

doi: 10.7541/2018.072

温度、pH和盐度对后背鲈鲤幼鱼存活的影响

金方彭¹ 李光华¹ 李林² 秦鑫² 李坤² 吴俊颀¹
高海涛¹ 夏一丹² 刘峰²

(1. 云南省渔业科学研究院, 昆明 650111; 2. 华能澜沧江水电股份有限公司, 昆明 650000)

摘要: 为了研究后背鲈鲤(*Percocypris pingi retrodorslis*)对温度、pH和盐度的耐受性, 以后背鲈鲤幼鱼为实验材料, 采用单因子静态急性毒性实验法对其温度、pH和盐度耐受能力进行研究。实验结果表明, 后背鲈鲤幼鱼对温度的耐受范围为0—32℃, 高温、低温的半致死温度分别为32℃和1℃, 最佳生长温度为8—27℃; 96h内, 最佳生长pH为5.0—9.0, pH高于9.5或者低于4.7时, 幼鱼出现死亡, 在24、48、72、96h里, 不同碱度对幼鱼存活率的影响呈现显著性差异($P < 0.05$), 而不同酸度对幼鱼存活率的影响差异性不显著($P > 0.05$), 24、48、72、96h酸度半致死浓度(LC_{50})相应pH分别为3.90、3.96、4.15、4.40, 碱度半致死浓度相应的pH分别为11.20、11.10、10.98、10.89。96h内, 当盐浓度超过7.50 g/L时, 幼鱼开始死亡, 不同盐浓度对幼鱼的存活率的影响呈现显著性差异($P < 0.05$), 盐度对实验鱼的12、24、48、72、96h的半致死浓度分别为10.30、9.25、9.00、8.85、8.82 g/L, 2个级别的安全浓度(SC)分别为0.882 g/L、2.557 g/L。后背鲈鲤已被列入珍稀濒危物种, 研究为今后后背鲈鲤的人工养殖和跨地域养殖打下理论基础。

关键词: 后背鲈鲤; 温度; pH; 盐度; 耐受性

中图分类号: S961 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2018)03-0578-06

后背鲈鲤(*Percocypris pingi retrodorslis*)地方名为花鱼, 隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲃亚科(Baetinae)、鲈鲤属(*Percocypris*), 分布于澜沧江、怒江水系。后背鲈鲤体延长, 略侧扁, 最大个体重达20 kg; 后背鲈鲤为肉食性鱼类, 以捕食小型鱼类为主, 也食甲壳动物、昆虫及其幼虫。由于过度捕捞等原因, 自然水体中捕获的后背鲈鲤数量已越来越少, 现已成为珍稀濒危鱼类^[1]。目前对后背鲈鲤的研究主要集中在人工驯养、人工繁殖、胚胎发育等方面^[2, 3]。对后背鲈鲤耐受性方面的研究未见报道。本文主要利用单因子静态急性毒性实验法研究后背鲈鲤对高温、低温、pH、盐度的耐受性, 以探索后背鲈鲤在养殖过程中, 对水环境温度/pH的耐受性, 对将来车间养鱼温度及水质的pH调控奠定了基础, 盐度毒性实验结果可作为今后鱼池消毒盐用量的参考, 也为将来后背鲈鲤的跨地区跨水域养殖提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本次实验材料采集于云南省渔业科学研究院黄登增殖站项目部, 挑选体格健壮, 规格均匀的幼鱼作为实验鱼, 幼鱼体长为(8±3) cm, 体重为(10±2) g, 实验开始前24h停食, 实验所用水为日常养殖进水, 实验前自然曝气24h, 水温21℃, pH为7.8, 实验全程使用氧气泵充氧, 实验期间不进行投喂。

1.2 实验方法

温度实验 温度采取逐渐渐变的方式进行控温, 实验设1个对照组, 1个实验组, 每个实验组10尾幼鱼, 高温使用恒温箱进行温度的渐变调控, 低温实验使用恒温冰箱进行调控, 从13℃开始, 降温的频率为1℃/0.5d, 对照组温度控制在20℃, 实验全程进行充氧。至整个实验结束, 对照组幼鱼除跳出一尾死亡外再无死亡。据此可基本排除恒温箱

收稿日期: 2017-05-25; 修订日期: 2018-01-12

基金项目: 华能澜沧江水电股份有限公司科研基金项目(HY2012/P21-C)资助 [Supported by the Scientific Research Fund Project of Huaneng Lancang River Hydropower Incorporated Company]

