

文章编号:1000-0615(2002)04-0344-07

盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断

王涵生, 方琼珊, 郑乐云

(福建省水产研究所, 厦门 361012)

摘要: 观察比较了10个盐度梯度(44.0、41.0、38.0、35.0、自然海水盐度30.5~32.5、27.0、24.0、21.0、18.0、15.0)下赤点石斑鱼受精卵的孵化率和畸形率。对12批初孵仔鱼进行耐饥饿试验,并测定其不投饵存活系数SAI值。结果表明,赤点石斑鱼受精卵孵化的适宜盐度为38.0~24.0,最适盐度为35.0~27.0。盐度高于35.0,孵化率随盐度的升高而降低,仔鱼畸形率则随之升高。盐度低于24.0,孵化率随盐度的降低而降低,仔鱼畸形率则随之升高。从盐度38.0到41.0以及24.0到21.0是2个对受精卵孵化率和仔鱼畸形率影响很大的盐度梯度。高于或低于这2个盐度梯度,孵化率即明显大幅度降低,畸形率则大幅度升高。赤点石斑鱼仔鱼的SAI值为3.19~12.42,低于长吻鲈和黄条鲈的SAI值。仔鱼的SAI值与卵的受精率、孵化率呈正相关关系。只有SAI值大于5的仔鱼才有可能被进一步培育成苗,低于5的将在数天内死亡。

关键词: 赤点石斑鱼;盐度;受精卵;发育;仔鱼;不投饵存活系数

中图分类号: S917;S961.2

文献标识码: A

Effects of salinity on hatching rates and survival activity index of the larvae of *Epinephelus akaara*

WANG Han-sheng, FANG Qiong-shan, ZHENG Le-yun

(Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 361012, China)

Abstract: The effects of seawater salinity on hatching rate and survival activity index (SAI) of *Epinephelus akaara* were studied in the laboratory. 10 different levels of salinity were set as follows: 44.0, 41.0, 38.0, 35.0, natural seawater salinity about 30.5~32.5, 27.0, 24.0, 21.0, 18.0, 15.0. Five broods of fertilized eggs were used for observation. 12 broods of newly hatched larvae were used to carry out starvation tests and evaluate their SAI (survival activity index) volume. 100 newly hatched larvae were reared in 500mL beaker without food and aeration at natural room temperature (about 26~27°C). The results showed that: 1. Salinity from 38.0 to 24.0 is suitable for hatching and the optimum is from 35.0 to 27.0. When salinity higher than 35.0, the higher the salinity, the lower the hatching rates and the higher abnormal rates. When salinity lower than 27.0, the lower the salinity, the lower the hatching rates and the higher abnormal rates. Salinities from 41.0 to 38.0 and from 24.0 to 21.0 may be two critical ranges causing notable differences in the hatching rate of fertilized eggs and

收稿日期:2002-05-27

资助项目:福建省科技厅重点项目(项目编号98-Z-6)

作者简介:王涵生(1948-),男,副研究员,硕士,主要从事海洋鱼类类群增殖技术研究。Tel:0592-69200512, E-mail: hansheng@wang.com.cn

abnormal rate of the newly hatching larvae. 2. The SAI values of the fish were 3.196 ~ 12.42, lower than other fishes such as *Pseudocaranx dentex* and *Seriola aureovittata* and showed positive relationship to the fertilization rates and hatching rates. Only the larvae which SAI volumes were higher than 5 could be reared to reach the stage when juveniles finish their metamorphosis and become young fish. Others would die in several days.

Key words: *Epinephelus akaara*; salinity; fertilized eggs; development; larvae; survival activity index

赤点石斑鱼 (*Epinephelus akaara*) 的人工繁殖研究开始于 60 年代的日本^[1], 70 年代以后我国香港、台湾、新加坡、马来西亚、菲律宾、科威特等也相继开展本种鱼及其他石斑鱼人工繁殖的研究。

