

# 盐度对新吉富罗非鱼受精卵孵化和仔稚鱼活力的影响

王茂元<sup>①②</sup> 钟全福<sup>①②</sup> 黄洪贵<sup>①</sup> 赖铭勇<sup>①</sup> 樊海平<sup>①</sup> 齐巨龙<sup>①②</sup> 秦志清<sup>①</sup>

① 福建省淡水水产研究所 福州 350002; ② 国家罗非鱼产业技术体系福州综合试验站 福州 350002

**摘要:**研究了盐度梯度对新吉富罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 受精卵孵化和仔鱼活力的影响。水温 ( $28 \pm 0.5$ ) °C 下, 观察比较了 8 个梯度的盐度 (3‰、6‰、9‰、12‰、15‰、18‰、21‰、24‰) 及纯净淡水 (盐度为 0) 条件下, 新吉富罗非鱼受精卵的孵化时间、孵化周期、孵化率和畸形率。同时在不同盐度条件下对 4 批初孵仔鱼进行耐饥饿实验, 测定其不投饵存活系数 (SAI) 值。结果表明, 新吉富罗非鱼受精卵在盐度 6‰~15‰ 时, 孵化率较高 (89.0%~92.7%); 盐度低于 3‰ 和高于 18‰ 时, 孵化率较低。仔鱼生存适宜盐度 3‰~15‰, 最适盐度 6‰~9‰。新吉富罗非鱼仔鱼在盐度 0~3‰ 及 18‰~24‰ 时, 仔鱼的 SAI 值较低, 不适宜仔鱼培育; 盐度为 6‰~15‰ 时, 仔鱼的活力较高。仔鱼的 SAI 值与受精卵的孵化率呈正相关关系。

**关键词:**新吉富罗非鱼; 盐度; 受精卵; 仔鱼; 存活系数

中图分类号: S965.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2012)05-88-05

## Influence of Salinity on Hatching Rate and Larval Vitality in NEW GIFT Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*

WANG Mao-Yuan<sup>①②</sup> ZHONG Quan-Fu<sup>①②</sup> HUANG Hong-Gui<sup>①</sup> LAI Ming-Yong<sup>①</sup>  
FAN Hai-Ping<sup>①</sup> QI Ju-Long<sup>①②</sup> QIN Zhi-Qing<sup>①</sup>

① Fujian Freshwater Fisheries Research Institute, Fuzhou 350002;

② China Tilapia Research System Fuzhou Comprehensive Experimental Station, Fuzhou 350002, China

**Abstract:** Influences of salinity on hatching rate and larval vitality in NEW GIFT Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) were investigated. Eight different levels of salinity were set as follows: 3‰, 6‰, 9‰, 12‰, 15‰, 18‰, 21‰, 24‰ and freshwater at temperature of  $28 \pm 0.5$  °C. The hatching time, incubation period, hatching rate and deformity rate of the embryos were observed. Four broods of newly hatched larvae were used to for starvation tests and SAI (survival activity index) evaluation. The normal embryonic development and high hatching rate (89.0%–92.7%) were observed at salinities from 6‰ to 15‰, while low hatching rate occurred at a salinity of both less than 3‰ and more than 18‰. The result show that the suitable salinity for the survival of larval hybrid tilapias ranges from 3‰ to 15‰. Salinity below 2‰ or over 17‰ is not suitable for the larvae. At salinities from 6‰ to 15‰, the SAI values were high. The SAI of larvae was positively related with hatching rate of fertilized eggs.

**Key words:** NEW GIFT Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*); Salinity; Fertilized eggs; Larvae; Survival activity index

**基金项目** 国家现代农业产业技术体系专项资金项目 (No. CARS-49), 福建省种业创新与产业化工程项目 (No. 2011FJZY);  
**第一作者介绍** 王茂元, 男, 硕士; 研究方向: 水产遗传育种; E-mail: wmy8099@hotmail.com。

收稿日期: 2012-05-17, 修回日期: 2012-07-13

盐度是指水中溶解盐类的总量,又称矿化度,它是影响鱼类生存的重要环境因素之一,与水生动物的生长、发育、繁殖密切相关。一旦生存环境中的盐度发生变化,水产动物就会通过一系列生理变化来调整体内外渗透压的动态平衡,使其生长存活、能量代谢和生殖发育等相关指标作出相应的变化。

吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)是从尼罗罗非鱼(*O. niloticus*)不同家系中经长期定向选育出来的优良品种。“新吉富”(New gift)罗非鱼是上海海洋大学李思发教授以1994年引进的“吉富”(Gift)品系尼罗罗非鱼为基础群体,经过14年9代系统选育后获得的新品种,已成为我国罗非鱼主产区重要养殖品种之一。虽然罗非鱼是广盐性淡水鱼品种,但盐度对罗非鱼受精卵的孵化及仔鱼生长和发育还是有一定的影响<sup>[1-2]</sup>。国内外学者报道了温度和盐度对尼罗罗非鱼胚胎发育的影响,以及尼罗罗非鱼仔鱼耐温性和耐盐性的研究等<sup>[3-9]</sup>。但关于盐度对新吉富罗非鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响,迄今尚未见到相关的研究报道。

笔者就不同盐度对新吉富罗非鱼受精卵孵化及其仔鱼活力的影响进行研究,以期为提高孵化率、育苗成活率以及在低洼盐碱地、河水入海口等半咸水水域进行新吉富罗非鱼人工育苗与盐度驯化提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 实验用亲鱼为上海海洋大学引进的新吉富罗非鱼纯种,3龄鱼。在水温超过22℃时,新吉富罗非鱼亲鱼经暂养驯化培育后,选择一些腹部松软、性腺轮廓发育明显的亲鱼放入4 m×10 m×1 m的网箱中进行催产,采用提高水温、溶解氧、加注新水等生态刺激的方法,促进亲鱼自然发情产卵。发现亲鱼交配后,将受精卵从雌鱼的口腔中取出,放入盆中用清水漂洗2~3次,一部分用于不同盐度下的孵化实验,另一部分放置在孵化桶内孵化,待仔鱼完全孵出后,挑选无畸形的正常仔鱼用于不投饵存活系数的观察实验。

## 1.2 方法

**1.2.1 不同盐度下受精卵的孵化** 向纯净淡水中加入海水晶,借助盐度计(MATER-S28a,日本 ATAGO 生产)配置成梯度盐度溶液,盐度设置为0‰、3‰、6‰、9‰、12‰、15‰、18‰、21‰、24‰。将新吉富罗非鱼受精卵放于不同盐度的圆锥形孵化桶中孵化,设3个平行组,每组150粒受精卵,水温(28±0.5)℃,微充气,使受精卵悬浮。在整个孵化过程中,严格记录孵化时间、孵化周期、孵化率、畸形率及一定时间内(48、72 h)仔鱼存活率。孵化时间是指同批受精卵中有50%孵化出膜时所用的时间;孵化周期指同批受精卵从第一尾仔鱼孵化出膜至最后一尾仔鱼孵化出膜的时间间隔。畸形仔鱼指尾部弯曲、油球异位或异数(正常个体油球一个,位于卵黄囊的后部)、脊柱弯曲的个体。

**1.2.2 不同盐度下不投饵存活系数SAI的测定** 仔鱼活力以不投饵存活系数(survival activity index, SAI)作为衡量指标<sup>[10]</sup>。仔鱼完全孵出后,挑选无畸形的正常仔鱼100尾,放入不同盐度的圆形桶中静水培育,不投饵,发现死鱼及时捞出。每日统计死亡的仔鱼数,直至仔鱼全部死亡,比较其SAI值。SAI值计算公式为:
$$SAI = \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i / N$$
式中, $N$ 为起始的仔鱼数, $k$ 为仔鱼全部死亡所需时间(d), $h_i$ 为第*i*天时仔鱼的累计死亡数。实验选取4批同一孵化条件下初孵仔鱼,每批设3个平行组,计算时取其平均值。

