

鲍藻混养模式的构建及其效益分析

王春忠¹, 苏永全²

(1. 福建省莆田市水产科学研究所, 福建 莆田 351100; 2. 厦门大学 海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要:在福建省莆田市平海湾海区, 利用现有海藻(海带)养殖设施, 进行海藻与皱纹盘鲍和黑鲍混养。经 150 d 试验, 皱纹盘鲍和黑鲍生长率分别为 221.02% 和 187.70%, 成活率都为 94.00%, 与室内单养、海区筏式单养无显著差异($P < 0.05$)。而 3 种模式鲍投入产出比分别为 1: 1.84, 1: 2.92, 1: 1.41, 即每万粒鲍鱼养殖可节约成本近万元。同时, 鲍和海藻处在海洋生态系统的不同生态位, 互利共生, 促进海洋生态系统物质良性循环。

关键词: 皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*); 黑鲍(*H. cracherodii*); 海带(*Laminaria japonica*); 混养
中图分类号: S962.92 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2007)02-0027-04

近年来, 中国海水养殖产业规模不断扩大, 养殖的自身污染问题逐渐显露且日益突出^[1]。研究人员与业者针对海水养殖区存在的主要生态环境问题, 提出用大型海藻对海域进行生物修复^[2-4]。有关贝藻混养技术的研究已有不少报道, 但主要集中在扇贝、牡蛎等滤食性贝类与海藻混养的研究^[5,6]方面, 摄食性贝类与海藻混养尚未见有报道。作者根据鲍与海藻在海洋生态系统中的不同生态位原理, 利用海带现有养殖设施进行鲍吊养混养试验, 提高海带养殖海区的经济效益, 建立鲍自然生态健康养殖方法, 探索一种可持续发展的浅海养殖模式。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

试验地点位于福建省莆田市平海湾。该海湾属外向开放型海域, 周年水温 13.78~32.75℃, 盐度 30.40~31.65, pH 8.07~8.17, 无机氮的质量浓度为 0.19~0.491 mg/L, 磷酸盐为 0.02~0.07 mg/L, 透明度 0.4~2.6 m (平均 1.7 m), 无油类物。该海湾现有滩涂面积约 500 hm², 养殖面积约 150 hm², 养殖品种主要有日本对虾(*Penaeus japonicus*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)及菲律宾蛤仔(*Venerupis philippinarum*)等; 浅海面积约 3 680 hm², 养殖面积 980 hm², 主要养殖海带、龙须菜及牡蛎等, 由于该海区风浪大, 水流急, 其养殖方式主要为筏式养殖。

试验所在位置水深在低潮时保持在 7~8 m 以上, 底质为泥沙底, 是海带的主要养殖区。

1.2 筏架建设与鲍笼构造

1.2.1 筏架建设

利用原有海带养殖的设施(图 1), 两根浮绳之间用 5~6 m 的海带苗绳联系一起组成一个台, 苗绳间

隔为 1.2 m, 台作为海带养殖单元(两式筏子), 3 个海带养殖单元为 0.07 hm²(下同)^[7]。鲍笼是在原有海带养殖设施基础上, 按 4.8 m 等距离分别吊挂在长 100 m 的浮绳上。海带收成时, 海带苗绳解开收起来, 两浮绳分开。

1.2.2 鲍笼结构

试验采用硬塑料制成带有许多孔眼(孔眼直径因鲍鱼大小而定)的跑道式鲍鱼养殖箱, 其规格为 40 cm×30 cm×12 cm。箱内由 3~4 层塑料盘隔开, 层间距 20~30 cm。养殖箱留有开关小门, 投饵时开启小门即可, 笼外包一层网衣, 网目为 10~30 目, 以减少生物的附着, 并起安全保护作用。试验时每 3 个养殖箱重叠为一个鲍笼。

1.3 混养种类

1.3.1 鲍鱼

试验鲍苗二种, 分别为皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)、黑鲍(*H. cracherodii*)。皱纹盘鲍苗来自福建省平潭县, 黑鲍来自莆田。2 种鲍于 2005 年 11 月 10 日放养于同一湾内不同村的海区。室内单养在莆田市平海水特种养殖有限公司位于平海村的海边室内养殖场; 筏式单养在埭头王厝海区; 混养在平海镇上林海区。每种模式放养密度相同, 即每个鲍笼放养鲍苗 50 粒。

1.3.2 海带

海带(*Laminaria japonica*)苗来自莆田, 分苗时间为 12 月 25~30 日, 苗长 12~15 cm, 采用裸距 3~5 cm 的单夹法种植^[7]。

