

太湖蓝藻无害化处理资源化利用

韩士群, 严少华*, 王震宇, 宋伟, 刘海琴, 张建秋, 黄建萍

(江苏省农业科学院 农业资源与环境研究所, 南京 210014)

摘要: 针对太湖蓝藻打捞后难以处理并造成严重二次污染的问题, 采用厌氧发酵方法研究了蓝藻发酵产生沼气的相关参数、发酵产物的成分、藻毒素降解特点; 同时评估了太湖蓝藻无害化处理以及作为生物质能源、肥料的资源化利用可行性。研究表明, 接种适量活性污泥后太湖蓝藻在厌氧状态下产生沼气达 0.56 L/g 左右, 比甲烷速率达 189.73 L/kg·d, 调节碳氮比可以大幅度提高蓝藻产气量和比产甲烷速率。蓝藻发酵产生沼气的 CH₄ 含量虽然处于动态变化, 但平均含量较禽畜粪便发酵产生沼气的甲烷含量高, 太湖蓝藻是一种有潜力的生物质能源材料。蓝藻藻毒素自然存降解极慢, 但采用厌氧发酵后, 藻毒素迅速降解。蓝藻发酵后沼液沼渣中含有丰富的氮、磷、钾及氨基酸等营养, 是一种优质的有机肥。

关键词: 太湖蓝藻; 无害化处理; 资源化利用; 厌氧发酵

中图分类号: S932.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3037(2009)03-0431-08

太湖蓝藻的暴发出现了新特点, 即规模越来越大, 暴发期越来越长, 造成危害及造成损失程度越来越高。2007年, 太湖出现超厚蓝藻水华, 沿岸带数千 m 水面上的蓝藻厚度达 10 cm 左右。因太湖蓝藻大面积暴发, 使无锡市大多数水厂无法供应清洁水, 引发了饮用水危机, 给无锡市造成严重的生态灾难。

2007年太湖蓝藻暴发时, 每天打捞的水华蓝藻超过 1 000 t, 最多时可达 2 000 t, 总打捞量超过 2×10^5 t 蓝藻浆。由于打捞出来的蓝藻为液体(含水量 97% ~ 98%), 无法采用常规的掩埋等措施, 因而大多打捞后的蓝藻被倒在垃圾填埋场、山沟或湖边洼地。蓝藻腐烂后产生让人恶心的臭味, 严重污染空气, 过往行人在数公里外就能闻见臭味; 此外, 存放的腐烂蓝藻由于雨水冲刷, 再次流入太湖, 氮、磷营养物质引发了二次污染。

处理蓝藻的最好方法就是资源化利用, 但目前, 无害化处理和资源化利用成了打捞蓝藻处理的技术瓶颈。国外把脱水蓝藻作为肥料利用^[1], 但是其效益低下。有人试图进行蓝藻提取蛋白质等达到资源化利用的目的^[2]。但是, 蓝藻资源化利用的最大障碍是藻毒素, 到目前为止还没有完善的技术可以很好去除^[3,4]。将蓝藻作为生物质能发酵生产沼气为蓝藻无害化处理、资源化利用开辟新的途径, 但关于蓝藻沼气发酵研究报道不多^[5]。江苏省农业科学院从 2006 年 5 月开始研究蓝藻的资源化, 特别是从资源化角度出发, 研究蓝藻厌氧发酵产生沼气、沼液沼渣农肥利用等技术。中试生产效果良好, 从而为蓝藻的无害化处理、资源化利用提供理论依据和技术支持。

收稿日期: 2008-02-08; 修订日期: 2008-12-10。

基金项目: 江苏省太湖专项(BS2007116); 江苏省科技支撑项目(BE2008608); 江苏省自主创新项目资助。

第一作者简介: 韩士群(1966-), 男, 江苏宿迁人, 博士, 副研究员, 主要从事水资源和湖泊生态研究。

* 通讯作者简介: 严少华(1956-), 男, 江苏滨海人, 研究员, 博导, 主要从事资源环境研究。

1 材料和方法

1.1 试验材料

沼气发酵试验用的蓝藻取自太湖梅梁湾的表层水华。接种用活性污泥取自南京污水处理厂消化池。麦秸秆取自江苏农科院试验田,实验前将秸秆粉碎成 1 cm 的小段,好氧堆沤一星期。蓝藻和麦秸秆成分见表 1。

