

# 狐尾藻治理养殖污水技术在云南的推广应用成效

胡清泉<sup>1</sup>, 许娟<sup>2</sup>, 沙茜<sup>1</sup>, 杨仁灿<sup>1</sup>, 常雅洁<sup>1</sup>, 赵智勇<sup>1\*</sup>

(1. 云南省畜牧兽医科学院畜禽养殖环境控制研究所, 云南昆明 650224; 2. 石屏县畜牧推广站, 云南红河 662200)

**摘要** 就云南某猪场采用狐尾藻处理养殖污水技术的处理效率及狐尾藻营养含量进行系统分析, 结果表明, 经过 6 级狐尾藻生态处理池后, 养殖污水的 COD、氨氮、总氮、总磷的去除效率分别为 97.28%、98.36%、96.99% 和 94.64%, 其出水水质明显优于国家养殖废水排放标准 (GB 18596—2001); 狐尾藻粗蛋白含量为 18.75%~21.28%, 粗脂肪含量为 2.85%~3.65%, 磷含量为 0.26%~0.31%, 是一种营养价值较高的饲草饲料。可见, 狐尾藻在治理养殖污水和资源化利用方面具有良好的效益, 可在云南进一步推广应用。

**关键词** 狐尾藻; 养殖污水; 推广成效; 云南

中图分类号 X713 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)03-0082-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.03.024

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effectiveness of the Application of *Myriophyllum* for Aquaculture Wastewater Treatment Technology in Yunnan Province

HU Qing-quan<sup>1</sup>, XU Juan<sup>2</sup>, SHA Qian<sup>1</sup> et al (1. Livestock and Poultry Breeding Environment Control Institute of Yunnan Animal Science and Veterinary Institute, Kunming, Yunnan 650224; 2. Animal Husbandry and Veterinary Extension Station of Shiping County, Honghe, Yunnan 662200)

**Abstract** The treatment efficiency of the treatment of aquaculture wastewater by *Myriophyllum* in a pig farm in Yunnan and the nutrient content of *Myriophyllum* were systematically analyzed. The results showed that after the 6-stage *Myriophyllum* ecological treatment pool, the removal efficiency of COD, ammonia nitrogen, total nitrogen and total phosphorus in the aquaculture wastewater were 97.28%, 98.36%, 96.99% and 94.64%, respectively, and the effluent quality was significantly better than discharge standard of pollutants for livestock and poultry breeding (GB 18596—2001). The crude protein content, crude fat content and phosphorus content were 18.75~21.28%, 2.85~3.65% and 0.26%~0.31%, respectively, and it was a forage feed with high nutritional value. *Myriophyllum* has good benefits in controlling aquaculture wastewater and resource utilization, and can be further promoted and applied in Yunnan.

**Key words** *Myriophyllum*; Aquaculture wastewater; Promotion effectiveness; Yunnan

加快推进畜禽养殖废弃物处理和资源化利用已成为农业面源污染治理工作的主旋律、新常态。云南省是农业大省, 结合国务院办公厅印发《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》(国办发[2017]48号)要求, 该省对 22 个养殖大县开展养殖废弃物资源化利用整县推进, 目前也取得了显著的成绩。但由于当前全省畜禽粪污处理模式多样, 真正做到大面积推广、经济高效的模式不多, 技术工艺支撑不足以实现生态效益和经济效益的双赢。特别是养殖场的污水处理设施、设备及处理工艺技术严重缺失, 忽略了资源化利用要求。结合云南省得天独厚的气候条件, 建立一种投资省、资源化利用程度高、运行管理便捷和运行成本低的生态畜禽污水处理模式, 对畜禽养殖污水治理及资源化利用具有非常重要的意义, 同时也有力推动云南省“绿色能源”“绿色食品”“健康生活目的地”三张牌的打造。

