

基于腺带刺沙蚕和细基江蓠调控水环境的池塘养殖模式研究

林更铭, 项 鹏, 杨清良

(国家海洋局 第三海洋研究所, 福建 厦门, 361005)

摘要: 本研究构建了生态位互补的凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)、黄鳍鲷(*Sparus latus*)、鲮鱼(*Mugil cephalus*)、腺带刺沙蚕(*Neanthes glandicineta*)和细基江蓠(*Gracilaria tenuistipitata*)的生态养殖模式。结果表明, 腺带刺沙蚕和细基江蓠不仅能对虾池污染环境起生物修复作用, 而且经济效益显著增加。实验池的营养盐和化学需氧量均明显低于未套养腺带刺沙蚕和细基江蓠的对照池, 铵盐、总氮、活性磷酸盐和化学需氧量分别下降了 51.57%、31.69%、43.33% 和 15.65%, 与对照池存在极显著差异($P < 0.01$); 饵料系数从 1.52 下降到 1.47, 投入产出比从 0.57 下降到 0.50。

关键词: 生态养殖; 生物修复; 经济效益; 生态效益

中图分类号: S968

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2011)09-0062-06

对虾养殖病害的蔓延主要是由于养殖品种单一、食物链关系简单和饵料利用率低, 特别是塘底有机物积累导致分解性细菌剧增所致。为此, 国内专家和业者在虾类病害的生态防治技术方面作了大量工作, 除了直接从微生态方面着手外^[1-5], 还探索对虾与鱼、贝、蟹、参、藻等混养试验^[6-11]。申玉春等^[12]建立了一种虾、贝、藻优化养殖结构及水质调控系统, 该系统包括对虾养殖、鱼类养殖、贝类养殖、大型海藻栽培等 4 个功能不同的养殖区, 1 个益生菌及微藻培养区、1 个水处理区和 1 条应急排水渠。该养殖模式除对虾养殖区外其他各类功能养殖区和水质处理区均占了很大比例的面积, 虽然饵料利用率提高, 但亩产却下降, 而且池塘设计工艺复杂, 资金投入大, 只适合于养殖规模和实力较大的养殖公司。本研究以腺带刺沙蚕作为主要修复生物, 将对虾与黄鳍鲷、鲮鱼、细基江蓠在同池进行生态养殖, 该养殖模式比较容易在资金和规模较小的广大个体养殖户中推广。

沙蚕科(Nereidae)种类是吞咽型食性的底栖生物, 能摄食底泥中的沉积物、有机碎屑、微生物等有机污染物, 在养殖污染环境的生物修复方面比贝类等具有明显的优势, 常用于海洋污染底质原位修复^[13-14]。近年来, 各地在沙蚕对虾池底质的生物修复方面作了许多有益的尝试^[15-17]。本研究所用的腺带刺沙蚕(*Neanthes glandicineta*)隶属于多毛纲沙蚕目(Nereidida)沙蚕科(Nereididae)沙蚕亚科刺沙蚕属(*Nereis*), 因其个体较大(最大可达 7cm), 春、秋两季

生殖, 具有较高的经济价值, 可进行人工繁殖, 适盐范围广, 且具有较强的耐污性, 因而长期以来广受水产科研和养殖业者的青睐^[18-20]。

1 材料与方 法

1.1 实验条件

实验于 2009 年 4 月 3 日~7 月 26 日在福建省漳州龙海市海澄镇大成农场进行。实验塘面积约 0.60 hm², 水深 0.7~1.5 m, 虾池的底质泥质型, 水车式增氧机每池 2 台(1.5 kW)。对照池面积、水深和生产设施与实验池基本一致。养殖期间池塘的水温在 18.2~32.5℃, 盐度变化幅度在 5~12。

