

高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体的调控作用研究

张维娜¹, 于丹¹, 高亮¹, 施大林¹, 杨婷婷¹, 刘建华², 邹苏艳³, 匡群¹ (1. 江苏省苏微微生物研究有限公司, 江苏无锡 214063; 2. 江苏省丹阳县水产技术推广站, 江苏丹阳 212300; 3. 江苏宜兴天石饲料有限公司, 江苏宜兴 214200)

摘要 [目的]研究高效微生物菌剂对河蟹养殖水体的调控作用。[方法]考察高效微生物菌剂对不同水体中氨氮、亚硝酸盐、COD、总氮和总磷的降解作用,并研究水体中叶绿素的变化情况。[结果]通过对水体水质指标的测定发现,与对照组相比,高效微生物菌剂能够有效降解水体中的氨氮、亚硝酸盐和总氮,促进水体氮循环,降低水体中叶绿素的含量,抑制有害藻类的繁殖。[结论]高效微生物菌剂能够有效改善河蟹养殖池塘水质,促进河蟹健康养殖。

关键词 微生物菌剂;水体;调控

中图分类号 S966.16 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)01-0083-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.01.026

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on the Regulatory Effects of Efficient Microbial Preparation on the Water Body of Crab Culture Pond

ZHANG Wei-na, YU Dan, GAO Liang et al (Jiangsu Suwei Microbiology Research Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu 214063)

Abstract [Objective] To investigate the regulatory effects of efficient microbial preparation on the water body of crab culture pond. [Method] The degradation of efficient microbial preparation on ammonia nitrogen, nitrite, COD, total nitrogen, total phosphorus and the changes of chlorophyll in the water were studied. [Result] Through the determination results of water quality index, compared with control group, efficient microbial preparation could effectively degrade ammonia nitrogen, nitrite, total nitrogen, promote nitrogen cycle and decrease the content of chlorophyll in the water, inhibit the reproduction of harmful algae. [Conclusion] Efficient microbial preparation could improve the water quality of crab culture pond and promote the healthy breeding of crab.

Key words Microbial preparation; Water body; Regulation

我国河蟹养殖业发展很快,但随着养殖规模的不断扩大和养殖环境的恶化,河蟹病害频繁暴发,严重制约了河蟹养殖业的发展。河蟹养殖水体的恶化主要源自残饵、生物排泄物(粪便)、死亡的藻类等含氮和含碳有机物的不完全分解^[1]。这些有机物分解时会消耗掉水中大量的溶解氧,使这些有机物在低氧条件下不完全分解(厌氧分解),产生氨氮、硫化氢和亚硝酸等,这些物质对养殖动物有非常大的毒害作用;除了氨氮、硫化氢和亚硝酸外,有机物厌氧分解还产生一些有机酸,使水体呈酸性。河蟹对水质要求较高,养殖过程中应始终保持池水“肥、活、嫩、爽”的状态。如何可持续发展河蟹健康养殖,改善河蟹生长环境是亟需解决的重要问题。

微生态制剂(microbial preparation)又称为益生菌(probiotics),是应用一种或几种有益菌(通常是从生物体相应的部位分离出的正常菌群),将其培养增殖,收集后制成的菌剂^[2]。目前,微生态制剂在水产养殖中的作用分为2类:一是改善养殖水体的水质状况;二是拮抗病原菌,增强养殖动物的抗病力,促进动物的生长发育^[3-4]。笔者使用粉剂和水剂2种高效微生物菌剂,通过粉剂和水剂的配合使用,考察其对河蟹养殖水体的调控作用。

1 材料与方法

1.1 菌株来源 高效微生物粉剂——复合芽孢杆菌制剂(菌浓度为 5.0×10^8 CFU/g)由江苏省苏微微生物研究有限公司经发酵、过滤、烘干制备而成。

1.2 试验设计 取无锡马山河蟹养殖池塘水及底泥分装于实验室20 L水桶中,每个水桶装14 L水,底部平铺1 003 g底泥,使其深度占水深的约10%。试验分组设计见表1。试验共分6组,每组3个重复,向试验组①、③、⑤水体中投加高效微生物菌剂,试验组②、④、⑥分别为其对照(不投加菌剂)。试验地点开敞通风、阳光充足,于2017年8月6日至8月16日进行试验,水体平均温度为26~32℃,每天早晨09:00取样,测量水体温度,各水桶环境条件基本一致,试验周期共10 d。每天取样并检测水体中的亚硝酸盐、氨氮含量,每隔2 d检测COD、总磷、总氮含量,观察水中水质指标的变化情况。同时,每隔5 d取样并检测水体中叶绿素的变化情况。