研究表明, 水生生态修复技术为解决畜禽养殖污水生态化、资源化问题提供了一个可能的途径, 也是当前国内外研究的热点。Poach 等<sup>[1]</sup>对湿地-氧化塘-湿地处理系统间歇排水处理养猪污水的效果进行了研究, 结果表明通过水生植物的净化, 污水水质得到了明显的提高。Ansola 等<sup>[2]</sup>研究利用水生植物系统处理城市污水中的营养物质。刘士哲等<sup>[3]</sup>研究了猪场污水漂浮栽培植物修复系统的组成及净化效果,

发现美人蕉、香根草、雍菜、细叶尊距花等在污水处理系统中生长良好的水质净化效果。狐尾藻作为水生植物中的“吸氮精灵”也广泛应用于污水的治理中, 研究表明狐尾藻湿地对养殖污水中 COD 的去除率为 79%~83%, 氨氮为 94.5%, 总磷为 90.6%, 生态处理效果显著<sup>[4-6]</sup>。狐尾藻生态治理养殖污水在实际工程应用上也取得了一定成果。2013 年浙江上虞富强生态农业有限公司采用狐尾藻生态综合治理模式对养猪污水进行处理, 取得了较好的效果<sup>[7]</sup>。湖南、贵州、广西等地相继也开展了狐尾藻治理养殖污水的推广应用, 明显改善了水质, 狐尾藻因其蛋白含量较高, 可作为饲草饲料进行资源化利用<sup>[8-10]</sup>。2018 年云南省红河州石屏县农业局在石屏县某养猪场建造狐尾藻处理养殖污水示范工程, 这是云南省首次将狐尾藻应用于畜禽养殖污水治理中, 现就狐尾藻治理猪场养殖污水技术应用情况及成效进行简要介绍, 为该技术在云南的推广应用提供参考。

### 1 养殖场基本情况

石屏县某生猪养殖专业合作社, 年存栏生猪 500 头, 采用干清粪工艺进行粪污处理, 污水产生量为 20 m<sup>3</sup>/d。污水处理方式采用多级沉淀池沉淀, 但原有废水处理设施不能满足处理排放要求, 造成严重的环境污染。2018 年石屏县被确定为畜禽养殖废弃物资源化利用整县推进县, 在石屏县农业局的引导与支持下, 该猪场采用狐尾藻生态治污技术对养殖污水进行净化, 取得了良好效果。养殖污水经过 6 级狐尾藻处理及人工湿地后, 水质达到农灌排水排放标准, 养殖环境得到显著改变。此外, 养殖场还将狐尾藻作为高蛋白饲草, 直接饲喂母猪, 改善母猪肠道功能, 防止母猪便秘, 从而提高养殖

**基金项目** 农业部农业生态环境保护项目 (09162110402229)。

**作者简介** 胡清泉 (1981—), 女, 云南昆明人, 助理研究员, 硕士, 从事畜禽养殖废弃物的处理与资源化利用研究。\* 通信作者, 副研究员, 硕士, 从事畜禽养殖废弃物的处理与资源化研究。

**收稿日期** 2019-07-16; **修回日期** 2019-07-29

效益。

## 2 工艺流程

狐尾藻生态治污工艺流程占地 600 m<sup>2</sup>, 日处理能力 20 m<sup>3</sup>, 工艺包括前端沉淀池、6 个狐尾藻生态塘和一个小型人工湿地, 其工艺流程见图 1。

