

田功太,许国晶,李 壮,等. 高等水生植物与底栖动物对中华绒螯蟹养殖底质环境的协同净化效果[J]. 江苏农业科学,2019,47(12):212-215. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.12.048

高等水生植物与底栖动物对中华绒螯蟹养殖底质环境的协同净化效果

田功太,许国晶,李 壮,张金路,张明磊

(山东省淡水渔业研究院/山东省淡水水产遗传育种重点实验室,山东济南 250013)

摘要:利用金鱼藻+田螺、浮叶眼子菜+田螺组合,2种植物覆盖率分别为20%、40%、60%,对中华绒螯蟹池底泥中总氮(TN)、总磷(TP)、化学需氧量(COD_{Mn})、氨态氮(NH₃-N)、亚硝酸态氮(NO₂⁻-N)、硝态氮(NO₃⁻-N)等因子的协同净化效果进行研究。研究表明,2种植物与中华圆田螺组合对底泥皆有明显净化效果,在植物覆盖率相同时,金鱼藻+田螺显著好于浮叶眼子菜+田螺;在植物相同时,植物覆盖率越高,净化效果越好,不同组合间净化效果差异明显;结合净化率、溶解氧(DO)昼夜变化情况,60%金鱼藻+田螺组合更适合用于中华绒螯蟹生态养殖。

关键词:高等水生植物;底栖动物;协同净化;养殖水质;中华绒螯蟹

中图分类号:S966.16 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)12-0212-04

水体的底质环境条件对水质有着极其重要的影响^[1],研究底质改良技术对中华绒螯蟹生态养殖具有重要意义。高等水生植物通过吸收水体和底泥中的营养盐得到生长繁衍,具有光合增氧、净化水质、遮阴降温、调节pH值、栖居攀附、隐蔽脱壳等多项功能^[2-3]。底栖动物是生态系统食物链的关键环节,在物质循环、能量流动和初级生产力方面都有着重要作用^[4],底栖动物通过摄食水生动物残饵、粪便及其他有机碎屑,将一些低级的有机物进行转换,改善养殖环境水质条件^[5-6],而且还可作为中华绒螯蟹喜食的优质活性饵料。由此可见,高等水生植物和底栖动物通过不同的方式和机制,都对中华绒螯蟹养殖的底质环境产生了很大影响。高等水生植物对水质的净化作用已有许多研究^[7-8],刘飞等对高等水生植物与底栖动物对水质的协同影响进行了研究,但切入点是池塘养鱼角度^[9]。高等水生植物和底栖动物对中华绒螯蟹养殖底质环境协同影响方面的研究,目前还未见报道。本试验从中华绒螯蟹生态养殖角度,研究不同种类的高等水生植物在不同覆盖率条件下与底栖动物对中华绒螯蟹养殖底质环境不同因子的协同影响,探讨高等水生植物+中华圆田螺组合与底质环境因子之间的关系,以期今后中华绒螯蟹养殖生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

项目试验地点为山东省济南市济西湿地,试验材料采用金鱼藻(*Ceratophyllum demersum* L.)、浮叶眼子菜(*Potamogeton natans* Linn.)、中华圆田螺(*Cipangopaludina cathayensis*),材料均取自试验地中华绒螯蟹养殖池。将金鱼

藻、浮叶眼子菜连根挖起,轻轻洗净附泥,摘除枯枝干叶死叶,尽量保持整体完整无损。中华圆田螺用地笼网捕获,用清水冲洗后在试验水中暂养2 d后使用。

1.2 试验设计

为防止下雨对试验结果造成影响,本试验在棚架下进行。采用塑料周转箱,模拟中华绒螯蟹养殖环境,分别加入中华绒螯蟹养殖池水140 L,每个试验箱加入充分混匀的养殖池底泥15 kg,使其平铺箱底,厚度约5 cm,分别将金鱼藻、浮叶眼子菜均匀栽插于各试验箱中。共设6个试验组和1个对照组,试验I~III组为金鱼藻+中华圆田螺(简称金鱼藻组合,下同),试验IV~VI组为浮叶眼子菜+中华圆田螺(简称眼子菜组合,下同),金鱼藻、浮叶眼子菜的覆盖率设20%、40%、60% 3个梯度,每个梯度设2个重复,试验时间为2017年8月5日至2017年8月25日。试验设计见表1。

