

养殖废水处理理论与实践进展

廖新倮

引用本文:

廖新倮. 养殖废水处理理论与实践进展[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(11): 2317-2319.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11654/jaes.2021-1133>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

畜禽养殖废水处理技术动态与发展趋势

张静妮, 韩志刚, 郑丹, 王文国, 邓良伟

农业环境科学学报. 2021, 40(11): 2320-2329 <https://doi.org/10.11654/jaes.2021-1102>

膜分离技术在大型养殖场沼液处理中的应用与展望

尹福斌, 詹源航, 岳彩德, 胡旭朝, 朱志平, 董红敏

农业环境科学学报. 2021, 40(11): 2335-2341 <https://doi.org/10.11654/jaes.2021-1118>

养殖废水处理设施自动化智能化运营与管控

冯文谦, 史金才, 练植婵, 廖劲松, 廖新倮

农业环境科学学报. 2021, 40(11): 2355-2360 <https://doi.org/10.11654/jaes.2021-1153>

养殖业污染防治技术研究态势的文献计量分析

李红娜, 姜凯阳, 徐海圣, 常志州, 吴华山, 朱昌雄

农业环境科学学报. 2021, 40(6): 1314-1325 <https://doi.org/10.11654/jaes.2020-1378>

畜禽粪污处理处置中危险生物因子赋存与控制研究进展

张俊亚, 隋倩雯, 魏源送

农业环境科学学报. 2021, 40(11): 2342-2354 <https://doi.org/10.11654/jaes.2021-1132>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

廖新倬. 养殖废水处理理论与实践进展[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(11): 2317–2319.

LIAO X D. Research progress on livestock wastewater treatment technology[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2021, 40(11): 2317–2319.



开放科学 OSID

养殖废水处理理论与实践进展

廖新倬^{1,2,3}

(1. 华南农业大学动物科学学院, 广州 510642; 2. 华南农业大学国家生猪种业工程技术研究中心, 广州 510642; 3. 温氏食品集团股份有限公司, 广东 云浮 527400)

摘要: 养殖废水主要由动物尿液、粪便和养殖管理用水组成, 含有高浓度的有机物、氮、磷和悬浮物, 还包括构成盐分的部分元素。为了比较清楚地了解迄今为止我国养殖废水技术关键突破口以及实际应用中遇到的问题, 本文在本领域组稿主题之外额外归纳总结了养殖废弃物在资源化利用与深度处理之间的纠结、当前备受关注的污染物内容, 以及部分技术领域的进展。最后对养殖废水处理技术的研发和应用提出了建议。

关键词: 养殖废水; 污染物; 处理技术; 资源化利用; 深度处理

中图分类号: X713 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2021)11-2317-03 doi:10.11654/jaes.2021-1133

Research progress on livestock wastewater treatment technology

LIAO Xindi^{1,2,3}

(1. College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. National Engineering Research Center for Breeding Swine Industry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3. Wens Foodstuff Group Company Limited, Yunfu 527400, China)

Abstract: Livestock wastewater is composed of animal excreta and the water used to clean the hog housing sheds. It contains high concentrations of organic matter, ammonia, phosphorus and suspended solids and is one of the important pollution sources of the breeding industry. This review reported on the most recent wastewater treatment technologies in the breeding industry, including aerobic biological treatment technology, anaerobic biological treatment technology, natural treatment technology and in-depth treatment technology. Some new processes such as simultaneous nitrification and denitrification, short-cut nitrification, anammox and membrane bioreactor were analyzed and summarized. Finally, suggestions and prospects were put forward for the application and research and development of aquaculture wastewater treatment technology.

