

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00689

滩头雅罗鱼幼鱼对 NaCl 浓度和碱度的适应性分析

池炳杰^{1,2}, 梁利群¹, 刘春雷^{1,2}, 常玉梅¹, 王山¹, 韩启霞^{1,2}, 高国强^{1,2}

1. 中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;

2. 上海海洋大学 生命与水产学院, 上海 201306

摘要: 为了解滩头雅罗鱼 [*Tribolodon brandti* (Dybowski)] 对 NaCl 浓度、碱突变的适应能力, 在水温为 22~25 °C, 采用单因子静态急性毒性实验法对滩头雅罗鱼 3 月龄幼鱼进行 NaCl、碱适应性研究。结果表明, 在 pH 7.3±0.2、碱度 1.11 mmol/L 时, NaCl 浓度对实验鱼 12 h、24 h、48 h 和 96 h 的半致死浓度 (LC₅₀) 值分别为 28.81 g/L、28.57 g/L、28.51 g/L 和 28.40 g/L, 安全值 (SC) 为 8.52 g/L。在 pH 8.5±0.5 时, NaCl 浓度为 3.1~7.4 g/L 时, 碱度对实验鱼 12 h、24 h、48 h、72 h 和 96 h 的 LC₅₀ 分别为 98.79 mmol/L、89.31 mmol/L、79.34 mmol/L、78.45 mmol/L 和 68.44 mmol/L, 安全值为 18.79 mmol/L。本研究旨在为滩头雅罗鱼盐碱池塘养殖推广和野生种群种质资源的保护提供基础数据。

关键词: 滩头雅罗鱼; NaCl 浓度; 碱度; 适应性

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)03-0689-06

滩头雅罗鱼 [*Tribolodon brandti* (Dybowski)] 又名远东雅罗鱼, 三块鱼, 属鲤形目, 鲤科, 雅罗鱼亚科, 三块鱼属, 是鲤科鱼类中唯一溯河洄游产卵的鱼类, 属珍稀名贵鱼类, 在中国仅分布在绥芬河和图们江^[1]。近年来, 由于绥芬河两岸植被覆盖率下降, 水土流失严重, 河水混浊度加大, 导致滩头雅罗鱼的产卵环境发生了很大的变化, 再加上产卵期偷捕滥捕现象严重, 致使该鱼产卵种群数量呈逐年锐减趋势。有资料显示, 自 1988 到 2001 的 10 年间, 生殖洄游的滩头雅罗鱼种群数量由每年约 2 万尾下降到 3 000 尾左右^[2], 繁殖种群数量的锐减将直接影响洄游种群的数量。如何保护这一珍贵的鱼类资源已迫在眉睫。目前, 对滩头雅罗鱼的研究还只停留在人工繁殖^[3]、生殖群体结构^[4]、胚胎发育^[5]、种群亲缘关系^[6]等方面, 而水生态因子对其自身的影响研究还未见报道。本实验以滩头雅罗鱼幼鱼为实验材料, 研究其对 NaCl 和碱度的适应性。这一研究在提供滩头

雅罗鱼种质资源信息的同时, 也为扩大这一珍稀名贵鱼类的养殖利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验鱼

实验鱼是由 2 对野生滩头雅罗鱼亲鱼人工繁殖得到的 3 月龄幼鱼, 亲鱼采自绥芬河东宁段。幼鱼饲养在黑龙江水产研究所水族实验车间, 平均体长 (5.83±0.5) cm, 体质健壮, 无伤病。实验前在水族箱内暂养 1 周。实验容器为长方形玻璃水族箱 (长×宽×高=60 cm×35 cm×35 cm)。实验用水为经曝气 24 h 以上的自来水, pH 7.3±0.2, NaCl 浓度 0.603 g/L, 总碱度 (ALK) 1.11 mmol/L。

1.2 实验设计

1.2.1 NaCl 浓度耐受实验 预实验范围在 6~34 g/L 之间, 以公差 2 g/L 设置 15 个梯度组, 每组随机放入 5 尾滩头雅罗鱼幼鱼。根据预实验结果, 确定设置 7 个 NaCl 浓度梯度实验组, 分别为 25

收稿日期: 2010-01-12; 修订日期: 2010-04-20.

基金项目: 国家 863 计划项目 (2007AA10Z186).

