

中华人民共和国国家标准

农用微生物菌剂

Microbial inoculants in agriculture

编制说明

（征求意见稿）

《农用微生物菌剂》标准起草组

2026 年 08 月 10 日

# 《农用微生物菌剂》国家标准

## 编制说明（征求意见稿）

**起草单位：** 农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验测试中心、  
中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

**负责人：** 姜昕

**联系电话：** 010-82107077, 13801307102

**邮箱：** [jiangxin@caas.cn](mailto:jiangxin@caas.cn)

### 一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等；

#### （一）任务来源

本标准由中华人民共和国农业农村部提出，经国家标准化管理委员会批准，正式列入2014年第二批推荐性国家标准计划（国标委发〔2014〕89号），计划号为20141782-Q-326，下达任务为农业部微生物肥料和食用菌菌种质量监督检验测试中心/中国农业科学院农业资源与农业区划研究所牵头制修订《农用微生物菌剂》国家推荐性标准。

#### （二）制定背景

农用微生物菌剂作为一种新型农业投入品，其功能不仅限于提供植物养分，还包括促进作物生长、改善农产品品质、改良土壤结构、恢复土壤地力、调节根际微生物区系平衡以及降解环境中有毒有害物质等多重作用。近年来，在国家生物产业政策的大力推动下，农用微生物菌剂的研发与应用进展迅速，菌种资源不断丰富，剂型设计日趋多样，新技术与新工艺持续涌现，使得原有标准在适应技术创新与产品多样化方面显现出一定的滞后性。

同时，现有标准在长期实施过程中也反映出若干不完善之处：包括术语定义有待补充，菌根真菌及藻类产品类别尚需纳入，有效活菌数、pH值范围、纤维素酶活、水分含量等技术指标需结合实际进行优化调整。此外，为进一步增强标准的可操作性，有必要对抽样方法与标识要求作出更细化的规定，并删减测试方法中重复的内容，以提升标准的科学性与适用性。安全指标的更新亦为本次修订的重点，以适应行业发展与监管需求。

### （三）主要起草单位

农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验检测中心、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。

### （四）编写人员与分工

标准修订主要由农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验检测中心、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所等单位的人员参与资料收集、文本完成、市场调研、实验室比对、数据处理等工作。

表 1. 主要起草人员信息及任务分工

| 姓名  | 单位                                               | 职称    | 专业特长及分工            |
|-----|--------------------------------------------------|-------|--------------------|
| 姜昕  | 农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验检测中心、<br>中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 | 研究员   | 统筹标准制定全过程，负责标准文本起草 |
| 马鸣超 |                                                  | 副研究员  | 负责技术指标的确定          |
| 李俊  |                                                  | 研究员   | 负责技术指标的确定          |
| 王鹏辉 |                                                  | 助理研究员 | 负责技术指标的确定          |
| 曹凤明 |                                                  | 副研究员  | 负责微生物参数检测方法的验证确认   |
| 朱玲玲 |                                                  | 高级农艺师 | 负责菌根产品检测方法的验证确认    |
| 闫晶晶 |                                                  | 助理研究员 | 负责技术指标的确定          |
| 杨小红 |                                                  | 副研究员  | 负责藻类检测方法的验证确认      |
| 陈慧君 |                                                  | 助理研究员 | 负责有机质参数检测方法的验证确认   |
| 关大伟 |                                                  | 副研究员  | 负责理化参数检测方法的验证确认    |
| 李力  |                                                  | 副研究员  | 负责重金属参数检测方法的验证确认   |
| 沈德龙 |                                                  | 研究员   | 负责技术指标的确定          |
| 赵海洲 |                                                  | 助理研究员 | 负责藻类检测方法的验证确认      |
| 牛敬雯 |                                                  | 助理研究员 | 负责菌根产品检测方法的验证确认    |
| 王雪  |                                                  | 助理研究员 | 负责藻类检测方法的验证确认      |
| 王佳馨 |                                                  | 助理研究员 | 负责菌根产品检测方法的验证确认    |
| 季洪伟 |                                                  | 中级农艺师 | 负责重金属参数检测方法的验证确认   |

|     |  |       |                  |
|-----|--|-------|------------------|
| 贾聪  |  | 中级农艺师 | 负责重金属参数检测方法的验证确认 |
| 田曜榛 |  | 助理研究员 | 负责重金属参数检测方法的验证确认 |
| 毛聪琳 |  | 助理研究员 | 负责重金属参数检测方法的验证确认 |
| 刘孝颖 |  | 助理研究员 | 负责技术指标的确定        |

### （五）起草过程

标准的修订过程如下：

2014 年-2024 年：制定具体工作实施方案，开展市场调研、方法研究和资料收集整理。

2025 年-2026 年：开展技术参数、指标、方法、程序、评价要求等验证工作。

2026 年 01-08 月：完成标准征求意见稿。

## 二、标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订行业标准时，还包括修订前后技术内容的对比

### （一）标准的编写原则

本标准修订时原标准的整体框架不变，对引用标准、技术指标和检测方法等已不适应现有实际要求的部分内容，在充分调研、查新和新方法验证的保证前提下，进行科学、严谨的修订。

