仅有生物学^[17]、人工繁育及养殖技术^[18-20]等方面的报道。2012 年起中国水产科学研究院南海水产研究所与茂名金阳热带海珍养殖有限公司在茂名电白繁育 2.5 cm 以上鱼苗 2 200 多万尾, 取得中国大陆首次规模化人工繁育技术研究成功。本研究在盐度胁迫下, 研究遮目鱼幼鱼的存活率、生长率, 通过相关性分析、通径分析、逐步多元回归分析研究其形态性状对体重的影响, 以指导遮目鱼等广盐性鱼类在海水、咸淡水及淡水条件下的健康高效养殖, 同时

收稿日期: 2014-08-21; 修订日期: 2014-10-27.

基金项目: 广东省海洋渔业科技推广专项项目(A201200E02).

作者简介: 林先智(1990-), 男, 硕士研究生, 从事水产养殖基础生物学与繁育技术研究. E-mail: linxianzhi1004@126.com

通信作者: 区又君, 女, 研究员. E-mail: ouyoujun@126.com

对于优化内陆养殖品种具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 实验材料

2013 年 3–8 月从茂名电白人工繁育的遮目鱼鱼苗中选取全长为 (2.850 ± 0.356) cm, 体重为 (0.215 ± 0.083) g 的健康幼鱼于室内水箱中用自然海水(盐度 27)暂养 2 d 后开始盐度胁迫实验, 暂养期间水温 $26.5 \sim 28.0^\circ\text{C}$, pH 7.8~8.2, 光照 200~1 200 lx。

1.2 试验组的设计

盐度设 0、10、20、27(对照组, 自然海水)、35, 共 5 个实验组, 每组 3 个平行, 每个平行组选取 20 尾自然海水暂养的健康遮目鱼幼鱼直接放入各盐度梯度的水箱($44\text{ cm} \times 31.5\text{ cm} \times 25.5\text{ cm}$)中, 实验水体体积为 26 L。实验从 2013 年 8 月开始至 9 月结束, 养殖 30 d。每天统计各个实验组的死亡幼鱼数量, 及时捞出, 记录, 连续充气, 水温 $25.8 \sim 29.8^\circ\text{C}$, pH 7.8~8.2, 光照 200~1 200 lx。1 d 换水 1 次, 换水量为 2/3, 所有培育水用经过曝气的自来水、海盐、沙滤沉淀的自然海水按比例配置, 每天投喂鳗鱼粉 2 次, 日投饵量为体重的 3%。

1.3 生长指标的计算

实验开始前和结束后的遮目鱼幼鱼用电子天平称量体重(y), 数码相机进行拍照, 在软件 QCapture Pro 6.0 下测量全长(x_1)、体长(x_2)、尾长(x_3)、躯干长(x_4)、头长(x_5)、眼后头长(x_6)、眼径(x_7)、吻长(x_8)、尾柄高(x_9)、体高(x_{10})。按以下公式计算各生长指标:

$$\text{存活率}(\%) = 100 \times N_f / N_0;$$

$$\text{增重率}(\%) = 100 \times (W_f - W_0) / W_0;$$

$$\text{特定生长率(SGA, \% / d)} = 100 \times (\ln W_f - \ln W_0) / t;$$

其中: N_0 、 N_f 分别为试验初始和终末时的鱼尾数; W_0 、 W_f 分别为试验开始和结束时的鱼体重(g); t 为试验时间(d)。

1.4 数据处理

对遮目鱼幼鱼的存活及生长数据进行单因子方差分析, 不同处理间的数据进行 Duncan 多重比较, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著的标准, 以 $P < 0.01$ 作为差异极显著的标准。体重(y)经正态性检验,

不符合正态性分布的数据经平方根转换, 按照文献^[11, 21]的方法将体重与全长、体长等形态性状进行相关性分析、通径分析、决定系数分析、多元回归分析, 在表型形态相关分析的基础上, 用逐步回归分析方法逐步剔除偏回归系数不显著的自变量, 建立盐度胁迫下形态性状估计体重的最优回归方程。数据的统计分析采用 SPSS 13.0 进行, 图表制作用 Excel 2010 完成。

2 结果与分析

2.1 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼的存活

将遮目鱼幼鱼直接放入各盐度梯度后, 开始 12 h 内, 盐度 0 组、盐度 10 组和盐度 20 组 3 组的幼鱼集群伏于水底, 其中部分平行组的幼鱼在水箱中无方向窜动, 盐度 27 组和盐度 35 组 2 组的幼鱼则集群在水箱中游弋或贴壁游动, 24 h 后除盐度 0 组外其他各盐度实验组的幼鱼开始集群在水箱中游动并有所摄食, 盐度 0 组的幼鱼则在一周后正常摄食。盐度胁迫下, 遮目鱼幼鱼的生存情况如图 1 所示, 在实验开始后的第 3 天盐度 0 组的幼鱼开始出现死亡, 到第 7 天存活数量趋于稳定, 存活率保持在 73.3%至实验结束。盐度 10 组的幼鱼在第 9 天出现死亡, 到第 11 天幼鱼存活数量趋于稳定。其他各实验组实验期间死亡幼鱼的数量较少, 除盐度 0 组以外的其他各组至实验结束时幼鱼的存活率均在 90%以上, 其中盐度 35 组的存活率最高, 为 98.3%。

2.2 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼的生长

0~35 盐度胁迫下, 遮目鱼幼鱼经过 30 d 养殖后, 盐度 0 组幼鱼的体重和体长与其他各盐度组差异极显著($P < 0.01$), 但盐度 10 组、盐度 20 组、盐度 27 组和盐度 35 组各组之间差异不显著($P > 0.05$)(图 2)。各实验组实验结束时幼鱼的平均体重的大小顺序为: 盐度 0 组 > 盐度 27 组 > 盐度 20 组 > 盐度 10 组 > 盐度 35 组, 幼鱼的平均体长的大小顺序为: 盐度 0 组 > 盐度 20 组 > 盐度 27 组 > 盐度 10 组 > 盐度 35 组。盐度 0 组幼鱼的增重率和特定生长率最高, 分别为 $(573.94 \pm 231.56)\%$ 和 $(6.23 \pm 1.16)\%$ (图 3)。