收稿日期: 2006 08 20; 修回日期: 2006 11 11

作者简介: 王春忠(1969), 男, 福建莆田人, 助理研究员, 从事水产养殖研究, E-mail: fjwcz@tom.com

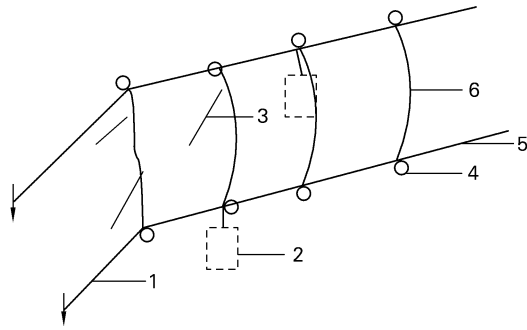


图1 鲍和海带混养浮架示意图

Fig. 1 Map of the co-culture pattern of abalone and *Laminaria japonica*

1. 椰子缆 2. 鲍笼 3. 海带 4. 浮子 5. 浮绳 6. 苗绳
1. thick rope; 2. abalone cage; 3. kelp; 4. floater; 5. floating rope; 6. seedling rope

1.4 养殖管理

1.4.1 饲料投喂

不同养殖模式鲍饲料投喂种类和方法相同。在当年11月~次年1月投喂新鲜紫菜,次年2~6月份投喂新鲜海带,其它月份投盐渍或干海带。

水温较低时,新鲜海带或紫菜不易腐败,5~7 d投喂一次。每次投喂时参考上次的摄食量,酌情增减,以每次略有余饵为宜。高温季节,严格控制投喂量,做到少量多次,防止余饵过多影响水质。

1.4.2 日常管理

经常检查筏架与养殖器材,注意观察缆绳、锚缆、吊绳以及箱笼等是否磨损或破裂损坏,必要时及时

更换,以防鲍逃逸或整笼丢失。特别是台风来临之前,认真检查加固设施。每次投喂前需清洗箱笼,清除笼内外的杂贝、杂藻及浮泥堵塞,必要时更换网袋或养殖笼,保证鲍的正常生长。

2 结果与分析

2.1 试验海区水温情况

试验从2005年11月10日至2006年6月10日,平均水温23.1℃,最高水温25.2℃,最低水温11℃。

2.2 海带的产量

海带于4月15日采收,自然晒干,6月8日结束。测定结果表明,同一育苗室的海带苗种,在养殖设施结构相同的同一养殖海区进行相同密度的养殖,混养与单养模式中海带的产量基本一致,每hm²产干海带34.8 t。

2.3 鲍鱼的生长状况

不同养殖模式和不同鲍鱼种类随机抽样3串进行计数,并从中各抽取20个鲍鱼壳长测量。饲养150 d,皱纹盘鲍在室内单养、海区筏式单养和混养其生长率分别为222.73%、220.45%、221.02%;成活率分别为92.67%、93.33%、94.00%。黑鲍在室内单养、筏式单养和混养的生长率分别为186.67%、188.24%、187.70%;成活率分别为92.0%、93.33%、94.00%。3种不同养殖模式鲍鱼在生长速度和成活率方面无明显差别($P < 0.05$,表1)。鲍藻混养中鲍的养殖效果与传统的筏式单养基本相同。

表1 不同养殖模式下鲍鱼的生长率和成活率

Tab. 1 Growth and survival rates of abalone in different cultivated models

种类	养殖模式	试验前壳长(mm)	试验后壳长(mm)	增长量(mm)	增长率(%)	试验前个数	试验后个数	成活率(%)
皱纹盘鲍	室内单养	17.6	56.8	39.2	222.73	150	139	92.67
	筏式单养	17.6	56.4	38.8	220.45	150	140	93.33
	混养	17.6	56.5	38.9	221.02	150	141	94.00
黑鲍	室内单养	22.5	64.5	42	186.67	150	138	92.00
	筏式单养	18.7	53.9	35.2	188.24	150	140	93.33
	混养	18.7	53.8	35.1	187.70	150	141	94.00

2.4 效益

鲍藻混养与单养的养殖成本主要差别在固定资产的投资。以养殖1万粒皱纹盘鲍为例,筏式单养筏架、养殖笼等固定投资需1.53万元^[8],筏式延绳式的浮绳、

养殖笼等需要0.8万元,鲍藻混养只需再投资养殖笼、浮球等约0.3万元。混养中人工费和饲料费与海带养殖相关交叉,生产成本也可降低。室内单养、筏架单养和混养生产成本分别为2.7万元、1.9万元、1.2万元,投入产出比分别为1:1.41、1:1.84、1:2.92(表2)。

3 讨论

3.1 鲍藻混养模式的经济效益

鲍藻混养中的鲍养殖是在现有筏式养殖海藻(海带、龙须菜)设施基础上,添加养殖笼和一些浮子,省去浮绳、缆绳、橛子等固定资产投资。另有 2/3 养殖期投喂自家养殖的海带(其中 1/3 时间投喂自养新