表 1 发酵原料的组成成分 (%)

Table 1 The zymolysis material ingredient (%)

原料	干物质	干物质灰分	干物质总氮	干物质总磷
蓝藻	4.24	9.48	10.36	0.806
麦秸秆	88.79	11.45	0.51	0.146
活性污泥	1.57	98.97	4.65	0.57

1.2 试验方法

1.2.1 蓝藻厌氧发酵试验

试验设 5 个处理 3 个重复:处理 1,活性污泥(9 kg);处理 2,蓝藻(6.4 kg) + 污泥(9 kg);处理 3,蓝藻(6.4 kg) + 秸秆(1.0 kg) + 污泥(9 kg);处理 4,蓝藻(3.2 kg) + 污泥(9 kg);处理 5,蓝藻(6.4 kg) + 污泥(4.5 kg)。每个处理发酵料液的体积均为 18 L,不足部分以水补充。投料时用 NaOH 溶液调节 pH 值,在常温下,共进行了 90 d 发酵。实验设备采用自制的厌氧发酵实验装置,采用排水集气法收集和测量沼气量。实验期间,每天在 9:00 和 18:00 记录各发酵罐产气量并摇晃 5 分钟左右。

1.2.2 分析及计算方法

气体成分测定:气相色谱法,上海分析仪器厂 103 型气相色谱仪。水分测定:干燥失重法。总氮测定:凯氏定氮法。总磷测定:钒钼黄比色法。氨基酸含量测定:氨基酸测定仪。

微囊藻毒素(MC-LR、MC-RR)含量测定:在 50 ml 离心管中称取 25 g 样品,加入 1.2 ml 冰乙酸,超声波震荡 30 min 后,15 000 rpm 离心 15 min,上清液通过已平衡(依次用 5 ml 甲醇、5 ml 水)好的 C_{18} 固相萃取小柱,分别用 20 ml 水、20 ml 20% (V/V) 甲醇洗涤,用 5 ml 80% (V/V) 甲醇洗脱,收集洗脱液并减压浓缩至近干,残渣用 1 ml 20% (V/V) 甲醇溶解,过 0.22 μm 膜,供 HPLC 分析。HPLC 条件:Agilent 1100S 高效液相色谱仪(美国,Agilent 公司),配有二极管矩阵检测器(G1315B,DAD)和化学工作站;色谱柱为 ODS-3 C_{18} (4.6 mm \times 250 mm, i. d. 5 μm);柱温为 35 $^{\circ}\text{C}$;检测波长为 238 nm;流动相由甲醇(A)和 0.05 M 磷酸二氢钾(B)组成,梯度洗脱;流速为 1.0 ml/min;进样量为 20 μl 。

重金属分析:用原子荧光光度计直接测定 As、Hg 浓度,发酵液在 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘干后,用石墨炉原子吸收分光光度计测定镉(Cd)、铅(Pb)、铬(Cr)。

2 结果

2.1 蓝藻沼气发酵相关参数及其动态变化

2.1.1 蓝藻产气量及动态变化

将处理 2、3、4、5 中产生的沼气减去处理 1 污泥产生的沼气量后得到沼气净产量,根据不同处理蓝藻 TS 量(干物质含量)求得单位质量蓝藻的产沼气量(表 2),处理 2、4、5 的单位

质量蓝藻产气量约 0.47~0.56 L/g。经统计分析,各处理间的差异不显著,说明蓝藻接种不同浓度的活性污泥对于单位质量蓝藻产气量的影响不大。处理 3 的单位质量蓝藻产气量 0.85 L/g,极显著高于其它处理($P < 0.01, n = 4$)。

