

新型底质改良剂对土池水质调控和青虾养殖效果的试验

邱梦¹, 谢钦铭^{1,2*}, 王钰¹

¹集美大学水产学院, 福建 厦门

²农业农村部东海海水健康养殖重点实验室, 福建 厦门

收稿日期: 2023年5月29日; 录用日期: 2023年6月19日; 发布日期: 2023年6月30日

摘要

本文通过添加自制新型底质改良剂于养殖青虾的土池进行了65天的试验, 测定了虾池的水质指标和青虾养殖的效果。试验结果表明, 1) 添加底质改良剂后, 青虾养殖池塘中硝氮平均去除效率为73.35%, 亚硝氮平均去除效率为67.84%, 氨氮平均去除效率为71.99%; 2) 添加了底质改良剂的处理组养成的青虾规格、单位产量和成活率均显著高于对照组, 饲料系数与对照组差异不显著。

关键词

青虾, 生长, 底质改良剂, 营养盐, 氨氮, 亚硝氮, 硝氮

Effects of New-Pattern Sediment Ameliorant on the Growth of *Macrobrachium nipponense* and Water Quality Regulation

Meng Qiu¹, Qinming Xie^{1,2*}, Yu Wang¹

¹College of Fishery, Jimei University, Xiamen Fujian

²Key Laboratory of Healthy Mariculture for the East China Sea, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xiamen Fujian

Received: May 29th, 2023; accepted: Jun. 19th, 2023; published: Jun. 30th, 2023

Abstract

To examine the effects of the growth of *Macrobrachium nipponense* and water quality regulation, a

*通讯作者。

文章引用: 邱梦, 谢钦铭, 王钰. 新型底质改良剂对土池水质调控和青虾养殖效果的试验[J]. 水产研究, 2023, 10(2): 83-90. DOI: [10.12677/ojfr.2023.102010](https://doi.org/10.12677/ojfr.2023.102010)

65-day experiment was conducted self-made new-pattern sediment ameliorants in this paper. The results showed that, 1) compared control ponds, the average clearance rate of nitrate nitrogen was 73.35%, the average clearance rate of nitrite nitrogen was 67.84%, the average clearance rate of ammonium nitrogen was 71.99% in sediment ameliorant group of *Macrobrachium nipponense* culture ponds; 2) after Adding new-pattern sediment ameliorants, the Body weight, unit production and survival rate of *Macrobrachium nipponense* was significantly higher than that of control group ($P < 0.05$), but the feedstuff coefficient of *Macrobrachium nipponense* was no different than that of control group ($P > 0.05$).

Keywords

Macrobrachium nipponense, Growth, Sediment Ameliorant, Nutrient, Ammonium, Nitrite, Nitrate

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

青虾 *Macrobrachium nipponense* 别名沼虾，河虾，因具有较高的营养价值，现为我国长江以南地区大量养殖的品种。近三十多年来，随着我国人们的生活水平提高，市场对青虾的需求量不断增大，我国的青虾养殖业已得到非常迅速发展。目前，我国青虾养殖仍以土池养殖为主，土池的底质是碳、氮、磷等营养盐的富集贮存库，青虾养殖规模的迅速扩张，以及青虾养殖过程存在操作不规范的现象，导致青虾养殖环境恶化及病害问题日趋严重，青虾养殖过程中会有大量残余饵料和废物沉积在池塘底部，残饵等废物的长期积累和分解会产生硫化氢从而损伤虾的健康[1]，必然会导致底泥和水体中营养盐、有机物浓度升高，透明度下降，水体溶解氧降低、氨氮和亚硝酸盐的浓度增加及有害微生物大量繁殖，即底质环境的恶化直接影响到养殖动物的生存环境[2] [3] [4] [5]。这些有害有毒物质必然会给青虾养殖业造成巨大经济损失，而且土池的环境改善已经成为其可持续健康发展的关键。国外研究人员发现池塘养殖环境微生物丰度是影响青虾健康养殖关键因素，其丰度高低影响青虾养殖生长性能、成活率[6]。池塘中氨氮和亚硝酸盐会影响青虾组织形态、氧化应激、能量代谢等[7]。因此，水产养殖池塘底质改良成为提高水产养殖技术的关键问题之一，而定期使用底质改良剂修复和改善养殖池塘底质是一种行之有效的途径[8]-[17]。那么在青虾的养殖过程中，研究青虾养殖环境的调控对解决当前青虾养殖业的环境问题，保障青虾养殖业的可持续发展具有重要意义。

