

珠母贝人工繁育优化技术的研究

劳 赞, 黄海立, 符 韶, 邓陈茂, 刘志刚

(广东海洋大学, 广东 湛江 524025)

摘要:在室内水泥池分别进行了移池培育、不同种类附着器、光照强度、水流和冲洗对珠母贝附着幼虫变态和稚贝存活的研究, 结果表明: 附着密度为 $2.18 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.50 \text{ 个}/\text{cm}^2$ 时, 移池培育, 其变态幼虫密度为 $0.95 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.13 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 20 d 稚贝存活密度 $0.41 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.08 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 移池培育显著提高附着幼虫变态和稚贝存活; 附着板、附着绳、网片、小石块变态幼虫密度分别为 $0.70 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.08 \text{ 个}/\text{cm}^2$ 、 $1.38 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.15 \text{ 个}/\text{cm}^2$ 、 $0.97 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.12 \text{ 个}/\text{cm}^2$ 、 $1.04 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.28 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 稚贝存活密度分别为 $0.36 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.06 \text{ 个}/\text{cm}^2$ 、 $0.62 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.07 \text{ 个}/\text{cm}^2$ 、 $0.45 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.07 \text{ 个}/\text{cm}^2$ 、 $0.60 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.08 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 附着绳显著提高附着幼虫变态和稚贝存活; 光照强度为 300~600 lx 时变态幼虫密度为 $0.87 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.07 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 20 d 稚贝存活密度 $0.45 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.08 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 强光不利于幼虫的变态和稚贝存活; 水流速为 2.3 cm/s 时变态幼虫密度为 $1.08 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.07 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 20 d 稚贝存活密度 $0.87 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.07 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 冲洗的变态幼虫密度为 $1.64 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.19 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 20 d 稚贝存活密度 $1.00 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.12 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 水流或冲洗显著提高附着幼虫变态和稚贝存活。

关键词: 珠母贝 *Pinctada margaritifera* (Linne); 附着幼虫; 稚贝; 变态; 存活

中图分类号: S954.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2009)10-0031-05

珠母贝 *Pinctada margaritifera* (Linne)、俗名黑蝶贝, 是目前唯一能批量生产黑珍珠的珍珠贝, 且贝壳厚大, 可制作贝雕和工艺品, 经济价值极高。珠母贝栖息于热带、亚热带海区, 主要分布在南太平洋的塔希堤、库克、土阿莫土群岛, 中国海南省、广东省、广西区、台湾省沿海间有分布, 大多栖息在潮下带至水深数十米的海底^[1]。目前在南太平洋地区多数采用自然海区半人工采苗、人工养殖、育珠并形成产业。关于珠母贝的研究, 国内进行了幼虫的发育^[2]、幼虫行为生物学^[3]、浮游幼虫饵料^[4,5]、亲贝培育^[6]、人工育苗^[7]、人工苗中间培育^[8]、人工苗养殖^[9]、天然贝插核育珠^[10]的研究; 国外进行了不同吊养方法中贝生长和存活^[11]、附着物和捕食生物对稚贝生长和存活^[12]、化学物质对幼虫附着的影响^[13]、植核手术使用松弛素、灭菌剂和切口封闭技术对珍珠形成^[14]的研究。但关于提高珠母贝附着幼虫变态率和稚贝成活率技术的研究尚未见报道。为开发利用这一珍贵品种, 在我国生产黑珍珠, 2002年3月~2008年12月, 作者在海南省陵水县黎安港广东海洋大学珍珠试验站进行珠母贝全人工养殖及育珠的研究, 试验发现珠母贝附着幼虫变态率和稚贝成活率低, 出苗率达不到眼点幼虫数量的1%。为提高珠母贝人工育苗的出苗率, 作者进行了提高附着幼虫变态率和变态后稚贝成活率的试验, 现报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料

附着幼虫 取自广东海洋大学珍珠试验站育苗池, 采用亚心形扁藻、湛江等鞭金藻、绿色巴夫藻培育至眼点幼虫比例为30%, 投附着板38 h, 附着幼虫壳长 $225.18 \mu\text{m} \pm 2.67 \mu\text{m}$, 附着密度 $1.28 \text{ 个}/\text{cm}^2 \pm 0.34 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 附着幼虫尚未变态。