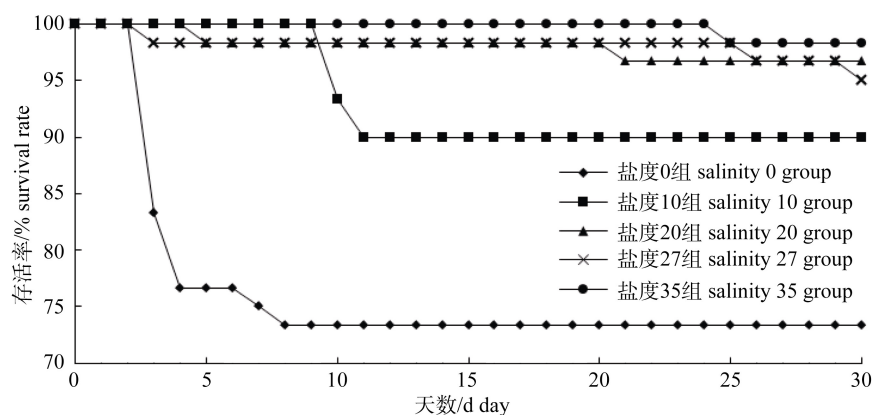


图1 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼的存活

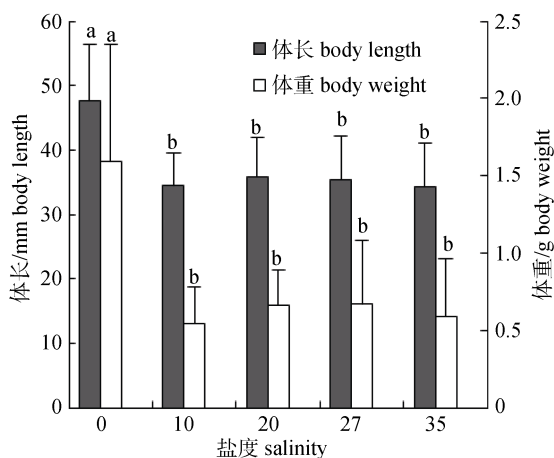
Fig. 1 Survival rate of *Chanos chanos* juveniles at salinity stress

图2 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼的生长

不同的字母代表不同处理间有显著差异($P<0.05$).

Fig. 2 Growth of *Chanos chanos* juveniles at salinity stress
Different letters represent significant difference among different treatments ($P<0.05$).

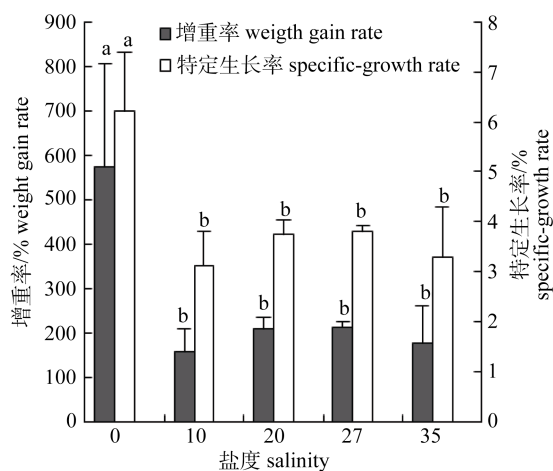


图3 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼的增重率、特定生长率

不同的字母代表不同处理间有显著差异($P<0.05$).

Fig. 3 Specific-growth rate and weight gain rate of *Chanos chanos* juveniles at salinity stress
Different letters represent significant differences among different treatments ($P<0.05$).

2.3 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼形态性状对体重的影响

2.3.1 表型形态性状统计 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼各形态性状的初步统计结果如表1所示。各实验组幼鱼体重的变异系数均大于其他表型性状, 盐度27组和盐度35组2组幼鱼体重的变异系数大于其他低盐度实验组。

2.3.2 体重参数的正态性检验 各实验组遮目鱼幼鱼体重(y)作为因变量进行正态性检验的结果如表2所示, 结果表明各组的体重(y)服从正态分布($P>0.05$), 可以进行回归分析。

2.3.3 表型形态性状间的相关性分析 遮目鱼幼

鱼各表型形态性状间的相关性分析结果如表3所示, 各实验组组内幼鱼的各项表型形态性状之间的相关性均达到极显著水平($P<0.01$), 其中盐度0组、盐度20组、盐度35组3组的幼鱼体重与体长的相关性最大, 相关性系数分别为0.974、0.917、0.993, 而盐度10组和盐度27组2组的幼鱼体重与全长的相关性最大, 相关性系数分别为0.983、0.948。

2.3.4 表型形态性状对体重的通径系数 由于遮目鱼幼鱼各形态性状间存在极大的相关性, 都达到极显著水平, 这些现状间可能存在着共线

表 1 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼各形态性状表型统计量
Tab. 1 Apparent statistics of various traits of *Chanos chanos* juveniles at salinity stress

实验组 group	性状 trait	体重/g body weight	全长/mm total length	体长/mm body length	尾长/mm tail length	躯干长/mm trunk length	头长/mm head length	眼后头长/mm postorbital length of head	眼径/mm eye diameter	吻长/mm snout length	尾柄高/mm caudal peduncle height	体高/mm body height
盐度 0 组 salinity 0 group	均值 mean	1.60	56.25	47.68	10.71	24.30	12.66	6.17	4.03	2.53	4.13	10.19
	标准差 standard deviation	0.75	10.02	8.76	2.25	5.01	1.86	0.87	0.59	0.49	0.80	2.05
	变异系数/% CV	0.47	0.18	0.18	0.21	0.21	0.15	0.14	0.15	0.19	0.19	0.20
盐度 10 组 salinity 10 group	均值 mean	0.54	41.67	34.66	7.87	17.16	9.60	4.55	3.23	1.85	2.91	6.96
	标准差 standard deviation	0.19	5.08	4.28	1.38	2.41	0.98	0.45	0.35	0.27	0.47	1.06
	变异系数/% CV	0.36	0.12	0.12	0.18	0.14	0.10	0.10	0.11	0.15	0.16	0.15
盐度 20 组 salinity 20 group	均值 mean	0.66	43.06	35.74	7.94	17.69	10.10	4.75	3.22	2.12	3.10	7.57
	标准差 standard deviation	0.23	7.40	6.33	1.66	3.35	1.59	0.79	0.53	0.35	0.62	1.45
	变异系数/% CV	0.35	0.17	0.18	0.21	0.19	0.16	0.17	0.17	0.17	0.20	0.19
盐度 27 组 salinity 27 group	均值 mean	0.67	42.76	35.47	7.87	17.55	10.05	4.79	3.23	2.01	3.08	7.35
	标准差 standard deviation	0.41	7.97	6.62	1.59	3.56	1.65	0.82	0.52	0.36	0.64	1.65
	变异系数/% CV	0.61	0.19	0.19	0.20	0.20	0.16	0.17	0.16	0.18	0.21	0.22
盐度 35 组 salinity 35 group	均值 mean	0.59	40.93	34.25	7.66	17.03	9.59	4.54	3.10	1.93	2.89	6.97
	标准差 standard deviation	0.37	8.25	6.90	1.69	3.78	1.52	0.78	0.50	0.31	0.66	1.63
	变异系数/% CV	0.62	0.20	0.20	0.22	0.22	0.16	0.17	0.16	0.16	0.23	0.23

