

梁从飞,赵丽慧,笄金华,等. 尼罗罗非鱼基础群体与选育一代幼鱼盐碱度耐受性比较[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):227-231.

# 尼罗罗非鱼基础群体与选育一代幼鱼盐碱度耐受性比较

梁从飞<sup>1</sup>,赵丽慧<sup>1</sup>,笄金华<sup>2</sup>,张艳红<sup>2</sup>,任炳琛<sup>2</sup>,王飞<sup>1</sup>,吴俊伟<sup>1</sup>,赵金良<sup>1</sup>

(1. 农业部淡水水产种质资源重点实验室/上海海洋大学,上海 201306; 2. 河北中捷国家级罗非鱼良种场,河北沧州 061108)

**摘要:**以上海品系、河北品系、山东品系尼罗罗非鱼基础群体( $F_0$ 代)和经盐碱驯化选育一代( $F_1$ 代)幼鱼为试验材料,比较其半致死盐度、半致死碱度、半致死盐碱度。结果表明,3个品系尼罗罗非鱼 $F_1$ 代幼鱼的4d半致死盐度为21.625~21.820 g/L;半致死碱度为7.903~8.407 g/L;在半致死盐碱度方面,10 g/L盐度下碱度为5.577~6.096 g/L,15 g/L盐度下碱度为3.940~4.794 g/L; $F_1$ 代幼鱼4d半致死盐碱度均显著高于 $F_0$ 代幼鱼;选育一代中,河北品系幼鱼盐碱耐受能力显著大于上海品系和山东品系。

**关键词:**尼罗罗非鱼;基础群体;选育一代;半致死浓度;盐碱处理

**中图分类号:** S965.125.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)08-0227-04

近年来,我国内陆淡水养殖水域面临短缺,淡水养殖业发展受到严重制约。同时,我国尚存在大量未被利用的盐碱水域,主要集中在华北、东北、西北地区。但由于盐碱水域具有高盐、高碱、高pH值和复杂离子组成等特点,不利于常规鱼类品种养殖,大大限制了这部分水域的开发利用<sup>[1]</sup>,因此,培育耐盐碱养殖新品种,对促进我国盐碱水域利用,保证渔业持续发展具有重要意义。罗非鱼是我国淡水养殖主要鱼类之一<sup>[2]</sup>。尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)因具有食性杂、生长速度快等优势,成为罗非鱼中的最大养殖种类。尼罗罗非鱼对不利环境具有一定的耐受性,是开展耐盐碱养殖品种的重要候选对象之一。2012年笔者分别选取河北省、山东省、上海市保种的尼罗罗非鱼品系作为基础群体,开展盐碱耐受性测试、盐碱慢性驯化及养殖试验;2013年选择耐性强、生长快的个体进行繁殖,获得了选育一代。本研究对3个品系尼罗罗非鱼基础群体及其选育一代幼鱼的盐碱耐受性能进行比较,探索尼罗罗非鱼适宜盐碱养殖范围及耐盐碱选育技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

尼罗罗非鱼基础群体分别取自上海海洋大学鱼类种质资源试验站的新吉富罗非鱼选育后代 $F_{16}$ ,山东省淡水水产研究所于1988年从埃及引进的尼罗罗非鱼原种后代和河北中捷国家级罗非鱼良种场于1996年引进的吉富品系后代 $F_{14}$ ,以下分别将其简称为上海品系、山东品系、河北品系。2012年6月将当年繁育鱼苗(基础群体)运至河北中捷国家级罗非鱼良种场,在淡水网箱中适应、培育1~2周后,取相同规格幼鱼(0.6~0.7 g)用于盐碱耐受性试验。剩余幼鱼经慢性驯化适

应,在养殖车间水泥池内盐碱水体中培育3个月,后转入越冬池;2013年5月从盐碱驯化养殖群体中,再分别挑选性腺成熟、个体规格大的成鱼进行配组,繁殖获得了选育一代。选育一代鱼苗培育、盐碱耐受性试验同基础群体。

### 1.2 试验用水

试验用盐度组由河北中捷国家级罗非鱼良种场盐洼子内的盐卤水与地下深井水配制而成。单碱组是由 $\text{NaHCO}_3$ 分析纯和地下深井水配制而成。盐碱混合组是先用盐卤水和地下深井水勾兑成不同盐度,再按照一定比例加入一定量 $\text{NaHCO}_3$ 分析纯,配制成各盐碱梯度,沉淀2d后取出上层清水用于试验。试验水盐度用WYY-1型光学折射盐度计测量,碱度值用HI 83200型多参数水质检测仪测量。

