

文章编号:1673-887X(2026)06-0158-03

3种尾水处理模式对养殖水体的水质影响

蒋文俊

(南部县水产渔政局,四川 南部 637300)

摘要 本研究对三池两坝尾、底排污尾、三级过滤池3种尾水处理模式的养殖水体总磷(TP)、磷酸盐($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)、总氮(TN)、氨态氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、亚硝酸态氮($\text{NO}_2^-\text{-N}$)、游离氨(NH_3)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})7个指标进行了测定,并计算出水体污染物单项污染指数及去除率。结果显示:各组水质指标无显著差异;各组间污染物单项污染指数无显著差异, P_i 值最高的均为 NH_3 ;经水处理后各组TN、TP、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 NH_3 去除率均无显著差异; $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 去除率最高的水处理模式为三级过滤, COD_{Mn} 去除率最高的水处理模式为三池两坝。本研究所比较的3种水处理模式中,三池两坝处理的效果最优,三级过滤次之,底排污较二者最差。

关键词 水产养殖;尾水处理;水质;去除率

中图分类号 S959

文献标志码 A

doi:10.3969/j.issn.1673-887X.2026.06.053

The Effects of Three Tailwater Treatment Modes on the Water Quality of Aquaculture Reservoirs

Jiang Wenjun

(Nanbu Fisheries and Fishery Administration Bureau, Nanbu 637300, Sichuan, China)

Abstract: This study measured seven indicators in the aquaculture water bodies of three tailwater treatment modes. It also calculated the single pollutant pollution index and removal rate of the water bodies. The results showed that there were no significant differences in the water quality indicators among the groups. Among the three water treatment modes compared in this study, the three-pool-two-basin treatment mode had the best effect, followed by the three-level filtration mode, and the bottom discharge mode performed the worst among the two.

Key words: aquaculture; effluent treatment; water quality; removal rate

随着水产养殖业的迅猛发展,水产养殖规模与产量飞速提升,已成为我国经济发展的支柱产业,但高密度养殖、过度投饵、抗生素及其他药物的使用,导致水产养殖已成为农业面源污染的主要来源之一,水资源的合理利用成为制约养殖业发展的重要问题。

养殖尾水中污染物较多,主要为过剩的饵料和动物粪便产生的氮磷化合物,以及疾病防治产生的药物污染物,这些物质容易滋生细菌及病毒,引起养殖动物的疾病暴发。养殖尾水中的有机质分解会消耗大量氧气,若外部供氧不足会直接导致动物缺氧死亡,也会破坏养殖水体生态平衡;若不经处理排入外部水域,还会对周边水域造成负面影响^[1]。

本研究对三池两坝尾水处理模式、底排污尾水处理模式和三级过滤池尾水处理模式下养殖水体的水质情况进行了调研,比较了相同养殖条件下,经尾水处理后养殖水体的水质情况,通过对比不同处理模式下各

指标的变化情况,来评估3种尾水处理模式对养殖水体水质的改善效果。

1 材料与方法

1.1 池塘选取

本研究所选池塘位于四川省南部县某养殖场,养殖面积均为6.67 hm²,养殖对象为加州鲈,所选池塘养殖密度、投喂策略一致,且均处于相似的自然环境下,周边无大型污染源,养殖历史和池塘底质条件相似。

1.2 取样时间及取样方法

分别于水处理前期和水处理后期对养殖池塘进行水样采集,取样时间分别为2025年4月5日和2025年10月6日。取样位置选在养殖池塘的中心部位,随机选取5个点位,每个点位使用有机玻璃采水器(5.00 L)采集3个样本,取样深度为0.30~0.50 m,每次取样时间为7:00,将所取水样装入样品瓶中,运回实验室进行指

收稿日期 2026-01-09

作者简介 蒋文俊(1968-),男,四川蓬溪人,工程师,研究方向为水产技术推广及渔政管理。

标测定。

2 指标测定方法

2.1 水质指标测定方法

本研究所测定水质指标包括总磷(TP)、磷酸盐($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)、总氮(TN)、氨态氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、亚硝酸态氮($\text{NO}_2^-\text{-N}$)、游离氨(NH_3)、高锰酸盐指数(COD_{Mn}),分别采用过硫酸钾消解法、钼蓝分光光度法、过硫酸钾氧化—紫外分光光度法、纳氏试剂比色法、紫外分光光度法、氨气敏电极法,以及酸性高锰酸钾法测定^[2]。

