

## 不同空心菜覆盖率对稻虾鳢共作稻田环沟水质的影响

郭印<sup>1</sup>, 魏华<sup>1\*</sup>, 邵乃麟<sup>2</sup>, 沈竑<sup>3</sup>, 陈金民<sup>3</sup>

(1. 上海农林职业技术学院, 上海 201600; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306; 3. 上海春润水产养殖专业合作社, 上海 202179)

**摘要** [目的] 研究浮床空心菜对稻虾鳢共作稻田环沟水体的净化作用。[方法] 分别在占环沟水面积10%、20%和30%的浮床上栽培空心菜, 研究不同空心菜覆盖率对稻虾鳢共作稻田环沟部分水质指标(pH、溶解氧、氨氮、亚硝酸氮含量)的影响。[结果] 空心菜浮床能有效稳定水体pH。空心菜浮床能提高养殖水体溶解氧含量, 空心菜覆盖率与水体溶解氧含量成正比。通过空心菜的浮床栽培, 稻田环沟水体中氨氮的水平控制在1.00 mg/L以下, 亚硝酸氮水平则控制在0.03 mg/L以下。当空心菜覆盖率为20%与30%时, 氨氮和亚硝酸氮含量最低, 但考虑到浮床成本, 以20%的浮床覆盖率为宜。[结论] 该研究可为水稻-黄鳢-克氏螯虾种养模式的发展与改进提供理论依据。

**关键词** 稻虾鳢共作; 空心菜; 覆盖率; 水质

**中图分类号** S964.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)36-91-03

### Effects of Different Coverage with Water Spinach on Water Quality of Circular Groove in Paddy Field in Co-culture of Rice, Shrimp and Eel

GUO Yin<sup>1</sup>, WEI Hua<sup>1\*</sup>, SHAO Nai-lin<sup>2</sup> et al (1. Shanghai Vocational College of Agriculture and Forestry, Shanghai 201600; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

**Abstract** [Objective] To understand the purification of water spinach on floating bed on the water quality of circular groove in paddy field in co-culture of rice, shrimp and eel. [Method] Water spinach was planted on floating bed that took account for 10%, 20% and 30% respectively in total water area of circular groove. The effects of different coverage with water spinach on some water quality indices (pH, dissolved oxygen, ammonia nitrogen, nitrite nitrogen) of circular groove in paddy field in co-culture of rice, shrimp and eel were studied. [Result] Water pH could be effectively stabilized by floating bed with water spinach. The content of dissolved oxygen in the aquatic water could be also improved by floating bed with water spinach, and the content of dissolved oxygen was proportional to the coverage of water spinach. By planting water spinach on floating bed, the content of water ammonia nitrogen in circular groove of paddy field reduced to less than 1.00 mg/L and the content of nitrite nitrogen reduced to less than 0.03 mg/L. When the coverage of water spinach was 20% or 30%, the content of ammonia nitrogen and nitrite nitrogen reached the minimum. Considering the cost of floating bed, the optimum coverage of water spinach was 20%. [Conclusion] The research can provide theoretical basis for developing and improving co-culture model of rice, eel and shrimp.

**Key words** Co-culture of rice, shrimp and eel; Water spinach; Coverage; Water quality

随着我国现代农业建设的不断深入以及渔业技术创新和管理创新步伐的加快, 稻田养殖呈现出加快发展的新趋势<sup>[1]</sup>。目前, 稻田养鳢模式已经成为一种新型的农业生态种养模式<sup>[2-4]</sup>。其中, 稻虾鳢模式是利用水稻、黄鳢和克氏原螯虾之间的共生关系构建起来的一种种养结合的生态系统。水稻为黄鳢提供丰富的天然饵料和良好的栖息环境, 鳢虾觅食在一定程度上消灭了许多潜在的害虫和杂草, 残饵与排泄物也为稻田提供肥力, 并利用克氏原螯虾对农药的敏感性来控制农药使用。该模式有利于节约土地资源、减少化肥使用、保护稻田生态和提高农产品品质。养殖黄鳢稻田为静态小环境水体, 残饵和粪便等物质的积累易导致有害物质增加, 对黄鳢的生存环境以及外界水体造成负面影响。夏季高温时节, 稻田水体较浅, 受环境的影响较大, 需为黄鳢营造可以躲避高温的阴凉环境。

