ICS 13.030.40

CCS Z 05

|  |
| --- |
|       |

NY

中华人民共和国农业行业标准

NY/T XXXXX—XXXX

|  |
| --- |
|       |

蔬菜废弃物低碳处理技术规范 第1部分：多原料联合堆肥技术

Technical specification for low carbon treatment of vegetable wastes—Part 1 multi-raw material composting technology

|  |
| --- |
|  |
| （本稿完成日期2025年4月30 日） |

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中华人民共和国农业农村部   发布

前  言

本文件按照GB/T1.1-2020《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。

NY/T\*\*《蔬菜废弃物低碳处理技术规范》分为以下部分：

——第1部分：多原料联合堆肥技术

……

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由农业农村部科学技术司提出。

本文件由农业农村部农业资源环境标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国农业大学、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、北京市农林科学院植物营养与资源环境研究所、湖北省农业科学院植保土肥研究所、北京市奥格尼克生物科技有限公司等。

本文件主要起草人：段娜、刘宏斌、薛文涛、丁国春、左强、李貌、张富林、陈添庚等。

蔬菜废弃物低碳处理技术规范 第1部分：多原料联合堆肥技术

1. 范围

本文件规定了以蔬菜废弃物为主的多原料联合堆肥的基本原则、基本要求、堆肥工艺、检测方法和堆肥产品质量要求。

本文件适用于蔬菜种植园区、合作社蔬菜废弃物的低碳堆肥处理。

1. 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 3095 环境空气质量标准

GB 14554 恶臭污染物排放标准

GB/T 19524.1 肥料中粪大肠菌群的测定

GB/T 19524.2 肥料中蛔虫卵死亡率的测定

GB 20287 农用微生物菌剂

GB/T 25169 畜禽粪便监测技术规范

NY/T 525 有机肥料

NY/T 3441 蔬菜废弃物高温堆肥无害化处理技术规程

NY/T 3442 畜禽粪便堆肥技术规范

1. 术语和定义

NY/T 3442界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

蔬菜废弃物 vegetable wastes

蔬菜生产、收获、加工和储运过程中，产生和去除的无商品价值部分。

联合堆肥 co-composting

在人工控制条件下（含水率、通风和碳氮比等），将蔬菜废弃物与其他有机物料按照一定比例进行好氧发酵，最终形成稳定腐殖质的过程。

膜堆肥 membrane-covered composting

在堆体上覆盖功能性膜材料，以强制通风为供氧方式的好氧堆肥工艺。

注：功能性膜材料主要由聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚酯（PET）、聚氨酯（PU）及生物可降解材料（如PLA）等制成透气防水膜、微孔薄膜、功能性复合膜、纳米纤维膜、可降解膜和智能控释膜等，透气性为1.5-6.5 m3/m2/h，透湿性≥6000 g/m2/24h。

低碳处理 low carbon treatment

堆肥过程中，通过前除杂、优化物料配比、添加促腐减排添加剂、调控曝气翻堆频率等措施来减少能耗、降低温室气体排放和减少碳氮损失。

1. 基本原则

因地制宜与经济可行

根据蔬菜种植园区的规模、种植结构、废弃物特性、周边原料的可获取性与资金投入能力，选择适宜且低成本的联合堆肥工艺。

循环利用与安全消纳

合理规划蔬菜废弃物和畜禽粪便等有机废物的处理规模，确保处理后的有机肥料符合NY/T 3442堆肥产物质量要求并优先用于园区内种植消纳，形成“废弃物-肥料-种植”闭环循环模式，减少外部化肥依赖，保障农业生产安全与生态健康。