表1 试验分组设计

Table 1 The grouping design of the test

组别 Group	方案 Scheme	高效微生物菌剂在水体中浓度 Concentration of efficient microbial preparation in water body//CFU/mL
试验组① Test group①	底泥+池塘水	4 000
试验组② Test group②	底泥+池塘水(不加菌剂)对照	0
试验组③ Test group③	底泥+灭菌池塘水	4 000
试验组④ Test group④	底泥+灭菌池塘水(不加菌剂)对照	0
试验组⑤ Test group⑤	底泥+去离子水	4 000
试验组⑥ Test group⑥	底泥+去离子水(不加菌剂)对照	0

基金项目 无锡现代产业发展资金项目(CLE02N1708)。

作者简介 张维娜(1985—),女,江苏无锡人,助理研究员,从事应用微生物研究。

收稿日期 2018-09-19

1.3 水质测定与分析方法 氨氮(NH_4^+-N)、COD、总磷、总氮均使用美国哈希试剂测定。

1.4 数据统计与分析 试验数据使用 SPSS 11.5 统计软件进行 Duncan's 多重比较, 检验各组间的差异, $P < 0.05$ 表示差异显著。试验结果均用平均值 \pm 标准误($\bar{x}\pm\text{SE}$)表示。

2 结果与分析

2.1 水质理化指标的变化

2.1.1 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体氨氮含量的影响。由表 2 可知, 在试验组①水体中添加菌液后, 1~4 d 水体

中的氨氮含量较起始(0 d)显著降低($P < 0.05$), 5~10 d 水体中的氨氮含量较起始(0 d)无显著变化($P > 0.05$); 试验组②在 1~7 d 水体中的氨氮含量较起始(0 d)均无显著变化($P > 0.05$), 8~10 d 水体中的氨氮含量较起始(0 d)显著降低($P < 0.05$)。同时, 试验组①水体中的氨氮含量在 1~4 d 均显著低于试验组②($P < 0.05$), 5~7 d 试验组①、②间无显著差异($P > 0.05$), 8~10 d 试验组②水体中的氨氮含量均显著低于试验组①($P < 0.05$)。

表 2 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体氨氮含量的影响

Table 2 The effects of efficient microbial preparation on ammonia nitrogen content in the water body of crab culture pond mg/L

组别 Group	时间 Time//d										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
试验组① Test group①	0.489± 0.000 Aa	0.425± 0.025 Cb	0.352± 0.023 Db	0.325± 0.023 Fc	0.397± 0.004 Eb	0.558± 0.016 Ea	0.535± 0.025 Da	0.489± 0.024 Aa	0.472± 0.011 Aa	0.499± 0.028 Aa	0.456± 0.015 Aa
试验组② Test group②	0.489± 0.000 Aa	0.484± 0.011 Ba	0.483± 0.023 Ca	0.488± 0.014 Ea	0.510± 0.015 Da	0.500± 0.021 Ea	0.510± 0.042 Da	0.553± 0.055 Aa	0.350± 0.029 Bb	0.369± 0.018 Bb	0.356± 0.016 Bb
试验组③ Test group③	0.507± 0.000 Ad	1.045± 0.024 Ab	1.203± 0.014 Aa	1.181± 0.063 Ba	1.272± 0.048 Ba	1.315± 0.051 Ba	0.912± 0.015 Be	0.400± 0.125 Bd	0.315± 0.124 Bd	0.271± 0.095 Cd	0.226± 0.113 Cd
试验组④ Test group④	0.507± 0.000 Ad	0.890± 0.014 Ac	1.285± 0.011 Ab	1.348± 0.024 Ab	1.377± 0.045 Ab	1.531± 0.013 Aa	1.216± 0.077 Ab	0.402± 0.128 Bd	0.354± 0.063 Bd	0.437± 0.031 Bd	0.358± 0.063 Bd
试验组⑤ Test group⑤	0.035± 0.000 Bd	0.834± 0.011 Ab	0.886± 0.010 Ba	0.813± 0.006 Db	0.793± 0.028 Cb	0.706± 0.049 Db	0.554± 0.010 Dc	0.330± 0.033 Be	0.241± 0.042 Cf	0.173± 0.023 Dg	0.157± 0.020 Dg
试验组⑥ Test group⑥	0.035± 0.000 Be	1.037± 0.005 Aa	1.073± 0.033 Aa	0.939± 0.012 Cb	0.880± 0.024 Cc	0.813± 0.011 Cc	0.723± 0.006 Cd	0.368± 0.140 Be	0.276± 0.098 Ce	0.258± 0.091 Ce	0.220± 0.075 Ce