1.2 实验材料

1.2.1 主体养殖品种

凡纳滨对虾规格 0.8~1 cm, 放养密度 120 万尾/hm²。

1.2.2 搭养品种

黄鳍鲷规格为 4~6 cm, 放养密度为 5 500 尾/hm²; 鲮鱼规格为 4~6 cm, 放养密度为 3 500 尾/hm²。

1.2.3 修复生物

细基江蓠(*Gracilaria tenuistipitata*)的投放密度为 3 000 kg/hm²; 腺带刺沙蚕来源于对虾越冬池留养

收稿日期: 2010-06-28; 修回日期: 2011-01-06

基金项目: 科技部公益项目(200905009-3); 福建省科技厅重点项目(2009N0037)

作者简介: 林更铭(1965-), 男, 福建泉州人, 副研究员, 主要从事海水养殖和海洋生态研究, 电话: 0592-2195261, E-mail: lgm000888@163.com

的成体及移植海区天然的卵子、幼体。实验结束时排干池塘水,采用人工挖泥法挖取 50 cm × 50 cm × 30 cm 的泥,用孔径为 1 mm 的筛绢分离计数,密度达 6 000 条/m² 以上。

1.3 实验方法和生产管理

1.3.1 实验方法

1.3.1.1 实验池

不清塘消毒,在 4 月初腺带刺沙蚕繁殖高峰期向虾池纳潮水,移植海区天然沙蚕卵子、幼体,与越冬池留养的成体一起培养成优势种群,密度 6 000 条/m²;4 月 3 日从漳浦购买广盐性和耐高温的细基江蒿,直接投放在虾池周边水深在 30 ~ 70 cm 的浅水区,同时在池中央以鱼网吊养,使藻体悬浮在表面到 30 cm 的水层,投放密度为 3 000 kg/hm²。放养后两个月开始收获,每 20 d 可采捞一次,采捞时留 3 500 kg/hm² 作为藻种,让其继续生长。4 月 8 日和 12 日分别在不同暂养池放养凡纳滨对虾和黄鳍鲷。另外,5 月上旬利用纳潮时采集海区天然的鲷鱼苗,密度约为 3 500 尾/hm²。

1.3.1.2 对照池

按以往做法用茶子饼进行消毒,可发现池底有大量的腺带刺沙蚕被杀死,不套养细基江蒿。凡纳滨对虾、黄鳍鲷和鲷鱼苗的放养密度与实验池相同。

1.3.2 生产管理

1.3.2.1 暂养

先将凡纳滨对虾和黄鳍鲷分开暂养,等凡纳滨对虾生长到 5 cm 以上才与黄鳍鲷混养,以防被凶猛性黄鳍鲷残食。而这时又是对虾发病的高发期,黄鳍鲷能起着“安保”的作用,将体质弱、活动能力差的病虾吃掉,从而有效防止对虾疾病的发生和传播。

1.3.2.2 投饵

虾苗放养 7 d 内不投饵,以后每日投喂 2 次人工配合饵料,早晨投喂量占 40%,傍晚占 60%,并视残饵情况及时调整投饵的数量及次数。

1.3.2.3 水质调控

对照池前期只添水不换水,中、后期每月月初和中旬大潮期间各换水两次。养殖 20 d 后第一次施用芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)制剂 1.5 mg/dm³,以后相隔 15 d 添加 0.5 mg/dm³;实验池只添水,基本不换水。因水质较为稳定,也不施用益生菌。

1.3.2.4 池塘改造工艺与设备

采用目前较先进的方形切角水池,周边较浅,

以便放养江蒿,池底向中央略倾斜。池塘对角安装两台增氧机,使充氧时水流带动底层沉积污染物向中央集中,以便于沙蚕的摄食。以渔网吊养江蒿可防止被黄鳍鲷和鲷鱼啃食,同时可根据水温和透明度升降渔网的水位,使江蒿处于适宜的生长条件。