作者简介: 金方彭(1987—), 女, 理学学士, 研究实习员; 研究方向为土著鱼种质资源和渔业环境监测研究。E-mail: 296424955@qq.com

通信作者: 李光华(1965—), 男, 副研究员; 主要从事淡水渔业研究, 淡水渔业科学研究及其管理工作。E-mail: 316553410@qq.com

和恒温冰箱内幼鱼的死亡是由温度变化以外的因素引起, 从而确认本次实验的结果是有效的。

pH实验 实验设实验组和对照组, 每个实验组设3个重复。水体pH分别采用0.1 mol/L的稀HCl和NaOH溶液进行调整。用哈希pH测定仪HQ30d测定pH。

将实验的pH梯度设置为3.5、3.7、3.9、4.0、4.2、4.6、4.7、5.0和9.0、9.5、9.8、10.0、10.2、10.3、10.4、10.6、10.8、11.0、11.4和11.6。每个实验组10尾实验鱼。至整个实验结束, 对照组鱼均未出现死亡, 可排除死亡是由pH以外的原因引起。

盐度实验 一般来说, 盐度以水中NaCl的质量浓度来衡量。实验设置对照组和实验组, 每个实验组设3个重复。

实验的浓度梯度设置为7.0、7.5、7.8、8.0、8.3、8.5、8.8、9.0、9.5、9.8、10.0、10.5、10.6和10.8 g/L, 利用ATAGO数字式盐度计ES-421分别测定。至整个实验结束, 对照组幼鱼无死亡, 可以基本排除死亡是由盐度以外的原因引起的。

1.3 数据处理

采用SPSS 19.0进行数据统计处理, 采用线性回归法^[4]计算盐度和pH半致死浓度(LC_{50}), 分别采用经验公式 $SC I = 0.1 \times LC_{50}(96h)$ ^[5]和Turubell公式 $SC II = 0.3 \times LC_{50}(48h) / [LC_{50}(24h) / LC_{50}(48h)]$ ^[4]; 计算出两个级别的安全浓度(SC)^[6], 采用SPSS 19.0作二次分析和线性回归分析, 通过方差分析和F-检验, 分析显著性差异。

2 结果

2.1 后背鲈鲤对温度的耐受性

高温实验采取逐渐升温的方式进行, 从20℃开始, 升温的频率为1℃/0.5d, 历时7.5d, 实验鱼10尾。最适宜生活温度是8—27℃, 对温度的耐受范围为0—32℃, 半致死高温为32℃, 半致死低温为1℃。并对后背鲈鲤幼鱼的存活数对温度和存活数作二次回归分析。当温度上升至28℃时, 少部分鱼开始出现不适, 继续升高温度, 幼鱼开始出现窜游的现象, 当温度升高至32℃时, 3h后开始出现死亡, 当升温至34℃时, 幼鱼窜游加急, 鳃部出现明显充血, 大部分鱼死亡, 当温度升至35℃时, 2h后全部死亡, 至实验结束对照组并未出现死亡现象(表1)。

低温采取逐渐降温的方式, 低温耐受性实验也是采取逐渐降温的形式进行, 从常温(22℃)开始, 降温频率为1℃/0.5d, 历时7.5d。当温度降至6℃时, 有一部分幼鱼活动减少; 继续降低水温至5℃, 幼鱼

出现倒立游动现象, 继续降低温度至4℃, 幼鱼活动缓慢, 继续降温至3℃, 少部分幼鱼活动僵硬, 呼吸微弱, 当温度降低至1℃时, 幼鱼出现翻白, 死亡现象, 当温度降低至0时, 幼鱼在0.5d后出现休克现象, 1d全部幼鱼后停止呼吸(表2)。