注: 同行不同小写字母表示不同天数间差异显著($P < 0.05$), 同列不同大写字母表示组间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters among different days in the same row indicated significant differences ($P < 0.05$); different capital letters among different groups in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

试验组③和试验组④使用的都灭菌池塘水, 缺少水体中的能进行氮循环的微生物以及底泥向水体中释放的氨氮, 1~6 d 试验组③和④水体中的氨氮含量较起始(0 d)均显著升高($P < 0.05$), 7~10 d 试验组③和④水体中的氨氮含量较起始(0 d)均无显著差异($P > 0.05$)。同时, 虽然试验组③和④水体中氨氮含量较起始(0 d)均显著提高, 但 2~6 d 试验组③水体中的氨氮含量均显著低于试验组④($P < 0.05$)。

试验组⑤和⑥使用的都是去离子水, 水体中氨氮含量很低, 但试验结果与灭菌池塘水相似, 试验组⑤和⑥水体中的氨氮含量较起始(0 d)均显著升高($P < 0.05$)。1~10 d 试验组⑤和⑥水体中的氨氮含量不断下降, 2~6 d 试验组⑤水体中的氨氮含量显著低于试验组⑥($P < 0.05$), 说明在去离子水体投加高效微生物菌剂能够加速水体中氨氮的分解。

2.1.2 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体亚硝酸盐含量的影响。由表 3 可知, 试验组①和②水体中的亚硝酸盐含量均呈现先降后升的趋势, 试验组①在整个试验过程中水体中的亚硝酸盐含量均显著低于起始(0 d) ($P < 0.05$), 且试验前期(1~4 d)水体中的亚硝酸盐含量显著低于试验后期(5~10 d) ($P < 0.05$)。试验组②水体中的亚硝酸盐降解速度略滞后于试验组①。总体来说, 试验组①和②水体中亚硝酸盐含量不存在显著差异($P > 0.05$)。

试验组③和④水体中的亚硝酸盐含量在 1~7 d 均呈不

断上升的趋势, 但试验组③水体中的亚硝酸盐含量显著低于试验组④($P < 0.05$)。在试验后期, 由于水体的自净作用, 试验组③和④水体中的亚硝酸盐含量均显著降低。

试验组⑤和⑥水体中亚硝酸盐的含量也呈现先升后降的趋势, 与试验组③和④结果相似, 第 2~7 天试验组⑤水体中的亚硝酸盐含量显著低于试验组⑥($P < 0.05$)。

2.1.3 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体 COD 含量的影响。由表 4 可知, 试验组①、②以及试验组③、④水体中的 COD 含量均呈现下降趋势; 试验组⑤、⑥水体中的 COD 含量均呈现先升后降的趋势。这表明高效微生物菌剂对水体中 COD 的降解效果并不理想。

2.1.4 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体总氮含量的影响。由表 5 可知, 试验组①和②水体中的总氮含量均呈现先降后升的趋势, 试验组①在 3~7 d 水体中的总氮含量显著低于起始(0 d) ($P < 0.05$), 试验组②在 5~9 d 水体中的总氮含量显著低于起始(0 d) ($P < 0.05$), 其降解总氮的效果滞后于试验组①。同时, 在 3~5 d 试验组①水体中的总氮含量显著低于试验组②($P < 0.05$)。

试验组③、④以及试验组⑤、⑥水体中的总氮含量均呈先上升后下降的趋势, 且各试验组及其对应的对照组间均没有显著差异($P > 0.05$)。

表 3 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体亚硝酸盐含量的影响

Table 3 The effects of efficient microbial preparation on nitrite content in the water body of crab culture pond