1.4 检测指标与数据处理

1.4.1 检测指标

每隔 7 d 左右用 2L 有机玻璃采水器分别于进水口、出水口和中央区采集 3 个水样,测定养殖水体的营养盐和化学需氧量,具体测定方法如下:

氨氮(NH₃-N): 次溴酸钠氧化法。

总氮(TN): 过硫酸钾氧化法。

活性磷酸盐(PO₄³⁻-P): 磷钼蓝分光光度法。

化学需氧量(COD): 碱性高锰酸钾法。

1.4.2 数据处理

数据分析应用 SPSS13.0 和 EXCEL 软件,实验组与对照组间的差异性分析采用 Student's t-test 检验, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 生态效益分析

随着养殖时间的延长,底质中有机物质的矿化分解和生物代谢所产生的营养盐逐渐增加。实验池氨氮含量平均为 0.077 mg/L,变化范围在 0.026 ~ 0.126 mg/L,对照池氨氮含量平均为 0.159 mg/L,变化范围在 0.067 ~ 0.320 mg/L,实验池比对照池低 51.57%;实验池总氮含量平均为 1.399 mg/L,变化范围在 0.271 ~ 2.725 mg/L,对照池总氮含量平均为 2.048 mg/L,变化范围在 0.280 ~ 3.926 mg/L,实验池比对照池低 31.69%;实验池活性磷酸盐含量平均为 0.017 mg/L,变化范围在 0.009 ~ 0.027 mg/L,对照池活性磷酸盐含量平均为 0.030 mg/L,变化范围在 0.016 ~ 0.056 mg/L,实验池比对照池低 43.33%。对照池部分营养盐虽然随着中、后期换水而排出,但仍极显著高于实验池(配对 t -检验, $P < 0.01$)(图 1 ~ 图 3),这与实验池套养的细基江蒿大量吸收营养盐且通过采捞非常容易从养殖水体去除有关。比较图 1 ~ 图 3 还可看出,养殖后期氨氮的降幅最大,这是因为江蒿在 3 种价态的无机氮(NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N)中优先吸收 NH₄-N,对 NO₃-N 的吸收仅在 NH₄-N 浓度很低或耗尽时才发生^[21,22]。这对水生动物更具有意义,因为氨会抑制鱼虾血液的携氧能力、重要化合

