

# 《有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术规程》

## 编制说明

### 一、工作简况

#### 1.1. 任务来源

本技术指南依托“沼渣基水热炭强化畜禽粪污厌氧消化关键技术与工程示范”项目开展实施，特制订此标准。

由喀什大学申请“有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术规程”团体标准的立项，根据《新疆维吾尔自治区生态环境保护产业协会团体标准管理办法（试行）》文件，编制《有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术规程》。

#### 1.2. 标准制定相关单位及人员

本文件起草单位：喀什大学、浙江工商大学、新疆大滋然生物科技有限公司、浙江科技大学

本文件主要起草人：何若、姜磊、张鑫、储意轩

#### 1.3. 主要工作过程

为保证本标准的制定质量，标准内容切实可行，标准实施后能有效指导厌氧消化沼渣生产复合肥料工作，标准起草组结合实际情况，经过广泛调研、综合分析、多次讨论研究和反复修改，起草编制完成《有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术规程》标准。主要开展工作情况如下：

##### （1）企业现场调研及资料收集

标准编制起草小组收集了国家、新疆自治区及相关企业等有关厌氧消化沼渣生产肥料的相关政策文件、技术文件、典型案例等材料。并对主要起草单位进行现场调研，主要围绕厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料主要技术内容、工艺流程等方面进行现场座谈调研、探讨。

##### （2）成立标准工作组

根据新疆自治区下达的团体标准《有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术规程》制订计划，成立了标准工作组，明确了有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料标准研制的重点方向。

### （3）召开立项论证会

组织召开《有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术规程》团体标准立项论证会。对厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料过程中技术要求、堆肥、复合微生物肥料制备及质量检测等方面内容加以论证和研讨，并提出了标准修改完善建议。

### （4）起草标准

2024年5月，根据相关材料，标准起草工作组经过查阅相关国际、国内国家标准以及相关省市的地方标准，经过技术调研、咨询、试验，编写完成了《有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术规程》。

## 二、编制意义与必要性

随着经济水平的提高和城市人口的扩张，全球有机固体废物产生量与日俱增，年产生量达到约 1050 亿 t，然而其有效处理率仅为 2%，大量的资源被浪费，并且加剧了温室气体的排放。厌氧消化技术因其在处理有机固体废物的同时能够产生沼气，具有良好的环境效益和经济效益，得到越来越广泛的应用。近 5 年，我国厌氧消化处理量从 788 万 t/a 激增至 1328 万 t/a；预计到 2030 年，沼气年产量将超过  $30 \times 10^{27} \text{ Nm}^3$ （产生的能源可替代约  $5 \times 10^3$  万 t 散煤的年消耗量）。然而，沼气工程的大规模发展也不可避免会制造出大量的废弃沼渣，这些沼渣不仅含水率高、体量大、易腐烂发臭，而且有机物含量高、微量元素丰富，若不加以妥善利用和处置，不仅会造成大量有机营养元素的流失，还会给环境带来二次污染。2021 年 5 月，国家发改委、住房城乡建设部印发了《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》，规划中明确提出：“要积极推动沼渣处置利用、建设沼渣资源化利用设施”。沼渣处理处置也是 2023 年《国家先进污染防治技术目录（固体废物和土壤污染防治领域）》中协同厌氧消化技术的关键一环。打通有机固体废物沼渣处理处置路径，对大中型沼气工程的可持续发展、解决有机固体废物的末端“梗阻”问题具有重要意义。

目前我国对厌氧消化沼渣的主流处理技术包括好氧堆肥制成有机肥料和干化后直接或协同焚烧填埋。好氧堆肥是指在有氧条件下，利用好氧微生物降解生物质废弃物，将其转化为有机肥的过程。该方法具有工艺简单成熟，减量化效果突出，堆肥产物施肥效率高等优点，就地处理也能够大大节省沼渣处理的运输成

