

# 农村生活污水进水沉降性颗粒有机物碳源利用分析

帅波, 杨秀莹, 黄燕红

(浙江丹靛环境工程有限公司, 浙江 杭州 311300)

**摘要:**结合实际状况可以得出,农村生活污水其自身水质水量波动较为显著、突出,致使在进行农村生活污水处理工作过程中进水碳源需求得不到极大满足。以农村生活污水中存在的沉降性颗粒有机物作为研究对象,对其内部含有碳源在深入挖掘过程中对水质以及微生物群落造成的影响以及实时变化状况展开深入研究和分析。结合实验结果和数据表明,颗粒有机物经过水解和发酵处理后所形成的物质可以作为一种有效碳源,以此为农村生活污水处理工作提供必要的碳源支持,而 *Methanosaeta* 对系统内碳源的消耗和流失具有直接影响。

**关键词:**农村生活污水;沉降性颗粒有机物;碳源利用

**中图分类号:**X799.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-7344(2023)16-0193-03

## 0 引言

伴随社会经济和科学技术的持续快速发展,人们的生活水平和生活质量得到进一步改善,国家对农村生活污水处理工作的关注程度进一步提升,截至2018年,我国投入大量资金并建设30多万套农村生活污水处理设施,但是在实际工作过程中,对于管理工作的重视力度仍有待进一步强化。除此之外,水质水量波动、配套预处理设施以及运行管理工作也存在部分弊端和不足。在我国部分地区农村生活污水处理站实际工作过程中存在碳源严重缺乏状况,并且会在格栅前端形成颗粒有机物堆积现象并伴随吸粪车清洁外运,进而造成大量资源浪费,故此,进一步提升内碳资源的利用效率已然是当下以及未来持续发展工作的重中之重。

## 1 材料与方法

### 1.1 底物和种泥来源

农村生活污水沉降性颗粒有机物主要来源于某农村生活污水处理站进水渠道,结合目数为60的筛网开展过滤处理后所产生的滤液,提取其底部沉积的污泥并放置于冰箱中进行冷藏储存<sup>[1]</sup>。而对于接种污泥主要取自某城市污水处理厂中存有的厌氧发酵罐,为让产甲烷菌活性得到有效控制和保障,这就需要将接种污泥在实际使用前期,应将其放置于水浴锅内,并将水浴锅温度严格控制在80℃,进行长达1h的恒温处理。而关于沉降性颗粒有机物相关信息和部分明确指标如表1所示。

### 1.2 试验方法

实验采取序批式实验模式,将底物与种泥严格遵循9:1的体积比进行融合,待充分混合后放置于规格为

表1 指标统计

项目	SCOD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	STN/ (mg·L <sup>-1</sup> )	STP/ (mg·L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/ (mg·L <sup>-1</sup> )	SS/(g·L <sup>-1</sup> )	pH
底物	452±2	128±2	9.3±0.3	67.3±0.5	38.9±0.6	7.18±0.03

250mL的发酵瓶中,并将振荡器内在温度控制在30℃,转速设置为150r/min,进行恒温培养,培养时间为9d,需要格外注意的是,在培养过程中无特殊需求严禁出现任何中断现象,以此为实验的准确性和真实性提供必要保障<sup>[2]</sup>。与此同时,每天需提取少量泥污样本,通过有效、规范的离心处理后采用规格为0.45μm的滤膜开展过滤工作,并针对过滤后所产生滤液中含有的SCOD、NH<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P。开展精密测定工作。每隔一天提取一定体积的污泥样品。结合科学、规范、标准的离心处理后,采用规格为0.22μm的滤膜开展过滤工作后,针对滤液中含有的VFAs以及荧光物质进行严密测定。而对于第4天和第5天所提出的泥污样品,主要针对其内部群落结构进行深入探索和分析。