低碳环保与可持续

在蔬菜废弃物处理过程中，采用低碳措施，减少温室气体排放，降低碳足迹；推动园区废弃物资源化利用，实现环境保护与农业生产的双重目标，推动园区绿色低碳发展。

1. 基本要求

原料要求

* + 1. 蔬菜废弃物应符合NY/T 3441中原料的要求。
		2. 辅料应易获取，符合NY/T 525中有机肥料生产原料适用类别。

场地要求

处理设施宜建在蔬菜种植园区内或附近，场地硬化处理，原料储存和发酵设施应具备防渗漏、防雨、防火和防风条件，成品储存区应干燥、通风和防雨。

1. 堆肥工艺

**工艺流程**

**蔬菜废弃物**

**粉碎**

**筛选**

**物料混合**

**好氧发酵**

**陈化**

**堆肥产物**

**辅料**

**添加剂**

**低碳措施**

**臭气处理**

**后除杂**

**前除杂**

**图1 蔬菜废弃物低碳处理联合堆肥工艺流程**

注：虚线表示可选步骤。

**原料预处理**

* + 1. 前除杂

蔬菜废弃物宜在收集过程中去除大部分绑绳、塑料薄膜、泥土等杂质。

* + 1. 粉碎

选择适宜的粉碎设备，蔬菜废弃物粉碎粒径宜控制在5 cm以下。

* + 1. 筛选

可采用滚筒筛进一步去除较大粒径的茎秆和薄膜等杂质。

**物料混合**

* + 1. 辅料

宜选择农作物秸秆类、畜禽粪便类等有机废弃物作为辅料，农作物秸秆粉碎粒径宜控制在5cm以下。

* + 1. 促腐减排添加剂选择
			1. 宜选择易获取且成本低的物理、化学、微生物添加剂中的一种或组合，在混料过程中均匀加入。
			2. 物理添加剂宜选择生物炭、黏土、沸石、膨润土和硅藻土等，添加量宜控制在5%～10%（干物质基础）。
			3. 化学添加剂宜选择过磷酸钙（磷超标地区慎用）、磷石膏、有机酸（如草酸、柠檬酸）、硝化抑制剂等，硝化抑制剂宜与过磷酸钙或磷石膏等联合使用。有机酸宜控制在0.1%~2.0%（干物质基础）、硝化抑制剂宜控制在0.1%~0.5%，其他添加量宜控制在5%~10%（干物质基础）。
			4. 微生物添加剂质量应符合GB20287标准，按每2m3~3m3粉碎物料添加1 kg微生物菌剂进行添加。
		2. 优化配比

将蔬菜废弃物、辅料和促腐减排添加剂混合均匀，调节含水率至55%~65%，碳氮比25:1~35:1。

**好氧发酵**

* + 1. 堆肥方式与要求
			1. 根据园区规模、经济情况、处理场地、蔬菜废弃物类型和产量等选择适宜的堆肥处理方式。
			2. 采用条垛式堆肥，物料混合后堆制成梯形或三角形，堆体宽度不宜小于2 m，高度宜在1.2 m-1.5 m。
			3. 采用槽式堆肥，发酵槽宽度根据处理规模和翻抛机参数确定，一般宽度为2 m~3.0 m，高度宜在1.5 m-2.0 m。
			4. 采用膜堆肥，堆体底部宽度宜在2-4 m，高度宜在1.2 m~1.5 m; 通风管道每间隔1.0-2.0 m设置一根管道。将功能膜覆盖在堆体上并进行密封。
			5. 采用反应器堆肥，反应器容积根据处理规模确定。
		2. 一次发酵
			1. 采用翻堆或通风保持通透性，氧气浓度不宜小于5%，强制通风流量宜为0.05 m3/min-0.2 m3/min（以每立方米物料为基准），通风时间不宜超过30 min/次，槽式和条垛式堆肥曝气间隔时间不宜超过2 h，膜堆肥和反应器堆肥曝气间隔时间不宜超过50 min。
			2. 通过调节堆体水分和通风，控制堆肥温度在55℃~65℃，条垛式和膜堆肥维持55℃以上时间不少于15 d， 槽式堆肥和膜堆肥不少于7 d，反应器堆肥不少于5 d。堆体温度高于65℃时，应通过翻堆、搅拌、曝气降低温度。
			3. 条垛式堆肥和槽式堆肥翻堆频率根据堆体温度变化确定，条垛式升温期宜2～3 d翻堆一次，高温期宜5-7 d翻堆一次，降温腐熟期宜7-10 d翻堆一次。槽式宜每天翻堆1次，反应器堆肥宜采用间歇搅拌方式。
		3. 二次发酵

工艺参数与条件控制参照NY/T 3441。

**臭气控制**

反应器堆肥和膜堆肥过程中产生的恶臭气体应进行有效收集，采用生物过滤等措施进行净化处理。槽式和条垛式堆肥可采用喷洒除臭菌剂和吸附剂辅助除臭。经处理后的恶臭气体浓度应符合GB 3095和GB 14554相关要求。

