

生物絮团对水质的调控作用及仿刺参 (*Apostichopus japonicus*)幼参生长的影响*

李 斌 张秀珍 马元庆 王 斌 宋向军 刘义豪 刘爱英 白艳艳
靳 洋 任利华 孙玉增 邢红艳 王忠全 宋秀凯

(山东省海洋资源与环境研究院 山东省海洋生态修复重点实验室 烟台 264006)

摘要 采用模拟实验与现场实验相结合的方法,通过添加 3 种生态制剂及碳水化合物作为碳源,研究了其在生物絮团形成与水质调节中的作用,并分析了其对水中无机氮含量、悬浮物、细菌总数及幼参生长的影响,为阐明生物絮团在刺参工厂化苗种培育中的生态环境调控作用提供依据。结果表明,亚硝态氮易于在培育池水体中累积,可高达 0.25 mg/L;添加芽孢杆菌后,水中总悬浮物含量和细菌总数均为最高值,且未检测到弧菌和大肠菌群;第 20 天,仅添加蔗糖组幼参增重与特定生长率均明显高于其他复合碳源组和对照组($P < 0.05$),分别为 44.34 g 和 2.19%/d;而添加蔗糖和芽孢杆菌组增重与特定生长率均明显高于其他处理组和对照组($P < 0.05$),分别为 66.60 g 和 3.01%/d;复合碳源组幼参增重与特定生长率随着玉米淀粉含量增加而逐渐降低,但与对照差异均不显著($P > 0.05$)。结果显示,以蔗糖为碳源,添加芽孢杆菌形成的生物絮团不仅可以改善水体水质和微生态结构,还可以明显促进幼参的生长。

关键词 生物絮团;水质;调控作用;仿刺参;生长

中图分类号 S963 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2014)04-0085-06

近年来,仿刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)苗种工厂化培育得到了快速推广,大大促进了刺参产业发展。但这种高密度集约化养殖方式在产量大幅提高的同时也带来了一些负面影响,如养殖排放水中无机氮负荷过大,易造成水质恶化、病害流行等(姜红等, 2000; 李成林等, 2010)。生物絮团技术(Biofloc technology, BFT)是一种新兴的改善养殖水体水质的生态养殖技术(Avnimelech, 2006),融合了高效和环境友好理念,在降低养殖成本和减轻养殖污染等方面具有明显优势。BFT 是指在可控条件下,将异养细菌和微藻共同培养形成不规则的絮团状微生物聚集体,

具有净化水质和为养殖动物提供饵料等作用(Avnimelech, 2012),在集约化水产养殖业中具有广泛的应用前景。近几年来,国内对生物絮团也开展了一些研究(张许光等, 2013; 胡修贵等, 2013),在刺参苗种培育中对幼参生长、成活等方面的研究还极少(李爽等, 2011),尤其是生物絮团的形成条件、水质调控效果以及对幼参生理和免疫的影响研究还鲜见报道。本文研究了生物絮团形成中菌群调控及其对水中无机氮含量、微生物数量及仿刺参幼参生长等的影响,为阐明生物絮团在工厂化刺参苗种培育中的生态环境调控作用提供依据。

*山东省农业重大应用技术创新项目(2011-2013)、海洋公益性行业科研专项(201305005)、海洋经济创新发展区域示范项目(20130125)和水生动物营养与饲料“泰山学者”岗位项目(2007-2012)共同资助。李 斌, E-mail: albert0722@163.com

通讯作者: 张秀珍, 研究员, E-mail: zxz0535501@126.com

收稿日期: 2013-08-06, 收修改稿日期: 2013-09-25

1 材料与方 法

1.1 实验材料和试剂

刺参幼参由山东省海洋与渔业厅黄河三角洲海洋渔业科研推广中心提供,平均体重(0.9±0.4) g/头,实验于2012年7-8月在该中心进行。

试剂:实验用碳源(蔗糖和玉米淀粉)购自烟台家家悦超市;光合细菌(沼泽红假单胞菌 *Rhodospseudomonas palustris*, 10^{11} CFU/ml)、海洋红酵母(*Rhodotula benthica*, 1.2×10^{10} CFU/ml)和复合芽孢杆菌(枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*、地衣芽孢杆菌 *Bacillus licheniformis*, 3×10^9 CFU/g)分别购自广东广州利健药业有限公司、大连蛟龙水产饲料开发中心和烟台大乐饲料有限公司。