### 1.3 分析方法

#### 1.3.1 常规指标

对于SCOD、NH<sub>3</sub>-N以及PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P的检测实验应严格遵循相关规定和标准进行,而对于污泥自身pH的测定工作则可以充分利用便携式检测仪进行检测。除此之外,对于滤液中所含有的蛋白质进行含量测定工作,可以有效借助考马斯亮蓝法进行检测,溶液中所含有的多糖成分可充分利用蒽酮-硫酸比色法进行检测和初步确定。

#### 1.3.2 VFAs

VFAs绝大多数情况下对采用气相色谱法进行检

测和测定工作,所需要的测量设施为气相色谱仪,而有关设备和配置主要包括:AOC-20i自动进样器,FID检测器以及PEG-20M色谱柱(其规格为 $30\text{m}\times 0.25\text{mm}\times 0.5\mu\text{m}$ )。与此同时,在实际工作中,绝大多数情况下,一阶程序多用于升温工作,初始温度维持在 $70^{\circ}\text{C}$ ,并进行1min的预热工作,然后按照每分钟提升温度 $20^{\circ}\text{C}$ 的模式将温度升高到 $210^{\circ}\text{C}$ ,并维持2min,最终程序整体持续时间为10min。除此之外,其中氮气作为主要载气,尾吹流量控制在每分钟30mL。而对于进样室(SPL)以及检测器(FID)的实际工作温度设置在 $250^{\circ}\text{C}$ 左右。

### 1.3.3 三维荧光

首先要做的就是将需要检测的样品进行离子水处理清除工作,以此让样品中有机碳浓度得到一定降低,并将稀释程度控制在每升含量不高于10mg,并充分、有效利用HitachiF-7000三维荧光光谱仪开展严密、准确、规范的检测工作。其中需要格外关注的是,激光波长范围应设置在200~400nm,发射波长范围应控制在280~500nm,并将10nm作为固定增量,除此之外,扫描速度应严格控制在每分钟 $1.2\times 10^4\text{nm}$ 。

### 1.3.4 微生物群落

提取第4天和第5天的污泥样本,通过有效、合理、规范的离心处理后,将刨除上清液的污泥放置于温度维持在零下 $20^{\circ}\text{C}$ 的环境中进行冷冻保存。结合E.Z.N.A.® Soil DNA Kit的技术说明针对微生物群落开展DNA提取工作,并充分利用1%的琼脂糖凝胶电泳对DNA提取工作质量和成效进行严格检测。与此同时,充分发挥Nano Drop2000作用开展DNA浓度与纯度检测工作<sup>[9]</sup>。而关于细菌以及古菌所开展的PCR扩增工作,则需要将同一污泥样本的PCR产物进行充分混合,利用2%琼脂糖凝胶对PCR产物进行有效回收,在充分发挥AxyPrep DNA Gel Extracnction Kit技术对所回收的PCR产物进行提纯和纯化处理,随机采用2%琼脂糖凝胶开展电泳检测工作的同时,有效发挥并规范使用Quantus Fluoeometer技术针对回收产物进行检测定量。与此同时,积极采用Rapid DNA-Seq Kit为依据开展建库工作,并有效发挥Illumina公司所研发的Miseq PE300平台开展相应测序工作。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同时间SCOD浓度、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度以及C/H的表现状况

反应时间对SCOD溶出的具体影响如图1所示。

在1~4d内,SCOD浓度与反应时间呈正向关系,伴随反应时间的不断延续SCOD浓度也在进一步提升;在4~9d中,SCOD浓度与反应时间关系发生改变,呈现反向关系,换言之,在反应时间不断增长的情况下,SCOD浓度逐渐下降,由此可以得出,第4天是SCOD浓度值的巅峰,达到每升859mg。造成此种状况的主要原因可能在于,农村生活污水中所含有的颗粒有机物在微生物酶的影响下被转化为可溶性物质进而与溶液融合,致使SCOD浓度持续上升,但是在反应时间不断延长的影响下,产甲烷菌等碳源消耗微生物含量急剧上升,致使水解细菌分解、转化速率不足以满足碳源消耗微生物的需求,进而出现在第4天溶液中SCOD浓度逐渐下降的状况。

