

开放海区水下悬浮延绳式 PVC 管养鲍新技术研究

王春忠¹, 严 涛², 张建明¹, 谢恩义³, 胡煜峰², 曹文浩²

(1. 福建省莆田市水产科学研究所, 福建 莆田 351100; 2. 中国科学院 南海海洋研究所, 广东 广州 510301; 3. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524088)

摘要: 为拓展养殖空间, 发展开放海区鲍养殖产业, 在福建兴化湾新开发海区进行了抗风浪养鲍新技术的研究, 对开放海区与传统遮蔽养殖海区、延绳式 PVC 管养技术与传统筏架式筐养技术进行了分析比较。结果表明, 经 19 个月的养殖, 开放海区 PVC 管养组鲍的日均增质量以及成活率分别为 (106.41 ± 5.33) mg/d 和 82.75%, 显著大于处在开放海区和遮蔽海区的 2 个筐养组 ($P < 0.05$)。冬春季为鲍的最佳生长时期, 其日均增长表现为 PVC 管养组大于筐养组 ($P < 0.05$); 开放海区大于传统遮蔽养殖海区 ($P < 0.05$)。养殖器具的污损生物附着量则表现为所有筐养组均显著大于 PVC 管养组 ($P < 0.05$)。夏秋季采用水下延绳式 PVC 管养模式还能有效地避免高温、污损生物和台风的侵袭与危害。

关键词: 鲍; 开放海区; 养殖; 新技术

中图分类号: S967 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)12-0064-07

20 世纪 70 年代以来, 鲍养殖产业发展迅速, 并成为我国海水养殖业的重要支柱^[1]。但随着鲍养殖业的深入和临海工业发展, 浅海养殖空间逐渐缩小, 集约化程度越来越高, 养殖自身污染问题也日益突出, 生长率降低、死亡率上升的现象日趋加剧^[2]。为实现养殖产业的可持续发展, 减轻其对近岸海洋环境的压力和影响, 养殖区域向外拓展成为必然^[3], 外延开放海区养殖将成为今后水产业发展的主要方向。

基于离岸开放海区的海况比近岸遮蔽海区更为复杂、恶劣和多变, 传统的近岸养殖方法和技术可能不再适用, 因此, 研究开发适合于离岸开放海区环境的养殖新技术极为必要。然而, 目前这方面工作的进展仍局限于游动性的鱼类^[4-5]和营固着生活的双壳类^[6]等养殖对象, 有关舔食性腹足类在开放海区养殖方面的研究尚未见报道。

为探索离岸开放海区抗风浪养鲍技术, 于 2010 年 3 至 2011 年 11 月在福建省莆田市兴化湾传统遮蔽养殖海区和新近开发的离岸开放海区, 以皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai*) ♀ × 盘鲍 (*Haliotis discus Reeve*) ♂ 的杂交鲍为养殖实验对象, 对传统筏架式筐养技术和自行研发的延绳式 PVC 管养沉浮调控新技术进行了分析比较, 以期为我国鲍养殖业的可持续发展和海洋养殖空间扩展提供参考和理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验海区

实验海区位于莆田市兴化湾湾口(图 1)。其中外延的离岸开放海区实验点位于在兴化湾小日岛西南($119^{\circ}28'40.42''E$, $25^{\circ}15'12.74''N$), 是冬春季进行延绳式海带 (*Laminaria japonica*) 和龙须菜 (*Gracilaria sjoestedtii*) 养殖的海域。传统遮蔽养殖海区实验点则位于南日镇坑口湾内($119^{\circ}30'23.54''E$, $25^{\circ}16'21.33''N$), 南北方向均为海岛, 受风浪影响较小。

实验共持续 611 d, 水温变化状况见图 2。平均水温为 $(21.9 \pm 5.9)^{\circ}C$, 最高水温 $30.8^{\circ}C$, 最低水温 $9^{\circ}C$ 。其中, 水温低于 $15^{\circ}C$ 为 104 d, 超过 $25^{\circ}C$ 以上为 242 d, 超过 $29^{\circ}C$ 为 43 d。