1.2 实验设计

培育水体不同环境水质背景值分析。选择近岸自然海水(WH)、沉淀池水(CD)和培育池水(YZ1和YZ2,换水后24 h取样)共4组,取水样测定其pH和无机氮指标。

模拟试验,分析不同微生态制剂调节水质及形成絮团的作用。采用300 L塑料水槽进行微生态制剂调控水质和生物絮团形成实验,水体体积为250 L。开始时加入蔗糖和氯化铵溶液,使水体蔗糖与氮元素终浓度分别为3.43、0.2 mg/L(C/N值为20);添加3种微生态制剂(光合细菌、海洋红酵母和复合芽孢杆菌,分别记作Gh、Jm、Yb),使实验槽的终浓度达到 10^4 CFU/ml,持续充气。对照组(Ctr)不添加蔗糖。分别在2、48、96、144、192 h取水样测定pH、无机氮,96、192 h时取样测定总悬浮物,192 h时测定细菌总数。

分析生物絮团对幼参培育池水体水质的调节作用。采用300 L塑料水槽进行刺参苗种培育试验。处理组(T)添加蔗糖(按4.0 mg/L的量添加)和芽孢杆菌(终浓度达到 10^4 CFU/ml)制备生物絮团,每两天添加1次;不添加碳源和芽孢杆菌的为对照组(BI)。每组设3个平行,每槽投放幼参(143.9±6.9) g。水体体积为250 L,整个实验期间盐度为30-32,持续充气。每天09:00、16:00按照幼参体重的2%和3%投喂配合饲料。研究进行7 d,分别在第1、3、5、7天取水样测定pH、无机氮。

分析生物絮团对幼参生长的影响。采用300 L塑料水槽进行生物絮团制备和刺参苗种培育试验。以蔗糖和玉米淀粉为基础成分,配制不同组成(蔗糖:玉米淀粉,10:0、6.7:3.3、5:5、3.3:6.7共4种,分别

记作Zt、6.7:3.3、5:5、3.3:6.7)的碳源;添加芽孢杆菌组(YB,以蔗糖为碳源)实验槽的终浓度达到 10^4 CFU/ml;每4 d抽底换水1次,每次换水量为1/2;每次换水后等量补充碳源或芽孢杆菌,碳源按4.0 mg/L的量进行添加。不添加碳源和芽孢杆菌的为对照组(Ctr),每2 d全量换水1次。每组设3个平行,每槽投放幼参(80.5±0.2) g;水体体积为250 L,整个实验期间水温为18.2-21.9℃,盐度为30-32,持续充气。每天09:00、16:00按照幼参体重的2%和3%投喂配合饲料。第20天时,收集幼参并称重,计算其增重(g)和特定生长率(SGR, %/d)。

1.3 样品采集与测定

海水样品的采集、分析方法均参照《海洋监测规范》(GB17378-2007)进行。pH、无机氮、总悬浮物、细菌总数、大肠菌群和弧菌数量分别采用pH计法、分光光度法、重量法、平板计数法、发酵法和平板计数法。总悬浮物、细菌总数用以表征生物絮团的形成与状态,大肠菌群和弧菌数量用于指示水体中有害菌的数量。

1.4 数据处理

采用SPSS 17.0软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),采用Duncan多重比较进行差异显著性分析, $P < 0.05$ 视为具有显著性差异,用小写字母或星号进行标注。特定生长率(SGR)计算公式为:

$$SGR(\%/d) = (\ln W_2 - \ln W_1) \times 100\%/t$$

式中, W_1 、 W_2 分别代表实验开始和结束时幼参的总重量(g), t 代表实验进行的时间(d)。

2 结果与分析

2.1 培育水体不同环境水质pH和无机氮含量

对幼参育苗场不同地点水体pH分析结果表明,近岸自然海水pH值(8.06)经沉淀池(8.42)沉淀后明显升高,而通过换水进入幼参培育池24 h后则又降至8.0左右($P < 0.05$)(图1)。各采样点水体pH值均符合渔业水质标准。