表 2 蓝藻沼气发酵相关参数

Table 2 The parameter of blue algae in anaerobic zymotechnics

处理	蓝藻浓度 /(g/L)	单位质量蓝藻产气量 /[(L/g) _x ± s]	容积产气率 /[L/(L·d) _x ± s]	最大产气速率 /[L/d] _x ± s]	最大产甲烷速率 /[L/(L·d) _x ± s]	比产甲烷速率 /[L/(kg·d) _x ± s]
2	17.62	0.53 ± 0.033	0.41 ± 0.12	2.36** ± 0.34	1.77** ± 0.34	100.45** ± 5.46
3	16.55	0.85** ± 0.052	0.68** ± 0.13	4.19** ± 0.46	3.14** ± 0.47	189.73** ± 10.23
4	11.02	0.56 ± 0.045	0.29 ± 0.06	0.97 ± 0.48	0.73 ± 0.06	66.24 ± 3.33
5	24.90	0.47 ± 0.036	0.44 ± 0.41	2.09 ± 0.49	1.57 ± 0.56	63.05 ± 3.66

注:**表示差异极显著($P < 0.01$),下表同。

图 1 显示,不同处理沼气生成量都是达到高峰期后产气量逐渐下降,高峰期之后,各处理还会出现一些产气量峰值,但总体来说第一个峰值产气量最大。处理 4 在接种后第 5 天就达到产气高峰期,处理 2 是第 7 天,处理 3 第 10 天,处理 5 第 15 天才达到产气高峰。产气高峰期的出现与蓝藻及污泥质量比关系很大,本试验中处理 4 的蓝藻:活性污泥为 1:2 最先达到产气高峰期,而处理 5 的蓝藻:活性污泥为 2:1 最后达到产气高峰期。处理 2 和处理 3 比较,虽然 2 个处理的蓝藻与活性污泥的比例相同,但是添加秸秆后产气高峰期滞后 3~4 d,但高峰期的产气量高于蓝藻单独发酵,随后变化规律和单独发酵相似。

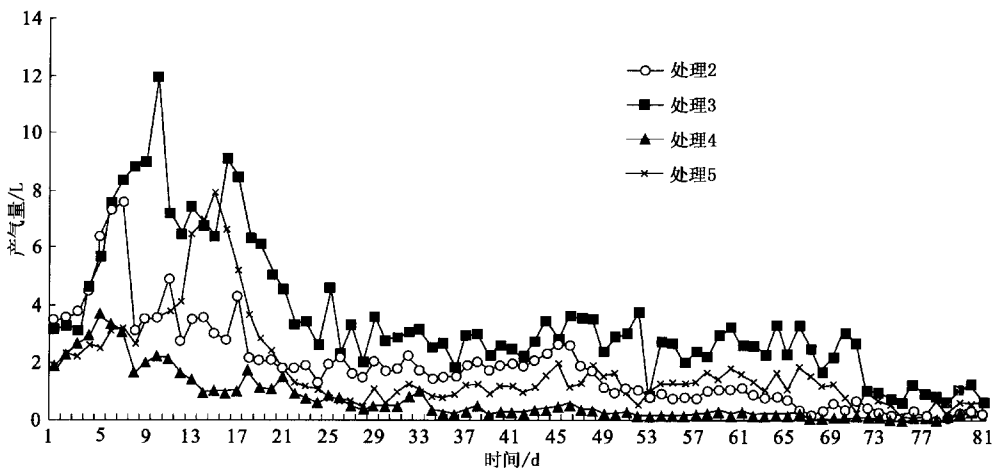


图 1 蓝藻沼气发酵产气量动态变化

Fig. 1 The methane quantity dynamic diversification of blue algae zymolysis

2.1.2 容积产气率和产甲烷速率

在发酵罐启动阶段,最大容积产气率较低,为 0.17~0.5 L/(L·d),随着菌落的逐渐富集,产气率逐渐提高。处理 3 的最大容积产气率达到 0.68 L/(L·d),平均产气率为 0.19 L/(L·d),处理 2、4、5 的最大容积产气率都小于处理 3(表 2)。