**低碳措施**

* + - 1. 宜采取优化物料配比、控制曝气和翻堆频率、添加促腐减排添加剂，确保堆体处于好氧状态，减少甲烷和氧化亚氮排放。
			2. 宜采取前除杂、缩短物料和堆肥产品输送距离、控制堆肥能耗，减少二氧化碳排放。

**后处理**

包括后除杂、堆肥储存，储存条件要求干燥、通风。堆肥成品制有机肥时，应符合NY/T 525。

1. 检测方法

**采样**

样品采集按照GB/T 25169中7.3.3的规定执行，标记按照GB/T 25169中7.5的规定执行，样品的制备和保存按照GB/T 25169中第9章的规定执行。

**检测**

* + 1. 温度

不同堆肥类型的温度检测参考NY/T 3442进行。配有温度传感器的可实时或定期监测堆体各部位的温度。无传感器的可采用接触式温度计测量堆体各部位的温度，每天在同一时间测定一次。

* + 1. 含水率和pH

按照NY/T 525的规定执行。

* + 1. 全氮和有机质

按照NY/T 525的规定执行。

* + 1. 种子发芽率

按照NY/T 525的规定执行。

* + 1. 重金属

按照NY/T1978的规定执行。

* + 1. 蛔虫卵死亡率

按照GB/T 19524.2的规定执行。

* + 1. 粪大肠杆菌

按照GB/T 19524.1的规定执行。

* + 1. 气体监测

按照附录B的规定进行氨气、甲烷、二氧化碳和氧化亚氮的测定。

1. 质量要求

堆肥产物应符合NY/T 525中4.2的要求。

1.

（资料性）

**蔬菜废弃物堆肥监测记录表**

蔬菜废弃物堆肥监测记录表内容和格式见A.1、A.2、A.3

**表A.1 堆肥数据及原料来源表 日期：**

|  |  |
| --- | --- |
| 园区名称 |  |
| 地址 |  省（市、自治区） 市（州、盟） 县（市、区、旗） 乡（镇、街道） 村（社区） |
| 堆肥方式 |  | 规模（立方米/吨） |  |
| 曝气量 |  | 曝气间隔 |  |
| 翻堆方式 |  | 翻堆频率 |  |
| 物料种类 | 运输距离（千米） | 运输方式 | 含水率（%） | 用量（吨） |
| 蔬菜废弃物1 |  |  |  |  |  |
| 蔬菜废弃物2 |  |  |  |  |  |
| 蔬菜废弃物3 |  |  |  |  |  |
| 蔬菜废弃物4 |  |  |  |  |  |
| 辅料1 |  |  |  |  |  |
| 辅料2 |  |  |  |  |  |
| 辅料3 |  |  |  |  |  |
| 添加剂1 |  |  |  |  |  |
| 添加剂2 |  |  |  |  |  |
| 添加剂3 |  |  |  |  |  |
| 总生产天数（天） |  | 一次发酵（天） |  | 二次发酵（天） |  |

**表A.2 样品采集记录表 日期：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 规模（立方米/吨） |  | 发酵天数 | 第 天 | 排气量（升/分钟） |  |
| 样品编号 | 采样时间 | 采样位置 | 采样量（千克/升） | 现场预处理情况 | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**记录人：\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 采样人：\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**表A.3 样品检测记录表 日期：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 |  | 检测值 | 样品编号 |  | 检测值 |
| 气体指标 | CH4，mg/kg |  | 气体指标 | CH4，mg/kg |  |
| CO2，g/kg |  | CO2，g/kg |  |
| N2O，mg/kg |  | N2O，mg/kg |  |
| NH3，mg/kg |  | NH3，mg/kg |  |
| 技术指标 | 有机质含量，% |  | 技术指标 | 有机质含量，% |  |
| 酸碱度（pH） |  | 酸碱度（pH） |  |
| 种子发芽率，% |  | 种子发芽率，% |  |
| 总养分，% |  | 总养分，% |  |
| 含水率，% |  | 含水率，% |  |
| 机械杂质含量，% |  | 机械杂质含量，% |  |
| 限量指标 | 总砷（AS），mg/kg |  | 限量指标 | 总砷（AS），mg/kg |  |
| 总砷（AS），mg/kg |  | 总砷（AS），mg/kg |  |
| 总砷（AS），mg/kg |  | 总砷（AS），mg/kg |  |
| 总砷（AS），mg/kg |  | 总砷（AS），mg/kg |  |
| 总砷（AS），mg/kg |  | 总砷（AS），mg/kg |  |
| 粪大肠杆菌数，个/g |  | 粪大肠杆菌数，个/g |  |
| 蛔虫卵死亡率，% |  | 蛔虫卵死亡率，% |  |
| 氯离子的质量分数，% |  | 氯离子的治理分数，% |  |
| 杂草种子活性，株/kg |  | 杂草种子活性，株/kg |  |
| 其他 |  |  |  |  |  |
| 其他 |  |  |  |  |  |

