

羽毛藻对石斑鱼养殖废水中氮和磷的吸收特征

王荣霞^{1,2,3}, 黄敏^{1,2,3}, 谭围^{1,4*}, 王永波^{1,2,3}

(1. 海南省海洋与渔业科学院, 海南海口 570203; 2. 海南省热带海水养殖技术重点实验室, 海南海口 570203; 3. 海南省热带海水养殖工程技术研究中心, 海南海口 570203; 4. 南海生物资源开发与利用协同创新中心, 广东广州 510275)

摘要 [目的] 探讨羽毛藻作为养殖池塘生物过滤器对海水养殖废水的净化作用。[方法] 通过在石斑鱼养殖废水中接种适量羽毛藻藻体, 测定其对养殖废水中氮、磷营养盐的吸收效果。[结果] 羽毛藻对氨氮、硝酸盐的去除率作用较强, 第5天对氨氮的吸收率可达97.5%, 第2天对硝酸盐氮的吸收率可达96.7%, 对于磷酸盐的吸收不明显, 通过对氨氮和硝酸盐氮的吸收作用可以将水体中亚硝酸盐氮浓度维持在一个相对较低的水平。[结论] 羽毛藻对氨氮、硝酸盐的去除作用较强, 可将羽毛藻作为养殖废水中水处理接种藻体的一个备选品种。

关键词 羽毛藻; 养殖废水; 净化

中图分类号 S949 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)01-0089-02

Absorption Characteristics of Phosphorus and Nitrogen by *Caulerpa sertularoides* f. *Longipes* in Grouper Aquaculture Wastewater

WANG Rong-xia^{1,2,3}, HUANG Min^{1,2,3}, TAN Wei^{1,4*} et al (1. Academy of Marine and Fishery of Hainan Province, Haikou, Hainan 570203; 2. Hainan Provincial Key Laboratory for Tropical Seawater Aquaculture Technology, Haikou, Hainan 570203; 3. Hainan Provincial Research Center for Tropical Seawater Aquaculture Engineering Technology, Haikou, Hainan 570203; 4. South China Sea Bio-Resource Exploitation and Utilization Collaborative Innovation Center, Guangzhou, Guangdong 510275)

Abstract [Objective] To study the effect of *Caulerpa sertularoides* f. *Longipes* as a biofilter in the marine aquaculture wastewater purification. [Method] Absorption effect of nitrogen and phosphorus nutrients was studied through inoculating the amount of *C. sertularoides* in grouper aquaculture wastewater. [Result] *C. sertularoides* had a significantly high removal rate for ammonia nitrogen and nitrate, the absorption rate for ammonia nitrogen reached 97.5% at the fifth day and nitrate absorption rate at the second day reached 96.7%. The phosphate absorption was not obvious. Through absorption of ammonia nitrogen and nitrate nitrogen, nitrite nitrogen concentration in water could be maintained at a relatively low state at the same time. [Conclusion] The removal effect of ammonia nitrogen and nitrate is stronger, and can be used alternation of vaccination algal species with *C. sertularoides* as factory circulating water aquaculture system.

Key words *Caulerpa sertularoides* f. *Longipes*; Aquaculture wastewater; Purification

大型海藻对海洋环境修复具有重要作用, 可作为海洋环境中对氮、磷等污染物质有效的生物过滤器, 降低海水富营养化程度, 并通过光合作用吸收 CO₂, 释放 O₂, 从而达到改善水质的作用, 可以防止赤潮发生, 减轻养殖动物病害。因此, 将大型海藻作为生物净化器净化吸收养殖废水中的营养盐是水产学术界行之有效的水质改良措施之一^[1-6]。

羽毛藻学名棒叶蕨藻变种(*Caulerpa sertularoides* f. *Longipes*), 属于绿藻门(*Chlorophyta*) 绿藻纲(*Chlorophyceae*) 蕨藻目(*Caulerpales*) 蕨藻科(*Caulerpaceae*) 蕨藻属(*Caulerpa*), 是一种羽状蕨藻, 常被作为水族箱的藻缸用于净化水质, 是理想的海水水质生物过滤器。国内外对大型海藻的研究较多^[7-14], 但对羽毛藻在海洋生态修复和水产养殖中的研究较少^[15-16]。笔者通过在石斑鱼养殖废水中接种适量羽毛藻藻体, 测定其对养殖废水中氮、磷营养盐的吸收效果, 进一步阐明羽毛藻对石斑鱼养殖废水的净化作用, 探讨其在渔业养殖和海洋生态环境保护方面的应用前景。