我国大陆对石斑鱼人工繁殖的研究开始于 80 年代。在受精卵和仔鱼的生物学、生态学的研究方面, 一些作者报道了赤点石斑鱼的人工授精、自然产卵、胚胎和仔鱼的形态发育^[2-6], 温度对赤点石斑鱼胚胎发育的影响^[7]等。但关于盐度对赤点石斑鱼受精卵孵化的影响, 仔鱼的不投饵存活系数 (survival activity index, SAI) 和仔鱼活力的判断^[8]等, 国内还未见有关的研究报告。至于仔鱼的 SAI 值与仔稚鱼进一步的培育结果之间的关系, 国内外均没有这方面的报道。笔者在进行赤点石斑鱼人工育苗扩大试验研究的过程中, 观察了盐度对受精卵孵化的影响, 通过测定初孵仔鱼的 SAI 值, 对仔鱼活力的判断进行了研究, 并对初孵仔鱼的 SAI 值与其后继续培育结果的关系进行了追踪观察和比较。

1 材料与方 法

1.1 受精卵和仔鱼

受精卵通过自己培育的亲鱼自然产卵获得。受精卵以溢水法收集于集卵网中。集卵网一般于每天下午 4:00 ~ 5:00 张挂, 翌日清晨收卵。在水温 25℃ 条件下, 受精卵收集时已经处于原肠后期, 胚体开始形成。挑选发育正常的受精卵用于盐度试验。

受精卵置于孵化网箱内微充气、微流水孵化。仔鱼孵出后, 挑选肉眼观察无畸形的正常仔鱼用于不投饵存活系数的试验观察。

1.2 盐度梯度的设置

设置 10 个梯度不同的海水盐度, 其盐度分别为: 44.0, 41.0, 38.0, 35.0, 自然海水、盐度 30.5 ~ 32.5, 27.0, 24.0, 21.0, 18.0, 15.0。较高盐度海水以砂滤海水添加盐卤配制而成; 较低盐度海水以砂滤海水加一定比例自来水配制而成。自来水经充分曝气以除去残留氯气。每组设置 2 个平行组, 使用 2 个 1 000mL 烧杯, 各放入 200 粒受精卵(原肠胚以后), 微充气以避免卵在低盐度海水中沉底, 室温培育。待仔鱼孵出后, 比较其孵化率和仔鱼畸形率; 孵化率和畸形率取 2 个平行组的平均值; 孵化率以成形的仔鱼为准计算。畸形仔鱼指尾部弯曲、油球异位或异数(正常个体油球 1 个, 位于卵黄囊的后部。畸形个体的油球位于卵黄囊的中部或前部或数目多于 1 个)、脊柱弯曲的个体。在水温 25 ~ 27℃ 时, 仔鱼 24 ~ 26h 孵出。

1.3 仔鱼的活力及不投饵存活系数 SAI 的测定

仔鱼的活力以不投饵存活系数 SAI 为指标衡量之。仔鱼完全孵出后, 细心用烧杯从水中舀取肉眼观察无异常的仔鱼 100 尾, 放入 1 000mL 烧杯, 置阴凉通风之处静水培育, 不投饵, 每天计算死亡的仔鱼数, 直至仔鱼全部死亡。然后比较其半致死时间及不投饵存活系数 SAI 值。SAI 值以下式求之:

$$SAI = \sum_{i=1}^K (N - h_i) \times i / N$$

式中 N 为起始的仔鱼数; K 为仔鱼全部死亡所需的天数; h_i 为第 i 天时仔鱼的累计死亡数。

2 结果

2.1 不同海水盐度条件下受精卵的孵化率

不同海水盐度中受精卵的孵化率对比试验结果见表1。观察表明,赤点石斑鱼受精卵孵化的适宜盐度为38.0~24.0。这5个适盐组5批受精卵的平均孵化率分别为77.1%、84.2%、85.2%、84.5%、82.6%。最适宜的盐度为35.06~27.0,其平均孵化率分别为84.2%、85.2%、84.5%,3个最适盐度组之间的平均孵化率没有显著的差别。盐度超过35.0,则孵化率随盐度的升高而降低。

表1 不同盐度条件下赤点石斑鱼的孵化率
Tab.1 Hatching rates of *E. akaara* under different salinity conditions (%)