**记录人：\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 采样人：\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

（资料性）

**气体排放测定**

本文件方法中所用水应符合中三级水的规定。所列试剂，除注明外，均指分析纯试剂。本文件中所用的标准滴定溶液、标准溶液、试剂溶液和指示剂溶液，在未说明配制方法时，均按照HG/12843的规定配制。

**C.1 方法原理**

硼酸吸收法测定氨气是利用氨气通过与硼酸结合形成硼酸氨，以标准溶液硫酸（或盐酸）滴定使硼酸氨与硫酸（或盐酸）作用下分解，释放出氨气，并计算氨气的含量。气相色谱仪测定甲烷、二氧化碳和氧化亚氮是利用各种气体在固定相中的分配系数差异，在色谱柱内实现分离，随后由灵敏检测器对其浓度进行检测和定量。

**C.2试剂**

C.2.1硫酸（p=1.84 g/mL）。

C. 2.2硼酸溶液（2%，m/V）：称取20g硼酸溶于水中，稀释至1L。

C. 2.3混合指示剂：称取0.5 g溴甲酚绿和0.1g甲基红溶于100 mL，95%乙醇中。

D. 2.4 硼酸指示剂混合液：每50 mL 2%硼酸（D.1.2.4）溶液中加入3-5滴混合指示剂（C.1.2.5），

此溶液放置时间不宜过长。

C.2.5 硫酸c（1/2H2SO4），=0.1 mol/L）或盐酸c（H）=0.1 mol/L标准滴定溶液。

D.2.6 甲烷、氧化亚氮和二氧化碳标准气体（无定量）。

**C.3 仪器、设备**

C.3.1 实验室常用仪器设备

C.3.2 静态收集箱

C.3.3 1L以上气袋

C.3.4 真空采集管

C.3.5 气相色谱仪

**C.4 密闭场景中气体排放的测定方法**

**C.4.1氨气排放量测定方法**

每天量取2%的硼酸溶液至于密闭反应器排气口处（吸收时间视堆体的大小可进行调整），同时封闭其他的排气口，加入混合指示剂（C. 2.3），吸收饱和后，吸收瓶中液体由红色变成蓝色，记录吸收时间，然后用硫酸进行滴定（C.2.5），并进行换算。公式（1）如下：

 （1）

——累计单位质量内NH3的排放量（g/kg·DM-1）

i——第i天的排放量

j——实际堆肥的总天数（d）

V——滴定消耗的盐酸的量，如果是使用硫酸则还需要乘以2（mL）

c——硫酸/盐酸的浓度（mol/L）

m——堆体的初始干重（kg）

t——每天收集的时间（h）

24——每天对应的小时数

17——NH3的相对分子量

1000——L换算为mL的倍数

**C.4.2 甲烷、氨气和氧化亚氮排放量测定方法**

用注射器采集气体至于真空管并使用气相色谱仪测定气体浓度，并根据气体流速计算出CH4和N2O每天的排放量总计得出，累计排放量为每天的排放量之和。计算公式（2）如下：

 （2）

EM——单位质量内CO2、CH4和N2O的累积排放量（g/kg·DM-1）

i——第i天测得的排放量

Q——是通气量（m3/h）

b——气体的体积分数（ppm）

M——气体的相对分子质量（g/mol）

T0——环境温度（℃）

m——干物质的质量 （kg）

**C.5 开放式场景中气体排放的测定方法**

**C.5.1氨气排放量测定方法**

每天量取2%的硼酸溶液至于静态箱内，加入混合指示剂（C. 2.3），吸收饱和后，吸收瓶中液体由红色变成蓝色，记录吸收时间，用硫酸进行滴定（C.2.5），并进行换算，计算公式（3）如下：

