

团体标准

生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术规范

编制说明

《生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术规范》小组

二〇二六年三月

目录

一、工作简况	1
二、标准编制原则和主要内容	3
三、主要试验和情况分析	10
四、标准中涉及专利的情况	10
五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用	10
六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	10
七、重大意见分歧的处理依据和结果	11
八、标准性质的建议说明	11
九、贯彻标准的要求和措施建议	11
十、废止现行相关标准的建议	11
十一、其他应予说明的事项	11

《生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术规范》 团体标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

香蕉枯萎病作为毁灭性土传病害，已成为制约我国及全球香蕉产业可持续发展的重大瓶颈，传统化学防治效果差、易污染环境，抗病品种选育周期长，单一绿色防控技术效果有限。近年来研究证实，生物炭可改良土壤、优化根际微生态、抑制病原菌，草莓酸作为化感物质能显著抑制尖孢镰刀菌古巴专化型，二者协同作用可形成增效防控效应，但目前缺乏统一、规范的应用技术标准，导致田间施用方法混乱、效果不稳定，制约了该绿色技术的规模化推广与产业化应用。

《生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术规范》旨在明确生物炭与草莓酸协同防控香蕉枯萎病的核心技术参数与操作流程，统一材料选型、施用剂量、时机、方法及配套田间管理要求，为生产提供科学、标准化的技术依据。通过规范应用技术，充分发挥协同防控效能，有效降低香蕉枯萎病发病率，减少化学农药依赖，保护土壤生态环境，稳定香蕉产量与品质，保障蕉农经济收益，推动香蕉产业绿色、健康、可持续发展。

（二）编制过程

为使本标准在生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用工作中起到规范信息化管理作用，标准起草工作组力求科学性、可操作性，以科学、谨慎的态度，在对我国现有生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用体系文件、模式基础上，经过综合分析、充分验证资料、反复讨论研究和修改，最终确定了本标准的主要内容。

标准起草工作组在标准起草期间主要开展工作情况如下：

1、项目立项及理论研究阶段

标准起草组成立伊始就对国内外生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术相关情况进行了深入的调查研究，同时广泛搜集相关标准和国外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，确定了生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术现存问题，结合现有实际应用经验，为标准起草奠定了基础。标准起草组进一步研究了生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术需要具备的技术条件，明确了技术要求和指标，为标准的具体起草指明了方向。

2、标准起草阶段

在理论研究基础上，起草组在标准编制过程中充分借鉴已有的理论研究和实践成果，基于我国市场行情，经过数次修订，形成了《生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术规范》标准草案。

3、标准征求意见阶段

形成标准草案之后，起草组召开了多次专家研讨会，从标准框架、标准起草等角度广泛征求多方意见，从理论完善和实践应用多方面提升标准的适用性和实用性。经过理论研究和方法验证，起草组形成了《生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术规范》（征求意见稿）。

（三）主要起草单位及起草人所做的工作

1、主要起草单位

中国长城绿化促进会、广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所等多家单位的专家成立了规范起草小组，开展标准的编制工作。

经工作组的不懈努力，在 2026 年 03 月，完成了标准征求意见稿的编写工作。

2、起草人所做工作

广泛收集相关资料。在广泛调研、查阅和研究国际标准、国家标准、行业标准的基础之上，形成本标准草案稿。

二、标准编制原则和主要内容

（一）标准编制原则

本标准依据相关行业标准，标准编制遵循“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的可操作性，本标准严格按照《标准化工作指南》和 GB/T 1.1《标准化工作导则第一部分：标准的结构和编写》的要求进行编制。标准文本的编排采用中国标准编写模板 TCS 2009 版进行排版，确保标准文本的规范性。

（二）标准主要技术内容

本标准征求意见稿包括 8 个部分，主要内容如下：

1 范围

本文件规定了生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病的术语和定义、材料要求、应用操作、田间管理、效果评价、安全与环保要求。

本文件适用于广西行政区域内 pH 6.0 以下酸性连作蕉园的土壤改良及香蕉枯萎病绿色防控。

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 2760- 2021 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准
- GB/T 19587- 2017 气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积
- GB/T 12496.7- 1999 木质活性炭 pH 值的测定方法
- GB/T 17664- 1999 木炭和木炭试验方法
- GB/T 23376 食品中农药残留测定 气相色谱- 质谱法
- NY/T 391- 2021 绿色食品 产地环境质量
- NY/T 496- 2020 肥料合理使用准则 通则
- NY/T 1109- 2020 土壤中总氮、磷、钾的测定
- NY/T 1848- 2010 土壤速效氮、磷、钾的测定
- NY/T 2336- 2013 土壤酶活性的测定方法
- NY/T 295- 1999 土壤阳离子交换量的测定
- NY/T 3021- 2016 土壤微生物数量的测定 稀释平板计数法