mg/L

组别 Group	时间 Time//d										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
试验组① Test group①	0.073± 0.000 Aa	0.046± 0.002 Bc	0.046± 0.005 Bc	0.042± 0.002 Dc	0.038± 0.004 Dc	0.063± 0.002 Db	0.062± 0.003 Eb	0.058± 0.005 Db	0.063± 0.003 Db	0.063± 0.003 Bb	0.062± 0.002 Ab
试验组② Test group②	0.073± 0.000 Aa	0.072± 0.003 Aa	0.048± 0.006 Bb	0.049± 0.004 Db	0.058± 0.005 Cb	0.04± 0.009 Db	0.048± 0.010 Eb	0.068± 0.005 Da	0.091± 0.013 Ca	0.077± 0.004 Ba	0.050± 0.002 Ab
试验组③ Test group③	0.047± 0.000 Be	0.052± 0.002 Bd	0.063± 0.005 Bc	0.074± 0.006 Cc	0.078± 0.010 Cc	0.135± 0.007 Bb	0.259± 0.014 Ca	0.332± 0.055 Aa	0.200± 0.033 Bb	0.080± 0.009 Bc	0.061± 0.003 Ac
试验组④ Test group④	0.047± 0.000 Bd	0.091± 0.002 Ac	0.089± 0.006 Ac	0.111± 0.011 Bc	0.142± 0.008 Ab	0.160± 0.005 Ab	0.382± 0.013 Ba	0.349± 0.064 Aa	0.292± 0.033 Aa	0.114± 0.016 Ac	0.055± 0.007 Ad
试验组⑤ Test group⑤	0.006± 0.000 Cc	0.077± 0.002 Ac	0.066± 0.006 Bb	0.083± 0.009 Ba	0.100± 0.016 Ba	0.094± 0.005 Ca	0.099± 0.012 Da	0.096± 0.018 Ca	0.099± 0.010 Ca	0.066± 0.016 Ba	0.065± 0.014 Aa
试验组⑥ Test group⑥	0.006± 0.000 Cd	0.074± 0.004 Ac	0.120± 0.006 Ac	0.135± 0.008 Ab	0.151± 0.006 Aa	0.172± 0.007 Aa	0.153± 0.006 Aa	0.165± 0.004 Ba	0.114± 0.013 Cb	0.079± 0.007 Bc	0.065± 0.015 Ac

注:同行不同小写字母表示不同天数间差异显著($P<0.05$),同列不同大写字母表示组间差异显著($P<0.05$)Note:Different small letters among different days in the same row indicated significant differences($P<0.05$);different capital letters among different groups in the same column indicated significant differences($P<0.05$)

表 4 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体 COD 含量的影响

Table 4 The effects of efficient microbial preparation on COD content in the water body of crab culture pond

mg/L

组别 Group	时间 Time//d							
	0	1	3	5	7	9	10	
试验组① Test group①	108.0±0.0 Aa	98.0±9.2 Aa	87.0±13.0 Aa	56.7±7.6 Ab	54.7±7.5 Ab	52.7±4.0 Ab	50.3±5.5 Ab	
试验组② Test group②	108.0±0.0 Aa	91.3±7.8 Aa	62.0±5.3 Bb	50.3±3.5 Ab	51.7±8.5 Ab	45.7±6.4 Ab	56.7±7.8 Ab	
试验组③ Test group③	109.0±0.0 Aa	62.3±6.1 Bb	72.3±5.5 Bb	57.0±7.2 Ab	55.0±7.0 Ab	52.3±7.2 Ab	47.7±9.5 Ab	
试验组④ Test group④	109.0±0.0 Aa	56.3±8.4 Bb	65.7±11.0 Bb	55.0±6.1 Ab	58.0±3.0 Ab	61.0±1.2 Ab	48.7±6.5 Ab	
试验组⑤ Test group⑤	0.0±0.0 Bb	9.0±2.0 Ca	13.7±4.5 Ca	10.0±3.0 Ba	12.7±2.1 Ba	14.3±2.5 Ba	8.7±2.5 Ba	
试验组⑥ Test group⑥	0.0±0.0 Bb	2.0±1.7 Ca	3.7±1.2 Da	11.0±3.6 Ba	13.0±3.0 Ba	8.3±2.5 Ba	4.0±2.5 Ba	

注:同行不同小写字母表示不同天数间差异显著($P<0.05$),同列不同大写字母表示组间差异显著($P<0.05$)Note:Different small letters among different days in the same row indicated significant differences($P<0.05$);different capital letters among different groups in the same column indicated significant differences($P<0.05$)

表 5 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体总氮含量的影响

Table 5 The effects of efficient microbial preparation on total nitrogen content in the water body of crab culture pond