对育苗场水体无机氮含量分析表明,近岸海水氨氮(0.0745 mg/L)经沉淀池(0.0258 mg/L)沉淀后明显降低,而进入幼参培育池后又随之显著升高($P < 0.05$);亚硝氮的变化趋势与氨氮类似,沉淀池中的亚硝态氮浓度(0.0151 mg/L)比近岸海水(0.0896 mg/L)降低了80%以上,而培育池换水后24 h水体中的亚硝态氮含量迅速升高至0.14-0.25 mg/L,其累积速率明显大于

氨氮(图2)。研究表明,在幼参苗种培育过程中,亚硝态氮易于在水中累积,应注意进行水质调节。

渔业水质标准要求,且处理组在 4 d 内较为稳定。

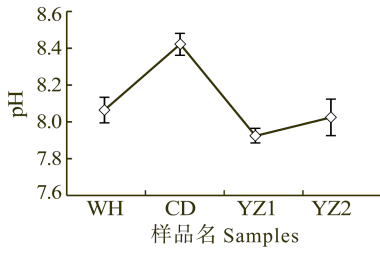


图 1 不同采样点水质 pH 值
Fig.1 pH of water at different sites

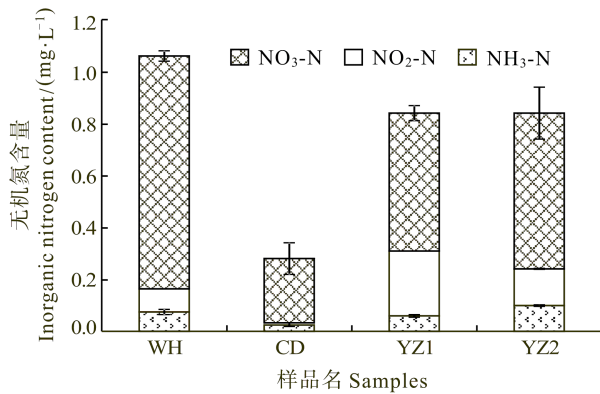


图 2 不同采样点水质无机氮含量
Fig.2 Content of inorganic nitrogen in water at different sites

2.2 添加蔗糖和微生态菌剂对水质的调控作用

处理组水体 pH 值均呈先降低后升高的趋势,然后趋于稳定。对照组 Ctr 的 pH 值变化范围为 8.1–8.2,变化不大(图 3);96 h 内,3 个处理组 pH 值均呈逐渐降低趋势,但变化均不明显($P > 0.05$);第 144 小时,各组均明显升高至 8.4 以上($P < 0.05$),第 192 小时时态均维持在同一水平。实验期间,各组 pH 值均符合

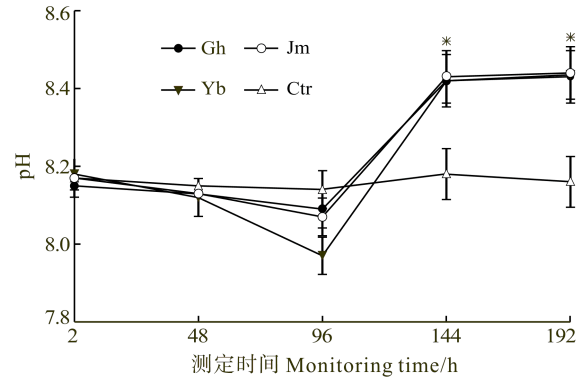


图 3 水质 pH 值随时间的变化
Fig.3 Time-course of pH value of water at different sites

水体中的氨氮含量分析表明,48 h 时,Yb 组和 Jm 组的氨氮即明显降至 0.15 mg/L 以下,且 Yb 组为最低值(0.1414 mg/L),而 Gh 组和对照 Ctr 组则降低不明显(表 1);96 h 时,3 个处理组氨氮浓度均明显低于 Ctr 组($P < 0.05$);192 h 时,氨氮均又有所升高,但与第 144 小时相比变化并不显著($P > 0.05$)。4 d 内芽孢杆菌对氨氮的去除效果优于光合细菌,与海洋红酵母相当。亚硝态氮变化趋势显示,总体均呈逐渐升高的趋势。Gh 组从 96 h 开始逐渐升高,Jm 组在 144 h 后升高显著,而 Yb 组第 48 h 时明显降低至 0.01 mg/L,之后逐渐升高;第 192 小时时 3 组均升至最高值,但均明显低于对照($P < 0.05$)。芽孢杆菌组亚硝态氮的累积总体上比其他组慢。