本。将堆肥产品施用于贫瘠土壤，可起到优化土壤成分，改良土壤理化性质的效果。但由于厌氧消化物料和处理工艺不同，沼渣直接使用或腐熟成有机肥常常导致其中氮、磷、钾元素含量较低，肥效不足。此时直接施用于土壤，也只能对土壤起到改良的作用，不能满足农作物生长的需要。复合微生物肥料因其效果显著在近些年得到了广泛的关注，复合微生物肥料是以人畜粪便、厌氧消化沼渣、作物秸秆等为主要原料，采用发酵微生物菌群经好氧堆肥发酵后，测土配方增补作物需求氮、磷、钾添加无机肥和生物菌剂，以腐植酸和氨基酸为载体螯合、络合作制作的复混肥。复合微生物肥料的有机质含量高，其肥效长、后劲大，肥效可长达 200 天以上，不仅增加土壤有机质含量，改善土壤理化性状，活化被土壤固定的磷，钾等营养元素，而且因其添加了生物菌剂，含有活性很高的有益微生物群，施入土壤后可补充被破坏的有益微生物，协助土壤中微生态系列恢复正常，改善土壤质地，提高土壤肥力。同时肥料在发酵过程中会产生数种生物酶和大量的菌体蛋白，全价的氨基酸，这些都是分解矿质，释放多种元素和植物生长要素的不可缺少的物质，起到改良土壤的作用。实际上，复合微生物肥料是有机物和无机物及有益微生物的混合物，集有机、无机和微生物肥料优势于一体，既可满足作物对养分的要求，还能改善土壤肥力，提高作物品质，同时迎合肥料种类向有机化发展的需求，对促进农业固体废弃物的回收再利用，减轻生态环境的负担有很大帮助。

此外，与德国等发达国家相比，我国对厌氧消化沼渣肥料化应用的研究起步相对较晚。在德国，为了生产适合市场的堆肥产品和沼渣，德国成立了 2 个专门机构：BGK-堆肥产品质量保证机构（Federal Compost Quality Assurance Organisation of Germany）和 RAL-德国质量保证与认证研究院（Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V），建立了一系列法规与标准规范保证有机固体废物堆肥产品的质量与安全，从制度方面破解了末端资源化的梗阻问题，以保证产品的高质量。近年来，我国加强了固废领域的法规与政策的制定，对沼渣肥料化应用提出了进一步的要求。2022 年 8 月，为进一步规范畜禽养殖业污染防治和资源化再利用，有效防范化解生态环境风险，农业农村部办公厅和生态环境部办公厅联合印发《畜禽养殖场（户）粪污处理设施建设技术指南》的通知，通知中强调：沼气工程产生的沼渣还田利用或基质化利用的，宜通过堆肥方式进

行后续处理。2022年11月，农业农村部进一步印发《到2025年化肥减量化行动方案》，鼓励发展符合绿色环保、提质增效、降低成本的肥料。

厌氧消化沼渣生产生物复合肥技术是解决有机固体废物的末端“梗阻”的有效手段之一。但由于缺乏沼渣复合肥料利用标准与质量保证，市场上普遍存在产品质量良莠不齐的情况，常常伴随二次污染严重、物料出路不明等问题，导致了大量沼渣的资源浪费，既违背了环境治理的良好初衷，也扰乱了此类项目的市场环境，亟需出台《有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术指南》来统一市场标准、引导行业发展。

### 三、标准编制原则和依据

本标准的制定工作遵循“统一性、协调性、适用性、一致性、规范性”的原则，本着先进性、科学性、合理性和可操作性的原则，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。

#### （1）先进性

本标准的编制遵循先进性原则，结合国内国际复合微生物肥料实际应用情况、技术水平和行业发展及社会需求而制定，整体水平达国内领先水平。

#### （2）科学性

本标准的编制遵循科学性原则。在对复合微生物肥料相关标准做了充分的调研和分析基础上，参照了国内和国际相关最新标准，且对部分内容的验证进行分析。

#### （3）合理性原则

本标准中有关有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料技术要求指标的确定，在分析、引用和验证其它相关标准指标的同时，还充分考虑了目前现有的有机、无机和生物肥料实际情况、实际技术能力。

#### （4）可操作性

本标准的编制遵循可操作性原则，内容便于实施，标准的制定充分考虑了厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料的实际情况，在编制工作中充分征求了新疆自治区多家厌氧消化工程、肥料以及农业种植等相关企业及政府管理部门的意见，确保标准要求可以有效适用于行业与市场现状及发展需要。