组别 group	盐度 salinity									
	44.0	41.0	38.8	35.0	30.5~32.5	27.0	24.0	21.0	18.0	15.0
1	55.6	61.8	72.2	77.4	76.4	78.4	74.9	54.3	57.4	51.2
2	64.8	71.9	78.6	88.4	91.6	92.7	87.4	81.4	72.3	65.4
3	55.9	64.4	75.4	80.3	80.6	76.9	78.5	68.6	59.4	57.9
4	55.6	60.7	73.8	81.7	85.1	84.5	88.1	73.9	67.6	55.2
5	69.8	76.6	85.8	93.1	92.4	90.1	84.1	77.7	71.9	63.4
平均 mean	60.3	67.1	77.1	84.2	85.2	84.5	82.6	71.2	65.7	58.6

* $P > 0.05$ 。

不同盐度条件下初孵仔鱼的畸形率见表2。多年的观察研究表明,赤点石斑鱼质量较好的受精卵正常孵化过程中,仔鱼畸形率一般可达15%~20%左右^[5]。最适盐度区的3个组的仔鱼畸形率,分别为21.5%、21.0%、23.8%,之间的差别很小,为0.5%~2.8%。盐度38.0时,仔鱼畸形率为27.2%,比最适盐度组高3.4%~7.2%,差别不很大。盐度41.0组和盐度44.0组,仔鱼畸形率分别为52.2%、57.9%,明显地随盐度的升高而升高,比最适盐度组高28.4%~37.9%。在低盐区,盐度24.0组,仔鱼平均畸形率为28.5%,比最适盐度组高4.7%~6.5%,差别不很大。盐度21.0组、盐度18.0组、盐度15.0组,仔鱼平均畸形率分别为69.2%、71.2%、74.5%,比最适盐度组高45.4%~53.5%,差别十分明显。

表2 不同盐度条件下赤点石斑鱼初孵仔鱼的畸形率
Tab.2 Abnormal rates of the newly hatched larvae of *E. akaara* under different salinity conditions (%)

组别 group	盐度 salinity									
	44.0	41.0	38.8	35.0	30.5~32.5	27.0	24.0	21.0	18.0	15.0
1	55.8	46.6	25.7	18.4	16.7	21.0	27.6	68.0	69.6	91.1
2	54.1	55.6	28.4	19.4	15.5	16.0	21.6	69.6	67.8	89.4
3	52.2	57.3	24.6	21.9	24.1	31.0	27.8	66.5	63.5	100
4	62.3	49.7	27.7	24.6	28.5	27.4	38.4	69.5	74.6	85.6
5	65.8	51.8	29.6	23.3	20.4	23.5	27.3	77.4	80.3	90.6
平均 mean	57.9	52.2	27.2	21.5	21.6	23.8	28.5	69.2	71.2	91.3

* $P > 0.05$ 。

2.2 仔鱼的不投饵存活系数及其存活、半致死时间

对前后12批卵孵化的仔鱼进行了不投饵存活系数即SAI值的测定和观察比较(表3)。仔鱼不投饵的条件下存活的时间越长,其SAI值就越高。仔鱼存活时间最长为8天,分别为6月3日、6月9日、6月21日采卵孵化的仔鱼,其SAI值分别为10.26、12.74、12.42。其次是6月10日、15日、28日采卵的仔鱼,存活时间6~7d,SAI值分别为5.49、10.96、8.06。存活时间最短的为6月5日及7月2日、4日、5日、7

日、8日采卵的仔鱼,均只存活了5天,其SAI值分别为5.04、4.68、4.28、3.65、3.20、3.19。尽管各批仔鱼的SAI值各不相同,但不投饵仔鱼的半致死时间多为3~4d。

从表3和表4还可以看出,仔鱼SAI值与卵的受精率、孵化率之间存在着显著的正相关关系。6月3日、9日、10日、15日、21日、28日的卵受精率、孵化率均较高,分别为74.3%~89.4%和74.5%~93.0%,这些仔鱼的SAI值也较高,为5.49~12.74。6月5日的受精率和孵化率分别为66.0%和72.3%,其SAI值分别为5.04;7月2日、4日、5日、7日、8日卵的受精率很低,为14.3%~49.0%,孵化率也相对较低,为40.0%~72.4%,SAI值也相应较低,仅为3.19~4.68。