NY/T 1464 农药田间药效试验准则

NY/T 2161 香蕉枯萎病防治技术规范

DB45/T 2289- 2021 抗（耐）枯萎病香蕉品种生产技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

香蕉茎叶生物炭 banana stem and leaf biochar

以无病斑、无病原菌的香蕉茎叶废弃物为原料，经500℃厌氧限温控速炭化2 h制得，用于改良蕉园土壤理化性质、调控土壤微生物群落结构的富碳固态物质。

3.2

草莓酸 strawberry acid (SA)

韭菜化感物质 2-甲基-2-戊烯醛的衍生物，分子式为 C₆H₁₀O₂，无色透明液体，用于抑制尖孢镰刀菌菌丝生长和孢子繁殖的化感物质。

3.3

协同缓解效应 synergistic mitigation effect

生物炭改良土壤环境与草莓酸直接抑菌的联合作用，通过改善土壤理化性质、提高土壤酶活性、优化微生物群落结构，实现对香蕉枯萎病的防控效果优于单一材料应用。

3.4

病情指数 disease index

综合反映香蕉枯萎病发病程度的量化指标。

3.5

防病效果 disease prevention effect

通过生物炭与草莓酸协同处理后，香蕉枯萎病病情指数降低的百分比。

4 材料要求

4.1 香蕉茎叶生物炭

4.1.1 理化指标

香蕉茎叶生物炭的理化指标应符合表 1 规定。

表 1 香蕉茎叶生物炭理化指标

项目名称	指标	试验方法
pH	10.0~10.5	GB/T 12496.7
比表面积	≥ 80.0 m ² ·g ⁻¹	GB/T 19587
阳离子交换量	≥ 48.0 cmol·kg ⁻¹	NY/T 295
碳含量	≥ 460.0 g·kg ⁻¹	元素分析仪法

项目名称	指标	试验方法
钾含量	$\geq 42.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$	等离子体发射光谱法
粗灰分	$\leq 19.5\%$	GB/T 17664
粒径	$\leq 0.25 \text{ mm}$	

4.1.2 安全要求

重金属含量应符合 NY/T 391-2021 中产地环境质量的限值规定，无明显机械杂质、无霉变、无异味。

4.1.3 储存要求

密封储存于干燥、通风、避雨的仓库，防止受潮、结块，储存有效期 ≥ 6 个月，开封后1个月内用完。

4.2 草莓酸

4.2.1 理化指标

草莓酸的理化指标应符合表2规定。

表2 草莓酸的理化指标

项目名称	指标	试验方法
纯度	$\geq 98\%$	高效液相色谱法
外观	无色透明液体，无沉淀、分层、异味	目测
挥发性（25℃，24 h）	$\leq 5\%$	重量法
水溶性（25℃）	$\geq 100 \text{ g/L}$	容量法

4.2.2 制备要求

草莓酸在使用前应按下列要求进行配制与稀释。

- a) 可添加 $\leq 5\%$ 食品级丙二醇作为稳定剂；
- b) 母液浓度为 $10 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ ，采用无菌水或去离子水配制，现配现用；
- c) 稀释后工作液应在24 h内用完。

4.3 辅助材料

4.3.1 稀释剂

采用无菌水或去离子水，pH值5.0 ~ 7.0，无病原菌、无重金属污染。

4.3.2 器具

施用与计量器具应符合下列规定。

- a) 计量秤精度 $\leq 0.1 \text{ kg}$ ，移液管精度 $\leq 0.1 \text{ mL}$ ；
- b) 灌根器、喷雾器出液量误差 $\leq \pm 5\%$ ；

c) 器具使用前经 121 °C、30 min 灭菌或 75% 酒精消毒。

5 应用操作

5.1 应用时期

应用分为土壤预处理期与田间灌根期两个阶段，具体时间节点如下。

- a) 土壤预处理期：香蕉幼苗移栽前 30 d，施用生物炭进行土壤改良；
- b) 田间施用期：移栽后 3 d 内首次灌根；发病初期可补施。

5.2 材料预处理

5.2.1 生物炭

生物炭预处理应按下列要求执行。

- a) 使用前粉碎，过 0.25 mm 标准筛；
- b) 土壤含水量低于田间持水量 60% 时，按质量比 1: 0.5 加水预湿润，搅拌均匀备用。

5.2.2 草莓酸

按 4.2.2 制备母液，根据田间施用需求，稀释至终浓度 600 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ，搅拌均匀后密封，置于阴凉处暂存。