根据沼气累积产气量曲线(图 2),求出各曲线的最大斜率,即不同底物配比时的最大产气速率 v' ,由于有机物大多数被降解为醇类,根据巴斯韦尔标准式^[6]得到: $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} =$

3CH₄ + CO₂, 可知生成的气体中 CH₄: CO₂ = 3: 1, 最大产甲烷速率为: $v = 3v'/4$ (表 2)。不同处理沼气产气速率和产甲烷速率变化相似, 其中处理 4 最大, 采用 LSD 多重比较法进行统计分析, 处理 4 与其它各处理间的差异都达到极显著水平, 处理 2 与处理 4 差异达极显著水平, 但是与处理 5 之间差异不显著。说明产沼气速率与蓝藻浓度, 以及是否添加秸秆密切相关。

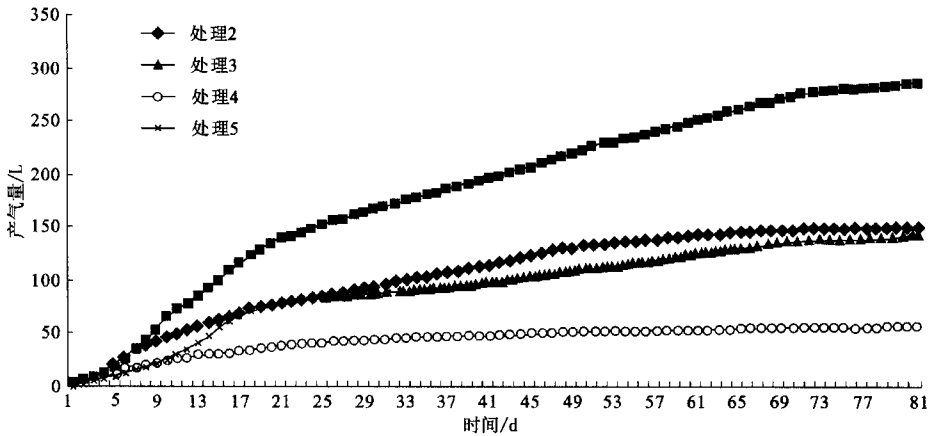


图 2 累积产气量曲线

Fig. 2 The methane cumulative production curve

将表 2 中厌氧消化的最大产甲烷速率除以投料量即比甲烷速率, 处理 2、3、4、5 分别为 100.45、189.73、66.24、63.05 L/kg · d。

2.2 蓝藻厌氧发酵产物的成分

2.2.1 沼气成分及动态变化

以处理 3、4 为代表, 不同时期的沼气中 CH₄、CO₂、H₂S 等其它成分, 见表 3。蓝藻发酵后沼气中 CH₄ 最大可达 75% 以上, 平均含量约 67.7% ~ 68.8%, 高峰期后 CH₄ 平均含量达 70.55% 左右, 蓝藻发酵产生的沼气质量优于人畜粪便发酵产生的沼气。

表 3 沼气主要成分的平均值 (%v/v)

Table 3 Average of the contents of methane

成分	CH ₄ , ±s	CO ₂	H ₂ S	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	nC ₄ H ₁₀
处理 3	67.7 ± 4.30	17.6 ± 3.57	0.627 ± 0.11	未测出	未测出	未测出
处理 4	68.8 ± 4.51	24.4 ± 3.77	0.502 ± 0.14	未测出	未测出	未测出

