

海南天然橡胶产业集团股份有限公司

关于征求《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》 农业行业标准（征求意见稿）意见的函

各有关单位及专家：

根据农业行业标准制修订计划和标准起草有关规定，经《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》标准起草组认真研究、讨论，并开展调研，现已完成征求意见稿编制工作。现公开征求意见，请于2021年11月1日前将修改意见填写在意见反馈表中，并将反馈表电子版（PDF盖章扫描件和Word版）发至联系人邮箱。逾期视为无意见。

联系人：吴海仙

联系电话：0898-66508062 / 18289285119

邮 箱：hjkjyfzx@163.com

- 附件：
1. 《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》征求意见稿
 2. 《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》征求意见稿编制说明
 3. 意见反馈表

海南天然橡胶产业集团股份有限公司

2021年9月30日

NY

中华人民共和国农业行业标准

XX/TXXXXX—XXXX
代替 XX/T

橡胶树白粉病飞防飞控技术规程

Technical Specification for Fly Prevention and Control of Powdery Mildew of
Rubber Tree

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草稿完成时间：2021年9月10日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

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。

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热带作物及制品标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：海南天然橡胶产业集团股份有限公司，海南大学，中国农垦经济发展中心，北京天和智航信息科技有限公司，中国热带农业科学院环境与植物保护研究所。

本文件主要起草人：张宇、白先权、王萌、朱宏宇、梁晓宇、毛新翠、孙娟、李振华、王明、张毅超、孙祥森。

本文件为首次发布。

橡胶树白粉病飞防飞控技术规程

1 范围

本文件规定了植保无人机在橡胶林喷洒作业质量的技术指标和测定方法。

本文件适用于配备喷洒系统的飞机进行常喷洒作业。使用其他类型航空器进行喷洒作业可参照本规程执行。

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 17980.97-2004 农药 田间药效试验准则(二) 第九十七部分:杀菌剂防治芒果白粉病

NY/T 1089-2015 橡胶树白粉病测报技术规程

MH/T 1002.1-2016 农业航空作业质量技术指标 第一部分:喷洒作业

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件，引用改写于MH/T 1002.1-2016 农业航空作业质量技术指标 第一部分:喷洒作业。

3.1

常量喷雾 conventional spray

每公顷喷液（粉）量不小于30 L的喷洒作业。

3.2

低容量喷雾 low volume spray

每公顷喷液（粉）量大于5 L但小于30 L的喷洒作业。

3.3

超低容量喷雾 ultralow volume spray

每公顷喷液（粉）量不大于5 L的喷洒作业。

3.4

雾滴覆盖密度 coverage density of droplets

处理对象单位面积上的雾滴数。

注：雾滴覆盖密度用每平方厘米的雾滴个数表示。

3.5

雾滴分布均匀度 uniformity of deposits distribution

雾滴在喷幅范围内竖向分布的均匀程度。

注：雾滴分布均匀度通常用雾滴覆盖密度或沉积量的变异系数表示。

3.6

体积中值直径 volume median diameter

VMD

取样雾滴的体积按雾滴大小顺序进行累积，其累积值为取样雾滴体积总和的50%所对应的雾滴直径。

注：体积中值直径用微米（ μm ）表示。

3.7

直径 number median diameter

NMD

取样雾滴的个数按雾滴大小顺序进行累积，其累积值为取样雾滴个数总和的50%所对应的雾滴直径。

3.8

雾滴（粉粒）谱宽度 droplet (particle) sizespectrum

雾滴（粉粒）大小分布的均匀程度。

注：通常用体积中值直径与数量中值直径的比值（VMD/NMD），或90%累积体积直径与10%累积体积直径的差值与体积中值直径的比值表示。

3.9

雾滴（粉粒）谱分布均匀度 uniformity of vertical droplet (particle) sizespectrum

雾滴（粉粒）大小在垂直方向分布的均匀程度。

注：通常用雾滴（粉粒）在垂直方向不同高度水平谱宽度的变异系数表示。

4 作业质量技术指标

表1 不同施药方式的作业质量标准

方向	施药方式	覆盖密度 (个/ cm^2)	分布均匀度 ¹ %	微粒直径 ² (μm)	雾滴（粉粒） 谱宽度 ³	雾滴（粉粒）谱 分布均匀度 ⁴ %
垂直	喷雾	≥ 12	≤ 60	90-100	≤ 0.75	≤ 9
	喷粉	≥ 26	≤ 75	90-140	≤ 0.80	≤ 15
水平	喷雾	≥ 12	≤ 40	90-100	≤ 0.75	/
	喷粉	≥ 26	≤ 60	90-140	≤ 0.80	/

