

耕水机在罗氏沼虾池塘养殖中的使用效果

李荣福¹, 杨显祥², 孙龙生³, 刘海平⁴, 吴志强⁵

(1 扬州市水产学会 扬州 225001; 2 扬州市水产生产技术指导站 扬州 225101;

3 扬州大学动物科学与技术学院 扬州 225009; 4 扬州思维捷机电有限公司 扬州 225008;

5 高邮市水产技术指导站 扬州 225600)

摘要: 通过耕水机和叶轮式增氧机在罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 池塘养殖中使用效果的对比试验, 分析了使用耕水机对罗氏沼虾养殖水体环境和养殖产出的影响。试验结果表明, 耕水机使整个虾塘水体处于循环微流水状态, 全面改善了养殖水体中溶氧分布, 增加了虾塘中、下水层溶氧, 保持了水体 pH 的稳定性, 降低了水体中氨氮 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、硫化氢 (H_2S) 等有毒有害物质含量, 改善了底层水体和底质淤泥状况, 为罗氏沼虾创造了良好的生长环境, 增加了养殖产量, 提高了经济效益, 并且节能降耗效果明显。

关键词: 耕水机; 罗氏沼虾; 池塘养殖; 溶氧; 水质; 效益

doi: 10.3969/j.issn.1007-9580.2012.05.007

中图分类号: S969.32 文献标识码: A 文章编号: 1007-9580(2012)05-032-06

耕水机(又称活水机)是近几年在水产养殖中推广应用的一类新型水质调节机械。它通过耕板的划动, 将底层水纵向提升到表层, 将表层的高溶氧水推向四周, 并带到底层进行交换, 形成水体全面循环, 活化整个水体, 使整个水体处于微流水状态。其功效在于充分利用水体中藻类的光合作用以及水面风浪作用所产生的氧, 促进养殖水体中氨氮 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、亚硝酸盐 ($\text{NO}_2^- - \text{N}$)、硫化氢 (H_2S) 气体等有毒有害物质氧化分解, 实现调节水质、改善水体环境的效果。在我国水产养殖业中, 耕水机在南美白对虾、罗非鱼养殖中已有试用, 并取得了明显效果^[1-3]。但目前关于耕水机使用后对养殖水体环境因子和养殖成效影响的研究还比较少。本文以罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 为养殖对象, 通过耕水机试验塘与叶轮式增氧机对照塘水质环境和产量效益的对比试验研究, 为耕水机在水产养殖中的推广应用提供一些理论依据。

苏省高邮市三垛镇选用 2 口面积为 30 亩(1 亩 \approx 667 m^2) 的罗氏沼虾养殖虾塘分别作为试验塘、对照塘, 虾塘水深均为 1.3 ~ 1.5 m, 虾塘其它条件相当。

试验塘耕水机使用扬州思维捷机电有限公司生产的苏曼牌 HS60D 型活水机^[4](图 1) 2010 年安装了 3 台, 2011 年安装了 4 台。HS60D 型活水机配套功率 60 W, 耕水深度 1.5 ~ 2.5 m, 耕水面积 5 500 m^2 。对照塘安装 4 台 3 kW 叶轮式增氧机(表 1)。

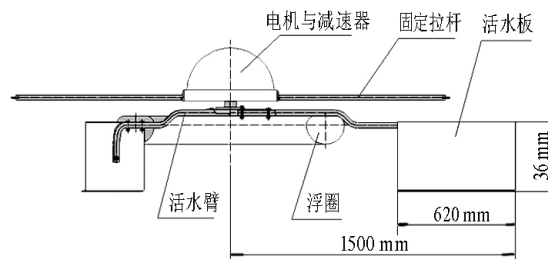


图 1 活水机结构简图

Fig. 1 Structural drawing of biofan

1 材料与方 法

1.1 试验虾塘和养殖机械配置

本试验于 2010—2011 年连续进行 2 年, 在江

收稿日期: 2012-03-02 修回日期: 2012-09-26

基金项目: 扬州市农业科技攻关项目 (SGG201020079)

作者简介: 李荣福(1962—), 男, 高级工程师, 主要从事渔业机械与水产养殖技术开发。E-mail: lrf62@163.com

表 1 耕水机与叶轮式增氧机配置情况
Tab. 1 Applying of biofan in the in pond cultivation

年份	试验组	面积/亩	放养量/万尾	水深/m	使用时间/d	装机数量、功率与类型
2010	试验塘	30	213.6	1.3~1.5	90	3台 60 W 活水机
	对照塘	30	229.8	1.3~1.5	140	4台 3 kW 叶轮式增氧机
2011	试验塘	30	222.6	1.3~1.5	140	4台 60 W 活水机
	对照塘	30	237.0	1.3~1.5	140	4台 3 kW 叶轮式增氧机