2.2 单项污染指数计算方法

各指标单项污染指数按照公式(1)进行计算。

$$Pi=Ci/Ci_0. \tag{1}$$

式中: Pi 为单项污染指数; Ci 为污染物浓度的实测值; Ci_0 为污染物的限量标准值。

其中:TP、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 为0.2 mg/L;TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为1 mg/L; $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 为0.15 mg/L; NH_3 为0.02 mg/L; COD_{Mn} 为6.00 mg/L。当 Pi 值 ≤ 1.00 时,代表该指标合格,水环境未受污染,此时 Pi 值等于计算值;当 Pi 值 > 1.00 时,代表该指标不合格,水环境受到污染,此时的 Pi 值等于 $1.0+5\times l\text{g}$ (计算值)^[3]。

2.2 水体污染物去除率计算方法

分别测定水处理前后的污染物浓度,按照公式(2)计算污染物去除率。

$$\text{污染物去除率}(\%)=[(C_0-C_1)/C_0]\times 100. \tag{2}$$

式中: C_0 为水处理前污染物浓度; C_1 为水处理后污染物浓度。

3 结果

3.1 不同尾水处理模式下各池塘水质指标测定结果

水处理前、水处理后各指标测定结果见表1。由表1可知,水处理前,各池塘TN、 NH_3 、 COD_{Mn} 浓度无显著差异($P>0.05$),三级过滤水处理组TP和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 浓度显著高于其他底排污处理组, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度显著高于其他两组($P<0.05$),三池两坝水处理组 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 浓度显著高于其他两组($P<0.05$);水处理后,三组水质指标差异均不显著($P>0.05$)。

3.2 不同尾水处理模式下各池塘污染物单项污染指数测定结果

各池塘污染物单项污染指数测定结果见表2。由表2可知,各组间污染物单项污染指数无显著差异($P>0.05$), Pi 值最高的均为 NH_3 。三池两坝、底排污水处理模式组TN、TP、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 NH_3 单项污染指数均 > 1 ,三级过滤水处理组TN、TP、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 NH_3 单项污染指数均 > 1 。

表1 水处理前后各指标测定结果表

Tab.1 The measurement results of each indicator before and after water treatment

		单位:mg/L		
指标		处理模式		
		三池两坝	底排污	三级过滤
$\rho(\text{TN})$	处理前	10.14 ± 0.77	7.16 ± 1.68	10.41 ± 1.19
	处理后	3.36 ± 0.25	2.96 ± 0.33	3.30 ± 0.79
$\rho(\text{TP})$	处理前	1.57 ± 0.22ab	0.37 ± 0.08b	2.44 ± 0.85a
	处理后	0.34 ± 0.04	0.21 ± 0.07	0.38 ± 0.07
$\rho(\text{NO}_2^-\text{-N})$	处理前	3.70 ± 0.18a	1.95 ± 0.37b	0.82 ± 0.39b
	处理后	0.43 ± 0.13	0.94 ± 0.65	0.16 ± 0.13
$\rho(\text{PO}_4^{3-}\text{-P})$	处理前	0.68 ± 0.22ab	0.24 ± 0.14b	1.26 ± 0.33a
	处理后	0.27 ± 0.08	0.16 ± 0.08	0.12 ± 0.03
$\rho(\text{NH}_4^+\text{-N})$	处理前	1.30 ± 0.45b	0.14 ± 0.07b	4.49 ± 1.44a
	处理后	0.43 ± 0.18	0.09 ± 0.05	0.32 ± 0.15
$\rho(\text{NH}_3)$	处理前	4.17 ± 0.51	3.66 ± 0.74	3.20 ± 0.08
	处理后	2.03 ± 0.28	1.28 ± 0.38	1.29 ± 0.52
$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$	处理前	13.62 ± 2.88	7.21 ± 0.76	11.94 ± 1.79
	处理后	4.05 ± 0.68	5.19 ± 0.39	5.47 ± 0.34