**1.3 统计分析** 用SPSS11.5软件及MS-EXCEL对实验数据进行处理,数据结果用平均值±标准差(Mean±SD)表示。

## 2 结果

**2.1 不同盐度对新吉富罗非鱼受精卵孵化的影响** 不同盐度下新吉富罗非鱼受精卵的孵化(表1)结果显示,随着盐度的逐渐升高,孵化时间逐渐变长,但各组间差异不显著( $P > 0.05$ ),其中盐度为18‰和24‰的孵化时间最长,为77.6 h,盐度为3‰的孵化时间最短,为75.3 h;

表 1 不同盐度下新吉富罗非鱼受精卵的孵化(平均值 ± 标准差,  $n = 150$ )  
Table 1 The hatch of New Gift Tilapia at salinity gradient (Mean ± SD,  $n = 150$ )

盐度 Salinity (‰)	检测内容 Test-detection					
	孵化时间(h) Incubation time	孵化周期(h) Incubation period	总孵化率(%) Total hatching rate	畸形率(%) Deformity rate	48 h 存活率(%) Survival rate of 48 hour	72 h 存活率(%) Survival rate of 72 hour
0	76.0 ± 1.0 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	9.3 ± 3.1 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
3	75.3 ± 0.6 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	88.5 ± 7.0 <sup>b</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	99.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	99.8 ± 0.6 <sup>a</sup>
6	76.3 ± 1.0 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.4 <sup>ab</sup>	92.7 ± 3.5 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>
9	76.5 ± 1.0 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.3 <sup>abc</sup>	90.0 ± 4.0 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>
12	76.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	4.3 ± 0.6 <sup>bcd</sup>	90.7 ± 0.6 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>
15	77.0 ± 1.5 <sup>a</sup>	4.3 ± 0.4 <sup>bcd</sup>	89.0 ± 3.0 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	100.0 ± 0.0 <sup>b</sup>
18	77.6 ± 0.6 <sup>a</sup>	4.4 ± 0.3 <sup>bcd</sup>	65.7 ± 8.3 <sup>d</sup>	5.7 ± 0.6 <sup>a</sup>	56.0 ± 5.2 <sup>c</sup>	47.0 ± 3.6 <sup>c</sup>
21	76.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	4.6 ± 0.3 <sup>cd</sup>	12.3 ± 4.5 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>d</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>d</sup>
24	77.6 ± 1.5 <sup>a</sup>	4.8 ± 0.2 <sup>d</sup>	1.5 ± 0.6 <sup>f</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>d</sup>	0.0 ± 0.0 <sup>d</sup>

同一列内,数据后字母不同表示差异显著,  $P < 0.05$ 。

The different letters on the parameters in one column mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

孵化周期的变化情况与孵化时间相似,盐度为 21‰和 24‰时孵化周期最长,分别为 4.6 h 和 4.8 h,其他各组孵化周期较接近,为 3.5 ~ 4.4 h。

盐度变化范围在 3‰ ~ 15‰时对受精卵的孵化率影响不大,孵化率 88.5% ~ 92.7%,差异不显著( $P > 0.05$ )。但盐度增加到 21‰和 24‰时,孵化率骤降,分别只有 12.3% 和 1.5%;盐度为 0‰和 18‰时的孵化率也较低,分别只有 9.3% 和 65.7%。盐度在 0‰、21‰、24‰时,仔鱼孵出 48 h 内全部死亡,可以认为受精卵在盐度为 0‰和超过 21‰的条件下基本不能孵化。盐度为 3‰ ~ 15‰时未发现畸形仔鱼,但盐度为 18‰时仔鱼畸形率为 5.7%。图 1 示正常仔鱼,图 2 示畸形仔鱼。初孵仔鱼的成活率在盐度 3‰ ~ 15‰时都很高。

