

团 体 标 准

T/CACE XXXX—2023

农林用沼液生物降解液使用技术规范

Technology code for land and forest application of biogas slurry biodegradation

(征求意见稿)

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 实施

中国循环经济协会 发 布

目 次

前 言.....Ⅱ

1 范围.....3

2 规范性引用文件.....3

3 术语和定义.....4

4 指标要求.....5

5 沼液处理.....5

6 安全使用.....5

7 指标检测方法.....5

附 录 A （规范性） 小分子水溶性有机质含量测定10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国循环经济协会提出并归口。

本文件起草单位：北京工商大学、北京四良科技有限公司、中国环境科学研究院、维尔利环保科技股份有限公司、青岛汇君环境能源工程有限公司、北京中畜可为农业科技有限公司。

本文件主要起草人：贾璇、任忠秀、袁红利、于家伊、李鸣晓、闫占永、汤晓艳、戴辉、邢帆、牛希成、王雷、侯佳奇。

CACE

农林用沼液生物降解液使用技术规范

1 范围

本文件规定了沼液经生物降解后在农林中安全使用的术语与定义、处理工艺、产品指标及农林使用技术要求。

本文件适用于畜禽粪污、农作物秸秆和厨余垃圾为主要原料的沼液贮存、预处理、生物降解和经生物降解后安全用于农林业的技术规范，以及安全使用过程中的使用原则和方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
GB/T 8576 复混肥料中游离水含量的测定 真空烘箱法
GB 18596 畜禽养殖业污染物排放标准
GB/T 19524.1 肥料中粪大肠菌群的测定 肥料
GB/T 19524.2 蛔虫卵死亡率的测定
GB/T 25246 畜禽粪便还田技术规范
GB/T 26624 畜禽养殖污水储存设施设计要求
GB/T 40750 农用沼液
GB 50014 室外排水设计规范
NY/T 525-2021 有机肥料
NY 884 生物有机肥
NY 1107 大量元素水溶肥料
NY/T 1168 畜禽粪便无害化处理技术规范
NY/T 1973 水溶肥料 水不溶物含量和pH的测定
NY/T 1976 水溶肥料有机质含量的测定
NY/T 1977 水溶肥料总氮、磷、钾含量的测定
NY/T 1978 肥料汞、砷、镉、铅、铬含量的测定
NY/T 2065 沼肥施用技术规范
NY/T 2374 沼气工程沼液沼渣后处理技术规范
NY/T 2596 沼肥

HG/T 2843 化肥产品 化学分析中常用标准滴定溶液、标准溶液、试剂溶液和指示剂溶液

HG/T 6082 生物质腐植酸有机肥料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 沼液 Biogas slurry

以畜禽粪污、农作物秸秆和厨余垃圾为主要原料，通过沼气工程充分厌氧发酵产生的液态发酵残余物。

3.2 生物降解液 A liquid produced by biodegradation

沼液中高分子有机物在有氧条件下被微生物或酶降解为水溶性小分子物质得到的液态产品。

3.3 酶菌复合剂 Enzyme-bacterial complexes

用于沼液生物降解的微生态发酵制剂，包括可在有氧条件下降解沼液的有益微生物、酶类或酶菌混合液。

3.4 水溶性小分子有机质 Water-soluble small molecule organic matter

用水提取后在提取液中呈离子态，分子平均粒径 650 nm 以下，可被植物直接吸收利用的有机化合物。

4 原料要求

4.1 沼液原料

制备沼液生物降解液的原料应符合GB/T 40750对农用沼液的要求。

4.2 沼液贮存

沼液及生物降解后的液体使用前须先储存于适当的贮罐或暂存池，其技术参数、形式和相关要求应符合 GB/T 26624 的规定。

5 处理工艺

5.1 将沼液原料通入降解池，酶菌复合剂添加量宜为 0.05~0.1%（体积比），与沼液充分混匀。

5.2 沼液与酶菌复合菌入池后，应及时增氧，通气供氧量以 0.005-0.01vvm 为宜。

5.3 沼液生物降解的温度应控制在 20-30℃，北方寒冷季节为保证工艺稳定运行，宜在池底铺设热水管道，锅炉供热。

5.4 沼液降解周期宜为 9-12 天。

5.5 根据农业生产灌溉季需求，每月可出料 2-3 次，进料时池温应在 18℃以上，温度过低不宜补新料。

6 生物降解液指标要求

- 6.1 外观为浅棕色、红棕色或暗红色液体，无恶臭气味。
- 6.2 沼液生物降解液农林使用应符合表 1 的技术指标要求。

表 1 农林用沼液生物降解液技术指标要求

项目	指标
酸碱度（pH 值）	5.5~8.5
臭气排放浓度（无量纲）	≤10
水不溶物/（g/L）	≤50
有机质/（g/L）	≤50
水溶性小分子有机质/（g/L）	≥1
水溶性小分子有机质与有机质的质量浓度比/（%）	≥30
总养分（N+P ₂ O ₅ +K ₂ O）/（g/L）	≥1

- 6.3 蛔虫卵死亡率、粪大肠杆菌、总砷、总铬、总镉、总铅、总汞、总盐浓度等有毒有害物质的限量要求应符合 GB/T40750-2021 表 1 中“非浓缩沼液肥料”的规定。

6.4 指标检测方法

表 2 农林用沼液生物降解液指标检测方法

项目	检测方法
外观	目视、鼻嗅测定
有机质含量	NY/T 1976
水溶性小分子有机质含量	HG/T 6082
总氮、磷（P ₂ O ₅ ）、钾(K ₂ O)含量	NY/T 1977
水分	GB/T 8576
酸碱度	NY/T 1973
粪大肠菌群数	GB/T 19524.1
蛔虫卵死亡率	GB/T 19524.2
有毒有害物质	NY/T 1978