### （二）提出本标准主要内容的依据

原标准《农用微生物菌剂》规定了农用微生物菌剂（即微生物接种剂）的术语和定义、产品分类、要求、试验方法、检验规则、包装、标识、运输和贮存。

结合近年来农用微生物菌剂产品在生产工艺、产品性能、市场监督管控方面的实际情况以及行业实际应用反馈，对标准中部分关键技术指标作出如下调整：一是结合产品生产和实际应用，删除了原标准细度要求，调整了酸碱度（pH）范围，统一了颗粒和粉末剂型产品的有效活菌数；二是响应国家加强农业投入品安全管理的政策导向及国家标准限定要求，调整了四种重金属元素的限量指标；三是为扩大标准适用范围，提升适用性，新增内生菌根真菌菌剂和藻类菌剂两类新型产品，并结合生产工艺、市场需求等制定相应技术指标及测定方法；四是完善菌种相关要求，适配当前菌种资源科学管理与应用实际；五是进

一步统一规范结果判定、包装标识等内容，提高标准的可操作性与执行一致性。具体修订如下：

#### （1）增加了部分术语和定义

原标准中给出了农用微生物肥料的术语和定义。考虑到该类产品中有效菌、有效活菌数、杂菌、杂菌数和杂菌率均为重要的技术指标，为便于查阅，参考 NY/T 1113-2006，新增有效菌、有效活菌数、杂菌、杂菌数和杂菌率的术语和定义。有效菌为样品中的目的微生物群体，即样品中明确的功能微生物，除此之外的微生物，无论其功能是否有益于土壤和作物，均不算有效菌，均为杂菌。有效活菌数为每克或每毫升样品中有效菌的数量，用 CFU/g(mL)表示。杂菌为样品中有效菌以外的其他菌。杂菌数为每克或每毫升样品中杂菌的数量，用 CFU/g(mL)表示。杂菌率为样品中杂菌数占有效活菌数与杂菌数之和的百分数。

#### （2）更改了菌种要求

本次修订完善生产菌种安全管控要求，明确生产所用菌种需安全、有效。菌种安全性评价由原无明确依据更新为统一依据 GB/T 41728-2022《微生物肥料质量安全评价通用准则》，实行菌种分级管理与安全性评价制度。要求生产企业提供完整的菌种鉴定资料，包含菌种属种学名、形态特征、生理生化特性及鉴定依据，同时配套完整的菌种安全性评价报告；采用生物工程菌生产的产品，新增需取得国家认可的大面积释放生物安全审批文件要求，从源头保障菌种使用安全。

#### （3）更改了有效活菌数要求

本次修订将微生物菌剂产品的原粉剂和颗粒剂整合为固体剂型，颗粒剂有效活菌数指标由 $\geq 1.0 \times 10^8$  CFU/g(mL)调整为 $\geq 2.0 \times 10^8$  CFU/g(mL)。造粒成型工序会造成部分活菌损失，原有指标未充分考虑储运阶段活菌衰减，易导致施用时活菌量不足。统一固体剂型指标，消除同类产品技术阈值差异，匹配现有生产工艺水平，保障施用后功能菌在土壤中的存活与定殖能力。

#### （4）更改了杂菌率要求

原标准固体剂型杂菌率管控尺度不统一，粉剂、颗粒剂限值不一致，原颗粒剂宽松限值 30.0%不符合当前行业生产水平。现阶段行业生产纯化、除菌工艺已成熟，可实现更低的杂菌污染水平。本次修订将固体剂型杂菌率统一调整为 20.0%，消除同类产品标准差异，减少杂菌与功能菌的营养、空间竞争，保障功能菌活性与土壤定殖效果，提升产品质量均一性。

#### （5）更改了酸碱度（pH）范围

多数细菌、真菌类功能微生物代谢会产生酸性次生代谢产物，使产品自然 pH 值稳定在 5.0 以上，且该酸碱度区间不会影响有效活菌活性与产品核心功效。原标准 pH 限值 5.5~8.5，迫使企业人为调节产品酸碱度，增加无效生产成本，无实际提质作用。结合多年产品检测数据与生产应用实际，本次修订将产品 pH 范围统一调整为 5.0~8.5，贴合产品自然理化特性。

#### （6）更改了水分含量要求

本次修订将农用微生物菌剂、有机物料腐熟剂固体剂型水分指标，统一限值为 30.0%，废止原粉剂 35.0%、颗粒 20.0%分级要求。原有水分限值按剂型划分，管控尺度割裂；结合储存稳定性与现有干燥工艺能力，统一水分限值便于生产管控。合理的水分区间可减缓活菌衰亡，兼顾粉剂、颗粒产品生产可行性，消除剂型间指标壁垒，提升标准适用性。

#### （7）更改了纤维素酶活的要求

本次修订将固体和液体剂型产品纤维素酶活指标由 30.0U/g(mL)上调至 60.0U/g(mL)。依据现有产品检测数据与田间应用效果调研，原有酶活水平降解底物效率有限，无法满足纤维素分解需求。提升指标可强化物料降解能力，匹配实际应用情况，引导产品酶活性能提升，保障有机物料腐熟效果。

#### （8）增加了内生菌根菌剂产品类型和指标及测定方法

本次修订新增内生菌根菌剂产品类型及配套检测方法，结合该类产品菌种特性、产业化生产工艺、实际产品检出水平及储存稳定性，科学设定各项技术指标：结合国内主流生产工艺的产品实际质量水平，将液体、固体剂型孢子繁殖体数统一设定为 $\geq 70$  个/g(mL)，该阈值贴合产业化产能，可保障产品田间根系侵染与共生定植功效；固体剂型水分 $\leq 20.0\%$ ，可有效抑制储存过程中孢子失活、杂菌滋生；全剂型 pH 控制在 5.0~8.5，匹配菌根孢子存活的适宜环境条件。根据剂型体系差异设置差异化有效期：液体剂型含水体系易造成孢子活性衰减，设定有效期 $\geq 3$  个月；固体剂型干燥体系可稳定维持孢子休眠状态，有效期更长，设定有效期 $\geq 6$  个月。本次修订同步建立专属检测方法，经多家实验室精密度、准确度验证，方法重复性好、适用性强、可操作性高。