### 1.3 试验方法

试验在室内玻璃水族缸(0.3 m×0.7 m×0.5 m)中进行。根据预试验中幼鱼死亡情况,单盐组 $F_0$ 代幼鱼设4个浓度梯度(10、15、20、25 g/L), $F_1$ 代幼鱼设5个浓度梯度(10、15、20、22.5、25 g/L);单碱组设6个浓度梯度(2、4、6、8、10、12 g/L);盐碱混合组: $F_0$ 代设6个浓度梯度(盐度10、15 g/L,碱度2、4、6 g/L组合), $F_1$ 代幼鱼设9个浓度梯度(盐度10、15、20 g/L,碱度2、4、6 g/L组合)。放鱼前1d停止喂食,挑选体质健康、规格相近幼鱼,每缸中随机放置50尾,设3个重复。采用微充氧方式保证水体溶氧充足,试验期间不换水,及时捞出死鱼。试验前8h内连续观察,此后在1、2、3、4d定期观察记录幼鱼死亡时间与尾数。

### 1.4 数据统计分析

用SPSS 22.0软件进行数据分析,计算基础群体、选育一代幼鱼在不同盐度、不同碱度以及不同盐碱混合浓度梯度中特定时间(1、2、3、4d)的半致死浓度。不同处理间差异性用单因素方差分析和Duncan's多重比较进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 单盐组

由表1可见,3品系尼罗罗非鱼基础群体 $F_0$ 代幼鱼在10 g/L盐度下4d内全部存活;在15、20 g/L盐度下,死亡时间集中在1d内,之后死亡情况趋于平缓;在25 g/L盐度下,

收稿日期:2013-11-14

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD16B03);现代农业产业技术体系专项(编号:CARS-49-4B);上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种研究中心项目(编号:ZF1206)。

作者简介:梁从飞(1989—),男,河北石家庄人,硕士研究生,从事动物遗传育种与繁殖研究。E-mail:lcf\_2012@163.com。

通信作者:赵金良,博士,教授,从事水产动物遗传与育种研究。E-mail:jlzhao@shou.edu.cn。



12 g/L碱度条件下1 d内全部死亡。F<sub>1</sub>代幼鱼在2、4、6 g/L碱度条件下,3 d内全部存活;在8、10、12 g/L碱度条件下,3个品系集中在1 d内死亡,之后死亡速度趋于平缓。

由表4可见,F<sub>0</sub>代幼鱼4 d半致死碱度从大到小为上海品系>河北品系>山东品系,3个品系4 d半致死碱度之间差异不显著( $P>0.05$ );F<sub>1</sub>代幼鱼4 d半致死碱度从大到小为上海品系>河北品系>山东品系,河北品系、上海品系4 d半致死碱度显著大于山东品系( $P<0.05$ )。3个品系F<sub>1</sub>代幼鱼4 d半致死碱度显著大于F<sub>0</sub>代幼鱼( $P<0.05$ )。

表4 3品系尼罗罗非鱼基础群体、选育一代幼鱼半致死碱度

品系	世代	NaHCO <sub>3</sub> 浓度(g/L)			
		1 d-LC <sub>50</sub>	2 d-LC <sub>50</sub>	3 d-LC <sub>50</sub>	4 d-LC <sub>50</sub>
上海	F <sub>0</sub> 代	8.513d	7.893b	7.739c	7.777bc
	F <sub>1</sub> 代	9.927b	9.155a	8.756ab	8.407a
河北	F <sub>0</sub> 代	8.996c	8.066b	7.740c	7.692c
	F <sub>1</sub> 代	9.669a	9.253a	9.008a	8.406a
山东	F <sub>0</sub> 代	8.050e	8.012b	7.761c	7.648c
	F <sub>1</sub> 代	9.419b	9.109a	8.738b	7.903b

### 2.3 盐碱混合组

2.3.1 10 g/L盐度条件下盐碱混合组 由表5可见,在10 g/L盐度条件下,3品系尼罗罗非鱼F<sub>0</sub>代幼鱼在碱度2 g/L时开始死亡;碱度4 g/L时死亡集中在1 d内,之后死