注:表中各行肩标字母相同或无肩标字母表示各组间无显著差异($P>0.05$),肩标字母表示各组间差异显著($P<0.05$);下表同。

表2 各池塘污染物单项污染指数测定结果表

Tab.2 The individual pollution index measurement results of pollutants in each pond

		单位:mg/L		
指标		处理模式		
		三池两坝	底排污	三级过滤
$\rho(\text{TN})$		3.48 ± 0.49	3.33 ± 0.26	3.62 ± 0.16
$\rho(\text{TP})$		2.36 ± 0.35	1.23 ± 0.53	2.12 ± 0.28
$\rho(\text{NO}_2^-\text{-N})$		1.19 ± 1.00	3.66 ± 1.89	3.01 ± 0.81
$\rho(\text{PO}_4^{3-}\text{-P})$		0.60 ± 0.13	0.96 ± 0.52	1.59 ± 0.55
$\rho(\text{NH}_4^+\text{-N})$		0.32 ± 0.15	0.09 ± 0.05	0.43 ± 0.17
$\rho(\text{NH}_3)$		9.72 ± 0.81	9.87 ± 0.59	10.99 ± 0.29
$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$		0.91 ± 0.06	0.86 ± 0.06	0.68 ± 0.11

3.3 不同水处理模式下各池塘污染物去除率测定结果
各指标去除率测定结果见表3。

表3 各指标去除率测定结果表

Tab.3 The determination results of the removal rates of each indicator

		单位:%		
指标		处理模式		
		三池两坝	底排污	三级过滤
TN		66.03 ± 5.24	50.54 ± 17.42	65.40 ± 12.76
TP		77.09 ± 4.51	44.84 ± 8.99	75.10 ± 14.36
$\text{NO}_2^-\text{-N}$		88.34 ± 3.75	60.06 ± 22.96	87.03 ± 6.34
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$		57.75 ± 8.48b	19.94 ± 9.78c	88.67 ± 3.89a
$\text{NH}_4^+\text{-N}$		68.23 ± 7.58	54.63 ± 18.36	85.90 ± 11.18
NH_3		47.78 ± 14.76	55.16 ± 24.16	59.19 ± 17.20
COD_{Mn}		67.68 ± 7.79a	25.50 ± 11.71c	51.77 ± 8.75ab

由表3可知,经水处理后各组TN、TP、NO₂-N、NH₄⁺-N、NH₃去除率均无显著差异($P>0.05$);PO₄³⁻-P去除率最高的水处理模式为三级过滤,且显著高于其他两种模式($P<0.05$);COD_{Mn}去除率最高的水处理模式为三池两坝,与三级过滤水处理模式差异不显著($P>0.05$),但显著高于底排污($P<0.05$)。

去除率大小排序为:TN、TP、NO₂-N、COD_{Mn},三池两坝>三级过滤>底排污;PO₄³⁻-P、NH₄⁺-N,三级过滤>三池两坝>底排污;NH₃,三级过滤>底排污>三池两坝。

4 讨论

4.1 3种水处理模式下水体水质指标情况分析

尾水处理可有效降低水体污染物浓度,不同的水处理模式对水体污染物的去除效果存在差异。王行等^[4]将生物膜净水栅与生物生态尾水处理技术相结合,用来处理鳊鲴养殖尾水,经处理后的水质符合《淡水池塘养殖水排放要求》的一级标准。在本研究中:未经水处理的养殖水体各项指标存在一定程度的差异;经水处理后,污染物含量均大幅降低,各组间污染物含量虽未呈现显著差异,但在数值上存在高低之分,处理后的水质符合《淡水池塘养殖水排放要求》的二级标准。因此,在养殖过程中,需依据实际情况选取适宜的处理模式,以实现最佳的水质改善效果。

4.2 3种水处理模式下水体污染物单项污染指数情况分析

本研究中,仅三池两坝、底排污的PO₄³⁻-P,三池两坝、底排污、三级过滤的NH₄⁺-N、COD_{Mn} P_i 值 <1 ,其他指标 P_i 值均 >1 ,表示各池塘均有不同程度的污染。三池两坝水处理模式对于部分污染物单项污染指数的控制有一定的效果,但对于多个污染物的综合净化能力还有待提升;底排污模式在降低某些特定污染物单项污染指数方面表现尚可,但在应对其他污染物时,效果不够理想;三级过滤模式对于降低NH₄⁺-N、COD_{Mn}等污染物单项污染指数效果较为突出,能较好地改善水体中这些污染物的污染状况。综合比较3种模式,它们在降低水体污染物单项污染指数方面各有优劣,在实际养殖应用中,需要结合具体的养殖环境和主要污染物类型,有针对性地选择合适的水处理模式,以更好地控制水体污染程度。