本研究以青虾为养殖对象，在其养殖土池环境中每 30 d 施加一次自制底质改良剂来调节净化环境，并对的水质指标和底质环境的影响进行分析，同时检测青虾生长养殖效果，为进一步利用底质改良剂来净化养殖环境，发展高效健康的青虾养殖技术，保证水产养殖的清洁生产和有机生产提供了依据。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

1) 青虾：青虾苗放养时个体平均体长(1.5 ± 0.30) cm。

2) 植物物质底质改良剂：自制底质改良剂的组成为硅藻土 20% + 贝壳粉 15% + 沸石粉 15% + 膨润土 10% + 膨膨菊 10% + 玉米淀粉 10% + 小麦淀粉 10% + 自制复合益生菌剂 10%。其中自制复合菌藻微生

态制剂主要成分为枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、地衣芽孢杆菌(*Bacillus licheniformis*)和沼泽假单胞菌(*Rhodopseudomonas palustris*)，硝化菌类(Nitrifying bacteria)，蛭弧菌类(Bdellovibrio, Bdellovibrio bacteriovorus)，光合细菌类(Photosynthetic Bacteria，简称 PSB)。

2.2. 实验设计

本实验于 2019 年 7 月 3 日~9 月 10 日在江南渔业有限公司 16 号和 17 号池塘进行，设置 18 号和 19 号池塘为对照池塘。实验期间不换水，保持水深为 100 ± 20 cm；养殖试验池塘的底质类型为泥砂型。每个养殖池塘放养青虾密度为 33,000 ind./亩(即 50 ind./m²)，即放养时间为 7 月 6 日。每天在早晨 06:30 和傍晚 18:30 投饵 2 次。饵料选用海马牌饲料。

2.3. 水质的管理

养殖全程不换水，放苗养殖每 15 d 施加自制植物物质改底剂一次，第一次施加时间为 7 月 10 日，每 15 d 施加一次，整个养殖期间施加 4 次。在投放区投放自制底质改良剂，15 天为一个周期，分别在池塘四角每次投放 3.5 kg/亩的玉米淀粉，中心投放区每次投放 6.0 kg/亩，即每次共投 20.0 kg/亩。

养殖过程中，用增氧机确保射流器的正常工作，使水体溶解氧浓度保持在 4~7 mg/L，以维持良好的益生菌群的增殖环境。经过 65 d 的养殖，视养殖池水体容积大小，收获前 1~4 h 打开池子排水闸口，将养殖水体排入尾水处理池，待养殖池水深降低至 30~45 cm，以捕虾网进行收获。

养殖试验期间的池塘水体水温变化范围为 26℃~33℃。

2.4. 实验水质监测与测定内容及方法

每 10 d 采样 1 次，采样时间均于早晨 06:30~07:30 采集。采样后立即带回公司实验室测定水质，测定指标为氨氮、亚硝酸和硝氮。氨氮的测定方法为次溴酸盐氧化法，氨氮(NH₄⁺-N)用纳氏试剂分光光度法(GB 17378.4)测定；亚硝酸盐氮(NO₂⁻-N)用萘乙二胺分光光度法(GB 17378.4)测定；硝氮用锌镉还原法(GB 17378.4)进行测定。