标准编制参照相关法律、法规和标准规范的规定，在编制过程中着重考虑条

文的科学性、适用性和可操作性。

#### 四、主要条款的说明

本文规定了有机固废厌氧消化沼渣生产复合微生物肥料的基本要求、技术要求、堆肥、复合肥料制备及质量检测等内容。本文件适用于以厌氧消化沼渣为主要原料，利用微生物发酵工艺技术进行无害化处理，制备复合微生物肥料。

标准的起草和制定过程主要包括以下实验：

以有机固废厌氧消化沼渣为主要原料，通过加入塘泥、秸秆等辅料，经微生物发酵进行无害化处理，并添加适量有益微生物菌、无机化肥、腐殖酸或氨基酸，最后利用造粒机或直接掺混制备复合微生物肥料。在保证供应作物生长发育所需养分的同时，还能改善土壤肥力，提高作物品质，对促进农业固体废弃物的回收再利用，减轻生态环境的负担有很大帮助。本研究利用玉米盆栽试验的方便管理、容易调控、试验结果相对精确等优点，对复合微生物肥料的肥效效应进行研究。

室内培养试验：考虑到不同肥料施用可能存在差异，共设置 3 个实验处理组，分别是 CK（不施肥）、IF（施无机肥）和 CF（施复合微生物肥料）。试验采用盆栽试验，每盆装土量为 15 kg。每个处理重复 8 次，共 24 盆，随机排列。玉米种子播种后，经 25 d 定苗，115 d 后收获。将定苗时间作为取样起始时间点（0 d），随后每隔 9 d 取样测定相关项目，共 11 次取样，并分别于拔节期、大喇叭口期、成熟期采集土壤样品进行分析。

##### (1) 复合微生物肥料对玉米全生育期生理性状的影响

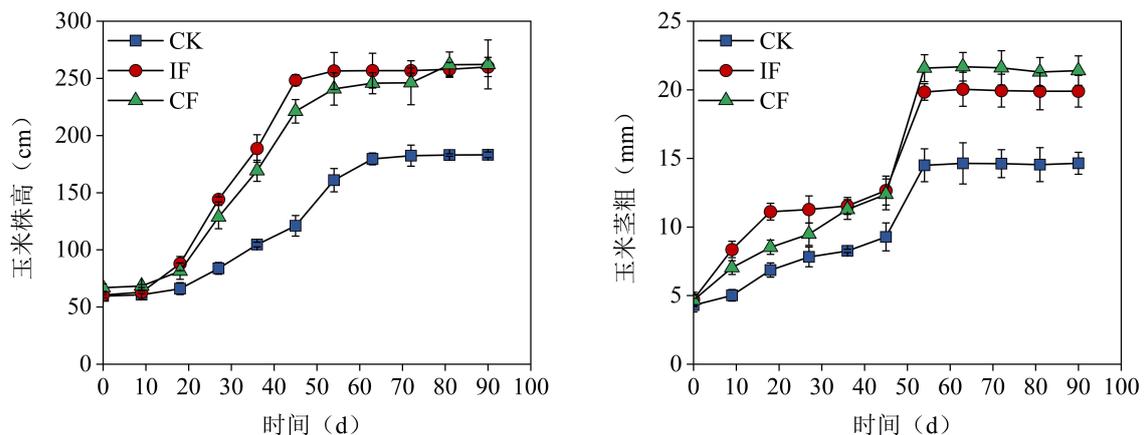


图 1 不同处理对全生育期玉米株高（左）和茎粗（右）的影响

由图 1 (a) 可知，定苗时，不同处理的玉米之间株高差较小，株高范围在

59.6~67 cm 之间。随后，玉米生长速度加快，同时各处理株高差异逐渐增大，54 d 后，各处理株高逐渐停止增长。此时，加入施无机肥的 IF 组最高，CF 次之，CK 最低。在 81 d 后 CF 处理开始超过 IF 处理，由于添加复合微生物肥料 CF 处理的长势较 IF 处理呈现先低后高的趋势。