4.3 3种水处理模式下污染物去除率情况分析

水体污染物去除率是衡量水处理效果的重要指

标,翟慧泉等^[5]对4种(池两坝、一体化设备、鱼菜共生、池塘原位处理)尾水处理模式水体污染物去除率进行了比较,结果发现三池两坝尾水处理模式各污染物去除率最高;邹耀等^[6]比较了在广东省应用范围较广的5种尾水处理模式,结果发现三池两坝尾水处理效果最突出,对氨氮、TN、COD_{Mn}的去除效率分别达到76.60%、77.40%和44.40%,对TP的去除率达到35.30%;同样的调研结果也见于袁明磊^[7]的研究中。本研究结果与上述结果相似,三池两坝处理效果最优,对TN、TP、NO₂-N、COD_{Mn}的去除率分别达到了66.03%、77.09%、88.34%和67.68%,其次为三级过滤,对PO₄³⁻-P、NH₄⁺-N、NH₃的去除率分别为88.67%、85.90%和59.19%,底排污尾水处理模式效果较二者最差。综上所述,三池两坝系统通过科学的设计和高效的运行,展现出了卓越的污染物处理能力,其显著的去污成效已经得到了广泛的观察和验证,充分证明了其在环境保护和水质改善中的重要价值。

5 结语

本研究对3种尾水处理模式进行了系统的比较与分析,得出结论如下:三池两坝水处理模式在污染物去除方面表现最优,尤其是TN、TP、NO₂-N、COD_{Mn}的去除率最高;三级过滤尾水处理模式对特定污染物,如PO₄³⁻-P、NH₄⁺-N、NH₃的去除效果较优,整体水质净化效果略逊于三池两坝;底排污尾水处理模式在3种模式中净化效果相对较差,需进一步优化改进。

参考文献

[1] 杨春艳.水产养殖业自身污染现状及改善措施[J].农村实用技术,2019(7):111-112.

[2] 陈尧,刘通.生物-生态组合人工湿地净化市政尾水的研究[J].环境保护与循环经济,2022,42(5):34-38.

[3] 祁萍,王梅,吴尼尔,等.宁夏主要养殖池塘水质评价[J].中国渔业质量与标准,2013,3(3):106-109.

[4] 王行,江兴龙,王泽旭,等.工厂化鳊鲴养殖尾水生态处理技术研究与应用[J].水生态学杂志,2024,45(6):204-210.

[5] 翟慧泉,李业燕,陆显菊,等.典型海水养殖尾水处理技术模式对比与分析:基于环境经济损益分析[J].四川环境,2025,44(4):106-113.

[6] 邹耀,张凯,张兆威.广东省典型淡水水产养殖尾水治理技术模式污染物去除效果对比研究[J].生态环境学报,2024,33(12):1923-1930.

[7] 袁明磊.珠三角地区精养池塘环境与不同模式下养殖尾水处理效果研究[D].天津:天津农学院,2023.

(上接第157页)

况研究[J].畜牧兽医科技信息,2024(11):233-235.

[2] 金依璇,刘诗语,甘露,等.新疆部分地区牛和骆驼常见蜱传原虫病流行病学调查[J].现代畜牧兽医,2024(5):73-77.

[3] 范雪莲,严丹丽,陶建平.兽医原虫病疫苗的应用与研究进展[J].畜牧与兽医,2023,55(5):131-138.

[4] 马忠.中药配合特效药对天祝白牦牛血液原虫病的综合治疗[J].今日畜牧兽医,2023,39(3):83-85.

[5] 阿依德古力·哈德依汗.骆驼的原虫疾病诊断与防治[J].中国动物保健,2022,24(2):43,48.

[6] 孟庆伟.牛原虫病的诊断与防治[J].中国畜牧业,2024(14):86-87.

[7] 李树军.牛原虫病的诊断与防治[J].中国畜牧业,2022(5):71-72.