7 农林还田使用技术要求

7.1 农林还田使用方式

7.1.1 沼液生物降解液可用于农林作物种子的浸种、苗木移栽前的泡苗，基肥和追肥等。

7.2 浸种

7.2.1 对种子进行筛选，清除杂质、秕种。

7.2.2 选择透气性好的网纱袋作为浸种袋，种子装填量不超过浸种袋体积的 3/4。

7.2.3 浸种时间应根据农作物品类、温度不同进行调整，以种子吸足水分为宜。

7.2.4 浸好后的种子应清水淘净，再进行播种或催芽。

7.3 泡苗

7.3.1 应根据苗木多少挖泡苗池，尺寸以深 50cm，宽 2m 左右为宜，其上搭建两层遮阴网。

7.3.2 池内灌入不超过池深 1/3 的沼液生物降解液，液面深度以完全浸没苗木根系为宜。

7.3.3 苗木应在定植前 1-2 天进行泡苗。

7.4 基肥

7.4.1 沼液生物降解液用作基肥时，应在土壤翻耕、地力培肥或闷棚期间使用。

7.4.2 应采取沟灌、冲施方式施用，施用后及时进行翻耕。

7.5 追肥

7.5.1 追施沼液生物降解液时，应采用叶面喷施、喷滴灌、沟灌、冲施等方式。

7.5.2 叶面喷施的要求

- (1) 沼液生物降解液施用前应过滤、去除悬浮颗粒物等。
- (2) 按照农作物营养需求进行喷施，可单施，也可与化肥、农药、生物调节剂等混合施用。
- (3) 叶面追施沼液生物降解液不宜在雨天进行，夏季宜在气温较低的早晚进行，宜从叶片背面喷洒。
- (4) 有机质含量超过 50g/L 且农作物处于生长前期（或新叶期）时，需与水按 1:1 稀释后喷施；有机质含量低于 50g/L 且作物处于生长中后期（或老叶期），可直接喷施。
- (5) 叶菜类采摘 1 周前，果菜类或果树采摘 2 周前不进行叶面喷施。

7.5.3 喷滴灌追施的要求

- (1) 滴灌前应过滤去除悬浮物和沉淀物。
- (2) 喷灌系统宜选用中远程喷头，滴灌系统宜选用具有自清洗功能的灌水器。
- (3) 田间安装滴灌管时，管上的滴孔应朝下，与地面呈 25 度夹角。
- (4) 喷滴灌过程中可与水溶肥料同施。

7.5.4 沟灌追施的要求

- (1) 先进行开沟处理，蔬菜类作物应两侧 20-30cm 处开沟，果树类应在树冠滴水线附近开沟，开沟宽度与深度分别以 10-20cm 为宜。
- (2) 沟灌过程中可与水溶性肥料同施。

(3) 待沼液生物降解液完全渗透进土壤再回土覆盖。

7.5.5 冲施浇灌追施的要求

(1) 附近固定农林种植大户应采用管道直接冲施浇灌。管道应铺设管道到田间地头，直接供施。

(2) 远处农林种植户应采用罐车配施方法，直接运到用户田间地头进行浇灌。

7.6 其他要求

7.6.1 沼液生物降解液体施用时不与草木灰、石灰等碱性肥料混合施用。

7.6.2 长期施用沼液生物降解液，应监测土壤盐分变化。

7.6.3 对地下水位较浅、涨水或排水不畅的地块，根据种植作物的要求以利于雨水冲盐防渍。

7.7 农林典型作物沼液生物降解液还田技术要求，详见附录 A。

附录 A

(资料性)

农林典型作物沼液生物降解液还田技术要求

A.1 大田粮食作物（小麦/水稻/玉米/大豆等半年或一年生大田粮食作物）

A.1.1 浸种。浸种时间为 1-2 天，浸种结束后清水洗净催芽处理。

A.1.2 基施。根据沼液生物降解液有机质含量的高低匹配相应的还田量要求，同时配施磷肥，待沼液生物降解液完全入渗土壤后及时翻耕。

A.1.3 追施。出苗后，生长前中期，结合灌溉水需求，根据沼液生物降解液有机质含量高低，亩次用量 5-15 吨，可连续使用，于收获前 1 个月停止浇灌沼液生物降解液。

A.1.4 每茬作物施用沼液生物降解液的量不应超过作物需氮量的 80%。

A.1.5 根据沼液生物降解液有机质含量高低，基追施具体用量见表 A1 要求。

A.2 蔬菜类（果菜/叶菜）

A.2.1 浸种。浸种时间为 1-2 天，浸种结束后清水洗净催芽处理。

A.2.2 基施。根据沼液生物降解液有机质含量的高低匹配相应的还田量要求，具体用量见表 A1 规定，同时配施磷肥，待沼液生物降解液完全入渗土壤后及时翻耕。

A.2.3 追施。出苗后，生长前中期，结合灌溉水需求，采用水肥一体化方式或者开沟方式，据沼液生物降解液有机质含量高低，亩次用量 3-10 吨，可连续使用，叶菜类于收获前 10 天停止浇灌沼液生物降解液，果菜类于收获前 1 个月停止浇灌沼液生物降解液。