1.2 虾苗放养

罗氏沼虾虾苗在每年 3 月初购进,规格为体长 0.7 cm,经过大棚加温培育后,于 5 月上旬注水放苗,各项养殖条件尽量保持一致。2010 年试验塘放养虾苗 213.6 万尾,对照塘放养 229.8 万尾;2011 年试验塘放养虾苗 222.6 万尾,对照塘放养 237.0 万尾。所有试验塘和对照塘每亩套养 10 尾鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)和 25 尾鳙鱼(*Aristichthys mobilis*) 1 龄鱼种,放养规格为 13~15 cm。

1.3 日常管理

试验塘耕水机 24 h 连续运转,2010 年使用 90 d,2011 年使用 140 d;对照塘叶轮式增氧机晴天时 12:00—15:00 增氧 3 h,阴雨天凌晨 3:00—6:00 增氧 3 h,使用 140 d。其它养殖条件一致。

1.4 水质测定方法

试验所用测试仪器为北京中慧天诚科技有限公司生产的 MR-220A 智能型多参数水质分析仪、MR-210A 溶氧测量仪。

2011 年对虾塘水质进行测定,在虾池中设 5 组检测点,其中 4 组分别设在试验塘对角线上,各距离池边 8 m 处,中间 1 组为池塘对角线交点(图 2)。溶氧测定分水体表层(水下 50 cm)、中层(水下 100 cm)、下层(池塘底),在池塘检测点位置,每 2 周测定 1 次;pH 值、 NH_4^+-N 和 H_2S 采取水下 30 cm 测定,每周测定 1 次。测定时间为 15:00 左右。分别记录试验塘和对照塘的水质检测结果,以及天气、温度、药物、饵料等投入情况。1 个养殖周期后,分别对 2010 年和 2011 年罗氏沼虾养殖情况进行测产。

1.5 数据统计与分析方法

溶氧、pH 值、 NH_4^+-N 和 H_2S 等水质测定数据取平均值 \pm 标准差。试验数据组间差异显著性

采用 t 检验,用 SPSS 15.0 统计软件分析。

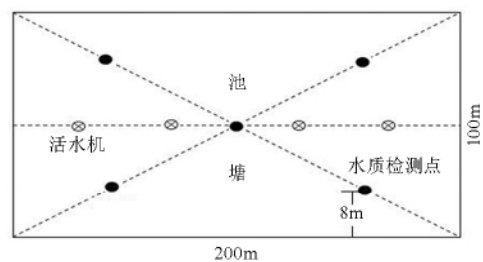


图 2 耕水机和水质检测点在池塘中位置
Fig. 2 Biofan and water detecting points in ponds

2 结果与讨论

2.1 耕水机对虾塘水质的影响

2.1.1 溶氧

在水体表层(水下 50 cm 处) 2011 年 6 月 14 日及 27 日、7 月 11 日、8 月 8 日、9 月 5 日和 10 月 3 日,试验塘与对照塘的溶氧非常接近,7 月 25 日和 9 月 19 日试验塘溶氧高于对照塘,8 月 22 日对照塘高于试验塘(图 3-a)。这说明试验塘和对照塘水下 50 cm 处溶氧在大部分时间非常接近,耕水机在水体表层增氧效果不明显。主要因为虾塘水体表层水溶氧主要来自于空气溶解及藻类光合作用,且光合作用占主导作用,溶氧较高,尤其在水体表面溶氧经常会出现过饱和状态^[5]。

在水体中层(水下 100 cm 处),试验塘水体溶氧明显高于对照塘(图 3-b),差异显著($P < 0.05$),说明使用耕水机提高了虾塘表层以下水体的溶氧。在自然水体中,氧气来源于两个方面,一是空气中的氧气融入,约占 10%;二是水体中浮游植物和藻类光合作用释放的氧,约占 90%^[6-8],主要通过光合作用。耕水机在工作过程中,通过耕板对水体的缓慢搅动,把中、下层的

水提升至表层,将表层的高溶氧水推向水体底层,底层水中的浮游植物被翻到表层受阳光辐照,经过光合作用释放氧,不但提高水体中、下层溶氧,而且可以使水体表、底层的溶氧趋于均匀,这与曾筱鸿^[5]研究结果相一致。