鲜海带),降低其饲料和饲料运费成本,在混养中因为有 1/3 的时间为海带养殖季节,因此也可以大大节省劳动力费用。本试验结果表明,混养中鲍生长率和成活率与单养基本相似,鲍藻混养中原来的海带收成不受影响。但鲍藻混养中鲍鱼养殖一万粒成本比同样筏架单养可以省一万元左右。同时,同样的放养规格,培育 7 个月的皱纹盘鲍平均壳长 56.5 mm 比大连培育一年的平均壳长 45.0 mm 提高 25.6%^[9]。

表 2 不同养殖模式下皱纹盘鲍的经济效益

养殖模式	固定资产	苗种费	人工费	饲料费	水电费	生产成本	总产值	纯收入	投入产出比
室内单养	0.4(2.0)*	0.2	0.5	1.0	0.6	2.7	3.8	1.1	1: 1.41
筏架单养	0.3(1.5)*	0.2	0.4	1.0	0	1.9	3.5	1.4	1: 1.84
混养	0.1(0.3)*	0.2	0.3	0.6	0	1.2	3.5	2.3	1: 2.92

* 括号内数字为固定投资金额,成本按折旧后计算

3.2 鲍藻混养的社会效益

我国海岸线长,海洋资源丰富,如何综合开发利用海洋,提高海洋经济效益,对建设社会主义新农村具有重要意义。以本试验所在乡镇——平海镇为例,海岸线长 21.7 km,人口 9 万,有 1/4 的劳动力单纯从事浅海养殖,浅海养殖是该镇沿海农民主要经济来源。浅海养殖的主要养殖品种是海带和龙须菜,养殖面积有 670 hm²,而因水温关系海藻养殖具有季节性,一般海带养殖在 12 月份至次年 6 月份,龙须菜养殖在 11 月~翌年 7 月份,近一半时间的劳动力和浅海资源是空闲。鲍藻混养中鲍鱼养殖是全年性的,可以合理利用海藻养殖中的空闲时间,优化养殖结构增加渔民的经济收入。因有部分海带直接投喂鲍鱼,减少海带依靠自然光晒干的数量,从而缓解海带加工的沙滩晒场紧张问题。

3.3 鲍藻混养的生态效益

3.3.1 对 O₂ 和 CO₂ 的平衡作用

鲍鱼的呼吸作用放出 CO₂,增加了水中 CO₂ 含量,使海水中 pH 下降。据报道,3 个体长 4.1 cm 的扇贝在 375 mL 水体中,24 h 可使 pH 下降 0.12^[10]。同时,鲍鱼呼吸作用需要氧,DO 水平的高低是衡量养殖环境优劣的一个重要指标,对鲍的各种生理活动有着很大的影响力^[11]。鲍藻混养,海带等海藻通过光合作用吸收了 CO₂ 释放出 O₂,减少水中 CO₂ 含量,增加 DO 含量,减弱了 DO 这一作用因子的限制力^[12]。因此,从养殖生态学的角度来看,鲍藻混养具有维持生态系中 O₂ 和 CO₂ 平衡和稳定的作用。

3.3.2 对氨、氮的作用

鲍鱼排泄物主要以 NH₄⁺-N 为主, NH₃-N 与海水 NH₄⁺-N 含量呈正相关(P < 0.01), NH₃-N 与 NH₄⁺-N 在海水中存在下列关系: NH₃ + H⁺ ⇌ NH₄⁺。而 NH₃ 对鲍毒性很大,当环境中 NH₃ 达到 0.041 至 0.158 mg/L 时,光滑鲍的体质量分别减少 5% 与 50%,随着 NH₃ 质量浓度增加,鲍的摄食量也直线下降^[3]。大型藻与贝类混养,一方面,大型藻吸收 NH₄⁺-N,使得一些有毒的 NH₃ 转化为对贝类等无害又能被藻类吸收的 NH₄⁺-N,养殖系统中 NH₃ 和 NH₄⁺-N 都大大降低^[14]。另一方面,鲍类的代谢作用为藻类的生长提供了氮、磷肥,促进藻的生长^[15]。两者形成互利关系,有利于养殖水体的稳定,起到了维持生态系中铵态氮平衡稳定和促进氮循环的作用。