蓝藻发酵生成沼气的成分随着不同发酵时期而出现规律性变化, 装罐第 2 天即开始产气, 但此时不能点燃。第 3 天取样分析沼气中 CO₂、CH₄、H₂S 的含量分别为 53.9%、36.4%、3.26%。显然此时主要以 CO₂ 为主。到第 5 天, 生成的气体可以点燃, 此时 CH₄ 含量超过 50%。随着发酵时间的延长, 沼气中 CH₄ 含量呈上升趋势, 而 CO₂ 和 H₂S 逐渐下降, 到第 20 天取样, 沼气的成分基本稳定, CH₄ 含量超过 66%。若将 CH₄、CO₂、H₂S 三种成分含量和时间作回归分析, 其回归方程分别为 $y = 4.0815x + 42.837, R = 0.882$; $y = -4.2762x + 49.381, R = 0.896$; $y = -0.3475x + 2.6197, R = 0.867, r_{0.01} = 0.765$, 显然, 沼气中 CH₄ 含量与时间呈极显著正相关, 而 CO₂、H₂S 与时间呈极显著负相关。

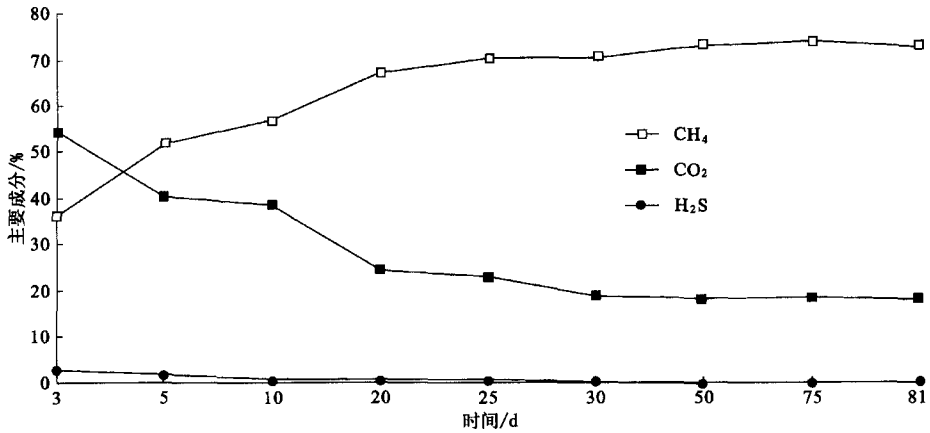


图 3 沼气成分动态变化

Fig. 3 The contents of methane dynamic diversification

2.2.2 发酵残余成分

沼液成分含量取决于发酵底物中蓝藻的含量,当 TS 为 4% ~5% 时,沼液含氮量约 3.0 ~ 5.4 g/L,含磷量 0.52 ~0.87 g/L,含钾量约 0.34 ~0.87 g/L。沼渣中氮 6.3%,磷 0.4%,钾 0.25% 左右。

表 4 沼液和沼渣中氨基酸含量(g/kg)

Table 4 Content of amino acid of zymotic liquid and dregs(g/kg)

氨基酸	含量	氨基酸	含量	氨基酸	含量	氨基酸	含量
Asp	0.23	Met	0.12	Gly	0.10	Lyr	0.10
	1.20		0.10		0.4		0.4
Thr	0.12	Ile	0.19	Ala	0.24	氨	0.445
	0.71		1.10		0.8		3.72
Ser	0.13	Leu	0.22	Cys	—	His	—
	1.05		1.58		0.04		—
Glu	0.25	Tyr	0.11	Val	0.28	Arg	0.050
	1.90		0.74		0.7		0.70
Pro	0.12	Phe	0.14				
	0.30		0.63				

注:表中数据上行为沼液的氨基酸含量,下行为沼渣的氨基酸含量。

表 5 藻毒素的降解特性

Table 5 The decomposed characteristic of algae toxin (MC-RR and MC-LR)

藻毒素	自然存放			厌氧发酵			
	30 d	90 d	120 d	2 d	4 d	8 d	30 d
MC-RR/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	1 410	38	5	120	<5	<5	<5
MC-LR/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	510	120	18	60	<5	<5	<5