表 2 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼体重正态性检验
Tab. 2 The test of normality of *Chanos chanos* juveniles' body weight at salinity stress

实验组 group	柯尔莫哥诺夫-斯米尔诺夫检验统计 Kolmogorov-Smirnov (a)		
	统计值 statistic	自由度 df	P
盐度 0 组 salinity 0 group	0.0860702	37	0.2
盐度 10 组 salinity 10 group	0.1231266	39	0.140834
盐度 20 组 salinity 20 group	0.0841719	47	0.2
盐度 27 组 salinity 27 group	0.0994419	46	0.2
盐度 35 组 salinity 35 group	0.1007043	50	0.2

性关系。故使用逐步引入-剔除法(Stepwise), 从所有自变量中逐步地选择加入, 剔除不显著的自变量, 直至建立最优的回归方程为止。在保留了达到显著水平的自变量后, 将保留的表型形态性状对体重的影响进行途径分析, 其结果如表 4 所示。

盐度 0 组中只保留了幼鱼体长变量, 其体长对体重的直接作用即途径系数为 0.974 32, 故在淡水条件下, 体长对体重的影响最大。除体长外的其他变量作用不显著, 主要通过体长间接影响体重。

盐度 10 组中保留了幼鱼全长、体高 2 个变量, 对体重的直接作用系数分别为 0.581 73、0.427 40, 大于其间接作用, 且全长的直接作用大于体高。其他变量间接通过体长来影响体重。

盐度 20 组中保留了幼鱼体长、全长、体高 3 个变量, 对体重的直接作用系数分别为 3.486 90、-3.315 43、0.750 34, 绝对值均小于其间接作用。体长对体重的直接作用最大, 体高最小, 全长对体重的影响呈负作用。其他变量间接通过体长、全长、体高来影响体重。

盐度 27 组中保留了幼鱼全长变量, 对体重的影响最大, 对体重的直接作用为 0.947 83, 其他变量间接的通过全长来影响体重。

盐度 35 组中保留了幼鱼体长、体高、吻长、眼后头长 4 个变量, 对体重的直接作用分别为 0.566 49、0.406 55、-0.071 24、0.094 66, 绝对值均小于其间接作用。体长对体重的直接作用最大, 吻长的直接作用最小, 且呈负作用。其他变量间接的通过体长、体高、吻长、眼后头长来影响体重。

2.3.5 表型形态性状对体重的决定系数 各实验组遮目鱼幼鱼表型形态性状对体重的决定系数计

算结果如表 5 所示。盐度 0 组、盐度 20 组和盐度 35 组 3 组幼鱼的体长对体重的决定程度最高, 分别为 0.949 30、12.158 45、0.320 91; 盐度 10 组和盐度 27 组 2 组幼鱼的全长对体重的决定作用最大, 分别为 0.338 41、0.898 38。除了幼鱼的体长和全长, 体高对体重的决定作用在盐度 10 组、盐度 20 组和盐度 35 组 3 组中也较大, 而吻长、眼后头长在盐度 35 组中的决定作用较小, 主要通过体长、体高协同对体重起决定作用。盐度 10 组中全长与体高、盐度 20 组中全长和体长、盐度 35 组中体长和体高的协同决定系数较大, 其中盐度 20 组幼鱼的全长和体长的协同决定系数相对于其他性状的单独决定系数以及协同决定系数其绝对值在所有组中最高。各组的决定系数之和 $\sum d$ 与负相关指数 R^2 接近(表 4, 表 5), 说明各组保留的变量具有统计学意义, 保留有效。

2.3.6 多元回归方程的建立 以遮目鱼幼鱼体质量为依变量(y), 各外部形态性状为自变量($x_1 \sim x_{10}$), 利用逐步引入-剔除法(Stepwise)剔除不显著的自变量后, 建立最优多元回归方程。经多元线性回归显著性检验、自变量偏回归系数显著性检验, 回归关系达到极显著水平($P < 0.01$)(表 6), 偏回归系数均达到显著水平($P < 0.05$)。各实验组建立最优的回归方程如下:

盐度 0 组: $y = -2.38429 + 0.08347x_2;$

盐度 10 组: $y = -0.29413 + 0.01535x_1 + 0.05395x_{10};$

盐度 20 组: $y = -0.34773 - 0.10438x_1 + 0.12844x_2 + 0.12057x_{10};$

盐度 27 组: $y = -0.41061 + 0.02797x_1;$

盐度 35 组: $y = -0.32462 + 0.01872x_2 + 0.02777x_6 - 0.05257x_8 + 0.05674x_{10};$

表 3 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼各形态性状相关性系数

Tab. 3 The phenotype correlation coefficients among the traits of *Chanos chanos* juveniles at salinity stress

