

文章编号: 1674-7054(2013)01-0001-06

斜带石斑鱼工厂化育苗水体理化因子分析

吴廷昌¹, 冯煜¹, 骆剑¹, 刘扬溪², 黄飞¹, 陈国华¹

(1. 海南大学 海洋学院/热带生物资源教育部重点实验室, 海南 海口 570228;

2. 海南青利水产繁殖有限公司, 海南 陵水 572400)

摘 要: 以斜带石斑鱼育苗水体为研究对象, 采用碎屑食物链为基础的工厂化育苗方法, 研究了育苗期间水体中氨氮、硝酸氮、亚硝酸氮、pH、光照和溶氧等理化因子的变化以及相互之间的关系, 探讨了进一步完善斜带石斑鱼育苗的方法。结果表明, 随着育苗时间的增加, 水体中硝酸氮和亚硝酸氮的质量浓度均表现出增加趋势, 且呈现明显的线性变化关系: $y = 4.3854x^{0.287}$, $R^2 = 0.8625$, 水体的溶氧质量浓度均在 $5.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上, pH 变化范围为 7.15~7.92。育苗后期氨氮质量浓度维持在 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上, 温度变化范围为 $27 \sim 29 \text{ }^\circ\text{C}$, 盐度变化范围为 30~34, 光照强度平均值变化范围为 $1.075 \sim 2.320 \text{ lx}$, 一天中水面直射光照射面积和时间也呈现一定的线性变化关系: $y = 0.0177x^2 - 0.1878x + 0.5243$, $R^2 = 0.9799$ 。育苗期间池底水的氨氮、硝酸氮、亚硝酸氮、溶氧和 pH 与表层、中层差异显著, 鱼苗生长良好。

关键词: 斜带石斑鱼; 育苗方法; 理化因子

中图分类号: S 965.334

文献标志码: A

斜带石斑鱼在分类学上隶属鲈形目(Perciformes)、鲈亚目(Percoidei)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、石斑鱼属(*Epinephalus*)。石斑鱼种类较多, 全世界已记录有 100 多种, 中国大陆记录有 10 属 48 种^[1]。国内外对石斑鱼育苗的报道较多, 早在 20 世纪 60 年代, 日本学者就对赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)的产卵习性及早期生活史进行了研究^[2]。此后, 亚洲许多国家先后对石斑鱼基础生物学、人工繁育技术进行了研究^[3-8]。21 世纪初, 亚洲临海的国家, 以及大西洋的澳大利亚、新西兰、欧洲的丹麦等国家都开始相关研究^[9-12]。在中国大陆, 石斑鱼人工繁殖技术研究始于 20 世纪 70 年代, 并取得了斜带石斑鱼^[13-16]、点带石斑鱼^[17-19]、鞍带石斑鱼^[20-21]等人工繁育的成功。目前, 对石斑鱼工厂化育苗的研究主要包括育苗水体的浮游原生物种群增长与生产量^[3], 育苗水体中部分环境因子的变化^[22], 不同培水条件下水质变化特征^[23], 而有关工厂化育苗水体中常见理化因子的变化及相互之间关系的研究尚未见报道。石斑鱼工厂化育苗水体的不稳定性, 是导致育苗失败的关键因素, 因此分析探讨理化因子的变化规律及相互之间的关系显得尤为重要。笔者采用工厂化育苗方式并运用本实验室自己创建的以碎屑食物链为基础的育苗方法, 成功获得了批量斜带石斑鱼幼苗, 同时对育苗水体中的氨氮、硝酸氮、亚硝酸氮等理化因子进行了监测, 并对这些因子的相互关联性进行了分析, 以期斜带石斑鱼育苗开辟新的育苗途径, 同时也为斜带石斑鱼工厂化育苗提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验设施与材料 育苗池: 海南青利水产繁殖有限公司工厂化育苗系统, 上层为蓄水池, 下层为育苗池, 水池长 6.5 m, 宽 3.5 m, 池深 1.2 m, 育苗期间水深 80 cm, 每池设 18 个气石(每立方米水体设置约 1

收稿日期: 2012-11-23

基金项目: 国家 863 项目(2012AA10A407, 2012AA10A414); 海南科技成果转化项目(2011GB2E20002); 海南大学青年基金资助(qnjj1154)