A.2.4 每茬蔬菜施用沼液生物降解液的量不应超过作物需氮量的 80%。

A.2.5 根据沼液生物降解液有机质含量高低，基追施具体用量见表 A1 要求。

A.3 果树类

A.2.1 入冬前。结合灌冬水，采用沟灌方式，据沼液生物降解液有机质含量高低，一次性亩用量 5-10 吨。

A.2.2 萌芽前。采用沟灌方式，萌芽前 10-15 天，据沼液生物降解液有机质含量高低，一次性亩用量 5-10 吨。

A.2.3 保果壮果期。采用沟灌和叶面喷施相结合的方式。在 5 月-8 月追施沼液生物降解液，据沼液生物降解液有机质含量高低，亩次用量 2-10 吨，根据田间墒情，间隔 15-20 天一次，连续用 3-5 次。叶面喷施时，根据沼液生物降解液浓度及作物生长期按叶面喷施要求施用，每 7-10 天一次，不超过 5 次。

A.2.3 采果后。采用沟灌方式，采果后及时浇灌一次沼液生物降解液，据沼液生物降解液有机质含量高低，亩用量 5-10 吨。

A.2.5 根据沼液生物降解液有机质含量高低，追施具体用量见表 A1 要求。

A.4 茶园

避开茶叶采摘前的 10-15 天至茶叶采摘期结束，不得施用沼液生物降解液体之外，茶树全生育期内均可施用沼液生物降解液，根据田间墒情，采用水肥一体化方式或者开沟方式，每隔 15-20 天施用一次，根据沼液生物降解液有机质含量，每次亩用量 3-12 吨。同时，可结合叶面喷施施用，叶面喷施时，根据沼液生物降解液浓度及新老叶期情况按叶面喷施要求施用，全年灌溉追施次数与叶面喷施次数均不超过 10 次。

A.5 园林乔灌木

除北方受气温限制季节外，园林乔灌木全生育期内均可施用沼液生物降解液，根据田间墒情，采用开沟方式或者大水浇灌方式，每隔 15-20 天施用一次，根据沼液生物降解液有机质含量，每次亩用量 5-15 吨，全年灌溉追施次数不受限制。

表 A1 沼液生物降解液追施农林使用量要求

方式	有机质含量/ (g/L)	亩用量/ (吨/次)				
		大田粮食作物	蔬菜类作物	果树	茶园	园林乔灌木
基施	<20.0	10~20	10~20	—	—	—
	20.0~30.0	5~10	5~10	—	—	—
	≥30.0	3~5	3~5	—	—	—
追施	<20.0	5~10	3~6	7~10	8~12	12~15
	20.0~30.0	2~5	1~3	3~7	5~8	8~12
	≥30.0	0.5~2	0.5~1	2~3	3~5	5~8

附录 B

(规范性)

水溶性小分子有机质的测定方法

沼液生物降解液中水溶性小分子有机质的定量测定方法采用“HG/T 6082-2022 生物质腐植酸有机肥料”附录A水溶性小分子有机质含量的测定-重铬酸钾容量法的原理进行。其中，结果换算中，质量浓度的换算方法为：

待测液中水溶小分子有机质含量 ϕ 以质量浓度（g/L）表示，

$$\phi = 10 \times \omega \times \rho$$

式中：

ω ——试样中水溶小分子有机碳的质量分数,单位为百分率(%)

ρ ——液体试样的密度,单位为克每毫升（g/mL）

注：密度的测定按NY/T 887的规定执行，结果保留三位有效数字。

中国循环经济协会团体标准

《农林用沼液生物降解液使用技术规范》

（征求意见稿）

编制说明

2023 年 1 月 13 日

一、 工作简况

任务来源：企业技术服务

牵头单位：北京工商大学

协作单位：北京四良科技有限公司、中国环境科学研究院、维尔利环保科技集团股份有限公司、青岛汇君环境能源工程有限公司、北京中畜可为农业科技有限公司

主要起草人：贾璇、任忠秀、袁红利、于家伊、李鸣晓、闫占永、汤晓艳、戴辉、邢帆、牛希成、王雷、侯佳奇

二、工作主要过程

（一）前期准备

在队伍组建上，依托高校及研究院所强大的研究实力，对标准所需的技术指标及相关要求进行实验验证及编制工作。以北京工商大学为首、联合北京四良科技有限公司、中国环境科学研究院、维尔利环保科技集团股份有限公司、青岛汇君环境能源工程有限公司、北京中畜可为农业科技有限公司等单位开展标准编制工作。上述各单位通过明确的分工合作，有效地意见沟通机制以及资金和技术的交流互补，使本标准编制队伍可广纳所长，广览兼听，对高水平、高认可度的标准编制有着重要意义。

随着碳减排战略实施，沼液高值化利用和安全还田成为研究热点。相关标准方面，与本团标相关的标准有GB/T 25246 畜禽粪便还田技术规范、NY/T 1168 畜禽粪便无害化处理技术规范、NY/T 2596 沼肥和NY/T 2065 沼肥施用技术规范等，但现行的标准适用范围较

为广泛，分类不够明晰，有关沼液高值化处理与农用还田的相关标准缺失。关键技术研发方面，本标准主编单位北京工商大学长期开展沼液菌、酶协同高值化处理关键技术研发，从土壤原位功能微生物筛选、沼液菌酶高值化处理、沼液处理液长期田间试验三个方面开展研究，具有深厚的研发基础。工程应用方面，标准主编单位联合参编单位开展工程示范，在山东等省市连续3年开展田间试验，积累了丰富的工程应用经验。

综上，标准编制团队产学研用联合，在广泛调研、核心技术研发与工程应用方面均具有扎实的技术储备，能够保证标准编制工作的顺利开展。

（二）标准编制指导思想

本标准依据《中国循环经济协会标准管理办法（试行）》，遵循《中华人民共和国标准化法》、《中华人民共和国标准化法实施条例》、《团体标准管理规定（试行）》等国家法律法规相关规定，依据以下标准要求编制：