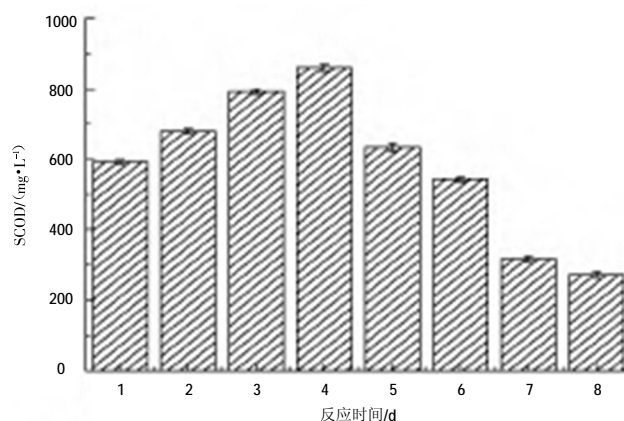


图1 不同时间SCOD浓度的变化特征

分析反应时间对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 溶出的实际影响可以发现,在1~8d内,样品中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度逐渐上升,而氨氮的形成主要来源于沉降性颗粒有机物中所含有的蛋白质经过水解后得到,在厌氧环境中以及在蛋白酶不断分解作用下,蛋白质逐渐转化和分解成 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等多种物质并与水体进行融合,致使测量样品中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的浓度得到进一步提升。除此之外, $\text{NH}_3\text{-N}$ 自身释放速度在第1天和第2天达到巅峰,这也就进一步表明伴随 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的不断提升,进而对蛋白酶的水解能力的影响越大,换言之,在 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度不断提升的环境下,对蛋白酶的抑制作用越发显著。

而分析反应时间对C/N以及pH的实际影响效果可以发现,pH在前期阶段上升速率极快,在中间阶段呈现回落趋势,在后期表现为缓慢上升趋势,造成此种状况的主要原因在于,前期阶段颗粒有机物通过水解作用,致使样品中氨氮含量急剧上升,进而让样品自身pH逐渐上升,这就与上文得出的结论相对应<sup>[4]</sup>。伴随颗

粒有机物水解的不断发展以及 VFAs 含量的不断上升致使 pH 呈现下降趋势,并随着反应时间的进一步延长,产甲烷菌数量急剧上升,进而让 VFAs 含量不断降低,从而让 pH 最终呈现缓慢上升趋势。而 C/N 数值前期与反应时间呈反向关系,在反应时间不断增长的情况下呈现下降趋势,唯有当处于第 3 天时表现出小幅度回升。致使这种状况出现的主要原因在于,颗粒有机物在水解酶的不断作用下逐渐转变为 SCOD,与此同时发酵细菌以及产甲烷菌对碳源的需求和消耗巨大,而蛋白质通过水解所产生的  $\text{NH}_3\text{-N}$  则极易在溶液以及气相中形成富集现象,如此致使 C/N 数值不断下降。在秋季针对取样站点中所含有的颗粒有机物以及进水水质检测工作过程中发现,C/N 数值在 1.2~4.5 无规律波动,其最终 C/N 平均值为 3.0,相较于前一年的统计数值有所降低,本实验结果表明在 SCOD 浓度达到巅峰的第 4 天,样品中所含有的 C/N 相较于进水增长了 35.7%,如此可以进一步说明颗粒有机物经过水解反应后所产生的物质能够为农村生活污水的处理提供必要的碳源支持,是一种可替代碳源的新产物。