5.3 施用量与施用比例

按蕉园 20 cm 土层土壤质量的 3% 施用，不同土壤类型每公顷施用量换算公式：

施用量 (t/hm^2) = 3% \times 土壤容重 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) \times 土层厚度 (cm) \times 10⁴

折合参考值：砂壤土 6 067.5 t/hm^2 、轻黏壤土 75 t/hm^2 ~ 82.5 t/hm^2 。

5.3.1 生物炭施用量

生物炭施用量按土层质量比例计算，具体要求如下：

- a) 施用量为 0 cm ~ 20 cm 土层土壤质量的 3%；
- b) 施用量计算公式：

施用量 (t/hm^2) = 3% \times 土壤容重 \times 土层厚度 \times 10⁴

- c) 推荐用量：轻黏壤土 75.0 t/hm^2 ~ 82.5 t/hm^2 。

5.3.2 草莓酸施用量

5.3.2.1 常规施用

土壤施用终浓度为 600 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ，每株香蕉幼苗单次灌根量 500 mL。

5.3.2.2 补施

发病初期补施浓度仍为 $600 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ，每株灌根 300 mL，间隔 7 d 施 1 次，连续 2 次。

5.3.3 协同比例

香蕉茎叶生物炭（3%土壤质量比）+草莓酸（终浓度 $600 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ）为最佳协同应用比例。

5.4 施用方法

5.4.1 生物炭施用

生物炭应按下列方式施用。

- a) 平地蕉园：撒施后深耕 20 cm，混匀后灌溉；
- b) 坡地蕉园（坡度 $\leq 15^\circ$ ）：等高开沟 20 cm 深、30 cm 宽，施入后覆土灌溉，熟化 30 d。

5.4.2 草莓酸施用

5.4.2.1 采用灌根法，将稀释至终浓度的草莓酸溶液，通过灌根器缓慢浇灌于香蕉幼苗根围 20 cm ~ 30 cm 范围内，渗透至 20 cm 土层；灌根后用细土覆盖厚度 2 cm ~ 3 cm，减少挥发。

5.4.2.2 首次灌根后，每隔 4 d 灌根 1 次，连续施用 3 次为 1 个常规施用周期。

5.4.3 协同操作流程

协同防控应按下列流程执行：

生物炭预处理 → 撒施/开沟施 → 深耕混匀 → 灌溉 → 熟化 30 d → 移栽 → 草莓酸灌根（3 次）→ 发病初期补施 → 常规田间管理。

6 田间管理

6.1 灌溉

协同处理后保持土壤含水量稳定在田间持水量的 60% ~ 70%，采用滴灌、沟灌方式，避免大水漫灌；草莓酸施用后 72 h 内，若遇降雨，雨后及时补施一次等量草莓酸溶液（每株 500 mL，常规施用）或 300 mL（补施），防止药剂流失。

6.2 施肥

生物炭施用后 30 d 内不施用铵态氮肥，后续施肥按 DB45/T 2289-2021 和 NY/T 496-2020 的规定执行，优先施用有机肥、缓控释肥，减少化肥用量，避免土壤酸化加剧。

6.3 杂草防治

采用人工除草或机械除草，及时清除蕉园杂草，避免杂草与香蕉植株争夺养分；禁止使用对土壤微生物有抑制作用的除草剂。

6.4 病虫害防治

遵循预防为主、综合防治原则，按 DB45/T 2289-2021 的规定进行香蕉其他病虫害防治；禁止使用广谱性杀菌剂，避免破坏土壤微生物群落结构。

6.5 植株管护

及时摘除病叶、黄叶并带出园外集中处理；严重病株拔除后，病穴撒生石灰 500 g 消毒。

6.6 轮作配套

采用香蕉与韭菜、大豆轮作（轮作周期 2 年~3 年），增强协同防控效果。

7 效果评价

7.1 评价时期

分别在协同处理后 6 个月、12 个月进行两次评价，以 12 个月评价结果为最终评价依据。

7.2 采样方法

7.2.1 土壤样品

每块蕉园设 3 个重复小区，每小区面积 $\geq 200 \text{ m}^2$ ，采用五点取样法，采集 0 cm ~ 20 cm 根围土壤。

7.2.2 植株样品

在采样对应的香蕉植株中，每个重复小区随机选取 30 株，共计 90 株，用于调查香蕉枯萎病发病情况。

7.3 评价标准

7.3.1 防控效果指数计算

按式(1)计算生物炭与草莓酸协同防控香蕉枯萎病的防控效果指数。

$$E = \frac{D_s}{D_h} \times \frac{Y_p}{Y_p + Y_b} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