Keywords: livestock wastewater; pollutant; treatment technology; resource utilization; in-depth treatment technology

畜牧业是我国农业经济的重要组成部分, 然而随着畜牧业机械化、规模化的迅速发展, 产生了严峻的环保问题, 其中养殖废水是主要的污染源之一。养殖废水是高浓度的有机废水, 含有有机物、氮、磷和悬浮物, 以及重金属、抗生素、抗生素抗性基因和病原微生物等, 如果得不到合适处理, 会导致周边环境生态的

改变, 威胁动物和人类健康^[1-2]。目前, 养殖废水的处理模式主要有两种: 一种是废水深度处理(达标排放)模式, 主要应用于土地配套较少的南方养殖场, 养殖废水经过固液分离、厌氧/好氧处理和深度处理后, 达标排放或者回收利用; 另一种是资源化利用(肥料化、能源化)处理模式, 主要应用于土地配套较多的北方

收稿日期: 2021-09-29 录用日期: 2021-10-08

作者简介: 廖新倬(1968—), 男, 福建连江人, 教授, 主要从事家畜生态学研究。E-mail: xdliao@scau.edu.cn

基金项目: 广东省科技创新战略专项资金(重点领域研发计划)(2018B020205003)

Project supported: Guangdong Technological Innovation Strategy of Special Funds(Key Areas of Research and Development Program)(2018B020205003)

养殖场,废水经过沉淀、厌氧发酵等无害化处理后,沼液进行资源化利用,沼液进行农田资源化利用。本文对我国规模养殖企业落实推进废水处理的现状、待突破的技术难题等进行了简要的归纳,以供从事生产、科研、管理工作的人员参考。

1 养殖废弃物在资源化利用与深度处理之间的徘徊

养殖业废水处理仍然是近十年养殖行业环保最受关注、投入最大的领域。规模化养殖企业在处置养殖废弃物时必须在资源化利用和深度处理之中二选一。虽然近几年一直倡导和鼓励种养结合、废弃物资源化利用,但由于种种原因,养殖废水深度处理、达标排放或零排放仍然是许多养殖企业求生存所必需的。环保问题的解决与资源化利用是不完全等同的概念,对于企业来说,解决环保问题至少首先要获得环评许可,然后按照环评要求采取措施处置废弃物并达到要求;而合法合规、经济有效的资源化利用,不是口头上的“变废为宝”那么简单,首先需要在经济有效的半径范围内拥有足够的土地资源配套(符合就地就近利用原则),更重要的是要“变宝”,即通过收获物实现产业链后端的价值增加,如果收获物只是理论上的产量,而没有实现自身的利用或没有转变为市场价值,那资源化的可研报告会失真;资源化利用还要站在环保角度防止二次污染(包括对水、土、气)。当前我国养殖业废弃物资源化利用推进难,还与以下因素有关:一是养殖业环评导则缺失,相关标准众多,环评报告通常套用多个条文规章,各地执行资源化利用的标准不一,如多数地方要求养殖废水资源化利用前要先满足《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005)等;二是由于历史原因,许多规模化养殖场周边已不再拥有足够的配套土地资源。

2 热点污染物的研究

养殖废水处理,除了针对现行环保要求的指标[如化学需氧量(COD)、氨氮、总磷(TP)等]之外,近几年研究和实践表明,有必要进一步关注以下污染物:耐药菌和耐药基因(ARGs)、盐分(盐度)、总氮(TN),以及废水处理过程中所产生的污泥。污泥是水处理过程中的正常产物,由于清粪模式的改变以及后端出水标准要求的提升,污泥产量普遍增多;污泥的处理难点在于其含水率高。许多研究表明,现行的水处理工艺,其末端出水尽管化学指标达标,但仍然存在耐

药菌和耐药基因的环境风险。盐分的积累会对土壤、农作物产生危害,因此更要在资源化利用过程中加以防范。一些地方对养殖废水总氮的排放进行限制,现有技术水平下会大幅增加水处理的成本,显著加重企业的负担。

3 重要技术领域的发展与突破

目前使用较普遍的养殖废水处理工艺包括厌氧生物处理、好氧生物处理、自然处理和深度处理技术,研发中的微藻、膜分离等处理技术,以及与后端水处理相关的养殖场清粪工艺等,已在本专刊的其他文章中专题阐述。本文仅针对厌氧氨氧化、同步硝化反硝化、短程硝化反硝化作扼要说明。