《标准化工作导则》（GB/T 1）

《标准化工作指南》（GB/T 20000）

《标准编写规则》（GB/T 20001）

《标准中特定内容的起草》（GB/T 20002）

《标准制定的特殊程序》（GB/T 20003）

《团体标准化》（GB/T 20004）

（三）标准起草编制过程

在本标准项目工作提出后，北京工商大学负责牵头，中国环境科学研究院、北京四良科技有限公司、维尔利环保科技集团股份有限公司、青岛汇君环境能源工程有限公司、北京中畜可为农业科技有限公司参与，成立了标准编制工作组，开展具体工作。标准编制工作组的主要工作过程如下：

2021.01-2021.12 明确标准编制方向与框架性内容；

2022.01-2022.02 形成标准草案，申请立项

2022.03-2022.10 成立标准编制组，开展标准编制工作

2022.11-2022.12 完成初步征求意见稿，通过中期评审会

2022.12-2023.01 形成标准送审稿，通过团体标准审查会；

2023.01-2023.02 形成标准报批稿，送审，发布。

三、确定中循协标准主要技术内容的论据

（一）标准架构

范围

规范性引用文件

术语和定义

原料要求

处理工艺

生物降解液指标要求

指标检测方法

农林还田使用技术要求

（二）范围

本文件规定了沼液经生物降解后在农林中安全使用的术语与定义、处理工艺、产品指标及农林使用技术要求。

本文件适用于畜禽粪污、农作物秸秆和厨余垃圾为主要原料的沼液贮存、预处理、生物降解和经生物降解后安全用于农林业的技术规范，以及安全使用过程中的使用原则和方法。

（三）术语和定义

1. 沼液 **Biogas slurry**

以畜禽粪污、农作物秸秆和厨余垃圾为主要原料，通过沼气工程充分厌氧发酵产生的液态发酵残余物。依据国标 GB/T 40750 农用沼液定义。

2. 生物降解液 **A liquid produced by biodegradation**

沼液中大分子有机物在有氧条件下被微生物或酶降解为水溶性小分子物质得到的液态产品。

3. 酶菌复合剂 **Enzyme-bacterial complexes**

用于沼液生物降解的微生物发酵制剂，包括可在有氧条件下降解沼液的有益微生物、酶类或酶菌混合液。

4. 水溶性小分子有机质 **Water-soluble small molecule organic matter**

用水提取后在提取液中呈离子态，分子平均粒径 650 nm 以下，可被植物直接吸收利用的有机化合物。

（四）总体要求

1. 外观为浅棕色、红棕色或暗红色液体，无恶臭气味。

2. 沼液生物降解液农林使用应符合表 1 的技术指标要求。

表 1 农林用沼液生物降解液技术指标要求

项目	指标
酸碱度 (pH值)	5.5~8.5
臭气排放浓度 (无量纲)	≤10
水不溶物/ (g/L)	≤50
有机质/ (g/L)	≤50
水溶性小分子有机质/ (g/L)	≥1
水溶性小分子有机质与有机质的质量浓度比/ (%)	≥30
总养分 (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O) / (g/L)	≥1

3. 指标检测方法

表 2 农林用沼液生物降解液指标检测方法

项目	检测方法
外观	目视、鼻嗅测定
有机质含量	NY/T 1976
水溶性小分子有机质含量	HG/T 6082
总氮、磷 (P ₂ O ₅)、钾(K ₂ O)含量	NY/T 1977
水分	GB/T 8576
酸碱度	NY/T 1973
粪大肠菌群数	GB/T 19524.1
蛔虫卵死亡率	GB/T 19524.2
有毒有害物质	NY/T 1978

4. 农林还田使用技术要求

沼液生物降解液可用于农林作物种子的浸种、苗木移栽前的泡苗，基肥和追肥等。

四、试验（验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

标准编制团队先后开展了沼液生物降解液产品制备工艺条件优化、产品外观及还田技术指标分析、产品农林应用试验等。

（一）试验验证分析

1. 沼液生物降解工艺参数筛选试验

1.1 实验设备

（1）三联5 L发酵罐

（2）气体检测仪

1.2 实验材料

（1）沼液选择规模化养猪场产生的水抛粪粪污水经黑膜厌氧发酵90天后制得。

（2）微生物菌剂由四良科技有限公司提供，关键技术指标为：

（3）糖蜜购自广西永湘贸易有限责任公司。

1.3 实验方法

每罐装废水4 L，除特别说明外，根据需要优化的参数：通气量、温度、菌剂添加量及糖蜜添加量设计多批次实验，具体研究成果如下。

1.4 沼液生物降解关键参数确定

调研相关文献后，我们推测通气量和菌剂是沼液处理的关键参数，通过设计3个处理组：只通气不加菌剂，只加菌剂不通气和加菌剂同时通气。

不同处理组沼液pH、有机质变化以及对植物促生效果如图1所示。图1a的结果表明是否添加菌剂对沼液的pH影响不大，而通气会导致沼液的pH值快速上升，最终稳定在8.5左右。有机质测定结果表明添加菌剂会让沼液的有机质含量下降的更为缓慢，这表明菌剂的添加有利于沼液有机质的保留（图1b）。盆栽结果表明，只有既添加菌剂又通气的条件下，才能增加沼液生物降解液的促生效果，可促进黄瓜幼苗的鲜重（图1c）、干重（图1d）和叶绿素含量（图1e）。