玉米茎粗是衡量玉米长势优劣的重要指标之一，由图 1 (b) 可知在定苗时，各个处理的茎粗差异不大，在 0~18 d 玉米植株开始迅速生长，各处理之间的茎粗差异逐渐明显，CK 处理较其他处理增长相对缓慢，到 36 d，由于天气干燥等原因植株茎粗生长速度降低，从 45 d 开始各处理茎粗生长加快，到 54 d 左右停止生长。与玉米株高类似，在后期添加复合微生物肥料 CF 的长势要高于施无机肥。

### (2) 复合微生物肥料对玉米全生育期玉米产量构成的影响

表 1 不同处理对玉米产量构成的影响

处理	穗干重 (g)	籽粒重 (g)	籽粒数 (粒)	百粒重 (g)
CK	7.33 <sup>a</sup>	22.71 <sup>c</sup>	13 <sup>c</sup>	18.23 <sup>c</sup>
IF	77.89 <sup>b</sup>	250.44 <sup>b</sup>	231 <sup>b</sup>	28.7 <sup>a</sup>
CF	86.53 <sup>b</sup>	322.57 <sup>a</sup>	327 <sup>a</sup>	22.88 <sup>b</sup>

注：同列不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)

不同施肥处理对玉米籽粒重 (产量) 的影响较大，由于 CK 处理未施用肥料，籽粒重仅为 22.71 g，普通无机肥 IF 处理为 250.44 g，加入复合微生物肥料的 CF 籽粒重较 IF 处理提高 28.80%，达到 322.57 g。

由以上分析可以看出，施肥可以显著提高玉米产量，复合微生物肥料肥效要优于普通的无机肥，可以显著提高肥料利用率。

### (3) 复合微生物肥料对玉米全生育期土壤中微生物数量的影响

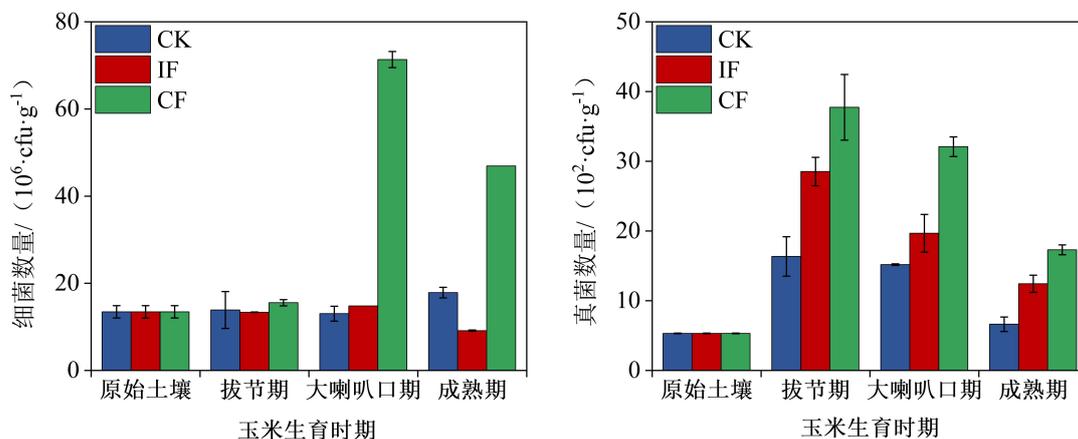


图 2 不同处理对玉米全生育期土壤中细菌数量（左）和真菌（右）的影响

由图 2 可知，复合微生物肥料的施用可以显著提高土壤中细菌和真菌的含量，CF 处理土壤的细菌含量较 IF 处理在玉米的拔节期，大喇叭口期和成熟期分别提高 16.31%、382.35%和 413.91%。对真菌而言，CF 处理较 IF 处理在玉米的拔节期，大喇叭口期和成熟期分别提高 32.28%、63.14%和 39.18%。

这些都表明，与普通化肥相比，复合微生物肥料的施用可以增加土壤中的微生物含量，进而对土壤中酶活性产生影响从而改变土壤中植物养分的转化和循环速率，最终提高农作物的产量。

## 五、技术经济分析论证和预期的经济效益

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《沼气工程沼液沼渣后处理技术规范》，厌氧消化产生的沼渣等对环境的污染，必须对沼渣进行无害化处理，达到无害化环境标准要求后才可排放，不符合国家标准或者地方规定标准的，或未经无害化处理直接向环境中排放的，将由县级以上地方人民政府环境保护主管部门责令限期治理，并依据排放量处以罚款。

