

## 序批式反应器处置打捞蓝藻的初步研究

宣亮, 刘恒, 崔蒙蒙, 李玉成, 窦月芹\* (安徽大学资源与环境工程学院, 安徽合肥 230601)

**摘要** [目的]研究序批式反应器对蓝藻的降解规律。[方法]采用序批式反应器好氧-厌氧资源化处置蓝藻,分析蓝藻中蛋白质、水溶性多糖、藻毒素的含量变化及甲烷产量。[结果]蓝藻中蛋白质和水溶性多糖降解率较高,而且在好氧阶段完成大部分降解。藻毒素降解率为45%;沼气在厌氧60 d时,沼气体积占收集容器体积的62.1%。[结论]该研究为蓝藻的综合处置及利用提供了理论依据。

**关键词** 序批式反应器;蓝藻;藻毒素;沼气

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)14-06430-02

## Degradation of Salvaged Blue Algae in Sequencing Batch Reactor

XUAN Liang et al (College of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei, Anhui 230601)

**Abstract** [Objective] The study aimed to discuss the degradation of salvaged blue algae in sequencing batch reactor. [Method] The sequencing batch reactor was used to dispose salvaged blue algae, and the changes of protein, water-soluble polysaccharide and microcystin content as well as methane yield were analyzed. [Result] The degradation rates of protein and water-soluble polysaccharide in salvaged blue algae were higher, and their degradation was mainly finished in oxygen period. The degradation rate of microcystin was 45%. Methane volume accounted for 62.1% of the container volume on the 60<sup>th</sup> day. [Conclusion] The research could provide scientific references for the comprehensive disposing and utilization of blue algae in future.

**Key words** Sequencing batch reactor; Blue algae; Microcystin; Methane

近年来,巢湖的富营养化一直是个被关注的环境问题,尤其是巢湖西半湖,富营养化状况相当严重,水质为劣V类,属于重度污染<sup>[1]</sup>。蓝藻是湖泊藻类水华的一种主要藻类,每年5~9月是巢湖蓝藻水华的高发季节。巢湖中的水华蓝藻主要包括微囊藻和鱼腥藻。蓝藻暴发时,机械打捞是最直接有效的方式。目前,打捞上来的蓝藻大部分填埋或者露天堆置,不仅会产生恶臭,生成甲烷等温室气体,还会随雨水形成的地表径流再次进入地表水体甚至地下水,形成二次污染。因此,在蓝藻暴发季节,蓝藻的就地、有效、低能耗处置技术的研究具有重要意义。蓝藻中含有大量的有机质,许多学者致力于研究蓝藻资源化处置技术。按照含氧状态,蓝藻处置可以分为好氧处置和厌氧处置。好氧生物处置比厌氧处置可以更高效地降解藻毒素<sup>[2]</sup>。蓝藻含有丰富的氮磷物质,采用合适的堆肥技术可以得到有效的有机肥料<sup>[3-4]</sup>。蓝藻资源化处置的厌氧期有沼气产生,可以收集作为能源使用。笔者在序批式反应器中,采用好氧-厌氧处置巢湖蓝藻,探索蓝藻的降解规律,收集沼气,考察沼液成分,以期得到实用的蓝藻综合处置利用技术。

## 1 材料与方

**1.1 材料** 取新鲜蓝藻冷冻干燥保存样品,在各个反应阶段取样且冷冻干燥,经粉碎过筛,置于干燥器保存备用。

**1.2 方法** 试验装置为底面直径50 cm,高40 cm,带盖及充气和取样的有机玻璃容器(图1)。试验分好氧和厌氧两个阶段,好氧阶段反应器敞口,每5 d加菌搅拌一次;厌氧期盖上盖子,并充满氮气。

## 2 结果与分析

**2.1 蓝藻中蛋白质含量变化** 由图2可知,原始藻样蛋白质含量为39.1%,好氧30 d后降至17.2%,厌氧30 d后降至14.5%,厌氧处理70 d后为11.8%。初始阶段蓝藻以微囊藻为主,蛋白含量小于实验室培养的微囊藻中的69.78%<sup>[5]</sup>,说明蓝藻已经有死亡。蓝藻蛋白质的降解主要集中在好氧处理的前几天,降解幅度超过一半,随后降解变缓,而在整个厌氧过程中,蛋白质降解并不剧烈,蛋白质维持在一定水平,可能是络合于腐殖质之中,也可能是来自一些微生物的新陈代谢。