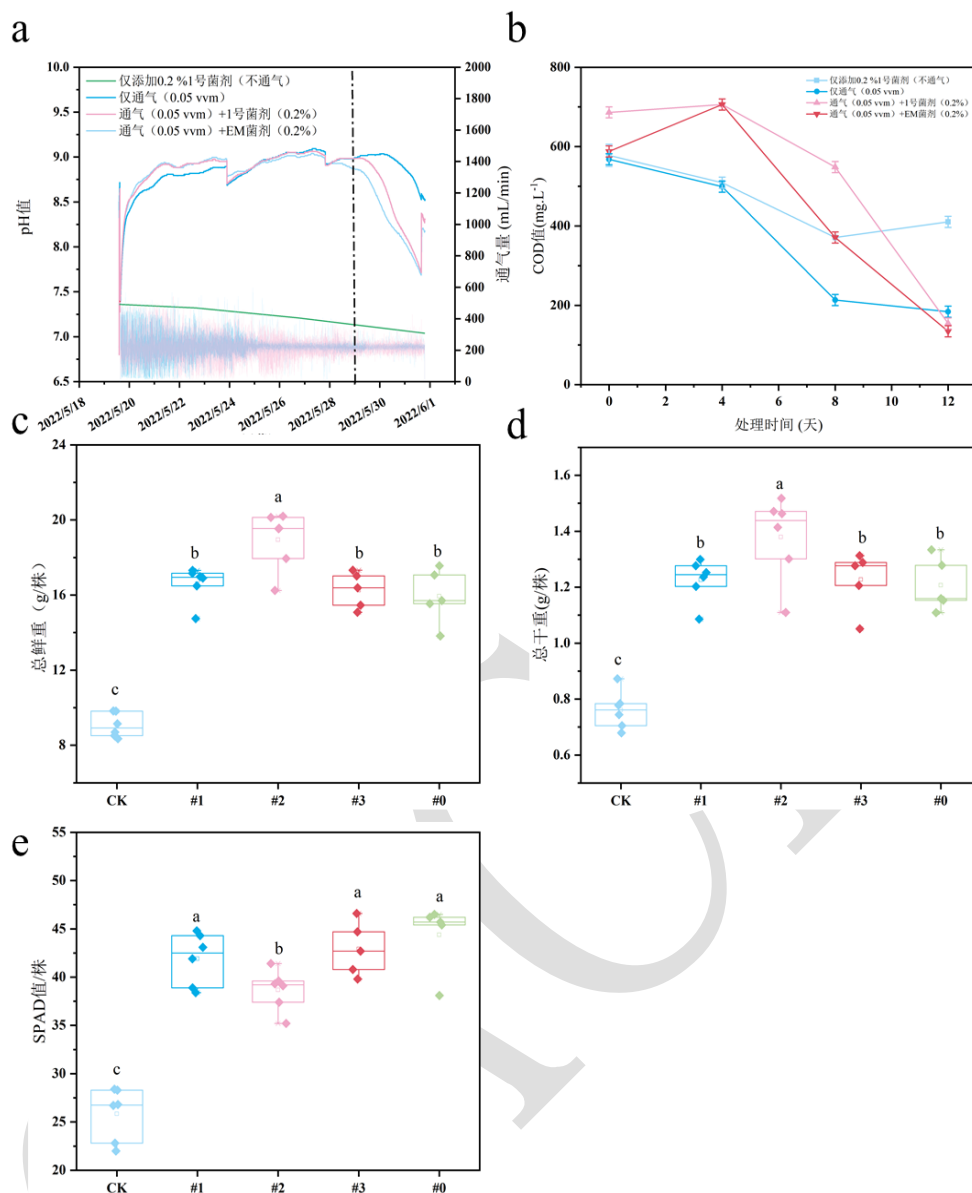


图1 沼液处理关键参数确认实验各处理组pH值和通气量变化(a)、总有机质含量(b)、及盆栽实验植物的鲜重(c) 干重 (d)和叶片SPAD值(e)统计结果

综合上述结果，通气以及添加菌剂对于沼液处理是必须的，两个条件同时满足才能够使沼液养分更好的转化。我们分析菌剂中的活性微生物发挥作用需要一定的氧气，而仅凭沼液中的原始微生物不能够将沼液分解成我们期望的终产品。因此我们后面将针对通气量、菌剂添加量、温度等几个关键因素进行最佳参数筛选。

1.5不同菌剂添加量对沼液酶解效果的研究

微生物是影响沼液转化效果的关键因素，微生物同时也是处理成本的主要因素之一，因此，摸索菌剂的最佳用量对于沼液的大规模生物降解转化有重要意义。我们设计了实验探寻最佳的菌剂添加量（表3），不同菌剂添加量处理过程中沼液pH、异味去除率（以氨气溢出浓度表示）、氨态氮、总磷及对植物促生效果如图2所示。

表3 菌剂接种量优化实验设计

处理组	#1	#2	#3
通气量（vvm）		0.02	
糖蜜添加量（%）		0.5	
菌剂添加量（%）	0.05	0.1	0.2

结果表明：菌剂的添加量对沼液生物降解过程终的pH值和氨气含量的影响不明显，各处理组无明显差异（图2a、b），pH值都是先快速上升至9左右，后期缓慢下降至8.5左右，各处理组氨气去除率无明显差异；随着菌剂用量从0增至0.2%，处理后的沼液氨氮和总磷含量降低（图2c、d），处理过程中沼液的有机质分子粒径由大分子转化成小分子的比例也随之增加（图3），水溶性小分子有机质占比不断提高（图2e，），说明菌剂可以将沼液中的水溶性大分子有机质降解为水溶性小分子有机质，并去除沼液中的氨和磷。植物盆栽实验表明随着菌剂添加量的增大，对黄瓜地上和地下部分的鲜重、干重和叶片叶绿素的（图2f、g、h）促生效果减弱，有机质含量降低的越多（图2e），菌剂添加量越大减弱的越多，可能是大量微生