1.2 养殖设施

实验采用 PVC 管和塑料养殖筐两种养殖器具。前者是用一段长 67 cm、内径 16 cm 的 PVC 管作为

收稿日期: 2012-05-23; 修回日期 2012-09-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41176102); 福建省科技厅科技项目(2008SZ0001、2008S0012、2011S0017), 莆田市区域重大科技项目(2010N05)

作者简介: 王春忠(1969-), 福建莆田人, 副研究员, 研究方向为水产养殖及其环境生态, 电话: 0594-2263266, E-mail: ptwcz@163.com

一个养殖器具，并将其一端加盖封住，另一端用网布封口。管壁和封盖钻有若干排进水孔；塑料养殖筐规格为 40 cm×30 cm×12 cm，四角弧形，筐内有 5 块翼板分隔。

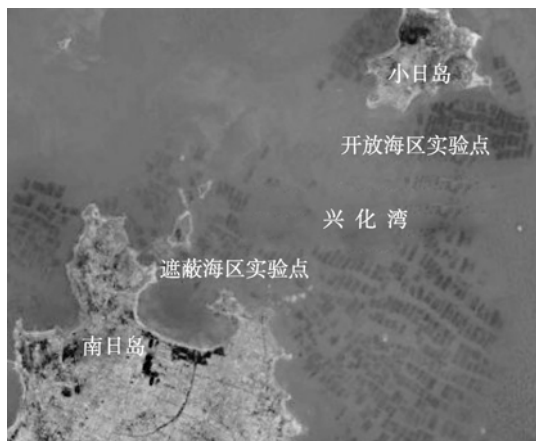


图 1 实验地点卫星地图

Fig. 1 Satellite map of the experimental sites

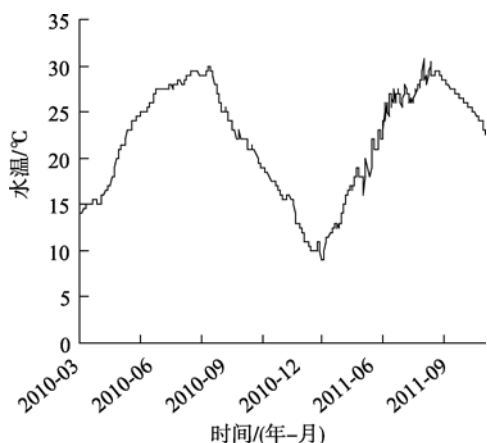


图 2 实验期间水温变化情况

Fig. 2 Water temperature changes in Xinhua Bay from March 2010 to September 2011

在遮蔽海区实验点采用传统筏架式塑料筐养模式，即在 4 m×4 m 的台架下，每架放养 36 串，每串 5 个养殖筐，简称“遮蔽海区筐养(Plastic crates in sheltered waters/CS)”。开放海区实验点采用传统筏架式塑料筐养(简称“开放海区筐养(Plastic crates in open

waters/CO) ”和延绳式 PVC 管养(简称“开放海区 PVC 管养(PVC pipe in open waters/PO) ”两种模式。延绳式 PVC 管养组在 11 月至翌年 5 月的冬春季，采用延绳式鲍藻套养模式^[7]；而在海带收成后的 6~10 月份(即夏秋季)，则用主绳替代原有海带养殖浮绳，使之成为水下延绳式 PVC 管养模式(图 3)。

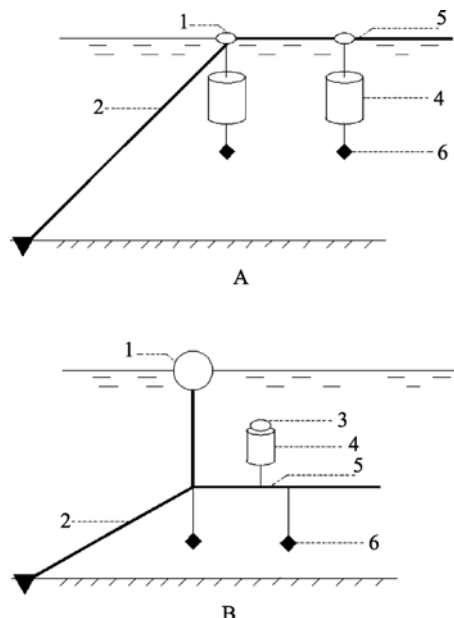


图 3 开放海区延绳式 PVC 管养示意图

Fig. 3 Layouts of the longline PVC pipe cage cultivation system for abalones in open waters