2.3 添加蔗糖和微生态制剂在絮团形成中的作用

3 种微生态制剂对水体中总悬浮物含量的影响也存在差异。第 96 小时,3 个处理组水体中总悬浮物含

表 1 水质氨氮和亚硝态氮含量随时间的变化
Tab.1 Variation of ammonia and nitrite nitrogen versus time in water at different sites

无机氮含量 Inorganic nitrogen (mg/L)	组名 Group	测定时间 Monitoring time(h)				
		2	48	96	144	192
NH ₃ -N	Gh	0.174	0.158	0.058	0.071	0.072
	Jm	0.173	0.144	0.051	0.046	0.069
	Yb	0.184	0.141	0.055	0.077	0.093
	Ctrl	0.169	0.160	0.137	0.114	0.119
NO ₂ -N	Gh	0.010	0.010	0.014	0.018	0.023
	Jm	0.007	0.009	0.008	0.016	0.019
	Yb	0.014	0.010	0.019	0.022	0.027
	Ctrl	0.012	0.010	0.019	0.029	0.034

量由低到高为 Gh < Jm < Yb, 但 Gh 组与对照 Ctr 差异不显著($P > 0.05$)。第 192 小时个处理组均明显高于对照, Gh 组和 Jm 组差异不显著, 总悬浮物含量为 0.13 g/L 左右; 而 Yb 组最高($P < 0.05$), 达 0.15 g/L 以上(图 4)。结果表明, 在水体中添加芽孢杆菌和碳源后总悬浮物含量升高, 添加芽孢杆菌 96 h 时即可形成一定量的生物絮团。

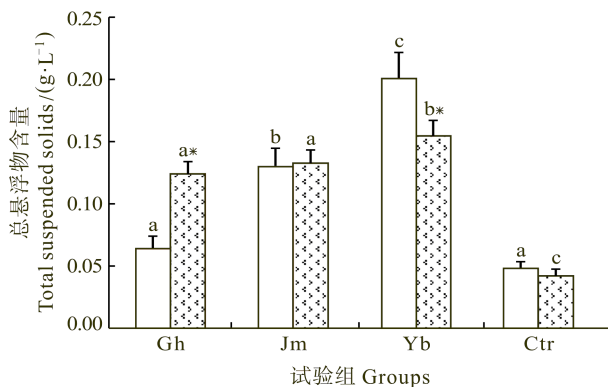


图 4 3 种微生物制剂对水体中的总悬浮物含量的影响

Fig.4 Effects of three probiotics on the content of total suspended solid in water

字母表示同一时间不同组间差异显著性, 星号表示同一组内不同时间的差异显著性

Letters indicate significances among different groups in the same period. Asterisks indicate significances among different sampling periods in the same group

3 种微生物制剂对水体中细菌总数的影响与总悬浮物含量的相似。Gh 组和 Jm 组细菌总数均为 1.6×10^4 CFU/ml 左右, 与对照 Ctr 组差异均不显著($P > 0.05$), 在 Gh 和 Ctr 组中还检测到大量的大肠菌群和弧菌; 而 Yb 组则明显高于其他两组和 Ctr 组($P < 0.05$), 达到 2.15×10^4 CFU/ml 以上(图 5), 且未检测到弧菌和大肠菌群。结果表明, 在水体中添加芽孢杆菌和碳源后,