注1：雾滴（粉粒）分布均匀度用竖向雾滴（粉粒）覆盖密度的变异系数表示。
注2：微粒直径用体积中值直径（VDM）表示。
注3：雾滴（粉粒）谱宽度用体积中值直径与数量中值直径的比值（VMD/NMD）或90%累积体积直径与10%累积体积直径的差值与体积中值直径的比值表示。
注4：雾滴（粉粒）谱宽度分布均匀度通常用雾滴（粉粒）在垂直方向不同高度水平谱宽度的变异系数表示。

5 测定方法

5.1 采样

5.1.1 采样条件

5.1.1.1 场地选择

应选择净空条件好、视野开阔的地域做为测试场所，单块面积应大于4亩（2668 m^2 ）。

5.1.1.2 试验条件

检测应在天气晴号、风速小于3 m/s 、气温20 $^{\circ}\text{C}$ ~30 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不小于50%的气象条件下进行。

5.1.1.3 信号设置

检测时飞机按地面信号飞行，信号设置在采样区域上风方向距第一个采样点约30 m 处，飞行符方向应与风向平行或与风向成20 $^{\circ}$ 内的夹角。

5.1.1.4 飞行参数

飞行速度与高度应与飞机生产作业时基本一致。

5.1.1.5 实时监测

测试时，应确保空地通讯的畅通，随时了解飞机和供测设备的状况，对发现的异常情况应予以排除和处理，并做好相关记录。

5.1.1.6 采样材料

选择与项目相符合的采样材料，通常以氧化镁载玻片、纸卡、水敏纸为采样材料。

5.1.1.7 测试剂型

选择适宜的测试用剂型，常量和低容量检测用清水，超低容量检测用闪点在 70℃以上的矿物油，硫磺粉需要混合指示剂（诱惑红）

5.1.2 检测设计及要求。

5.1.2.1 随机选点

在供测场地内采用 5 点采样法设置采样线，采样线垂直于地面，在 3.5 m、5 m、6.5 m、8 m、9.5 m、11 m 设置 6 个不同高度采样点，每个样点 3 条采样线，做 3 次重复，共设 15 条。

5.1.2.2 采样线设置

采样线的设置应避免紧贴树干、叶片及避开场地其他障碍物，设置时场地内无露水。

5.1.2.3 飞行路线

检测时，飞机应有固定飞行路线，确保对供测场地覆盖喷施。

5.1.2.4 样片回收

采样片的回收应该在飞机喷洒结束 10min 后进行，以确保雾滴（微粒）的重复沉降。

5.1.2.5 重复测试

每个项目测试至少重复 2 次。

5.1.3 现场数据记录

现场检测技术人员应做好检测记录报告单，记录内容参见附录 B

5.1.3.1 雾滴（微粒）数据观测及处理

使用微粒图像仪或其他专业仪器对采样片进行观测，每采样片观测 20cm² 面积上的雾滴数及大小。

5.1.3.2 数据分析

对雾滴观测数据进行分析，计算雾滴覆盖度、雾滴分布均匀度、体积中值直径、雾滴（微粒）谱宽度等技术参数。

5.2 雾滴（粉粒）覆盖密度及分布均匀度测定

使用光学显微镜、计算机图像分析系统或其他专业仪器对采样片进行观测，所使用的测量仪器及分析软件应满足测量和分析要求。

每条采样线上的供测采样片数量应不少于 6 个，每个采样片的测量面积应不小于 20 cm²。统计各样的雾滴数，按公式（1）～公式（4）计算雾滴（粉粒）覆盖密度和变异系数；或利用专业设备直接读出各样片的雾滴（微粒）覆盖密度，并分别计算垂直与水平方向平均覆盖密度和变异系数。用变异系数表示雾滴（微粒）垂直或水平方向的分布均匀度。

$$X_i = \frac{n_i}{S} \dots\dots\dots (1)$$

式(1)中:

x_i ——第*i*个样片的雾滴(粉粒)覆盖密度, 单位为个/cm²;

n_i ——第*i*个样片的雾滴个数;