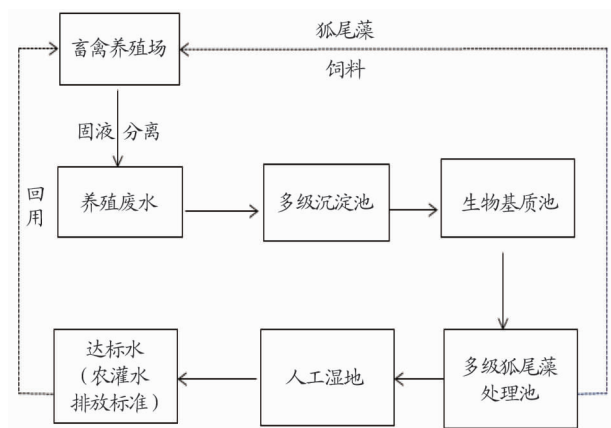


图 1 工艺流程

Fig. 1 Process flow

从图 1 可以看出, 养殖场的污水经过干湿分离后, 进入到多级沉淀池, 在多级沉淀池中可除去 30%~50% 的污染物, 主要是一些固体悬浮物或大分子物质。随后进入到生物基质池中, 生物基质池中放入一定比例的稻草, 给污水中微生物提供碳源, 同时由于稻草比表面积大, 具有较强的吸附性, 能去除养殖污水中产生的黏稠性物质, 从而降低污水浓度。污水进入多级狐尾藻处理池, 在一级狐尾藻生态处理池底部放置曝气孔, 进行曝气, 增加污水的降解效率, 提高为后续生态处理池的处理效率。经过 6 级狐尾藻生态处理池后, 其水质已经达到农灌水的排放标准, 为进一步降低水质中理化指标及有色基团, 狐尾藻处理池出水进入由不同颗粒大小组成的人工湿地, 通过层层过滤, 污水达标排放或回用。狐尾藻定时刈割作为生猪的草料做到资源化利用。

## 3 狐尾藻生态治污去除效率

狐尾藻生态治污试运行了 3 个月后, 效果显著, 经过实地考察及水质监测, 猪场养殖污水水质已明显低于《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005)。结果显示, 养殖污水 COD 在生物基质池、6 级狐尾藻处理池及人工湿地的处理效率依次为 24.70%、58.86%、49.53%、42.94%、2.15%、9.89%、24.79% 和 54.06%, 由此可以看出污水在一级狐尾藻处理池、二级狐尾藻处理池和三级狐尾藻处理池的去除效率较高, 在后端处理池中的处理效果比较平缓(图 2), 猪场污水经过狐尾藻处理池后进入人工湿地, 其出水水质 COD 从 1 042.50 mg/L 降为 28.33 mg/L, 降解率为 97.28%。氨氮和总氮的降解趋势是一致的, 氨氮在一级狐尾藻处理池、二级狐尾藻处理池和三级狐尾藻处理池的去除效率较高, 分别为 37.95%、35.27% 和 24.89%, 总氮的去除率在第二级狐尾藻处理池中最高, 为 77.00%。通过狐尾藻处理池后污水对氨氮、总氮的去除率分别为 98.36% 和 96.99%。总磷的降解效率为 94.64%。总体来看, 猪场污水经过 6 级狐尾藻生态处理池及

人工湿地后, 其 COD、氨氮、总氮、总磷显著降低, 出水水质 COD、氨氮、总磷比《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005) 排放标准分别低 171.67、69.75 和 2.71 mg/L; 水体出水的透明度与饮用水相当, 猪场臭明显减少。

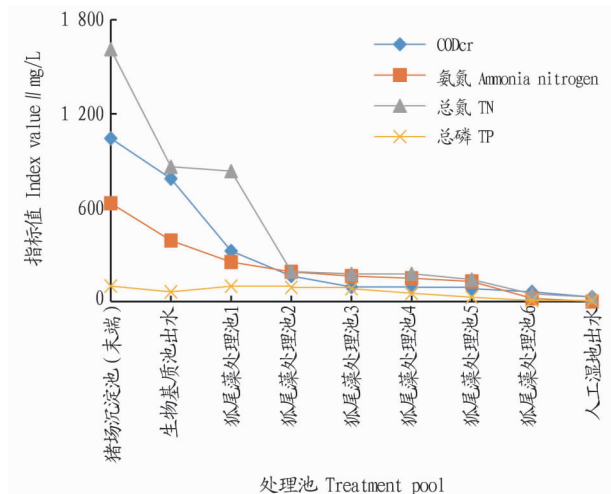


图 2 各处理池污水理化指标变化趋势

Fig. 2 The change trend of physical and chemical indicators of wastewater in each treatment pool