2.5. 数据处理

1) 对营养盐的清除率[18]按下式计算：

$$\text{清除率}(\text{clearance rate, CR, \%}) = (V_0 - V_i) / V_0 \times 100\% \quad (1)$$

式中，CR 为营养盐清除率，V₀ 为对照组的营养盐质量浓度(mg/L)，V_i 为试验组的营养盐质量浓度(mg/L)。

2) 对青虾成活率[18]按计算公式为：

$$\text{成活率}(\text{survial rate, SR\%}) = N_i / N_t \times 100\% \quad (2)$$

式中，N_i 为试验组中青虾成活数量(Number of survial individual)，N_t 为试验组投放青虾的总数量(total individual number)。

根据测定数据，计算各试验组的平均值(mean)和标准差(Standard Deviation, SD)，数据以平均值±标准差(mean ± SD)表示，采用 SPSS 软件(21.0 版本)对各实验结果进行单因素方差分析(ANOVA)的差异显著性检验的统计分析。并以 Duncan 法进行多重比较，以 P < 0.05 作为差异显著水平。

3. 结果与分析

3.1. 养殖试验池塘的水质变化

试验期间测得营养盐水质变化的数据见表 1~3。

Table 1. Changes in nitrate nitrogen during the experiment (mg/L)**表 1.** 试验期间硝氮的变化(mg/L)

时间	0 d	3 d	12 d	22 d	32 d	42 d	52 d	62 d
TR 组	4.26 ± 0.38a	6.01 ± 0.13a	0.21 ± 0.03b	3.02 ± 0.20b	0.16 ± 0.02b	2.58 ± 0.05b	0.16 ± 0.01b	0.21 ± 0.01b
CK 组	3.98 ± 0.26a	5.85 ± 0.25a	3.43 ± 0.71a	4.16 ± 0.28a	3.08 ± 0.22a	4.03 ± 0.28a	3.43 ± 0.16a	2.86 ± 0.14a

注：表中同列标有相同字母表示差异不显著(P > 0.05)。

Table 2. Changes of nitrite nitrogen during the experiment (mg/L)**表 2.** 试验期间亚硝氮的变化(mg/L)

时间	0 d	3 d	12 d	22 d	32 d	42 d	52 d	62 d
TR 组	2.14 ± 0.32a	4.05 ± 0.24a	0.19 ± 0.02b	2.57 ± 0.07	0.33 ± 0.03b	2.33 ± 0.11b	0.23 ± 0.01b	0.19 ± 0.01b
CK 组	1.96 ± 0.46a	3.68 ± 0.14a	2.85 ± 0.38a	3.54 ± 0.25	2.99 ± 0.24a	2.86 ± 0.13a	2.02 ± 0.17a	1.94 ± 0.25a

注：表中同列标有相同字母表示差异不显著(P > 0.05)。

Table 3. Changes in ammonia nitrogen during the test period (mg/L)**表 3.** 试验期间氨氮的变化(mg/L)

时间	0 d	3 d	12 d	22 d	32 d	42 d	52 d	62 d
TR 组	1.28 ± 0.08a	3.02 ± 0.28a	0.27 ± 0.04b	1.30 ± 0.17b	0.42 ± 0.01b	1.49 ± 0.04b	0.22 ± 0.01b	0.13 ± 0.02b
CK 组	1.06 ± 0.12a	2.59 ± 0.18a	2.04 ± 0.60a	2.69 ± 0.16a	2.38 ± 0.16a	2.09 ± 0.09a	2.03 ± 0.11a	1.95 ± 0.11a

注：表中同列标有相同字母表示差异不显著(P > 0.05)。

利用表 1~3 的数据计算得出硝氮、亚硝氮和氨氮的清除率，计算结果见表 4。

Table 4. Removal rate of nitrogen nutrients during the experiment (%)**表 4.** 试验期间氮素营养盐的去除率(%)