S ——样片测量面积, 单位为cm²。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{N} \dots\dots\dots (2)$$

式(2)中:

\bar{X} ——平均覆盖密度, 单位为个/cm²;

x_i ——第*i*个样片的雾滴(粉粒)覆盖密度, 单位为个/cm²;

N ——样片总数。

$$SD = \left[\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1} \right]^{1/2} = \left[\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / N}{N-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

式(3)中:

x_i ——第*i*个样片的雾滴(粉粒)覆盖密度, 单位为个/cm²;

N ——样片总数;

SD ——标准偏差。

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式(4)中:

SD ——标准偏差;

CV ——变异系数;

\bar{X} ——平均覆盖密度, 单位为个/cm²。

5.3 雾滴(粉粒)直径、雾滴(粉粒)谱宽度测定及垂直方向分布均匀度测定

按 5.3 的方法测量每条采样线上的雾滴直径, 并根据 3.9 的定义计算数量中值直径; 确定雾滴直径分级极差, 将雾滴直径分为至少 20 个等级, 按公式(5)~公式(9)计算各级雾滴体积和雾滴总体积及雾滴(粉粒)谱宽度垂直方向分布均匀度测定(公式(9)~公式(10)), 将各级雾滴体积按从小到大的顺序进行累积, 找出累积值为雾滴总体积的 50% 左右的两个值及累积百分数, 用内插值法按公式(8)计算体积中值直径。或利用专业设备直接读出数量中值直径和体积中值直径。

计算体积中值直径与数量中值直径的比值(VMD/NMD), 即可用于表示雾滴谱宽度。

$$d_i = \left(\sum_{j=1}^n d_{ij}^3 / n_i \right)^{1/3} \dots\dots\dots (5)$$

式(5)中:

d_i ——第*i*个等级的体积平均直径, 单位为微米(μm);

d_{ij} ——第*i*个等级的各雾滴(微粒)直径, 单位为微米(μm);

n_i ——第*i*个等级的雾滴(微粒)个数。

$$V_i = \frac{\pi}{6} d_i^3 n_i \dots\dots\dots (6)$$

式(6)中:

d_i ——第*i*个等级的体积平均直径，单位为微米（ μm ）；
 n_i ——第*i*个等级的雾滴（微粒）个数；
 V_i ——第*i*个等级的体积，单位为立方微米（ μm^3 ）。

$$V = \sum_{i=1}^k V_i = \frac{\pi}{6} d_i^3 n_i \dots\dots\dots (7)$$

式（7）中：

d_i ——第*i*个等级的体积平均直径，单位为微米（ μm ）；
 n_i ——第*i*个等级的雾滴（微粒）个数；
 V_i ——第*i*个等级的体积，单位为立方微米（ μm^3 ）；
 V ——雾滴总体积，单位为立方微米（ μm^3 ）。

$$D_{v.50} = \frac{R}{P_b - P_s} \times (50 - P_s) + D_s \dots\dots\dots (8)$$

式（8）中：

$D_{v.50}$ ——体积中值直径，单位为微米（ μm ）；
 R ——直径分级极差，单位为微米（ μm ）；
 P_b ——累积百分数大值；
 P_s ——累积百分数小值；
 D_s ——累积百分数小值所对应的雾滴直径，单位为微米（ μm ）。

$$SD = \left[\frac{\sum ((x_i) - \bar{x})^2}{N-1} \right]^{1/2} = \left[\frac{\sum(x_i^2) - (\sum x_i)^2/N}{N-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (9)$$