## 2.2 不同时间蛋白质浓度、多糖浓度以及荧光物质的实时变化

结合实际实验数据以及最终结论可以得出,蛋白质浓度与反应时间呈正向关系,换言之,伴随反应时间的不断增长,样品中蛋白质浓度得到进一步提升,而多糖浓度伴随反应时间的进一步延长呈现波动性变化。结合蛋白质浓度持续上升的状况可以有效说明样品中所含有的颗粒有机物水解细菌始终都在进行水解反应工作,并进一步提升样品中水解酶含量,进而加快颗粒有机物中所含有的大分子蛋白质向小分子蛋白质转化的速率。而造成多糖浓度呈现波动性变化的主要原因在于,多糖自身极易被样本中各种细菌和酶吸收、利用,在发酵细菌的影响下,多糖逐渐转变为 VFAs,底物中所包含的部分单糖被吸收利用,而大分子多糖转变为小分子单糖,其中水解反应仍需要一定时间消耗,这也是造成多糖浓度呈现波动性变化的另一种原因。

结合相关实验数据可以判断农村生活污水颗粒有机物碳源释放过程中 DOM 结构的变化特性,基于实验结果和具体数据可以得出,色氨酸类蛋白质是荧光物质中主要组成成分,其含量绝大多数都在 64% 以上。色氨酸类蛋白质含量变化呈现先增后降的趋势,而络氨

酸蛋白质含量变化则表现为先减后增趋势<sup>[9]</sup>。结合上述结论,可以进一步表明颗粒有机物在水解酶的影响下,进一步提升大分子蛋白质转化速率,进而让样品中可溶性小分子蛋白含量持续上升。除此之外,络氨酸类蛋白质相较于色氨酸类蛋白质更易于蛋白质水解酶以及相关发酵微生物吸收和利用,进而产生更多的 VFAs 的同时,也让样本中氮氮含量进一步提升,进而加快蛋白质水解和发酵速率。

## 2.3 不同时间 VFAs 成分的变化状况

结合实际实验数据以及结论可以得出,在初始阶段乙酸以及丙酸是 VFAs 的主要组成成分,并在反应时间不断增加的影响下,丙酸含量得到进一步提升的同时,也会逐渐产生丁酸并呈现增长趋势。结合第 5 天的实验数据可以看出,丁酸含量急剧降低,这也可进一步表明丁酸在样本中微生物的作用下正逐渐转变为丙酸和乙酸。与此同时,结合对第 5 天实验数据的严密分析,乙酸含量也呈现下降趋势,通过图 1 数据,可以推测出此阶段的乙酸极有可能被产甲烷菌等微生物吸收利用,进而致使样品中 SCOD 浓度急剧下降。

## 3 结语

结合上述研究可以得出,农村生活污水中所含有的沉降性颗粒有机物在 30℃ 环境下所进行的水解发酵实验数据表明,SCOD 浓度在第 4 天达到顶峰,其浓度维持在每升 859mg。与此同时,水解发酵产物中 C/N 与以往数值相比,其平均增长了 45%,以此可以进一步明确和有效表明了沉降性颗粒有机物水解发酵产物可作为农村生活污水所需碳源的替代物和补充物质。

## 参考文献

- [1] 倪洁,赵晓辉,吴文强,等.农村生活污水治理技术的发展趋势[J].环境生态学,2022,4(11):97-102.
- [2] 孟杰.农村生活污水治理存在的主要难点及对策分析[J].清洗世界,2022,38(10):139-141.
- [3] 赵永志,高严,何文丽,等.农村生活污水治理设计及分析[J].有色冶金节能,2022,38(5):86-90.
- [4] 祝磊,李圭白,殷益明.农村生活污水进水沉降性颗粒有机物碳源利用潜势研究[J].给水排水,2022,58(9):31-36.
- [5] 董亚明,李爱英.新疆农村生活污水治理现状及技术适应性研究[J].环境与可持续发展,2020,45(3):108-111.

作者简介:帅波(1991—),男,汉族,浙江临安人,本科,工程师,主要从事环境工程与咨询水处理方面的工作。