A . 11~5 月份(冬春季) Within the period from November to May (In winter and spring)

B . 6~10 月份(夏秋季) Within the period from June to October (In summer and autumn)

1. 浮标; 2. 橛子绳; 3. 浮体; 4. 养殖器具; 5. 主绳; 6. 坠体

1. float chamber; 2. thick rope; 3. floater; 4. cage; 5. main rope; 6. weight

1.3 放养数量

养殖测试对象均为莆田市秀屿区悦华养殖有限公司生产的同批同一规格的鲍苗(23.17±3.72)mm，各组实验分别养殖 10 万粒(共 30 万粒)。整个养殖过程中分别在 2010 年 11 月份和 2011 年 5 月份进行两次分苗，各种养殖器具放养密度参考其附着面积大小和容积而定，见表 1。

表 1 养殖器具中鲍的规格大小与数量

Tab. 1 The number and size of abalones in cultivation cages

规格(cm)	1.2~1.5	1.5~3.0	3.0~4.5	> 4.5
PVC 管放养量(只)	100	80	60	40
塑料筐放养量(只)	80	40	30	20

1.4 投喂方式

饲料以本地海藻为主,并根据生产季节进行调整,其中2~5月份投喂养殖鲜海带,每隔3~4d投1次;5~6月份则每隔3~4d投1次鲜龙须菜;7~10月份

投喂咸海带或干海带,每隔2~4d投1次,中间还投鲜脆江篱(*Gracilaria bursapastoris*);11~1月份每隔3~4d投1次龙须菜。实验期间投喂量略多于相应环境条件下鲍的摄食量(表2)。

表2 不同水温状况鲍的摄食量^[8]

Tab. 2 Daily food consumption of abalone at various water temperatures

水温(°C)	9~13	14~22(春季)	14~22(秋季)	24~28.4	> 28.4
摄食量(g/d·只)	0.17	0.8	0.4	0.13	0

1.5 日常管理

对筏架式塑料筐养模式而言,在日常投喂和污损生物清除作业时可直接将塑料养殖筐置于筏台上进行操作;而延绳式PVC管养模式则可借助主绳(浮绳)将养殖器具拉出水面,依次沿着主绳对其逐个进行投喂和清理污损生物的作业。

每个养殖器具内均放入6~8只甲虫螺(*Cantharus cecillei*),以清除器具内壁和养殖生物体上的牡蛎^[9]。外部附着物使用铲刀等工具铲除。采集污损生物样品在分苗换筐时进行,其分别在2010年11月份、2011年5月份和2011年11月份。每次铲除时随机取25 cm²面积附着物用5%福尔马林溶液固定,带回实验室测定其质量(湿质量),并进行分类鉴定。

实验期间,定时测量和记录水温,在台风侵袭后统计养殖设施的断线率和损坏率,分析台风对设施的影响及设施抗台风能力。

1.6 数据处理

实验结束后,各组均随机取3串,每串随机取20只左右进行壳长和体质量测量。基于养殖过程中定时转换饵料,能有效地标记各时期鲍的壳缘形状,准确反映每个个体在各喂养阶段的生长状况^[10],将整个养殖过程分成4个阶段,分别是阶段1(2010年3~6月份)、阶段2(2010年7~12月份)、阶段3(2011年1~6月份)和阶段4(2011年7~11月份)。