mg/L

组别 Group	时间 Time//d							
	0	1	3	5	7	9	10	
试验组① Test group①	3.8±0.0 Aa	2.7±0.6 Aa	1.4±0.7 Ab	0.7±0.1 Ab	1.2±0.1 Ab	2.3±0.7 Aa	2.4±0.6 Aa	
试验组② Test group②	3.8±0.0 Aa	3.1±0.3 Aa	2.7±0.5 Ba	1.7±0.3 Bb	1.5±0.3 Ab	1.8±0.4 Ab	2.1±0.2 Aa	
试验组③ Test group③	3.1±0.0 Ad	4.1±0.4 Bc	5.0±0.6 Cb	6.1±0.7 Ca	3.5±0.7 Bd	1.7±0.5 Ae	1.5±0.4 Be	
试验组④ Test group④	3.1±0.0 Ac	4.5±0.6 Bc	5.6±0.6 Cb	6.2±0.6 Ca	4.5±0.7 Bc	3.1±0.7 Ac	2.5±0.4 Ac	
试验组⑤ Test group⑤	0.0±0.0 Bb	1.5±0.5 Ca	1.7±0.4 Aa	1.5±0.6 Ba	1.2±0.3 Aa	1.0±0.3 Ba	1.0±0.3 Ba	
试验组⑥ Test group⑥	0.0±0.0 Bb	1.8±0.6 Ca	2.0±0.4 Aa	1.8±0.5 Ba	1.4±0.3 Aa	1.1±0.1 Ba	1.1±0.1 Ba	

注:同行不同小写字母表示不同天数间差异显著($P<0.05$),同列不同大写字母表示组间差异显著($P<0.05$)Note:Different small letters among different days in the same row indicated significant differences($P<0.05$);different capital letters among different groups in the same column indicated significant differences($P<0.05$)

2.1.5 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体总磷含量的影响。由表 6 可知,高效微生物菌剂对 3 种水体中总磷的降解与其对应的对照组无显著差异,由于水体自身的净化作用,

各试验组水体中的总磷含量均呈现先升后降、后期趋于稳定的过程。

表 6 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体总磷含量的影响

Table 6 The effects of efficient microbial preparation on total phosphorus content in the water body of crab culture pond

mg/L

组别 Group	时间 Time//d									
	0	1	3	5	7	9	10			
试验组① Test group①	1.05±0.05 Aa	1.13±0.21 Ba	0.58±0.03 Bb	0.62±0.08 Bb	0.49±0.07 Ab	0.49±0.03 Ab	0.51±0.03 Ab			
试验组② Test group②	1.02±0.01 Ab	1.24±0.06 Ba	0.54±0.02 Bc	0.51±0.01 Bc	0.54±0.06 Ac	0.46±0.06 Ac	0.53±0.07 Ac			
试验组③ Test group③	1.38±0.10 Aa	1.45±0.09 Aa	1.24±0.06 Aa	0.68±0.07 Bb	0.57±0.06 Ac	0.42±0.06 Ad	0.36±0.06 Bd			
试验组④ Test group④	1.32±0.05 Ab	1.59±0.08 Aa	1.32±0.06 Ab	0.83±0.11 Aa	0.64±0.07 Ad	0.41±0.05 Ae	0.45±0.04 Ae			
试验组⑤ Test group⑤	0.00±0.00 Bb	1.00±0.10 Ba	0.43±0.06 Bb	0.48±0.07 Bb	0.53±0.06 Ab	0.47±0.07 Ab	0.40±0.07 Bb			
试验组⑥ Test group⑥	0.00±0.00 Bd	0.95±0.07 Ba	0.56±0.09 Bb	0.55±0.06 Bc	0.48±0.04 Ac	0.49±0.06 Ac	0.41±0.04 Bc			

注:同行不同小写字母表示不同天数间差异显著($P<0.05$),同列不同大写字母表示组间差异显著($P<0.05$)Note:Different small letters among different days in the same row indicated significant differences($P<0.05$);different capital letters among different groups in the same column indicated significant differences($P<0.05$)

2.2 水体中叶绿素的变化情况 从表7可以看出,试验组①、②水体中的叶绿素均呈现一定的下降趋势,且在第5天和第10天试验组①水体中的叶绿素含量显著低于试验组②

($P<0.05$);试验组③、④、⑤、⑥水体中的叶绿素含量均呈现不同程度上升。

表7 高效微生物菌剂对河蟹养殖池塘水体叶绿素含量的影响

Table 7 The effects of efficient microbial preparation on chlorophyll content in the water body of crab culture pond

mg/L

组别 Group	时间 Time//d		
	0	5	10
试验组① Test group①	54.70±0.00 Ab	29.83±6.99 Ba	12.23±3.56 Da
试验组② Test group②	54.70±0.00 Ab	44.31±8.73 Aa	36.24±2.58 Ca
试验组③ Test group③	0.00±0.00 Bc	18.75±2.48 Cb	50.73±4.48 Ba
试验组④ Test group④	0.00±0.00 Bc	15.66±2.98 Cb	96.73±6.55 Aa
试验组⑤ Test group⑤	0.00±0.00 Bc	26.55±2.74 Bb	40.93±3.87 Ca
试验组⑥ Test group⑥	0.00±0.00 Bc	28.88±1.33 Bb	38.61±4.39 Ca