亡趋于平缓;碱度6 g/L时,上海品系1 d内全部死亡,河北品系、山东品系死亡集中在1 d内,4 d后全部死亡。F<sub>1</sub>代幼鱼在碱度2、4 g/L条件下4 d内全部存活;碱度6 g/L条件下,死亡数量随着时间延长而增加。

由表6可见,F<sub>0</sub>代幼鱼4 d半致死盐碱度从大到小为河北品系>山东品系>上海品系,河北品系4 d半致死盐碱度显著大于山东品系、上海品系( $P<0.05$ )。F<sub>1</sub>代幼鱼4 d半致死盐碱度大小为河北品系>山东品系>上海品系,河北品系4 d半致死盐碱度显著大于山东品系、上海品系( $P<0.05$ )。3品系F<sub>1</sub>代幼鱼1、2、3、4 d的半致死碱度均显著大于F<sub>0</sub>代幼鱼( $P<0.05$ )。

2.3.2 15 g/L盐度条件下盐碱混合组 由表5可见,15 g/L盐度条件下,3品系尼罗罗非鱼F<sub>0</sub>代幼鱼在碱度2、4 g/L条件下死亡数随时间延长而增加;碱度6 g/L条件下,死亡集中在0.5 d内,上海品系1 d内全部死亡,山东品系2 d内全部死亡,河北品系3 d内全部死亡。F<sub>1</sub>代幼鱼在碱度2 g/L条件下上海品系和山东品系4 d内全部存活,河北品系2 d后出现死亡;在碱度4 g/L条件下,上海品系、河北品系1 d后开始死亡,山东品系在0.5 d后开始死亡;在碱度6 g/L条件下,上海品系、河北品系0.5 d内未出现死亡,3个品系死亡数均随时间延长而增加。

表5 不同盐碱度下3品系尼罗罗非鱼基础群体、选育一代幼鱼致死情况

品系	盐度(g/L)	NaHCO <sub>3</sub> 浓度(g/L)	不同处理时间下的死亡数(尾)									
			0.5 d		1 d		2 d		3 d		4 d	
			F <sub>0</sub> 代	F <sub>1</sub> 代								
上海	10	2	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0
		4	23	0	30	0	33	0	40	0	40	0
		6	126	0	150	17	150	50	150	67	150	103
	15	2	4	0	8	0	20	0	28	0	45	0
		4	25	0	50	0	60	50	120	113	123	117
		6	132	0	150	57	150	100	150	133	150	143
	20	2	—	10	—	57	—	70	—	77	—	90
		4	—	90	—	147	—	150	—	150	—	150
		6	—	127	—	150	—	150	—	150	—	150
河北	10	2	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0
		4	7	0	13	0	16	0	17	0	19	0
		6	104	0	107	13	115	43	127	63	146	73
	15	2	3	0	10	0	18	0	26	2	38	4
		4	20	0	49	0	54	37	70	40	84	50
		6	109	0	116	33	135	77	150	150	150	150
	20	2	—	0	—	13	—	67	—	71	—	80
		4	—	47	—	150	—	150	—	150	—	150
		6	—	97	—	150	—	150	—	150	—	150
山东	10	2	1	0	1	0	2	0	2	0	2	0
		4	12	0	23	0	27	0	28	0	30	0
		6	120	0	132	40	139	87	140	97	150	100
	15	2	10	0	25	0	27	0	40	0	46	0
		4	27	0	53	7	68	43	80	70	92	87
		6	125	40	139	40	150	93	150	123	150	133
	20	2	—	0	—	13	—	87	—	100	—	110
		4	—	70	—	133	—	140	—	150	—	150
		6	—	150	—	150	—	150	—	150	—	150

由表6可见,  $F_0$  代幼鱼 4 d 半致死盐碱度大小为河北品系 > 上海品系 > 山东品系, 3 品系 4 d 半致死盐碱度差异不显著 ( $P > 0.05$ )。  $F_1$  代幼鱼 4 d 半致死盐碱度大小为河北品系 > 上海品系 > 山东品系, 河北品系 4 d 半致死盐碱度显著

大于上海品系、山东品系 ( $P < 0.05$ ), 上海品系 4 d 半致死盐碱度显著大于山东品系 ( $P < 0.05$ )。 3 个品系  $F_1$  代幼鱼 4 d 半致死盐碱度均显著大于  $F_0$  代幼鱼 ( $P < 0.05$ )。

