

对虾养殖池塘混养牡蛎对底质有机负荷的作用

苏跃朋, 马 甦, 张 哲

(中国海洋大学 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要:以18个海水池塘陆基围隔进行对虾池塘不同密度混养牡蛎试验,利用N、S、P综合相对污染指数对不同密度混养牡蛎对虾池塘底质养殖负荷进行评估,结果表明,混养牡蛎对虾池塘底质中N、S、P营养指标随养殖进程呈上升趋势,到实验结束时,不同密度梯度牡蛎混养围隔底质污染程度不同,根据N、S、P综合相对污染指数评估养殖负荷,各围隔呈低谷状排列:Ⅱ组(98.14) > Ⅲ组(60.64) > Ⅳ组(33.05) > V组(29.68) < VI组(126.85);不同密度处理中,位于谷底的V组为最佳放养密度点,对于养殖密度为 4.5×10^6 尾/hm²的对虾池塘,混养牡蛎最佳生物量为1 003.2 g/m³,转换为生产规模,则混养牡蛎最佳生物量为 1.01×10^4 kg/hm²。

关键词:围隔;牡蛎;对虾;底质负荷;混养实验

中图分类号:S968.226.92

文献标识码:A

文章编号:1005-8737-(2003)06-0491-04

吃食性鱼类网箱养殖区间接大型海藻,或间养贻贝^[1],在滩涂池塘养殖对虾时在其邻近海域养殖海藻、贝类等混合养殖方式都可达到降低有机负荷。滤食性贝类养殖系统是一个功能复杂的系统,贝类可以从通过该系统的水流中摄取食物,并以组织生长和粪便的形式积累在系统中^[2-3],滤食性动物的摄食还可能加快物质循环速率^[4]。但是,当贝类放养密度过大时,其排出的大量粪便及其他排泄物将造成养殖自身污染。因此,必须确定一个适当的放养量,才能达到减缓有机负荷的目的。本实验应用野外实验围隔,研究了混养太平洋牡蛎对虾池底质的有机负荷,为生产规模的混养牡蛎对虾池养殖容量的确立提供了基础参考指标。

1 材料和方法

1.1 时间和地点

实验于2002年4月到7月,在乳山第一对虾养殖场中国海洋大学实验基地进行。

1.2 围隔

使用了18个海水池塘陆基围隔,围隔置于面积

1.33 hm²的池塘中,面积均为100 m²(10 m × 10 m),水深1.5~1.8 m,底质类型为泥砂型。每3个围隔配1台ACO-009型充气泵,围隔中设置投饵盘。池塘周围的坝上设置一道围栏,由塑料薄膜和短竹竿构成,高30 cm,底端埋入地下,用于防止外部蟹类等病害宿主进入池内。

1.3 材料

养殖品种为中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*),虾苗购于乳山市秦家庄育苗厂,体长(1.211 ± 0.139) cm,放养密度 4.5×10^6 尾/hm²。混养品种为太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*),购于威海市西港水产集团第一养殖场,体重(105.60 ± 43.15) g,体长(10.75 ± 2.80) cm。实验前将牡蛎放入直径35 cm、分5层的扇贝笼中吊在水中,每笼放养牡蛎(12 500 ± 560) g。

1.4 实验方法设计

本实验共分6组,Ⅰ组为对照组,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组为处理组,每个处理设3个重复。各组牡蛎放养密度依次为0、126.7、253.4、496.3、1 003.2、1 246.1 g/m³。放养时间为6月2日,实验周期为30天,于7月3日结束。

实验围隔于2002年4月17日进水,加入7 mg/L敌百虫静置1个月后使用。实验期间不换水,只补充蒸发和渗漏水,保持水深(150 ± 30) cm。

收稿日期:2002-12-16; 修订日期:2003-07-16.

基金项目:国家重点基础研究规划项目(G1999012011).