#### （9）增加了藻类菌剂产品类型和指标及测定方法

本次修订新增藻类菌剂产品类型及配套检测方法，结合藻类活体生物学特性、产业化生产工艺、市场主流产品质量水平及有效期稳定特性，科学制定专属技术指标：综合国内

量产产品实际检出能力与田间应用有效阈值，设定单细胞藻体数 $\geq 1.0 \times 10^6$ 个/mL，可保障产品固碳培肥、活化土壤养分的基本应用功效；全剂型 pH 控制在 5.0~8.5，匹配藻体正常生长与活性维持的适宜酸碱环境。结合藻类活体耐受特性与液态产品储存衰减规律，统一设置产品有效期 $\geq 3$  个月，可有效保障产品有效期质量稳定。本次修订同步建立藻类菌剂专属检测方法，经多家实验室精密度、准确度验证，方法重复性好、适用性强、可操作性高。

#### （10）更改了砷、镉、铅和汞的限量指标要求

原标准重金属限量限值宽松，与现行肥料污染物强制管控体系不衔接。本次修订依据 GB 38400-2019《肥料中有毒有害物质的限量要求》更新限值：砷由 75 mg/kg 调整为 15 mg/kg、镉由 10 mg/kg 调整为 3 mg/kg、铅由 100 mg/kg 调整为 50 mg/kg、汞由 5 mg/kg 调整为 2 mg/kg。通过收紧重金属限量指标，严格管控产品外源重金属带入风险，有效削减长期施用造成的土壤重金属累积隐患，进一步提升产品施用的环境安全性与生态稳定性。

#### （11）修改了检测方法引用文件

本次修订删除了有效活菌数、霉菌杂菌数、杂菌率、水分、pH、酶活等项目原有检测方法，统一引用 NY/T 2321《微生物肥料产品检验规程》；同时将砷、镉、铅、汞重金属检测方法，由原引用 GB/T 18877《有机-无机复混肥料》，统一调整为引用 NY/T 1978《肥料汞、砷、镉、铅、铬、镍含量的测定》。其中，NY/T 2321 为微生物肥料专用检验规范，操作严谨、重复性好，可统一行业检测判定依据，规避方法差异造成的数据偏差；NY/T 1978 为肥料专属重金属检测标准，适配微生物菌剂基质特性，有效统一重金属检测流程，显著提升检测数据的准确性与可比性。

#### （12）更改了结果判定

原标准存在非关键项单项不合格仍可判定产品合格的容错条款，管控尺度宽松，易导致存在性能、理化、安全缺陷的产品流入市场。现阶段国内微生物菌剂生产工艺、质量管理体系已完全成熟，具备全指标稳定达标的生产能力。本次修订取消原有容错条款，明确产品所有技术指标、安全限量指标必须全部符合标准要求，任一指标不达标即判定产品不合格，实现质量刚性管控，筑牢产品质量安全底线。

#### （13）修改了标识的要求

本次修订更新产品包装标识要求，明确产品需标注微生物菌剂通用名称、有效菌种名称、核心技术指标、登记证号、执行标准、企业信息、生产地址、联系方式、生产日期（批号）、包装规格、净含量及有效期，可标注注册商标、宜增设溯源二维码，其余标识要求

统一遵照 GB 18382 现行规范执行。原标识条款内容老旧、信息要素不全，无法满足产品溯源、合规监管及用户使用需求。

### （三）新旧标准对比（适用于修订标准的情况）

a) 增加了部分术语和定义（见 3.2、3.3、3.4、3.5、3.6、3.7）：增加了有效菌、有效活菌数、杂菌、杂菌数、杂菌率、菌落的定义。

b) 更改了菌种要求（见 5.1，2006 年版的 5.1）：增加了菌株安全性应符合 GB/T 41728 的规定的要求。

c) 更改了有效活菌数的技术指标要求（见表 1，2006 年版的表 1）：将固体剂型（粉剂和颗粒）的有效活菌数统一为 2.0 亿 cfu/g(mL)。

d) 更改了杂菌率的技术指标要求（见表 1，2006 年版的表 1）：将固体剂型（粉剂和颗粒）的杂菌率统一为 20.0%。

e) 更改了水分的技术指标要求（见表 1、表 2，2006 年版的表 1、表 2）：将固体剂型的水分统一为 30.0%。

f) 删除了细度的技术指标要求（2006 年版的表 1、表 2）。

g) 更改了酸碱度（pH）的技术指标要求（见表 1、表 2，2006 年版的表 1、表 2）：将液体和固体产品的酸碱度（pH）统一调整为 5.0~8.5；增加了酸碱度（pH）的注释，说明含乳酸菌类产品酸碱度（pH）可以小于 5.0。

h) 更改了纤维素酶活的技术指标要求（见表 2，2006 年版的表 2）：将 30.0 U/g(mL) 调整为 60.0 U/g(mL)。

i) 增加了内生菌根菌剂产品技术指标的要求（见表 3）：包括繁殖体数、水分、酸碱度（pH）、有效期。

j) 增加了藻类菌剂产品技术指标的要求（见表 4）：包括单细胞藻体数、酸碱度（pH）、有效期。

k) 更改了砷、镉、铅和汞的限量指标要求（见表 5，2006 版的表 3）：将砷的限量指标由 75 mg/kg 调整为 15 mg/kg；镉的限量指标由 10 mg/kg 调整为 3 mg/kg；铅的限量指标由 100 mg/kg 调整为 50 mg/kg；汞的限量指标由 5 mg/kg 调整为 2 mg/kg。

l) 更改了有效活菌数、霉菌杂菌数、杂菌率、水分、酸碱度（pH）、纤维素酶活、蛋白酶活、砷（As）、镉（Cd）、铅（Pb）、铬（Cr）、汞（Hg）测定方法及引用文件（见