在水体下层(池塘底),试验塘水体中溶氧整体高于对照塘(图3-c),差异显著($P < 0.05$),且试验塘溶氧平均值为 (5.10 ± 1.78) mg/L,而对照塘溶氧平均值为 (3.70 ± 2.27) mg/L。这说明耕水机不仅可以提高虾塘底部的溶氧状况,还可以降低水体表层与底层溶氧差,提高池塘水体溶氧的均匀度,与顾海涛等^[9]的研究相一致。另外,虾塘底层水紧靠底泥,底泥氧化过程中消耗水中溶氧较大,对照塘和试验塘底层水溶氧变动幅度较大。

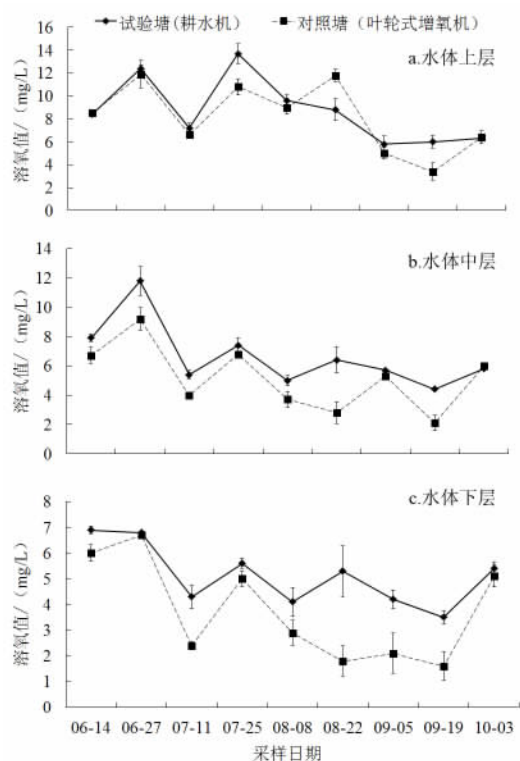


图3 试验塘与对照塘溶氧对比

Fig. 4 Comparison of dissolved oxygen between biofan and paddle aerator ponds

耕水机的使用促进了上下层水体的交换,通过旋转拨动水体,使底层水向上提升,再由表层中心缓慢向外推开,形成了一个大规模的立体循环弱水流,整个水体都有机会与空气接触,被阳光辐

照;养殖肥水中的浮游植物经光合作用释放大量的氧,使上层过饱和溶解氧水体与底层的亏氧水体不断进行交换、混合,以此提高整个水体的溶氧,进而氧化分解养殖水体中的亚硝酸盐、有机沉淀物等有害物质,形成良性循环;通过紫外光的辐照,水体里有害微生物受到抑制^[10]。从图3可以看出,在水体表层,试验塘和对照塘溶氧都很高,耕水机对表层水溶氧影响不明显;随虾塘水体深度的增加,耕水机效能逐步显现,尤其在水面以下100 cm中层和池底,试验塘水体溶氧明显高于对照塘。耕水机可有效改善了虾塘中、下水层溶氧状况,而且,罗氏沼虾多在池底活动,从而改善了作为底栖性水产动物的罗氏沼虾的生活环境。

2.1.2 pH值

试验塘pH值为7.68~8.65,而对照塘的pH值为7.00~9.12,试验塘水体pH值变化幅度明显小于对照塘(图4)。这说明耕水机可以使虾塘水体处于均匀稳定状态,pH值不易受到其它因素的影响,这与丁翔文等^[3]的研究相一致,为罗氏沼虾提供了一个稳定的生长环境,减少了应激反应。

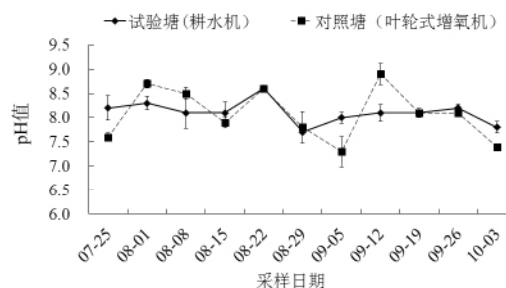


图4 试验塘与对照塘pH值对比

Fig. 4 Comparison of pH value between biofan and paddle aerator ponds

2.1.3 氨氮与硫化氢

虾塘中残饵和排泄物经微生物分解生成氨氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、磷化氢(H_2S)等有害物质^[11]。 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 严重时会导致鱼虾类窒息死亡^[12]。试验塘水体氨氮含量整体低于对照塘(图5),说明耕水机能加速氨氮的氧化分解。另外,随着罗氏沼虾养殖进程的推移,投入增加,水温提高,罗氏沼虾代谢加快,虾塘中残饵、代谢物等累积,水体中氨氮含量处于上升趋势,这就更需要使用耕水机来改善养殖水环境。