2.2 后背鲈鲤对pH的耐受性

在整个实验过程中, 后背鲈鲤幼鱼在对照组中无特别应激现象, 活动平缓, 呼吸正常, 未出现死亡现象。

在pH应激实验组中, 当pH为5.0—9.0时, 幼鱼活动正常; 当pH高于9.0或低于4.8时, 幼鱼出现呼吸急促, 急游等现象; 当pH高于9.5或者低于4.7时, 幼鱼出现死亡。计算3个重复组数据的标准差, 并将标准差反应在图上, 从图1可以看出, 24h内, 3个重复组的误差范围为0.05—0.08, 48h内, 3个重复组的误差范围为0.00—0.05, 72h内, 3个重复组的误差范围为0.05—0.08, 96h内, 3个重复组的误差范围为0.00—0.05。对实验结果进行统计处理, 求平均存活率, 作二次回归方程。pH在24、48、72和96h的线性回归方程(表3), 式中:Y为存活率, x为pH。并计算24、48、72和96h的碱度半致死pH(LC_{50})分别为:11.2、11.1、10.98和10.89, 酸度半致死pH为

表1 后背鲈鲤幼鱼对高温的耐受性实验

Tab. 1 Tolerance test of *Percocypris pingi retrodorslis* juvenile fish to high temperature

时间 Time (h)	温度 Temperature (℃)	后背鲈鲤幼鱼状况 The status of <i>Percocypris pingi</i> <i>retrodorslis</i> juvenile fish
0	21	正常游动(10)
1	22	正常游动(10)
1.5	23	正常游动(10)
2	24	正常游动(10)
2.5	25	正常游动(10)
3	26	正常游动(10)
3.5	27	偶尔向水面游动, 总体正常(10)
4	28	少部分幼鱼不适, 开始四处窜游(10)
4.5	29	部分幼鱼活动减少, 呼吸变慢(10)
5	30	大部分幼鱼活动减少, 急窜, 2尾侧翻游(10)
5.5	31	大部分幼鱼游向水面, 3尾侧翻游(10)
6	32	幼鱼活动减少, 呼吸微弱。6h后死亡5尾(5)
6.5	33	全部游至水面, 2尾侧翻游动, 1h后死亡(3)
7	34	剩下的3尾急游, 侧翻, 鳃部发红, 死亡2尾(1)
7.5	35	剩下的1尾急游, 非常不适, 鳃部发红, 2h后全部死亡(0)

注: “()”里的数字反映的是存活数

Note: The number in parenthesis reflects the number of survival

表 2 后背鲈鲤幼鱼对低温的耐受性实验
Tab. 2 Tolerance test of *Percocypris pingi retrodorslis* juvenile fish to low temperature

时间 Time (h)	温度 Temperature (°C)	后背鲈鲤幼鱼状况 The status of <i>Percocypris pingi retrodorslis</i> juvenile fish
0	13	正常(10)
1	11	正常(10)
1.5	10	正常(10)
2	9	1尾跳出死亡(9)
2.5	8	正常(9)
3	7	集中在一起活动, 正常活动(9)
3.5	6	有2尾活动减少, 其余集中在底部活动(9)
4	5	少部分鱼活动缓慢。出现在底部倒立游动(9)
4.5	4	部分游动缓慢, 其他集中在底部倒立游动(9)
5	3	大部分幼鱼集中底部倒立活动, 少部分活动僵硬(9)
5.5	2	大部分幼鱼活动僵硬, 有2尾基本不活动(9)
6	1	幼鱼活动僵硬, 呼吸微弱, 1h后死亡2尾(7)
6.5	1	活动僵直, 2尾出现翻白, 2h后死亡2尾(5)
7	0	大部分幼鱼基本不活动, 1h后有2尾翻白, 3h后死亡(3)
7.5	0	剩下的幼鱼5h后全部休克(0)

注: “()”里的数字反映的是存活数

Note: The number in parenthesis reflects the number of survival

3.90、3.96、4.15、4.40; 利用 F -检验表明, 碱度: 24、48、72和96h里不同pH所对应的存活率均呈现出显著性差异($P<0.05$); 酸度: 24、48、72和96h里不同pH所对应的的存活率均差异性不显著($P>0.05$)。

2.3 后背鲈鲤对盐度的耐受性

在整个实验过程中, 96h内, 后背鲈鲤幼鱼在对照组活动正常, 没有出现应激和死亡现象。在实验组中, 当盐浓度低于7.0 g/L时, 幼鱼活动正常, 当盐浓度高于7.5 g/L时, 幼鱼开始出现死亡。当浓度高于9.8 g/L时, 96h后全部死亡。将3个重复组做标准差进行比较分析, 12h内, 3个重复的误差范围为0.05—0.14, 24h内, 3个重复的误差范围为0.00—0.05, 48h内, 3个重复的误差范围为0.05—0.08, 72h内, 3个重复的误差范围为0.00—0.05, 96h内, 3个重复的误差范围为0.00—0.05 (图 2)。对实验结果进行统计处理, 求出平均存活率并作二次回归分析。对盐度的耐受性在12h、24h、48h、72h和96h的二次方程(表 4), 式中 Y 为存活率, x 为盐浓度。计算12、24、48、72和96h盐浓度的 LC_{50} 分别为10.30、9.25、9.00、8.85、8.82 g/L。根据经验公式和Turubell公式计算得到, 盐度对后背鲈鲤的安全浓度SCI为0.88 g/L,