自然存放状态下藻毒素降解非常缓慢,存放 30 d 蓝藻藻液中藻毒素 MC-RR、MC-LR 分别是 1 410、510 $\mu\text{g}/\text{kg}$,存放 90 d 分别为 38、120 $\mu\text{g}/\text{kg}$,第 120 天分别为 5、18 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。随着

存放时间延长,藻毒素逐渐下降,即使存放 120 d 以上,藻毒素仍然超过饮用水标准,若淋洗到太湖后将造成饮用水源的污染。蓝藻经过前期酸化等预处理过程后进入沼气厌氧发酵,藻毒素降解速度很快,第 2 天发酵液中 MC-RR、MC-LR 分别为 120.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$,远远低于自然存放 30 d 藻毒素含量;由于仪器的检测水平下限为 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$,到第 4 天取样,两种藻毒素都降解到低于仪器的检测下限,第 8 天、第 30 天取样均检测不出。

总体来说,刚刚打捞出来的蓝藻重金属含量较高,放 30 d 后 Cd、Pb、Cr、As 含量有所下降,发酵后的沼液中含量最低。参考饲用螺旋藻(GB/T17243-1998)标准,以及参考城镇垃圾农用控制标准值,蓝藻中的 Cd、Pb 未超标,但最大浓度接近螺旋藻粉限量标准的上限,因此仅从重金属含量来看,蓝藻不宜作为饲料使用。但从所检测的 5 类重金属含量来看,无论是刚打捞出来的蓝藻、存放一定时间的太湖蓝藻,还是经厌氧发酵后的沼液都远小于用做有机肥料的重金属限量要求。

表 6 重金属含量(干物质,mg/kg)

Table 6 The content of heavy metal(dry material,mg/kg)

重金属	Cd	Pb	Cr	As	Hg
新鲜蓝藻	0.422	3.97	1.23	0.24	0.002
存放 30 d	0.285	2.51	0.948	0.17	0.002
沼液	0.251	1.68	0.763	0.15	0.002
饲用螺旋藻标准	≤ 0.5	≤ 6.0	/	≤ 1.0	≤ 0.1
肥料标准	≤ 3	≤ 100	≤ 300	≤ 30	≤ 5

3 讨论

太湖蓝藻新鲜藻液的 pH 值大于 7,经酸化处理后 pH 值约 5.4 左右,活性污泥的 pH 值 7.5 左右,接种污泥所占比例越小,酸化反应就越快,同时,接种污泥中的产甲烷菌也会消耗一定量的酸,理论上缩短酸化期而缩短发酵周期,但活性污泥为酸化后甲烷化反应提供菌种,若接种太少,则难以为甲烷化反应提供足够的菌种。活性污泥的接种量对单位质量蓝藻的产气量影响不大,仅影响不同时期内产气的速率及产气高峰期。有报道接种活性污泥过多导致厌氧发酵产气高峰期滞后^[7],其研究结果和本文不一致,可能是由于发酵材料不同或者微生物群落等差异造成的。比甲烷速率在生产上具有重要意义,建立在厌氧发酵的污泥净产率系数很小^[8,9],但微生物浓度 X 较高,在较短的时间内微生物的增量 ΔX 比 X 小得多且有机物分解产物以醇类为主^[6],在处理实验数据时将 X 看作不变。研究中发现一天中温度变化大,介质 pH 值低于 5.2 时,产气量极不稳定,产甲烷速率不能利用此计算方法,那么在温差大、强烈影响微生物群落组成的条件下,如何描述蓝藻厌氧发酵产生甲烷速度有待进一步探讨。