表1 试验分组设计

组别	水生植物	覆盖率 (%)	水生植物质量 (g)
I-1	金鱼藻	20	150
I-2	金鱼藻	20	150
II-1	金鱼藻	40	300
II-2	金鱼藻	40	300
III-1	金鱼藻	60	450
III-2	金鱼藻	60	450
IV-1	眼子菜	20	150
IV-2	眼子菜	20	150
V-1	眼子菜	40	300
V-2	眼子菜	40	300
VI-1	眼子菜	60	450
VI-2	眼子菜	60	450
对照组		0	0

注:中华圆田螺的不同处理均为128 g。

1.3 样品采集和处理

1.3.1 间隙水样采集 试验开始前随机采集3个试验箱中

收稿日期:2017-11-15

基金项目:山东省农业重大应用技术创新项目。

作者简介:田功太(1962—),男,山东青州人,研究员,主要从事生态渔业研究。E-mail:tiangongtai@163.com。

的底泥样本,立即到实验室中进行离心处理,4 200 r/min、10 min,取上清液过滤(0.45 μm 滤膜)得间隙水样。对间隙水指标进行检测后取均值作为本底值,试验结束时采集所有试验箱中的底泥样本间隙水,进行指标检测。

1.3.2 水样检测 试验期间选取晴朗天气,对金鱼藻和浮叶眼子菜不同梯度试验组(Ⅱ组、Ⅲ组、Ⅴ组、Ⅵ组)的水质因子,用多参数快速测定仪每4 h检测1次,连续进行2个昼夜48 h的检测分析,以确定各试验组对水质的影响程度,便于作出比较。

1.4 检测项目及方法

检测项目:水温、溶解氧(DO)、总溶解固体(TDS)、pH值、氧化还原电位(ORP)、总氮(TN)、总磷(TP)、化学需氧量(COD_{Mn})、氨态氮(NH₃-N)、亚硝态氮(NO₂⁻-N)、硝态氮(NO₃⁻-N)等。

检测方法:水温、DO、TDS、pH值、ORP用多参数水质测定仪测定;NH₃-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N用YSI9100(美国产)分光光度计测定;COD_{Mn}用碱性高锰酸钾法测定;底泥TN用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定;底泥TP用钼酸铵分光光度法测定。

1.5 计算公式

$$\text{净化率} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:C₀为污染物初始值(mg/L),C为试验结束时污染物检测值(mg/L)。

1.6 数据处理

试验数据均取2个试验组的平均数,利用单因素方差分析方法和t检验法对数据进行统计分析,用Excel 2003进行图表处理。

2 结果与分析

2.1 对底泥TN的净化效果

试验前底泥中的TN含量为5.2 mg/L,试验结束时Ⅰ组TN含量为4.4 mg/L,Ⅱ组为3.6 mg/L,Ⅲ组为2.9 mg/L,Ⅳ组为4.65 mg/L,Ⅴ组为4.5 mg/L,Ⅵ组为4.15 mg/L。Ⅰ~Ⅵ组净化率分别为15.38%、30.77%、44.23%、10.58%、13.46%、20.19%,对照组无变化。结果表明,对覆盖率相同的2种组合来说,金鱼藻组合净化效果好于眼子菜组合,2种组合间净化率差异明显。对同一种组合来说,随着植物覆盖率的提高,净化率也随之提高,净化效果的顺序是覆盖率20% < 40% < 60%,不同覆盖率间净化率差异明显(图1)。出现以上结果与金鱼藻的生长有关,金鱼藻在生长过程中通过发达的根系吸收底泥中的营养物质,群落得到增长和扩大,使底泥中的TN含量降低,从而使底泥得到净化。刘飞等利用覆盖率10%、20%、30%的菹草和螺蛳对池塘底泥中的氮磷等净化效果进行了研究,得出了底泥间隙水中TN净化率30%组合 > 20%组合 > 10%组合的结论^[9]。任文君研究认为,沉水植物-底泥-水体三者之间的浓度交换,会使底泥营养成分改变,沉水植物对底泥中氮、磷、有机物含量及底泥向上覆水中氮磷的输送转移均有抑制作用。且得出了白洋淀沉水植物对总氮去除能力的大小顺序为金鱼藻 > 黑藻 > 马来眼子菜 > 篔齿眼子菜^[10]。可见二者的研究结论与本试验结果一致。