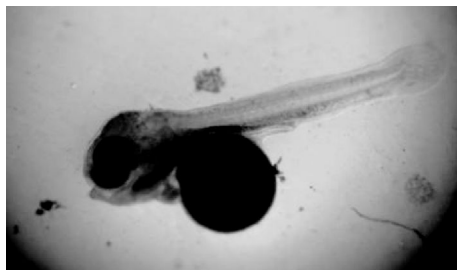


图 1 正常仔鱼

Fig. 1 The normal larvae

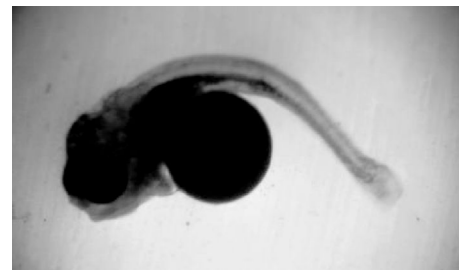


图 2 畸形仔鱼

Fig. 2 The deformity larvae

2.2 不同盐度对新吉富罗非鱼仔鱼 SAI 值的影响 在不投饵的条件下,测定了 4 批同一孵化条件下初孵仔鱼的 SAI 值(表 2),仔鱼存活

表 2 不同盐度下新吉富罗非鱼仔鱼的 SAI 值

Table 2 The SAI of New Gift Tilapia larvae at salinity gradient ( $n = 100$ )

盐度 Salinity (‰)	组别 Groups				平均值 ± 标准差 Mean ± SD
	1	2	3	4	
0	16.62	16.65	17.07	15.53	16.47 ± 0.65 <sup>a</sup>
3	14.05	13.38	14.65	14.12	14.05 ± 0.52 <sup>b</sup>
6	21.86	21.84	20.85	21.03	21.39 ± 0.53 <sup>c</sup>
9	26.53	25.05	24.91	25.53	25.51 ± 0.73 <sup>d</sup>
12	20.62	21.85	21.13	20.03	20.91 ± 0.77 <sup>c</sup>
15	21.86	22.03	22.50	22.39	22.19 ± 0.30 <sup>c</sup>
18	4.88	3.31	3.20	4.10	3.87 ± 0.78 <sup>f</sup>
21	0.71	0.95	0.88	0.84	0.84 ± 0.10 <sup>e</sup>
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 ± 0.00 <sup>h</sup>

同一列数据上标字母不同表示差异显著,  $P < 0.05$ 。

The different letters on the parameters in one column are significant difference,  $P < 0.05$ .

时间越长,SAI 值就越高。盐度为 6‰和 9‰,其仔鱼存活时间最长为 17 d。盐度由 0 升到 24‰时,仔鱼的 SAI 值呈先降后升再降的变化,当盐度超过 18‰时,SAI 值显著偏低,分别只有 3.87、0.84、0.00;盐度为 9‰时,SAI 值最高为 25.51。虽然不同盐度条件下 SAI 值不尽相同,但盐度在 0‰~15‰时,不投饵仔鱼的半致死时间约为 7 d。

同时,从表 1、2 可看出,盐度为 6‰~15‰时受精卵的孵化率较高,初孵仔鱼的 SAI 值也较高。对此盐度范围内的孵化率和 SAI 值进行相关分析, $r$  值为 0.09,两者存在正相关关系。

### 3 讨论

**3.1 盐度对受精卵孵化的影响** 盐度是直接影响淡水鱼胚胎发育与孵化的重要因素之一。在盐度 1‰~12‰条件下,鲤鱼 (*Cyprinus carpio*) 胚胎孵化率与盐度呈负相关关系,鲤鱼胚胎和前期仔鱼发育的最佳孵化盐度为 1‰左右<sup>[11]</sup>;锦鲤 (*C. carpio*) 在盐度 4‰~6‰条件下受精率较高,精子活力最强,当盐度为 9‰时,精子活力受到抑制,盐度达到 10‰后对精子有杀灭作用<sup>[12]</sup>;陈昆慈等对宝石鲈 (*Scortum barcoo*) 的胚胎发育研究发现,其最适盐度范围为 0‰~8‰,盐度为 8‰时,各个发育时期的胚胎和仔鱼的存活率最高,12‰为临界盐度<sup>[13]</sup>;尼罗罗非鱼的胚胎在盐度高于 15‰时孵化率很低<sup>[9,14]</sup>;广东鲂 (*Megalobrama hoffmanni*) 胚胎发育的最高临界盐度为 11‰,最适盐度范围为 1‰~7‰<sup>[15]</sup>。虽然罗非鱼是由海水祖先演化而来的广盐性淡水鱼类,但实验中新吉富罗非鱼受精卵在盐度为 0‰的淡水中孵化时,孵化率只有 9.3%,且 48 h 内孵出仔鱼全部死亡,孵化效果很差;而受精卵在盐度为 0 的自然产卵池雌鱼口腔中孵化效果较好,这可能与雌鱼口腔孵化过程中口腔分泌的某种促进孵化的物质有关。新吉富罗非鱼受精卵孵化最适盐度范围为 6‰~15‰,其平均孵化率在 89.0%~92.7%之间,孵化率差异不显著 ( $P > 0.05$ );当盐度低于 3‰时,孵化率随着盐度的降低而降