作者简介: 池炳杰 (1983-), 硕士研究生, 从事鱼类抗逆基因克隆研究. E-mail: chibingjie173@163.com

通信作者: 梁利群, 研究员, 从事水产动物功能基因研究. Tel: 0451-84861314; E-mail: llq-1019@163.com

g/L、26 g/L、27 g/L、28 g/L、29 g/L、30 g/L、31 g/L 和 1 个对照组(经曝气的自来水,下同)。每组设 3 次重复,随机放入滩头雅罗鱼 10 尾。盐度采用 NaCl(分析纯,天津科密欧公司生产)控制。

1.2.2 碱度耐受实验 根据预实验幼鱼在碱度 60 mmol/L 组出现死亡,正式实验碱度范围在 50~120 mmol/L,以公差 10 mmol/L 设 8 个实验梯度和 1 个对照组。每个实验梯度均设 2 个重复,随机放入滩头雅罗鱼幼鱼 10 尾。碱度采用 NaHCO_3 (分析纯,天津科密欧公司生产)控制。实验期间,pH 保持在 8.5 ± 0.5 ,NaCl 浓度在 3.1~7.4 g/L。为确保 pH 和碱度梯度均在设定的范围内,当 $\text{pH} > 9.0$ 时,用 HCl 和 NaHCO_3 调节。加入量按天然水体 pH 值基本调整方程计算^[7]。实验期间水溶液的 pH 因受空气 CO_2 分压和幼鱼呼吸的影响而略有变化,在校正 pH 的同时也影响碱度的变化,故碱度梯度采用实测值。

1.3 水质测定与数据统计分析

实验期间,碱度用 0.02 mol/L 的 HCl 标定,以酚酞、甲基橙-苯胺蓝(混合)作指示剂^[8]。溶解氧用 Winkler 法测定,pH 用 EUTECH-PHtestr30 酸度计测量,NaCl 浓度用 EUTECH-saltestr 盐度计测量。

实验过程中水温 22~25 °C,溶解氧 5~7 mg/L,为保证实验溶液浓度的大致稳定和防止水质恶化,所有溶液每隔 24 h 更换 50% 水量,24 h 不间断增氧,各组均不投饵,及时捞出死亡个体。每组实验分别在 1 h、2 h、4 h、8 h、12 h、24 h、48 h、72 h、96 h 记录每个处理组的死亡数。数据采用 SPSS13.0 统计软件进行回归分析,按照概率单位法,将各处理组不同时间平均累计死亡百分率转换成概率单位,得出概率单位与实验溶液浓度的回归方程,求出 NaCl 浓度、碱度的半致死浓度 (LC_{50}) 及 95% 置信区间^[9]。安全浓度 $\text{SC} = 48 \text{ h LC}_{50} \times 0.3 / (24 \text{ h LC}_{50} / 48 \text{ h LC}_{50})^2$ ^[8]

2 结果与分析

2.1 滩头雅罗鱼幼鱼对 NaCl 的耐受性

在整个实验过程仔细观察实验幼鱼的反应行为和死亡情况。对照组所有实验鱼在整个实验过

程中游泳、呼吸等行为无明显的变化,而 NaCl 暴露组则出现不同的表现。在 NaCl 浓度低于 14 g/L 的各组,放入幼鱼较活跃,常在水面游动未见异常反应。在 NaCl 浓度高于 14 g/L 的各组,幼鱼刚放入时应激反应比较强烈,表现为急速游动,鳃盖扇动频率加快,呈狂躁环游状态,一段时间后逐渐安静,活动减弱,鳃盖扇动频率逐渐减慢。NaCl 浓度达到 26 g/L 及以上浓度时,幼鱼出现死亡,死亡时间大多集中在 12 h 内,12 h 后只有少量个体死亡。NaCl 浓度 25 g/L 组,滩头雅罗鱼 96 h 的存活率为 100%,26~30 g/L 组幼鱼在 96 h 后仍有部分个体存活,随着 NaCl 浓度的升高,死亡速度加快,死亡率逐渐上升。NaCl 浓度在 31 g/L 时幼鱼入水 8 h 后全部死亡。幼鱼在 12 h 内死亡速度较快,在 24 h 以后相对缓慢下来,甚至维持在一定水平,这说明滩头雅罗鱼幼鱼对 NaCl 的耐受性很强。通过计算,滩头雅罗鱼幼鱼对 NaCl 浓度耐受的 12 h LC_{50} 为 28.81 g/L,安全浓度为 8.52 g/L(表 1)。