实验组 group	性状 trait	y	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
盐度 0 组 salinity 0 group	x ₁	0.972**									
	x ₂	0.974**	0.998**								
	x ₃	0.905**	0.913**	0.916**							
	x ₄	0.953**	0.976**	0.979**	0.828**						
	x ₅	0.917**	0.956**	0.952**	0.872**	0.902**					
	x ₆	0.849**	0.896**	0.886**	0.803**	0.835**	0.952**				
	x ₇	0.914**	0.936**	0.942**	0.848**	0.916**	0.937**	0.818**			
	x ₈	0.841**	0.864**	0.862**	0.826**	0.804**	0.905**	0.815**	0.821**		
	x ₉	0.942**	0.957**	0.958**	0.836**	0.960**	0.906**	0.820**	0.924**	0.814**	
	x ₁₀	0.966**	0.976**	0.978**	0.907**	0.945**	0.956**	0.888**	0.947**	0.844**	0.956**
盐度 10 组 salinity 10 group	x ₁	0.983**									
	x ₂	0.981**	0.997**								
	x ₃	0.770**	0.780**	0.784**							
	x ₄	0.921**	0.941**	0.941**	0.541**						
	x ₅	0.949**	0.957**	0.959**	0.708**	0.894**					
	x ₆	0.920**	0.911**	0.912**	0.683**	0.850**	0.945**				
	x ₇	0.928**	0.921**	0.921**	0.680**	0.868**	0.935**	0.880**			
	x ₈	0.630**	0.679**	0.685**	0.480**	0.629**	0.765**	0.606**	0.548**		
	x ₉	0.933**	0.913**	0.907**	0.748**	0.830**	0.877**	0.861**	0.868**	0.556**	
	x ₁₀	0.973**	0.938**	0.937**	0.781**	0.854**	0.905**	0.903**	0.890**	0.553**	0.946**
盐度 20 组 salinity 20 group	x ₁	0.907**									
	x ₂	0.917**	0.998**								
	x ₃	0.885**	0.933**	0.939**							
	x ₄	0.900**	0.970**	0.972**	0.851**						
	x ₅	0.831**	0.954**	0.951**	0.902**	0.876**					
	x ₆	0.786**	0.909**	0.908**	0.871**	0.820**	0.977**				
	x ₇	0.862**	0.969**	0.965**	0.900**	0.922**	0.960**	0.902**			
	x ₈	0.733**	0.854**	0.850**	0.819**	0.767**	0.915**	0.863**	0.833**		
	x ₉	0.869**	0.960**	0.958**	0.904**	0.929**	0.911**	0.873**	0.933**	0.812**	
	x ₁₀	0.914**	0.988**	0.986**	0.917**	0.960**	0.943**	0.900**	0.958**	0.840**	0.955**
盐度 27 组 salinity 27 group	x ₁	0.948**									
	x ₂	0.946**	0.997**								
	x ₃	0.888**	0.950**	0.947**							
	x ₄	0.937**	0.980**	0.985**	0.888**						
	x ₅	0.924**	0.976**	0.980**	0.926**	0.947**					
	x ₆	0.910**	0.966**	0.969**	0.922**	0.935**	0.986**				
	x ₇	0.921**	0.952**	0.959**	0.905**	0.930**	0.973**	0.943**			
	x ₈	0.850**	0.909**	0.906**	0.838**	0.881**	0.928**	0.886**	0.873**		
	x ₉	0.918**	0.956**	0.951**	0.901**	0.943**	0.920**	0.909**	0.896**	0.884**	
	x ₁₀	0.942**	0.976**	0.973**	0.920**	0.957**	0.956**	0.949**	0.935**	0.897**	0.973**
盐度 35 组 sanity 35 group	x ₁	0.989**									
	x ₂	0.993**	0.994**								
	x ₃	0.965**	0.968**	0.976**							
	x ₄	0.986**	0.984**	0.991**	0.947**						
	x ₅	0.967**	0.970**	0.973**	0.945**	0.944**					
	x ₆	0.958**	0.954**	0.958**	0.927**	0.932**	0.985**				
	x ₇	0.970**	0.971**	0.974**	0.949**	0.952**	0.979**	0.950**			
	x ₈	0.880**	0.894**	0.899**	0.880**	0.863**	0.934**	0.881**	0.903**		
	x ₉	0.970**	0.963**	0.965**	0.933**	0.957**	0.943**	0.926**	0.943**	0.888**	
	x ₁₀	0.990**	0.980**	0.984**	0.958**	0.976**	0.958**	0.942**	0.961**	0.881**	0.978**

注: **表示差异极显著($P<0.01$).

Note: ** denotes extremely significant differences ($P<0.01$).

表 4 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼形态性状对体重影响的通径分析和复相关系数

Tab. 4 The results of path analysis of the effects of phenotype traits on body weight and multiple correlation index of *Chanos chanos* juveniles at salinity stress

实验组 group	性状 trait	相关系数 correlation coefficient	直接作用 direct effect	总和/E total	间接作用 indirect effect					负相关指数 R^2 multiple correla- tion index
					x_1	x_2	x_6	x_8	x_{10}	
盐度 0 组 salinity 0 group	x_2	0.97432	0.97432	-	-	-	-	-	-	0.94930
盐度 10 组 salinity 10 group	x_1	0.98278	0.58173	0.54586	-	-	-	-	0.54586	0.98768
	x_{10}	0.97326	0.42740	0.40105	0.40105	-	-	-	-	
盐度 20 组 salinity 20 group	x_1	0.90741	-3.31543	-6.58613		-3.31024	-	-	-3.27589	0.87351
	x_2	0.91671	3.48690	6.92055	3.48144		-	-	3.43911	
	x_{10}	0.91356	0.75034	1.48145	0.74139	0.74006	-	-	-	
盐度 27 组 salinity 27 group	x_1	0.94783	0.94783	-	-	-	-	-	-	0.89838
盐度 35 组 salinity 35 group	x_2	0.99322	0.56649	1.60984	-	-	0.54286	0.50948	0.55750	0.99334
	x_6	0.95788	0.09466	0.26327	-	0.09071	-	0.08336	0.08920	
	x_8	0.87972	-0.07124	-0.18956	-	-0.06407	-0.06273	-	-0.06275	
	x_{10}	0.99049	0.40655	1.14129	-	0.40009	0.38309	0.35812	-	

表 5 遮目鱼幼鱼形态性状对体重的决定系数

Tab. 5 The determinant coefficients of *Chanos chanos* juveniles traits on the body weight

实验组 group	性状 trait	决定系数 determinant coefficient					Σd
		x_1	x_2	x_6	x_8	x_{10}	
盐度 0 组 salinity 0 group	x_2	-	0.94930	-	-	-	0.94930
盐度 10 组 salinity 10 group	x_1	0.33841	-	-	-	0.46660	0.98768
	x_{10}	-	-	-	-	0.18267	
盐度 20 组 salinity 20 group	x_1	10.99206		-	-	-4.91606	0.87351
	x_2	-23.08494	12.15845	-	-	5.16099	
	x_{10}	-	-	-	-	0.56301	
盐度 27 组 salinity 27 group	x_1	0.89838	-	-	-	-	0.89838
盐度 35 组 salinity 35 group	x_2	-	0.32091	0.10278	-0.07259	0.45329	0.99334
	x_6	-	-	0.00896	-	-	
	x_8	-	-	-0.01188	0.00508	-	
	x_{10}	-	-	0.07253	-0.05102	0.16528	