表3 赤点石斑鱼仔鱼的不投饵存活系数

Tab.3 The survival activity index(SAI) of the larvae of *E. akaara*

孵化天数(d) hatching time	日期 date											
	06-03	06-05	06-09	06-10	06-15	06-21	06-28	07-02	07-04	07-05	07-07	07-08
1d	5	5	3	4	0	3	4	10	11	13	14	22
2d	2	7	4	15	3	2	2	18	12	20	27	25
3d	17	33	8	28	14	6	13	22	38	31	31	24
4d	18	38	18	21	26	24	36	29	22	27	20	17
5d	30	17	20	24	12	21	30	21	13	9	8	12
6d	13		24	5	26	14	11					
7d	10		12		19		26	4				
8d	5		11				4					
SAI值	10.26	5.04	12.74	5.49	10.92	12.42	8.06	4.68	4.28	3.65	3.20	3.19

2.3 仔鱼的SAI值及其进一步培育的结果

对12批仔鱼的培育结果进行了追踪观察,其结果如表4所示。其中6月3日、9日、10日、15日、21日的仔鱼的SAI值分别为10.26、12.74、5.49、10.92、12.42,经过40~58d的培育,稚鱼完成变态,分别培育出24~82mm的幼鱼961尾、722尾、184尾、261尾、1695尾,从仔鱼到幼鱼的存活率分别为0.72%、0.93%、0.80%、0.62%、0.49%。6月28日的仔鱼,SAI值为8.06,培育到第22d时,一直比较正常,鱼苗甚为活泼,但由于充气装置意外故障,造成鱼苗全部死亡。其它各批仔鱼的SAI值分别为5.04、4.68、4.28、3.65、3.20、3.19。除了6月5日的仔鱼存活了14d外,7月2、4、5、7、8日的仔鱼,则仅仅分别存活了6d、8d、6d、5d、5d,在稚鱼期时即全部死亡。

3 讨论

3.1 盐度对受精卵孵化的影响

海水盐度与水温一样是直接影响鱼类胚胎发育的主要因素。尽管有文献指出赤点石斑鱼成鱼可以适应的盐度为11~41^[9]。但其胚胎发育的适宜盐度比此要窄得多。在赤点石斑鱼受精卵最适盐度组(35.0~27.0)内,平均孵化率(分别为84.2%、85.2%、84.5%)没有显著的差别。盐度38.0组的平均孵化率为77.1%,低于最适盐度组约7.1%~8.1%,孵化率随盐度的升高而降低,差别开始比较显著。盐度41.0以上,孵化率的差距就更大。盐度44.0、盐度41.0组的平均孵化率分别为60.3%和67.1%,比最适盐度组低约17.1%~24.9%。因此,盐度38.0与41.0之间,应是高盐区一个很有意义的临界盐度梯度;在此盐度的上下,赤点石斑鱼的受精卵表现出比较明显不同的孵化率。

盐度24.0组的平均孵化率为82.6%,低于最适盐度组1.6%~2.6%,差别不大。自Ⅷ组盐度21.0起,孵化率就较大幅度地随着盐度的降低而降低。盐度21.0、盐度18.0、盐度15.0这3个组5批卵的平均孵化率分别为71.2%、65.7%、58.6%,低于最适盐度组13.0%~26.6%。因此,盐度21.0~24.0是低盐区的一个很有意义的临界盐度梯度。

表 4 各批仔鱼的培育结果

Tab.4 The results of the larval rearing

产卵日期(月-日) spawning data	受精率(%) fertilizing rate	孵化率(%) hatching rate	不投饵存活系数 SAI	培育时间(d) cultivating time	成活率(%) survival rate
06-03	89.4	74.5	10.26	58	0.72
06-05	66.0	72.3	5.04	14	0
06-09	86.3	89.9	12.74	52	0.93
06-10	74.3	79.0	5.49	51	0.80
06-15	76.5	85.5	10.92	46	0.62
06-21	87.6	93.0	12.42	40	0.49
06-28	65.7	89.0	8.06	22	0
07-02	49.0	53.2	4.68	6	0
07-04	46.0	40.0	4.28	8	0
07-05	31.4	70.6	3.65	6	0
07-07	14.3	72.4	3.20	5	0
07-08	46.5	62.4	3.19	5	0