附着器 聚丙烯附着板: 厚1.0 mm, 每块25 cm × 25 cm, 用绳串成串, 板间距10~12 cm, 每串11块聚丙烯附着板; 附着绳: 采用遮光率95%的太阳遮光网裁剪成110 cm × 3 cm, 拧成绳子, 一端绑坠子; 网片: 采用遮光率70%的太阳遮光网裁剪成110 cm × 25 cm, 一端中间绑吊绳, 另一端两角绑坠子; 小石块: 形状不规则, 大小3~5 cm。

培育池 规格为6.8 m × 3.5 m × 1.6 m(长 × 宽 × 深), 单面采光, 采光一端最大光照强度为1 200 lx, 背光一端为300 lx。

收稿日期: 2009-07-10; 修回日期: 2009-08-06

基金项目: 广东省农业攻关项目(2007A020200006-3); 广东省海洋与渔业局农业攻关项目(0810023)

作者简介: 劳赞(1963-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: 海水养殖, E-mail: zjlz163@126.com

1.2 方法

1.2.1 移池培育对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

在1#池浮游幼虫培育池将幼虫培育至眼点幼虫占30%，采用吸底器清除池底污物后，在池底平铺第1批附着板，36 h后附着板阳面均匀附着幼虫，50%附着板挂吊在原池，另50%移至注满新鲜海水的2#池；同样方法在1#池池底平铺第2批、第3批附着板，36 h后分别50%挂吊在原池，另50%移至2#池。每批随机抽取3串附着板，分别统计第1、第6、第11板附着幼虫数；3 d后，同样方法统计变态幼虫数；20 d后，同样方法统计稚贝存活数。

1.2.2 附着器种类、形状对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

在3#浮游幼虫培育池将幼虫培育至眼点幼虫占30%，吸底后，分别挂吊附着板、附着绳、网片、小石块。人为调整使附着密度一致后计算单位面积附着幼虫数并移池培育，3 d后，计算变态幼虫密度；20 d后，计算稚贝存活密度。

1.2.3 光照强度对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

按1.2.1方法，在4#培育池池底平铺第一批附着板，36 h后取消池采光一端的遮光布，使其自然采光。沿池边水流稳定且相等的地方，划分为不同的光照强度区，分别测量各区的光照强度(晴天中午)，并随机抽取3片第1板统计其单位面积附着幼虫数，3 d后，统计变态幼虫数；20 d后，统计稚贝存活数。

1.2.4 水流对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

在5#浮游幼虫培育池将幼虫培育至眼点幼虫占30%，吸底后在池底平铺附着板，36 h后附着板阳面均匀附着幼虫。将池的3个气石集中于池中间，以气石为圆心，附着板以同心圆排布吊挂，第一板附

表1 移池培育对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

Tab. 1 Metamorphosis of changing ponds for metacorphism of settled larvae and survival of juveniles

池号	附着幼虫数(个/cm ²)	变态幼虫数(个/cm ²)	稚贝存活数(个/cm ²)
1# 原池培育	2.15±0.45	0.80±0.11	0.27±0.12
2# 移池培育	2.18±0.50	0.95±0.13	0.41±0.08

2.2 附着器种类、形状对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

板片状的附着板、粗毛绳状的附着绳、网状的网片、不规则形状的小石块附着密度、变态密度、稚贝存活密度见图1，由图1可见，其附着密度差异不显著($F=0.032, P=0.992>0.05$)；变态密度具有显著差异($F=10.163, P=0.004<0.05$)，附着绳变态密度最高，附着板和网片、网片和小石块组间差异不显著，附着板最低；稚贝存活密度具有显著差异($F=9.54, P=0.005<0.05$)，附着板与网片、附着绳与小石块组间差异不显著，附着绳稚贝存活密度最高。

着板离水面10 cm，测量不同同心层附着板表面水流速。并随机抽取各同心层3片第1板统计其单位面积附着幼虫数，3 d后，统计变态幼虫数；20 d后，统计稚贝存活数。