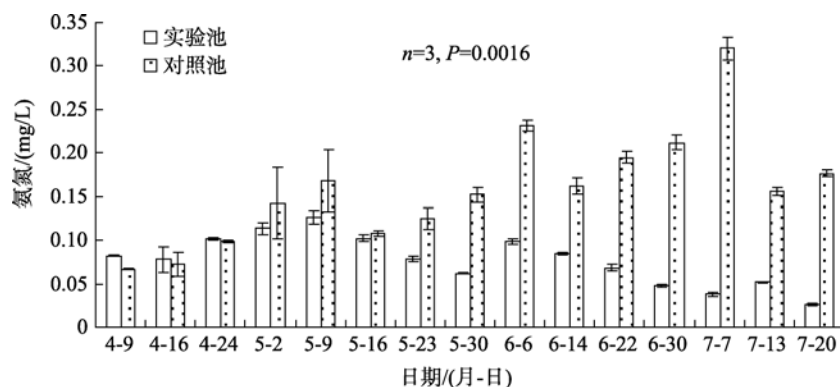


图1 实验池与对照池氨氮含量的比较

Fig. 1 Comparison of NH₃-N of the experimental pond and the control pond

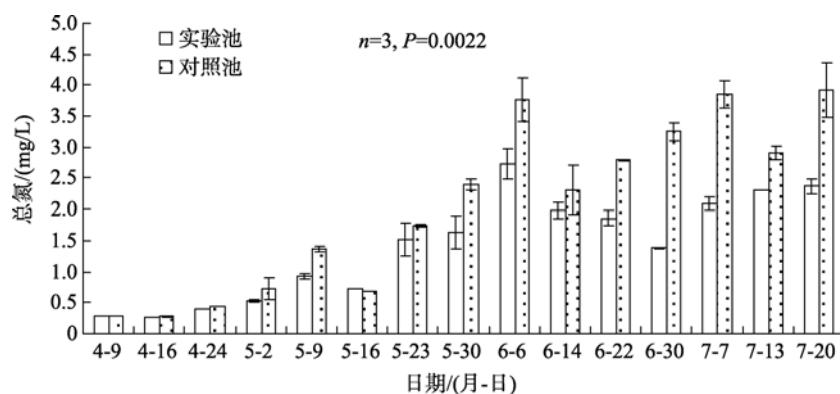


图2 实验池与对照池总氮含量的比较

Fig. 2 Comparison of TN of the experimental pond and the control pond

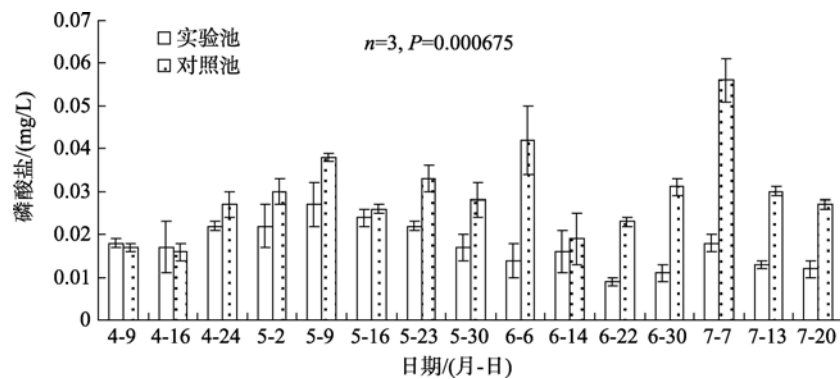


图3 实验池与对照池活性磷酸盐含量的比较

Fig. 3 Comparison of PO₄³⁻-P of the experimental pond and the control pond

物的氧化及损坏器官。

随着养殖时间的延长,大量残饵和代谢物等有机物沉积于池底或悬浮于水中,池塘中COD值逐渐上升,但实验池上升趋势较缓慢(图4)。实验池COD值平均为3.72 mg/L,变化范围在1.06~6.24 mg/L,对照池COD值平均为4.41 mg/L,变化范围在0.86~

7.22 mg/L,实验池比对照池低15.65%,两者之间差异极显著($P < 0.01$),这与腺带池沙蚕对池底沉积性有机物的摄食有关。沙蚕能摄食过剩的残饵和底质中沉积的颗粒有机物,将其转化为自身蛋白质。同时营穴居生活的沙蚕由于刚毛的不断划动而增加了池底的溶解氧,促进底泥有机物质的氧化和无机盐的