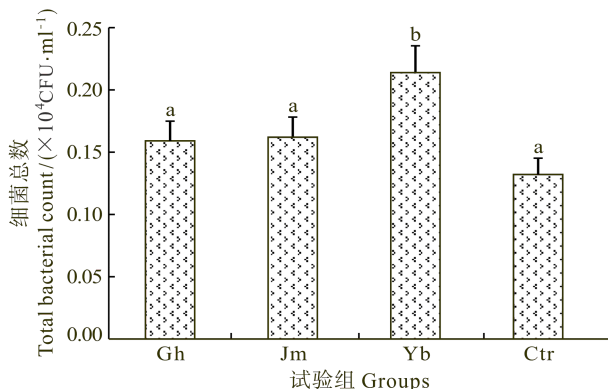


图 5 3 种微生物制剂对水体中的细菌总数的影响

Fig.5 Effects of three probiotics on the total bacterial count in water

有助于细菌总数升高和抑制有害菌的繁殖, 芽孢杆菌可能有助于改善生物絮团群落结构组成。

2.4 生物絮团系统中幼参培育池水质的变化

以蔗糖为碳源, 添加芽孢杆菌形成的生物絮团对幼参培育池中的水体水质具有明显的净化作用。两组 pH 均在 8.11–8.24 范围内, 差异不大。对水体氨氮和亚硝态氮连续监测结果表明, 处理组(T)与对照组(BI)氨氮均呈先升高后降低的趋势, 实验期间 T 组氨氮均低于 BI, 尤其 3 d 后差异显著($P < 0.05$); 5 d 后, T 组水中氨氮含量均在 0.01 mg/L 以下。BI 组亚硝态氮浓度随时间呈升高趋势, 而 T 组呈波动性变化, 3 d 后 T 组显著低于 BI 组($P < 0.05$)。

2.5 碳源及芽孢杆菌在生物絮团系统中对幼参生长的影响

以蔗糖为碳源, 添加芽孢杆菌形成的生物絮团对幼参增重和 SGR 影响明显, YB 组增重与 SGR 均明显高于其他处理组和对照 Ctr($P < 0.05$), 分别为 66.60 g 和 3.01%/d(表 3); 其次是仅添加蔗糖作为碳源的 Zt 组, 其增重与 SGR 也明显高于复合碳源组和对照($P < 0.05$), 分别为 44.34 g 和 2.19%/d; 其他 3 组复合碳源组幼参增重与 SGR 均低于对照, 且随着玉米淀粉含量增加而逐渐降低, 但复合碳源 6.7 : 3.3 组与对照差异不显著($P > 0.05$)。这表明, 以蔗糖为碳源制备生物絮团能够促进幼参生长, 而定期添加以芽孢杆菌形成的生物絮团对幼参的促生长作用更加明显。

3 讨论

传统的集约化养殖都会引起水质 pH 下降, 排泄、残饵等溶出的营养盐和有机质是引起养殖自身污染的重要因素(计新丽等, 2000)。模拟养虾实验结果发现, 过量的虾饵在池底分解, 使水中 pH 由 8 降到 6(杨庆霄等, 1999)。本研究发现, 近岸自然海水经沉淀池沉淀后 pH 明显升高, 无机氮含量均显著降低; 幼参培育池中水体 pH 略低于自然海水, 而亚硝态氮含量明显升高(图 1、图 2), 结果与上述报道基本一致。沉淀池水体中总无机氮含量明显低于其他组, 这可能是因为水温较高, 浮游植物或微生物大量繁殖将无机氮吸收同化所致。刺参苗种培育池排放水中亚硝态氮含量增加, 一定程度上改变了近岸海水的营养盐结构, 可能对浮游生物生态结构产生一定影响(Cottingham, 1999)。

由乳酸菌群、酵母菌群、放线菌群和光合菌群等组成的复合微生物制剂可以稳定水体 pH, 降低无机

表 2 生物絮团对幼参培育池水质的影响
Tab.2 Effects of bioflocs on the water quality of juvenile *A. japonicus* breeding tanks

实验组名 Groups	测定时间与浓度 Monitoring time and concentrations							
	NH ₃ -N (mg/L)				NO ₂ -N (mg/L)			
	1 d	3 d	5 d	7 d	1 d	3 d	5 d	7 d
Bl	0.049 ^a	0.066 ^b	0.181 ^c	0.075 ^b	0.043 ^a	0.330 ^b	0.625 ^c	0.664 ^c
T	0.041 ^a	0.055 ^{b*}	0.009 ^{c*}	0.008 ^{c*}	0.046 ^a	0.138 ^{b*}	0.071 ^{a*}	0.158 ^{b*}

注: 上标字母表示同一组随时间变化的显著性, 星号表示不同组在同一时间的显著性

Note: Letters indicate significances among different sampling periods in the same group. Asterisks indicate significances among different groups in the same period