注:同行不同小写字母表示不同天数间差异显著($P<0.05$),同列不同大写字母表示组间差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters among different days in the same row indicated significant differences ($P<0.05$); different capital letters among different groups in the same column indicated significant differences ($P<0.05$)

3 讨论

微生态制剂是利用经过特殊筛选的微生物进行基因调控和驯化,具有快速降解、吸收和转化水产养殖环境中的有机污染物(残饵、粪便和生物死体)和氮、磷等,并能形成优势种群有效抑制有害微生物和有害藻类的生长繁殖等作用^[5]。芽孢杆菌是一类具有高活性的消化酶系、耐高温、抗应激的异养细菌。李秋芬等^[6]研究发现,当芽孢杆菌接种到育苗水体后能迅速繁殖成优势菌群,吸收水体中的有害物质,净化水质,同时占优势的微生物菌群能竞争性抑制并代替病原菌群,切断病原菌的营养源,从而减少或阻止有害病原体的感染。光合细菌是一类能将光作为能源加以利用的有益细菌,不仅能迅速降解氨氮,显著提高水体溶解氧,而且能抑制弧菌属、假单胞菌属和气单胞菌属等致病微生物的繁殖^[7]。徐成斌等^[8]研究发现光合细菌可有效去除养殖水中 COD_{Cr} 和 NH_3-N ,提高水中溶解氧含量,并促进河蟹生长。

该试验通过模拟河蟹池塘养殖环境,在不同的水体中投加高效微生物菌剂(水剂与粉剂配合使用),考察高效微生物菌剂对水体中的有机污染物降解作用。结果发现,在河蟹养殖池塘水中投加高效微生物菌剂在短期内能够起到明显的降解氨氮的作用,另外,试验组②在没有外来添加物的情况下,水体具有一定的自净作用,能够分解水体中的氨氮,同时在灭菌池塘水及去离子水中添加高效微生物菌剂能起到一定的降解氨氮的作用,促进水体中的氮循环。

亚硝酸盐也是衡量养殖水体质量的一个重要指标。当亚硝酸盐含量过高时,会造成河蟹慢性中毒,出现精神不振,摄食下降,脱壳不顺,还会发生肠炎、烂鳃等疾病^[9]。该试验结果发现,2组河蟹池塘水水体中亚硝酸盐的含量不存在显著差异($P>0.05$);灭菌池塘水试验组结果表明,在高含量的亚硝酸盐水体中,高效微生物菌剂能发挥一定的降解亚硝酸盐的作用;去离子水组中由于水体中缺乏微生物,因此底泥中的亚硝酸盐向水体快速释放使水体亚硝酸盐含量迅速升高,试验组⑤水体中由于添加了高效微生物菌剂,能够降解水体中的部分亚硝酸盐。

化学耗氧量(COD)是水体中有机物含量的标志^[10]。该试验结果表明,不同水体的试验组与其对应的对照组COD含量绝大部分均无显著差异($P>0.05$),可能高效菌微生物菌剂中缺乏能有效降解COD的菌种,因此对COD的降解效果不理想。

总氮是水中各种形态无机和有机氮的总量,水中的总氮含量是衡量水质的重要指标之一。结果表明,在河蟹池塘水中加入高效微生物菌剂能够加快水体中总氮的分解,促进水体中的氮循环。去离子水和灭菌池塘水试验组及其对应的对照组间均没有显著差异($P>0.05$),说明水体中自身的氮循环细菌对促进水体降解总氮十分重要,由于这4组水体均为无菌水体,虽然试验组③和⑤水体中均添加了高效微生物菌剂,但降解总氮的效果并不明显,说明高效微生物菌剂与水体中的氮循环细菌可能存在一定的协同作用,从而促进水体中总氮的分解。同时,高效微生物菌剂对3种水体中总磷的降解与其对应的对照组相比并无显著差异。因此,高效微生物菌剂并不适用于总磷含量高的水体,但后期仍需进一步研究。

叶绿素a是反映藻类数量的重要指标,常被作为评价水体富营养化状况的主导因子。该试验中试验组①、②水体中的叶绿素含量均呈现一定的下降趋势,其余4组水体中的叶绿素含量均呈不同程度上升。由此可见,高效微生物菌剂与水体中的微生物存在一定的协同作用,降低水体中叶绿素的含量,抑制有害藻类的繁殖。