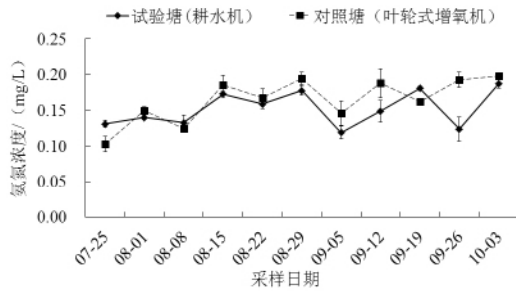


图 5 试验塘与对照塘氨氮值对比

Fig. 5 Comparison of NH₄⁺-N value between biofan and paddle aerator ponds

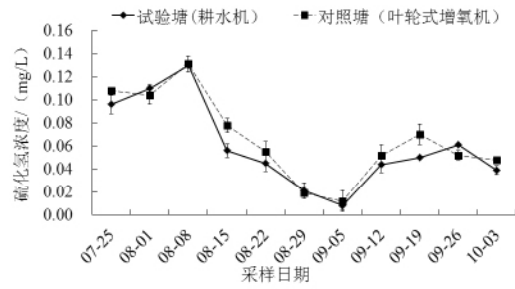


图 6 试验塘与对照塘硫化氢值对比

Fig. 6 Comparison of H₂S value between biofan and paddle aerator ponds

硫化氢是剧毒物质。随着水体中磷化氢浓度升高,鱼虾生命力和抗病力都会减弱,甚至中毒死亡^[13]。硫化氢含量变化与氨氮相似,试验塘低于对照塘(图 6),说明耕水机促进了水体中硫化氢氧化和扩散逸出。同时,养殖塘水体中硫化氢含量变动幅度较大。分析其原因,硫化氢含量受虾塘底泥影响较大,从 7 月初开始虾塘在轮捕上市拉网过程中,会使底泥泛起,硫化氢含量增加。

2.2 使用耕水机的经济效益

在 2010 年养殖周期的对比试验中,试验塘放养虾苗 213.6 万尾,每亩平均 7.12 万尾,比对照塘每亩平均少放 0.54 万尾,降低苗种成本 7.05%;2011 年试验塘放苗 222.6 万尾,每亩平均 7.42 万尾,比对照塘每亩平均少放 0.48 万尾,降低苗种成本 6.1%(表 2)。

表 2 耕水机与叶轮式增氧机在罗氏沼虾养殖中的效益对比

Tab. 2 Comparison of investment between biofan and paddle aerator ponds

年份	试验组	总投入 /元	其中: 苗种		饵料		肥料 /元	药物 /元	燃料 /元	电费 /元	其它 /元
			/万尾	/元	/kg	/元					
2010	试验塘	185 415	213.6	57 471	11 370	87 282	990	6 240	9 240	312	23 880
	对照塘	191 556	229.8	61 827	11 460	87 990	990	6 240	9 240	1 389	23 880
2011	试验塘	159 630	222.6	43 050	9 624	75 870	2 490	7 500	6 990	330	23 400
	对照塘	166 230	237.0	47 550	9 759	76 950	2 490	7 500	6 990	1 350	23 400

注: 试验塘、对照塘均为 30 亩(1 亩≈667 m²)。

2010 年试验塘投喂虾饵料 11 370 kg, 亩均 379 kg, 比对照塘亩均少 3 kg; 2011 年试验塘投喂饵料 9 924 kg, 亩均 320.8 kg, 比对照塘亩均少用 4.5 kg(表 2)。使用耕水机改善了虾塘水质环境, 尤其是底层水溶氧, 提高了罗氏沼虾摄食率和饵料利用率, 从而节省了饵料。2010 年试验塘饵料系数 1.24, 对照塘 1.41; 2011 年试验塘饵料系数为 1.20, 对照塘 1.40。2011 年试验塘饵料系数又比 2010 年降低 0.04, 主要因为 2011 年比 2010 年多安装了 1 台耕水机, 且耕水机提前 50 d 运转。