低,盐度间孵化率差异显著 ( $P < 0.05$ );当盐度高于 18‰时,孵化率随着盐度的升高而降低,盐度间孵化率差异显著 ( $P < 0.05$ )。新吉富罗非鱼受精卵在盐度较高或较低范围内孵化率都处于较低水平。盐度在 21‰、24‰时,初孵仔鱼在 48 h 内全部死亡,因此可以认为新吉富罗非鱼受精卵在盐度高于 21‰时无法正常孵化。

盐度变化对新吉富罗非鱼受精卵的孵化周期与孵化率影响显著。从实验结果可以看出,在相同的温度条件下,随着盐度的升高,孵化周期逐渐延长。盐度虽然对受精卵的渗透压有影响,但在一定范围内鱼类胚胎有自我调节渗透压的机能。但当新吉富罗非鱼胚胎破膜并发育一段时间后,不同盐度下的畸形率和 48 h 仔鱼的死亡率出现了显著的不同。盐度越高,畸形率越高,死亡率越高。这说明盐度已经影响了刚孵出仔鱼自我调节渗透压的能力。通过对不同盐度下新吉富罗非鱼受精卵的孵化率、畸形率和死亡率观察与统计,新吉富罗非鱼受精卵适宜孵化盐度范围为 6‰~15‰。

**3.2 盐度对仔鱼 SAI 值的影响** 在适宜的环境条件下,刚孵化的仔鱼在营养模式上处于卵黄营养期,不投饵,依靠卵黄营养可以存活一定时间,直至开口。仔鱼开口后进入混合营养期,这个时期,仔鱼可以水平游泳及觅食,但卵黄尚未吸收完毕,仔鱼依靠外源营养及残留卵黄 2 种混合营养生活<sup>[16]</sup>。一旦卵黄被完全吸收,仔鱼即进入外源营养期,完全依靠摄取外部营养生活。如果仔鱼在混合营养期没有获得外源营养,外源营养模式就无法建立,到一定时间仔鱼即进入忍受饥饿的时间临界点 (point-of-no-return, PNR)<sup>[17]</sup>。过了此临界点,尽管仔鱼还能继续生存较长一段时间,但已虚弱到无法恢复摄食能力,而最终死亡。初孵仔鱼存活时间的长短,与其卵黄营养物质的数量和质量有关。存活时间越长,其 SAI 值就越高,据此可以判断仔鱼的活力和受精卵的卵质<sup>[16]</sup>。在适宜盐度中,仔鱼可以存活相对较长时间,由于其能够主动调节渗透压,从而保持体内环境的稳定。盐度过高或过低导致胚胎内外渗透压差剧烈变

化,致使仔鱼不能适应这种环境变化,出现了比正常盐度环境高得多的畸形率。在盐度 22.0‰及 27.0‰的海水中,双棘黄姑鱼(*Nibea diacanthus*)仔稚鱼呈较高的存活率<sup>[18]</sup>;尼罗罗非鱼初孵仔鱼适宜盐度为 0‰~10‰<sup>[9]</sup>;奥尼罗非鱼初孵仔鱼在盐度为 5‰~14‰的活力较高<sup>[19]</sup>。实验中发现,相同盐度条件下不同批次新吉富罗非鱼仔鱼的 SAI 值有差异,同一批仔鱼中,SAI 值的大小受盐度变化的影响明显。