6.2、6.7，2006 年版的 6.3）。

m) 增加了繁殖体数（内生菌根真菌孢子数）测定方法（见 6.3 和附录 A）。

n) 增加了单细胞藻体数测定方法（见 6.4 和附录 B）。

o) 更改了结果判定（见 7.3，2006 版的 7.3）：取消单一非关键项不合格仍可判定合格的条款，改为技术指标和限量指标均符合要求的为合格产品。

p) 删除了常用检测培养基（见 2006 年版的附录 A）：引用文件（NY/T 2321-2013）中已经列出。

q) 删除了稀释法（MPN5 管法）（见 2006 年版的附录 C）：引用文件（NY/T 2321-2013）中已经列出。

r) 删除了酶活的测定（见 2006 年版的附录 D）：引用文件（NY/T 2321-2013）中已经列出。

### 三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益；

#### （一）主要实验分析

#### 1. 内生菌根繁殖体数（内生菌根真菌孢子数）测定方法的验证

##### 1.1 验证方案设计

依据 GB/T 20287《农用微生物菌剂》标准中内生菌根真菌孢子数测定方法，结合菌根真菌菌剂产品特点（技术指标：内生菌根真菌孢子数 $\geq 70$  个/g(mL)），系统开展了该方法的精密度与准确度验证。

精密度验证分为实验室内重复性与实验室间再现性两部分：实验室内验证设置低、中、高三个浓度梯度，鉴于实际样品存在基质差异，每个浓度梯度选取 2 个代表性样品（样品信息见表 2），由 1 名检测人员对每个样品独立测定 5 次，通过每个样品的最大相对相差分析实验室内的重复性；实验室间验证选取低、中、高三个浓度样品（样品信息见表 3），由 3 家具资质的实验室（农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验检测中心、山东省产品质量检测研究院、南京农业大学资源与环境学院）对每个样品进行 2 次独立测定，评估实验室间的再现性。依据 GB/T 20287 标准测定方法，重复性与再现性的偏差以相对相差不超过算术平均值的 20%为判定依据。

准确度验证采用 $\beta$ -期望容忍区间（ $\beta$ -ET1）作为评价指标，依据 GB 4789.45-2023《食品

安全国家标准《微生物检验方法验证通则》的规定进行。由于微生物计数数据通常呈对数正态分布，所有原始测定结果均经过以 10 为底的对数转换后参与分析。鉴于缺乏有证参考物质，本验证以各样品重复测定的中位值作为真值的估计值（参考值），实验室内与实验室间分别独立计算。以置信水平 95% 下  $\beta$ -ET1 区间相对于参考值（对数值）的偏差不超过  $\pm 0.5$  为接受标准。

表 2. 实验室内内生菌根真菌样品信息

| 样品编号     | 样品浓度 | 菌种名称   |
|----------|------|--------|
| 菌根样品 1 号 | 低浓度  | 异形根孢囊霉 |
| 菌根样品 2 号 | 低浓度  | 层状内养囊霉 |
| 菌根样品 3 号 | 中浓度  | 根内根孢囊霉 |
| 菌根样品 4 号 | 中浓度  | 根内根孢囊霉 |
| 菌根样品 5 号 | 高浓度  | 根内根孢囊霉 |
| 菌根样品 6 号 | 高浓度  | 根内根孢囊霉 |

表 3. 实验室间内生菌根真菌样品信息

| 样品编号     | 样品浓度 | 菌种名称   |
|----------|------|--------|
| 菌根样品 1-1 | 低浓度  | 异形根孢囊霉 |
| 菌根样品 1-2 | 中浓度  | 根内根孢囊霉 |
| 菌根样品 1-3 | 高浓度  | 根内根孢囊霉 |

## 1.2 精密度（重复性和再现性）分析

对实验室内 6 个不同浓度样品的独立测定结果（见表 4）进行分析显示，各样品的最大相对相差范围在 5.4%~13.7% 之间，均低于标准方法规定的 20% 误差限，表明实验室内测定结果具有良好的重复性。

表 4. 实验室内菌根样品内生菌根真菌孢子数测定结果

| 样品编号     | 内生菌根真菌孢子数（个/g） |       |      |       |       | 实验室内最大相对相差，% |
|----------|----------------|-------|------|-------|-------|--------------|
|          | 重复 1           | 重复 2  | 重复 3 | 重复 4  | 重复 5  |              |
| 菌根样品 1 号 | 30.4           | 33.0  | 30.0 | 33.4  | 33.6  | 11.3         |
| 菌根样品 2 号 | 50.4           | 48.3  | 49.7 | 51.0  | 48.4  | 5.4          |
| 菌根样品 3 号 | 108.0          | 106.6 | 99.3 | 112.7 | 107.6 | 12.6         |

|          |        |        |        |        |        |      |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 菌根样品 4 号 | 133.3  | 124.3  | 130.0  | 136.4  | 133.3  | 9.3  |
| 菌根样品 5 号 | 1130.0 | 1166.6 | 1250.0 | 1111.6 | 1181.6 | 11.7 |
| 菌根样品 6 号 | 1466.7 | 1398.4 | 1278.3 | 1398.4 | 1348.4 | 13.7 |

