

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2020.08.12

过硫酸氢钾复合物在畜牧水产中的应用研究进展

唐兴刚¹, 魏文康¹, 罗胜军², 郭伟干², 魏光伟^{1*}

(1. 广东省农业科学院动物卫生研究所, 广东省畜禽疫病防治研究重点实验室, 农业农村部兽用药物与诊断技术

广东科学观测实验站, 广州 510640; 2. 广东省前沿动物保健有限公司, 广州 510550)

[收稿日期] 2020-02-25 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2020) 08-0073-07 [中图分类号] S859.79

[摘要] 过硫酸氢钾复合物溶于水后发生链式反应, 产生活性氧, 进而形成羟基自由基、过氧化氢自由基、次氯酸等多种活性成分, 不仅可以作为畜牧水产中的消毒剂使用, 也可以用于水产养殖中的水体治理、底质改造等。就国内外近些年过硫酸氢钾复合物在畜牧水产中的应用情况进行综述, 为其进一步开发利用提供参考。

[关键词] 过硫酸氢钾复合物; 畜牧; 水产

Advances in Research of Potassium Peroxomonosulfate Compound on Animal Husbandry and Aquatic

TANG Xing-gang¹, WEI Wen-kang¹, LUO Sheng-jun², GUO Wei-gan², WEI Guang-wei^{1*}

(1. Institute of Animal Health Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Livestock Disease Prevention of Guangdong Province, Scientific Observation and Experiment Station of Veterinary Drugs and Diagnostic Techniques of Guangdong Province, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China, Guangzhou 510640, China; 2. Guangdong Qianyan Animal Health Co., Ltd, Guangzhou 510550, China)

Corresponding author: WEI Guang-wei, E-mail: 757942337@qq.com

Abstract: Chain reaction occurs when potassium peroxomonosulfate compound is dissolved in water, generating reactive oxygen species, then form a variety of active ingredients such as hydroxyl radicals, hydrogen peroxide radicals, hypochlorous acid, not only can be used as disinfectant in animal husbandry and aquaculture, but also can be used for water body management and substrate modification in aquaculture. This article reviews the application of potassium persulfate compound in animal husbandry and aquaculture in recent years at home and abroad, and provides a reference for its further development and utilization.

Key words: potassium peroxomonosulfate compound; animal husbandry; aquaculture

基金项目: 广东省级科技计划项目(2017A040403060); 广东省农业农村厅防控新型冠状病毒肺炎疫情应急专项

作者简介: 唐兴刚, 助理研究员, 硕士, 从事兽药新制剂的开发、中兽药发酵研究。

通讯作者: 魏光伟。E-mail: 757942337@qq.com

单过硫酸氢钾 (KHSO_5) 也称过一硫酸氢钾 (PMS), 由于其较强的氧化性, 且过硫酸根的不稳定性, 目前常以过硫酸氢钾复合盐 (KMPS) 的形式应用, 其分子式为 $2\text{KHSO}_5 \cdot \text{KHSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ 。市场上存在的“过硫酸氢钾复合物”多是以此复合盐与表面活性剂、有机酸和无机缓冲系统等组成复合物。过硫酸氢钾复合物应用比较广泛, 在畜牧水产产业上主要作为环境消毒剂、饮用水消毒剂、防治水产细菌病等使用。在近期防控新冠肺炎的紧急形势下, 天津瑞普的过硫酸氢钾复合物粉获天津卫健委批准, 取得人用卫消字号至疫情应急响应期结束。其在水产业上还作为水质改良剂、养殖底质改良剂等使用, 但相对兽药的规范管理, 作为水产改良剂的使用目前还没有国家规范, 市场上产品多以企业标准产品存在, 质量参差不齐。

1 过硫酸氢钾复合物的研制

单过硫酸氢钾单剂吸潮或溶于水中, 会迅速分解释放出活性氧和硫酸钾, 具有较强的氧化能力, 但是过一硫酸根很不稳定, 所以近年来过硫酸氢钾复合物多以过硫酸氢钾复合盐为主要有效成分进行研究。王铭佳^[1]以双氧水、硫酸、碳酸钾及碳酸钠为原料, 合成了一种新型过硫酸氢钾复合消毒剂, 以过硫酸氢钠代替部分过硫酸氢钾, 可以减少钾元素的使用, 且具有较高的活性氧含量, 性能略优于传统的单过硫酸氢钾复合盐。