用SPSS分析比较各组之间杂交鲍的不同阶段的壳长和体质量的差异。用单因素方差分析检验显著性,不同处理之间的均值用Duncan法进行多重比较,在 $P=0.05$ 水平上分析差异性,比较结果用拉丁字母标记法,在同一系列中含有相同字母表示差异不显著($P>0.05$),不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

日均增长= $(L_2 - L_1) / d$,其中 L_1 和 L_2 分别代表养殖过程中各时间段开始和结束时杂交鲍的平均壳缘长度, d 代表天数;日均增质量= $(W_f - W_0) / d$, W_0 和

W_f 分别代表实验开始和实验结束时杂交鲍的平均体质量;存活率= $N_2 / N_1 \times 100\%$, N_1 和 N_2 分别为实验开始和实验结束时存活的鲍数量。

2 结果

2.1 污损生物附着状况

莆田市兴化湾南日海区养殖器具上的污损生物主要有网纹藤壶(*Balanus reticulatus*)、三角藤壶(*B. trigonus*)、褶牡蛎(*Alectryonella plicatula*)、棘刺牡蛎(*Saccostrea echinata*)、翡翠贻贝(*Perna viridis*)、皱瘤海鞘(*Styela plicata*)、华美盘管虫(*Hydroides elegans*)、高盘管虫(*H. exaltatus*)、有孔右旋虫(*Dexiospira foraminosus*)、螺旋虫(*Spirorbis foraminisus*)、龙介虫(*Serpula vermicularis*)、太平洋侧海葵(*Anthopleura pacifica*)、纵条肌海葵(*Haliplanella luciae*)和多室草苔虫(*Bugula neritina*)等种类,并有头足类(*Cephalopoda* sp.)等海洋动物受精卵附着。不同海区、养殖器具和年份污损生物附着状况有所不同,养殖器具上污损生物生物量的比较结果如图4。结果表明,养殖器具上污损生物的生物量2010年3~11月份开放海区筐养组>遮蔽海区筐养组>开放海区PVC管养组,差异显著($P<0.05$);2010年12月~2011年5月3个实验组之间差异不显著($P>0.05$);2011年6~11月份,开放海区PVC管养组的污损生物附着量显著低于开放海区筐养组和遮蔽海区筐养组($P<0.05$),但后两者之间的差异不显著($P>0.05$)。从图5可以看出,开放海区筐养组和遮蔽海区筐养组主要污损生物为藤壶,而开放海区PVC管养组为藤壶和苔鲜虫。

2.2 养殖效果

实验期间,3种养殖模式鲍的日均增长、日均增质量以及成活率状况分别如图6、图7和图8所示。结果表明,鲍日均增长方面,阶段1和阶段3期间,开放海区PVC管养组>开放海区筐养组>遮蔽海区

筐养组($P < 0.05$); 阶段 2 期间, 开放海区 PVC 管养组和遮蔽海区筐养组之间差异不显著($P > 0.05$), 但两者均显著大于开放海区筐养组($P < 0.05$); 阶段 4 期间, 三者之间差异不显著($P > 0.05$)。日均增质量和成活率方面, 开放海区 PVC 管养组 > 开放海区筐养组 > 遮蔽海区筐养组, 差异显著 ($P < 0.05$)。

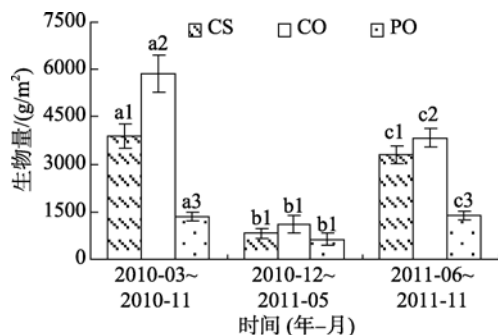


图 4 不同时段鲍养殖器具上污损生物附着量

Fig. 4 The fouling biomasses on the abalone cultivation cages at different phases