E——防控效果指数（%）；

D_s ——处理组香蕉枯萎病发病率抑制率（%）；

D_h ——对照处理的香蕉枯萎病发病率抑制率（%）；

Y_p ——香蕉优良产量（kg/h m^2 ）；

Y_b ——香蕉植株发病相关生物量（kg/h m^2 ）。

7.3.2 防控效果分级

香蕉枯萎病防控效果根据防控效果指数（E）划分为4个等级，分级标准见表3。

表3 生物炭与草莓酸协同防控香蕉枯萎病效果分级

项目	防控效果指数	防控分级
防控效果指数，E	$E \geq 80$	优效防控
	$60 \leq E \leq 80$	良效防控
	$40 \leq E \leq 60$	中效防控
	$E < 40$	低效防控

7.3.3 评价规则

蕉枯萎病防控效果评价规则按以下要求进行：

- a) 单地块/单一品种：采用算术平均值分级；
- b) 多地块/多品种：按种植面积加权平均后分级；
- c) 加权平均防控效果指数计算公式见式（2）：

$$\bar{E} = \sum_{i=1}^n (E_i \times A_i) / \sum_{i=1}^n A_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- \bar{E} ，加权平均防控效果指数（%）；
- E_i ，第*i*个试验地块/品种的防控效果指数（%）；
- A_i ，第*i*个试验地块/品种的种植面积（h m²）；
- n*，试验地块 / 品种的数量。

8 安全与环保要求

8.1 安全操作

8.1.1 人员防护

操作人员接触草莓酸时，应佩戴橡胶手套、医用口罩、护目镜，穿长袖工作服和胶鞋；避免草莓酸直接接触皮肤、黏膜和呼吸道，若不慎接触，立即用大量清水冲洗接触部位，出现不适症状及时就医。

8.1.2 器具使用

施用器具专用，使用用清水冲洗干净，晾干后妥善存放；禁止用盛放草莓酸的器具盛放饮用水、食品等。

8.1.3 材料储存

生物炭按4.1.3执行；草莓酸密封储存于25℃以下阴凉避光环境，远离火源、热源，与食品、饲料、化肥等分开存放，储存区域设置警示标识。

8.2 环保要求

8.2.1 材料施用

- 8.2.1.1 生物炭施用时应避免扬尘，剩余生物炭密封保存。
- 8.2.1.2 草莓酸施用时应均匀浇灌，防止药剂流入周边水体、农田，造成污染。
- 8.2.1.3 制备生物炭的香蕉茎叶需无病斑、无病原菌，废弃香蕉茎叶应全部制备为生物炭就地还田，实现农业废弃物资源化利用。

8.2.2 废弃物处理

- 8.2.2.1 生物炭包装材料、草莓酸容器等分类回收。
- 8.2.2.2 实验废弃土壤、病株残体经高温灭菌或生石灰消毒后，深埋处理（深埋深度 ≥ 50 cm）。

8.2.3 污染防控

蕉园周边设置排水沟和生态缓冲带，防止灌溉水、雨水携带药剂和病原菌污染周边环境；禁止在饮用水源地附近清洗施用器具和处理剩余材料。

8.2.4 安全间隔期

香蕉采收前 15 d 内禁止施用草莓酸。

三、主要试验和情况分析

结合国内外的生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术要求规定和试验验证。

四、标准中涉及专利的情况

无

五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况

《生物炭与草莓酸协同缓解香蕉枯萎病应用技术规范》团体标准的实施，将通过生物炭与草莓酸协同增效的绿色防控技术，显著降低香蕉枯萎病发病率、稳定产量与品质，减少化学农药与化肥投入，直接提升蕉园经济效益与农户收益；同时可改良土壤结构、优化根际微生态、提升土壤酶活性、促进固碳减排，实现生态环境保护与农业可持续发展，并为香蕉产业提供标准化绿色防控方案，推动产业绿色转型、增强市场竞争力、保障产业链安全稳定，助力我国香蕉产业高质量、可持续发展。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与现行法律、法规和强制性标准没有冲突。

七、重大意见分歧的处理依据和结果

标准制定过程中，未出现重大意见分歧。

八、标准性质的建议说明

本标准为团体标准，供社会各界自愿使用。

九、贯彻标准的要求和措施建议

无。

十、废止现行相关标准的建议

本标准为首次发布。

十一、其他应予说明的事项

无。