作者简介: 吴廷昌(1985-), 男, 河南周口人, 海南大学海洋学院 2010 级硕士研究生。

通信作者: 陈国华(1956-), 男, 江西南昌人, 教授, 博士生导师。E-mail: chguh3240@yahoo.com.cn

个气头)。

充气设备: 2.2 kW 的三相异步电动机带动的小型空气压缩机。

水源: 海南陵水县新村港引入的海水, 用 200 目筛绢网过滤沉淀 24 h 后引入育苗池。

EM 菌: 广东兴达动物药业有限公司生产的高浓缩 EM 菌。虾片: 美国海星国际有限公司生产的红林牌丰年虾片。

轮虫、桡足类和藻类混合培养池 3 个。

受精卵: 海南青利水产繁殖公司新村后沙渔排收集的自然产斜带石斑鱼受精卵, 约 200 g。

1.2 育苗水体理化因子的测定和育苗前的准备

1.2.1 育苗水体理化因子的测定 从受精卵投放当天开始, 每隔 2 d 测定 1 次, 每次下午 3:00 测定, 至育苗结束。测定的水体理化因子包括水温、光照强度、溶氧、pH 值、盐度、氨氮、硝酸氮、亚硝酸氮, 各因子的测定如下:

氨氮、硝酸氮和亚硝酸氮的测定: HACH, DREL 2800 便携式完全水质分析实验室, 依据说明书进行操作。

盐度的测定: DIGITAL LIGHT METER TES-1330A, 直接将探头放于育苗池测量。

溶氧的测定: DISSOLVED OXYGEN METER HI 9147。

pH 的测定: SAN XIN PHS-3C-01 实验室 pH 计。

光照强度的测定: RHS 28 PORTABLE REFRACTOMETER。

1.2.2 育苗前准备和育苗期间的操作 放苗前, 去除池中的藻类、藤壶等, 先用清洁海水冲洗干净, 然后用漂白粉浸泡消毒 12 h 后, 再次冲洗干净, 自然晾干 2~3 d, 导入经过滤沉淀后的海水, 以后每天加入一定量的虾片和 EM 菌, 培水 5~7 d, 使池水中原生动物的量达到 $30 \sim 50 \text{ 个} \cdot \text{mL}^{-1}$, 以增加开口饵料种类。

放苗后, 依据水质变化情况加入适量的池塘培育肥水, 开口后投喂轮虫, 15 d 后开始混合投喂轮虫和桡足类直至育苗结束。

1.3 数据处理 采用 Excel 处理数据并绘图, SPSS 18.0 进行差异显著性和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 育苗 30 d 水体理化因子的变化

2.1.1 硝酸氮和亚硝酸氮的质量浓度变化 整个育苗期间, 水体中硝酸氮和亚硝酸氮的质量浓度都随着育苗时间的增加而呈现增加趋势, 育苗 24 d 时水色变浓, 此时开始少量换水, 并逐渐调成流水直至育苗结束。由图 1 可知, 育苗水体中硝酸氮质量浓度最高为 $6.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 亚硝酸氮质量浓度最高为 $2.38 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 实验中均未发现死鱼现象。硝酸氮和亚硝酸氮的质量浓度呈明显的线性关系: $y = 4.385 4x^{0.287}$, $R^2 = 0.862 5$, 式中: y 表示硝酸氮的质量浓度, x 为亚硝酸氮的质量浓度, R^2 为决定系数, 相关系数 $r = 0.841$, $P = 0.001$ 。放苗第 7 天, 硝酸氮和亚硝酸氮的质量浓度开始明显升高, 育苗第 24 天, 硝酸氮的质量浓度达到最高, 育苗第 21 天, 亚硝酸氮的质量浓度达到最大值。24 d 后适当的换水能降低水体中硝酸氮和亚硝酸氮的质量浓度。

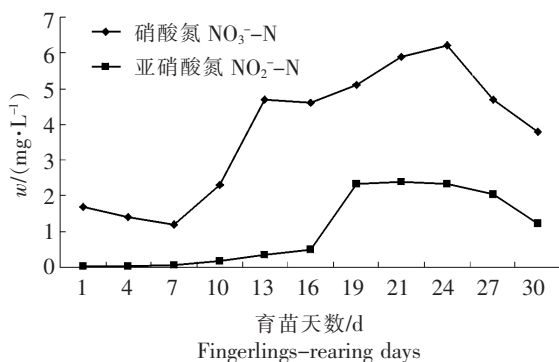


图 1 育苗水体中硝酸氮和亚硝酸氮质量浓度的变化

Fig.1 Change of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_2\text{-N}$ in fingerlings-rearing water