表6 3品系尼罗罗非鱼基础群体、选育一代幼鱼半致死盐碱度

盐度 (g/L)	品系	世代	NaHCO <sub>3</sub> 浓度(g/L)			
			1 d - LC <sub>50</sub>	2 d - LC <sub>50</sub>	3 d - LC <sub>50</sub>	4 d - LC <sub>50</sub>
10	上海	$F_0$ 代	4.440d	4.405e	4.325e	4.288d
		$F_1$ 代	9.204a	6.673a	6.261a	5.577b
	河北	$F_0$ 代	5.341c	5.148c	4.924c	4.610c
		$F_1$ 代	9.151a	6.878a	6.337a	6.096a
	山东	$F_0$ 代	4.830d	4.611d	4.583d	4.409d
		$F_1$ 代	6.980b	5.822b	5.675b	5.626b
15	上海	$F_0$ 代	4.183c	3.745c	3.339d	2.940d
		$F_1$ 代	6.500b	4.940b	4.830b	4.200b
	河北	$F_0$ 代	4.494c	3.940c	3.381d	3.038d
		$F_1$ 代	7.976a	5.764a	5.681a	4.794a
	山东	$F_0$ 代	4.516c	3.605c	3.038d	2.812d
		$F_1$ 代	6.414b	5.190b	4.279c	3.940c
20	上海	$F_1$ 代	2.248b	2.034a	1.989a	1.897ab
	河北	$F_1$ 代	2.409b	2.051a	2.034a	1.943a
	山东	$F_1$ 代	2.868a	1.833b	1.801b	1.778b

2.3.3 20 g/L 盐度条件下盐碱混合组 根据预试验,  $F_0$  代幼鱼在盐度 20 g/L 条件下死亡数过多, 因此未设置盐度的 20 g/L 盐碱混合组。在 20 g/L 盐度条件下, 3 品系  $F_1$  代幼鱼在碱度 2 g/L 条件下死亡集中在 2 d 内, 之后趋于平缓; 碱度 4 g/L 条件下, 死亡集中在 1 d 内; 在碱度 6 g/L 条件下山东品系 0.5 d 全部死亡, 上海品系、河北品系幼鱼 1 d 内全部死亡。

4 d 半致死盐碱度从大到小为河北品系 > 上海品系 > 山东品系, 河北品系 4 d 半致死盐碱度显著大于山东品系 ( $P < 0.05$ )。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 尼罗罗非鱼幼鱼的盐度、碱度耐受性

罗非鱼为广盐性鱼类, 对环境有较强的适应能力。有研究表明, 未经驯化的尼罗罗非鱼幼鱼直接投放的盐度上限为 1.8%<sup>[3]</sup>; 经过慢性驯化后, 尼罗罗非鱼幼鱼 4 d 半致死盐度可提升至 3.848%<sup>[4]</sup>, 少数驯化后的尼罗罗非鱼成鱼也可在盐度 2.4% 的水体中产卵繁殖<sup>[5]</sup>。尼罗罗非鱼对碱性也有较强的耐受性, 雷衍之等研究发现, 尼罗罗非鱼幼鱼在 pH 值 9.44、41.6 mmol/L NaHCO<sub>3</sub> 的水体中 4 d 内全部存活, 耐碱能力强于草鱼、鲢、鳙等常规淡水养殖种类<sup>[6]</sup>。本研究中海品系、河北品系、山东品系尼罗罗非鱼基础群体一直在淡水环境中养殖、繁殖, 未经盐碱驯化处理; 选育一代为基础群体幼鱼经盐碱驯化、养殖后, 选择部分亲鱼个体(选择率 3%) 繁殖的后代, 3 个品系  $F_1$  代幼鱼 1、2、3、4 d 半致死盐度、半致死碱度均大于  $F_0$  代幼鱼, 表明经过盐碱驯化与选育, 尼罗罗非鱼后代幼鱼的耐盐、耐碱能力均得到了明显提高。

#### 3.2 选育一代尼罗罗非鱼的盐碱耐受性

有研究认为, 盐、碱对鱼类致毒并非单一因子的作用, 而是 pH 值、盐度、碱度综合作用的结果<sup>[7-10]</sup>。在盐碱耐受试验中, 随着盐碱浓度增大, 尼罗罗非鱼幼鱼的致死时间均相应缩短; 当盐度由 10 g/L 提升至 15、20 g/L 时, 尼罗罗非鱼基础群