表 6 多元回归方程的方差分析

Tab. 6 Analysis of variance of multiple regression equation

实验组 group	指标 index	平方和 quadratic sum	自由度 df	均方差 ms	F	P
盐度 0 组 salinity 0 group	回归 regression	19.23098	1	19.23098	655.31862	0.00000
	残差 residual	1.02711	35	0.02935		
	总和 total	20.25809	36			
盐度 10 组 salinity 10 group	回归 regression	0.67431	2	0.33715	1443.24221	0.00000
	残差 residual	0.00841	36	0.00023		
	总和 total	0.68272	38			
盐度 20 组 salinity 20 group	回归 regression	2.18160	3	0.72720	98.97941	0.00000
	残差 residual	0.31592	43	0.00735		
	总和 total	2.49752	46			
盐度 27 组 salinity 27 group	回归 regression	2.23803	1	2.23803	389.00130	0.00000
	残差 residual	0.25314	44	0.00575		
	总和 total	2.49117	45			
盐度 35 组 salinity 35 group	回归 regression	2.53124	4	0.63281	1677.28777	0.00000
	残差 residual	0.01698	45	0.00038		
	总和 total	2.54821	49			

其中 y 为体重(g), x_1 为全长(mm), x_2 为体长(mm), x_6 为眼后头长(mm), x_8 为吻长(mm), x_{10} 为体高(mm)。

3 讨论

3.1 盐度胁迫对遮目鱼幼鱼存活的影响

面对盐度胁迫时, 由于外界的渗透压与体内相差较大, 鱼类需要花费大量的能量用以维持体内渗透压平衡, 不然极易造成仔稚鱼、幼鱼体内渗透压的失衡^[22], 影响活力、摄食率等, 导致死亡率的上升^[23]。我们将遮目鱼幼鱼直接放入不同盐度环境中, 实验开始阶段因短期内无法适应外界渗透压的急剧变化, 造成盐度 0 组和盐度 10 组幼鱼的部分死亡, 而存活的幼鱼生理及行为方面做出调整, 稳定渗透压平衡, 适应了盐度变化, 存活率趋于稳定。其他实验组由于盐度胁迫的跨度相对较小, 幼鱼死亡率较低。与其他海水鱼类在低盐度胁迫下死亡率较高的结果相一致, 盐度 0 组和盐度 10 组幼鱼的死亡率相对于其他组较高。但相对于其他广盐性海水鱼类^[24], 遮目鱼幼鱼在淡水条件下 73.33% 的存活率仍是较高的, Jana 等^[15]、Lin 等^[25]同样发现遮目鱼可以在淡水条件下存活, 因而遮目鱼对低渗环境具有较高适应性, 遮目鱼在淡水条件下 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶的高表达量是其能适应淡水生活的重要原因之一^[26]。

3.2 盐度胁迫对遮目鱼幼鱼生长的影响

近年来的多数研究认为, 在低盐度的水体中, 外界环境的渗透压与体内的相接近, 鱼类需要花费较少的能量用于维持体内渗透压平衡, 将更多的能量用于生长^[5, 15]。但是不同鱼类在不同盐度及盐度胁迫下的生长情况并不一样, 这与其长期生长的环境存在较大关系。星斑川鲽(*Platichthys stellatus*)幼鱼在盐度 0、8、16 条件下的增重率和特定生长率显著高于盐度 24 和 32^[27]。1 龄花鲈(*Lateolabrax japonicus*)养殖的适宜生长盐度为 16~17^[28]。大西洋鳕(*Gadus morhua*)在盐度范围为 6~32 中, 盐度 10 条件下的生长率最高^[29]。暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)在盐度 8~10 具有最高的存活率和特定生长率^[30]。遮目鱼作为一种广盐

性的海水鱼类, 具有生殖洄游的习性, 繁殖期常洄游至江流的入海口甚至进入河道内进行生产活动。本实验中, 盐度 0 组的遮目鱼幼鱼与其他实验组相比表现出更好的生长结果($P < 0.01$), Ferraris 等^[31]和 Alava^[32]的研究结果同样显示: 与咸淡水和海水条件下相比, 遮目鱼在淡水中的生长速度更快, 可能是由于其洄游繁殖的习性, 早期生长阶段在淡水中具有较高的摄食率和消化率。除盐度 0 组外, 其他实验组幼鱼在增重率及特定生长率上无显著差异($P > 0.05$), 但实验结束时盐度 20 组和盐度 27 组幼鱼的体重和体长平均值要高于盐度 10 组和盐度 35 组, 此结果与 Jana 等^[15]利用内陆咸淡水进行遮目鱼盐度生长实验的结果一致: 在咸淡水和海水中, 遮目鱼在中间盐度条件下生长较快。但在 Jana 等^[15]的实验中, 盐度为 0 的条件下, 遮目鱼生长率最低, 这个可能是由于其利用内陆咸淡水养殖而造成与本实验结果的不同。

多数研究认为鱼类在低盐度条件下可以将更多原本用于渗透压平衡调节的能量用于生长, 因而鱼类在低盐度条件下的生长速度较快, 但盐度对鱼类生长发育的影响会通过新陈代谢速率、摄食率、消化率、同化率、内分泌系统等方面综合作用, 而不仅仅只是影响其渗透压平衡调节来影响生长。例如, 杂交东方鲀(*Takifugu flavidus* ♀ × *Takifugu rubripes* ♂)在盐度 30 条件下摄食量和摄食率最大^[33], 但豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)幼鱼相对于高盐度条件下, 盐度 15 条件下的摄食率较高^[34], 在本实验中, 盐度 0 组的幼鱼开始摄食较少, 但后期与其他实验组相比, 盐度 0 组的幼鱼一直保持较大的摄食量, 生长较快。同时多数研究认为鱼类用于渗透压平衡的能量分配比例估计占到其自身能量支出的 20%~50%^[35], 但也有研究显示其比率未达到此范围, 可能只有 10%^[35], 本实验中遮目鱼幼鱼较低盐度条件下在淡水中需要花费较多能量用以渗透压平衡, 但遮目鱼对渗透压的调节能力较强, 因而相对于其他海水鱼类用于渗透压平衡的能量支出比例可能较少。鱼类面对盐度变化的行为及生理变化也应当被考虑其中。例如, 随着盐度的增加, 遮目鱼需要