1.2.5 冲洗对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

在1#、2#池的四个角，分别取两个角的3串附着板，每天上、中、下午用手浇水冲洗3次，另两个角相对应的3串附着板作为对照组。分别在36 h、3 d、20 d统计第1、第6、第11板附着幼虫数、变态幼虫数、稚贝存活数。

1.3 数据处理

对于测量和计算的数据采用spss11.5软件进行t-检验或单因素方差分析，有显著差异的再作Duncan多重比较。

2 结果

2.1 移池培育对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

随机取样计算1#浮游幼虫培育池眼点幼虫900万，附着幼虫875万。移池后，原池培育1#池：附着幼虫433.09万，变态幼虫161.15万，板上收获稚贝(壳高0.3~0.5 mm)54.38万；移池培育2#池：附着幼虫439.13万，变态幼虫191.36万，收获稚贝82.59万。附着幼虫变态和稚贝存活结果见表1，由表1的t-检验($N=9$)可知，两个池的原始附着幼虫的密度没有显著差异($P=0.928>0.05$)，移池培育对幼虫的变态有显著提高($P=0.018<0.05$)，对稚贝的存活也有显著影响($P=0.013<0.05$)

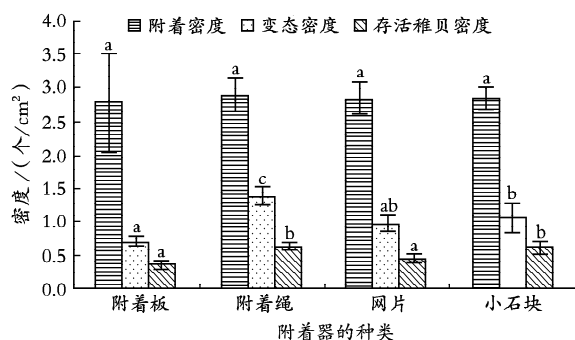


图1 附着器种类对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

Fig. 1 Metamorphosis of different kinds of settlement for metamorphosis of settled larvae and survival of juveniles

2.3 光照强度对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

不同光照强度对附着幼虫变态、稚贝存活密度的影响见图 2,由图 2 可见,其初始附着密度差异不显著($F=0.206, P=0.819 > 0.05$);变态密度具有显著差异($F=10.273, P=0.009 < 0.05$),300~600 lx 组与 600~900 lx 组组间差异不显著,随着光照强度的增强变态率降低;稚贝存活密度具有显著差异($F=19.189, P=0.002 < 0.05$),600~900 lx 组与 900~1 200 lx 组组间差异不显著,随着光照强度的增强稚贝存活率降低。

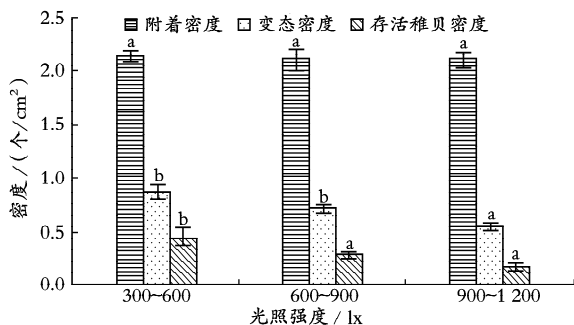


图 2 光照强度对附着幼虫变态和稚贝存活的影响
Fig. 2 Metamorphosis of light intensity for metamorphosis of settled larvae and survival of juveniles

表 2 冲洗对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

Tab. 2 Metamorphosis of washing for metamorphosis of settled larvae and survival of juveniles

实验组	附着密度(个/cm ²)	变态密度(个/cm ²)	存活稚贝密度(个/cm ²)
冲洗	2.15 ± 0.10	1.64 ± 0.19	1.00 ± 0.13
不冲洗	2.13 ± 0.16	0.70 ± 0.07	0.28 ± 0.07