1.1 过硫酸氢钾复合物粉 过硫酸氢钾复合物粉作为一种消毒剂由英国安德国际有限公司研制, 由过硫酸氢钾复合盐、十二烷基苯磺酸钠、氯化钠、有机酸等配制而成。其作用机理为以复合盐为主要活性成分建立一个平衡稳定的系统, 溶于水后经由链式反应释放出活性氧并进而形成羟基自由基、过氧化氢自由基、次氯酸等多种活性成分。我国也有针对此产品的研制。中国农业科学院上海兽医研究所曾研制了一种过硫酸氢钾复合物粉, 并对配方中氯化钠含量、有效氯含量、稳定性、毒理学、消毒效果等开展了研究。该研究以氯含量为有效成分指标, 采用了相较于碘量滴定法更简单、准确、重现

性好的 DPD 分光光度法^[2-3]。截至 2020 年 2 月, 中国兽药信息网公布过硫酸氢钾有效兽药消毒剂批文 32 个, 其中 29 个粉剂批文。

1.2 过硫酸氢钾复合物泡腾片 由于粉剂在储存运输过程中易吸潮导致有效成分降低, 目前针对过硫酸氢钾复合物的制剂开发主要集中在泡腾片的研究。中国兽药信息网显示国内最早取得泡腾片批文的兽药为 2014 年镇江威特药业有限责任公司, 目前有效期内泡腾片批文有 3 个。氯化钠作为该复合物中提供氯的组成成分, 其制剂工艺对复合物的有效性起到很大作用。采用流化床包衣技术处理氯化钠^[4], 用制得的氯化钠包被物进行过硫酸氢钾复合盐泡腾片的制备, 制得的泡腾片最优配方: 50% 过硫酸氢钾复合盐, 3.15% 氯化钠包被物, 10% 氨基磺酸, 1% 烷基糖苷, 0.5% 十二烷基硫酸钠, 6% 缓蚀剂 GR-914, 0.06% 香兰素, 0.06% 苋菜红, 10% 苹果酸, 6% 碳酸氢钠, 0.05% 气相二氧化硅, 13.18% 无水硫酸钠。其各项指标符合中国兽药典的要求, 并建议使用铝箔复合袋作为包材。翟燕青等^[5]考察了自制过硫酸氢钾复合盐泡腾片的消毒效力, 通过定量杀菌试验以及有效氯含量的测定进行判定, 测得该泡腾片的溶液消毒能力维持在 15 d 以上。

2 过硫酸氢钾复合物对畜禽病原微生物的杀灭作用

2.1 过硫酸氢钾复合物的作用机理 过硫酸氢钾复合物的作用机理为在水中经过链式反应, 分别产生了具有氯制剂、过氧化物、酸制剂的作用的成分。其中产生的次氯酸、新生态氧, 氧化和氯化病原体, 干扰病原体 DNA 和 RNA 合成, 使病原体蛋白质变性凝固, 进而干扰病原体酶系统活性、影响其代谢, 增加细胞膜的通透性, 造成酶和营养物质流失、病原体溶解破裂, 从而杀灭病原体; 产生的有机酸和低 pH 值的环境具有协同杀灭病原体的作用。本类消毒剂对所有感染人和动物的病毒、细菌及其芽胞、支原体、真菌和球虫卵囊均具有强大的杀灭作用, 对其他消毒剂难以杀灭的圆环病毒也有效 (图 1)。

表 2 不同消毒剂对细菌杀灭效果

	不同消毒剂作用 5 min 的杀灭浓度 mg/L			
	过硫酸氢钾复合物	戊二醛癸甲溴铵溶液	次氯酸钠	溴化二甲基二癸基烃铵
大肠杆菌	312.5 ^[10] ,230 ^[6]	167 ^[10]	138 ^[10]	31.25 ^[10]
金黄色葡萄球菌	312.5 ^[10] ,57.5 ^[6]	125 ^[10]	138 ^[10]	31.25 ^[10]
志贺氏菌	312.5 ^[10]	125 ^[10]	138 ^[10]	62.5 ^[10]
链球菌	625 ^[10]	125 ^[10]	138 ^[10]	31.25 ^[10]