 （3）

——累计单位质量内NH3的排放量（g/kg·DM）

i——第i天的排放量

j——实际堆肥的总天数（d）

V——滴定消耗的硫酸/盐酸的量，如果是使用硫酸则还需要乘以2（mL）

c——硫酸/盐酸的浓度（mol/L）

m——实静态监测箱内初始堆肥干重（kg）

t——每天收集的时间（h）

24——每天对应的小时数

17——NH3的相对分子量

1000——L换算为mL的倍数

**C.5.2 甲烷、氨气和氧化亚氮排放量测定方法**

静态密闭箱采集气体的基本工作原理是用已知容积和底面积的密闭箱体（由化学性质稳定的材料制成）将要测定的地表罩起来每隔一段时间抽取箱内气体进行目标气体浓度的测定。具体方法步骤如下：采气前将堆肥装置及静态箱放置于底座上，用水密封。将100 mL注射器与三通阀相连，进行气体样品采集，分别采集四个重复气体样品，重复样品采集时间间隔为15 min（可根据实际情况进行调整）。采集后样品使用容量为100 mL铝箔气体采样袋储存或注入玻璃真空管进行储存，然后使用气相色谱仪进行测定。

通过堆体下降的高度对堆肥箱内气体体积进行计算。公式（4）如下：

 （4）

V空——堆肥箱内气体体积

H——静态箱高度

R——静态箱半径

r——PVC桶底半径

r上——PVC桶内堆肥上层半径；

h——PVC桶高度；

h测为PVC桶内堆肥下降高度。

温室气体排放速率（Er）和排放通量（Ef）的计算公式（5）如下：

 （5）

∆C——在时间间隔∆t期间气体浓度的变化（ppm·min-1）

∆t——时间间隔（min）

V空——箱内气体体积（L）

M——相关气体的相对分子质量（CO2、CH4和N2O分别为44、16和44）

Vs ——标准温度和压力下1mol气体所占据的体积（22.4L）

P——大气压力（bar）

P0——标准压力（1.013 bar）

T——采样时间中箱内温度，以Kelvin表示

排放通量的计算公式（6）如下：

E𝑓 = （6）

W是堆肥材料的初始干物质质量（kg）。

温室气体的累积排放量（Ec）是用梯形积分法则计算，计算公式（7）如下：

 （7）

ta和tb是两次测量的时间，

Efta和Eftb是两次测量日期的气体排放通量。

累积的CH4、N2O排放量转换为CO2当量（CO2-eq）以计算全球增温潜势。

**附表 气相色谱仪建议运行参数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | CO2 | CH4 | N2O |
| 检测器类型 | 氢火焰离子检测器FID | 氢火焰离子检测器FID | 微电子捕获检测器μECD |
| 柱箱温度 | 70℃ | 70℃ | 70℃ |
| 进样口温度 | 常温 | 常温 | 常温 |
| 检测器温度 | 200℃ | 200℃ | 330℃ |
| 色谱柱长度(m) | 2 | 3 | 3 |
| 色谱柱直径（英寸） | 1/8 | 1/8 | 1/8 |
| 色谱柱填充物 | Porapak.Q填充柱 | Porapak.Q填充柱 | Porapak.Q填充柱 |
| 色谱柱填充物目数 | 80-100目 | 80-100目 | 80-100目 |
| 载气类型 | N2 | N2 | N2 |
| 载气流量（ml/min） | 20 | 25 | 25 |
| 燃气类型 | 氢气 | 氢气 | - |
| 燃气流速 | 40 | 40 | - |
| 助燃气类型 | 空气 | 空气 | - |
| 助燃气流速 | 400 | 400 | - |
| 标准品提供单位 | 国家标准计量中心 | 国家标准计量中心 | 国家标准计量中心 |
| 标准等级 | 国家一级标准物质 | 国家二级标准物质 | 国家一级标准物质 |
| 测定相对误差 | <1% | <1% | <1.5% |
|  |  |  |  |

注：样品中的CO2要先经过Ni催化剂在375℃下被H2还原为CH4后再FID检测。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_