体与选育一代幼鱼的碱度耐受值均下降, 说明盐、碱间存在着一定的交互作用, 且为协同作用。

在盐度 10、15 g/L 条件下的盐碱混合组中, 3 个品系尼罗罗非鱼  $F_1$  代幼鱼的 1、2、3、4 d 半致死碱度均显著大于  $F_0$  代幼鱼 ( $P < 0.05$ ), 表明经盐碱驯化选育后代的盐碱耐受能力得到提高, 选育效果明显。研究表明, 慢性驯化后的尼罗罗非鱼在 20 g/L 盐度、3 g/L 碱度的盐碱混合组中仍保持一定生长率<sup>[11]</sup>。由于耐盐碱性状选育中既要盐碱耐受强, 又要有一定的养殖生长优势, 因此本研究采用先驯化、养殖, 再选择的综合育种技术, 该技术适用于尼罗罗非鱼盐碱耐受性状选育。

不同盐碱混合梯度条件下, 3 个品系尼罗罗非鱼基础群体幼鱼的 4 d 半致死盐碱度有一定差异, 不同品系尼罗罗非鱼幼鱼的耐盐碱性间存在一定变异。这主要是由于供试的 3 个品系尼罗罗非鱼具有不同的遗传背景, 山东品系来源为自埃及引进的尼罗罗非鱼原种后代, 上海品系来源为新吉富罗非鱼选育后代  $F_{16}$ , 河北品系来源为 1994 年引进的吉富品系繁育后代  $F_{13}$ , 经过多代繁育与选育, 不同品系对盐碱环境具有不同的适应力<sup>[11]</sup>。经驯化、养殖、选育后, 各盐碱混合组中, 河北品系  $F_1$  代幼鱼的 4 d 半致死盐碱度均显著大于上海品系、山东品系 ( $P < 0.05$ ), 初步认为河北品系可能更适宜作为耐盐碱选育的候选材料。

#### 参考文献:

- [1] 王慧, 耿隆坤, 房文红, 等. 中国对虾往西北内陆咸水水域移植的生产性试养研究[J]. 海洋渔业, 1997, 19(1): 9-12.
- [2] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 31.
- [3] 叶婉初, 陈大刚, 马琳. 尼罗罗非鱼 (*Oreochromis nilotica* Linn.) 幼鱼渗透压调节的初步研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1989, 19(2): 88-98.

李玉全. 日本囊对虾的争胜行为及其与温度的关系[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(8): 231-232.

# 日本囊对虾的争胜行为及其与温度的关系

李玉全

(青岛农业大学海洋科学与工程学院, 山东青岛 266109)

**摘要:** 为了解日本囊对虾的争胜行为及其与温度的关系, 设置 15、25 ℃ 2 个温度梯度, 利用视频录像和统计分析方法, 观察和分析日本囊对虾的争胜行为及其与温度的关系。结果表明, 日本囊对虾的争胜行为可分为相遇、示威、佯攻、厮打、追逐 5 个阶段, 且其争斗性行为发生的概率随着温度的升高而增加。

**关键词:** 日本囊对虾; 争胜行为; 温度

**中图分类号:** S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)08-0231-02

日本囊对虾 (*Marsupenaeus japonicus*) 原称日本对虾 (*Penaeus japonicus*), 具有同类相残<sup>[1]</sup>、底质选择<sup>[2]</sup>、潜沙、分散活动、耐低温等生物学特性, 市场价格远高于中国对虾和凡纳滨对虾。我国于 20 世纪 80 年代开始全人工养殖, 目前已成为我国沿海地区最重要的养殖对象之一, 2005 年养殖面积达 47 982 hm<sup>2</sup>, 总产量 41 090 t<sup>[3]</sup>, 但产量仅约 850 kg/hm<sup>2</sup>, 市场需求量迅速增加, 市场缺口逐年增大。养殖密度低是造成日本囊对虾产量低的主要原因。但是, 随养殖密度增加, 日本囊对虾存活率低, 产量难以提高<sup>[4]</sup>。因此, 如何降低养殖条件下日本囊对虾的死亡率是提高产量的关键。这首先需要了解日本囊对虾的行为反应, 尤其是争胜行为。同种动物个体相遇争斗的行为称之为争胜性行为。关于水生甲壳类动物的争胜行为国内外研究报道较少<sup>[1,5-7]</sup>。陈学雷等探讨了日本囊对虾仔虾密度、饵料密度、仔虾规格和光强对同类相残的影响<sup>[1]</sup>; 陈学雷等还研究了人工养殖条件下拟穴青蟹大眼幼体的资源可获得性和饥饿程度对同类相残的影响<sup>[6]</sup>; 张沛东等描述了凡纳滨对虾和中国对虾的同类相残行为、攻击和防御