3 讨论

3.1 移池培育对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

目前,南方沿海附着双壳贝类(马氏珠母贝、扇贝等)工厂化育苗多数采用附着板作为附着器,以方便种苗的收获,为了眼点幼虫均匀附着于附着板的阳面,投放附着板时,一般采取在池底平铺附着板,附着密度适合生产要求时,再将附着板立体挂吊培育,与此同时,平铺第二批附着板。本实验是结合批量生产进行的,实验中,原池培育第一批板挂吊和计算附着密度后,水体中的眼点幼虫继续附着,造成数据的误差,但移池培育的变态幼虫密度、存活稚贝密度显著高于原池培育,更加说明移池培育效果好。其效果好的原因是移池培育水质清新,而原池因浮

2.4 水流对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

不同水流速度对附着幼虫变态、稚贝存活的影响见图 3,由图 3 可见,其初始附着密度差异不显著($F=0.436, P=0.666 > 0.05$);变态密度差异非常显著($F=37.753, P=0 < 0.05$),随着水流速度的减小变态率降低;稚贝存活密度差异非常显著($F=35.790, P=0 < 0.05$),随着水流速度的减小稚贝存活率降低。

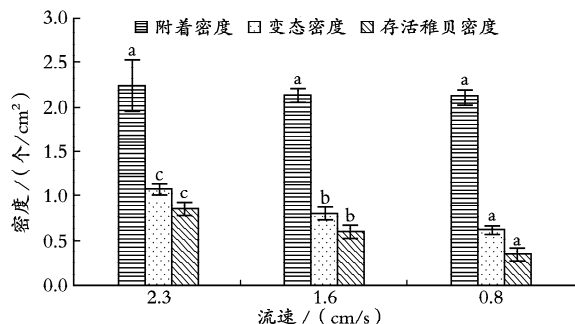


图 3 水流对附着幼虫变态和稚贝存活的影响
Fig. 3 Metamorphosis of water current for metamorphosis of settled larvae and survival of juveniles

2.5 冲洗对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

冲洗对附着幼虫变态和稚贝存活的影响见表 2,由 t -检验可知,初始附着密度没有显著差异($P=0.701 > 0.05$),冲洗对幼虫的变态有显著影响($P=0.01 < 0.05$),对稚贝的存活也有显著影响($P=0.003 < 0.05$)。

游幼虫培育 20 d,水体中幼虫的粪便、排泄物、原虫、浮游动物、微生物等大量积累,影响附着幼虫的变态和稚贝的存活,这与马氏珠母贝、扇贝工厂化育苗采取附着后移池培育效果好相一致的。

3.2 附着器种类、形状对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

附着器种类、形状对幼虫的变态和稚贝存活十分重要。张偲等^[15]在珍珠贝类育苗中观察到:大珠母贝幼虫附着变态密度顺序为水泥瓦片→黑色小网目网片→聚乙烯塑料板→泥土烧瓦;合浦珠母贝幼虫附着变态密度顺序为黑色小网目网片→水泥瓦片→聚乙烯塑料板。刘永等^[16]在大珠母贝、马氏珠母贝及企鹅珍珠贝的人工育苗中使用聚氯乙烯绳采苗绳,育苗效果比传统的附着板好,其原因分析与附着板相比,粪便、残饵不易沉积在聚氯乙烯绳采苗绳

上,并且采苗绳中海水流动性好,氧气、饵料在育苗池分布均匀,有利于贝苗的摄食。梁飞龙等^[17]在大珠母贝育苗中发现,用塑料片做采苗器产量不稳定,而改用黑胶丝网布和塑料片共同作采苗器,幼虫的附着效果比单一用塑料片好。符韶等^[7]在珠母贝育苗中采用黑太阳遮光布剪切拧成条状做为附着器。试验中附着板附着幼虫变态、稚贝存活最低,与附着板是平面且阳面面积大,在平面上积累一层幼虫的粪便、排泄物、原虫、浮游动物、微生物膜,抑制、毒害或干扰幼虫的变态和不利于稚贝存活有关;附着绳因其阳面面积小,不利于粪便、排泄物、杂质、残饵的沉积和原虫、微生物的滋生,有利于幼虫的变态和稚贝的存活。这与刘永等^[16]、梁飞龙等^[17]、符韶等^[7]的报道是一致的,且与珠母贝的天然栖息于水流较急环境^[1]一致的。