物的快速生长消耗了沼液过多的有机质等营养物质导致的。

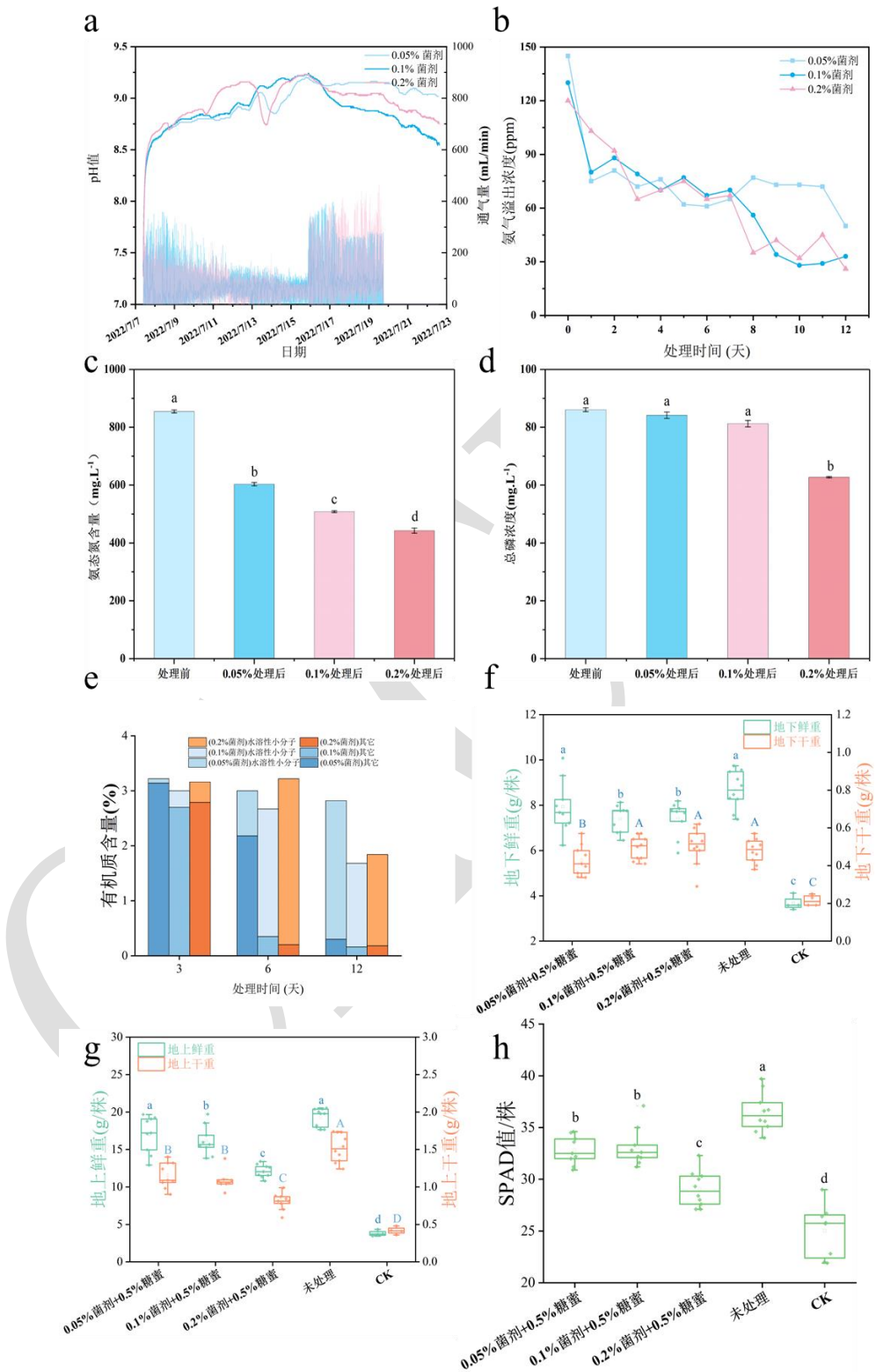


图2: 菌剂接种量优化实验各处理组pH和通气量(a)、溢出氨气浓度(b)、氨氮浓度(c)、总磷浓度(d)、有机质含量(e)及盆栽实验植物的地下部重量(f)、地上部重量(g)和叶片SPAD值(h)统计结果。