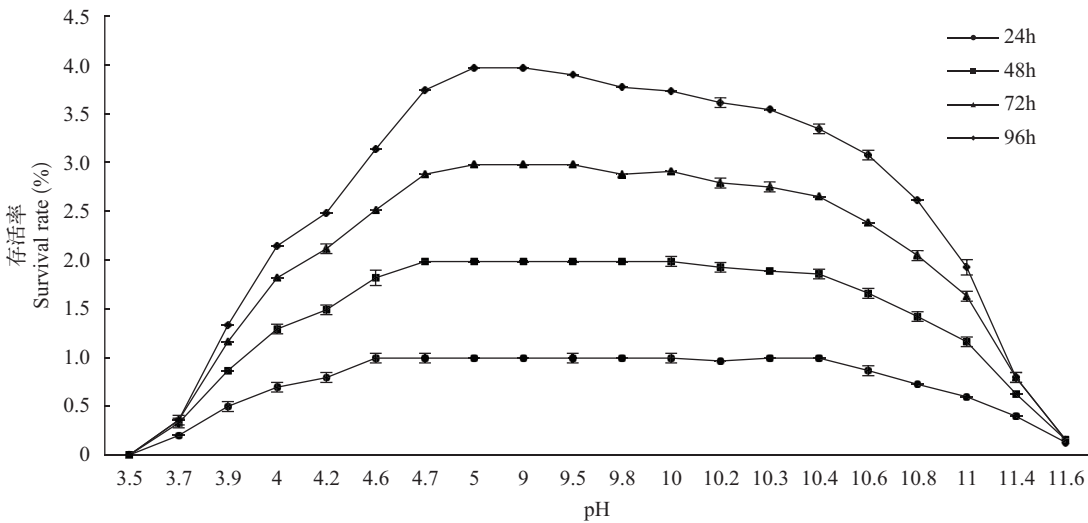


图 1 不同pH下后背鲈鲤幼鱼存活率

Fig. 1 Survival rate of *Percocypris pingi retrodorslis* juvenile fish at different pH

表 3 pH对后背鲈鲤幼鱼的毒性分析

Tab. 3 Toxicity analysis of pH on *Percocypris pingi retrodorslis* juvenile fish

实验时间Time (h)	回归方程Regression equation	相关系数Relative coefficient (R^2)	显著性 P	LC_{50}
24	$Y = -0.0726x^2 + 1.0935x - 2.663$	$R^2 = 0.8143$	0.001745	11.20
48	$Y = -0.0798x^2 + 1.2001x - 3.0516$	$R^2 = 0.8788$	0.004506	11.10
72	$Y = -0.0808x^2 + 1.2158x - 3.1651$	$R^2 = 0.9072$	0.004652	10.98
96	$Y = -0.0853x^2 + 1.2846x - 3.4629$	$R^2 = 0.9251$	0.007641	10.89

SC II 为2.56 g/L, 利用 F -检验表明, 在12、24、48、72和 96h所对应的不同浓度下的存活率呈现出显著性差异($P<0.05$), 说明随着时间的推移后背鲈鲤对盐度耐受浓度减少(图 3、表 4)。