作者简介:苏跃朋(1978-),男,中国海洋大学硕士研究生,从事海水养殖方向研究. E-mail: sua@sina.com

增氧机每天早5:00及下午15:00各开1次,每次各2 h。

虾苗暂养期不投饵,实验期每天投饵2次,分别为7:00和16:00。饵料选用福建马尾饲料厂生产的海马牌饲料,投饵量参照《中国明对虾养成技术规范》^[5]中推荐的投饵量,根据对虾的摄食情况和胃的饱满程度以及水温和天气情况及时调整日投饵量。随着对虾的生长更换适当粒度的饵料,以适应对虾对饵料粒径的要求。

实验期间每10 d用有机玻璃采泥器($r=2.5$ cm)采1次泥样,取表层0.5 cm深度泥样测定N、S、P指标,S测定采用硫离子电极法,N测定采用改进的凯氏定氮法^[6],P测定采用Menzel与Corwin湿法氧化法^[7]。

1.5 养殖负荷评估方法

底质中污染指标N、P、S评价标准采用《全国海岸带综合调查底质污染评价标准》,现状评估以标准指数法: $A = C_i/S_i$

式中, A 为3种污染物的综合污染指数, C_i 为3种污染物的实测浓度值乘积, S_i 为3种污染物的评价标准值乘积。底质评价标准中,P、N、S的水平分别为 4.2×10^{-3} 、 10×10^{-3} 、 3×10^{-3} mg/g。

2 结果

2.1 底质中N、P、S的含量

养殖实验进行30 d(见表1),混养牡蛎围隔底质中总氮值从起始(1.26 ± 0.11) mg/g到结束时(2.01 ± 0.11) mg/g,呈现显著上升趋势,增长率为58.54%;总磷值从起始(5.63 ± 0.65) mg/g到结束时(6.80 ± 0.96) mg/g,呈现上升趋势,增长率为20.93%;硫离子起始平均值为(4.38 ± 2.23) $\times 10^{-1}$ mg/g,到结束时为(7.91 ± 6.05) $\times 10^{-1}$ mg/g,呈现上升趋势,增长率80.66%。对不同密度放养牡蛎处理作两因素方差分析(时间和放养牡蛎密度),底质中N水平差异极显著($P < 0.001$),P差异显著($P = 0.021$),S水平差异不显著($P > 0.05$)。

表1 混养牡蛎围隔底质中N、P、S的含量

Table 1 Contents of N、P、S in sediment of shrimp-oyster polyculture

指标 Item	采样时间 Sampling date	分组 Group					
		I	II	III	IV	V	VI
N/(mg·g ⁻¹)	3, Jun.	1.30±0.31	1.40±0.21	1.12±0.16	1.15±0.17	1.31±0.38	1.32±0.08
	13, Jun.	1.06±0.04	1.15±0.08	1.91±0.14	1.75±0.21	1.77±1.05	1.43±0.34
	23, Jun.	0.89±0.15	0.96±0.13	1.42±0.06	1.30±0.08	1.03±0.20	1.16±0.38
	3, Jul.	1.87±0.29	2.06±0.17	1.96±0.16	1.99±0.17	1.99±0.30	2.19±0.06
P/(mg·g ⁻¹)	3, Jun.	5.25±1.49	5.32±0.18	5.69±0.85	5.48±0.66	5.12±0.40	6.89±2.97
	13, Jun.	5.34±0.09	5.34±0.20	6.08±0.90	5.43±0.55	5.50±1.07	5.61±1.04
	23, Jun.	4.63±0.66	5.32±0.63	6.78±0.31	5.63±0.65	5.48±1.01	5.05±0.63
	3, Jul.	6.30±0.65	6.74±1.33	7.36±0.41	6.28±0.92	5.72±0.36	8.41±1.50
S($\times 10^{-1}$ mg·g ⁻¹)	3, Jun.	0.65±0.09	0.48±0.08	0.31±0.04	0.22±0.14	0.22±0.07	0.74±0.35
	13, Jun.	0.99±0.23	1.11±0.41	0.70±0.12	0.35±0.18	0.30±0.11	1.07±0.38
	23, Jun.	0.97±0.47	1.74±1.21	0.70±0.21	0.39±0.12	0.71±0.58	1.31±0.36
	3, Jul.	0.61±0.53	1.35±0.80	0.50±0.29	0.46±0.19	0.12±0.03	1.71±0.89

注:各组中国明对虾放养密度均为 4.5×10^6 尾/hm²; I~VI组牡蛎放养密度分别为0、126.7、253.4、496.3、1 003.2、1 246.1 mg/m³。

Note: The stocked density of prawn in each group is 4.5×10^6 inds/hm²; the oyster densities in groups I~VI are 0, 126.7, 253.4, 496.3, 1 003.2 and 1 246.1 mg/m³, respectively.