数据上标代表不同文献的杀灭数据

3 养殖现场消毒应用

过硫酸氢钾复合物在实验室条件下具有较好的杀菌消毒效果,在实际使用现场的消毒效果也具有良好表现。陈小强等^[18]为评价消毒剂对规模化鸡场的消毒效果,分别测定了苯扎溴铵、戊二醛溶液、聚维酮碘、癸甲溴铵和过硫酸氢钾复合物粉 5 种消毒剂对大肠埃希菌最小杀菌浓度(MBC),并采用带鸡消毒试验对杀菌作用最强的 2 种消毒剂进行现场消毒效果评价,综合结果显示过硫酸氢钾复合物的杀菌能力及带鸡消毒效果最好,适于规模化鸡场带鸡喷雾消毒。刘元元等^[19]考察了过硫酸氢钾复合盐颗粒以喷雾器喷洒不同浓度对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、多杀性巴氏杆菌、溶血性链球菌及蜡样芽孢杆菌等的体表面现场消毒效果,结果表明过硫酸氢钾复合盐颗粒对革兰氏阴性菌的表面现场消毒效果要优于对革兰氏阳性菌的表面现场消毒效果。对大肠杆菌、多杀性巴氏杆菌的表面现场消毒推荐浓度为 1:400;对金黄色葡萄球菌及溶血性链球菌、蜡样芽孢杆菌表面现场消毒推荐浓度为 1:200(表 3)。

表 3 2 种消毒剂对鸡舍消毒前后菌落总数和大肠埃希菌数效果比较

消毒剂	鸡舍带鸡喷雾消毒 30 min 后杀灭率	
	菌落总数	大肠埃希菌数
过硫酸氢钾复合物(1:200)	65.07% %	88.8%
癸甲溴铵溶液(1:200)	43.23%	45.03%

4 应用于水产疫病

过硫酸氢钾复合物以其低毒、广谱、高效的杀菌效果,在水产养殖的病害防治中也具有广泛的使用。过硫酸氢钾复合物对鲫鱼养殖中的爱德华氏菌、温和气单胞菌、嗜水气单胞菌在体外具有明显的抑菌作用,在鲫鱼体内 0.25 mg/L 浓度就能对嗜水气单胞菌、爱德华氏菌及温和气单胞菌有明显抑制作用^[20]。对引起海水鱼、虾、蟹、贝类等常见弧菌病的弧菌,50% 过硫酸氢钾复合物以 400 g/(亩·m)(0.6 mg/L)的浓度可作为最小杀菌浓度^[21],在使用过硫酸氢钾复合物进行消毒杀菌时需补充水体有益菌。王兵等^[22]用肉汤稀释法测定了过硫酸氢钾复合盐对鳗弧菌、铜绿假单胞菌、灿烂弧菌、副溶血弧菌、嗜水气单胞菌嗜水亚种和鱼肠弧菌的 MIC 和 MBC,结果表明过硫酸氢钾复合盐在较低浓度的条件下,能有效杀灭和抑制所试验的 6 种水产养殖生物致病菌,对灿烂弧菌的抑菌杀菌效果最好。

5 改善水产养殖水环境

过硫酸氢钾可以与水发生氧化反应生成不稳定的臭氧,臭氧瞬间分解成氧气和氧原子,即所谓的新生态氧。原子氧具有很高的能量,起到杀灭和抑制细菌和病害的作用,且反应过程不产生有害物质,生成的氧气也可以起到增氧作用。氧气的增加,可用于养殖水体的解毒、降低应激反应、提高水能量等。研究发现过一硫酸盐的氧化能力对污泥的活性具有一定影响,随着过一硫酸盐氧化能力的增强,胞外聚合物的多糖成分增加,蛋白质和 DNA 含量先增加后减少。光谱研究发现,色氨酸和类腐殖质与过一硫酸盐氧化能力呈正相关^[23]。杜

邦公司的卫可消毒粉曾用于影响河蚌养殖的玻璃海鞘的杀灭试验。当消毒剂浓度低于 3% 时,玻璃海鞘三个生长阶段对卫可消毒粉敏感,但需浸泡 4 周才能起到防治效果;当浓度大于 3%,作用时间 30 s 时即可杀灭 89% 的玻璃海鞘^[24]。在用聚合铝盐、聚丙烯酰胺、过硫酸氢钾复合物等不同水质改良剂处理温室甲鱼养殖废水时,过硫酸氢钾复合物处理 24 h 后,可增加溶解氧,降低 COD 及亚硝酸盐,但对氨氮没有效果,表明利用单一水质改良剂方法或无法使养殖废水无害化,必须多种方法综合使用^[25]。在对养殖水体底质进行处理时,过硫酸氢钾复合物与有益菌(光合细菌、芽孢杆菌和乳酸菌)合用,可对罗非鱼养殖池塘底泥总氮及总磷的降解加快,减缓总氮及总磷增加的幅度,使更多的营养物质释放到水体中,供给浮游植物利用和提高同化作用,且以过硫酸氢钾复合物与乳酸菌的协同作用对氮磷的改良效果更显著^[26]。