3.3 光照强度对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

珠母贝稚贝或小贝对光照强度是敏感的,生产中作者发现在强光环境中稚贝或小贝经常自断附着丝迁移到阴面附着生活,说明其有负光性,这与珠母贝的天然栖息于水深数十米光照较弱的环境^[1]是一致的。张国范^[3]在观察珠母贝幼虫对光照的反应行为,发现担轮幼虫和面盘幼虫对光照不敏感,直线期和期有明显的趋光性,壳顶幼虫有弱趋光性,眼点幼虫有较强的趋光性,但垂直活动幅度大,在水体上层和下层分布大。本实验 900~1200 lx 组变态和稚贝存活最低,而 300~600 lx 组最高,这与强光不利于幼虫变态和稚贝存活有关,此外,强光导致附着器表面产生底栖硅藻和丝状小型藻类,室内环境中底栖硅藻和丝状小型藻类容易大量死亡,对附着幼虫或稚贝产生毒害作用。

3.4 水流和冲洗对附着幼虫变态和稚贝存活的影响

国外一些学者采用流动水培育贝苗,取得了较好的效果,如 Southgate 等^[18]采用部分流动水装置培育珠母贝幼虫,其生长和存活优于静水培育方式。Tanaka 等^[19]、Kakazu^[20]、Alagarwami 等^[21]通过研究也得出部分流动水有利于珠母贝幼虫的生长。水流和冲洗能有效提高珠母贝附着幼虫变态和稚贝存活,其原因:1) 可能珠母贝的生长发育对水流有一定的要求,这与其栖息环境是一致的,冲洗时得到水流的刺激;2) 水流或冲洗不利于粪便、排泄物、杂质、残饵的沉积和原虫、微生物的滋生,为珠母贝变态幼虫或稚贝提供了一个合适的栖息环境。

参考文献:

- [1] 谢玉坎. 珍珠科学 [M]. 北京:海洋出版社, 1995. 31-37, 100, 136-137.
- [2] 王涵生. 珠母贝幼虫发育的研究 [A]. 中国科学院南海海洋研究所海南实验站. 热带海洋研究 [C]. 北京:海洋出版社, 1984. 93-119.
- [3] 张国范. 珠母贝幼虫行为生物学研究 [A]. 中国科学院南海海洋研究所海南实验站. 热带海洋研究 [C]. 北京:海洋出版社, 1984. 121-147.
- [4] 黄海立, 邓陈茂, 符韶. 珠母贝浮游幼虫饵料的研究 [J]. 水产养殖, 2008, 1: 1-4.
- [5] 周银环, 黄海立, 邓陈茂, 等. 几种微藻对珠母贝面盘幼虫生长和存活的影响 [J]. 台湾海峡, 2007, 26(2): 249-255.
- [6] 邓陈茂, 尹国荣, 符韶, 等. 珠母贝、亲贝人工催熟培育与催产的研究 [J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(1): 14-16.
- [7] 符韶, 梁盛, 邓陈茂, 等. 珠母贝人工育苗的初步研究 [J]. 海洋科学, 2003, 27(1): 11-13.
- [8] 黄海立, 符韶, 邓陈茂, 等. 珠母贝人工苗中间培育的研究 [J]. 水产科学, 2007, 26(5): 267-270.
- [9] 邓陈茂, 黄海立, 符韶, 等. 珠母贝人工苗养殖研究 [J]. 湛江海洋大学学报, 2006, 26(4): 26-30.
- [10] 冯永勤, 曾关琼. 珠母贝插核育珠的初步观察 [J]. 水产养殖, 1999, 2: 13-14.
- [11] Southgate P C, Beer A C. Growth of blacklip oyster (*Pinctada margaritifera*) juveniles using different nursery culture techniques [J]. *Aquaculture*, 2000, 187: 97-104.
- [12] Pit J H, Southgate P C. Fouling and predation; how do they affect growth and survival of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, during nursery culture? [J]. *Aquaculture International*, 2003, 11: 545-555.
- [13] Doroudi M S, Southgate P C. The effect of chemical cues on settlement behaviour of blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera*) larvae [J]. *Aquaculture*, 2002, 209: 117-124.
- [14] Norton J H, John S, Turner I. Approaches to improve cultured pearl formation in *Pinctada margaritifera* through use of relaxation, antiseptic application and incision closure during bead instertion [J]. *Aquaculture*, 2000, 184: 1-17.
- [15] 张恩. 大珠母贝和合浦珠母贝幼虫行为生物学的比较研究 [A]. 中国科学院南海海洋研究所海南实验站. 热带海洋研究(4)[C]. 北京:海洋出版社, 1991. 88-122.
- [16] 刘永, 余祥勇, 邓陈茂, 等. 大珠母贝人工繁殖技术的研究 [J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(3): 38-44.
- [17] 梁飞龙, 刘东超, 邓陈茂. 大珠母贝人工育苗技术的研究 [J]. 海洋湖沼通报, 1999, 2: 55-59.
- [18] Southgate P C, Ito M. Evaluation of a partial flow-