参考文献

- [1] 苏刚. 河蟹养殖中的水质调控[J]. 科学养鱼, 2013(6): 86.
- [2] 李君丰, 吴垠. 不同种类微生态制剂在水产养殖中使用的有效性[J]. 中国微生态学杂志, 2010, 22(12): 1147-1149.
- [3] 张维娜, 高亮, 于丹, 等. 解淀粉芽孢杆菌对河蟹养殖水体中致病菌的抑制作用及对水质的调控作用[J]. 水产科技情报, 2017, 44(4): 169-172.
- [4] 姚东瑞, 赵凌宇, 王玉花, 等. 微生态制剂对河蟹池塘养殖水体的原位净化效果研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(34): 19543, 19545.
- [5] 李健, 孙修涛, 王群, 等. 微生态制剂在甲壳动物养殖中的应用研究[J]. 海洋水产研究, 2001, 22(2): 26-31.
- [6] 李秋芬, 曲克明, 陈碧鹃, 等. 老化虾池生态系中几类主要细菌的季节变化特征[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 12-18.

(下转第95页)

其受体 CCR2 结合参与炎症反应、血管生成和损伤修复等过程^[12]。不过 MCP-1 在各种疾病中的信号转导机制还需要更深入的研究。该研究通过蛋白质相互作用分析发现 MCP-1 与 CCL3、CCL7、CCL22、CCR5 等分子存在相互作用,这为进一步研究 MCP-1 在不同疾病中的信号转导机制提供了一定的基础。

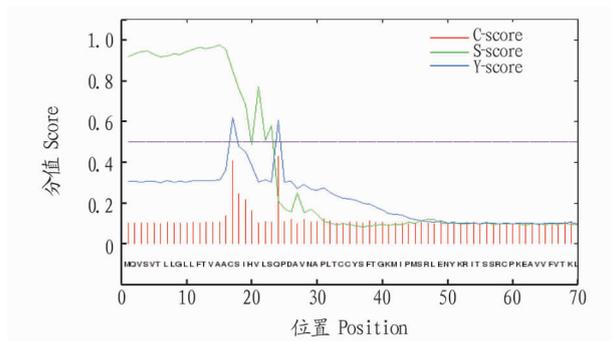


图 4 大鼠 MCP-1 的信号肽分析

Fig. 4 Signal peptide analysis of rat MCP-1

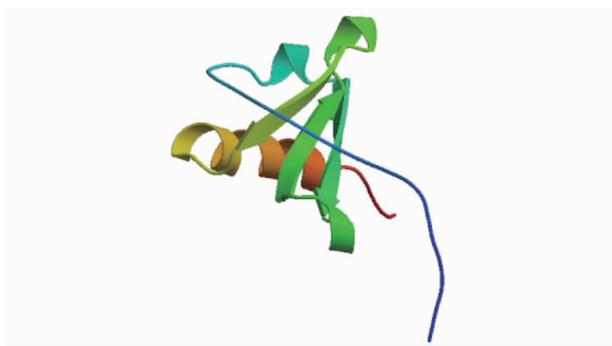


图 5 大鼠 MCP-1 的三级结构

Fig. 5 Tertiary structure of rat MCP-1

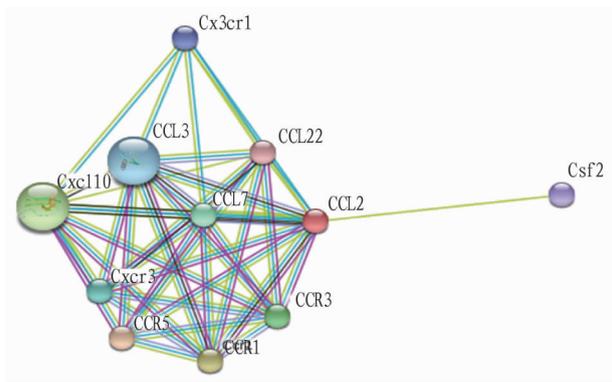


图 6 大鼠 MCP-1 与其他蛋白质的相互作用分析

Fig. 6 The rat MCP-1 and other protein interaction analysis

蛋白质的某些理化性质是蛋白质鉴定、提取、纯化的基本依据。通过蛋白质理化性质预测结果推测,大鼠 MCP-1

是一个稳定的亲水性碱性蛋白。蛋白质二级结构是空间结构及蛋白功能的基础,通过二级结构的预测能为三级结构的预测提供指导。此外,使用预测的二级结构信息进行二硫键预测能够提高二硫键结构的准确率^[13],这将有利于今后蛋白质三维结构的预测。从对信号肽分析结果中可知,大鼠 MCP-1 有信号肽并且预测出信号肽的剪切位点在第 17 位点处。信号肽是蛋白质的一部分,位于分泌蛋白 N 端。对信号肽进行改造能够提高外源蛋白表达量^[14],该分析为大鼠 MCP-1 蛋白表达量提高的设计提供了参考依据。