6 结 论

通过不同消毒剂对常见病毒、细菌的杀灭结果对比可以看出,过硫酸氢钾复合物对病毒、细菌都具有良好的杀灭效果,在与其他成分的消毒剂进行对比时,效果也表现出很大优势,且具有低毒、安全的优点,在畜禽养殖的环境、器械、饮用水等消毒,调整养殖水体、底质改良方面将具有较大使用空间。然而本类产品在使用过程中仍需注意以下问题。①过硫酸氢钾复合物虽然对常见病毒、细菌具有较好的杀灭效果,但是不同厂家的复合物的组成具有较大差异,效果也存在较大不同,在使用时需进行实验室确认适合本养殖场的产品;②过硫酸氢钾复合物具有较强的吸湿性,高湿条件下放置 10 d,有效氯含量可降低 50% 以上,因此,需采用双层铝箔包装防止水气进入^[27];③过硫酸氢钾复合盐目前没有权威的鉴别鉴定方法,市场上存在以“过硫酸钠 + 溴氯海因 + 分散剂”压片,“少量过硫酸氢钾复合盐 + 氯制剂 + 分散剂”造粒或压片,“亚氯酸钠 + 固体酸 + 表面活性剂”压片等形式的假冒伪劣产品,使用时可采用活性氧检测法、pH 值测定法、食盐辨别法等进行综合判定^[28]。化工标准

《HG/T 5562-2019 水处理剂 过硫酸氢钾复合粉》将在 2020 年 7 月实施,希望可以解决产品真伪的鉴别问题;④在查阅相关文献时,发现由于对名称的使用不规范,许多研究者对单过硫酸氢钾/过一硫酸氢钾(KHSO_5)、过硫酸氢钾复合盐($2\text{KHSO}_5 \cdot \text{KHSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$)、过硫酸氢钾复合物(复合盐 + 辅料)的表述存在混乱使用的情况,影响对该类产品的理解,建议相关研究人员在以后的研究中规范使用相关名称。

参考文献:

- [1] 王铭佳. 过一硫酸氢钾复合消毒剂的制备及工艺设计[D]. 河北科技大学, 2018.
Wang M J. Process Design for Preparation of Potassium Hydrogen Peroxymonosulfate compound disinfectant[D]. Hebei University of Science and Technology, 2018.
- [2] 付维星,张可煜,张丽芳,等. DPD 分光光度法测定过硫酸氢钾复合粉中有效氯含量[J]. 中国兽药杂志,2010,44(11):29-32.
Fu W X, Zhang K Y, Zhang L F, et al. Determination of Available Chlorine by DPD Method in the Compound Peroxymonosulfate Powder[J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2010, 44(11):29-32.
- [3] 付维星. 过硫酸氢钾复合粉消毒剂的研究[D]. 中国农业科学院, 2011.
Fu W X. Study on Disinfection of the Compound Peroxymonosulfate Powder[D]. Chinese Academy of Agricultural Sciences Master Dissertation, 2011.
- [4] 王昆亭. 过硫酸氢钾复合盐泡腾片的制备和质量评价[D]. 河北科技大学, 2018.
Wang K T. Preparation and Quality Evaluation of Potassium Monopersulfate Effervescent Tablets[D]. Hebei University of Science and Technology, 2018.
- [5] 翟燕青,贺文庆,江俊. 一种过硫酸氢钾复合盐消毒剂消毒效力持续时间研究[J]. 国外畜牧学(猪与禽), 2017, 37(1):54-55.
Zhai Y Q, He W Q, Jiang J. Study of Disinfectant Effectiveness Time on Disinfection of the Compound Peroxymonosulfate[J]. Animal Science Abroad (Pigs and Poultry), 2017, 37(1):54-55.
- [6] 王娟,袁建丰,王贵平. 过硫酸氢钾复合盐对禽类常见细菌病原微生物杀灭效果观察[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36