2.2 滩头雅罗鱼幼鱼对碱度的耐受性

碱度对滩头雅罗鱼的急性毒性实验结果见表 2。在碱度 55~70 mmol/L 的各实验组,至 96 h 仍有部分存活,其中 55 mmol/L 组存活率达 100%。随着碱度的升高,对碱度的耐受力下降,死亡速度加快,死亡率急剧上升。碱度为 80 mmol/L 以上各组实验鱼至 96 h 全部死亡,其中 115 mmol/L 组的幼鱼入水 8 h 全部死亡;90 mmol/L 和 103 mmol/L 组的幼鱼入水 38 h 时死亡率达到 100%。在碱度 55~70 mmol/L,幼鱼刚放入水时快速游动,呼吸加快,1 h 后有所缓减,45 h 后开始出现死亡。而在碱度 80~103 mmol/L 组,滩头雅罗鱼幼鱼 30 min 即出现中毒症状,表现为焦躁不安,沿着容器边缘狂游,部分幼鱼失去平衡,身体侧翻,直至死亡。在碳酸盐碱度 115 mmol/L,放入的幼鱼 30 min 后就出现身体侧翻、鳃动减弱,浑身抽搐,腹部朝上浮于水面,1 h 死亡。超过 50% 的死亡幼鱼中腹部肿大、微裂,部分胸部呈微黄色。通过计算滩头雅罗鱼幼鱼 12 h 的 LC_{50} 为 98.79 mmol/L,安全碱度为 18.79 mmol/L(表 2)。

表 1 不同 NaCl 浓度下滩头雅罗鱼幼鱼的死亡率、半数致死浓度和安全浓度

Tab.1 Lethal rate, LC₅₀ and safe concentration(SC) of *Tribolodon brandti* juveniles under different NaCl concentration

NaCl浓度 (g·L ⁻¹) NaCl concentration	12 h		24 h		48 h		72 h		96 h	
	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	3	10.0	3	10	3	10	3	10	4	13.3
27	5	16.7	7	23.3	7	23.3	7	23.3	7	23.3
28	9	30	10	33.3	12	40	12	40	12	40
29	14	46.7	17	56.7	17	56.7	17	56.7	17	56.7
30	20	66.7	21	70	21	70	21	70	23	76.7
31	30	100	30	100	30	100	30	100	30	100
对照组 control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LC ₅₀ (g·L ⁻¹)	28.81		28.57		28.51		28.51		28.40	
95%置信区间 (g·L ⁻¹)95%CI	28.44-29.21		28.21-28.90		28.15-28.90		28.15-28.90		28.04-28.78	
SC(g·L ⁻¹)	8.52									

表 2 不同碱度下滩头雅罗鱼幼鱼的死亡率、半数致死碱度和安全值

Tab.2 Lethal rate, LC₅₀ and safe concentration(SC) of *Tribolodon brandti* juveniles under different alkalinity

碳酸盐碱度/ (mmol·L ⁻¹) alkalinity	12 h		24 h		48 h		72 h		96 h	
	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality	死亡数/ 尾 lethal number	死亡 率/% mortality
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	4	20
70	0	0	0	0	1	5	1	5	11	55
80	1	5	6	30	10	50	12	60	20	100
90	2	10	9	45	20	100	20	100	20	100
103	13	60.5	18	90	20	100	20	100	20	100
115	20	100	20	100	20	100	20	100	20	100
对照组 control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LC ₅₀ (mmol·L ⁻¹)	98.79		89.31		79.34		78.45		68.44	
95%置信区间 (mmol·L ⁻¹)95%CI	5.34-102.50		85.86-93.03		76.89-81.97		76.01-80.99		66.28-70.96	
SC(mmol·L ⁻¹)	18.79									

3 讨论

3.1 滩头雅罗鱼幼鱼对 NaCl 浓度的适应能力

鱼类为了维持相对稳定的体内渗透压需要进行渗透压调节。对于调渗或恒渗鱼类,其调节渗透压的能力决定于鱼类的生存环境、渗透压调节方式和起源、进化^[10]。研究表明,广盐性鱼类在由淡水转入海水的过程中,其鳃的结构和生理机能会发生明显的适应性改变,由适应低渗环境转变为适应高渗环境而排出Na⁺、Cl⁻的状态^[11],这