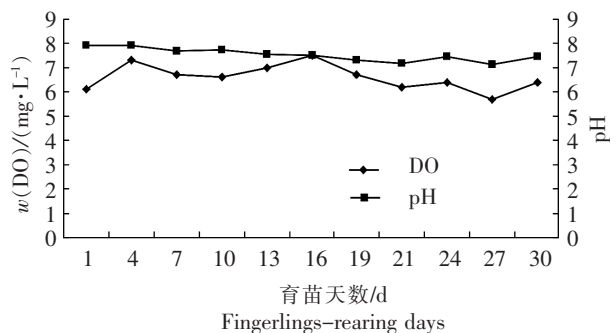


图 2 育苗水体中溶氧质量浓度(DO)和 pH 的变化

Fig.2 Change of DO and pH in fingerlings-rearing water

2.1.2 水体中溶氧质量浓度和 pH 的变化 由图 2 可以看出,育苗 30 d 期间,水体中溶氧质量浓度均在 $5.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上,溶氧条件良好, pH 变化范围在 7.15 ~ 7.92,溶氧的质量浓度和 pH 并未随着育苗时间的增加而相应增加,即使在育苗后期,水体设置成流水时,也未发生大的变化,初步显示了此育苗系统和方法的稳定性。

2.1.3 水体中氨氮质量浓度的变化 由图 3 可以看出,育苗约 10 d 发现氨氮质量浓度上升较快,育苗 24 d 达到最大值,加入一定量的新水,并加大 EM 菌用量,氨氮质量浓度明显下降并维持在 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上,此时的斜带石斑鱼正处于“收翅”阶段,而且水质是一个极为关键的影响因子,因此,在育苗约第 19 天,应及时将水设计成流水可在一定程度上提高育苗成活率。

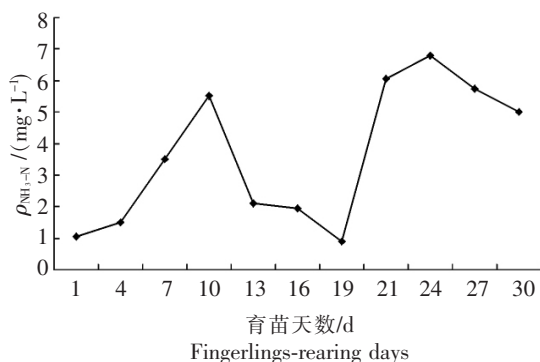


图 3 育苗水体中氨氮质量浓度的变化

Fig.3 Change of $\text{NH}_3\text{-N}$ in fingerlings-rearing water

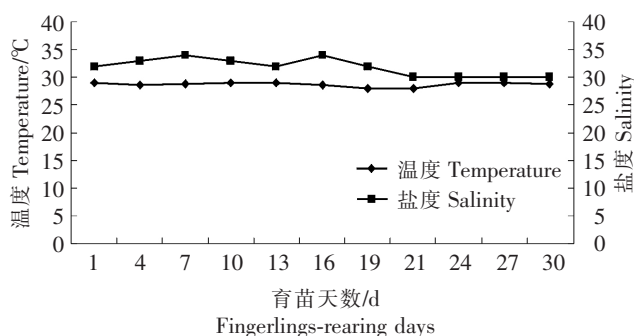


图 4 育苗水体中温度和盐度的变化

Fig.4 Change of temperature and salinity in fingerlings-rearing water

2.1.4 水体中盐度和温度的变化 由图 4 可以看出,育苗期间,育苗池外水温达到 34°C 时,池内仍未超过 30°C ,整个育苗期间温度变化范围为 $27 \sim 29^\circ\text{C}$,育苗水源盐度为 30,育苗期间盐度变化范围为 $30 \sim 34$,后期由于采取少量换水、设置流水等措施,盐度有所下降。

2.1.5 育苗水体中光照强度的变化 由图 5 可以看出,从放苗第 1 天起,在水池两端分别取点,测定光照强度并取其平均值,育苗期间光照强度平均值变化范围为 $1\,075 \sim 2\,320 \text{ lx}$,即使在阴雨天光照强度也变化不大。