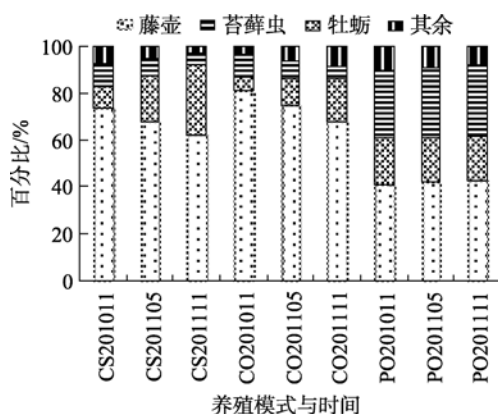


图 5 鲍养殖器具上污损生物的主要类群比例

Fig. 5 The percentage of major fouling groups on abalone cultivation cages

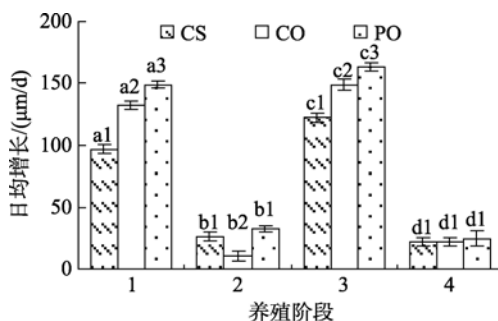


图 6 各阶段鲍日均增长率

Fig. 6 Average daily growth rate of *H. discus hannai* at various phases

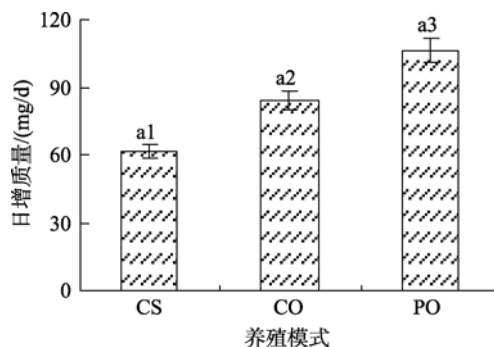


图 7 各组鲍日均增质量

Fig. 7 Average daily weight gain of *H. discus hannai* in different groups

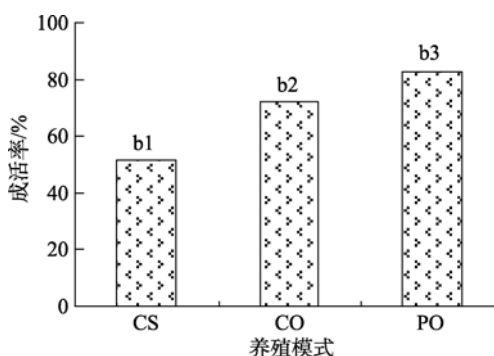


图 8 各组鲍成活率

Fig. 8 Survival rates of *H. discus hannai* in different groups

2.3 设施稳定性

实验期间, 历经 2010 年 9 月 1 日第 8 号“南川”、9 月 10 日第 10 号“莫兰蒂”、9 月 21 日第 11 号“凡亚比”和 2011 年 8 月 31 日第 11 号“南玛都”的 4 个台风侵袭, 布设在两个岛屿之间的遮蔽海区的筐养组基本没有损失; 而处在小日岛西南开放海区的筐养组, 因筏架浮在水面, 在 2010 年第 8 号和第 10 号连续两个台风的袭击下, 塑料筐断绳流失 3 串, 断绳率 0.9%; 损坏 13 串, 损坏率 4.2%。至于夏秋时期处在水下的延绳式 PVC 管养殖设施, 却没有发现断绳、拔锚和养殖器具损坏的现象。

3 讨论

3.1 污损生物防除问题

海洋污损生物危害是制约鲍养殖产业发展的关键因素之一, 若在养殖器具外表面大量附着生长, 会影响内外环境的水体交换, 妨碍养殖对象生长发育^[10]。如在 2010 年夏秋季, 开放海区传统筏架式塑料筐养殖组鲍的日均增长低于遮蔽海区($P < 0.05$), 就