MCP-1 是炎症反应的一个关键因子,通过生物信息学方法对其进行研究,可为研究 MCP-1 在不同条件下的功能及其在信号转导调节中的作用提供必要的信息,也可为 MCP-1 相关的疾病研究和疾病治疗奠定一定的基础。

参考文献

- [1] GU L, TSENG S C, ROLLINS B J. Monocyte chemoattractant protein-1[J]. Chem Immunol, 1999, 72: 7-29.
- [2] 林涛, 吕昊哲, 马玉霞, 等. 类风湿关节炎患者血清单核细胞趋化蛋白-1 水平及与间质性肺病的关系[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2010, 26(1): 59-63.
- [3] 张舒媚, 包金兰, 孙润陆, 等. 早发冠心病患者血清 MCP-1 与 HDL2、HDL3 水平及其相关性分析[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2015, 36(3): 403-407.
- [4] KHO M C, PARK J H, HAN B H, et al. *Plantago asiatica* L. ameliorates puromycin aminonucleoside-induced nephrotic syndrome by suppressing inflammation and apoptosis[J]. Nutrients, 2017, 9(4): 386.
- [5] HAN R, GU S Z, ZHANG Y J, et al. Estrogen promotes progression of hormone-dependent breast cancer through CCL2-CCR2 axis by upregulation of Twist via PI3K/AKT/NF- κ B signaling[J]. Scientific reports, 2018, 8(1): 9575.
- [6] FABENE P F, BRAMANTI P, CONSTANTIN G. The emerging role for chemokines in epilepsy[J]. J Neuroimmunol, 2010, 24(1/2): 22-27.
- [7] HICKMAN S E, EL KHOURY J. Mechanisms of mononuclear phagocyte recruitment in Alzheimer's disease[J]. CNS Neurol Disord Drug Targets, 2010, 9(2): 168-173.
- [8] RANSOHOFF R M, HAMILTON T A, TANI M, et al. Astrocyte expression of mRNA encoding cytokines IP-10 and JE/MCP-1 in experimental autoimmune encephalomyelitis[J]. FASEB J, 1993, 7(6): 592-600.
- [9] SEMPLE B D, BYE N, RANCAN M, et al. Role of CCL2 (MCP-1) in traumatic brain injury (TBI): Evidence from severe TBI patients and CCL2^{-/-} mice[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2009, 30(4): 769-782.
- [10] PRENTICE H, MODI J P, WU J Y. Mechanisms of neuronal protection against excitotoxicity, endoplasmic reticulum stress, and mitochondrial dysfunction in stroke and neurodegenerative diseases[J]. Oxidative medicine and cellular longevity, 2015, 2015: 964518.
- [11] OERTEL W, SCHULZ J B. Current and experimental treatments of Parkinson disease: A guide for neuroscientists[J]. Journal of neurochemistry, 2016, 139: 325-337.
- [12] O'CONNOR T, BORSIG L, HEIKENWALDER M. CCL2-CCR2 signaling in disease pathogenesis[J]. Endocrine, metabolic & immune disorders drug targets, 2015, 15(2): 105-118.
- [13] 石鸡燕, 蔡春泉, 孙伟, 等. 结合蛋白质二级结构信息预测蛋白质空间结构中的二硫键[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(6): 2049-2051.
- [14] MARTÍNEZ-RUIZ A, DEL POZO A M, LACADENA J, et al. Secretion of recombinant pro- and mature fungal α -sarcin ribotoxin by the methylotrophic yeast *Pichia pastoris*: The Lys-arg motif is required for maturation[J]. Protein Expr Purif, 1998, 12(6): 315-322.

(上接第 86 页)

- [7] 韩兴鹏. 常见微生物制剂在河蟹养殖中的应用[J]. 农村经济与科技, 2016, 27(20): 46, 48.
- [8] 徐成斌, 马溪平, 孟雪莲, 等. 光合细菌的分离鉴定及在河蟹养殖中的

应用[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2009, 36(1): 77-81.

- [9] 王应超, 田国平, 韦娟. 微生物菌的应用对河蟹生长和水质变化的影响[J]. 科学养鱼, 2012(8): 32-33.
- [10] 王笃彩, 闫斌伦, 李士虎, 等. 复合微生物制剂对河蟹育苗生产影响的研究[J]. 水产渔业, 2007, 27(6): 99-101, 106.