空心菜又名水蕹菜, 可以一次栽种、多次收割, 可以有效净化水体而不致造成二次污染<sup>[5]</sup>。空心菜除茎叶能为黄鳢遮荫外, 根部还能吸收分解水体中的有害物质, 为黄鳢的生长繁殖创造良好的自然生态环境, 其发达的根系也可以满足黄鳢洞穴栖息和护卵的习性。近年来, 研究表明空心菜对养

殖污水、生活污水以及河道景观水体均有良好的净化效果<sup>[6-10]</sup>。但是, 稻田环沟水体中心空心菜适宜的种植密度研究目前尚未见报道。因此, 2014~2015年笔者于上海市崇明县春润水产养殖专业合作社进行空心菜浮床改善稻虾鳢共作稻田环沟水质的试验, 探讨稻虾鳢模式中不同空心菜覆盖率对环沟水质的影响, 并对不同种植面积下的环沟水体水质进行分析, 探讨适宜的种植密度, 旨在为水稻-黄鳢-克氏螯虾种养模式的发展与改进提供理论依据。

### 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 试验用水稻选用崇明国家级优质品种“寒优湘晴”; 试验用黄鳢由当地自然水域捕捉; 克氏原螯虾和空心菜均由上海春润水产养殖专业合作社提供; 试验用肥料选用水稻常规化肥(尿素、碳酸氢铵、复合肥等); 塑料浮床购自浙江, 价格30元/块, 按照使用年限折旧分摊成本。

**1.2 试验设计** 试验设置1个对照组和浮床面积分别占环沟水体面积10%、20%和30%的3个试验组(表1), 每个组3个重复。

表1 各组放养配比

组别	黄鳢放养量 kg/hm <sup>2</sup>	克氏原螯虾放 养量//kg/hm <sup>2</sup>	空心菜浮床 覆盖率//%
T <sub>0</sub> (CK)	756.0	369.0	0
T <sub>1</sub>	756.0	369.0	10
T <sub>2</sub>	756.0	369.0	20
T <sub>3</sub>	756.0	369.0	30

**基金项目** 上海农林职业技术学院科研项目(KY1-0000-14-05)。

**作者简介** 郭印(1987-), 男, 河南新乡人, 助教, 硕士, 从事水产养殖技术研究。\* 通讯作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事鱼类生理学方面的研究。

**收稿日期** 2015-11-25

试验在上海春润水产养殖专业合作社标准化试验田(0.13 hm<sup>2</sup>/块)中开展,田中开挖约占整体面积20%的“L”型养殖环沟(深60 cm,宽400 cm),田埂处用高50 cm的厚质塑料膜围网防逃,试验田周边无明显污染源。5月25日至5月30日的稻田翻耕期间,投放常规稻一季施肥量的60%(常规稻一季施肥量507.7 kg/hm<sup>2</sup>)作为基肥;6月10日进行水稻(间距20 cm×30 cm)机插秧;6月20日前完成克氏原螯虾(5~10 g/尾)的投放工作;6月25日前完成黄鳝(25~50 g/尾)的投放工作;7月1日完成不同覆盖率空心菜浮床(空心菜投放面积占环沟水面面积的百分比)的投放工作,随后在浮床孔内种植空心菜植株,每孔3~5株,植株茎部均与水体接触。种植初期在浮床框架下设衬网(网眼直径为1.0 cm),用于防止克氏原螯虾摄食空心菜的幼根。将空心菜浮床均匀、整齐排列在池塘四周。试验期间,每天下午17:00投喂小杂鱼,占鳝虾投放总重的3%~5%,视天气进行增减饵料量。试验期间不使用增氧措施。

**1.3 样品采集与测定方法** 试验于2014年7月11日开始,9月30日结束。试验期间,早晨7:00采集水样,每15 d采样1次,水样采样及处理参照GB/T12999-91标准执行<sup>[11]</sup>。检测水质指标包含pH、溶解氧、氨氮、亚硝酸氮,其中pH使用YSI-B4型便携式酸碱度计测定;溶解氧采用YSI溶氧仪现场测定;水体中的总氨氮(TAN)和亚硝酸氮含量(NO<sub>2</sub>-N)的测定分别采用奈氏试剂法<sup>[12]</sup>和盐酸萘乙二胺比色法<sup>[12]</sup>。