3.1 厌氧氨氧化技术

厌氧氨氧化技术是一种新型的厌氧生物处理技术,是在厌氧环境下厌氧氨氧化菌直接将氨氮和亚硝酸盐转化成氮气的过程。厌氧氨氧化技术的关键菌是厌氧氨氧化菌,其可以在厌氧条件下,通过生物化学反应,将养殖废水中的氨氮转化为氮气,实现对氨氮的去除。因此,厌氧氨氧化技术是一种厌氧生物处理技术,也属于同步硝化反硝化技术类型。由于厌氧氨氧化菌生长缓慢,影响因素较多,因此,在生产中常使用固定床、活性污泥床和膜生物反应器等,增加厌氧氨氧化菌的截留量,并与其他处理技术结合,提高废水处理效率和稳定性。厌氧氨氧化技术具有高效、经济等优点,在养殖废水脱氮方向具有较大的应用前景,但存在启动时间长、干扰因素多等问题,需要进一步解决。在野外工作条件下,厌氧氨氧化技术条件的摸索和调控能力还需要进一步突破。

3.2 短程硝化反硝化技术

缺氧好氧工艺(Anoxi/oxic, A/O)主要通过设置缺氧池和好氧池分别实现反硝化($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$)和硝化反应($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2$),实现对废水氨氮的去除。但研究表明传统硝化反硝化过程中会产生亚硝态氮的累积现象^[3]。为此,提出了短程硝化反硝化的理论,通过促进氨氧化菌(亚硝酸菌)生长,抑制亚硝酸氧化菌(硝酸菌)的生长,从而实现短程硝化反硝化的进程($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2$)。氨氧化菌的生长周期短于亚硝酸氧化菌,其中泥龄、温度、pH和溶解氧等是影响氨氧化菌和亚硝酸氧化菌的主要因素。温度大于28℃时利于氨氧化细菌生长,抑制亚硝酸氧化菌的生长;pH在8.0附近也利于氨氧化菌积累;氨氧化细菌对低浓度溶解氧的亲合力大于亚硝酸氧化菌^[4-6]。

理论上短程硝化反硝化缩短了反应时间,节约了氧气和碳源供应量,同时降低了污泥产量^[7]。但在水处理设施运行过程中由于需要增加污泥排出,以降低泥龄,因而每日会产生大量的污泥。此外,由于影响因素较多,其稳定性也需要进一步的改进。

3.3 同步硝化反硝化技术

同步硝化反硝化技术通过控制生物池中溶解氧、pH和温度等参数,从而实现硝化反应和反硝化反应同时进行,提高工艺对废水的处理效率^[8]。同步硝化反硝化机理包括宏观环境理论、微观环境理论和微生物学理论^[9]。宏观环境理论指控制反应器溶解氧的浓度和均匀度,创造硝化菌和反硝化菌都适宜生长的环境,使硝化和反硝化进程同步进行^[10]。微观环境理论指控制溶解氧浓度、活性污泥颗粒大小和生物膜厚度等参数,在活性污泥颗粒和生物膜表面和内层形成溶解氧梯度,表面好氧发生硝化反应,内层缺氧发生反硝化反应。微生物学理论指能同时进行硝化和反硝化的微生物的利用。研究表明环境中存在好氧反硝化菌和厌氧硝化菌,如厌氧氨氧化菌可直接把氨氮转化成氮气^[11]。

除上述技术之外,废水处理过程高效微生物的研发与应用、厌氧过程产物抑制的控制、发酵过程条件的优化与自动化调控、破解磷结晶造成废水处理系统管道堵塞、防控废水处理过程臭气滋生、扩散以及防渗等技术的突破将有助于风险控制和降本增效。