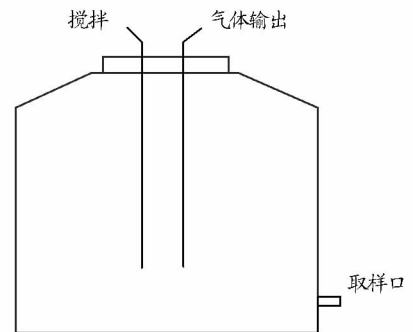


图1 试验装置示意图

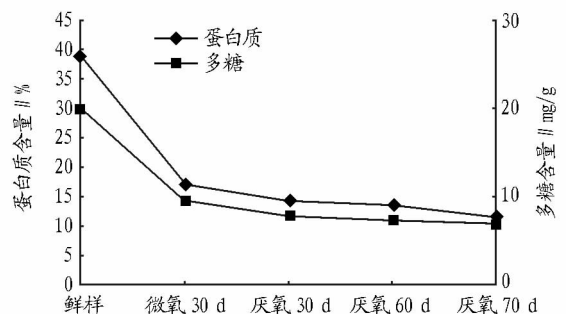


图2 蓝藻中蛋白质和水溶性多糖随时间的降解

**基金项目** 安徽省教育厅重点项目(KJ2012A009);安徽大学项目(KYX120110048)。

**作者简介** 宣亮(1990-),男,安徽合肥人,本科,从事生态修复方面的研究,E-mail:646497420@qq.com。\*通讯作者,讲师,博士,从事水污染控制方面的研究,E-mail:yqindou@163.com。

**收稿日期** 2013-04-05

**2.2 蓝藻中水溶性多糖含量变化** 由图 2 可知,随着反应的进行,水溶性糖类的含量趋于减少,好氧处理的最初阶段降解最剧烈,这是好氧微生物最容易利用的碳源和能源。在厌氧过程中,多糖含量变化趋缓,是厌氧微生物活动较弱所致。水溶性糖类的变化规律与蛋白质较一致,两者都是极易被微生物利用的物质,所以分解很快。

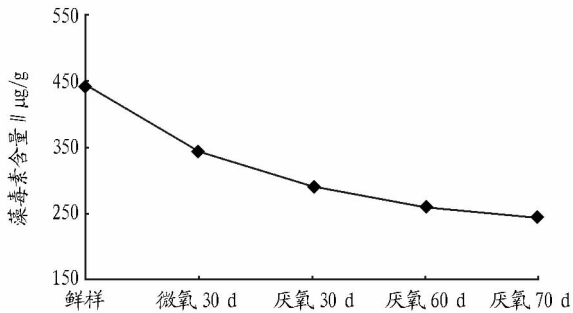


图 3 蓝藻中藻毒素含量的变化

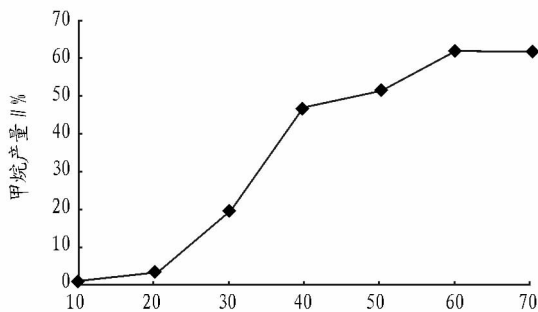


图 4 甲烷体积随时间的变化

**2.3 蓝藻中藻毒素 (MCs-LR) 含量变化** 由图 3 可知,新鲜样品中藻毒素含量为 442  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,好氧 30 d 后降为 341  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,厌氧 30 和 70 d 时分别为 290 和 243  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,总体呈现降低趋势,总降解率为 45%。好氧阶段其降解程度要高于厌氧阶段,但是整体上藻毒素仍然表现出难以降解的性质。微囊藻毒素是一类具有环状七肽结构的肝毒素,通常包含在蓝

藻细胞内,细胞凋亡分解后释放到环境中<sup>[6]</sup>。由于其化学较稳定以及水溶性,此类毒素对于环境安全和人类健康有重要影响。整个试验在避光环境中进行,藻毒素表现出较强的化学稳定性。江君等认为,好氧处置后微囊藻毒素含量低于 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>[7]</sup>,后期的试验中可以优化参数,提高藻毒素的降解率。

**2.4 甲烷产量变化** 由图 4 可知,厌氧处理 10 d 后检出甲烷气体,在集气瓶中所占体积比为 1.3%,这与产甲烷菌需要严格厌氧环境有关。厌氧处理 20~60 d 时,产甲烷细菌活动逐渐增强;在厌氧 60 d 时所测甲烷体积最大,甲烷体积比升至最大值(62.1%),此时产甲烷菌活动最强;其后,产甲烷菌的活动减弱。