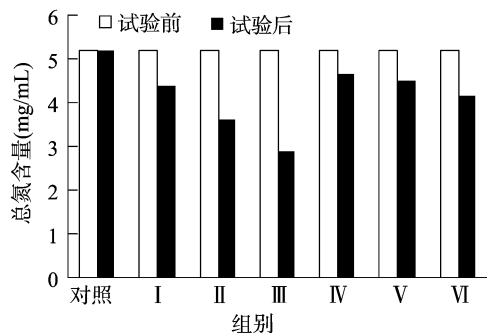


图1 底泥中TN的吸收率

2.2 对底泥TP的净化效果

试验前底泥中的TP初始含量为0.78 mg/L,试验结束时Ⅰ组TP含量为0.545 mg/L,Ⅱ组为0.345 mg/L,Ⅲ组为0.325 mg/L,Ⅳ组为0.565 mg/L,Ⅴ组为0.370 mg/L,Ⅵ组为0.340 mg/L,Ⅰ~Ⅵ组净化率分别为30.13%、55.77%、58.33%、27.56%、52.56%、56.41%,对照组无变化。在覆盖率相同的条件下,金鱼藻组合净化率分别比眼子菜组合高2.57、3.21、1.92百分点,不同组合间差异明显。对同一种组合来说,随着覆盖率的提高,净化率也随之提高,即覆盖率20%组 < 40%组 < 60%组,不同覆盖率间净化率差异明显(图2)。童昌华等研究认为,沉水植物通过根系直接与底泥接触,不仅吸收水中的营养盐,而且能够直接从底泥中吸收营养盐,抑制作用更明显^[7]。该研究结论为本研究结果提供了理论支持。但与刘飞等结论^[9]稍有不同,刘飞等的研究结论是30%组 > 10%组 > 20%组,且3组间差异不显著。造成差异的原因可能与试验植物覆盖率差异幅度不同有关,刘飞等的研究是基于池塘养鱼,水草覆盖率为10%、20%、30%,差异幅度较小,本研究是基于池塘中华绒螯蟹养殖,水草覆盖率为20%、40%、60%,差异幅度较大。

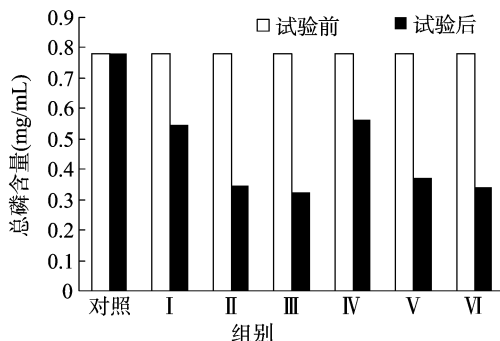


图2 底泥中TP的吸收率

2.3 对底泥COD_{Mn}的净化率

试验前底泥中的COD_{Mn}初始含量为81 mg/L,试验结束时Ⅰ组COD_{Mn}含量为51.5 mg/L,Ⅱ组为45.5 mg/L,Ⅲ组为44.0 mg/L,Ⅳ组为58.5 mg/L,Ⅴ组为51.5 mg/L,Ⅵ组为46.5 mg/L,比初始含量分别下降了36.42%、43.83%、45.68%、27.78%、36.42%、42.59%,对照组无变化。COD_{Mn}的净化率与TN、TP含量的趋势有一致性。在覆盖率相同的条件下,金鱼藻组合普遍好于眼子菜组合,净化率分别高8.64、7.41、3.09百分点,净化率差异明显。对同一种组合来说,随着覆盖率的提高,净化率也随之提高,即20%组 < 40%

组 < 60% 组, 不同覆盖率间净化率差异明显(图3)。水生生态系统对 COD 的去除主要是通过植物与微生物吸附、吸收、利用、代谢等作用来完成的^[11]。王妹等的研究结果显示, 水生植物蒲草 + 螺蛳组合能够显著降低水体 COD, 其中以蒲草 10% + 螺蛳 266.7 g 效果最好, 去除率达 33.9%^[12], 本试验结论与之相近。