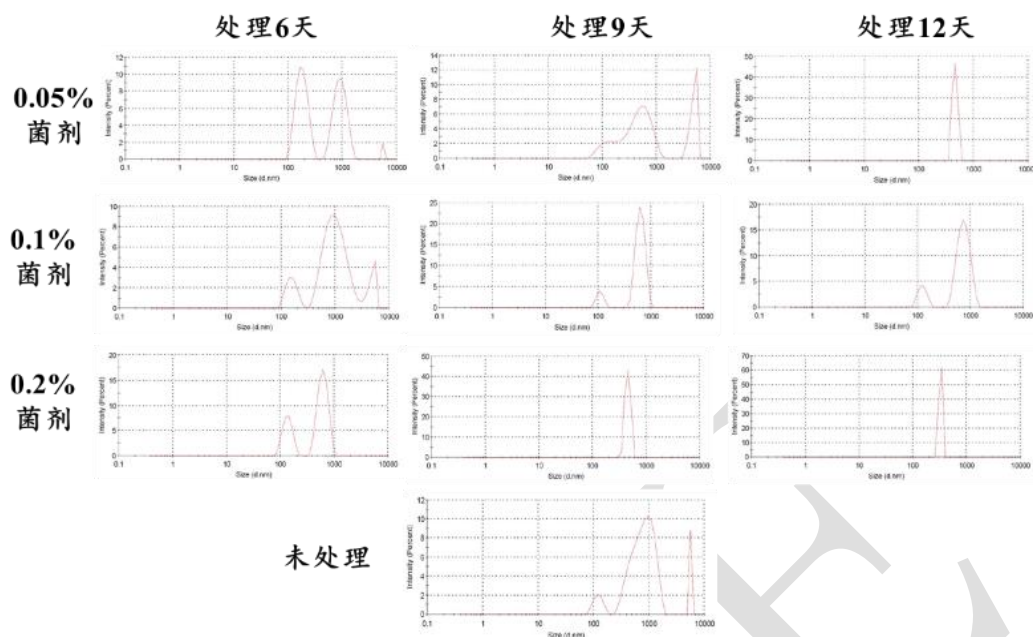


图3 菌剂接种量优化实验对照及各处理组第6天、9天和12天的粒径分布。

上述结果表明：菌剂添加量并非越大越好，过高的菌剂添加量会导致沼液有机物质的快速分解流失，同时也会让处理成本进一步提高，不利于沼液的转化。我们认为0.1%是较为合适的用量，在该用量下既能够沼液充分转化，也不会导致沼液有机物的过多分解消耗损失。

1.6 糖蜜与菌剂协同使用对沼液酶解效果的研究

糖蜜是一种营养丰富且价格低廉的营养物质，可以作为沼液处理过程中微生物繁殖的能量来源。为了进一步降低商品菌使用成本，通过添加糖蜜对菌剂的协同增效效果，进一步优化菌剂用量，降低成本，实验设计如表4。

表4 糖蜜接种量&菌剂接种量组合优化实验设计

处理组	#1	#2	#3
-----	----	----	----

通气量 (vvm)	0.02		
糖蜜添加量 (%)	1	0.75	0
菌剂添加量 (%)	0.06	0.1	0.2

不同处理的沼液pH、异味去除率（以氨气溢出浓度表示）、总磷含量、氨氮含量、有机质含量以及对植物促生效果如图4所示。图4a表明各处理组pH变化趋势差异较大，说明菌剂和糖蜜的添加量会对沼液的pH造成显著的影响，0.06%菌剂加1%的糖蜜处理组pH先迅速下降至5.，之后缓慢回升至8左右；0.1%菌剂加0.75%糖蜜的处理组pH则是缓缓下降，处理12天后下降至5.6。而不加糖蜜的处理组pH是呈现略微上升的趋势，由初始的7.6上升至7.9。我们分析可能是不同的糖蜜和菌剂添加的组合改变了沼液的营养成分比例。从而造成了沼液中微生物代谢的差异，最终造成pH变化的不同。而不同的处理对于沼液的氨气残余量（图5b）和总磷含量（图5c）影响不明显，但是添加了糖蜜的沼液氨氮含量明显高于不添加的（图5d），可能是糖蜜中存在较高的氨氮，添加糖蜜导致沼液的氨氮升高。盆栽实验的结果表明：添加糖蜜处理的沼液对黄瓜幼苗的促生效果更明显，幼苗的鲜重、干重和叶绿素含量（图5e、f、g）都比只加菌剂和未处理的显著更高，同时添加0.1%菌剂加0.75%糖蜜的处理组比不添加糖蜜的有机质分子粒径转化下降的更快（图5），这表明添加一定量的糖蜜的确能够促进沼液的转化。因此，我们认为0.1%菌剂加0.75%糖蜜的组合是比较合适的。