### 3 结论

用序批式技术好氧-厌氧资源化处理蓝藻,蛋白质和水溶性多糖类在好氧阶段分解速度较快,完成主要的降解过程,厌氧阶段分解速度减缓。藻毒素在整个阶段呈降解状态,好氧阶段降解速度大于厌氧阶段。但是在处置末期,残液中依然含有一定量的藻毒素,不利于藻液的进一步资源化利用。在反应第 60 天时,可以得到含量较高的甲烷气体,能够资源化利用。

### 参考文献

- [1] 国家环保总局. 2011 年中国环境状况公报 [EB/OL]. (2012-05-25) <http://www.docin.com/p-428567447.html>.
- [2] 吕锡武, 稻森悠平, 丁国际. 有毒蓝藻及藻毒素生物降解的初步研究 [J]. 中国环境科学, 1999, 9(2): 138-140.
- [3] RAVIV M, MEDINA S, KARASNOVSKY A, et al. Conserving nitrogen during composting [J]. Biological Cycle, 2002, 43(9): 48-53.
- [4] 任云, 崔春红, 刘奋武. 蓝藻好氧堆肥及其氮素损失控制的研究 [J]. 环境科学, 2012, 33(5): 1760-1766.
- [5] 汪之和, 施文正. 蓝藻的综合开发利用 [J]. 渔业现代化, 2003(2): 32-33.
- [6] JONES G J, ORR P T. Release and degradation of microcystins following algicide treatment of a *Microcystis aeruginosa* bloom in a recreational lake, as determined by HPLC and Protein phosphatase inhibition assay [J]. Water Res, 1994, 28(4): 871-876.
- [7] 江君, 杜静, 常志州, 等. 蓝藻堆肥中养分及微囊藻毒素含量变化 [J]. 江苏农业学报, 2012, 28(2): 314-319.
- [8] 干旱区资源与环境, 2007, 21(1): 1-5.
- [9] 福建省统计局. 福建统计年鉴 2012 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
- [10] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistical Databases [EB/OL]. <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- [11] 胡秀莲, 李爱仙, 陈海红, 等. GB2589-2008,《综合能耗计算通则》[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] Global Footprint Network. Accounting for demand and supply of the Biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. 2011 Edition. Oakland [EB/OL]. (2012-02-20) [http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Methods\\_Paper\\_Draft\\_2011.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Methods_Paper_Draft_2011.pdf).
- [13] CHENG G, YUE X P. Research and Prediction of Ecological Security in Jiangsu Province Based on the Ecological Footprint [J]. Asian Agricultural Research, 2011, 3(4): 48-53.
- [14] 薛若晗. 福州市 2010 年生态足迹和生态承载力研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(28): 13960-13962.
- [15] 唐勇, 向平安. 长株潭地区可持续发展的生态足迹分析研究 [J]. 湖南农业科学, 2011(17): 73-76.

(上接第 6429 页)

- [5] 黄海, 刘长城, 陈春. 基于生态足迹的土地生态安全评价研究 [J]. 水土保持研究, 2013(1): 193-196.
- [6] 高利峰. 基于生态压力指数的天津市生态安全评价 [J]. 安康学院学报, 2011(2): 26-28.
- [7] 成舸, 岳贤平. 基于生态足迹的江苏省生态安全研究及预测 [J]. 安徽农业科学, 2011(20): 12442-12446.
- [8] 张艳. 基于生态足迹方法的区域生态安全评价研究——以陕西省为例 [J]. 资源与产业, 2011(S1): 57-64.
- [9] 洪棉棉, 王菲凤. 福建省生态可持续发展历史演变——基于改进生态足迹模型的研究 [J]. 环境科学与管理, 2010(11): 151-155.
- [10] World Wide Fund for Nature. LIVING PLANET REPORT 2012 [EB/OL]. (2012-05-18) <http://www.wwfchina.org/wwfpress/publication/shift/2012LPREN.pdf>.
- [11] 谢高地, 曹淑艳, 杨奇森, 等. 世界自然基金会 (WWF) 中国生态足迹报告 2012 [EB/OL]. (2012-12-12) <http://www.wwfchina.org/wwfpress/publication/shift/footprint2012.pdf>.
- [12] 世界环境与发展委员会. 我们共同的未来 [M]. 王之佳, 柯金良, 译. 长春: 吉林人民出版社, 1997: 100-200.
- [13] 赵先贵, 韦良煊, 马彩虹. 西安市生态足迹与生态安全的动态研究