时间	硝氮	亚硝氮	氨氮
7 月 18 日	93.88	93.33	86.74
7 月 28 日	27.40	27.40	51.67
8 月 08 日	94.81	88.96	82.35
8 月 18 日	35.98	18.53	28.70
8 月 28 日	95.34	88.61	89.16
9 月 08 日	92.66	90.21	93.33
平均(%)	73.35	67.84	71.99

从表 4 可见，添加植物微生物底质改良剂后，青虾养殖池塘中硝氮去除效率达到 27%~95% (平均 73.35%)，亚硝氮去除效率达到 27%~93% (平均 67.84%)，氨氮去除效率达到 28%~93% (平均 71.99%)。

3.2. 青虾的生长情况收获

养殖 65 d 后, 两个养殖池平均收获青虾单位面积产量达到 105.21 (斤/亩)。具体如下表 5 所示。

Table 5. The harvest of aquaculture test pond and control pond

表 5. 养殖试验池塘与对照池塘的养殖收获情况

池号	规格(g/尾)	单产(斤/亩)	饲料系数	成活率(%)
TR 平均	15.40 ± 0.72a	105.21 ± 1.80a	1.31 ± 0.06a	80.65 ± 1.20a
CK 平均	14.08 ± 0.18b	91.28 ± 6.16b	1.42 ± 0.05a	66.02 ± 1.01b

注: 表中同列标有相同字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

从表 5 可见, 添加了底质改良型的微生物制剂的处理组, 养成的青虾规格平均值(15.40 克/尾)显著大于对照组($P < 0.05$), 青虾体重规格提高了 9.4%; 处理组的青虾单位产量(105 斤/亩)显著高于对照组, 单产提高了 15%; 而且处理组的青虾成活率(80%)也显著高于对照组, 青虾的成活率提高了 14%; 但处理组的饲料系数与对照组差异不显著。

4. 讨论

4.1. 益生菌等微生态制剂在养殖池塘水体及其底质修复中的应用

自从上世纪 60 年代益生菌被发现并开始利用[19], 在近六十年发来对益生菌的大量研究[20] [21] [22] [23] [24]就已在水产养殖的环境修复得到广泛应用, 而其中光合细菌在水产养殖方面的应用研究最多[25]-[38], 枯草芽胞杆菌在水产养殖中的生态净化应用也有不少报道[39], 还有硝化菌和反硝化菌在水产养殖的尾水处理和生态修复中的应用[40] [41] [42]。

由于单个菌种的对氮、磷等污染的净化能力有限, 故现在大多学者开始研究复合菌群组成的微生态制剂的实践应用[43]-[53]。然而, 由于微生态制剂中的益生菌易被环境因子影响, 从而不能稳定地发挥其功能, 故现在有学者们采用固定化菌藻合剂的研发路径[54] [55], 有研究报道[56] [57] [58]利用硅藻土, 沸石等滤材处理水污染取得了较好效果。

4.2. 虾蟹养殖过程中池塘环境调节修复的应用研究

在水产养殖池塘由于集约化高密度养殖, 大量投喂造成残饵沉底会引发富营养化水华暴发, 故特别需要同时处理蓝藻的抑制剂, 据研究报道[59] [60]利用一些蜈蚣菊等植物可以选择性抑制蓝藻, 本试验产品是根据虾蟹养殖特性[61]的需要, 自主研发了以植物物质为主复合多种益生菌的底质改良剂。

本研究结果中发现, 微生态制剂进行处理组池塘在初、中期增长较慢, 后期呈现快速增长; 而对照组初期增长稍慢, 中、后期呈现跳跃式增长, 是处理组的近 120 倍, 两者的差异非常明显, 说明复合微生态制剂能抑制异养菌的生长。在这些增加的异养菌中, 有害菌占相当大的比例, 增加了青虾感染的机会。其原因是对照池塘积累了大量的有机物, 为异养菌的生长、繁殖提供充足的营养; 而处理池塘因在水体中投入大量复合型微生态制剂, 短时间内快速繁殖, 形成了种群优势, 抑制其它异养菌的生长繁殖, 因此, 处理组的成活率和单位面积产量均显著高于对照组。