**1.4 数据处理** 对试验数据进行标准化处理,使用Excel 2010和SPSS 19.0统计软件进行数据统计与分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同覆盖率空心菜浮床对环沟水体pH的影响** 良好的水环境是保证鱼类健康生长的物质基础,而pH是衡量鱼池水质的主要指标之一,它对鱼类的生长、发育和繁殖等有着直接或间接的影响<sup>[13]</sup>。从图1可以看出,8月8日T<sub>1</sub>水体pH略低于T<sub>0</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>,存在显著差异。8月24日各试验组水体pH均缓慢上升,其中T<sub>0</sub>组极显著高于其他组(P<0.01)。在此期间,T<sub>0</sub>与T<sub>1</sub>上升幅度最大。9月9日,各试验组水体pH整体下降,T<sub>0</sub>和T<sub>1</sub>水体pH较接近,显著高于T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>。9月25日,T<sub>0</sub>水体pH极显著高于T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>(P<0.01)。该试验中T<sub>0</sub>的水体pH(7.30±0.19)显著高于T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>。T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>的水体pH相近,其中T<sub>1</sub>水体pH的变化幅度较大。

**2.2 不同覆盖率空心菜浮床对环沟水体溶解氧的影响** 尽管此次试验养殖对象黄鳝具有较强的耐低溶氧能力<sup>[14]</sup>,然而水中溶氧值仍是衡量养殖水体水质优劣的重要指标之一,与植物光合作用以及水体污染物等因素密切相关。从图2可以看出,T<sub>0</sub>、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>处理的溶解氧含量分别为(3.38±1.49)、(3.62±0.71)、(4.85±1.42)和(5.04±1.25)mg/L。

在试验过程中,T<sub>0</sub>水体溶解氧均显著低于其他3组(P<0.05),T<sub>0</sub>水体溶解氧含量与T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>差异极显著(P<0.01)。T<sub>0</sub>水体溶氧含量与其氨氮、亚硝酸氮含量均存在显

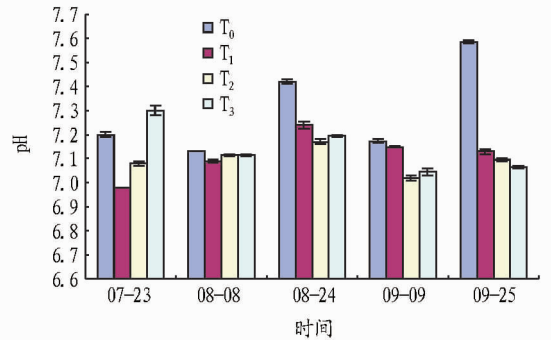


图1 不同覆盖率空心菜浮床对试验水体pH的影响 著负相关(P<0.05),而T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>则未呈现此变化规律。随着空心菜密度的增加,其养殖水体溶解氧含量逐渐提高。

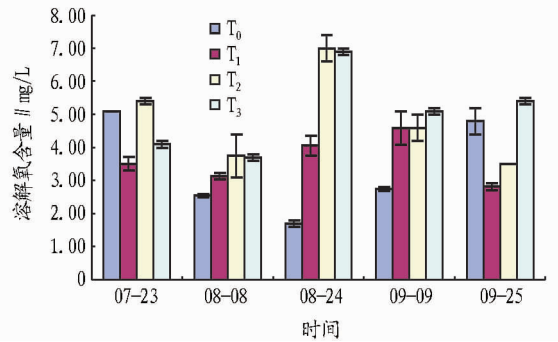


图2 不同覆盖率空心菜浮床对试验水体溶解氧含量的影响

**2.3 不同覆盖率空心菜浮床对环沟水体氨氮含量的影响** 如果养殖水体中氨氮浓度积累过高,就会影响水产动物的生长,甚至造成死亡。国内众多学者对多种鱼类<sup>[15-18]</sup>进行了氨氮的毒理试验,试验表明水体氨氮浓度对鱼类生长有不同的影响,而黄鳝是否对氨氮有较强的耐受性则有待进一步研究。从图3可以看出,T<sub>0</sub>、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>处理间的氨氮含量分别为(1.029±0.908)、(0.669±0.450)、(0.525±0.339)和(0.527±0.356)mg/L。T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>的氨氮含量差异不大。

试验期间,除9月25日外,T<sub>0</sub>氨氮含量均极显著高于其他组(P<0.01)。9月25日T<sub>1</sub>氨氮含量略高于T<sub>0</sub>,且显著高于T<sub>2</sub>与T<sub>3</sub>。