整个运行效果均优于厉金炳等<sup>[7]</sup>在浙江、湖南、广西应用狐尾藻处理养殖污水的去除效果, 这可能与云南得天独厚的气候条件有关, 狐尾藻在云南的生长较好, 生物产生量大, 能带走污水中更多的“污染物”, 所以降解效率较高。由此可见, 利用狐尾藻处理畜禽养殖污水工艺技术在云南是可行的, 可进一步推广应用。

## 4 狐尾藻营养价值及利用

狐尾藻通过根、茎、叶把污水中的氮、磷等“污染物”转变成自身所需要的营养物质, 从而净化水质环境。同时, 狐尾藻根部具有分泌氧气的功能, 能够促进水体生物的生长。狐尾藻湿地每年能够吸收纯氮 1~2 t/hm<sup>2</sup>, 五氧化二磷 100~300 kg/hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>。此外, 狐尾藻还具有营养价值高的特点, 是猪的优质饲料来源和绿肥作物。因此, 狐尾藻处理废水后可进行资源化利用, 以降低污水处理费用并减少饲料成本, 避免二次污染。采集该猪场各狐尾藻处理池中狐尾藻水上部分检测初水分、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、磷(P)等常规营养指标<sup>[11]</sup>, 结果见表 1。从表 1 可以看出, 狐尾藻蛋白含量较高, 为 18.75%~21.87%, 与“牧草之王”苜蓿的蛋白含量相当或更高<sup>[12]</sup>, 粗脂肪含量为 2.85%~3.75%, 磷含量为 0.25%~0.31%, 不同处理池中狐尾藻 CP、EE、P 含量不同, 4 级狐尾藻处理池中的狐尾藻营养含量高于其他处理池含量, 这可能是由于 4 级狐尾藻处理池中的污水各项理化指标浓度比较适宜狐尾藻的生长, 狐尾藻能带走污水中更多的 N、P 等物质, 转变为自身的营养所需。狐尾藻中氨基酸含量丰富, 组成相对均衡, 可满足家畜的生长需要。研究表明, 狐尾藻的干物质中镉、铬、铅、砷等重金属的含量远远低于饲料卫生标准中规定的浓度要求, 因此农村湿地治理中采收的绿狐尾藻可安全用于生产饲料和肥料等资源化途径<sup>[13]</sup>。吴飞

等<sup>[14]</sup>在猪饲料中添加 10% 绿狐尾藻, 结果表明添加 10% 绿狐尾藻可改善猪肉品质。此外, 绿狐尾藻与其他废弃物通过堆肥可以获得高效的有机肥料, 将绿狐尾藻与一定比例的花生壳、家禽垃圾和烟草等混合堆肥, 可以将绿狐尾藻的水分含量降低到可接受的水平, 并成功堆肥出高效率有氧肥料<sup>[15-16]</sup>。可见狐尾藻作为饲草饲料和制作有机肥利用价值高、资源化程度高, 有很好的市场前景。

表 1 不同处理池狐尾藻营养成分含量

Table 1 The nutritional components of *Myriophyllum* in different treatment pool %

处理池 Treatment pool	初水分 Initial moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	磷 Phosphorus
狐尾藻处理池 1 <i>Myriophyllum</i> treatment pool 1	90.85	18.75	2.85	0.26
狐尾藻处理池 2 <i>Myriophyllum</i> treatment pool 2	90.35	19.23	3.12	0.25
狐尾藻处理池 3 <i>Myriophyllum</i> treatment pool 3	90.68	20.02	3.45	0.27
狐尾藻处理池 4 <i>Myriophyllum</i> treatment pool 4	91.45	21.87	3.75	0.30
狐尾藻处理池 5 <i>Myriophyllum</i> treatment pool 5	90.86	20.89	3.65	0.31
狐尾藻处理池 6 <i>Myriophyllum</i> treatment pool 6	91.96	20.28	3.65	0.31