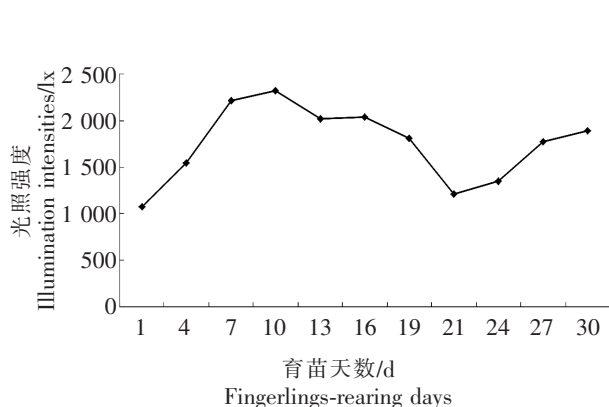


图 5 育苗水体中光照强度的变化

Fig.5 Change of illumination intensities in fingerlings-rearing water

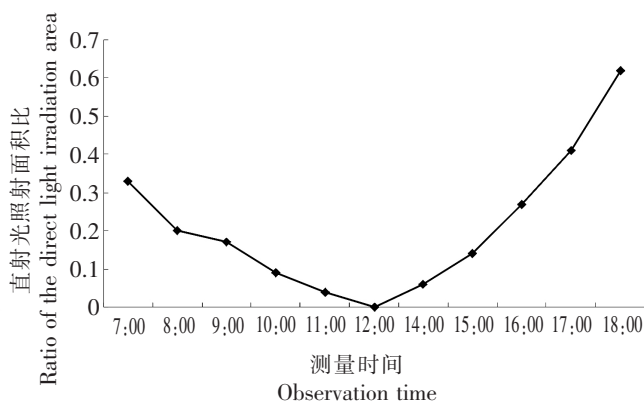


图 6 育苗水体中直射光照射面积比的变化

Fig.6 Change of ratio of the direct light irradiation area in fingerlings-rearing water

2.1.6 一天中直射光照射池水面积的变化 选择晴天的 1 天测定池中直射光的照射面积,并计算其在总面积中的比例。如图 6 所示,中午 12:00 育苗水体直射光所占比例为 0,一天中直射光照射面积比和时刻呈现明显的线性相关: $y = 0.0177x^2 - 0.1878x + 0.5243$, $R^2 = 0.9799$,式中: y 为直射光照射面积和池水面积的比例, x 为时间, R^2 为决定系数。因此,可进一步观察鱼苗活动分布规律,探讨直射光和其

他理化因子的关系。

2.1.7 一天中光照强度、温度、pH 和溶氧质量浓度的变化 育苗中期随机选择晴朗的 1 天测定水体的光照强度、温度、pH 和溶氧质量浓度,结果见表 1。一天中,水温、盐度、pH 变化并不明显,而溶氧质量浓度在 12:00~14:00 这段时间相对较高,光照强度也在 14:00 达到最高,晴天中午可以加大充气量,使表、中、底层的水充分混合,以改善育苗池溶氧条件,同时排出有害气体。

2.1.8 育苗 26 d 时表、中、底层水体理化因子的变化 育苗第 26 天测定了 3 层水体中相关的理化因子,结果如表 2。T-test 结果为 $P_1 = 0.537 > 0.05$, $P_2 = 0.03 < 0.05$, $P_3 = 0.049 < 0.05$ (P_1 为表层*中层, P_2 为表层*底层, P_3 为中层*底层),从以上结果可以看出,5 种理化因子表层和中层差异并不显著,底层和中层及上层差异显著,这可能与底层丰富的底栖动物和细菌有关,也在一定层面上显示,育苗期间在通过换水改变水体降低理化因子方面,表层或中层排水应该比“抽底”效果更好。

表 1 1 天中育苗水体中理化因子的变化

Tab. 1 Daily change of physical and chemical factors in fingerlings-rearing water

时间 Time	水温/℃ Water temperature	w(溶氧)/(mg·L ⁻¹) Dissolved oxygen	盐度 Salinity	pH	光照强度/lx Light intensity
6:00	27.7	5.9	32.0	7.36	133
8:00	28.0	5.4	33.0	7.37	1 080
10:00	28.0	6.2	32.0	7.40	1 270
12:00	28.0	7.2	33.0	7.39	1 210
14:00	28.6	7.3	30.0	7.40	3 350
16:00	28.5	6.2	30.0	7.42	1 075
18:00	28.3	6.7	30.0	7.30	670
20:00	28.0	5.9	30.0	7.25	0

表 2 不同水层理化因子的变化

Tab. 2 Change of physical and chemical factors at different layers of water mg·L⁻¹