5. 结论

1) 添加底质改良型的微生物制剂后, 青虾养殖池塘中硝氮平均去除效率为 73%, 亚硝氮平均去除效

率为 67%，氨氮平均去除效率为 71%。因此添加微生物制剂对减少氨氮、亚硝氮、硝氮对青虾的毒害，以及对改良南美白对虾养殖池塘底质和减少池塘养殖沉积污染具有良好的效果。

2) 添加底质改良型的微生物制剂后，青虾平均体重规格提高 9.4%；青虾平均成活率提高了 14%；处理池塘组平均单产增加率为 15%。

基金项目

福建省科技重点引导项目(编号：2021N0013)；福建省自然科学基金项目(编号：2013J01136)；福建省科技重点项目(编号：2006N041)；福建省科技星火计划项目(编号：2019S0026)；福建省科技星火计划项目(编号：2021S0039)。

参考文献

- [1] 白雪娥. 消除硫化氢危害对对虾养殖的实验研究[J]. 海洋水产研究, 1982(4): 33-41.
- [2] 洪家珍, 等. 虾池老化及其防治方法研究[J]. 厦门水产科技, 1989(1-2): 54-56.
- [3] 陈于望, 郑汉忠. 养殖水质恶化及其改善方法初步探讨[J]. 台湾海峡, 1989, 8(1): 17-21.
- [4] 钟硕良, 阮金山, 陈碧霞. 虾池水质改良剂的研制及其效用[J]. 福建水产, 1993(3): 18-24.
- [5] 阮金山, 陈碧霞, 钟硕良. 水质、底质改良剂在虾池的应用研究[J]. 福建水产, 1994(1): 8-12.
- [6] Manan, H., Amin-Safwan, A., Azman Kasan, N. and Ikhwanuddin, M. (2020) Effects of Biofloc Application on Survival Rate, Growth Performance and Specific Growth Rate of Pacific Whiteleg Shrimp, *Penaeus vannamei* Culture in Closed Hatchery System. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, **23**, 1563-1571. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.1563.1571>
- [7] Wei, S., Zhang, J., Chen, W., Shen, A., Zhou, D., Zheng, J., Thiam, H., Ding, Z., Limbu, S.M. and Kong, Y. (2023) Adverse Effects of Chronic Ammonia Stress on Juvenile Oriental River Prawn (*Macrobrachium nipponense*) and Alteration of Glucose and Ammonia Metabolism. *Environmental Toxicology*, **38**, 545-554. <https://doi.org/10.1002/tox.23698>
- [8] 方秀珍, 谢俊, 郭贤桢, 等. 池塘淤泥中细菌对含氮物质转化效率的研究[J]. 大连水产学院学报, 1999, 14(1): 72-76.
- [9] 薛勇. 养殖池中亚硝酸盐高的原因及解救措施[J]. 吉林畜牧兽医, 2005(9): 59.
- [10] 邓时铭, 廖伏初, 丁德明, 等. 一种新型底质改良剂使用效果的研究[J]. 当代水产, 2010(12): 63-65.
- [11] 乌兰, 安晓萍, 齐景伟, 罗旭光, 陈大勇, 于长青. 新型底质改良剂对池塘水质和底质的影响[J]. 现代农业科技, 2012(8): 332-333, 340.
- [12] Chi, S., Liu, H.J., Zeng, Y., et al. (2012) Application of THPs in Improving Quality of Sediment and Water in Culture Ponds for *Apostichopus japonicus*. *Conference on Environmental Pollution and Public Health (CEPPH 2012)*, Vol. 8, 317-322.
- [13] 唐宾国. 一种高效水体底质改良剂[P]. 中国, 102642996A. 2012-08-22.
- [14] 丁春林, 李文全, 李昕. 底质改良剂在海参池塘养殖中的应用及其监测分析[J]. 河北渔业, 2013(12): 32-34. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-6755.2013.12.012>
- [15] 迟爽, 刘海军, 等. 刺参养殖池塘底泥理化指标和细菌数量变化的检测[J]. 青岛渔业科学展, 2014, 35(1): 111-117.
- [16] 罗明坤. 底质改良剂在对虾养殖中的应用[J]. 科学养鱼, 2015(12): 92. <https://doi.org/10.14184/j.cnki.issn1004-843x.2015.12.059>
- [17] 崔君, 高勤峰, 董双林. 不同组分底质改良剂对刺参生长和底质环境的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2018(4): 133-138.
- [18] 谢钦铭, 苏世杰, 辜光磊, 等. 复合硅藻基质微生态制剂在青虾养殖的应用[J]. 水产研究, 2022, 9(3): 105-113.
- [19] Lilly, D.M. and Stillwell, R.H. (1965) Probiotics: Growth-Promoting Factors Produced by Microorganisms. *Science*, **147**, 747-748. <https://doi.org/10.1126/science.147.3659.747>
- [20] Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P. and Verstraete, W. (2000) Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **64**, 655-671. <https://doi.org/10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000>