与当时开放海区塑料养殖筐上的污损生物附着量多于遮蔽海区有关。另外,兴化湾不仅污损生物种类组成类似于平海湾^[11],而且还具有开放海区的生物污损状况比遮蔽海区严重、传统塑料养殖筐上的污损生物附着量高于PVC管等特点。

水产养殖设施污损生物的防除方法主要有物理、生物和防污涂料等^[12-14]。传统鲍类养殖塑料筐因其外表粗糙,污损生物不仅容易附着,而且难以清除干净,若遇到恶劣气候长时间不能出海作业,其进水孔极易堵塞,造成筐内水体缺氧,不仅会降低鲍的生长率,甚至导致死亡。定期更换养殖器具虽可有效减轻污损生物的危害,但劳动强度大、操作繁琐,而且在夏秋高温季节进行鲍剥离操作,碰撞和长时间暴露在空气中都会严重影响鲍正常的生理代谢活动^[15]。

甲虫螺能有效清除养殖器具内部和养殖对象表面附着的牡蛎等污损生物^[9],但该方法对附着在器具外部的生物则无能为力。从本实验结果表明,PVC管养殖器具的污损生物量明显少于传统养殖塑料筐($P<0.05$),而且前者鲍的日均增长和成活率则显著提高($P<0.05$)。这可能由于PVC管表面光滑且呈白色,不仅不易被污损生物幼虫附着^[16],而且已附着的污损生物也容易被清除。另外,基于污损生物幼虫多分布在水体表层,而PVC管状养殖器具在夏秋季置于中下水层,从而减少被污损生物附着的机会^[17-18]。

3.2 养殖效果

兴化湾南日镇坑口湾海区的皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)养殖始于1998年,在筏架式塑料筐养殖模式下,早期皱纹盘鲍的日均增长为72.56 $\mu\text{m}/\text{d}$,成活率82.3%。然而,本研究结果表明,2010年该海区杂交鲍的日均生长仅为64.54 $\mu\text{m}/\text{d}$,成活率也降至51.5%。但是,在兴化湾新近开发的开放海区,在采用同样养殖模式下,鲍的日均增长和成活率与1998年所取得结果基本相同^[19]。这表明随着养殖规模不断扩大,坑口湾传统遮蔽养殖海区的环境已不能满足鲍类养殖产业的发展要求。

至于延绳式PVC管养模式,无论在日均生长还是成活率方面,均优于筏架式塑料筐养模式,这一方面可能因开放海区单位面积养殖密度(4.9只/ m^2)远低于传统遮蔽海区(450只/ m^2),另一方面则与养殖器具外表面的污损生物附着数量较少,内外环境的水交换过程畅通无阻,残饵、粪便排泄物等自身污染

物浓度较低等有关。另外,冬春季是杂交鲍和养殖海藻的最佳生长时期,在开放海区开展鲍藻套养模式,鲍生理代谢活动排出大量的 CO_2 和 NH_4^+-N 等废物可成为海带或龙须菜等养殖藻类所需营养物质^[20-21],而藻类可产生大量 O_2 ,改善海洋生态环境,有利于鲍的快速生长。

另外,从图2可以看出,南方夏秋季海水表面水温超过杂交鲍适宜上限25 $^{\circ}\text{C}$ ^[22]以上为242 d,超过其极限水温29 $^{\circ}\text{C}$ 为43 d。然而,已有研究表明,在天气晴好无风或风力小于4级的情况下,表层水温达25~29 $^{\circ}\text{C}$,水下8 m处仅为21~25 $^{\circ}\text{C}$ ^[23],适合鲍的生长。采用水下延绳式养殖模式可以根据养殖海区环境状况,将养殖器具调节至适宜水层,以降低温度对鲍的不适指数^[22],保证了鲍正常生理代谢活动的正常进行。

3.3 设施的抗风浪能力

福建省莆田市兴化湾南日岛海域属台风多发地带,每年夏秋都有数个台风经过,养殖设施必须具备抵御台风和其他恶劣环境的能力。目前该海区鲍养殖多采用筏架式塑料筐养殖模式,整个设施处海面,抗风浪和海流能力较差,只适合用于遮蔽养殖海区。而新研发的延绳式PVC管养新技术,在台风多发季节,可调节养殖器具所处水层,即通过采用水下延绳养殖模式,避开台风的危害。