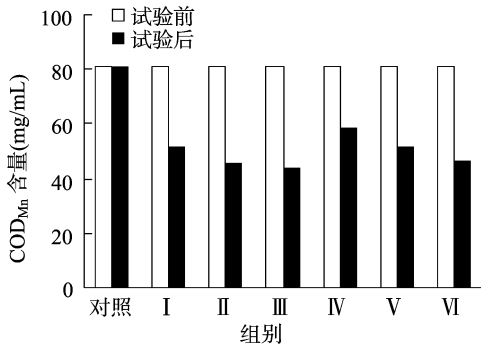


图3 底泥中 COD_{Mn} 的吸收率

2.4 对底泥 NH₃-N 的吸收率

试验前底泥中的 NH₃-N 含量为 4.47 mg/L, 试验结束时 I 组含量为 3.85 mg/L, II 组为 2.95 mg/L, III 组为 2.05 mg/L, IV 组为 3.70 mg/L, V 组为 3.60 mg/L, VI 组为 2.80 mg/L, 比初始含量分别下降了 13.87%、34.00%、54.14%、17.23%、19.46%、37.36%, 对照组无变化。在覆盖率相同的条件下, 金鱼藻组分别比眼子菜组吸收率高 -3.36%、14.54%、16.78 百分点。对同一种组合来说, 覆盖率越大, 净化率越高(图4)。

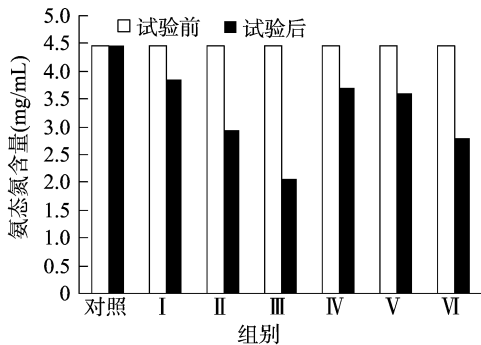


图4 底泥中 NH₃-N 的吸收率

曾乐媛的研究结果显示, 栽种了水生植物的水体比未栽种的净化效果好, 对 NH₃-N 等有明显的改善作用, 不同植物间去除效果有明显差别, 依次为黄花鸂尾 > 再力花 > 大藻 > 香蒲 > 黑藻 > 空白^[13]。对比本研究结果, 2 种植物对 NH₃-N 的净化率明显好于 TN。原因是氨氮一部分是通过植物吸收和挥发去除的, 大部分是通过硝化和反硝化作用去除的, 在硝化和反硝化作用过程中会增加 NO₃⁻-N 含量, 从而使 TN 含量降幅变小^[14]。

2.5 对底泥 NO₂⁻-N、NO₃⁻-N 的吸收率

试验前底泥中的 NO₂⁻-N 含量为 0.02 mg/L, 试验结束时 I 组含量为 0.018 mg/L, II 组为 0.012 mg/L, III 组为 0.010 mg/L, IV 组为 0.019 mg/L, V 组为 0.014 mg/L, VI 组为 0.012 mg/L, 比初始含量分别下降了 10.00%、40.00%、50.00%、5.00%、30.00%、40.00%, 对照组无变化。在覆盖

面积相同的条件下, 金鱼藻组合分别比眼子菜组合吸收率高 5、10、10 百分点(图5)。

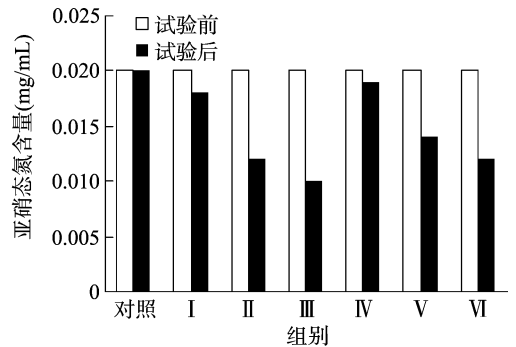


图5 底泥中 NO₂-N 的吸收率

试验前底泥中 NO₃⁻-N 含量为 1.1 mg/L, 试验结束时 I 组含量为 0.55 mg/L, II 组为 0.50 mg/L, III 组为 0.50 mg/L, IV 组为 0.60 mg/L, V 组为 0.58 mg/L, VI 组为 0.54 mg/L, 比初始含量分别下降了 50.00%、54.55%、54.55%、45.45%、47.27%、50.91%, 对照组无变化。在覆盖率相同的条件下, 金鱼藻组分别比眼子菜组吸收率高 4.8%、17.31%、24.04 百分点, 处理间差异明显(图6)。