- [21] Hargreaves, J.A. (2006) Photosynthetic Suspended-Growth Systems in Aquaculture. *Aquacultural Engineering*, **34**, 344-363. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.009>
- [22] 陈谦, 张新雄, 赵海, 等. 用于水产养殖的微生物制剂的研究和应用进展[J]. 应用与环境生物学报, 2012, 18(3): 524-530.
- [23] 张卫芳. EM 菌和酵母细胞壁多糖对淇河鲫养殖及水质的影响[D]: [硕士学位论文]. 新乡: 河南师范大学, 2015.
- [24] 李冰玉, 侯双迪. 益生菌在水产养殖生产中的应用[J]. 南方农机, 2017, 48(14): 160.
- [25] 王绪峨, 孙昭兴, 刘信艺, 等. 光合细菌在扇贝人工育苗中的应用[J]. 水产学报, 1994(1): 65-68.
- [26] 刘中, 于伟君, 刘义新, 等. 光合细菌在淡水养殖中的应用研究[J]. 水产科学, 1995(1): 13-17.
- [27] 王兰, 廖丽华. 光合细菌的分离鉴定及对养殖水的净化研究[J]. 微生物学杂志, 2004(2): 7-9, 37.
- [28] 林东年, 叶宁, 刘兴华, 等. 光合细菌对罗非鱼塘中水质和生态的影响[J]. 水土保持研究, 2007(2): 207-208, 212.
- [29] 沈涛, 刘斯开, 傅罗琴, 等. 光合细菌在鱼类养殖上的应用及其作用机理[J]. 水产科学, 2012, 31(2): 114-118.
- [30] 方卫东, 唐旭, 何建林, 等. 光合细菌 FP04 的筛选及对中华鳖养殖水质和生产效益的影响[J]. 水产养殖, 2012, 3(4): 12-16.
- [31] 谭龙, 刘建广, 赵冰海, 等. 光合细菌在水产养殖中的应用[J]. 河北农机, 2013(6): 79-80.
- [32] 唐龙. 饲料添加光合细菌对卵形鲳鲹生长性能、肝脏、血清指标的影响及其各部位蛋白质营养价值评价[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2014.
- [33] 唐婷. 光合细菌固态制剂研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福州大学, 2015.
- [34] 冯亚利. 海洋光合细菌在水产养殖中的应用基础研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [35] 杨熹. 光合细菌在水产养殖中的应用[J]. 农民致富之友, 2018(4): 241.
- [36] 孙继芳, 施韬. 光合细菌对水产养殖水质和菌藻生物的影响[J]. 江西水产科技, 2019(5): 19-20.
- [37] 王艺雅, 张其中. 一株光合细菌的分离鉴定及该菌对氨氮和亚硝态氮的去除作用[J]. 微生物学通报, 2019, 46(10): 2512-2528.
- [38] 田启文. 光合细菌的分离鉴定与发酵条件优化及在水产养殖中的应用[D]: [硕士学位论文]. 淮安: 淮阴工学院, 2020.
- [39] 聂伟, 刘立鹤, 刘稳, 等. 枯草芽孢杆菌培育生物絮团对池塘水体浮游生物的影响[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(5): 65-71.
- [40] 田雅洁. 水产硝化菌的优选及其净化水体有害氮素的效果分析[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
- [41] 郝兵兵, 罗亮, 战培荣, 等. MBR 处理水产养殖废水好氧反硝化菌分离与鉴定[J]. 环境科学与技术, 2014, 37(10): 42-47.