释放。然而，与营养盐相比，COD 值的降幅较少，这是由于养殖密度较高，为防止不同养殖品种的互相

残食而适当加大投喂量，而仅靠自然繁殖的沙蚕数量有限，不能充分摄食过剩残饵等有机污染物。

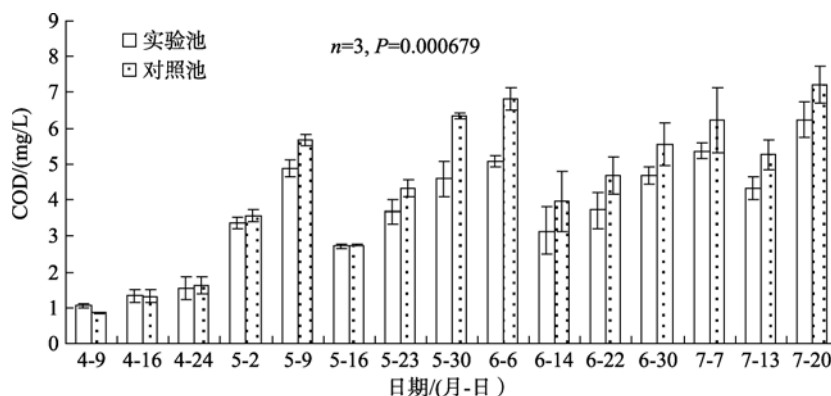


图 4 实验池与对照池 COD 含量的比较

Fig. 4 Comparison of COD of the experimental pond and the control pond

2.2 生长情况比较

实验池因水质环境比较稳定，沙蚕又能提供优质天然饵料，对虾抗病力增强、生长快，存活率较高(74.7%，存活率统计：由于采用地笼网捕大留小的轮捕方式，存活率为实验结束时的累计数据)；而对照池换水使养殖环境发生急剧变化，导致对虾产生应激反应，一些体弱的对虾蜕壳困难而死亡，存活率较低(72.2%)。养殖期间 3 次各抽样检查 50 尾对虾的生长情况，从表 1 看出，养殖前期实验池与对照池对虾生长情况差别不大，但中、后期实验池对虾体长、体质量明显优于对照池，且对虾个体差异较小。

表 1 实验池与对照池对虾生长情况比较

Tab. 1 Comparison of shrimp growth of the experimental pond and the control pond

日期(月.日)	组别	体长(cm)	体质量(g)
5.15	实验池	3.14 ± 0.12	0.31 ± 0.04
	对照池	3.15 ± 0.13	0.32 ± 0.05
6.15	实验池	6.45 ± 0.53	4.12 ± 0.42
	对照池	6.41 ± 0.60	4.02 ± 0.48
7.15	实验池	10.72 ± 0.82	7.51 ± 0.72
	对照池	10.32 ± 0.97	6.61 ± 0.82

2.3 经济效益分析

池塘多元生态混养是将生态位互补的多种经济动植物按合理比例同池混养，由于各种混养生物在空间和食性上的互补性以及能量和物质循环上的偶联性，提高了饵料的利用效率，从而降低养殖成

本，提高池塘综合经济效益。本研究所筛选的沙蚕和江蓠不但能净化虾池水质，还可作为对虾和鱼类天然优质饵料。同时江蓠通过光合作用增加水体溶氧量，稳定池塘的生态环境，使养殖过程少用水质改良剂和增氧机，降低了养殖成本，收获江蓠还得到额外的经济效益。从表 2 中可以看出，实验池对虾和鱼的产量虽然与对照池差别不大，但饵料系数(以虾、鱼增加的质量计算)、投入与产出比值(以全年统计)明显低于对照池。

表 2 实验池与对照池各项经济效益的比较(2009.4~2010.4)

Tab. 2 Comparison of economic benefit of the experimental pond and the control pond

经济指标	实验组	对照组
对虾产量(两茬合计, kg/hm ²)	19 920	19 380
黄鳍鲷(kg/hm ²)	1 615	1 710
鲮鱼(kg/hm ²)	750	675
江蓠(kg/hm ²)	13 850	
饵料系数	1.47	1.52
投入与产出比	0.50	0.57

3 讨论

本实验在养殖过程中为了稳定水质，对照池需换水和使用微生态制剂，因而不是真正意义上的对照组，其实际的营养盐和 COD 含量应比所测定的高，所以，与实验池的差异应更加显著。

不同生态位的生物同池混养虽然能提高经济效益和经济效益，但也存在饵料、生存空间和溶解氧的竞争，甚至养殖生物之间会产生残食现象，因此筛

选不同食性的养殖种类和控制合理比例是养殖成功与否的关键。细基江蓠不但起净化水质的作用,同时为对虾的蜕皮、生长提供清洁舒适的栖息环境和庇荫场所,也为沙蚕躲避对虾和鱼类的摄食提供保护屏障。但江蓠的过度繁殖会而引起“瘦水”现象,与浮游植物竞争营养盐,从而抑制浮游植物的生长繁殖。黄鳍鲷能及时清除病虾,优化对虾群体,从而有效控制病害传染。杂食兼滤食性鲮鱼能有效利用池中浮游生物,抑制原甲藻(*Prorocentrum* spp.)等较大藻类的过度繁殖并维持有益藻类的藻相。但黄鳍鲷和鲮鱼也会啃食江蓠,尤其是黄鳍鲷生性较凶猛,如果水色和饵料掌握不好,也会残食健康对虾。