3 讨论

3.1 后背鲈鲤对温度的耐受性

鱼类的温度耐受范围是指鱼类可以耐受的高温上限和低温下限之间的范围, 它是评价鱼类热耐受特征的重要指标^[7]。在不同驯化温度下, 根据后背鲈鲤幼鱼的活动状况, 呼吸频率等行为特征, 来推断后背鲈鲤幼鱼的最适宜生长温度范围是8—27℃, 最高致死温度为32℃, 最低致死温度为1℃。本实验没有做重复组, 是因实验时考虑到后背鲈鲤幼鱼非常珍贵且难获得。在类似驯化温度范围内, 同一流域和江段的光唇裂腹鱼(*Schizothorax lissolabiatu*s Tsao)最适宜生长温度范围为7—26℃, 最高致死温度为31℃, 最低致死温度为3℃^[8]。可以看出, 适宜生长温度范围和最高致死温度比光唇裂腹鱼高, 最低致死温度比光唇裂腹鱼低, 就水温升高对光唇裂腹鱼和后背鲈鲤幼鱼的存活数的影响作了方差分析, 结果显示 $F(0.137294)<F_{crit}(4.300949)$, $P\text{-value}(0.71453)>0.05$, 说明2种鱼对高

温的耐受性无显著性差异。水温降低对光唇裂腹鱼和后背鲈鲤幼鱼的存活数的影响作了方差分析, 结果显示 $F(1.264021)<F_{crit}(4.259677)$, $P\text{-value}(0.254314)>0.05$ 说明两种鱼对低温的耐受性无显著性差异。(光唇裂腹鱼检验数据来自于^[8])与冷水性鱼类的虹鳟(适宜生长温度:12—18℃, 致死高温:24℃, 致死低温: 0)相比, 后背鲈鲤幼鱼适宜生长温度范围较广, 致死高温比虹鳟高, 致死低温和虹鳟一样^[9]。在今后的养殖过程中, 要保证水温在适宜生长范围内, 由于后背鲈鲤对温度的耐受范围比较广, 因此在保证养殖水温为8—27℃的情况下, 将后背鲈鲤进行逐温驯化后, 便可以进行跨地域养殖和人工繁殖。后背鲈鲤属于珍稀濒危物种, 这为后背鲈鲤种质资源的保护奠定了理论基础。

3.2 后背鲈鲤对pH的耐受性

绝大多数淡水鱼类对pH的适应范围为4.4—10.4^[10], 有研究表明, 口虾蛄能适应pH为5.0—10.0, 最适pH约7.0, 当pH在4.4以下或10.2以上难于生存^[11], 黑斑口虾蛄对pH的适应能力与口虾蛄相近, 能生存在pH 5.0—10.0环境中, 最适pH 7.0—9.0^[12]。而同一水域的光唇裂腹鱼幼鱼能适应pH为4.5—10.0, 当pH在4.2以下或10.5以上难以生存^[8]。本研究结果表明, 96h内, 后背鲈鲤幼鱼对pH的耐受能力为5.0—9.0, 当pH低于4.7或高于9.5时开始出现死亡。能适应的pH比口虾蛄、黑斑口虾蛄和相同水域的光唇裂腹鱼范围窄, 说明后背鲈鲤是狭酸碱碱性鱼类, 另外, 通过 F -检验得到, 在碱度, 不同pH下的存活率呈现显著性差异($P<0.05$), 而在酸度, 不同的pH下存活率差异性不显著($P>0.05$), 说明后背鲈鲤耐酸性比耐碱性弱, 在今后人工养殖过程中, 调节水质时, 控制pH在5.0—9.0, 实现跨地域养殖后背鲈鲤也是可以实现的, 因为大多数养殖水体的pH可以控制在7.0—9.0。

3.3 后背鲈鲤对盐度的耐受性

盐度是养殖水化环境一个重要的理化因子, 一定盐度可以使机体保持良好的生长性能和免疫功能, 超过一定的限度后会影响鱼的生长发育, 甚至

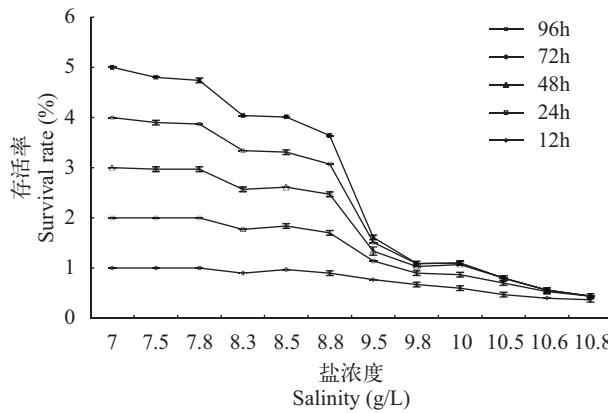


图2 不同盐浓度下后背鲈鲤幼鱼平均存活率

Fig. 2 The Survival rate of *Percocypris pingi retrodorslis* juvenile fish at different salinities