个过程中,一个显著的变化是鳃丝的上皮细胞中泌氯细胞的数量、分布、内部结构以及Na⁺-K⁺-ATPase活性变化明显^[12-13],而Na⁺-K⁺-ATPase活性的降低,直接影响细胞的离子跨膜转运,能量代谢和物质代谢,从而导致细胞的形态、结构和功能的异常,严重时会引起细胞的凋亡^[14]。滩头雅罗鱼作为一种广盐性鱼类,在本实验中,当NaCl浓度>26 g/L时,滩头雅罗鱼放入溶液 12 h内死亡率随着NaCl浓度的增加而骤然升高,随着时间的推移,12 h后的死亡率上升势头趋于平

缓,至 96 h 后仍有部分存活,表明滩头雅罗鱼刚进入高盐环境时,由于 NaCl 浓度差过高,机体的渗透压调节器官还不能在短时间通过“保水排盐”的方式适应这种变化,作为一种应激反应,Na⁺-K⁺-ATPase 的活力迅速下降,降低了细胞膜的通透性,阻止了离子的交换,形成被动的渗透调节^[15],从而导致细胞的形态、结构和功能的异常,引起滩头鱼死亡。但随着时间的推移,外界高渗环境的持续刺激,离子外排机制被激活,渗透压调节由被动转为主动,机体逐渐适应了高盐环境,自身内环境趋于稳定,所以至 96 h 后仍有部分个体存活。

本实验中滩头幼鱼 24 h LC₅₀ 为 28.57 g/L,与耐盐性较强的威海卡拉白鱼(*Chalcalburnus chalcooides aralensis*)(24 h LC₅₀ 为 22.605 g/L)^[16]、淡水白鲮(*Colossoma brachypomum*)(24 h LC₅₀ 为 12.0 g/L)^[17]、彭泽鲫(*Carassius auratus var. pengze*)(24 h LC₅₀ 为 9.996 g/L)^[18]、银鲫(*Carassius auratus gibelio*)(24 h LC₅₀ 为 11.53 g/L)^[19]相比,滩头雅罗鱼的耐盐性最强,其 24 h LC₅₀ 值平均高于上述鱼类约 27.78%~65.01%。鱼类的盐度耐受力与其生活环境及渗透压的调节方式和能力有关^[15]。由于鱼类的生活环境广泛,而这些水环境受到地质、气候等自然条件的影响较大,盐度变幅较宽,当处高盐环境中得到驯化,对盐度的适应会有所提高。滩头雅罗鱼生活在沿海水深约 5 m 的咸淡水交汇处,栖息于水体的中下层。经过长期的适应生存,已经能很好地适应高盐度环境。从以上结果说明了滩头雅罗鱼具有较强的耐盐潜力,显示出广盐性的生态特征。

3.2 滩头雅罗鱼幼鱼对碱度的适应能力

有报道认为,碱度对鱼类的毒性主要通过 CO₃²⁻、OH⁻ 和 HCO₃⁻ 等离子直接作用于鱼类的鳃表面,造成器质性损伤,并影响鳃小片表皮细胞外表面上的 Cl⁻-HCO₃⁻ 离子交换体系产生作用^[20]。在实验中观察到死亡的实验鱼中有超过 50% 的个体出现腹部肿大,部分破裂的现象,推测滩头雅罗鱼在高碳酸盐碱溶液中,CO₃²⁻、OH⁻ 和 HCO₃⁻ 等离子作用于鳃组织,造成鳃组织受到一系列损伤,

进而机体 Cl⁻-HCO₃⁻ 离子交换体系和 Na⁺-K⁺-ATP 酶主动调节功能受到影响,体内酸碱缓冲体系和细胞膜通透性遭到破坏,导致无法正常排出这些离子,而体内吸收了过多的水分不能排出导致腹部肿大、破裂。