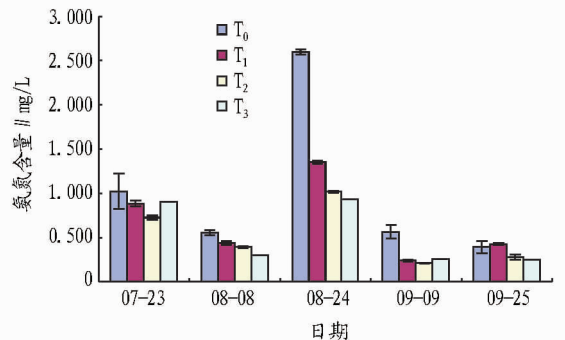


图3 不同覆盖率空心菜浮床对试验水体氨氮含量的影响

**2.4 不同覆盖率空心菜浮床对环沟水体亚硝酸氮含量的影响** 亚硝酸盐是生态系统中氮循环的重要组成成分之一,并且对动物有一定的毒性。实际养殖生产过程中,水体溶解氧

偏低往往容易造成亚硝酸盐浓度急剧升高,高温夏日或雨前低气压情况下更容易因为亚硝酸盐毒性升高而导致大规模死亡<sup>[19]</sup>。高温季节稻田养鳊中,应密切监控水体中的亚硝酸氮含量。从图4可以看出,T<sub>0</sub>、T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>处理间的亚硝酸氮含量分别为(0.033±0.022)、(0.026±0.014)、(0.014±0.002)和(0.010±0.004)mg/L,这表明空心菜浮床对养殖水体亚硝酸氮均有显著的降解作用。20%和30%的高密度处理对亚硝酸氮的降解作用显著高于10%的低密度处理。

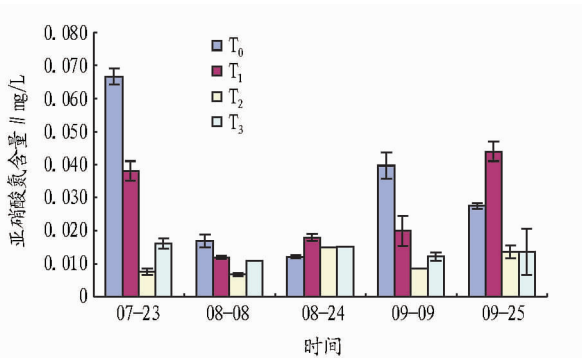


图4 不同覆盖率空心菜浮床对试验水体亚硝酸氮含量的影响

### 3 讨论与结论

有学者对不同pH下黄鳊的生长情况进行研究,结果表明黄鳊在pH范围6.0~7.5内较为适宜,当pH从7.5上升至8.0时生长率呈负增长<sup>[20]</sup>。该试验中空心菜浮床水体pH均维持在此范围内,而对照组均维持在相对较高水平,并在9月25日pH达到7.59。空心菜浮床能有效稳定水体酸碱度,这对黄鳊生长是有利的。该试验中随着覆盖率的增加,溶解氧也随之增加,呈现正相关。这表明空心菜浮床能提高养殖水体溶解氧,可能与空心菜根系对水体污染物的吸收有关。

水体中氨氮和亚硝酸氮浓度过高不仅对鱼类有直接的毒性,而且会引起鱼类免疫力下降,为病原菌的入侵提供方便的渠道<sup>[21-22]</sup>。因此,控制水体氨氮和亚硝酸氮水平一直是水产养殖日常管理的重要环节,尤其是夏季的稻田小水体环境,更应注意控制二者的含量。对照组水体溶解氧与氨氮、亚硝酸氮呈现极显著的负相关,种植空心菜的各组水体溶氧较低时氨氮与亚硝酸氮含量并未出现过高的情况,说明空心菜浮床对水体有一定的调节作用。该试验结果表明通过空心菜的浮床栽培稻田环沟水体中氨氮的水平控制在1.00

mg/L以下,亚硝酸氮水平则控制在0.03 mg/L以下,其中20%与30%覆盖率的水体氨氮和亚硝酸氮含量相差不大。

综上所述,适当提高空心菜浮床的覆盖率对净化水质有利。T<sub>2</sub>与T<sub>3</sub>处理pH、溶解氧、氨氮、亚硝酸氮含量均比较接近。采用浮床栽培空心菜能够将水体氨氮与亚硝酸氮水平均控制在一个较低的水平。考虑到浮床成本,空心菜浮床覆盖率为20%时综合效果较佳。