2.2 养殖负荷评估

图1可以看出相对污染指数曲线呈现低谷状,位于低谷区的IV和V处理组低于对照组(58.70),表明适宜密度混养牡蛎池塘可降低虾池底质有机污染;不同密度牡蛎混养围隔相对污染指数排列如下:VI(126.85) > II组(98.14) > III组(60.64) > IV组(33.05) > V组(29.68),位于谷底的V组为最佳放

养密度点,对于养殖密度为 4.5×10^6 尾/hm²的中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)池塘,混养牡蛎最佳生物量为1 003.2 g/m³。

3 讨论

本实验利用野外实验围隔为实验单元,研究了明对虾养殖池塘底质的有机污染状况。结果表明,混

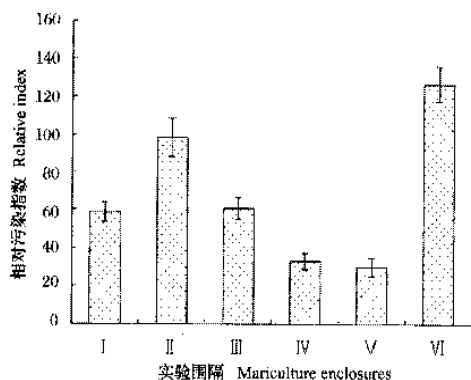


图1 不同密度混养牡蛎围隔底质中N、S、P综合相对污染指数比较

Fig. 1 Relative index of three multiple contamination factors N, S, P in shrimp-oyster culture with different oyster density

养牡蛎虾池底质中N、S、P营养指标随养殖进程呈上升趋势。据研究,在鲑鱼网箱养殖区下部沉积物的C和N的通量很小,每年只有约10%的有机物可得到分解,79%的C和88%的N沉积(相当于饲料输入C的23%,N的21%)将积累于底部,无法被生物利用^[8]。养殖产生的有机和无机废物可直接引起养殖池塘底质中有机物负荷增加、富营养化现象,如BOD增加、缺氧等^[9]。其他的影响还有池塘土壤的酸化、生物多样性降低、病原体增加、水华发生^[1]。滤食性贝类可从天然水体和养殖水体中滤取大量的浮游物,并将滤食的物质以组织生长、粪便、排泄物等形式重新分配。已有的报道表明,滤食性贝类较多的湖区、海区浮游植物的数量、叶绿素a含量明显减少^[10-11],浮游物颗粒规格的结构也会发生变化^[12]。虾池中混养牡蛎可明显降低细菌和浮游生物含量、总氮、总磷和其他虾池悬浮物^[13];牡蛎生物滤过作用对虾池中大颗粒悬浮物,尤其对于N/C高的有机颗粒物滤除作用明显^[14];对于牡蛎自身的转化分配而言,吸收N的10%用于组织生长,10%用于生殖,50%生成假粪,27%以 NH_4^+ 形式排泄掉^[15]。所以,虾池混养适量密度牡蛎,可改善养殖池塘生态环境,降低底质中有机颗粒沉积率,提高综合养殖环境中有机物利用的互补性,转换为养殖经济生物牡蛎的生物量,从而降低虾池底质有机负荷。本实验密度处理中IV组和V组的综合相对污染指数低于对照组,即表明适宜密度混养牡蛎池塘可

降低虾池底质有机污染。

当虾池混养牡蛎密度过大时,牡蛎滤过作用的强选择性造成虾池浮游生物群落结构变化^[16];养殖生物量的超负荷带来了排氨率和耗氧量激增,造成池塘底质缺氧环境,导致还原性化合物(如氨、硫化氢、甲烷等)增加、硫化细菌繁殖、大型底栖动物生物量、丰度和种类数量降低或减少^[17-19]。所以,虾池混养牡蛎密度过大时将增加环境压力,从而造成养殖池塘底质恶化。本实验中高密度处理VI组的综合相对污染指数远高于对照组,表明混养牡蛎池塘密度过大时将恶化底质污染,加重养殖池塘底质有机负荷。

混养牡蛎虾池底质中N、S、P营养指标随养殖进程呈上升趋势,到实验结束时不同密度梯度牡蛎混养围隔底质污染程度不同,根据N、S、P综合相对污染指数评估养殖负荷,各围隔呈低谷状排列,则位于谷底的V组为最佳放养密度点,对于养殖密度为 4.5×10^6 尾/hm²的中国明对虾池塘,混养牡蛎最佳生物量为1 003.2 g/m³,转换为生产规模,则混养牡蛎最佳生物量为 1.01×10^4 kg/hm²。

参考文献:

- [1] Folke C and Kautsky N. The role of ecosystems for a sustainable development of aquaculture[J]. *Ambio*, 1989, 18(4): 234-243.
- [2] Arakawa K Y. Aspects of eutrophication in Hiroshima Bay viewed from transition of cultured oyster production and succession of marine biotic communities[J]. *Nihon Kaiyo Gakkai - Shi*, 1973, 11(2): 43-48.
- [3] Figueras A T. Mussel culture in Spain and France[J]. *World Aquaculture*, 1989, 20(4): 8-17.
- [4] 董双林. 鲑鱼的放养对水质影响的研究进展[J]. *生态学杂志*, 1994, 13: 66-68.
- [5] GB/T 15101-1994, 中国明对虾养成技术规范[S].
- [6] 刘宗柱. 凯氏定氮法测定牙鲆肌肉粗蛋白含量方法的改进[J]. *海洋科学* 1999, (6): 1-3.
- [7] 洪华生. 春季厦门港九龙江口各种形态磷的分布与转换[J]. *海洋环境科学*, 1989, 8(2): 1-10.
- [8] Wu, R S S. The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1995, 31: 159-166.
- [9] Brown J R, Gowen J R, McLusky S D. The effects of salmon farming on the benthos of a Scottish sea loch[J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1987, 109: 39-51.
- [10] Wright R T, Coffin R B, Erising C P, et al. Field and laboratory measurements of bivalves filtration of natural marine bacterioplankton[J]. *Limnol Oceanogr*. 1982, 27, 91-98.
- [11] Mociusaac H L. Filtering impacts of larval and sessile sebra mus-

- sels in Western Lake Erie[J]. *Oecologia*. 1992,92,30-39.
- [12] Dame R F, Zingmark R G, Stevenson I H, et al. Filter feeder coupling between the estuarine water column and benthic subsystems[A]. *Estuarine Perspectives* [C]. New York: Academic Press, 1980. 521-526.
- [13] Jones A B, Preston N P. Oyster filtration of shrimp farm effluent, the effects on water quality[J]. *Aquacult Res*, 1999, 30: 51-57.
- [14] Newell R I E, Jordan S J. Preferential ingestion of organic material by the American oyster, *Crassostrea virginica*[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1983, 13: 47-53.
- [15] Dame R F. *Ecology of Marine Bivalves: An Ecosystem Approach* [M]. New York: CRC Press, 1996.
- [16] 王芳,董双林. 海湾扇贝和太平洋牡蛎的食物选择性及滤除率的实验研究[J]. *海洋与湖沼*, 2000,31(2):139-144.
- [17] Weston D P. Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient[J]. *Mar Eco Progr Ser*, 1990,61:233-244.
- [18] Wildish D J, Keizer P D, Wilson A J, et al. Seasonal changes of dissolved oxygen and plant nutrients in seawater near salmonid net pens in the Macotidal Bay of Fundy[J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 1993,50:303-311.
- [19] Wu R S S, Lam K S, MacKay D W, et al. Impact of marine fish farming on water quality and bottom sediment: a case study of the sub-tropical environment[J]. *Mar Environ Res*, 1994,38:115-145.

Organic loading assessments of sediments in shrimp-oyster polyculture

SU Yue-peng, MA Shen, ZHANG Zhe

(The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Eighteen mariculture enclosures (10 m × 10 m) were built in a shrimp pond of Rushan Gulf (Shandong Province) from April to July 2002, in which the organic loading of assessment of sediments were determined by the relative pollutant indexes (I_p) of three multiple contamination factors N, S and P. In this experiment, different densities of oyster (*Crassostrea gigas*) at 0 (control, group I), 126.7 (group II), 253.4 (group III), 496.3 (group IV), 1 003.2 (group V) and 1 246.1 g/m³ (group VI) were set with identical shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) density at 4.5×10^6 prawns/hm², and three replications were set for each treatment. The experiment period was 30 d. The levels of N, S and P in sediments were monitored at the intervals of 10 d and the I_p of three multiple contamination factors N, S and P were analyzed to assess the organic loading of sediment in each enclosure. The results show that with the culture time lasting, the contents of N, S and P increased obviously in sediments. In different polytreatment, I_p differed very much and the I_p vs Group curve showed valley-shaped that groups IV and V were at the curve bottom, both I_p lower than the controls. The values of I_p followed the order: II ($I_p = 98.14$) > III ($I_p = 60.64$) > IV ($I_p = 33.05$) > V ($I_p = 29.68$) < VI ($I_p = 126.85$). Group V was at the lowest point in terms of I_p , implying the optimum mixed densities of oyster and shrimp was 1 003.2 g/m³ to 4.5×10^6 prawns/hm².

Key words: oyster; shrimp; sediment loading; polyculture