有机固体废物经过厌氧发酵产生沼气后会产生一定量的沼液和沼渣，而沼渣中会含有大量的有机质、腐殖酸和氮、磷、钾等营养元素，还含有钙、钠、镁等常量元素和铁、锌、铜等一系列微量元素，将其施于土壤中可以改善土壤结构，有利于土壤微生物的活动，促进植物和农作物的生长和增产。但由于厌氧消化物料和处理工艺不同，沼渣直接使用或腐熟成有机肥常常导致其中氮、磷、钾元素含量较低，肥效不足。此时直接施用于土壤，也只能对土壤起到改良的作用，不能满足农作物生长的需要。厌氧消化沼渣是可利用资源，是数量庞大的资源宝库。如何正确处理厌氧消化沼渣，提高沼渣制肥肥效以实现资源的充分利用，是实现沼渣资源化利用，保护生态环境，推进生态文明建设的重要保障。

该标准制成的复合微生物肥料，其养分全面，有机质和微生物含量高，在贮存、运输和使用方面大为改善，其中主要生产物料为价格低廉易于获得的有机固废厌氧消化沼渣，辅料如塘泥、秸秆等在新疆地区极易获得（成本价格为免费，费用只包括装卸、运输等）。以有机固废厌氧消化沼渣为原料生产 1 吨复合微生物肥料的成本：沼渣 1.2 t（含水量 80%），辅料（塘泥、秸秆）0.85 kg、添加剂

（生物添加剂和化学添加剂）14 kg，结合电费、人工费和设备费，测算车间发酵生产1吨复合微生物肥料的成本约为250~300元。而一般固体复合微生物肥料售价在1000~1500元/吨左右，因此经济效益良好。标准制定单位之一的新疆大滋然生物科技有限公司，位于新疆喀什地区伽师县，该县农作物耕地面积359.1万亩，主要盛产棉花、小麦、玉米、安西茴香以及伽师瓜、杏、葡萄、酸梅等农产品，是全国粮棉生产基地和稀有果品生产基地。根据测算，每亩耕地需要复合微生物肥1t/年以上，仅该县每年需要复合微生物肥料359.1万t。因此大中型有机固废厌氧消化工程产生的沼渣制备复合微生物肥市场前景良好，并且随着市场经济的发展，有机绿色农产品将实行优质优价，这样对复合微生物肥的需求将会越来越大。本技术规程不仅可以促进我区实现厌氧消化沼渣的资源化利用，满足地方经济和农业生产需求，还可规范我区复合微生物肥料生产行业标准，促进我区肥料行业的健康发展，进而保证经济效益、社会效益和生态效益的协调统一。

## 六、重大意见分歧、处理过程及结果

无重大意见分歧。

## 七、采用国际标准和国外先进标准情况及与国际同类标准水平的

对比说明无。

## 八、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

（1）目前国内主要执行的标准

无

（2）本标准与相关法律、法规、规章、强制性标准相冲突情况

不存在与强制性标准相冲突的情况，也不存在标准低于相关国标、行标和地标等推荐性标准的情况。

（3）本标准引用了以下文件

NY/T 525 有机肥料

NY/T 1168 畜禽粪便无害化处理技术规范

NY/T 1847 微生物肥料生产菌株质量评价通用技术要求

NY/T 1109 微生物肥料生物安全通用技术准则

NY 884 生物有机肥

NY/T 798 复合微生物肥料

GB 20287 农用微生物菌剂

GB/T 18877 有机无机复混肥料

## 九、组织实施团体标准的具体措施

本标准实施发布后，应向全区进行宣传、贯彻，推荐沼气处理行业参照此项标准。建议加强组织领导，政府重视，通过政府农业主管部门、畜牧兽医局和质量监督部门，联合多部门单位协同发力，共同推进；加大政策扶持，对厌氧消化沼渣资源化利用项目给予支持；加强宣传和引导。

## 十、废止现行团体标准的建议

无。

## 十一、涉及的著作权、专利信息

本标准不涉及专利。

## 十二、重要内容的解释和其它应予说明的事项

无。