实践证明,水下延绳式PVC管养殖新技术具有很强的抗风浪能力,适宜在开放海区进行鲍类的养殖。这是由于:(1)水下延绳式养殖设施沉没在水中,完全处于风浪水层下面,仅受到海流作用力。(2)圆筒形PVC管养殖器具构造简单均一,无明显的拐角和剪切点,从力学角度看,外力容易分散,而传统角形养殖器具的拐角处存在应力集中和剪切破坏点,多数筐架的破损均出现在此处^[24]。(3)即便在海流冲击下水下延绳式的主绳会触及海底,养殖器具通过浮体始终保持在主绳上方,也不会被淤泥沉积,能有效地保持养殖器具内环境的洁净和养殖对象的安全。此外,若发生缆绳断裂或拔锚现象,浮体还可使养殖设施浮出水面,便于及时发现和打捞而减少损失。

4 结语

延绳式PVC管鲍类养殖设施结构简单、性能可靠,并可对养殖器具所处水层进行调整,适合在环

境条件较为恶劣复杂的开放海区使用,能有效地抵抗台风侵袭,规避夏秋季高温和污损生物的危害,而且在冬春季开展鲍藻套养模式还可解决养殖自身污染的问题。另外,与海带的套养还可节省近一半饲料成本,大大提高了养殖经济效益,为今后我国鲍养殖业的可持续发展和养殖空间扩展提供了新的途径。

参考文献:

- [1] Zhang G F, Que H Y, Liu X, et al. Abalone mariculture in China [J]. *Journal of Shellfish Research*, 2004, 23: 947-950.
- [2] 陈月忠, 黄万红, 陈木. 闽粤地区鲍暴发性流行病的病因分析和流行病学研究[J]. *海洋科学*, 2005, 29(8): 100-104.
- [3] 张福绥, 杨红生. 栉孔扇贝大规模死亡问题的对策与应急措施[J]. *海洋科学*, 1999, 28(2): 38-42.
- [4] Greene J K, Grizzle R E. Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fish cages in the western Gulf of Maine, USA [J]. *Aquaculture*, 2007, 262: 289-301.
- [5] 关长涛, 林德芳, 杨长厚, 等. HDPE双管圆形深海抗风浪网箱的研制[J]. *海洋水产研究*, 2005, 26(1): 61-67.
- [6] Zhang J H, Fang J G, Wang W, et al. Study on the potential of suspended longline mariculture of the scallop *Chlamys farreri* in offshore areas [J]. *Aquaculture Research*, 2011, 42: 1664-1675.
- [7] 王春忠, 苏永全. 鲍藻混养模式的构建及其效益分析[J]. *海洋科学*, 2007, 31(2): 27-30.
- [8] 李昌达, 苏友山. 坑道养殖皱纹盘鲍摄食习性的初步研究[J]. *浙江水产学院学报*, 1998, 17(2): 109-114.
- [9] 欧俊新, 严正凇. 南方鲍藻混养技术研究及其效益分析[J]. *集美大学学报(自然科学版)*, 2011, 16(3): 172-177.
- [10] 严涛, 刘姗姗, 曹文浩. 中国沿海水产设施污损生物特点及防除途径[J]. *海洋通报*, 2008, 27(1): 102-110.
- [11] 王春忠, 严涛, 张建明, 等. 污损生物附着对杂交鲍生长与存活的影响[J]. *热带海洋学报*, 2011, 4: 56-59.
- [12] Annstong E, Boyd K G, Pisacane A, et al. Marine microbial natural products in antifouling coatings [J]. *Biofouling*, 2000, 16: 215-224.
- [13] 苏振霞, 严岩, 黄良民. 海水贝类养殖中污损生物的防除研究进展[J]. *水产科学*, 2007, 26(4): 240-243.
- [14] 曹善茂, 张丛尧. 海洋贝类养殖网笼污损生物类群的研究[J]. *大连水产学院学报*, 1998, 13(4): 15-21.
- [15] 孔泳滔, 王琦, 程振明, 等. 皱纹盘鲍筏式养殖中的污损生物及其防治[J]. *海洋环境科学*, 2000, 19(1): 40-43.
- [16] 史航, 王鲁民. 海洋污损生物藤壶的附着机理及防除[J]. *广东农业科学*, 2006, 33(6): 72-73.
- [17] 吕振明. 海水养殖网具污损生物的防除技术[J]. *中国水产*, 2002, (7): 67-68.
- [18] 李太武, 苏秀榕, 迟庆宏, 等. 养殖贝类附着敌害生物的初步研究[J]. *水产科学*, 2001, 20(6): 12-14.
- [19] 欧俊新. 皱纹盘鲍海区筏式吊养技术[J]. *水产科技情报*, 2001, 28(5): 223-225.
- [20] 王德利. 贝藻混养技术在我国海水养殖中的应用与研究[J]. *黄渤海海洋*, 2001, 19(1): 78-81.
- [21] 韦玮, 方建光, 董双林, 等. 贝藻混养互利机制的初步研究[J]. *海洋水产研究*, 2002, 23(3): 20-25.
- [22] 王春忠. 应用不适指数法评价莆田鲍增养殖区环境质量[J]. *上海海洋大学学报*, 2009, 18(6): 728-733.
- [23] 韩青动, 孙步太, 张武媚. 悬浮式网箱养殖大规格皱纹盘鲍技术[J]. *中国水产*, 2011, 1: 35-36.
- [24] 郑国富, 黄桂芳, 魏观渊, 等. 波流作用下圆柱形近海抗风浪网箱缆绳的张力特性[J]. *水产学报*, 2007, 31(1): 84-89.