对 3 家实验室低、中、高三个浓度样品的独立测定结果（见表 5）分析显示：各实验室内部重复测定结果的相对相差在 2.1%~9.1%之间，表明各实验室均能获得良好的内部重复性。将 3 家实验室共 6 个结果合并分析，实验室间测定结果的最大相对相差在为 8.9%~13.3%之间，同样低于标准方法规定的 20%误差限，表明不同实验室条件下该方法具有良好的再现性。

表 5. 实验室间菌根样品内生菌根真菌孢子数测定结果

| 样品编号     | 实验室            | 内生菌根真菌孢子数（个/g） |        |        | 相对相差（%） | 实验室间最大相对相差，% |
|----------|----------------|----------------|--------|--------|---------|--------------|
|          |                | I              | II     | 平均值    |         |              |
| 菌根样品 1-1 | 农业农村部微生物肥料质检中心 | 50.0           | 47.5   | 48.8   | 5.1     | 13.3         |
|          | 山东省产品质量检测研究院   | 54.2           | 51.6   | 52.9   | 4.9     |              |
|          | 南京农业大学资环学院     | 44.2           | 48.4   | 46.3   | 9.1     |              |
| 菌根样品 1-2 | 农业农村部微生物肥料质检中心 | 121.6          | 124.2  | 122.9  | 2.1     | 10.0         |
|          | 山东省产品质量检测研究院   | 139.2          | 130.8  | 135.0  | 6.2     |              |
|          | 南京农业大学资环学院     | 119.2          | 125.0  | 122.1  | 4.8     |              |
| 菌根样品 1-3 | 农业农村部微生物肥料质检中心 | 1148.4         | 1118.4 | 1133.4 | 2.6     | 8.9          |
|          | 山东省产品质量检测研究院   | 1068.3         | 1126.7 | 1097.5 | 5.3     |              |
|          | 南京农业大学资环学院     | 1058.3         | 1015.0 | 1036.6 | 4.2     |              |

综上所述，本方法在实验室内和实验室间均表现出良好的重复性与再现性，精密度符合要求，可满足内生菌根真菌孢子数检测的需要。

### 1.3 准确度分析

准确度分析结果（见表 6 和表 7）显示：实验室内所有样品对数值的 $\beta$ -期望容忍区间（ $\beta$ -ET1）上限最高为 0.04，下限最低为-0.03；实验室间所有样品对数值的 $\beta$ -ET1 区间上限最高为 0.06，下限最低为-0.06，所有样品的 $\beta$ -ET1 区间均严格处于 $\pm 0.5$ 的允许范围之内。这一数据表明，本方法测定结果与参考值之间的偏差在可接受范围内，准确度符合验证标准。综上，内生菌根真菌孢子数测定方法准确度性能良好，满足检测的需要。

表 6. 实验室内菌根样品内生菌根真菌孢子数测定结果的准确度分析

| 样品编号     | 内生菌根真菌孢子数对数值 |      |      |      |      |      |              |          |
|----------|--------------|------|------|------|------|------|--------------|----------|
|          | 重复 1         | 重复 2 | 重复 3 | 重复 4 | 重复 5 | 平均值  | $\beta$ -ET1 |          |
|          |              |      |      |      |      |      | 上限 $U_i$     | 下限 $L_i$ |
| 菌根样品 1 号 | 1.48         | 1.52 | 1.48 | 1.52 | 1.53 | 1.51 | 0.04         | -0.02    |
| 菌根样品 2 号 | 1.70         | 1.68 | 1.70 | 1.71 | 1.68 | 1.69 | 0.04         | -0.02    |
| 菌根样品 3 号 | 2.03         | 2.03 | 2.00 | 2.05 | 2.03 | 2.03 | 0.03         | -0.03    |
| 菌根样品 4 号 | 2.12         | 2.09 | 2.11 | 2.13 | 2.12 | 2.11 | 0.04         | -0.02    |
| 菌根样品 5 号 | 3.05         | 3.07 | 3.10 | 3.05 | 3.07 | 3.07 | 0.03         | -0.03    |
| 菌根样品 6 号 | 3.17         | 3.15 | 3.11 | 3.15 | 3.13 | 3.14 | 0.04         | -0.02    |

表 7. 实验室间菌根样品内生菌根真菌孢子数测定结果的准确度分析

| 样品编号     | 内生菌根真菌孢子数对数值           |      |                      |      |                    |      |      |              |       |
|----------|------------------------|------|----------------------|------|--------------------|------|------|--------------|-------|
|          | 农业农村部<br>微生物肥料<br>质检中心 |      | 山东省产<br>品质量检<br>测研究院 |      | 南京农业<br>大学资环<br>学院 |      | 平均值  | $\beta$ -ET1 |       |
|          | I                      | II   | I                    | II   | I                  | II   |      | 上限 U         | 下限 L  |
| 菌根样品 1-1 | 1.70                   | 1.68 | 1.73                 | 1.71 | 1.65               | 1.68 | 1.69 | 0.06         | -0.06 |
| 菌根样品 1-2 | 2.08                   | 2.09 | 2.14                 | 2.12 | 2.08               | 2.10 | 2.10 | 0.06         | -0.05 |
| 菌根样品 1-3 | 3.06                   | 3.05 | 3.03                 | 3.05 | 3.02               | 3.01 | 3.04 | 0.04         | -0.05 |