表 3 碳源及芽孢杆菌对生物絮团培育幼参的生长影响
Tab.3 Effects of carbon source and *Bacillus* on the growth of juvenile *A. japonicus* cultured with bioflocs

试验组名 Groups	Ctr	Zt	6.7 : 3.3	5 : 5	3.3 : 6.7	YB
增重 Weight increase(g)	39.30 ^a	44.34 ^a	38.10 ^a	32.07 ^b	31.33 ^b	66.60 ^c
特定生长率 SGR(%/d)	1.99 ^a	2.19 ^b	1.93 ^a	1.67 ^c	1.65 ^c	3.01 ^d

氮、磷和 COD 等, 具有明显的净化水质的效果(黎建斌等, 2011); 而通过向水体中添加有机碳源以调节 C/N 值在适当范围时, 芽孢杆菌能更好的发挥水质调节作用(孙运忠等, 2012)。研究表明, 添加葡萄糖使 C/N 比达到 10 时, 水中 10 mg/L NH₄⁺-N 在 5 h 内几乎全部被细菌所吸收, 且无硝酸盐和亚硝酸盐产生(Avnimelech, 1999)。本研究比较了 3 种益生菌对水质 pH、氨氮和亚硝态氮的调节作用。结果显示, 各组水体 pH 变化范围为 7.9–8.5, 均呈先降低后升高的趋势, 然后趋于稳定(图 3); 同时, 微生物剂具有一定的无机氮去除作用(表 1), 与上述报道结果一致。通过向水体中添加蔗糖调节 C/N 值后, 3 种微生物制剂对水中总悬浮物和细菌总数的影响也存在差异, 表明其在生物絮团形成和结构等方面亦有不同。结果表明, 添加芽孢杆菌组的总悬浮物含量和细菌总数均明显高于其他组(图 4、图 5), 芽孢杆菌可能更利于生物絮团的快速形成和较高微生物活性, 并能改善菌群结构组成, 可能更有利于生物絮团发挥作用。刺参培育池水质监测结果也表明, 以蔗糖为碳源, 添加芽孢杆菌形成的生物絮团对幼参培育池水体水质具有明显的净化作用, 能快速去除水中的氨氮和亚硝态氮(表 2), 但其去除亚硝态氮的作用与效果有待进一步改善和提高。

微生物制剂能提高刺参消化酶活性和免疫活性(王娇等, 2012), 而由芽孢杆菌和光合细菌发酵制成的生物絮团不仅具有调节水质的作用, 还能明显促进虾类的生长和存活(孙运忠等, 2012)。本研究比较了芽孢杆菌及几种不同碳源对生物絮团促进幼参生长作用的差异, 结果表明, 仅添加蔗糖的 Zt 组增重与

SGR 明显高于其他复合碳源组和对照, 而 YB 组增重与 SGR 也均明显高于其他处理组和对照(表 3)($P < 0.05$)。因此, 以蔗糖为碳源, 并添加芽孢杆菌形成生物絮团能显著提高仿刺参幼参的生长。向养殖水体中添加益生菌不仅可以改善水体微生态结构, 还可以改良水质, 但是益生菌添加技术也存在难以形成优势菌等诸多问题。因此, 如何通过分离土著益生菌和促进其在水体中稳定繁殖成为一个研究的重点(刘忠颖等, 2010), 如何加强益生菌在生物絮团技术中的应用研究也是亟待解决的问题。结合益生菌技术, 生物絮团技术在刺参苗种培育与养成中将具有较广泛的应用前景, 而相关基础研究与技术集成优化等工作亟待加强。