- (3): 167–169.
- WANG J, Yuan J F, Wang G P. Evaluation on the inactivation efficacy of oxone monopersulfate compound on poultrypathogenic microorganism[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2019, 36(3): 167–169.
- [7] 王娟, 卞国志, 袁建丰, 等. 过硫酸氢钾复合盐对鸡新城疫病毒杀灭效果观察[J]. 中国消毒学杂志, 2018, 35(8): 563–565.
- Wang J, Bian G Z, Yuan J F, *et al.* Observation on inactivation efficacy of potassium monopersulfate to Newcastle disease virus[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2018, 35(8): 563–565.
- [8] 秦涛, 汪川韦, 石宝兰, 等. 4 种常用消毒剂对 H7N9 亚型流感病毒灭活效果研究[J]. 畜牧与兽医, 2018, 50(8): 64–68.
- Qin T, Wang C W, Shi B L, *et al.* The inactivation effect of four common disinfectants on H7N9 subtype influenza virus[J]. Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2018, 50(8): 64–68.
- [9] 秦涛, 汪川韦, 石宝兰, 等. 四种常用消毒剂对 H5N6 亚型禽流感病毒灭活效果的研究[J]. 中国兽医科学, 2018, 48(9): 1139–1145.
- Qin T, Wang C W, Shi B L, *et al.* Inactivation effect of four common disinfectants on H5N6 subtype avian influenza virus[J]. Chinese Veterinary Science, 2018, 48(9): 1139–1145.
- [10] 王爱玲. 四种消毒剂对猪场常见病原微生物的杀灭效果研究[D]. 西北农林科技大学, 2016.
- Wang A L. Disinfective Effects of Four Disinfectants on the Common Pathogenic Microorganisms in Pig Farm[D]. Northwest A and F University, 2016.
- [11] 乔莉萍, 黄银君, 薛飞群, 等. 过硫酸氢钾复合物粉对口蹄疫病毒杀灭效果试验[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(8): 1877–1879.
- Qiao L P, Huang Y J, Xue F Q, *et al.* Efficacy of Potassium Monopersulfate Compound Powder on Inactivation of FMDV[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2013, 52(8): 1877–1879.
- [12] 张玉霞, 蔡李萌, 孟凯, 等. 两种过硫酸氢钾复合物对禽流感病毒和新城疫病毒的灭活效果观察[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(7): 484–486.
- Zhang Y X, Cai L M, Meng K, *et al.* Inactivation effect of two kinds of potassium peroxomonosulfate compound on avian influenza virus and Newcastle disease virus[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2019, 36(7): 484–486.
- [13] 张军, 胡浩. 如何科学选用防控非洲猪瘟的消毒剂[J]. 猪业科学, 2019, 36(10): 98–99.
- Zhang J, Hu H. How to select and control the disinfectant of African swine fever scientifically[J]. Swine Industry Science, 2019, 36(10): 98–99.
- [14] 余婷. 朗盛卫可消毒剂能有效防控非洲猪瘟, 确保生物安全[J]. 精细与专用化学品, 2018, 26(8): 4.
- Yu T. Disinfectant (Virkon Langsheng) is effective on african swine fever (ASF) prevention and control[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2018, 26(8): 4.
- [15] Juskiewicz M, Walczak M, Mazur – Panasiuk N, *et al.* Virucidal effect of chosen disinfectants against African swine fever virus (ASFV) – preliminary studies. [J]. Polish journal of veterinary sciences, 2019, 22(4): 777–780.
- [16] 李银, 杨婧, 刘宇卓, 等. 不同浓度格利特消毒剂对鸡粪中 H9N2 亚型禽流感病毒杀灭效果观察[J]. 中国家禽, 2014, 36(19): 57–62.
- Li Y, Yang J, Liu Y Z, *et al.* Observation on the efficacy of different concentrations of Gelite disinfectant in killing H9N2 subtype avian influenza virus in chicken manure[J]. China Poultry, 2014, 36(19): 57–62.
- [17] 朱海霞, 张强, 李健, 等. 不同类型消毒剂对口蹄疫病毒杀灭效果的试验[J]. 畜牧与兽医, 2009, 41(4): 107–108.
- Zhu H X, Zhang Q, Li J, *et al.* Experimental study on the efficacy of different disinfectants against FMDV[J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2009, 41(4): 107–108.
- [18] 陈小强, 王晶钰, 张中航, 等. 规模化鸡场消毒剂的筛选与消毒效果评价[J]. 动物医学进展, 2011, 32(11): 85–89.
- Chen X Q, Wang J Y, Zhang Z H, *et al.* Evaluation on Selection of Disinfectant and Disinfection Effects in Scaled Chicken Farms[J]. Progress in Veterinary Medicine, 2011, 32(11): 85–89.
- [19] 刘元元, 蒋天泽, 陈玲, 等. 过硫酸氢钾复合盐颗粒对特定细菌的表面消毒效果现场评价试验[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019, (23): 111–119.
- Liu Y Y, Jiang T Z, Chen L, *et al.* Field Evaluation of Surface Disinfection Effect of Potassium Peroxymonosulphate Granules on Specific Bacterias[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2019, (23): 111–119.
- [20] 毛颖, 邢华. 过硫酸氢钾复合盐在水产病害防治中的应用[J]. 科学养鱼, 2019, (11): 43–44.
- Mao Y, Xing H. The Application of Potassium Monopersulfate Compound on Prevention of Aquatic Disease. Scientific Fish Farming, 2019, (11): 43–44.
- [21] 张辰仓, 张浩, 刘思喜, 等. 50% 过硫酸氢钾对溶藻弧菌抑菌效果的研究[J]. 科学养鱼, 2018, (5): 63–64.
- Zhang C C, Zhang H, Liu S X, *et al.* Study of Antibacterial