表 4 盐度对后背鲈鲤幼鱼的毒性分析

Tab. 4 Toxicity analysis of salinity on *Percocypris pingi retrodorslis* juvenile fish

实验时间Time (h)	回归方程Regression equation	相关系数Relative coefficient (R^2)	显著性P	LC_{50}	安全浓度SC I	安全浓度SC II
12	$Y=-0.0531x+1.1779$	$R^2=0.8897$	2.96×10^{-7}	10.30 g/L		
24	$Y=-0.0848x+1.2408$	$R^2=0.9269$	5.69×10^{-5}	9.25 g/L		
48	$Y=-0.0915x+1.2123$	$R^2=0.9279$	0.00013	9.00 g/L	0.88 g/L	2.56 g/L
72	$Y=-0.0944x+1.1553$	$R^2=0.9210$	0.000191	8.85 g/L		
96	$Y=-0.0926x+1.1018$	$R^2=0.8851$	0.000193	8.82 g/L		

导致死亡^[13]。在本研究中,后背鲈鲤对盐度的耐受能力表现为“阈值型”,即当盐度超过一定限度后,实验鱼随着盐度的升高而出现迅速死亡的现象,这与杨建等^[14]对大鳞鳃等5种幼鱼以及郑伟刚^[15,16]等对彭泽鲫、花鲈幼鱼的盐度耐受能力的研究中观察到的现象相一致。导致这种现象的原因可能是鱼体在进入高盐环境时,由于水环境渗透压和离子浓度要高于血浆,为补偿水分丢失以及提高血浆渗透压,必须摄入大量的高盐水^[17],鱼体的渗透压调节体系不能在较短时间内完成“保水排盐”的渗透调节^[18]盐分不能排出,失去的水分不能机体吸收的大量获得补充,导致机体渗透压平衡的破坏和血液浓缩,进而导致其迅速死亡^[19]。在盐浓度7.0 g/L以下时,后背鲈鲤96h内无异常,12、24、48、72和96h盐浓度的 LC_{50} 分别为10.30、9.25、9.00、8.85、8.82 g/L,后背鲈鲤幼鱼12、24、48、72和96h在不同浓度下均呈现出显著性差异($P<0.05$),后背鲈鲤两个级别安全浓度SC I 为0.882 g/L, SC II 为2.557 g/L,与同水域的光唇裂腹鱼(24、48、72和96h盐浓度的 LC_{50} 分别为10.70、9.7、9.3、8.9 g/L,安全浓度SC I 为0.89 g/L, SC II 为2.385 g/L)^[8]相比,半致死浓度偏低,安全浓度相似。并且随着盐浓度的升高,死亡时间变短。导致这种现象的原因可能是鱼体在进入高盐环境时,由于水环境渗透压和离子浓度要高于血浆,为补偿水分丢失以及提高血浆渗透压,必须摄入大量的高盐水^[20]鱼体的渗透压调节体系不能在较短时间内完成“保水排盐”的渗透调节^[21],机体吸收的大量盐分不能排出,失去的水分不能获得补充,导致机体渗透压平衡的破坏和血液浓缩,进而导致其迅速死亡^[12]。在将来后背鲈鲤养殖过程利用食盐消毒时,要严格控制盐度浓度在7.0 g/L以下。

参考文献:

- [1] Yue P Q. Chinese Zodiac Osteichthyes Cypriniformes (volume two) [M]. Beijing: Science Press. 2000, 50—51 [乐佩琦. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(下卷). 北京: 科学出版社. 2000, 50—51]
- [2] Liu Y T, Wu J D, Li G H, et al. Studies on artificial propagation techniques of *Percocypris pingi retrodorsalis* [J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2014, 12(3): 262—264 [刘跃天, 吴敬东, 李光华, 等. 后背鲈鲤人工繁殖技术研究. 现代农业科技, 2014, 12(3): 262—264]
- [3] Shen A H, Li G H, Wang H L, et al. Study on artificial domestication of *Percocypris pingi retrodorsalis* [J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2015, 3(3): 285—286 [申安华, 李光华, 王海龙, 等. 后背鲈鲤人工驯养实验研究. 现代农业科技, 2015, 3(3): 285—286]
- [4] Hu S Y, Chen X M, Zhao H T, et al. Study on the tolerance of *Schizothorax grahami* to salinity [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2014, 33(3): 430—433 [胡思玉, 陈雪梅, 赵海涛, 等. 昆明裂腹鱼幼鱼对盐度的耐受性研究. 四川动物, 2014, 33(3): 430—433]
- [5] Li B, Fan Q X, Zhang L, et al. A cute toxic effects of ammonia and nitrite on yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) at different dissolved oxygen levels [J]. *Freshwater Fisheries*, 2009, 39(3): 31—35 [李波, 樊启学, 张磊, 等. 不同溶氧水平下氨氮和亚硝酸盐对黄颡鱼的急性毒性研究. 淡水渔业, 2009, 39(3): 31—35]
- [6] Xie C G, Zhang R M, Tu E X, et al. Acute toxicity text of seven kinds of chemicals to young fish of *Aspiorhynchus laticeps* [J]. *Arid Zone Research*, 2010, 27(1): 104—108 [谢春刚, 张人茗, 吐尔逊, 等. 七种常用药物对扁吻鱼幼鱼的急性毒性实验. 干旱区研究, 2010, 27(1): 104—108]
- [7] Yu D, Sheng Z Y, Zhang Z, et al. Effect of temperature acclimation on the thermal tolerance of *Rhynchocypris oxycephalus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2017, 41(3): 538—542 [俞丹, 沈中源, 张智, 等. 温度驯化对尖头鱼耐热耐受特征的影响. 水生生物学报, 2017, 41(3): 538—542]
- [8] Jin F P, Li G H, Gao H T, et al. *Schizothorax lissolabiat* Tsao young fish to temperature, salinity, Phtolerance research [J]. *Fisheries Science Technology Information*, 2016, 43(6): 303—307 [金方彭, 李光华, 高海涛, 等. 光唇裂腹鱼幼鱼对温度、盐度、pH的耐受性实验. 水产科技情报, 2016, 43(6): 303—307]
- [9] Xiang J G. Physiological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to water temperature: a Preliminary study [D]. Hunan Agricultural University. 2008 [向建国. 虹鳟对水温应激反应的初步研究. 湖南农业大学. 2008]
- [10] Gonzalez R J. The physiology of hyper-salinity tolerance in teleost fish: a review [J]. *Journal of Comparative Physiology B*, 2011, 182(3): 321—329
- [11] Chen X, Wang X Q, Yan B L, et al. The study of pH tolerance of *Oratosquilla oratoria* [J]. *Fishery Information and Strategy*, 2007, 22(1): 23—24 [陈旭, 王兴强, 阎斌伦, 等. 虾蛄对pH耐受性的研究. 现代渔业信息, 2007, 22(1): 23—24]
- [12] Wu Y H, Zhao Y X. Tolerance of mantis shrimp *oratosquilla kem pi* to water temperature, salinity and pH [J]. *Fisheries Science*, 2015, 34(8): 502—505 [吴耀华, 赵延霞. 黑斑口虾蛄对水温、盐度和pH的耐受性研究. 水产科学, 2015, 34(8): 502—505]
- [13] Wang Y, Zhuang P, Zhang L Z, et al. Effects of salinity on survival, growth and antioxidant defense system of *Siganus guttatus* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35(1): 66—73 [王好, 庄平, 章龙珍, 等. 盐度对点篮子鱼的存活、生长及抗氧化防御系统的影响. 水产学报, 2011, 35(1): 66—73]