2010 年 7—10 月份, 试验塘共耗电 600.0 kW ·

h, 亩均 20.0 kW · h, 对照塘共耗电 2 643.0 kW · h, 亩均 88.1 kW · h, 试验塘比对照塘节约用电 77.3%; 2011 年 6—10 月试验塘共耗电 635.0 kW · h, 亩均 21.2 kW · h, 对照塘共耗电 2 591.8 kW · h, 亩均 86.4 kW · h, 试验塘比对照塘节约用电 75.5%。这是因为耕水机额定功率小, 只有 60 W, 而叶轮式增氧机额定功率为 3 kW, 所以耕水机能耗大幅度降低。

2.4 耕水机对商品虾产量与规格的影响

试验结果显示(表 3), 2010 年, 试验塘比对照塘养虾产量提高 12.4%; 2011 年, 试验塘比对照塘养虾产量提高 13.6%; 使用耕水机 2 年, 每

年均增产12%以上。同时,养殖初期试验塘虾苗放养量比对照塘少,说明使用耕水机不仅降低了虾苗成本,而且增加了养殖产量。在养殖季节使用耕水机可以有效地提高水体中、下层的溶氧和

水温,促进虾塘水体溶氧和水温的均匀分布^[3],从而有利于提高虾塘单位水体载虾量和罗氏沼虾的生长速度,有效提高罗氏沼虾养殖产量。

表3 罗氏沼虾养殖应用耕水机试验塘与叶轮式增氧机对照塘产出情况对比

Tab.3 Comparison of benefit between biofan and paddle aerator ponds

年份	试验组	总投入 /元	总产值 /元	罗氏沼虾			鲢鱼		鳙鱼		纯效 益/元	亩均 效益/元
				产量/kg	数量/尾	产值/元	产量/kg	产值/元	产量/kg	产值/元		
2010	试验塘	185 415	290 355	9 135	868 346	279 531	219	744	1 680	10 080	104 940	3 498.0
	对照塘	159 630	259 323	8 130	888 524	248 778	243	825	1 620	9 720	67 767	2 258.9
2011	试验塘	191 556	277 040	8 040	722 370	268 080	150	660	1 041	8 300	117 410	3 913.7
	对照塘	166 230	234 039	6 945	757 360	225 660	159	699	999	7 680	67 809	2 260.3

注:试验塘、对照塘均为30亩(1亩≈667 m²)。

2011年试验塘养成罗氏沼虾商品规格为11.13 g,对照塘的为9.17 g,试验塘商品虾规格明显增大,说明耕水机能改善水质环境,提高罗氏沼虾生长速度,不仅增加了养殖产量,还提升了商品虾规格。

2.5 耕水机对虾塘经济效益的影响

耕水机养虾降本节支、增产增效明显。2010年试验塘总投入185 415元,每亩平均6 180.5元,比对照塘的6 385.2元少204.7元,节约成本3.2%;2011年试验塘总投入159 630元,亩均5 321元,比对照塘的5 541元少220元,节约成本4%。

2010年试验塘实现产值290 355元,亩均9 678.5元,比对照塘的8 644.1元多1 034.4元,增收11.9%;亩均效益3 498.0元,比对照塘的2 258.9元提高54.9%。2011年试验塘实现产值277 140元,亩均9 238元,比对照塘多1 437元,增收18.4%;亩均效益3 913.7元,比对照塘提高73.1%。这既得益于苗种、饵料和电费成本全面降低,也利于罗氏沼虾养殖产量增加、商品规格和销售价格全面提高。使用耕水机养殖罗氏沼虾综合经济效益十分显著。

3 结论

(1) 耕水机的使用能促进水体中溶氧的均衡分布,促进底层水和底泥中残饵、粪便等有机物,以及NH₄⁺-N、H₂S、亚硝酸盐等还原性物质氧化

分解,消除或降低水体中有毒有害物质的含量和毒性,有利于减少病害的发生,减少了用药成本和病害损失。

(2) 耕水机的使用使虾塘底层水体溶氧保持在3 mg/L以上,并能提高溶氧水平和虾塘溶氧的稳定性及水质的均衡性,有效提高虾塘投入品利用效果,减少了苗种放养量、饵料投喂量和电能消耗,从而实现了降本降耗。

(3) 耕水机可实现虾塘溶氧和水温的均衡分布,上下水层接近,晴雨天气接近,使虾塘中央深水区和四周浅水区均适宜养虾,可提高罗氏沼虾养殖产量。

(4) 耕水机是常年开机,全天运转,方法简单,使用方便。而叶轮式增氧机须根据天气变化、虾塘水质变化等诸多因素选择开机时间,使用技术要求较高。相比之下,耕水机更便于普通渔民使用,有利于扩大推广。□