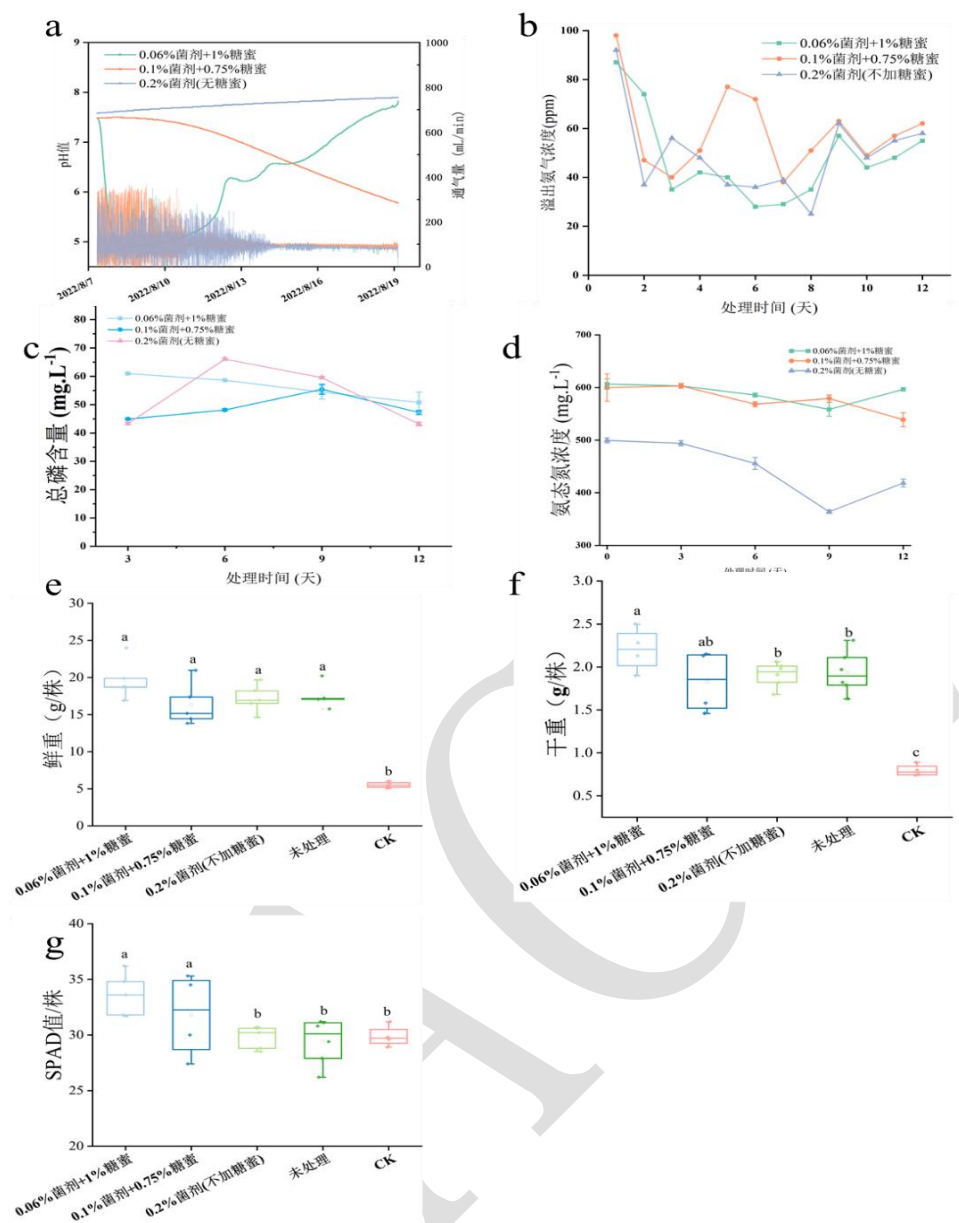


图4 糖蜜添加量和菌剂添加量的组合优化各处理组pH和通气量(a)、溢出氨气浓度(b)、总磷浓度(c)、氨氮浓度(d)及盆栽实验植物的鲜重(e)、干重(f)和叶片SPAD值(g)统计结果。

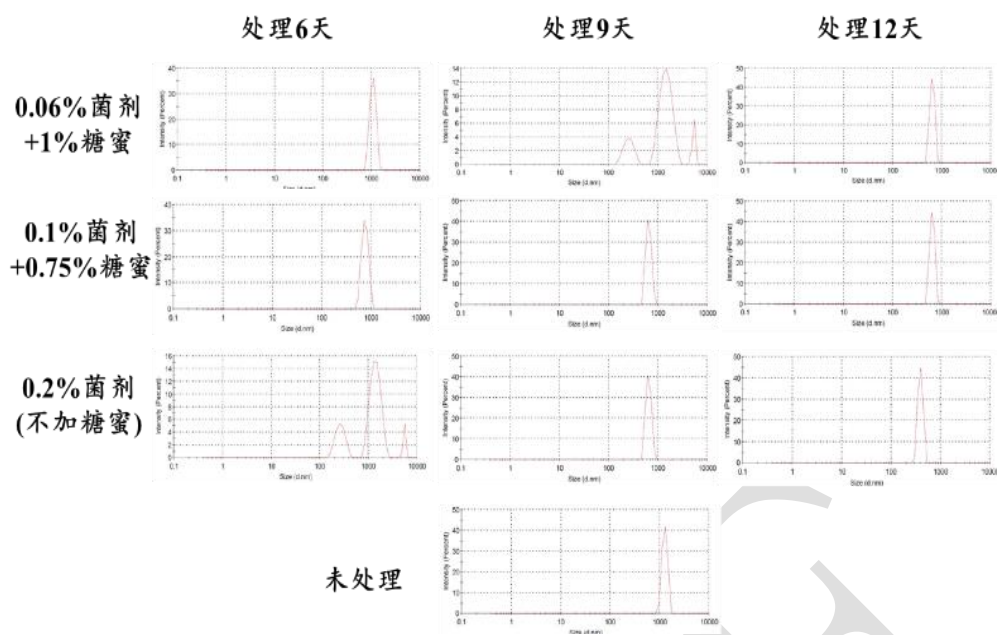


图5 糖蜜添加量和菌剂添加量的组合优化实验对照及各处理组第6天、9天和12天的粒径分布。

1.7 不同通气量对沼液生物降解效果的研究

通气量在沼液处理成本中占比较高，它会通过影响处理过程中沼液的溶氧量，影响沼液中微生物的生长和代谢，从而直接影响处理效果，并影响菌剂的使用量。因此，对通气量进行了参数筛选。通气量参数设置如表5。

表5 通气量大小优化实验设计

处理组	#1	#2	#3
通气量 (vvm)	0	0.01	0.05
糖蜜添加量 (%)		0	
菌剂添加量 (%)		0.2	

不同通气量处理过程中沼液pH、异味去除率（以氨气溢出浓度表示）、有机质变化以及对植物促生效果如图6所示。图6结果表明，通气量越大，沼液的pH值上升的越快，最终的pH值也越高，而不通

气的沼液pH值则从7.5缓缓下降至7.2（图6a）。通气量越大，处理12天后沼液残余的氨气也越低（图6b），说明通气量增大有利于氨气等异味的去除。总有机质测定结果如图6e所示，处理过程中总有机质呈现先下降后上升的趋势，而通气量为0.05 vvm的处理组沼液的最终残余有机质明显低于0.01 vvm，说明通气量过大会导致有机质被大量消解损失。处理后的沼液能显著提高辣椒的叶片叶绿素含量（图6e），但是各个沼液生物降解液对于辣椒幼苗的生物量没有促进作用的，原因可能是浇灌量过大(100 mL/株/天)（图6d、f）。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/957124035044006154>