1 材料与方法

1.1 试验材料 羽毛藻取自三沙市西沙海域的珊瑚礁盘上, 运输至海南省海洋与渔业科学院琼海科研基地, 在水族缸中进行保种, 并在室外水泥池中人工扩繁后备用。

基金项目 海洋公益性行业科研专项(201405020); 海南省自然科学基金项目(20164167); 海南省科研院所技术开发专项。

作者简介 王荣霞(1987—), 女, 海南临高人, 工程师, 从事大型海藻养殖与渔业生态环境研究。* 通讯作者, 高级工程师, 从事水产经济动植物繁殖生物学研究。

收稿日期 2016-10-21

石斑鱼池塘养殖废水取自海南省海洋与渔业科学院琼海科研基地龙胆石斑鱼成鱼养殖高位池所产生的养殖废水, 养殖池已连续 120 d 未换水。

1.2 试验方法 羽毛藻对氮、磷营养盐的吸收试验在智能人工气候培养箱(赛福 PRX-350B)中进行。试验组: 用烧杯取滤膜过滤后的石斑鱼池塘养殖废水 3 L, 称取 6 g 羽毛藻接种于养殖废水中进行培养, 连续培养 5 d, 每天取水样进行检测, 试验设 3 组平行。空白对照组: 用烧杯取滤膜过滤后的石斑鱼池塘养殖废水 3 L 进行培养, 不接种羽毛藻, 设 1 个平行。培养条件: 温度 25 ℃, 光照强度 8 000~9 000 lx。

1.3 水样检测 用全自动间断化学分析仪(德国 clever chem200)和紫外-可见分光光度计(日本岛津 UV-2600)对水样进行测定。

1.4 数据分析 采用 Excel 软件对试验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 羽毛藻对氨氮的吸收作用 由图 1 可知, 在水体中接种羽毛藻后, 水体中的氨氮随着时间的延长逐渐降低, 从起始的 0.765 mg/L 降为第 4 天的 0.095 mg/L, 第 5 天则降至 0.019 mg/L。羽毛藻对氨氮的吸收率第 2~5 天分别为 34.5%、52.8%、87.6%、97.5%, 表明羽毛藻能有效地吸收海水中的氨氮, 且吸收率较高。

2.2 羽毛藻对亚硝酸盐氮的吸收作用 由图 2 可知, 亚硝酸盐氮含量较低, 无一定的规律性。这表明羽毛藻对氨氮和硝酸盐氮的吸收作用可以将水体中的亚硝酸盐氮维持在一个低浓度的状态, 保持良好的水质, 为水产养殖生物提供适