行为<sup>[5]</sup>。国外在克氏原螯虾方面作过类似的报道<sup>[8]</sup>。上述报道虽然涉及虾蟹的争胜行为, 但主要针对同类相残, 属于争胜行为的一个阶段, 且这些研究未提及“争胜行为”这一术语, 因此, 水生甲壳类争胜行为的研究在我国基本上还属于空白。为分析日本囊对虾的争胜行为, 更好地了解日本囊对虾的生物学特性, 本试验观察了日本囊对虾的争胜行为, 并探讨了它与温度的关系, 旨在为在探讨日本囊对虾养殖成活率低的原因提供行为学方面的参考。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料

试验用日本囊对虾取自山东省昌邑市海丰水产养殖责任有限公司, 试验时虾体长 5~7 cm, 试验前分 2 批暂养 3 d, 第 1 批每天投喂人工配合饵料 2 次, 第 2 批暂养期间不投喂。试验用水为天然海水, 经沉淀和沙滤后, 再经 300 目筛绢过滤处理, pH 值 7.8~8.7, 盐度 2.8%~3.1%。

### 1.2 争胜行为观察试验

试验于 20 cm×30 cm 规格的泡沫箱中进行。泡沫箱底部绘有 5 cm×5 cm 方格线, 以便观察并量化日本囊对虾的行为情况, 试验期间水温 (16±0.5) ℃, 试验每天投饵 2 次, 每次投喂饵料约为虾体质量的 0.5%, 以保持其具有较强的攻击性, 用录像记录日本囊对虾行为。

### 1.3 温度试验

设置 15、25 ℃ 等 2 个温度梯度, 用加热棒保持恒定水温, 每个泡沫箱中只放 1 尾日本囊对虾, 每个处理设 6 个平行组,

收稿日期: 2013-11-10

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31101916); 山东省现代农业产业技术体系虾蟹类创新团队建设专项 (编号: SDAIT-15-011); 山东省自然科学基金 (编号: ZR2010CM060); 青岛农业大学大学生创新项目 (编号: 2012078、2013214)。

作者简介: 李玉全 (1978—), 男, 山东昌乐人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事水生生物生理生态与增养殖研究。Tel: (0532) 86080763; E-mail: jiangfangqian@163.com。

[4] Payne A I, Collinson R I. A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) with those of *Sarotherodon nureus* (Steindachner) and other tilapia of the delta and lower Nile River [J]. *Aquaculture*, 1983, 30(1): 335-351.

[5] 臧维玲, 王武, 叶林, 等. 盐度对淡水鱼类的毒性效应 [J]. *海洋与湖沼*, 1989, 20(5): 445-452.

[6] 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.

[7] 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.

[8] Lee C L, Fielder D R. The effect of salinity and temperature on the larval development of the freshwater prawn, *Macrobrachium australiense*

Holthus, 1950 from Southeastern Queensland, Australia [J]. *Aquaculture*, 1981, 26(1/2): 167-172.

[9] De Silva C D, Premawansa S, Keembiyahetty C N. Oxygen consumption in *Oreochromis niloticus* (L.) in relation to development, salinity, temperature and time of day [J]. *Journal of Fish Biology*, 1986, 29(2): 267-277.

[10] 尤琦, 尤洋, 胡庚东. 运用正交设计法检验盐度和碱度对大银鱼的联合毒性 [J]. *西南民族大学学报: 自然科学版*, 2000, 26(2): 192-194.

[11] 赵丽慧, 蔡金华, 张艳红, 等. 不同盐、碱度下 3 品系尼罗罗非鱼幼鱼网箱养殖的生长比较 [J]. *南方水产科学*, 2013, 9(4): 1-7.