参考文献

- [1] 柴继芳,俞爱萍. 耕水机在南美白对虾养殖中的应用[J]. 现代农业科技, 2010(10): 227-228.
- [2] 程儒仿,李丹萍. 耕水机在罗非鱼精养池塘的应用效果分析[J]. 淡水渔业, 2011, 41(5): 68-73.
- [3] 丁翔文,张树阁,孙新超等. 应用耕水机养殖南美白对虾试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 130-135.
- [4] 刘海平. 仿原生态活水机[P]. 中国: ZL2008 2 0095061. 0, 2009-05-20.
- [5] 曾筱鸿. 耕水机使用性能研究及试验结果分析[J]. 现代农业装备, 2008(7): 44-49.
- [6] 吴宝讯. 水产养殖机械[M]. 北京: 中国农业出版社,

- 2000: 111.
- [7] 王武. 鱼类增养殖学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 53-54.
- [8] 谷坚, 顾海涛, 门涛, 等. 几种机械增氧方式在池塘养殖中的增氧性能比较 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 148-152.
- [9] 顾海涛, 何康宁, 何雅萍. 耕水机的性能及应用效果研究 [J]. 渔业现代化, 2010, 37(4): 40-44.
- [10] 陈新源. 耕水机在池塘深水密殖中的广阔前景 [J]. 海洋与渔业, 2009(4): 55-56.
- [11] 戴德渊, 张学文, 钟丽红等. 水产养殖的危害源分析 [J]. 饲料研究, 2004(9): 41-43.
- [12] 药林桃, 叶厚专, 古新序. 耕水机虾塘养殖生态效益研究 [J]. 南方农机, 2011(5): 33-35.
- [13] 李海建. 水体中硫化氢产生原因及应对措施 [J]. 科学养鱼, 2002(10): 47.

The applying effect of biofan to cultivate *Macrobrachium rosenbergii*

LI Rong-fu¹, YANG Xian-xiang², SUN Long-sheng³, LIU Hai-ping⁴, WU Zhi-qiang⁵

(1 Yangzhou Society of Fisheries, Yangzhou 225001, China; 2 Fisheries Technology Extension Station of Yangzhou, Yangzhou 225101, China; 3 College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 4 Yangzhou Siweijie Machinery and Electric Co., Ltd., Yangzhou 225008, China; 5 Fisheries Technology Extension Station of Gaoyou, Yangzhou 225600, China)

Abstract: The contrast test about the application of biofan and paddle aerator in pond cultivation of *Macrobrachium rosenbergii* was presented to study the influence of improving aquaculture environment and aquaculture benefit. The results showed that the application of biofan could make the pond water circulating to increase dissolved oxygen in the middle and bottom of the pond water effectively. It also could maintain the stability of the pH value, reduce harmful substances of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and H_2S to improve water and sediment state in the bottom of pond water which provided suitable growth environment to improve the feeding rate and digestibility, so aquaculture production and economic benefits were raised. Meanwhile, the effect of energy saving and consumption reducing was obvious.

Key words: biofan; *Macrobrachium rosenbergii*; pond cultivation; dissolve oxygen (DO); water quality; benefit

• 文摘 •

在单一养殖系统和综合性多营养层级养殖系统中养殖金头鲷

开发了一个金头鲷养殖模型,并将其与现有的养殖场水产养殖管理系统(FARM)综合模型中的贝类养殖模型相集成,以便对近海和远海水产养殖的各个方面进行分析。FARM综合模型被用于对池塘中的有鳍鱼单一养殖与综合性多营养层级养殖(IMTA)在产量、环境的影响和经济效益方面的定量效应进行比较。在比较中可以看出IMTA的益处非常明显。随后将同样的方法应用到远海养殖中,考虑将长牡蛎延绳养殖和金头鲷网箱养殖相结合。FARM综合模型得出的模拟结果是(上升流海区的情况除外),传输给滤食性贝类的食物的浓度随养殖场址离岸距离而显著降低,这表明在食物贫乏的海区,将鱼类和双壳贝类进行混养可明显提高贝类的生产量,而且,为了减少养殖场内部区域贝类食物的耗损,可对有鳍鱼(养殖网箱)的分布进行优化。模型分析表明,金头鲷养殖的最佳海流速度在0.1~0.5 m/s的范围内。

(《Aquaculture》Vol. 358-359)