中国内陆盐碱湖泊、盐碱水池塘中,由于水体的硬度较低,其水体蒸发浓缩过程不能得到有效的抑制,使得高碱度成为导致鱼类死亡的重要因素之一^[18],限制了养殖业的发展。碱度是盐碱地养殖的重要化学指标之一,雷衍之等^[21]曾就碳酸盐碱度提出碱度 10 mmol/L 作为鲢鳙养殖用水的指标。国内学者通过碳酸盐碱度耐受及相关实验得到另外几个养殖种在碳酸盐碱度的耐受性指标:威海卡拉白鱼(体长 6.95~8.50 cm)24 h、48 h 和 96 h 的 LC₅₀ 分别是 137.55 mmol/L、129.02 mmol/L 和 112.23 mmol/L^[16];中国林蛙(*Rana temporaria chensinensis* David)蝌蚪[体长(14.7±2.2) mm] 24h、48h 和 96h 的 LC₅₀ 为 14.36 mmol/L、11.83 mmol/L 和 7.68 mmol/L^[22];对虾 [*Penaeus vannamei*, L=(22.7±9.4) mm] 24 h、48 h 和 96 h 的 LC₅₀ 为 12.40 mmol/L、11.24 mmol/L、10.49 mmol/L^[23];花鲈(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼[体长(3.19±0.21) cm] 为 101.05 mmol/L、63.27 mmol/L 和 46.18 mmol/L^[20]。淡水白鲮幼鱼[体长(3.19±0.21) cm] 的 24 h、48 h、96 h LC₅₀ 是 83.25 mmol/L、56.99 mmol/L 和 45.70 mmol/L^[17]。本研究中滩头雅罗鱼的 96 h LC₅₀ 为 68.44 mmol/L,对碱度的耐受性虽然低于威海卡拉白鱼等高耐碱鱼类,但与耐盐碱较强的银鲫相近(pH8.84±0.26, 96 h LC₅₀ 为 64.19 mmol/L)^[19],这表明滩头雅罗鱼耐碱性较强。

3.3 滩头雅罗鱼幼鱼的安全碱度

内陆苏打型盐碱水环境中 Ca²⁺、Mg²⁺ 的浓度很低,对 HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 浓度升高的抑制能力较差,再加上水生植物光合作用消耗大量 CO₂,造成 CO₃²⁻ 积累,pH 升高,因此限制了水生生物生存。安全浓度就是在进行全生活周期实验或持续几代的慢性实验时,对实验动物无影响的毒物浓度。通常计算安全浓度的公式为 SC=48 h LC₅₀×0.3/(24 h LC₅₀)/48 h LC₅₀)²。由于鱼的生存环境和地质

情况差异,不同的鱼类表现出不同的适应能力。从生存的安全碱度看,当pH为8.30和9.60时,碱度对1龄鲢的SC值分别为32.7 mmol/L及6.2 mmol/L; pH为9.10及9.20时,碱度对1龄鳙的SC值分别为10.7 mmol/L及10.3 mmol/L^[24], pH为(8.71±0.33)时,彭泽鲫幼鱼碱度的SC值为19.88 mmol/L^[18]。本实验滩头雅罗鱼幼鱼生存的安全碱度为18.79 mmol/L,表明滩头雅罗鱼在适宜的碳酸盐型盐碱水域养殖还是可行的。