这两个分别处于高盐区和低盐区的临界盐度梯度在仔鱼的畸形率上看得尤其明显(表 2)。在赤点石斑鱼受精卵孵化过程中,质量较好的卵,出现 20%左右的畸形率,是正常的现象^[5]。最适盐度区的 3 个组的仔鱼畸形率,分别为 21.5%、21.0%、23.8%,之间的差别不明显。盐度 38.0 组,仔鱼畸形率为 27.2%,高于最适盐度组,但差别还不是很大。盐度 41.0 组,畸形率明显上升。盐度 44.0 组和盐度 41.0 组的畸形率分别为 57.9%、52.2%。比最适盐度组高 28.4%~36.9%。在低盐区可以看到类似的结果。在盐度 24.0 组,仔鱼平均畸形率为 28.5%,比最适盐度组升高 4.7%~7.5%,但升高的幅度不很大。在盐度 21.0、盐度 18.0、盐度 15.0 组中,仔鱼畸形率分别为 69.2%、71.2%及 91.3%,比最适盐度组高 45.4%~70.0%,升高了 2 倍到 3 倍多。

另据曾文阳和何锡光报道^[10],在香港,本种鱼受精卵在水温 25℃时,在盐度 30.0 的海水中孵化率可达 76%,在盐度 26.0 以下,孵化率则在 26%以下。他们使用的受精卵均通过人工挤卵获得,因此受精率较低。另外,亲鱼生活环境、营养条件不同,也会导致受精率的很大差别。研究表明,水生生物的胚胎发育总是要求与其生殖腺成熟时相近的温盐条件。在自然条件下,石斑鱼多生活在岩礁及珊瑚礁丛间。其生殖腺成熟时的盐度相对高且稳定,胚胎发育所要求的盐度条件自然也是高而稳定的。在福建省,赤点石斑鱼受精卵孵化的适宜盐度为 24.0~38.0,最适盐度为 27.0~35.0。

3.2 仔鱼的营养、SAI 值和活力

刚刚孵化的赤点石斑鱼的仔鱼,在营养模式上,处于卵黄营养期。这时仔鱼无摄食能力,依靠卵黄营养维持其生命活动,直至仔鱼开口。在水温 25℃左右条件下,仔鱼孵化后第 3 天开口,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。这一期从孵化后第 3 天到 100~110h 左右。此后,卵黄完全吸收完毕,仔鱼即进入外源营养期,完全依靠摄取外部的饵料营养生活。

如果仔鱼在混合营养期无法获得外源营养,则无法建立外源营养模式。到一定时间仔鱼即进入 PNR 期^[11]。PNR 为仔鱼忍受饥饿的时间临界点。过了此临界点仔鱼即虚弱得无法恢复摄饵能力,最终死亡。仔鱼孵出后,不投饵,依靠母体遗留的卵黄营养会存活一定的时间。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。通过测定初孵仔鱼的 SAI 值,可以以此判断仔鱼的活力,进而也可以以此判断受精卵的卵质。6 月 3 日、9 日、10 日、15 日、6 月 21 日、28 日采卵孵化的仔鱼,其 SAI 值较高,为 5.49~12.74,说明这些卵的卵质较好。6 月 5 日及 7 月 2 日、4 日、5 日、7 日、8 日采卵孵化的仔鱼,其 SAI 值较低,为 3.19~5.04,说明这些卵的卵质较差。

12 批孵化仔鱼的 SAI 值各不相同,但不投饵的半致死时间多为 3~4 天。可以认为,仔鱼的半致死

时间即为仔鱼进入 PNR 期的标志。在赤点石斑鱼大约为 3~4 天。这时,饥饿的仔鱼个体瘦小、干瘪,身体弯曲,大小不到正常摄食个体的 2/3。即使投饵,仔鱼也已经衰弱得无法恢复摄食能力了。