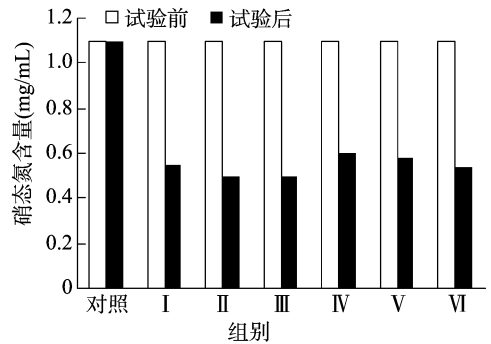


图6 底泥中 NO₃-N 的吸收率

Lu 等认为, 水生植物对水体中氮磷的富集及转移有明显的效果^[15]。朱华兵认为, 水生植物的生长促进了底泥中的营养盐向上覆水释放, 随着时间的推移, 底泥间隙水中的氮磷含量不断降低, 能够有效吸收或控制底泥中氮磷的释放, 避免因内源性的底泥释放氮磷导致水体富营养化^[16]。本研究结果与上述研究结论^[15-16]有着一致性。

2.6 不同试验组 DO 的 48h 昼夜变化及合理的覆盖率

由图7可知, 金鱼藻 60% 组(III 组) DO 的整体水平最高, DO 均值为 4.72 mg/L, 12:00 左右达峰值, 分别为 5.74、5.26 mg/L, 04:00 左右最低, 分别为 3.63、3.88 mg/L; 金鱼藻 40% 组(II 组) DO 整体水平次之, DO 均值为 4.02 mg/L, 12:00 左右最高, 分别为 4.75、4.88 mg/L, 04:00 左右最低, 分别为 2.53、4.06 mg/L。浮叶眼子菜 60% 组(VI 组) DO 均值为 2.62 mg/mL, 在 12:00、20:00 左右最高, 分别为 2.83、2.99 mg/L, 04:00 左右最低, 分别为 2.30、2.56 mg/L; 浮叶眼子菜 40% 组(V 组) DO 整体水平最低, DO 均值为 2.54 mg/L, 12:00 左右最高, 分别为 2.56、2.70 mg/L, 基本上也是 04:00 左右最低, 分别为 2.51、2.52 mg/L。可见覆盖率一致时金鱼藻与眼子菜产生的 DO 量有着较大区别, 金鱼藻组合明显高于眼子菜组合, 尤其以金鱼藻 60% 覆盖率最好,

因溶解氧含量保持在最低 3.63 mg/L 以上,不至于因缺氧影响中华绒螯蟹正常生长。李定国等研究结果显示,水草覆盖率为 70% 左右的池塘溶解氧含量始终保持在 6 mg/L 以上,水草覆盖率为 50% 左右的溶解氧含量始终保持在 5.3 mg/L 以上,水草覆盖率为 35% 左右时溶解氧含量保持在 4.5 ~

5.6 mg/L 之间,水草覆盖率为 20% 左右时溶解氧含量最低在 4.2 mg/L 左右。随着水草覆盖率的下降,蟹池溶解氧含量呈下降趋势^[17]。王惠平总结江苏宜兴中华绒螯蟹生产经验得出,水草覆盖率为 50% ~ 55% 时最好^[18],与本试验研究结果相近。