理化因子 Physical and chemical factors	表层 Surface layer	中层 Middle layer	底层 Bottom layer
NO ₃ ⁻ - N	6.20	6.30	5.80
NO ₂ ⁻ - N	2.33	2.90	2.27
NH ₃ - N	6.80	7.00	6.30
pH	7.45	7.37	7.35
DO	6.40	6.10	6.00

3 讨论

3.1 育苗水体理化因子的变化及相互之间的关系 氨氮、硝酸氮、亚硝酸氮质量浓度的最大值分别出现在育苗的 24、24、21 d,因此在育苗的 20 d 起,可以采用换水或设置微流水的方式,开展石斑鱼后期育苗,这与林彬等^[23]的在孵化后 23 d 往育苗池中加入新水的报道接近。

周仁杰和林涛的研究结果表明,斜带石斑鱼(*E. coioides*)育苗试验水温范围为 27.3~30.5℃,鱼苗生长发育正常^[14];王云新等认为斜带石斑鱼最佳培养水温为 25~27℃^[15];陈国华和张本报道点带石斑鱼(*E. malabaricus*)仔鱼期适宜水温为 24~29℃^[17],低于或高于这个范围则会影响仔鱼的正常活动,而稚鱼期适温范围略宽。张海发等认为斜带石斑鱼仔鱼生存的适宜温度范围为 24~32.5℃,最适温度范围为 24~26℃^[24]。黄宗文等在鞍带石斑鱼育苗期间测得水温范围为 28~30.8℃,鱼苗发育正常^[22]。本实验中育苗水温始终维持在 28~29℃,鱼苗正常发育。

育苗系统中,pH 变化范围为 7.15~7.92,盐度变化范围为 30~34。张海发等认为斜带石斑鱼仔鱼生存的适宜 pH 范围为 5.5~9.0,最适 pH 为 7.0~8.5,生存的适宜盐度范围为 10~40,最适盐度为 15~30^[24]。本实验结果与其适宜变化范围相近,但与其最适变化范围略有出入。

陈国华等研究发现,当水体中氨氮的质量浓度达到 $1.2 \sim 1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,点带石斑鱼中 $1 \sim 2 \text{ cm}$ 的仔鱼出现不正常反应^[17]。本实验育苗后期,水体中氨氮的质量浓度达到 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,未观察到鱼苗有不良反应,或许是氨氮在育苗期间缓慢上升,使斜带石斑鱼产生了适应性。另外,育苗期间每天加入一定量的虾片和 EM 菌对氨氮质量浓度的调节也起到了一定作用,不同的微生物制剂对总氮和亚硝酸氮的影响有所不同,这可能和细菌本身的营养类型有一定的联系^[25]。芽孢杆菌能分泌丰富的胞外酶^[26],将大分子有机物降解为小分子物质过程中释放多余的氨氮,而酵母、乳酸菌较少分泌胞外酶,偏向利用小分子有机物和氨氮为能源、碳源、氮源^[27]。红螺菌科的光合细菌为光能有机营养类型,可直接以小分子有机物、氨氮为碳源、氮源,同时可在微氧黑暗的环境中生长^[28]。

本研究 8 种理化因子中,仅见硝酸氮和亚硝酸氮呈现相关性,而氨氮、亚硝酸氮与溶氧等并未表现出相关性,这或许与各理化因子之间的相互影响有关。Patrick 等在研究近似于天然水体的稳定糖工艺时发现,在稳定塘中能够实现同步硝化/反硝化脱氮过程;氮去除率受溶氧浓度和叶绿素含量的影响较大,而受温度和 pH 值的影响较小^[29],当水体中 pH 值过高时, NH_4^+ 将会转化为 NH_3 , NH_3 对鱼的毒害作用远大于 NH_4^+ ^[30]。研究还发现 NH_3 的毒性与 pH 值、温度、碱度以及鱼鳃表面 NH_3 的浓度密切相关,当 pH 值、温度升高时,氨氮之间平衡向 NH_3 方向转移,因而氨氮表现出毒性增大^[31]。硝酸氮和亚硝酸氮虽然呈现了一定的线性关系,但是硝化细菌和亚硝化细菌之间是否也有一定的相关性以及主要影响因素是什么等问题还有待进一步研究。