4 小结与展望

养殖场废水处理技术包括好氧生物处理、厌氧生物处理、深度处理和自然处理等类型,其中A/O、上流式厌氧污泥床(UASB)、升流式固体厌氧反应器(USR)、沼气池、氧化塘、化学氧化和混凝等工艺技术均比较成熟,并得到广泛应用。每种处理方法都有其自身的优势和限制,可以根据养殖场废水特征以及当地政策等情况,选择不同的技术组合,如废水排放标准较高的养殖场可以选择厌氧+好氧+深度处理的技术组合,配套足够土地的养殖场可以优先选择厌氧处理技术对废水进行无害化处理。此外,短程硝化反硝化、同步硝化反硝化、厌氧氨氧化、微藻处理及膜分离等一些新型的处理技术具有较高的应用前景,但其处理参数及稳定参数需要进一步的研究优化或户外工程应用。

随着环保力度的加大,人们对养殖废水处理技术的研究和应用提出了更高的要求。研发新型废水处

理技术仍是未来的研究重点,特别是对高效稳定、成本低廉的废水处理技术有强烈的市场需求;对现有废水处理技术的改进也是未来一段时间内的研究重点,如好氧或厌氧生物处理技术中功能微生物的开发、膜分离技术中高效、耐用膜的研发;同时,养殖废水资源化和能源化是重要的研究方向,如养殖废水资源化过程中的安全性评估、沼气生物能和生物柴油等能源化利用技术研发,这对于养殖废水的安全处理及利用有重要参考意义。

参考文献:

- [1] GIANNUZZI L, SEDAN D, ECHENIQUE R, et al. An acute case of intoxication with cyanobacteria and cyanotoxins in recreational water in Salto Grande Dam, Argentina[J]. *Marine Drugs*, 2011, 9(11): 2164–2175.
- [2] 欧阳朋倩, 谢光炎, 许燕滨. 养殖环境中抗生素抗性基因的研究进展[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(10): 3470–3480. OUYANG P Q, XIE G Y, XU Y B. Antibiotic resistance genes in livestock and aquaculture environment: A review[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(10): 3470–3480.
- [3] VOETS J, VANSTAEN H, VERSTRAETE W. Removal of nitrogen from highly nitrogenous wastewaters[J]. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 1975, 47: 394–398.
- [4] KIMURA Y, ISAKA K, KAZAMA F. Tolerance level of dissolved oxygen to feed into anaerobic ammonium oxidation (anammox) reactor[J]. *Journal of Water and Environment Technology*, 2011, 9(2): 169–178.
- [5] 张亮, 于静仪, 李朝阳, 等. 污水生物处理系统中全程氨氧化菌的研究进展[J]. *北京工业大学学报*, 2020, 46(4): 402–411. ZHANG L, YU J Y, LI Z Y, et al. Progress and prospects of the research of complete ammonia oxidizers in biological wastewater treatment[J]. *Journal of Beijing University of Technology*, 2020, 46(4): 402–411.
- [6] HE S, ZHANG Y, NIU Q, et al. Operation stability and recovery performance in an anammox EGSB reactor after pH shock[J]. *Ecological Engineering*, 2016, 90: 50–56.
- [7] 王文琪, 李冬, 高鑫, 等. 短程硝化反硝化除磷颗粒污泥的同步驯化[J]. *环境科学*, 2021, 42(6): 2946–2956. WANG W Q, LI D, GAO X, et al. Simultaneous domestication of short-cut nitrification denitrifying phosphorus removal granules[J]. *Environmental Science*, 2021, 42(6): 2946–2956.
- [8] ZHOU Y, OEHMEN A, LIM M, et al. The role of nitrite and free nitrous acid (FNA) in wastewater treatment plants[J]. *Water Research*, 2011, 45(15): 4672–4682.
- [9] 卢阳阳. 生活污水同步硝化反硝化脱氮研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2014. LU Y Y. The study on simultaneous nitrification and denitrification of domestic sewage[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014.
- [10] SATOH H, NAKAMURA Y, ONO H, et al. Effect of oxygen concentration on nitrification and denitrification in single activated sludge flocs[J]. *Biotechnology and Bioengineering*, 2003, 83(5): 604–607.
- [11] KUENEN J G. Anammox bacteria: From discovery to application[J]. *Nature Reviews Microbiology*, 2008, 6(4): 320–326.