#### 1.4 结论

本方法验证覆盖主要菌根菌种及低、中、高三个不同菌根孢子浓度的产品，验证条件包括实验室内和三个实验室间协同测试，样品类型与验证场景具有较强的代表性与覆盖面。所有验证指标均符合相关标准的技术要求。综上，本标准中的内生菌根真菌孢子数测定方法在精密度和准确度两方面均表现良好，具备明确的实际应用价值，可用于相关产品中内生菌根真菌孢子数的日常检测和质量控制。

## 2. 藻类细胞数测定方法的验证

### 2.1 验证方案设计

依据 GB/T 20287《农用微生物菌剂》标准中单细胞藻体数测定方法，结合藻类菌剂产品特点（技术指标：单细胞藻体数 $\geq 1.0 \times 10^6$ 个/mL），系统开展方法的精密度与准确度验证。

精密度验证分为实验室内重复性与实验室间再现性两部分：实验室内验证设置低、中、高三个浓度梯度，鉴于实际样品存在基质差异，每个浓度梯度选取 2 个代表性样品（样品信息见表 8），由 1 名检测人员对每个样品独立测定 5 次，通过每个样品的最大相对相差分析实验室内的重复性；实验室间验证选取低、中、高三个浓度样品（样品信息见表 9），由 3 家具备资质的实验室（农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验测试中心、山东省产品质量检测研究院、南京农业大学资源与环境学院）对每个样品进行 2 次独立测定，评估实验室间的再现性。依据 GB/T 20287 标准测定方法，实验室内重复性与实验室间再现性的偏差，以相对相差不超过算术平均值的 20%为判定依据。

准确度验证采用 $\beta$ -期望容忍区间（ $\beta$ -ET1）作为评价指标，依据 GB 4789.45-2023《食品安全国家标准 微生物检验方法验证通则》的规定进行。由于微生物计数数据通常呈对数正态分布，所有原始测定结果均经过以 10 为底的对数转换后参与分析。鉴于缺乏有证参考物质，本验证以各样品重复测定的中位值作为真值的估计值（参考值），实验室内与实验室间分别独立计算。以置信水平 95%下 $\beta$ -ET1 区间相对于参考值（对数值）的偏差不超过 $\pm 0.5$ 为接受标准。

表 8. 实验室内藻类样品信息

| 样品编号     | 样品浓度 | 菌种名称     |
|----------|------|----------|
| 藻类样品 1 号 | 低浓度  | 多变三离藻    |
| 藻类样品 2 号 | 低浓度  | 蛋白核原始小球藻 |
| 藻类样品 3 号 | 中浓度  | 蛋白核原始小球藻 |
| 藻类样品 4 号 | 中浓度  | 多变三离藻    |
| 藻类样品 5 号 | 高浓度  | 蛋白核原始小球藻 |
| 藻类样品 6 号 | 高浓度  | 蛋白核原始小球藻 |

表 9. 实验室间藻类样品信息

| 样品编号     | 样品浓度 | 菌种名称     |
|----------|------|----------|
| 藻类样品 2-1 | 低浓度  | 多变三离藻    |
| 藻类样品 2-2 | 中浓度  | 蛋白核原始小球藻 |
| 藻类样品 2-3 | 高浓度  | 蛋白核原始小球藻 |

2.2 精密度（重复性和再现性）分析

对实验室内 6 个不同浓度样品的独立测定结果（见表 10）进行分析显示，各样品的最

大相对相差范围在 6.8%~12.1%之间，均低于标准方法规定的 20%误差限，表明实验室内测定结果具有良好的重复性。

表 10. 实验室内藻类样品单细胞藻体数测定结果

| 样品编号     | 单细胞藻体数（10 <sup>6</sup> 个/mL） |       |       |       |       | 实验室内最大相对相差，% |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
|          | 重复 1                         | 重复 2  | 重复 3  | 重复 4  | 重复 5  |              |
| 藻类样品 1 号 | 0.77                         | 0.82  | 0.83  | 0.82  | 0.84  | 8.8          |
| 藻类样品 2 号 | 0.92                         | 0.90  | 0.90  | 0.87  | 0.94  | 7.8          |
| 藻类样品 3 号 | 4.80                         | 4.99  | 5.14  | 5.02  | 4.93  | 6.8          |
| 藻类样品 4 号 | 8.57                         | 8.67  | 8.35  | 7.89  | 7.68  | 12.1         |
| 藻类样品 5 号 | 33.44                        | 30.78 | 31.70 | 32.26 | 29.90 | 11.2         |
| 藻类样品 6 号 | 48.54                        | 52.65 | 48.39 | 48.48 | 46.92 | 11.5         |

对 3 家实验室低、中、高三个浓度样品的独立测定结果（见表 11）分析显示：各实验室内重复测定结果的相对相差在 2.8%~7.6%之间，表明各实验室均能获得良好的内部重复性。将 3 家实验室共 6 个结果合并分析，实验室间测定结果的最大相对相差在 8.5%~12.6%之间，同样低于标准方法规定的 20%误差限，表明不同实验室条件下该方法具有良好的再现性。