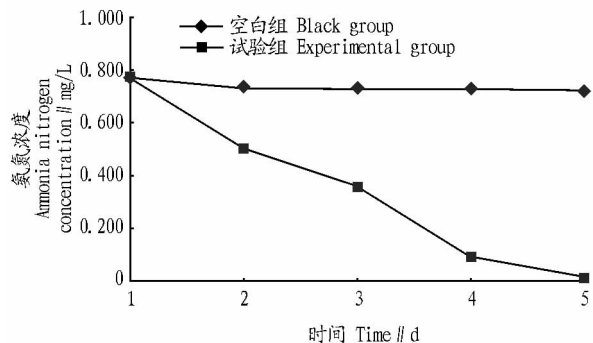


图1 羽毛藻对水体中氨氮的吸收

Fig. 1 Absorption of ammonia nitrogen by *Caulerpa sertularoides* f. *Longipes*

宜的生存环境,提高养殖成功率,降低养殖风险。当水体中的亚硝酸盐氮到达较高浓度时,羽毛藻将会胁迫吸收亚硝酸盐氮,但其临界浓度仍有待进一步研究。

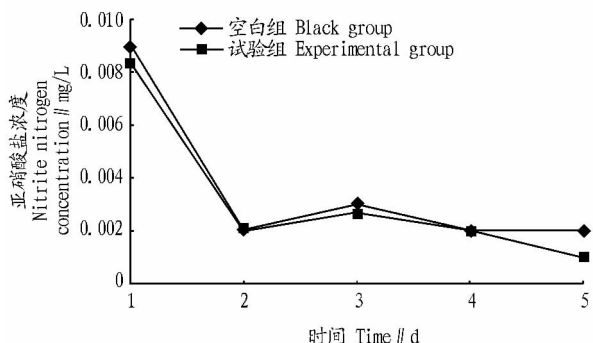


图2 羽毛藻对水体中亚硝酸盐氮的吸收

Fig. 2 Absorption of nitrite nitrogen by *Caulerpa sertularoides* f. *Longipes*

2.3 羽毛藻对硝酸盐氮的吸收作用 由图3可知,羽毛藻可快速吸收水体中的硝酸盐氮,从第1天的0.587 mg/L降为第2天的0.019 mg/L,硝酸盐氮吸收率达96.7%,达到我国渔业水质标准(GB 1160—89)中规定的小于0.200 mg/L要求,在第3天降至0.007 mg/L,且维持在一个低含量状态,羽毛藻对硝酸盐氮具有高效的吸收作用。硝酸盐氮对养殖生物无直接的毒害作用,但可以被还原成具有强毒性的亚硝酸盐氮,因此将水产养殖废水中的硝酸盐氮除去十分必要。

2.4 羽毛藻对活性磷酸盐的吸收作用 由图4可知,空白对照组的活性磷酸盐下降趋势和试验组相似,可能是养殖废水中有一些微藻对水质中的磷有降解作用。而试验组羽毛藻体处于充盈状态,对于活性磷酸盐的吸收不明显。

3 结论与讨论

随着我国经济尤其是沿海经济的迅猛发展,大量污染物被排放入海,造成我国近岸海水富营养化,水质日益恶化,赤潮频发。水产养殖在一定程度上造成局部海域污染,与工业和生活污水对海区的污染相比,海水养殖废水具有短期排放量大、污染物含量低、氮磷含量较高等特点。由于水产养殖多为散户养殖,且规模不大,养殖废水集中处理困难,造成海水养殖废水未经处理即直接排入海区,从而造成海区污染。

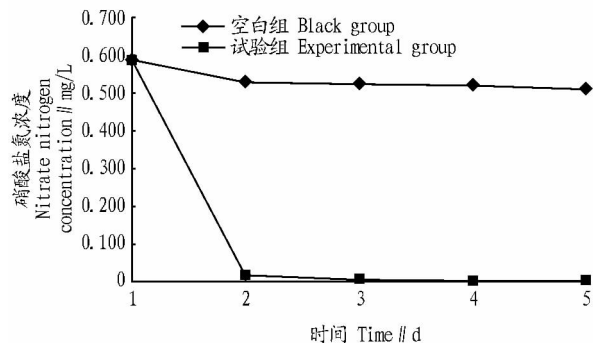


图3 羽毛藻对水体中硝酸盐氮的吸收

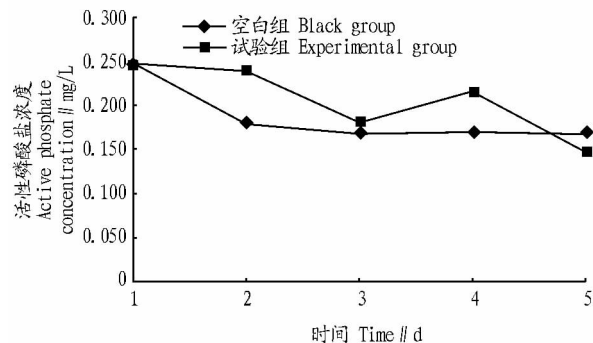
Fig. 3 Absorption of nitrate nitrogen by *Caulerpa sertularoides* f. *Longipes*