**3.3 SAI 值与仔鱼培育的关系** 在苗种培育过程中,尽管育苗结果与外界环境因子如温度、盐度、溶解氧、pH 等诸多因素密切相关,但仔鱼 SAI 值的高低是决定育苗结果的重要指标。王涵生等报道,赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)仔鱼的 SAI 值只有高于 5 时,才有可能进一步培育成苗种<sup>[16]</sup>。对 4 批初孵新吉富罗非鱼仔鱼在不同盐度培育的观察,盐度 18‰~24‰时,仔鱼的 SAI 值较低;盐度 0‰~3‰时,虽然 SAI 值较高,但仔鱼在此盐度条件下发育较慢,部分仔鱼身体未出现色素;盐度为 6‰~15‰,仔鱼的活力较高。表明盐度 0‰~3‰和 18‰~24‰时不适宜仔鱼的生长和发育。

依据 SAI 值的基础上,结合受精率、孵化率、仔鱼的畸形率等指标,能更加准确地判断仔鱼的活力。因此,综合本实验结果,新吉富罗非鱼受精卵孵化及仔鱼培育盐度最好控制在 6‰~9‰,以保证有较高的孵化率和成活率。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Suresh A V, Lin C K. Tilapia culture in saline waters: a review. *Aquaculture*, 1992, 106(3/4): 201 - 226.
- [ 2 ] Villegas C T. Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F<sub>1</sub> hybrids. *Aquaculture*, 1990, 85(1/4): 281 - 292.
- [ 3 ] Poleo G A, Lutz C G, Cheuk G, et al. Fertilization by intracytoplasmic sperm injection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) eggs. *Aquaculture*, 2005, 250(1/2): 82 - 94.
- [ 4 ] Campos-Mendoza A, McAndrews B J, Coward K, et al. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*, 2004, 231(1/4): 299 - 314.
- [ 5 ] Coward K, Bromage N R. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapia, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture*, 1999, 171(3/4): 251 - 267.
- [ 6 ] Fujimura K, Okada N. Development of the embryo, larva and early juvenile of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae). Developmental staging system. *Development, Growth and Differentiation*, 2007, 49(4): 301 - 324.
- [ 7 ] Rana K J. Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs and fry I. Gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development. *Aquaculture*, 1990, 87(2): 165 - 181.
- [ 8 ] Rana K J. Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs and fry II. Survival, growth and feeding of fry developing solely on their yolk reserves. *Aquaculture*, 1990, 87(2): 183 - 195.
- [ 9 ] Watanabe W O, Kuo C M, Huang M C. Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*), spawned and hatched at various salinities. *Aquaculture*, 1985, 48(2): 159 - 176.
- [ 10 ] Kamler E. Ontogeny of yolk-feeding fish: an ecological perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2002, 12(1): 79 - 103.
- [ 11 ] 郭永军, 陈成勋, 李占军, 等. 水温和盐度对鲤鱼 (*Cyprinus carpio* L.) 胚胎和前期仔鱼发育的影响. *天津农学院学报*, 2004, 11(3): 5 - 9.
- [ 12 ] 严维辉, 郝忱, 丁淑燕, 等. 不同盐度对锦鲤精子活力的影响实验. *渔业致富指南*, 2006, (23): 48 - 49.
- [ 13 ] 陈昆慈, 朱新平, 杜合军, 等. 温度和盐度对宝石鲈胚胎发育的影响. *中国水产科学*, 2007, 14(6): 1032 - 1036.
- [ 14 ] Watanabe W O, Kuo C M. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. *Aquaculture*, 1985, 49(3/4): 315 - 323.
- [ 15 ] 叶星, 潘德博. 水温和盐度对广东鲂胚胎发育的影响. *水产学报*, 1998, 22(4): 322 - 327.
- [ 16 ] 王涵生, 方琼珊, 郑乐云. 盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断. *水产学报*, 2002, 26(4): 344 - 350.
- [ 17 ] Yin M C. Feeding ability and growth of the yolk-sac larvae of north sea herring. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1991, 22(6): 554 - 560.
- [ 18 ] 林向阳, 刘伟斌, 叶金聪. 盐度对双棘黄姑鱼仔鱼活力及仔稚鱼生长的影响. *台湾海峡*, 2005, 24(3): 351 - 355.
- [ 19 ] 强俊, 王辉, 李瑞伟. 盐度对奥尼罗非鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响. *水产科学*, 2009, 28(6): 329 - 332.