常吐海水以补充水分,食物在消化道的运动速度较快,肠道没有足够的时间去吸收营养,因而营养吸收率较低,生长较慢^[31]。盐度对鱼类生长的影响还和其他环境因子(如温度)存在着复杂的交互作用^[36],吉富品系尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)仔鱼在温度 18~20℃时,生长率在盐度为 8~9 时较高;随着温度上升,27~32℃时,盐度为 5~7 时生长率较高;高温环境时(35~37℃),盐度在 4 左右生长率较高^[37]。在实验以及实际的生产活动中,在研究盐度对鱼生长的影响时,鱼的种类及环境条件都不能被忽视。

3.3 盐度胁迫下遮目鱼幼鱼各表型形态性状对体重的影响

盐度胁迫下,遮目鱼幼鱼各表型形态性状与体重的相关性都达到极显著水平($P<0.01$),这是由于这些性状之间存在着共线性关系,需要将自变量之间的干扰排除。利用逐步引入-剔除法(Stepwise),剔除存在共线性关系及回归方程中不显著的自变量后,进行通径分析,建立最优回归方程。5个盐度梯度组保留的自变量虽然不同,但复相关指数与决定系数之和数值相等,均大于0.85,说明本实验中保留的性状是影响幼鱼体重的重点性状。其他海水鱼类的通径分析结果表明,鱼的全长、体长、体高对体重的影响最大^[8-12],本研究中盐度0组、盐度20组、盐度35组3组保留了幼鱼体长性状,盐度10组、盐度20组、盐度27组3组保留了幼鱼全长性状,盐度10组、盐度20组、盐度35组3组保留了幼鱼体高性状,结果说明即使是在盐度胁迫下,全长、体长、体高仍是影响幼鱼体重的重点性状。其他幼鱼性状各实验组保留的较少,且对体重的直接作用都较小,主要通过幼鱼体长、体高间接作用于体重。

谷伟等^[12]对不同性别的虹鳟进行通径分析,结果表明不同性别的虹鳟其形态性状对体重的影响作用不同,雌性尾柄长是影响体重的主要形态性状,而雄性背吻距是影响体重的主要形态性状。不同生长时期的卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)^[9]、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)^[10]、梭鱼

(*Liza haematocheila*)^[11]的研究结果表明不同生长阶段下影响鱼体重的重点性状也有所差别。对不同盐度胁迫生长条件下的遮目鱼幼鱼进行通径分析,结果表明,在盐度胁迫下幼鱼表现出不同的生长特点。在盐度10组、盐度20组和盐度27组,幼鱼全长性状对体重的影响较高,而在盐度0组和盐度35组,幼鱼全长性状对体重的影响不显著,主要通过体长间接对体重产生作用。盐度10组和盐度27组幼鱼的体长对体重的作用不显著,主要通过全长间接作用。盐度20组幼鱼全长对体重呈现负作用,可能在该盐度条件下,幼鱼的尾鳍较长,而幼鱼体长对体重的决定作用最高,尾鳍的长度影响到全长对体重的作用,盐度0组和盐度35组2组幼鱼的全长作用不显著也可以得到同样解释,这个与大黄鱼在发育早期阶段全长对体重的作用不显著的结果相类似^[10]。相反,盐度10组和盐度27组可能是幼鱼尾鳍较短,因而幼鱼全长和体长之间存在着高度的共线性关系,在建立最优回归方程时,删除了体长性状。幼鱼的体高对体长的作用地位仅次于全长、体长,但与前两者也存在较高的共线性关系,在盐度0组和盐度27组建立最优回归方程中被删除,而在盐度10组、盐度20组和盐度35组3组中得以保留,可能是在此条件下,鱼的体形性状差距较大,而其他条件下则较为整齐。同样,在盐度35组中保留了4个性状,幼鱼吻长及眼后头长对体重的决定作用较小,但也表明相对于其他实验组,在此盐度条件下,幼鱼个体之间的体形形状差距最大。故在不同盐度胁迫下,影响遮目鱼幼鱼体重的重点性状不同,幼鱼表现出不同的生长特点,在淡水条件下,影响幼鱼体重的主要形态性状少,个体之间形态性状更为一致,而在高盐度下,影响幼鱼体重的主要形态性状较多,个体之间形态性状差异较大,在实际生产中,可根据需要进行养殖和良种选育。

参考文献:

- [1] Cai W C, Ou Y J, Li J E. Effects of water salinity on embryonic development of rock bream *Oplegnathus fasciatus* [J]. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(5): 951-956. [蔡文超,