图4 羽毛藻对水体中活性磷酸盐的吸收

Fig. 4 Absorption of active phosphate by *Caulerpa sertularoides* f. *Longipes*

因此,对养殖海水进行原位且快速的净化处理,可降低海水养殖污染物的排放量,保护海区环境,促进海水养殖的可持续发展。

该研究结果表明,羽毛藻硝酸盐氮的去除效果十分明显,第2天去除率达96.7%。在去除硝酸盐氮的同时也去除氨氮,氨氮第4天降至0.095 mg/L。亚硝酸盐氮一直维持在较低水平。张达娟等^[6]利用孔石莼将珊瑚养殖水的氨氮、亚硝酸盐和磷酸盐浓度分别维持在0.021~0.014、0.010~0.007和0.040~0.031 mg/L。该试验结果表明,羽毛藻在相对较短时间内可以较好地吸收氨氮、硝酸盐,并能将亚硝酸盐浓度维持在0.008~0.001 mg/L,对营养盐的吸收与孔石莼效果相似。李卫东等^[16]在南美白对虾循环水养殖模式中应用羽毛藻对养殖水进行净化,羽毛藻能将氨氮维持在南美白对虾养殖的安全浓度内,且可促进南美白对虾的生长速度,明显提高南美白对虾的存活率。利用羽毛藻的大量扩繁吸收养殖水体中营养盐,及时移走过量生长的藻体即可实现水体中营养盐分的转移,在一定程度上将缓解养殖产生的过度营养盐,从而达到对养殖水质净化的效果。

随着海南国际旅游岛建设的推进,海南省近海海水养殖空间将进一步压缩,海水养殖今后的发展空间将向陆基和离岸养殖方向发展。由于现阶段工厂化养殖设备建设成本昂贵,运作成本高,因此,降低建设费用、减少运行和维护费用,

(下转第104页)

测方法迅速发展,但各种检测技术在操作难易度和结果精准性上还存在差异。速测卡法和酶抑制率法的共性是它们都属于快速检测农药残留的方法,相比较气相色谱法方便简单。速测法虽操作简便,但容易产生假阳性且无法确定具体的农药品种和含量。所以在平时的检测中,需要根据实际情况选择合适的方法,确保检测结果的准确性与及时性。在出现不合格检测样品的情况下,要进一步使用色谱定量分析。速测卡法便于携带,随用随取,检测速度更快,适合在蔬菜生产基地、农贸市场、家庭、学校使用^[6],但使用时需注意的:①洗脱完全,缓冲液少会导致空白对照卡不变色;②反应时间充分,预反应为10 min以上,叠合反应为3 min;③存放到位,开封后最好3 d内用完,如一次用不完可存放在干燥器中,7 d内用完。酶抑制率法需要使用RP-410型农残速测仪或其他类型分光光度计以及恒温培养箱等设备。酶抑制率法更适用于实验室使用,同时需要经常清洗或更换比色皿、试管等试验器具,防止样品相互污染而影响比色皿的透光性。

传统型的蔬菜农药残留检测方法具有对技术人员要求高、费用昂贵、设备复杂等特点,不利于在市场上进行快速检测;速测卡法易操作,无需仪器和试剂,是在市场、车站等场所进行检测的最佳方法;酶抑制率法灵敏度接近传统检测法,其检测结果可作为其他检测结果的判定依据^[10]。农药

残留速测技术快速发展的同时也存在诸多问题,所以需要加强速测产品的管理,规范速测产品市场;同时,加强技术研究,加大科研投入,解决速测法存在的灵敏度不高、精准性差等技术问题;最后,进一步推进农药残留速测标准的制订工作,建立相关标准与规程,改善目前速测现状,从而为保障蔬菜等农产品的食用安全提供技术支撑。