3.2 斜带石斑鱼育苗方式和方法 王冬梅等认为采用室内水泥池工厂化育苗,投资大,限制了生产规模的扩大,而室外土池育苗具有投资少、效益高、生产规模容易扩大等特点^[32]。张饮江等认为封闭循环水育苗中,人工控制生态环境,可缩短育苗周期,提高单位产量^[33],

采用以碎屑食物链为基础的工厂化育苗方法,同时与池塘培水相结合,育苗期间水温一直保持在 $27 \sim 29^\circ\text{C}$,这与张海发等报道的斜带石斑仔鱼适宜生长范围相符^[24],直射光照射面积与时间呈现一定的相关性,硝酸氮与亚硝酸氮也呈现明显的线性关系,溶氧质量浓度一直保持在 $5.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上。笔者在近 15 次育苗实验中发现,育苗水体在育苗 15 d 后也呈现不稳定,但适当调整 EM 菌和虾片的投放量后,稳定性很大程度上得到了提高,这种育苗方法是否能大面积开展,育苗系统中原生动物、细菌、藻类的变化是否与理化因子具有一定的关系,具体呈现什么样的关系等问题还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 成庆泰, 杨文华. 中国鳍鱼类地理分布的初步研究[G]//中国鱼类学会. 鱼类学论文集(第1辑). 北京: 科学出版社, 1981.
- [2] 何永亮, 区又君, 李加儿, 等. 石斑鱼人工繁育技术研究进展[J]. 南方水产, 2008, 4(3): 75-76.
- [3] 王珺, 陈国华, 林彬, 等. 石斑鱼工厂化育苗水体浮游原生动物种群增长与生产量[J]. 生态学杂志, 2011(3): 533-538.
- [4] 薄治礼, 周婉霞, 辛俭, 等. 青石斑鱼仔、稚、幼鱼日龄和形态、生长发育的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1993, 12(3): 165-173.
- [5] 王涵生. 赤点石斑鱼人工繁殖的研究 I. 亲鱼的室内自然产卵[J]. 海洋科学, 1996(6): 4-8.
- [6] 郭仁湘, 符书源, 杨薇, 等. 鞍带石斑鱼仔稚(幼)鱼的发育和生长研究[J]. 水产养殖, 2011, 32(4): 8-12.
- [7] 骆剑, 黄宗文, 陈国华, 等. 南海斜带石斑鱼野生群体与人工繁育群体的微卫星分析[J]. 热带生物学报, 2011, 2(2): 123-127.
- [8] 吴雷明, 陈超, 翟介明, 等. 七带石斑鱼繁殖生物学及人工繁育技术研究进展[J]. 现代渔业信息, 2011, 26(12): 33-36.
- [9] OKUMURA S, OKAMOTO K, OOMORI R, et al. Spawning behavior and artificial fertilization in captive reared red spotted grouper *Epinephelus akaara* [J]. Aquaculture, 2002, 206(3/4): 165-173.
- [10] CHEN F Y, CHOW M. Artificial spawning and larval rearing of the grouper *Epinephelus tawina* in Singapore [J]. Singapore J Prilnd, 1977, 15(1): 1-21.
- [11] CHAO T M, CHOW M. Effect of methyltestosterone on gonadal development of *Epinephelus tawina* (Forsk.) [J]. Singapore J Prilnd, 1990, 18(1): 1-14.
- [12] YOSHITAKA Sakakura. Flow field control for larviculture of the seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* [J]. Aquac, 2007, 268(1/4): 209-215.
- [13] 刘付永忠, 王云新, 黄国光, 等. 斜带石斑鱼亲鱼强化培育及自然产卵研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2000, 39