- 区又君, 李加儿. 盐度对条石鲷胚胎发育的影响[J]. 生态学杂志, 2010, 29(5): 951–956.]
- [2] Chai X J, Sun M, Xu Y J. Effects of temperature and salinity on embryonic development of *Nibea japonica*[J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(5): 43–49. [柴学军, 孙敏, 许源剑. 温度和盐度对日本黄姑鱼胚胎发育的影响[J]. 南方水产科学, 2011, 7(5): 43–49.]
- [3] Xu X J, Li J E, Ou Y J. Effects of salinity on embryonic development and early larvae in ovate pompano *Trachinotus ovatus*[J]. South China Fisheries Science, 2009, 5(6): 31–35. [许晓娟, 李加儿, 区又君. 盐度对卵形鲳鲹胚胎发育和早期仔鱼的影响[J]. 南方水产, 2009, 5(6): 31–35.]
- [4] Saoud I P, Kreydiyyeh S, Chalfoun A, et al. Influence of salinity on survival, growth, plasma osmolality and gill $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ -ATPase activity in the rabbitfish *Siganus rivulatus*[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2007, 348(1–2): 183–190.
- [5] Tsuzuki M Y, Sugai J K, Maciel J C, et al. Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities[J]. Aquaculture, 2007, 271(1–4): 319–325.
- [6] Yu N, Li J E, Ou Y J, et al. Effects of salinity stress and diurnal variation on digestive enzyme activity of juvenile grey mullet (*Mugil cephalus*) [J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(6): 52–57. [于娜, 李加儿, 区又君, 等. 盐度胁迫及昼夜变化对鲈鱼幼鱼消化酶活性的影响[J]. 南方水产科学, 2011, 7(6): 52–57.]
- [7] Tang X M, Sui Z, Tian J B, et al. Effects of salinity on metabolic rate of juvenile turbot (*Scophamus maximus*) [J]. South China Fisheries Science, 2006, 2(04): 54–58. [唐贤明, 隋翌, 田景波, 等. 盐度对大菱鲆幼鱼耗氧率和排氨率的影响[J]. 南方水产, 2006, 2(04): 54–58.]
- [8] Xiao S, Fu Z J, Yu Z N. Path analysis of quantitative traits of male and female Hong Kong oyster *Crassostrea hongkongensis* [J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(4): 1–9. [肖述, 符政君, 喻子牛. 香港巨牡蛎雌雄群体的数量性状通径分析[J]. 南方水产科学, 2011, 7(04): 1–9.]
- [9] Ou Y J, Ji L, Li J E, et al. Correlation analysis of major morphometric traits and body weight of selective group at different month ages of *Trachinotus ovatus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(7): 961–969. [区又君, 吉磊, 李加儿, 等. 卵形鲳鲹不同月龄选育群体主要形态性状与体质量的相关性分析[J]. 水产学报, 2013, 37(7): 961–969.]
- [10] Liu X D, Cai M Y, Wang Z Y, et al. Correlation analysis of morphometric traits and body weight of large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* at different growth stage [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2010, 29(5): 159–163. [刘贤德, 蔡明夷, 王志勇, 等. 不同生长时期大黄鱼形态性状与体重的相关性分析[J]. 热带海洋学报, 2010, 29(5): 159–163.]
- [11] Geng X Y, Ma W L, Li X P, et al. Morphometric attributes to body weight for the redlip mullet *Liza haematocheila* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(4): 530–537. [耿绪云, 马维林, 李相普, 等. 梭鱼(*Liza haematocheila*)外部形态性状对体重影响效果分析[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 530–537.]
- [12] Gu W, Hu G, Xu G F, et al. Mathematical analysis of morphometric attribute effects on body weight for both genders of two-year-old rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2013, 44(3): 108–113. [谷伟, 户国, 徐革锋, 等. 不同性别虹鳟形态性状对体重的影响效果分析[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(3): 108–113.]
- [13] Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Institute of Oceanology, Chinese academy of Sciences, College of Shanghai Fisheries. Fishes of the South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1962: 139–141. [中国科学院动物研究所, 中国科学院海洋研究所, 上海水产学院. 南海鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 1962: 139–141.]
- [14] Chang S L, Su M S, Liao I C, et al. The larvae production of milkfish (*Chanos chanos*) in Taiwan [J]. Fujian Fisheries, 1994(4): 81–85. [Chang S L, Su M S, Liao I C. 区又君 译. 台湾的遮目鱼种苗生产[J]. 福建水产, 1994(4): 81–85.]
- [15] Jana S N, Garg S K, Patra B C. Effect of inland water salinity on growth performance and nutritional physiology in growing milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): field and laboratory studies [J]. J Appl Ichthyol, 2006, 22(1): 25–34.
- [16] Lin Y M, Chen C N, Lee T H. The expression of gill Na^+ , K^+ -ATPase in milkfish, *Chanos chanos*, acclimated to seawater, brackish water and fresh water [J]. Comp Biochem Physiol A, 2003(135): 489–497.
- [17] Wu G M. The biological characteristics of milkfish [J]. Beijing Fisheries, 2001(2): 31. [邬国民. 遮目鱼的生物学特性 [J]. 北京水产, 2001(2): 31.]
- [18] Li J E, Zhang D. The Cultivation of milkfish. Mariculture Q & A [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995 (5): 26–33. [李加儿, 张丹. 遮目鱼养殖. 海水增养殖技术问答 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 26–33.]
- [19] Ou Y J. The Cultivation of milkfish. Concise Aquaculture Encyclopaedia in China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001: 677–685. [区又君. 遮目鱼养殖. 简明中国水产养殖百科全书 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 677–685.]
- [20] Li J E, Li Z S, Banno J E. The tolerance of fertilization eggs and early stage of larval of milkfish to salinities [J]. South China Sea Research, 1992(5): 26–33. [李加儿, 李正森,

- Banno J E. 遮目鱼受精卵和早期仔鱼对盐度的耐受性[J]. 南海水产研究, 1992(5): 26–33.]
- [21] Du J J, Chen Z W. The way to achieve path analysis by using linear regression of SPSS[J]. Biology Bulletin, 2010, 45(2): 4–6. [杜家菊, 陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报, 2010, 45(2): 4–6.]
- [22] Fan C Y, Ou Y J, Li J E, et al. Effects of acute salinity stress on Na⁺-K⁺-ATP and osmotic pressure of juvenile *Trachinotus ovatus*[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2012, 31(2): 218–224. [范春燕, 区又君, 李加儿, 等. 急性盐度胁迫对卵形鲳鲹幼鱼 Na⁺-K⁺-ATP 酶活性和渗透压的影响[J]. 台湾海峡, 2012, 31(2): 218–224.]
- [23] Qiang J, Wang H, Li R W, et al. Effects of salinities on growth, survival and digestive enzymes activity of larval hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)[J]. South China Fisheries Science, 2009, 5(5): 8–14. [强俊, 王辉, 李瑞伟, 等. 盐度对奥尼罗非鱼仔、稚鱼生长、存活及其消化酶活力的影响[J]. 南方水产, 2009, 5(5): 8–14.]
- [24] Hu F W, Pan L, Gao F X, et al. Effects of temperature and salinity on growth and survival rate of young *Hexagrammos otakii*[J]. Marine Sciences, 2012, 36(7): 44–48. [胡发文, 潘雷, 高凤祥, 等. 温度和盐度变化对大龙六线鱼幼鱼存活与生长的影响[J]. 海洋科学, 2012, 36(7): 44–48.]
- [25] Lin Y M, Chen C N, Yoshinaga T, et al. Short-term effects of hyposmotic shock on Na⁺/K⁺-ATPase expression in gills of the euryhaline milkfish, *Chanos chanos*[J]. Comp Biochem Physiol A, 2006, 143(3): 406–415.
- [26] Tang C H, Wu W Y, Tsai S C, et al. Elevated Na⁺/K⁺-ATPase responses and its potential role in triggering ion reabsorption in kidneys for homeostasis of marine euryhaline milkfish (*Chanos chanos*) when acclimated to hypotonic fresh water[J]. J Comp Physiol B, 2010, 180(6): 813–824.
- [27] You H Z, Zhang S L, Guo Z B, et al. Effects of salinity on growth and feeding of juvenile Starry flounder (*Platichthys stellatus*)[J]. Marine Science Bulletin, 2013, 15(1): 66–75.
- [28] Du T, Huang Y, Tan X Y, et al. Difference analysis on growth characteristic of one year old *Lateolabrax japonicus* cultured at different salinity[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2013, 44(2): 337–341. [杜涛, 黄洋, 覃雪迎, 等. 不同盐度养殖 龄花鲈(*Lateolabrax japonicus*)的生长特性差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(2): 337–341.]
- [29] Árnason T, Magnadóttir B, Björnsson B, et al. Effects of salinity and temperature on growth, plasma ions, cortisol and immune parameters of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*)[J]. Aquaculture, 2013, 380–383: 70–79.
- [30] Shi Y, Zhang G, Zhu Y, et al. Effects of photoperiod, temperature, and salinity on growth and survival of obscure puffer *Takifugu obscurus* larvae[J]. Aquaculture, 2010, 309(1–4): 103–108.
- [31] Ferraris R P, Catacutan M R, Mabelin R L, et al. Digestibility in milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): Effects of protein source, fish size and salinity[J]. Aquaculture, 1986, 59(2): 93–105.
- [32] Alava V R. Effect of salinity, dietary lipid source and level on growth of milkfish (*Chanos chanos*) fry[J]. Aquaculture, 1998, 167(3–4): 229–236.
- [33] Zhang F C, Wan Y M, Fang X, et al. The effect of salinity on the survival and feeding of hybrid puffer fish[J]. HuBei Fishery, 2012(12): 2–6. [张福崇, 万玉美, 方笑, 等. 盐度对杂交东方鲀存活和摄食的影响[J]. 河北渔业, 2012(12): 2–6.]
- [34] You H Z, Sun Z J, Zhang Q, et al. Effects of salinity on feeding, growth and body composition in juvenile leopard coraltrout *Plectropomus leopardus*[J]. Journal of DaLian Ocean University, 2013, 28(1): 89–93. [尤宏争, 孙志景, 张勤, 等. 盐度对豹纹棘鲷幼鱼摄食生长及体成分的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 89–93.]
- [35] Morgan J D, Iwama G K. Energy cost of NaCl transport in isolated gills of cutthroat trout[J]. Am J Physiol, 1999, 277(3): 631–639.
- [36] Asha P S, Muthiah P. Effects of temperature, salinity and pH on larval growth, survival and development of the sea cucumber *Holothuria spinifera* Theel[J]. Aquaculture, 2005, 250 (3–4): 823–829.
- [37] Qiang J, Xu P, He J, et al. Combined effects of temperature and salinity on growth and survival of (GIFT) Nile tilapia larvae (*Oreochromis niloticus*)[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(6): 1299–1307. [强俊, 徐跑, 何杰, 等. 温度与盐度对吉富品系尼罗罗非鱼仔鱼生长与存活的联合影响[J]. 中国水产科学, 2011, 18(6): 1299–1307.]