3.3.3 鲍藻混养有利于海洋生态系统平衡

国内对滤食性贝类与海藻混养进行了不少研究,取得一定效益,也有成功的推广应用^[17]。其主要是大型藻和滤食性经济贝类(如扇贝、贻贝)混养,以改善养殖环境,优化养殖海域生态系,提高养殖业的经济效益。然而滤食性的贝类主要以浮游植物为主,与养殖藻类处于同一生态系统中同一生态位且都为初级生产者,它们之间可能存在相克作用^[16],难以兼顾两者的共同利益^[11]。鲍鱼、海藻在生态系统中处于不同生态位,利用海带等吸收对鲍鱼代谢作用的 NH₄⁺-N,提供鲍鱼生长所需的饵料以及高溶氧,促进了鲍鱼的生长;而鲍鱼又提供给海藻最适宜的氮源——NH₄⁺-N 和 CO₂,不与海藻竞争海域 N、P 源,两者是各有所需,达到养殖生态系统结构与功能的和

谐。另有报道,海藻上附有抗微生物活性物质^[17],这对抑制养殖鲍的疾病发生可能也起到一定的作用。这与鲍的生存环境是相一致的^[9, 12],更接近自然生态系统。

总之,鲍藻混养利用现有海藻养殖设施,以养殖海带为鲍的饵料,鲍的排泄物作为海藻的营养,藻贝互利共生,促进海洋生态系统营养物质良性循环,更贴近自然生态环境,促进海藻和鲍鱼养殖的共同发展,大大增加渔民收入,具着良好社会、经济、生态效益。

参考文献:

- [1] 陈祖峰, 郑爱榕. 海水养殖自身污染及污染负荷估算[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2004, 43(增刊): 258-263.
- [2] 杨宇峰, 费修缙. 大型海藻对富营养化海水养殖区生物修复的研究与展望[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(1): 53-56.
- [3] 张继红, 方建光, 唐启升. 中国浅海贝藻养殖对海洋碳循环的贡献[J]. 地球科学进展, 2005, 20(3): 359-364.
- [4] 毛玉泽, 杨红生, 王如才. 大型藻类在综合海水养殖系统中的生物修复作用[J]. 中国水产科学, 2005, 12(2): 225-231.
- [5] 何义朝, 王萍, 张涛, 等. 烟台浅海区不同养殖系统养殖效果的比较[J]. 水产学报, 2000, 24(2): 140-145.
- [6] Nunes J P, Ferreira J G, Gazeau F, et al. A model for sustainable management of shellfish polyculture in coastal bays [J]. *Aquaculture*, 2003, 219: 257-277.
- [7] 曾呈奎, 王素娟, 刘思俭, 等. 海藻栽培学[M]. 上海:

上海科学技术出版社, 1986. 185.

- [8] 欧俊新. 皱纹盘鲍海区筏式吊养[J]. 水产科技情报, 2001, 28(5): 223-225.
- [9] 高绪生, 王琦, 王仁波, 等. 鲍鱼[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 2000.
- [10] Stéphane P. Ecophysiological model of growth and reproduction of the black pearl oyster, *Pinctada margaritifera*: potential applications for pearl farming in French Polynesia [J]. *Aquaculture*, 2000, 186: 117-144.
- [11] 韦玮, 方建光, 董双林. 贝藻混养生态系统互利机制中的作用因子[J]. 中国水产科学, 2005, 12(3): 220-224.
- [12] 聂宗庆, 王素平. 鲍养殖实用技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [13] 李顺志, 张高怡, 王宝捷, 等. 扇贝海带间养试验研究[J]. 海洋湖沼通报, 1983, 4: 70-75.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Fong P, Donab R M, Zedler J B. Competition with macroalgae and benthic cyanobacterial limits phytoplankton abundance in experimental microcosms [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1993, 100: 97-102.
- [17] 马悦欣, 王岩, 刘璐, 等. 大连海区潮间带海藻附着细菌的抗微生物活性[J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(4): 252-257.

Study on the co-culture pattern of abalone and kelp (*Laminaria japonica*) in the marine

WANG Churzhong¹, SU Yongquan²

(1. Putian Institute of Aquaculture Science of Fujian Province, Putian 351100, China; 2. Collge of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Received: Aug., 26, 2006

Key words: *Haliotis discus hannai*; *H. cracherodii*; *Laminaria japonica*; co-culture

Abstract: The available facilities of kelp abalone were utilized to breed abalone in the sea area of Pinghai Gulf, Putian of Fujian. In the 150 days experiment, the growing rates of *Haliotis discus hannai* and *H. cracherodii* were 221.02% and 187.70% respectively, and the survival rate was 94.00%, and there is little difference in the growth speed and survival rate between the single cultivation and co-culture of abalone and kelp. However, the cultivating cost was decreased by a myriad yuan or so for every ten thousand individuals of abalones. Furthermore, abalone and kelp are situated at different ecosphere levels in marine ecosystem with mutual benefit and symbiosis. There is a good cultivating pattern of the good circle of a marine ecosystem.

(本文编辑:张培新)