- through culture technique for pearl oyster (*Pinctada margaritifera* L.) larvae [J]. *Aquacultural Engineering*, 1998, 18: 1-7.
- [19] Tanaka Y, Inoha S, Kakazu K. Studies on seed production of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, in Okinawa V. Rearing of the larvae [J]. *Bull TokaiReg Fish Res Lab*, 1970, 63: 97-106.
- [20] Kakazu K. Aquaculture of mollusks black-lippear loysters [A]. Shokita S. Aquaculture in Tropical Areas [C]. Tokyo: MidoriShobo, 1988. 228-234.
- [21] Alagarwami K, Dharmaraj S, Chellam A, *et al.* Larval and juvenile rearing of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (Linnaeus) [J]. *Aquaculture*, 1989, 76: 43-56.

Study on optimum artificial breeding technology of *Pinctada margaritifera*

LAO Zan, HUANG Hai-li, FU Shao, DENG Chen-mao, LIU Zhi-gang

(Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Received: Jul. , 10, 2009

Key words: *Pinctada margaritifera* (Line); settled larvae; young shellfish; growth; survival

Abstract: The metamorphosis of settled larvae and survival of young shellfish were investigated after different operations: changing ponds, different kinds of settlement media, light intensive, water current and washing. The results showed that changing ponds increased the metamorphosis of settled larvae and survival of young shellfish with survival density $0.41 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.08 \text{ shells/cm}^2$ of 20 d young shellfish when the larvae settlement density was $2.18 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.50 \text{ shells/cm}^2$. Metamorphic larvae density on settlement board, chord, net and small stone were $0.70 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.08 \text{ shells/cm}^2$, $1.38 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.15 \text{ shells/cm}^2$, $0.97 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.12 \text{ shells/cm}^2$ and $1.04 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.28 \text{ shells/cm}^2$, respectively. And the young shellfish survival densities were $0.36 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.06 \text{ shells/cm}^2$, $0.62 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.07 \text{ shells/cm}^2$, $0.45 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.07 \text{ shells/cm}^2$ and $0.60 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.08 \text{ shells/cm}^2$. Settlement chord increased significantly the larval metamorphosis and young shellfish survival. The metamorphic larvae density was $0.87 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.07 \text{ shells/cm}^2$ and the young shellfish survival density was $0.45 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.08 \text{ shells/cm}^2$ when light intensity is 300 lx to 600 lx. High light intensity was harmful to larval metamorphosis and young shellfish survival. The larval metamorphic density was $1.08 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.07 \text{ shells/cm}^2$ and 20 d young shellfish survival density was $0.87 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.07 \text{ shells/cm}^2$. After washing, the larval metamorphic density was $1.64 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.19 \text{ shells/cm}^2$ and 20 d young shellfish survival density was $1.00 \text{ shells/cm}^2 \pm 0.12 \text{ shells/cm}^2$. Water current and washing increased significantly the larval metamorphosis and young shellfish survival.

(本文编辑:张培新)