表 11. 实验室间藻类样品单细胞藻体数测定结果

| 样品编号     | 实验室            | 单细胞藻体数（10 <sup>6</sup> 个/mL） |       |       | 相对相差（%） | 实验室间最大相对相差，% |
|----------|----------------|------------------------------|-------|-------|---------|--------------|
|          |                | I                            | II    | 平均值   |         |              |
| 藻类样品 2-1 | 农业农村部微生物肥料质检中心 | 0.92                         | 0.88  | 0.90  | 4.4     | 11.5         |
|          | 山东省产品质量检测研究院   | 0.88                         | 0.95  | 0.92  | 7.6     |              |
|          | 南京农业大学资环学院     | 0.84                         | 0.80  | 0.82  | 4.9     |              |
| 藻类样品 2-2 | 农业农村部微生物肥料质检中心 | 8.23                         | 8.46  | 8.34  | 2.8     | 8.5          |
|          | 山东省产品质量检测研究院   | 8.41                         | 8.11  | 8.26  | 3.6     |              |
|          | 南京农业大学资环学院     | 7.50                         | 7.82  | 7.66  | 4.2     |              |
| 藻类样品 2-3 | 农业农村部微生物肥料质检中心 | 53.52                        | 50.40 | 51.96 | 6.0     | 12.6         |
|          | 山东省产品质量检测研究院   | 46.89                        | 44.70 | 45.80 | 4.8     |              |
|          | 南京农业大学资环学院     | 51.96                        | 48.81 | 50.38 | 6.3     |              |

综上所述，本方法在实验室内和实验室间均表现出良好的重复性与再现性，精密度符合要求，可满足单细胞藻体数检测的需要。

2.3 准确度分析

准确度分析结果（见表 12 和表 13）显示：实验室内所有样品对数值的 $\beta$ -期望容忍区间（ $\beta$ -ET1）上限最高为 0.02，下限最低为-0.02；实验室间所有样品对数值的 $\beta$ -ET1 区间上限最高为 0.07，下限最低为-0.05，所有样品的 $\beta$ -ET1 区间均严格处于 $\pm 0.5$  的允许范围之内。本方法测定结果与参考值之间的偏差在可接受范围内，准确度符合验证标准。综上，单细胞藻体数测定方法准确度性能良好，满足检测的需要。

表 12. 实验室内藻类样品单细胞藻体数测定结果的准确度分析

| 样品编号     | 单细胞藻体数对数值 |      |      |      |      |      |  | $\beta$ -ET1      |                   |
|----------|-----------|------|------|------|------|------|--|-------------------|-------------------|
|          | 重复 1      | 重复 2 | 重复 3 | 重复 4 | 重复 5 | 平均值  |  | 上限 U <sub>i</sub> | 下限 L <sub>i</sub> |
|          |           |      |      |      |      |      |  |                   |                   |
| 藻类样品 1 号 | 5.89      | 5.91 | 5.92 | 5.91 | 5.92 | 5.91 |  | 0.02              | -0.02             |
| 藻类样品 2 号 | 5.96      | 5.95 | 5.95 | 5.94 | 5.97 | 5.95 |  | 0.02              | -0.02             |
| 藻类样品 3 号 | 6.68      | 6.70 | 6.71 | 6.70 | 6.69 | 6.70 |  | 0.02              | -0.02             |
| 藻类样品 4 号 | 6.93      | 6.94 | 6.92 | 6.90 | 6.89 | 6.92 |  | 0.02              | -0.02             |
| 藻类样品 5 号 | 7.52      | 7.49 | 7.50 | 7.51 | 7.48 | 7.50 |  | 0.02              | -0.02             |
| 藻类样品 6 号 | 7.69      | 7.72 | 7.68 | 7.69 | 7.67 | 7.69 |  | 0.02              | -0.02             |

表 13. 实验室间藻类样品单细胞藻体数测定结果的准确度分析

| 样品编号     | 单细胞藻体数对数值              |      |                      |      |                    |      |      |              |       |
|----------|------------------------|------|----------------------|------|--------------------|------|------|--------------|-------|
|          | 农业农村部<br>微生物肥料<br>质检中心 |      | 山东省产<br>品质量检<br>测研究院 |      | 南京农业<br>大学资环<br>学院 |      | 平均值  | $\beta$ -ET1 |       |
|          | I                      | II   | I                    | II   | I                  | II   |      | 上限 U         | 下限 L  |
| 藻类样品 2-1 | 5.96                   | 5.94 | 5.94                 | 5.98 | 5.92               | 5.90 | 5.94 | 0.05         | -0.05 |
| 藻类样品 2-2 | 6.92                   | 6.93 | 6.92                 | 6.91 | 6.88               | 6.89 | 6.91 | 0.06         | -0.04 |
| 藻类样品 2-3 | 7.73                   | 7.70 | 7.67                 | 7.65 | 7.72               | 7.69 | 7.69 | 0.07         | -0.05 |

2.4 结论

本方法验证覆盖主要藻类菌种及低、中、高三个不同藻类细胞浓度的藻类产品，验证条件包括实验室内和三个实验室间协同测试，样品类型与验证场景具有较强的代表性与覆盖面。所有验证指标均符合相关标准的技术要求。综上，本标准中的藻类细胞数测定方法

在精密度和准确度两方面均表现良好，具备明确的实际应用价值，可用于相关产品中单细胞藻体数的日常检测和质量控制。

## **（二）预期的经济效果**

本次标准修订工作基于对农用微生物菌剂相关文献的系统梳理、对生产企业及研发机构的深入调研，以及对现有产品质量状况的全面摸底，对《农用微生物菌剂》（GB20287-2006）进行了全面更新。修订内容主要包括：补充部分术语与定义，进一步明确菌种安全有效性要求，优化有效活菌数、杂菌率、水分和 pH 等关键技术指标，删除细度要求，新增内生菌根真菌与藻类产品的技术要求和检测方法，调整四种重金属限量，统一引用现行有效检测方法，完善合格判定规则和包装标识规范。标准实施后，将更好地契合农业生产与安全管理需要，引导农用微生物菌剂产品规范发展，提升质量安全水平，支撑微生物肥料行业健康、快速和可持续发展。