- (6): 81–85.
- [14] 周仁杰, 林涛. 斜带石斑鱼人工育苗技术试验[J]. 台湾海峡, 2002(1): 57–62.
- [15] 王云新, 黄国光, 刘付永忠, 等. 斜带石斑鱼人工育苗试验[J]. 渔业现代化, 2003(6): 14–15.
- [16] 史海东, 辛俭, 毛国民, 等. 斜带石斑鱼人工育苗技术的初步研究[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2004, 23(1): 19–23.
- [17] 陈国华, 张本. 点带石斑鱼人工育苗技术[J]. 海洋科学, 2001, 25(1): 1–4.
- [18] 全汉锋, 刘振勇, 范希军. 点带石斑鱼人工育苗技术的初步研究[J]. 福建水产, 2004(1): 31–34.
- [19] 邹记兴, 常林, 向文洲, 等. 点带石斑鱼的亲鱼培育、产卵受精和胚胎发育[J]. 水生生物学报, 2003, 27(4): 378–384.
- [20] 龚孟忠, 陈慧, 范希军. 龙胆石斑鱼引种及人工育苗技术的初步研究[J]. 福建水产, 2004(1): 47–50.
- [21] 黎祖福, 陈省平, 庄余谋, 等. 鞍带石斑鱼人工繁殖与鱼苗培育技术研究[J]. 海洋水产研究, 2006, 6(3): 78–85.
- [22] 黄宗文, 骆剑, 林彬, 等. 鞍带石斑鱼工厂化育苗研究[J]. 海洋科学, 2010, 34(9): 23–29.
- [23] 林彬, 黄宗文, 周洁, 等. 不同水培育方式下斜带石斑鱼孵化池水质变化特征[J]. 广东农业科学, 2010(9): 1–4.
- [24] 张海发, 刘晓春, 王云新, 等. 温度、盐度及 pH 对斜带石斑鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响[J]. 热带海洋学报, 2006(2): 31–32.
- [25] 刘飞, 李小龙, 赵强忠, 等. 投加微生物制剂对对虾养殖池总氨氮与亚硝酸氮的影响[J]. 淡水渔业, 2007(6): 41–44.
- [26] 沈萍. 微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 81–82.
- [27] 谭洪新, 胡煜昂, 梅志平. 细菌利用有机质(DOM)的研究[J]. 水生生物学报, 2000(3): 271–281.
- [28] 徐亚同, 史家樑, 张明. 污染控制微生物工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [29] PATRICK C C L, PAUL K S L. Major pathways for nitrogen removal in waste water stabilization ponds[J]. Water, Air and Soil Pollution, 1997, 94: 125–136.
- [30] 王志敏, 张文香, 张卫国, 等. 在循环养殖系统中添加微生态制剂去除氨氮和亚硝酸氮的试验[J]. 水产科学, 2006(4): 171–174.
- [31] SZUMSKI D S, BARTON D A, PUTTNAM H D, et al. Evaluation of EPA unionized ammonia toxicity criteria[J]. Water Poll Ctrl Fed, 1982, 54: 281–291.
- [32] 王冬梅, 王维娜, 朱行超, 等. 室外土池点带石斑鱼人工育苗初步试验[J]. 水产科技情报, 2007(3): 113–115.
- [33] 张饮江, 孙飞, 陆永权, 等. 闭合循环水工艺在褐点石斑鱼苗培育中的应用研究[J]. 渔业现代化, 2007(1): 5–6.

Analysis of Physical and Chemical Factors of Sea Water in Commercial Breeding of *Epinephelus coioides*

WU Tingchang¹, FENG Yu¹, LUO Jian¹, LIU Yangxi², HUANG fei¹, CHEN Guohua¹

(1. Ocean College, Hainan University, Ministry of Education Key Laboratory of Tropical Biological Resources, Haikou 570228, China; 2. Hainan Qingli Aquatic Breeding Corporation Ltd, Lingshui 572400, China)

Abstract: Sea water in the breeding ponds for commercial breeding of *Epinephelus coioides* based on detrital food chain was analyzed to observe the changes of and relation among its physical and chemical elements such as ammonia nitrogen, Nitrate (NO_3^- -N), nitrite (NO_2^- -N), dissolved oxygen, pH, etc. to improve its breeding method. With the breeding time going on, nitrate (NO_3^- -N) and nitrite nitrogen (NO_2^- -N) content tended to increase and showed a significant linear relationship: $y = 4.3854x^{0.287}$, $R^2 = 0.8625$; the dissolved oxygen content of the sea water was over $5.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; pH ranged from 7.15 to 7.92; the ammonia nitrogen content was above $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in the late stage of breeding; temperature ranged from 27°C to 29°C ; salinity changed from 30 to 34; average light intensity ranged from 1 075 lx to 2 329 lx; direct sunlight water area and hours during the day also showed a linear relationship, $y = 0.0177x^2 - 0.1878x + 0.5243$, $R^2 = 0.9799$. The levels of ammonia nitrogen, nitrate (NO_3^- -N), nitrite nitrogen (NO_2^- -N), dissolved oxygen and pH in the pond bottom were significantly different from those in the surface and intermediate layers of sea water. All the fries lived normally during breeding.

Key words: *Epinephelus coioides*; breeding way; physical and chemical elements