参 考 文 献

- 计新丽, 林小涛, 许忠能, 等. 海水养殖自身污染机制及其对环境的影响. 海洋环境科学, 2000, 19(4): 66–71
- 王娇, 王寅, 梁晶晶, 等. 益倍康对刺参生长、消化和免疫相关指标的影响. 河北渔业, 2012, (5): 1–4
- 刘忠颖, 刘洋, 鲍相渤, 等. 水产养殖益生菌的研究进展. 水产科学, 2010, 29(8): 500–504
- 孙运忠, 赵培, 王彦怀, 等. 添加红糖和芽孢杆菌对日本囊对虾室内集约化养殖水质的调控作用. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 70–76
- 李成林, 宋爱环, 胡炜, 等. 山东省刺参养殖产业现状分析与可持续发展对策. 渔业科学进展, 2010, 31(4): 126–133
- 李爽, 李耕, 潘玉洲, 等. 生物絮团技术对工厂化养殖海参生长及存活率的影响. 科学养鱼, 2011, (11): 65–66
- 杨庆雷, 蒋岳文, 张昕阳, 等. 虾塘残饵腐解对养殖环境影响的研究(). 海洋环境科学, 1999, 18(2): 11–15
- 国家质检总局, 国家标准化委员会. 海洋监测规范. 北京: 中

- 国标准出版社, 2007
- 姜红, 李月红, 黄权. 养殖水体的有机物负荷及其减轻对策. 中国水产, 2000, (2): 32–33
- 黎建斌, 何为, 周宇, 等. 底改型微生物净水剂对对虾养殖水体的修复作用. 南方农业学报, 2011, 42(2): 209–212
- 张许光, 赵培, 王国成, 等. 不同放苗密度凡纳滨对虾生物絮团养殖的环境和产出效应. 渔业科学进展, 2013, 34(3): 111–119
- 胡修贵, 赵培, 李玉宏, 等. 生物絮团中异养亚硝化菌的分离鉴定及其特性. 渔业科学进展, 2012, 34(5): 97–103
- Avnimelech Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 1999, 176(3–4): 227–235
- Avnimelech Y. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 2006, 34(3): 172–178
- Avnimelech Y. *Biofloc Technology—Practical Guide Book*, 2d Edition. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2012, 81
- Cottingham KL. Nutrients and zooplankton as multiple stressors of phytoplankton communities: Evidence from size structure. *Limnol Oceanogr*, 1999, 44(3): 810–827

(编辑 陈严)

Effects of Bioflocs on the Water Quality Control and the Growth of *Apostichopus japonicus*

LI Bin, ZHANG Xiuzhen, MA Yuanqing, WANG Bin, SONG Xiangjun, LIU Yihao, LIU Aiyang, BAI Yanyan, JIN Yang, REN Lihua, SUN Yuzeng, XING Hongyan, WANG Zhongquan, SONG Xiukai
(Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecology Restoration, Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006)

Abstract Due to a rapid development in artificial breeding of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka), excessive inorganic nitrogen and organic matters in the discharged water greatly increases the eco-environmental pressure. Bioflocs technology could be a solution to this issue. In this study, we first examined the water quality in breeding ponds of juvenile sea cucumber. Then we added carbohydrates as carbon source and three probiotics into the water, and explored the effects of these additives on biofloc formation and the water quality. We also analyzed the inorganic nitrogen content, the total suspended solids content, the total bacterial count, and the growth of *A. japonicus* in the presence of the additives. The goal of our study was to provide references about the effects of bioflocs on the ecology and environment in juvenile sea cucumber culture industry. In accordance to the Specification for Marine Monitoring periodical analysis of the water quality was conducted through simulation tests and field experiments. The body weight gain and the special growth rate of juvenile sea cucumbers were also evaluated in the bioflocs system. The results showed that the nitrite nitrogen was readily to accumulate up to 0.25 mg/L. After the addition of *Bacillus*, the total suspended solids and the total bacterial count in the water both reached their highest values, and *Vibrio* and coliforms were not detected. On the 20th day, the body weight gain (44.34 g) and the special growth rate (2.19%/d) of *A. japonicus* treated with pure sucrose were significantly higher than those with mixed carbon sources and those in the control group; The weight gain and the special growth rate in the *Bacillus* and sucrose group were the highest among all treatments, up to 66.60 g and 3.01%/d respectively ($P < 0.05$). The two parameters in groups treated with mixed carbon sources decreased gradually with the increase in corn starch content. In conclusion, in the presence of sucrose as the carbon source, bioflocs formed with *Bacillus* could improve the water quality, the structure of the microbial community, and the growth of juvenile sea cucumber.

Key words Bioflocs; Water quality; Regulation; *Apostichopus japonicus* (Selenka); Growth