Effects of salinity stress on the survival, growth and correlation of characters of juveniles of *Chanos chanos*

LIN Xianzhi^{1,2}, OU Youjun¹, LI Jia'er¹, WEN Jiufu¹, WANG Pengfei¹

1. Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: The growth and development of teleost were more or less directly affected by the environmental factors. Salinity is one of the important ecological factors. The influence of salinity on the survival and growth of marine fish has been demonstrated in many studies. However, distinct results were displayed due to the different abilities of tolerance to salinity among fish species. The milkfish (*Chanos chanos*), which has a nice marine habitat and an efficient osmoregulation, is widely distributed throughout tropical and subtropical Indo-Pacific. This species occurs naturally and is commercially cultured in fresh, brackish, and oceanic waters as well as in hypersaline lagoons. In the present study, the influences of salinity stress on the survival and growth of milkfish juveniles were assessed and the effects of morphometric attributes on body weight were also evaluated. Juveniles of milkfish [mean weight and total length: (0.215 ± 0.083) g; (2.850 ± 0.356) cm, respectively] were reared at salinities of 0 (fresh water), 10, 20, 27 (sea water) and 35 without acclimation, in triplicate, for 30 d cultivation. The survival rate was recorded and the body weight and morphometric attributes of each individual were measured. Results showed, the lowest survival rate was founded at salinity 0 group (73.33%) when compared with other groups (>90%). The juvenile stage is a special stage during the life history of fish, the juvenile developed not as well as the adults, and cannot adapt to the short-term drastic changes of external osmolality, which may be one of the reasons of the high mortality rate at salinity 0 group. On the other hand, however, the highest rates of weight gain rate (573.94 ± 231.58)% and specific-growth rate (6.23 ± 1.16)% were obtained at salinity 0 group ($P < 0.01$). Meanwhile, there was no significantly difference among other groups ($P > 0.05$). The higher weight gain rate and specific-growth rate were also found in the intermediary groups with salinity 20 and 27. It has been suggested that the marine fish often has a better growth rate in water with lower salinity for the reason of fish spending less energy on osmoregulation in such conditions. Although it has not been reported that milkfish require a fresh water environment for any part of its life cycle, it did showed well growth performance at fresh water in many studies. Furthermore, recent studies indicated that the true proportion of energetic cost of osmoregulation remains under debate as thought before. The total length (x_1), body length (x_2), tail length (x_3), trunk length (x_4), head length (x_5), postorbital length of head (x_6), eye diameter (x_7), snout length (x_8), caudal peduncle height (x_9), and body height (x_{10}) were measured by QCapture Pro 6.0 software after the cultivation. The correlation analysis, path analysis and determination coefficients were calculated by SPSS 13.0 software. Significant differences ($P < 0.01$) were found in all correlation coefficients between each morphometric attributes and the weight. The results of path analysis showed that the traits which had the strongest effect on body weight were total length, body length and body height, and the direct effects of morphometric attributes on body weight were different at salinity stress. The analysis of determinant coefficients revealed that the determinant coefficient of body length was the largest ($d=0.949\ 30$) in the salinity 0 group. For salinity 10 group, the determinant coefficients of total length and body height were larger compared with other traits, among which total length had a predominant determinative effect ($d=0.338\ 41$). For salinity 20 group, the determinant coefficients of total length, body length, and body height were larger, among which body length had a predominant determinative effect ($d=12.158\ 45$). For salinity 27 group, the determinant coefficient of total length was the largest ($d=0.898\ 38$). For salinity 35 group, the determinant coefficients of body length, eye diameter, snout length, and body height were larger, among which body length had a predominant determinative effect ($d=0.320\ 91$). In addition, the best multiple linear regression equations were established at salinity stress, which will be helpful to the cultivation of milkfish.

Key words: *Chanos chanos*; salinity; stress; growth; correlation of characters

Corresponding author: OU Youjun. E-mail: ouyoujun@126.com.