筛选修复生物时应考虑养殖季节(水温)和地理环境(盐度),有关沙蚕对底质有机污染物的吸收、转化及其在养殖生态系统中作用的研究已积累一些资料,主要为双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)和日本刺沙蚕(*Neanthes japonica*)。然而,双齿围沙蚕在盐度 17.9 以下孵化率明显下降,在盐度 5 以下不能存活^[23],因此不适合在几乎为纯淡水的凡纳滨对虾养殖池塘中套养。日本刺沙蚕虽然能在淡水、咸淡水和海水中生活,但产卵盛期水温为 3~5.8℃,主要分布于中国北方沿海的渤海、黄海、东海^[15]。而溪沙蚕(*Namalycastis abiuma*)能在位于厦门筭筭湖(与厦门西海域连通,海水会渗透到污水管道中)的污水厂生物滤池中大量繁殖^[24]。可见,溪沙蚕的适盐范围非常广、耐污性极强,也是适合在中国南方咸淡水池塘中套养的理想修复生物,有关溪沙蚕的耐污性、吸污率及其在养殖污染环境生态修复的应用有待进一步研究。

搭养的黄鳍鲷生长周期长达 1 a,而对虾只需 3 个多月,这就造成了收获的不便。解决办法一是放养生长迅速的鲮鱼和 150 g 以上大规格的黄鳍鲷,这样年底就可以成长到上市规格,另一部分黄鳍鲷幼苗养到第 2 年 4 月份可达 150 g 以上,又可作为大规格的鱼苗;二是第一茬养殖生长速度较快的斑节对虾(*Penaeus monodon*),以地笼网诱捕后不进行清塘、消毒等措施,再暂养凡纳滨对虾到 5 cm 以上才与鱼类混养,这样一年可养两茬对虾,从而提高池塘的利用率。

参考文献:

[1] 吴琴瑟. 微生物制剂及对虾类健康养殖和环境保护的作用[C]//虾类养殖研究—第三届世界华人虾类养

殖研讨会论文集. 北京:海洋出版社,2002:42-46.