## **四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况；**

经检索，未见与农用微生物菌剂产品质量和检测技术相关的国际标准、国外相关标准、国外的相关法规和技术规定。

## **五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因；**

不涉及。

## **六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系；**

本标准 of 微生物肥料标准体系的重要组成部分，标准确定了农用微生物菌剂的术语和定义、产品分类、要求、检测方法、检验规则、包装、标识、运输和贮存、抽样方法和结果判定等。本标准适用于中华人民共和国境内生产、销售的农用微生物菌剂。与有关的现行法律、法规和强制性标准不存在冲突。

## **七、重大分歧意见的处理经过和依据；**

无。

## 八、涉及专利的有关说明；

不涉及。

## 九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议；

为保证项目顺利按期完成，实行首席专家负责制，同时组建项目领导小组，对参与起草的人员进行任务分工，各司其职；并定期按项目进度检查，对发现的问题提出解决建议并督促完成。标准承担单位对项目的进展进行有效的管理和监督，并确保资金专款专用。

## 十、其他应当说明的事项。

无。

附页1：农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验测试中心—内生菌根真菌孢子数和单细胞藻体数测定结果报告单

内生菌根真菌孢子数和单细胞藻体数测定

结果报告单

检验机构名称：农业农村部微生物肥料和食用菌菌种质量检验测试中心

检测依据：《农用微生物菌剂》——征求意见稿

检测结果：见表 1 和表 2。

表 1 样品中内生菌根真菌孢子数测定结果

单位：个/g

| 样品名称、编号  | 测定项目   | 检测结果 I | 检测结果 II |
|----------|--------|--------|---------|
| 菌根样品 1-1 | 异形根孢囊霉 | 50.0   | 47.5    |
| 菌根样品 1-2 | 根内根孢囊霉 | 121.6  | 124.2   |
| 菌根样品 1-3 | 根内根孢囊霉 | 1148.4 | 1118.4  |

表 2 样品中单细胞藻体数测定结果

单位：10<sup>6</sup> 个/mL

| 样品名称、编号  | 测定项目     | 检测结果 I | 检测结果 II |
|----------|----------|--------|---------|
| 藻类样品 2-1 | 多变三离藻    | 0.92   | 0.88    |
| 藻类样品 2-2 | 蛋白核原始小球藻 | 8.23   | 8.46    |
| 藻类样品 2-3 | 蛋白核原始小球藻 | 53.52  | 50.40   |

检测人员：朱玲玲

检测日期：2026.07.20

实验室负责人（签字/盖章）：马志江

附页2：山东省产品质量检测研究院—内生菌根真菌孢子数和单细胞藻体数测定结果报告单

内生菌根真菌孢子数和单细胞藻体数测定

结 果 报 告 单

检验机构名称：山东省产品质量检测研究院

检测依据：《农用微生物菌剂》——征求意见稿

检测结果：见表1和表2。

表1 样品中内生菌根真菌孢子数测定结果

单位：个/g

| 样品名称、编号  | 测定项目   | 检测结果 I | 检测结果 II |
|----------|--------|--------|---------|
| 菌根样品 1-1 | 异形根孢囊霉 | 44.2   | 48.4    |
| 菌根样品 1-2 | 根内根孢囊霉 | 119.2  | 125.0   |
| 菌根样品 1-3 | 根内根孢囊霉 | 1058.3 | 1015.0  |

表2 样品中单细胞藻体数测定结果

单位：10<sup>6</sup>个/mL

| 样品名称、编号  | 测定项目     | 检测结果 I | 检测结果 II |
|----------|----------|--------|---------|
| 藻类样品 2-1 | 多变三离藻    | 0.84   | 0.80    |
| 藻类样品 2-2 | 蛋白核原始小球藻 | 7.50   | 7.82    |
| 藻类样品 2-3 | 蛋白核原始小球藻 | 51.96  | 48.81   |

检测人员：



检测日期：2026-07-01~30

实验室负责人（签字/盖章）：

张娟

附页3：南京农业大学资源与环境科学研究院—内生菌根真菌孢子数和单细胞藻体数测定结果报告单

内生菌根真菌孢子数和单细胞藻体数测定

结果报告单

检验机构名称：南京农业大学资源与环境科学学院

检测依据：《农用微生物菌剂》—

检测结果：见表 1 和表 2。

表 1 样品中内生菌根真菌孢子数测定结果

单位：个/g

| 样品名称、编号  | 测定项目   | 检测结果 I | 检测结果 II |
|----------|--------|--------|---------|
| 菌根样品 1-1 | 异形根孢囊霉 | 54.2   | 51.6    |
| 菌根样品 1-2 | 根内根孢囊霉 | 139.2  | 130.8   |
| 菌根样品 1-3 | 根内根孢囊霉 | 1068.3 | 1126.7  |

表 2 样品中单细胞藻体数测定结果

单位：10<sup>6</sup> 个/mL

| 样品名称、编号  | 测定项目     | 检测结果 I | 检测结果 II |
|----------|----------|--------|---------|
| 藻类样品 2-1 | 多变三离藻    | 0.88   | 0.95    |
| 藻类样品 2-2 | 蛋白核原始小球藻 | 8.41   | 8.11    |
| 藻类样品 2-3 | 蛋白核原始小球藻 | 46.89  | 44.70   |

检测人员：刘红宇

检测日期：2026.8.5

实验室负责人（签字/盖章）：

李荣