- 2011, **35**(1): 66—73]
- [14] Yang J, Xu W, Geng L W, *et al.* Effect of NaHCO_3 on survival and gill, kidney tissues in juveniles of 5 species [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2014, **36**(5): 1115—1121 [杨建, 徐伟, 耿龙武, 等. NaHCO_3 碱度对5种幼鱼的生存及鳃、肾组织的影响. 江西农业大学学报, 2014, **36**(5): 1115—1121]
- [15] Zheng W G, Zhang Z Q, Zhang M Z. Study on tolerance of *Carassius auratus* Pengze fingerlings to salinity and alkalinity [J]. *Journal of Jimei University* (Natural Science), 2004, **9**(2): 127—130 [郑伟刚, 张兆琪, 张美昭. 彭泽鲫幼鱼对盐度和碱度耐受性的研究. 集美大学学报: 自然科学版, 2004, **9**(2): 127—130]
- [16] Zheng W G, Zhang ZQ, Zhang M Z, *et al.* Toxicity of salinity and alkalinity to *Lateolabrax japonicus* fingerlings [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, **13**(3): 116—118 [郑伟刚, 张兆琪, 张美昭, 等. 盐度与碱度对花鲈幼鱼的毒性研究. 中国生态农业学报, 2005, **13**(3): 116—118]
- [17] McCormick S D. The Hormonal Control of Osmoregulation in Teleost Fish. *Encyclopedia of Fish Physiology* [M]. San Diego: Academic Press. 2011, 1466—1473
- [18] Wang Y, Yang L, Wu B, *et al.* Transcriptome analysis of the plateau fish (*Triplophysa dalaica*): Implications for adaptation to hypoxia in fishes [J]. *Gene*, 2015, **565**(2): 211—220
- [19] Wang L, Pan L Q. A Study on penetration physiological adaptation of *P. trituberculatus* under low salinity [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2016, **3**(15): 106—112 [王林, 潘鲁青. 三疣梭子蟹在低盐胁迫下渗透生理适应性的研究. 海洋湖沼通报, 2016, **3**(15): 106—112]
- [20] Xia B M, Hou J L, Zhao F, *et al.* Effect of salinity on osmoregulation of *Anguilla japonica* [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016, **35**(8): 2182—2188 [夏保密, 侯俊利, 赵峰, 等. 盐度对日本鳗鲡渗透压调节的影响. 生态学杂志, 2016, **35**(8): 2182—2188]
- [21] Liu Y J, Zhu H P, Lu M X, *et al.* Preliminary study on salinity tolerance of the juveniles of hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus*♀×*O. hornorum*♂) [J]. *Freshwater Fisheries*, 2015, **1**(20): 109—112 [刘玉姣, 朱华平, 卢迈新, 等. 莫荷罗非鱼幼鱼耐盐性能的初步研究. 淡水渔业, 2015, **1**(20): 109—112]

EFFECTS OF TEMPERATURE, pH AND SALINITY ON THE SURVIVAL OF JUVENILE *PERCOCYPRIS PINGI RETRODORSALIS*

JIN Fang-Peng¹, LI Guang-Hua¹, LI Lin², QIN Xin², LI Kun², WU Jun-Jie¹,
GAO Hai-Tao¹, XIA Yi-Dan² and LIU Feng²

(1. Yunnan Academy of Fishery Sciences, Kunming 650111, China; 2. Huaneng Lancang River Hydropower Co., Kunming 650000, China)

Abstract: To study the tolerance of *Percocypris pingi retrodorsalis* to temperature, pH, and salinity, the juvenile *Percocypris pingi retrodorsalis* were used as experimental objects. A single factor static acute toxicity test was used to study their tolerance to temperature, pH and salinity. The experimental results showed that their tolerance on temperature ranged from 0 to 32°C, and the lethal high and low temperature was 32°C and 1°C, respectively. The optimum growth temperature was between 8 and 27°C. In addition, the optimum growth pH was 5.0—9.0. However, the juvenile fish began to die when pH was higher than 9.5 or lower than 4.7 (within 96h after treatment). The effects of different alkalinity on the survival of juvenile fish have significant difference ($P < 0.05$), after the treatment for 24h, 48h, 72h and 96h, but there was no significant difference effects on the survival at different acidity level ($P > 0.05$). The LC_{50} of acidity for the juvenile fish was 3.90, 3.96, 4.15 and 4.40 after treated for 24h, 48h, 72h and 96h, respectively. The LC_{50} of alkalinity was 11.20, 11.10, 10.98 and 10.89 after the treatment of 24h, 48h, 72h and 96h, respectively. The juvenile fish began to die when salinity was higher than 7.5, and the effects of different salinity on the survival of juvenile fish were significantly different ($P < 0.05$). The LC_{50} of salinity for juvenile fish was 10.30, 9.25, 9, 8.85 and 8.82 g/L at 12h, 24h, 48h, 72h and 96h after treatment, respectively, and two safe concentration (SC) levels were 0.89 g/L and 2.385 g/L. The *Percocypris pingi retrodorsalis* has been listed as endangered species, and our data will provide a theoretical foundation for the artificial breeding and trans regional breeding of *Percocypris pingi retrodorsalis*.

Key words: *Percocypris pingi retrodorsalis*; Temperature; pH; Salinity; Tolerance