- [2] 孙德文,詹勇,许梓荣. 微生物制剂在水产养殖中的应用[J]. 淡水渔业,2002,32(3):54-57.
- [3] 陈永青,林亮,杨莺莺,等. 微生物制剂在水产养殖中的应用[J]. 生态科学,2005,24(1):80-83.
- [4] 杨先乐,邓璐. 渔用微生物制剂的应用现状和研究进展[J]. 科学养鱼,2008,2:1-2.
- [5] 林更铭,杨清良. 对虾无公害生态育苗[J]. 海洋科学,2007,31(10):11-14.
- [6] 张起信,王兴章,张本春,等. 虾参混养技术[J]. 海洋科学,1990,6:65-66.
- [7] 王焕明,李少芬,陈洁如,等. 江蓠与新对虾、青蟹混养试验[J]. 水产学报,1993,17(4):21-26.
- [8] 张学舒,陈佳颖. 虾鱼混养抗抑对虾爆发性流行病的探讨[J]. 水产科技情报,1995,22(2):69-70.
- [9] 穆占昆,杨振国,周玉,等. 中国对虾和三疣梭子蟹混养实验[J]. 水产科学,2001,20(5):16-18.
- [10] 王吉桥,李德尚,董双林,等. 鲈鱼-中国对虾-罗非鱼混养的试验研究[J]. 中国水产科学,2002,7(4):37-41.
- [11] 吴桂汉,陈品健,江瑞胜,等. 贝虾混养池底栖动物调查及有机污染评估[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2002,41(1):94-98.
- [12] 申玉春,熊邦喜,王辉,等. 虾-鱼-藻养殖结构优化实验研究[J]. 水生生物学报,2007,31(1):30-38.
- [13] 张青田,胡桂坤. 双齿围沙蚕摄食自然沉积物的研究[J]. 天津科技大学学报,2008,3:26-29.
- [14] 林更铭,李炳乾,项鹏,等. 海水工厂化养殖废水循环利用的初步探讨[J]. 海洋科学,2009,33(5):47-50.
- [15] 马建新,刘爱英,王世信. 日本刺沙蚕的生态习性及其在对虾养殖中的应用[J]. 海洋科学,1998,3:7-8.
- [16] 周一兵. 沙蚕移植在对虾养殖中的应用及生态效益[J]. 生态学通报,1999,34(11):12-14.
- [17] 邓锦松,马姓,牛化欣,等. 投放双齿围沙蚕对虾池底质的修复作用[J]. 中国海洋大学学报,2006,36(增刊II):99-104.
- [18] 曾忠汉,杨森林,王子贤. 腺带刺沙蚕的早期发育[J]. 热带海洋,1995,14(2):83-89.
- [19] 黄昆,蔡立哲,徐华林,等. 深圳湾福田红树林湿地腺带刺沙蚕分布的生态响应[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2009,48(5):756-762.
- [20] Cai L Z, Zheng T L, Lin J D. Spatial and temporal distributions of *Denronereis pinnaticirris* and *Neanthes glandicincta* (Polychaeta: Nereididae) in the organi-

- cally enriched mudflat of deep bay, China[J]. *Asian Marine Biology*, 2001, 18: 25-33.
- [21] Matusiak K, Przytocka J M, Lesczynsk G K, et al. Studies on the purification of wastewater from the nitrogen fertilizer industry by intensive algal cultures. Removal of nitrogen from wastewater[J]. *Acta Microbiol Pul*, 1976, 25 (23): 361-374.
- [22] 汤坤贤, 焦念志, 游秀萍, 等. 菊心江蕨在网箱养殖区的生物修复作用[J]. *中国水产科学*, 2005, 12(2): 156-161.
- [23] 李信书, 彭永兴, 邵营泽. 盐度与体重对双齿围沙蚕生长的影响[J]. *水利渔业*, 2006, 26(6): 14-15.
- [24] 谢小青. 溪沙蚕对污水厂生物滤池运行的影响及防治措施[J]. *中国给水排水*, 2007, 23(14): 1-3.

Pond aquaculture mode based on the water quality manipulation system with *Neanthes glandicineta* and *Gracilaria tenuistipitata*

LIN Geng-ming, XIANG Peng, YANG Qing-liang

(Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

Received: Jun., 28, 2010

Key words: Pond ecological aquaculture; bioremediation; economic benefit; ecological benefit

Abstract: A pond ecological aquaculture mode and a water quality manipulation system were established and studied. Based on the water quality manipulation with *Neanthes glandicineta* and *Gracilaria tenuistipitata*, the healthy ecological aquaculture pond mode could be maintained. Not only did the aquaculture mode arrive at self-repairment of aquaculture environment, but also economic benefits increased notably. The concentrations of $\text{NH}_3\text{-N}$, TN, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, and COD in the experimental pond were much lower than that of the control pond (absent of *Neanthes glandicineta* and *Gracilaria tenuistipitata*), and decreases of 51.57%、31.69%、43.33% and 15.65% were seen, respectively. However, feed efficiency and the ratio of input to output were significantly reduced from 1.52 to 1.47 and from 0.57 to 0.50, respectively.

(本文编辑: 谭雪静)