- Effect on *Vibrio Alginolyticus* With Monopersulfates[J]. Scientific Fish Farming, 2018,(5): 63-64.
- [22] 王 兵, 艾红学, 李 菠, 等. 单过硫酸氢钾对常见水产养殖生物致病菌的抑制与杀灭效果[J]. 中国消毒学杂志, 2008,(5): 501-502.
- Wang B, Ai H X, Li B, *et al.* Efficacy of Potassium Monopersulfate Compound in Inhibiting and Killing Common Pathogenic Bacteria in the Aquaculture Industry[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2008,(5): 501-502.
- [23] Niu T H, Zhou Z, Ren W C, *et al.* Effects of potassium peroxy-monosulfate on disintegration of waste sludge and properties of extracellular polymeric substances[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2016, 106:170-177.
- [24] S. C. Paetzold, J. Davidson. Aquaculture fouling: Efficacy of potassium monopersulphonate triple salt based disinfectant (Virkon® Aquatic) against *Ciona intestinalis* [J]. Biofouling, 2011, 27(6): 655-665.
- [25] 周冬仁, 罗毅志, 叶雪平, 等. 几种常用水质改良剂处理中华鳖养殖废水效果比较试验[J]. 现代农业科技, 2016,(2): 268-270.
- Zhou D R, Luo Y Z, Ye X P, *et al.* Comparison Experiments of water quality improver using on aquaculture wastewater of *Trionyx sinensis* [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2016,(2): 268-270.
- [26] 黎建斌, 杨皓予, 李大列, 等. 氧化底改联合有益活菌对池塘底泥总氮及总磷的降解[J]. 河北渔业, 2019,(4): 35-62.
- Li J B, Yang H Y, Li D L, *et al.* Degradation of Total Nitrogen and Phosphorus Using Bottom Characteristic Improvement of Oxidation and Beneficial Bacteria on Sediment of Pond[J]. Hebei Fisheries, 2019,(4): 35-62.
- [27] 付维星, 张丽芳, 张可煜, 等. 一种广谱微生物消毒剂过硫酸氢钾复合粉的稳定性研究[J]. 中国动物传染病学报, 2011, 19(1):51-56.
- Fu W X, Zhang L F, Zhang K Y, *et al.* Stability Study of the Compound Peroxymonosulphate Powder[J]. Chinese Journal of Animal Infectious Diseases, 2011,19(1): 51-56.
- [28] 吴杰星, 韩卓璇, 刘 涛, 等. 过硫酸氢钾复合盐鉴定方法研究[J]. 当代化工研究, 2019,(3):115-117.
- Wu J X, Han Z X, Liu T, *et al.* Study on the Identification Method of Potassium Persulfate Compound Salt [J]. Modern Chemical Research, 2019,(3): 115-117.

(编 辑:侯向辉)