参考文献

- [1] 郑晓冬,何丹. 食品中农药残留免疫检测技术的研究进展[J]. 中国食品学报,2004,4(2):88-94.
- [2] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 蔬菜中有机磷和氨基甲酸酯类农药残留量的快速检测:GB/T 5009.199—2003[S/OL]. [2016-07-21]. <http://www.51zhz.net/biaozhun/37657.html>.
- [3] 张文成,宫洪景. 果蔬中农药残留快速检测法研究进展[J]. 食品科学,2008,29(12):752-755.
- [4] 周永莉,王琳玲,陆晓华. 酶抑制法快速测定果蔬中残留农药的实验[J]. 实验技术与管理,2006,23(5):28-30.
- [5] 高俊娥,李盾,刘铭钧. 农药残留快速检测技术的研究进展[J]. 农药,2007,46(6):361-364.
- [6] 王多加,胡祥娜,周向阳,等. 蔬菜农药残留快速检测技术—胆碱酯酶速测卡法[J]. 食品科学,2003,24(6):109-113.
- [7] 张学健,胡春,张洪琼,等. 酶抑制率法快速测定蔬菜中有机磷及氨基甲酸酯类农药残留[J]. 中国卫生检验杂志,2005,15(7):874.
- [8] 高月明,张水华,冯笑军,等. 酶抑制率法测定蔬菜中农药残留试验[J]. 广东农业科学,2009(3):159-160.
- [9] 许丽芸. RP-410农残速测仪检测中常遇到的几个问题[J]. 农业科技与信息,2011(13):36-37.
- [10] 李凌. 蔬菜农药残留快速检测方法比较[J]. 新乡学院学报(自然科学版),2012,29(1):41-43.

(上接第90页)

将有利于工厂化养殖模式在海南省的大规模推广。在工厂化循环水养殖系统中,可在水处理过程中接种一定量生长快速的海藻,利用藻体吸收水体中营养盐,可作为工厂化养殖系统中蛋白分离装置的一个有效补充,养殖海藻不需要消耗能量,具有节能减排的效果,也节省了水处理设备昂贵的维护成本。该研究表明,羽毛藻对氨氮、硝酸盐的去除作用较强,可将羽毛藻作为工厂化循环水养殖系统中水处理接种藻体的一个备选品种。

参考文献

- [1] 黄蕾,刘松,杨立群. 水产养殖水体处理方法研究进展[J]. 现代农业科技,2014(3):234-235.
- [2] 罗毅志,施伟达,周冬仁,等. 地衣芽孢杆菌分离株DSY002-2011对养殖水体氨氮与亚硝酸盐降解特性研究[J]. 现代农业科技,2014(3):236,238.
- [3] 沈红保. 养殖水体理化因子的调控措施[J]. 现代农业科技,2013(15):285,289.
- [4] 霍志久,张志华,朱永涛,等. 富营养化水体修复技术研究进展[J]. 现代农业科技,2015(20):167,182.
- [5] 何培民,徐珊楠,张寒野. 海藻在海洋生态修复和海水综合养殖中的应

- 用研究简况[J]. 渔业现代化,2005(4):15-16.
- [6] 张达娟,张树林,刘阔晨,等. 孔石莼净化珊瑚养殖水体水质的研究[J]. 天津农业科学,2015,21(7):13-16.
- [7] 岳维忠,黄小平,黄良民,等. 大型藻类净化养殖水体的初步研究[J]. 海洋环境科学,2004,23(1):13-15.
- [8] 黄新苹,朱校斌,刘建国,等. 几种海藻富集N、P净化水质的研究[J]. 海洋科学,2004,28(12):39-42.
- [9] 黄道建,黄小平,岳维忠. 大型海藻体内TN和TP含量及其对近海环境修复的意义[J]. 台湾海峡,2005,24(3):316-321.
- [10] 何洁,刘瑀,张立勇,等. 三种大型海藻吸收营养盐的动力学研究[J]. 渔业现代化,2010,37(1):1-5.
- [11] 孙琼花. 大型海藻对养殖废水营养盐吸收及海区的生物修复[D]. 福州:福建师范大学,2013.
- [12] 沈淑芬,魏婷,孙琼花,等. 海带对罗源湾养殖区海水的生物修复研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2013,29(4):103-108.
- [13] 陈聚法,赵俊,过峰,等. 条斑紫菜对胶州湾湿地浅海富营养化状况的生物修复效果[J]. 渔业科学进展,2012,33(1):93-101.
- [14] 郑辉,许文超. 4种海藻在南美白对虾养殖水体中的生态作用[J]. 河南农业科学,2016,45(5):144-147.
- [15] 崔丽香,何文辉,李鲜鲜,等. 提高CO₂和硝氮浓度对羽毛藻生化组成和营养盐吸收的影响[J]. 上海海洋大学学报,2016,25(4):217-222.
- [16] 李卫东,王荣霞,沈铭辉,等. 南美白对虾与羽毛藻生态养殖研究[J]. 现代农业科技,2015(10):249-250.