## 5 效益分析

狐尾藻对该猪场养殖污水中 COD、氨氮、总氮、总磷的去除率达 90% 以上, 且对猪场具有很好的景观效应。狐尾藻在养殖污水治理中的应用使得养殖污水得到了低成本达标排放或回用, 同时也大大提高了资源化利用程度。该猪场正常运转后, 可实现年产狐尾藻 5~10 t, 可节约饲料成本 0.5~2.0 万元; 日处理污水 20 m<sup>3</sup>, 综合费用为 14.12 元/d。结合云南气候优势, 根据近 8 个月的运行情况 & 运行维护等综合

考虑, 狐尾藻生态治污具有投资少、运行简单、管理方便、水质净化效果好、无需要专人看守等特点, 可在云南大力推广应用。

## 参考文献

- [1] POACH M E, HUNT P G, REDDY G B, et al. Effect of intermittent drainage on swine wastewater treatment by marsh-pond-marsh constructed wetlands[J]. *Ecological engineering*, 2007, 30(1): 43-50.
- [2] ANSOLA G, FERNÁNDEZ C, DE LUIS E, et al. Removal of organic matter and nutrients from urban wastewater by using an experimental emergent aquatic macrophyte system[J]. *Ecol Eng*, 1995, 5(1): 13-19.
- [3] 刘士哲, 林东教, 何嘉文, 等. 猪场污水漂浮栽培植物修复系统的组成及净化效果研究[J]. *华南农业大学学报*, 2005, 26(1): 46-49.
- [4] LUO P, LIU F, ZHANG S N, et al. Evaluating organics removal performance from lagoon-pretreated swine wastewater in pilot-scale three-stage surface flow constructed wetlands[J]. *Chemosphere*, 2018, 211: 286-293.
- [5] 董文斌, 何铁光, 蒙炎成, 等. 狐尾藻对养殖废水的减碳去污效果[J]. *南方农业学报*, 2017, 48(7): 1204-1210.
- [6] 李远航, 刘洋, 刘铭羽, 等. 稻草-绿狐尾藻复合人工湿地技术处理养猪废水综合效益分析[J]. *农业现代化研究*, 2018, 39(2): 325-334.
- [7] 厉金炳, 徐小燕, 袁金钱, 等. 利用狐尾藻综合治理规模养殖场污水的原理及效果分析[J]. *浙江畜牧兽医*, 2014, 39(5): 72-73.
- [8] 罗开武, 邹爱华, 邹均华, 等. 陈中球. 绿狐尾藻治理猪场废水效果观察[J]. *湖南畜牧兽医*, 2016(1): 22-24.
- [9] 贺承友. 绿狐尾藻生态治污技术的推广应用[J]. *贵州畜牧兽医*, 2016, 40(2): 60-61.
- [10] 陈鸿, 黄世洋, 黎庶凯, 等. 绿狐尾藻人工湿地治理水污染模式及其在广西的应用[J]. *亚热带植物科学*, 2016, 45(4): 386-390.
- [11] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 3 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 49-80.
- [12] 胡清泉, 郭晋, 赵智勇, 等. 不同浓度养殖污水对狐尾藻营养价值的影响[J]. *安徽农业科学*, 2017, 45(21): 67-69.
- [13] 刘锋, 罗沛, 刘新亮, 等. 绿狐尾藻生态湿地处理污染水体的研究评述[J]. *农业现代化研究*, 2018, 39(6): 1020-1029.
- [14] 吴飞, 陈家顺, 刘锋, 等. 饲料中添加绿狐尾藻对肥育猪生长性能、血清生化指标和胴体品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(10): 3657-3665.
- [15] 黄河, 李丽立, 肖润林, 等. 饲料中添加绿狐尾藻对临武鸭生长性能、屠宰性能和免疫器官指数的影响[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(4): 1376-1382.
- [16] WILE I, NEIL J, LUMIS G, et al. Production and utilization of aquatic plant compost[J]. *Journal of aquatic plant management*, 1978, 16: 24-27.