没有加秸秆情况下,每 g 太湖蓝藻发酵实际可产生 0.56 L 左右沼气,据董诗旭研究,滇池蓝藻产气量潜力为 0.48 L^[10],太湖蓝藻和滇池蓝藻水华都以微囊藻为主,产气量不同的原因主要由于试验时间不同。本试验虽然持续发酵 90 d 后仍在产气。在加草调节碳氮比的情况下,蓝藻产气量达 0.85 L/g,添加秸秆可以大幅度提高蓝藻产气量,这是由于蓝藻自身蛋白质含量很高,碳氮比较低,不利于甲烷细菌生长,因此生产上应注重蓝藻发酵的碳氮比调节。蓝藻厌氧发酵产生的沼气主要成分为 CH_4 、 CO_2 、 H_2S ,若作为燃气 CH_4 含量超过

50%即可,若用于发电 CH_4 含量要大于 60%,研究表明发酵进入稳定期后 CH_4 含量远高于发电要求;当然,由于蓝藻高蛋白,产生沼气中 H_2S 含量高于一般原料发酵,因此发电时应采取脱硫措施。按照 2007 年太湖蓝藻生物量,蓝藻年产 10^4 t(干藻量)计算,每年可产生 $8.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ 沼气,可供给 5×10^4 户居民使用,显然太湖蓝藻可以作为一种生物质能源材料来利用。

太湖蓝藻自然存放 3 个月后,其藻毒素 MC-RR、MC-LR 仍高达 38、120 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。藻毒素是一种肝毒素,有很高的耐热性,自然降解过程十分缓慢。研究发现藻毒素在厌氧状态下降解速度远大于自然存放的降解速度,目前国内外在藻毒素快速降解研究方面仍是难题,本研究为藻毒素快速降解提供了理论依据,但是关于藻毒素在好氧、厌氧发酵过程中降解机理还有待深入研究。目前,国内外还没有制定微囊藻毒素的肥料应用指标,现根据饮用水和地表水中微囊藻毒素指标进行评判。我国现颁布执行的生活饮用水水质卫生规范和地表水环境质量标准(GB3838-2002)规定微囊藻毒素(MC-LR)为 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。由于检测手段限制,本文太湖蓝藻经厌氧发酵后藻毒素降低到小于 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$,应进一步提高藻毒素的检测精度,同时应进一步研究发酵后残余藻毒素在作物体内的累积情况,评估其安全性。

太湖作为饮用水源地,不存在重金属污染问题,虽然蓝藻有富集重金属的效应,但蓝藻中重金属含量仍较低。目前国内外尚无蓝藻发酵的沼液、沼渣作为肥料的重金属标准,但按照已有的肥料标准,太湖蓝藻发酵后沼液和沼渣作为肥料使用不存在重金属污染的问题。沼液和沼渣中营养成分取决于发酵底物中蓝藻干物质的含量,按照一般湿发酵方法(TS 为 5%左右)蓝藻发酵后相当于每 t 沼液中含 11.7 kg 尿素,7.5 kg 过磷酸钙以及 1.2 kg 氯化钾,此外沼液中还含有丰富的游离态氨基酸。若按照 2007 年蓝藻生物量,利用太湖蓝藻每年可以生产 2×10^6 kg 尿素, 7.5×10^5 kg 磷肥和 1.2×10^5 kg 的钾肥。年可以供应 6 000 hm^2 以上农田使用,从而减少太湖周边农田化肥的使用量,减少农田面源污染。

由于打捞出新鲜蓝藻含水量较高,很难采用燃烧、掩埋等处理方法进行无害化处理,因此利用厌氧发酵产沼气和生产肥料的方法处理太湖蓝藻是解决蓝藻打捞后难以处置的一种较理想的方法。但规模化处理还需解决如研发经济、高效发酵工艺、设计高效发酵装置、建设配套农田设施等问题。

参考文献(References):