### 参考文献

- [1] 黄国勤. 稻田养鱼的价值与效益[J]. 耕作与栽培, 2009(4): 49-51.
- [2] 董乔仕. 稻田鳊、鲮生态混养技术[J]. 水产养殖, 2002(1): 5-8.
- [3] 艾为明, 敖鑫如, 周发林. 稻田垄沟式黄鳊养殖试验[J]. 水利渔业, 2002, 22(3): 44.
- [4] 陆卫境, 王云栋. 稻田养殖新模式——鱼蟹共生[J]. 科学养鱼, 2002(12): 35.
- [5] 李欲如, 操家顺, 徐峰, 等. 水蕹菜对苏州重污染水体净化功能的研究[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(1): 69-71.
- [6] 李今, 吕田, 华江环. 人工浮床水培空心菜生长特性及其在养殖废水净化中的应用[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2014(2): 22-27.
- [7] 牛英豪, 孙红岩, 刘文青, 等. 水生蔬菜生物浮床净化中华鳖养殖水质的研究[J]. 河北渔业, 2014(3): 5-10.
- [8] 武艳, 李华, 张明, 等. 水生经济植物对虾塘养殖废水的净化能力研究[J]. 安徽农学通报, 2011(5): 36-37, 50.
- [9] 贾悦, 李秀珍, 唐莹莹, 等. 不同采收方式对富营养化河道浮床空心菜生物产出的影响[J]. 生态学杂志, 2011(6): 1091-1099.
- [10] 顾国平, 周丽燕, 王森. 空心菜对景观水中氮磷的去除效果研究初报[J]. 安徽农学通报, 2008(19): 111-112.
- [11] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [12] 雷衍之. 养殖环境水化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 45-78.
- [13] 范龙霞. 水体pH值在养殖生产中的作用[J]. 黑龙江水产, 2005(3): 22-23.
- [14] 王杨科, 李丽霞. 黄鳊气呼吸代谢的研究[J]. 氨基酸和生物资源, 2000, 22(4): 9-10.
- [15] 胡萍华, 金一春, 曲学伟, 等. 氨氮对白斑狗鱼成鱼的急性毒性研究[J]. 湖南农业科学, 2010(3): 109-111.
- [16] 黄厚见. 摄食水平、氨氮胁迫对梭鱼幼鱼生长的影响及其毒理效应研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
- [17] 龙章强. 黑鳃幼鱼对氨氮胁迫的生理响应及其维生素C的营养需求研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2008.
- [18] 杜浩, 危起伟, 刘鉴毅, 等. 苯酚、Cu<sup>2+</sup>、亚硝酸盐和总氨氮对中华鲟稚鱼的急性毒性[J]. 大连水产学院学报, 2007(2): 118-122.
- [19] 周鑫. 草鱼对亚硝酸氮、氨氮和温度胁迫的生理响应[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [20] 杨代勤, 陈芳, 肖海洋, 等. pH值对黄鳊生存和生长的影响[J]. 水利渔业, 2001(1): 13.
- [21] LIU C H, CHEN J C. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* [J]. Fish & shellfish immunology, 2004, 16(3): 321-334.
- [22] KROUPOVA H, MACHOVA J, SVOBODOVA Z. Nitrite influence on fish: A review [J]. Ver Med Czech, 2005, 50(11): 461-471.

(上接第87页)

- [17] 庞战军, 周君桂. 基质金属蛋白酶-8, 11, 19和组织蛋白酶B在异常胎盘绒毛组织中的表达[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2009, 23(10): 944-947.
- [18] 庞战军, 邢福祺. 膜型基质金属蛋白酶表达与妊娠疾病的关系[J]. 现代妇产科进展, 2002, 11(4): 280-282.
- [19] 王晗, 葛常辉, 辛毅, 等. 雌/孕激素对围产期小鼠子宫内膜胶原酶

表达的影响[J]. 生殖与避孕, 2001, 21(6): 364-367.

- [20] RAGHU H, SODADASU P K, MALLA R R, et al. Localization of uPAR and MMP-9 in lipid rafts is critical for migration, invasion and angiogenesis in human breast cancer cells [J]. BMC Cancer, 2010, 10: 647.
- [21] 李慧敏, 李一雷, 宋雪霏, 等. 人子宫颈癌组织中MMP-26、MMP-9和TIMP-4的表达及其意义[J]. 吉林大学学报(医学版), 2010, 36(2): 354-358.