- [42] 邓斌. 施氏假单胞菌 SC221-M 的反硝化特性及其调节草鱼养殖水体水质的研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [43] 席峰, 张春晓, 鲁康乐. 不同微生物制剂对海水水母生存与生长的影响[J]. 饲料研究, 2019, 42(1): 15-20.
- [44] 吴定心. 微生物制剂对南美白对虾养殖体系微生态的影响及其与藻类关系的研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- [45] 王芸, 郑宗林. 微生物制剂在水产养殖中的应用研究进展[J]. 饲料与畜牧, 2013(2): 18-24.
- [46] 王慧. 氨氮降解菌的分离鉴定与复合菌剂水质调控效果评价研究[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [47] 苏晨阳. 海水养殖有益菌微生物的筛选鉴定及应用[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- [48] 孙德文, 詹勇, 许梓荣. 微生物制剂在水产养殖中的应用[J]. 淡水渔业, 2002(3): 54-57.
- [49] 芦士杰. 两种微生物制剂在海参池塘养殖中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连工业大学, 2018.
- [50] 刘意康. 基于基质筛选与微生物制剂组合的自循环对虾养殖系统的构建及运行效果[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛理工大学, 2018.
- [51] 郑静芳. 复合菌制剂的研制及其在富营养化水中的初步应用[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南农业大学, 2017.
- [52] 郭丽芸, 周国勤, 茆健强, 等. 微生物制剂在养殖水体修复中的应用及展望[J]. 水产养殖, 2015, 36(7): 36-40.
- [53] 李雪. 微生物制剂对养殖水体水质及微生物群落结构的影响[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 辽宁大学, 2019.

- [54] 阳桂菊. 固定化复合芽孢杆菌微生态制剂产品研制[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2016.
- [55] 刘娥. 藻菌固定及其净化水产养殖废水的效果研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2017.
- [56] 齐晓丹, 武宏宇, 刘俊良, 等. 硅藻土强化生物滤池工艺去除分散式农村生活污水中的实验研究[J]. 水处理技术, 2022, 48(9): 88-92.
- [57] 李永飏, 黄友谊, 等. 沸石粉吸氨性能影响因素研究[J]. 四川环境, 2005, 24(1): 91-94.
- [58] 谢钦铭. 纳米型水产微生态调节剂及其配制方法[P]. 中国, ZL2010100111004.9. 2010-02-09.
- [59] 孔江红, 谢钦铭, 刘襄河, 等. 螯螽菊对铜绿微囊藻生长抑制作用研究[J]. 湖北农业, 2011, 50(4): 712-716.
- [60] 谢钦铭, 等. 一种天然植物物质选择性抑藻剂及其制备方法[P]. 中国, 201510165151.7. 2015-04-09.
- [61] 管越强, 俞志明, 宋秀贤. 主要环境因子对虾类免疫反应及疾病发生的影响[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(5): 156-162.