- [1] Tripathi R D, Dwivedi S, Shukla M K, et al. Role of blue green algae biofertilizer in ameliorating the nitrogen demand and fly-ash stress to the growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Plants Chemosphere*, 2008, 70(10): 1919-1929.
- [2] 杨苏, 陈朝银, 赵声兰, 等. 滇池蓝藻资源综合利用的研究进展[J]. 云南化工, 2006, 33(3): 49-53. [YANG Su, CHEN Chao-yin, ZHAO Sheng-lan, et al. Research advance on the comprehensive use of Cyanobacteria in Dianchi Lake. *Yunnan Chemical Technology*, 2006, 33(3): 49-53.]
- [3] Birgit Puschner, Jean-François Humbert. Cyanobacterial (blue-green algae) toxins[J]. *Veterinary Toxicology*, 2007; 714-724.
- [4] 沈强, 刘永定, 宋立荣, 等. 产毒微囊藻藻粉的脱毒技术研究[J]. 水生生物学报, 2004, 28(2): 137-140. [SHEN Qiang, LIU Yong-ding, SONG Li-rong. Studies on detoxification techniques of toxic algae powder of microcystis. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, 28(2): 137-140.]
- [5] XU Rui, GAO Tian-rong. Biochemical methane potential of blue-green algae in biogas fermentation progress[J]. *Journal of Yunnan Normal University*, 2007, 27(5): 35-38.
- [6] 赵洪波. 厌氧发酵降解有机物浅析[J]. 化工给排水设计, 1997, 2: 9-11. [ZHAO Hong-bo. Analysis of anaerobic fermentation of organic degradation. *Chemical Drainage Design*, 1997, 2: 9-11.]

- [7] Ljungdahl, Lars G. *Biochemistry and Physiology of Anaerobic bacteria*[M]. Springer Press,2003. 299 - 343.
- [8] 苏玉民,等. 脉冲上流式厌氧污泥床反应器的应用[J]. 环境科学,1996,17(1):50 ~ 53. [SU Yu-min. The application of pulse upflow anaerobic sludge blanket reactor. *Environmental Science*,1996,17(1):50 - 53.]
- [9] Li Yaxin. Stimulation effect of trace metals on anaerobic digestion of high sodium content substrate[J]. *Water Treatment*, 1995, (10):145 - 154.
- [10] 董诗旭,董锦艳,宋洪川,等. 滇池蓝藻发酵产沼气的研究[J]. 可再生能源,2006,24(2):16 ~ 18. [DONG Shi-xu, DONG Jin-yan, SONG Hong-chuan, *et al.* Study on the biogas fermentation with blue algae from Dianchi Lake. *Renewable Energy*,2006,24(2):16 - 18.]

Harmless Disposal and Resources Utilizations of Taihu Lake Blue Algae

HAN Shi-qun, YAN Shao-hua, WANG Zhen-yu, SONG Wei,
LIU Hai-qin, ZHANG Jian-qiu, HUANG Jian-ping

(Institute of Agricultural Resource and Environmental Sciences, Jiangsu Academy of
Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: Aiming at the problem of the salvaged blue algae from Taihu Lake which were difficult to dispose and caused environment polluted again, anaerobic zymotechnics was adopted to study the methane productive parameter, zymolysis production ingredientd and the decomposed characteristic of algae toxin (MC-RR and MC-LR). Synchronously, the feasibility was evaluated to blue algae harmless disposal and for biologic energy resources and fertilizer utilization. The result showed that the Taihu Lake blue algae could produce about 0.56 litre methane per gram and Specific Methanogenic Rate reached 189.73 L/kg · d by inoculated appropriate activated sludge in anaerobic state. It could increase the quantity of methane and Specific Methanogenic Rate by regulating the proportion of carbon and nitrogen. Though the CH₄ content of methane changed, the average content was higher than that of dejecta from birds and beasts, in brief, the algae of Taihu Lake is a kind of potential biologic energy resources. The algae toxin was decomposed very slowly in spontaneousness deposited, but it decomposed quickly by anaerobic zymotechnics. The liquid and residue from anaerobic zymotechnics of blue algae contain richer nitrogen, phosphorus, kaliumpotass and aminophenol, so they are a sort of high quality organic fertilize.

Key words: Taihu Lake blue algae; harmless disposal; resources utilizations; anaerobic zymotechnics