虫明敬一等^[12]报道长吻鲈的 SAI 值与受精卵的上浮率、受精率、孵化率、卵径、油球径之间没有相关关系。在赤点石斑鱼,笔者没有进行上浮率、卵径、油球径与 SAI 值之间关系的比较观察,但观察到初孵仔鱼的 SAI 值与卵的受精率、孵化率之间存在着显著的正相关关系,这个结果与虫明敬一等对长吻鲈的观察结果有所不同。

萱野泰久等^[8]报道不同盐度下本种鱼的 SAI 值为 0.94~12.46。由于萱野泰久等所用的只有 2d 的卵,无法将本试验的结果与之进行全面的比较,但其正常盐度下的最高值,则与本实验的结果基本相近。同其他海水鱼类比较,赤点石斑鱼仔鱼的 SAI 值是相当低的。如长吻鲈(*Pseudocaranx dentex*)的 SAI 值有时会低至 2~6,大多情况下为 12~22,有时可高达 43.2~57.7^[12];黄条鲷(*Seriola aureovittata*)仔鱼的 SAI 值高者为 22.9~24.3,低者为 7.6~12.7^[13],均比赤点石斑鱼的 SAI 值高。赤点石斑鱼仔鱼的 SAI 值之所以较低,主要原因应与亲鱼雌雄同体、雄鱼生殖腺指数甚低,因而卵质不稳定有关。这也是造成赤点石斑鱼的人工育苗特别困难的一个重要原因。从几批苗种培育的实例中也可以看出,从仔鱼到变态幼鱼的存活率仅为 0.49%~0.93%,与其他鱼类相比,这个存活率是非常低的。

3.3 SAI 值与仔鱼培育的关系

对 12 批仔鱼的培育结果进行了追踪观察,结果表明,SAI 值为 5.49~12.74 的 6 批仔鱼,除了 1 次意外事故,其他 5 批仔鱼,经过 40~58d 的培育,尽管成苗率很低,但均成功地被培育成变态幼鱼,而且 SAI 值为 3.19~5.04 的 6 批仔鱼,均在很短的数天内全部死亡。由此可见,尽管在苗种培育的过程中,影响育苗结果的因素很多,但仔鱼 SAI 值的高低,是决定以后育苗结果的重要指标。虫明敬一等^[12]报道,如果 SAI 值低于 6,长吻鲈仔鱼即在数天内死亡,无法被培养成苗。我们的观察表明,在赤点石斑鱼,只有仔鱼的 SAI 值高于 5 时,才有可能被进一步培育成苗种。

SAI 值的高低显然与卵所积累的营养物质的数量、质量有关,进而与受精卵发育时亲鱼的营养状况以及其他生态条件也密切相关。赤点石斑鱼的产卵属分批多次型,卵巢中的卵是分期分批成熟的,由于营养、环境等情况的变化和其他各种因素的影响,不同时间产出的卵的卵质必然不同。判断卵质的好坏,一般的依据为受精率、孵化率、仔鱼的畸形率;笔者以为还应该加上初孵仔鱼的 SAI 值,这样就可以更加准确地对卵质的好坏作出判断。

参考文献:

- [1] Masao U, Masaki H, Satoshi M. Spawning habits and life history of a serranid fish, *Epinephelus akaara* [J]. Japanese Journal Ichthyology, 1966, 13(4/6): 156-161. [鹤川正雄,樋口正毅,水戸敏.キジハタの産卵习性と初期生活史[J].鱼类学杂志,1966,1(4/6):156-161.]
- [2] Xu B T, Li J E, Zhou H T. Observation on the development of egg and larvae of red spotted grouper [J]. Journal of Fisheries of China, 1985, 9(4): 369-374. [许波涛,李加儿,周宏团.赤点石斑鱼的胚胎和仔鱼形态发育[J].水产学报,1985,9(4):369-374.]
- [3] Ma R H, Li J E, Zhou H T, et al. A preliminary research on the artificial breed production of *Epinephelus akaara* [J]. Ocean Fisheries, 1987, (4): 21-24. [马荣和,李加儿,周宏团,等.赤点石斑鱼人工育苗的初步研究[J].海洋渔业,1987,(4):21-24.]
- [4] Ma R H, Ding Y W, Li J E. Development of the larvae, juveniles and young fish of *Epinephelus akaara* [J]. J Zoology, 1990, 25(2): 6-9. [马荣和,丁彦文,李加儿.赤点石斑鱼仔、稚、幼鱼的发育[J].动物学杂志,1990,25(2):6-9.]
- [5] Wang H S. Studies on the artificial propagation of *Epinephelus akaara*. I. Natural spawning of red spotted grouper under laboratory condition [J]. Ocean science, 1996, (6): 4-8. [王涵生.赤点石斑鱼人工繁殖研究 I. 亲鱼的室内自然产卵[J].海洋科学,1996,(6):4-8.]
- [6] Wang H S, Fang Q S, Zheng L Y. Morphological development and growth of the larvae, juveniles and young fish of *Epinephelus akaara* [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2001, 10(4): 307-312. [王涵生,方琼珊,郑乐云.赤点石斑鱼仔稚幼鱼的形态发育和生长[J].上海水产大学学报,2001,10(4):307-312.]
- [7] Xu B T, Zhou H T, Li J E, et al. Effects of temperature on the embryonic development of red spotted grouper *Epinephelus akaara* [J]. South China sea fisheries research, 1991, (3): 38-45. [许波涛,周宏团,李加儿,等.温度对赤点石斑鱼胚胎发育的影响[J].南海水产研究,

- 1991, (3):38-45.]
- [8] Yasuhisa K, Tsuzumi M. Effects of salinity on the embryonic development and larval survival activity index of red spotted grouper *Epinephelus akaara*[J]. Saibai Giken, 1993, 22(1):35-38. [萱野泰久, 水戸鼓. キジハタ卵発生及び孵化仔魚の生残に及ぼす塩分の影響[J]. 栽培技研, 1993, 22(1):35-38.]
- [9] Tseng W Y. Cultivate of grouper[M]. Kaoshiung: Future Press, 1988. 109-111. [曾文阳, 石斑鱼养殖学[M]. 高雄: 前程出版社, 1988. 109-111.]
- [10] Tseng W Y, Ho S K, Induced breeding of red spotted grouper in Hong Kong[J]. Journal of sea farming science, 1979, 7(1):7-20. [曾文阳, 何锡光. 香港红斑之人工繁殖[J]. 渔牧科学杂志, 1979, 7(1):7-20.]
- [11] Yin M C. Feeding ability and growth of the Yolk-sac larvae of north sea herring[J]. Oceanologia et limnologia sinica, 1991, (22)6: 554-560. [殷名称, 1991. 北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(6):554-560.]
- [12] Keiichi M, Sachio S. A trial of evaluation of activity in striped jack, *Pseudocaranx dentex* larvae[J]. Shuisanzoshoku, 1993, 41(2): 155-160. [虫明敬一, 关谷幸生, シマアジふ化仔魚の活力判定の試み[J]. 水产増殖, 1993, 41(2):155-160.]
- [13] Japan Sea Farming Association. Enterprise Annual Report[R]. 1990, 35-39. [日本栽培渔业协会. 平成 2 年事业年报[R]. 1990, 35-39.]

欢迎订阅 2003 年《上海水产大学学报》

《上海水产大学学报》是上海水产大学主办的以水产科学技术为主的综合性学术刊物。主要反映各学科科研成果,促进学术与教学研究的交流与繁荣。主要刊载渔业资源、水产养殖和增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器、渔业经济与技术管理以及水产基础研究等方面的论文、调查报告、研究简报、综述与评述、简讯等,并酌登学术动态和重要书刊的评介等。

本刊为季刊,大 16 开,国内公开发行。每期单价:6.00 元。国际标准刊号:ISSN 1004-7271,国内统一刊号:CN 31-1613/S。国内邮发代号:4-604,国际发行代号:4822Q。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款至编辑部订阅。编辑部还备有《上海水产大学学报》(创刊-2001 年)的全文检索光盘,每盘定价 50 元(含邮费),需要者可直接与编辑部联系。

编辑部地址:上海市军工路 334 号,上海水产大学 38 信箱, 邮编:200090

联系电话:021-65710892, 传真:021-65680965

E-mail: xuebao@shfu.edu.cn