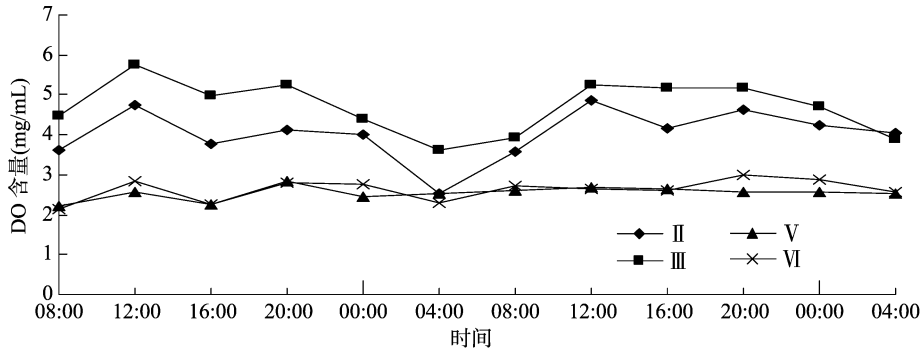


图7 不同试验组 DO 的昼夜变化

3 结论

对底泥的净化效果。在覆盖率相同的条件下,金鱼藻组合对底泥中 TN、TP、COD_{Mn}、NH₃-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N 的吸收率均明显高于浮叶眼子菜组合;对同一种水生植物组合来讲,不同覆盖率对底泥中 TN、TP、COD_{Mn}、NH₃-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N 各因子的吸收率差异明显,吸收率从低到高的顺序是覆盖率 20% 组合 < 40% 组合 < 60% 组合。60% 金鱼藻组合对底泥各因子的净化效果最好。

中华绒螯蟹养殖适宜的水草覆盖率。结合底泥各因子净化效果、DO 量昼夜变化情况及生产实际,60% 金鱼藻组合既对中华绒螯蟹养殖底质有良好的净化效果,可防止养殖水体的富营养化发生,又能保证中华绒螯蟹池有着较高的溶解氧含量,保证中华绒螯蟹的正常生长需求,生产上的实用性强,60% 金鱼藻组合更适合中华绒螯蟹生态养殖生产应用。

参考文献:

- [1] 徐祖信,张锦平,廖振良,等. 苏州河底泥对上复水水质污染影响[J]. 城市环境与城市生态,2005,18(6):1-3.
- [2] 宋桂玲. 水生植物在河蟹养殖中的作用[J]. 黑龙江水产,2009(2):4-5.
- [3] 于潇,吕云茹,张远方. 河蟹池塘生态养殖关键技术[J]. 河南水产,2014(4):20-21.
- [4] Carvalho S, Barata M, Pereira F, et al. Distribution patterns of macrobenthic species in relation to organic enrichment within aquaculture earthen ponds[J]. Marine Pollution Bulletin,2006,52(12):1573-1584.
- [5] 陈静,宋光同,汪翔,等. 不透明度铜锈环棱螺和梨形环棱螺对水体环境的影响效果[J]. 安徽农业科学,2012,40(23):11708-11709.

- [6] 陈桐,张毅敏,高月香,等. 鱼类、底栖动物和水生植物的不同组合对水质净化效果的原位围隔试验[J]. 环境工程学报,2016,10(10):5511-5520.
- [7] 童昌华,杨肖娥,濮培民. 低温季节水生植物对污染水体的净化效果研究[J]. 水土保持学报,2003,17(2):159-162.
- [8] 张志勇,郑建初,刘海琴,等. 凤眼莲对不同程度富营养化水体氮磷的去除贡献研究[J]. 中国生态农业学报,2010,18(1):152-157.
- [9] 刘飞,段登选,李敏,等. 菹草和螺蛳对养殖池塘水体及底泥氮、磷等净化效果研究[J]. 海洋湖沼通报,2016(6):107-112.
- [10] 任文君. 沉水植物对白洋淀湿地环境净化效果的研究[D]. 保定:河北农业大学,2011:67-70.
- [11] 汪小将,周辉,马文举,等. 5种水生植物净化水质效果化研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(4):241-242.
- [12] 王妹,杜兴华,靳坤,等. 不同搭配比例的水生植物与底栖生物对湖滨湿地水质净化效果的研究[J]. 江西农业学报,2016,28(8):70-73.
- [13] 曾乐媛. 5种水生植物对富营养水体的净化研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2016.
- [14] 李科德,胡正嘉. 芦苇床系统净化污水的机理[J]. 中国环境科学,1995,15(2):140-144.
- [15] Lu Q, He Z L, Graetz D A, et al. Phytoremediation of remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) [J]. Environmental Science and Pollution Research,2011,17(1):84-96.
- [16] 朱华兵. 水生植物对富营养化水体的修复及对底泥营养释放的影响[D]. 扬州:扬州大学,2011:31-36.
- [17] 李定国,王煜恒,王会聪,等. 水草密度对河蟹池塘水质和养殖效益的影响[J]. 水产养殖,2015(12):11-15.
- [18] 王惠平. 河蟹养殖再说石灰清塘和水草覆盖率[J]. 渔业致富指南,2009(1):54-55.