A novel technique for the underwater suspended longline PVC pipe cage cultivation of abalone in open waters

WANG Chun-zhong¹, YAN Tao², ZHANG Jian-ming¹, XIE En-yi³, HU Yu-feng², CAO Wen-hao²

(1. Putian Institute of Aquaculture Science of Fujian Province, Putian 351100, China; 2. South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China; 3. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Received: May, 23, 2012

Key words: abalone; open seawater; mariculture; novel technique

Abstract: To develop a novel technique for abalone cultivation in open seawater, the growth of abalone *Haliotis discus hannai* under three culture regimes was studied in Xinghua Bay within the period from March 2010 to September 2011. At the same time, the marine fouling colonizing on outward surface of the cultivation cages was also investigated. Moreover, the influence of typhoon on the mariculture facilities, including the floating raft with traditional plastic baskets and the longline system with PVC pipe cages was analyzed. The experimental sites were located in Kengkouwan, the traditional sheltered waters for abalone cultivation, and the open waters southwest of Xiaoridao, which is a newly developing abalone mariculture sea area. The results show that the average weight gain and survival rates of abalones in the longline PVC pipe cage group were (106.41±5.33) mg/d and 82.75%, higher than those in the traditional plastic basket groups deployed in newly developing open waters and sheltered waters ($P<0.05$). Winter and spring are the best time for abalone growth and a clear seasonal growth pattern was presented. The average daily growth of abalone in the longline PVC pipe cage group was higher than the other two groups ($P<0.05$). The abalones growth is much better in the open waters than the sheltered waters. The dominant fouling species in Xihua Bay were acorn barnacles *Balanus reticulatus* and *B. trigonus*. Heavy fouling generally occurred in summer and autumn, particularly in the upper part of the water column in the open waters. Moreover, the fouling biomass colonizing on the underwater PVC cages was less than those settling on the traditional plastic baskets ($P<0.05$). In summer and autumn, the techniques of the longline PVC pipe cage cultivation will provide an effective way to prevent harmful effects from typhoons, high temperature and heavy fouling on the mariculture facilities and cultivated populations.

(本文编辑: 梁德海)