碱度和盐度都直接或间接地影响水生生物的生命过程,是水环境中较为重要的生态因子。本实验只进行了单因子急性毒性实验,对其交互作用情况尚不清楚。笔者还将对其不同生命时期进行跟踪研究,为这一珍贵鱼类种质资源保护和开发利用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 董崇智,夏重志,姜作发,等. 绥芬河滩头雅罗鱼的人工放流[J]. 黑龙江水产, 1997(3): 9-10.
- [2] 董崇智,姜作发. 黑龙江·绥芬河·兴凯湖渔业资源[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2004: 83-86.
- [3] 黄孝湘,张文香,陈金安,等. 勃氏雅罗鱼的人工繁殖试验[J]. 水利渔业, 2004, 24(6): 36-37.
- [4] 董崇智,赵春刚,金贞礼. 绥芬河滩头雅罗鱼溯河生殖群体结构的探讨[J]. 水产学报, 1993, 17(4): 304-311.
- [5] 尹家胜,沈俊宝,栾晓红. 温度对绥芬河滩头雅罗鱼胚胎发育的影响[J]. 生态学报, 1992, 12(3): 232-238.
- [6] 陈金平,梁利群,孙效文,等. 绥芬河三块鱼属鱼类和东北雅罗鱼亲缘关系的RAPD分析[J]. 中国水产科学, 2002, 9(1): 1-4.
- [7] 陈佳荣. 水化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 66-71.
- [8] 雷衍之. 淡水养殖水化学[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1993: 65-77, 114-116, 164-166.
- [9] 周一平. 用SPSS软件计算新药的LD₅₀[J]. 药学进展, 2003, 27(5): 314-316.
- [10] 盖玉欣,王玉芬. 太湖新银鱼对温度、盐度适应能力试验[J]. 中国水产科学, 1998, 5(4): 23-26.
- [11] 侯俊利,陈立侨,庄平,等. 不同盐度驯化下施氏鲟幼鱼鳃泌氯细胞结构的变化[J]. 水产学报, 2006, 30(3): 326-322.
- [12] Daborn K, Marshall W S, Cozzi R R F. Dynamics of pavement cell-chloride cell interactions during abrupt salinity change in *Fundulus heteroclitus*[J]. J Expl Biol, 2001, 204(11):1889-1899.
- [13] Martínez-álvarez R M, Sanz A, García-Gallego M, et al. Adaptive branchial mechanisms in the sturgeon *Acipenser naccarii* during acclimation to saltwater[J]. Comp Biochem Physiol, 2005, 141(2):183-190.
- [14] 王国栋. 盐度对小鲟鳇和半滑舌鳎生长的影响及生理生态学机制[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007: 20-21.
- [15] 林浩然. 鱼类生理学[M]. 广州: 广州高等教育出版社, 2002: 87-89.
- [16] 蔺玉华,耿龙武,卢金星,等. 咸海卡拉白鱼对盐碱耐受性研究[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(5): 561-565.
- [17] 章征忠,张兆琪,董双林. 淡水白鲟幼鱼盐碱耐受性的初步研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28(3): 393-398.
- [18] 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[J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2004, 9(2): 127-130.
- [19] 郑伟刚,张兆琪,张美昭,等. 盐碱水 NaCl 浓度和碱度对银鲫(*Carassius auratus gibelio*)幼鱼毒性的初步研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(4): 513-517.
- [20] 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[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 116-118.
- [21] 雷衍之,董双林,沈成钢. 碳酸盐碱度对鱼类毒性作用的研究[J]. 水产学报, 1985, 9(2): 171-183.
- [22] 杨富亿,邵庆春,李景林,等. 碳酸盐碱度和pH对中国林蛙蝌蚪的毒性作用[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 43-48.
- [23] 杨富亿,李秀军,杨欣乔,等. 凡纳滨对虾对东北碳酸盐型盐碱水域的适应能力[J]. 海洋科学, 2008, 32(1): 41-44.
- [24] 杨富亿,李秀军,赵春生,等. 对虾对内陆苏打型高盐碱水环境的适应性[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(1): 120-123.

Adaptability of *Tribolodon brandti* (Dybowski) to NaCl concentration and alkalinity

CHI Bingjie^{1,2}, LIANG Liquan¹, LIU Chunlei^{1,2}, CHANG Yumei¹, WANG Shan¹, HAN Qixia^{1,2}, GAO Guoqiang^{1,2}

1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;

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

Abstract: *Tribolodon brandti* (Dybowski) belongs to Cypriniformes, Cyprinidae and *Tribolodon*, which is an especially economic fish. The mature fish migrate into freshwater river of the Suifen River and the Tumen River, from Japan Sea for spawning. Recent years, the spawning environment of *T. brandti* has been changed because of decreased vegetation fraction, accelerated soil erosion and increased river turbidity. Besides, poaching and heavy fishing in spawning season further caused sharp reduce of the number of spawning group year by year. So, it is urgent to protect this precious fish. However, studies on *T. brandti* mainly focused on artificial propagation, reproductive group structure, embryo, population genetic relationship and so on. The effect of water ecological factors on this fish has not been reported yet. In order to understand adaptability of this fish to salinity and carbonate-alkalinity, the toxicity of these two ecological factors in water to *T. brandti* was studied. Acute toxicity was determined under water temperatures ranging from 22°C to 25°C by one-way toxicity test. The results showed that when alkalinity was 1.11 mmol/L with pH 7.3±0.2, the LC₅₀s of NaCl concentration to *T. brandti* were 28.81 g/L, 28.57 g/L, 28.51 g/L and 28.40 g/L at 12 h, 24 h, 48 h and 96 h, respectively. And the safe NaCl concentration was 8.52 g/L. At pH 8.5±0.5 with NaCl concentration of 3.1–7.4 g/L, the LC₅₀s of carbonate-alkalinity to *T. brandti* were 98.79 mmol/L, 89.31 mmol/L, 79.34 mmol/L, 78.45 mmol/L and 68.44 mmol/L at 12 h, 24 h, 48 h, 72 h and 96 h, respectively, and the safe alkalinity was 18.79 mmol/L. These result provided basic data to *T. brandti* for alkaline land pond culture and germplasm resources protected.

Key words: *Tribolodon brandti* (Dybowski); NaCl concentration; alkalinity; adaptability

Corresponding author: LIANG Liquan. E-mail: llq-1019@163.com