式（9）中：

x_i ——第*i*个高度的雾滴（粉粒）谱宽度；
 \bar{x} ——垂直方向平均雾滴（粉粒）谱宽度；
 N ——测量高度的总数；
 SD ——标准偏差。

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式（10）中：

\bar{x} ——垂直方向平均雾滴（粉粒）谱宽度；
 SD ——标准偏差；
 CV ——变异系数。

6 防治效果测定

6.1 采样及病情指数计算方法

在橡胶树白粉病高发季节进行测试，空白对照样地及测试样地在测试前及测试后7天采样。
 每块样地随机选取10棵橡胶树，采样方法及病情调查统计计算方法同NY/T 1089-2015的5.3.1。

6.2 防治效果计算方法

同GB/T 17980.97-2004的4.2.3。

6.3 防治指标

防治效果应满足防治效果指标（见附录A）。

7 报告

作业质量技术指标的测定数据和结果应记入报告单中，报告单的格式参见附录B。

附录 A
(资料性)

不同施药方式最低防治效果

不同施药方式应满足最低防治效果，不同施药方式对应防治指标见表A.1：

表A.1 不同施药方式最低防治效果

施药方式	喷雾	喷粉	热雾
防治效果	≥70%	≥70%	≥70%

附 录 B
(资料性)
报告单

喷施雾滴覆盖密度及分布均匀度、雾滴直径及雾滴谱宽度的测定数据和结果的报告单格式见表 B.1~表 B.3。

表B.1 雾滴（微粒）垂直方向覆盖密度及分布均匀度

样点编号：

高度编号	单样片微粒数 (个)	样品面积 (cm ²)	微粒覆盖密度 (个/cm ²)	平均覆盖密度 (个/cm ²)	标准偏差	变异系数

表B.2 雾滴（微粒）水平方向覆盖密度及分布均匀度

样点编号	样点平均覆盖密度 (个/cm ²)	标准偏差	变异系数

表B.3 雾滴（微粒）直径、雾滴谱宽度及分布均匀度

样点编号	高度编号	雾滴分级直径(μm)	各级雾滴数	体积平均直径(μm)	各级总体积(μm ³)	各级累计体积(%)	微粒总体积(μm ³)	VDM(μm)	NDM(μm)	雾滴谱宽度	雾滴谱分布均匀性

农业行业标准

《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》

(征求意见稿)

编制说明

《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》起草组

2021年09月

一、工作简况

（一）任务来源

《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》制定任务由中华人民共和国农业农村部提出，纳入《2020年农业行业标准制定和修订项目申报目录》。经本起草小组申请，于2020年度获得批准并下达任务，其归口农业农村部热带作物及制品标准化技术委员会。按《中华人民共和国合同法》、《中华人民共和国政府采购法》、《国务院办公厅关于政府向社会力量购买服务的指导意见》（国办发〔2013〕96号），以及财政部、民政部、工商总局联合印发的《政府购买服务管理办法（暂行）》（财〔2014〕96号）等有关规定，海南天然橡胶产业集团股份有限公司和海南大学等单位制订《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》，政府购买服务代码为125C0701。

（二）主要起草单位

海南天然橡胶产业集团股份有限公司，海南大学，中国农垦经济发展中心，北京天和智航信息科技有限公司，中国热带农业科学院环境与植物保护研究所。

（三）主要工作过程

1. 成立标准编制小组

本标准获得农业农村部立项批准后，承担单位积极开展启动准备工作。2020年8月，标准项目启动，成立了以海南天然橡胶产业集团股份有限公司白先权副研究员为项目主持人，海南大学张宇教授为技术指导专家的编制小组，明确了目标任务，确定了编写技术方案与分工，制定了工作进度

计划，初步拟定了标准框架内容。

2. 查询国内外相关标准和文献资料

2020年9月-2020年11月，本标准编制组成员收集整理了与飞防飞控和橡胶树白粉病生产防治相关的标准及文献资料，结合橡胶树白粉病发生情况和防治现状，分析总结了橡胶树白粉病飞防飞控的关键技术指标，确立了标准的技术路线，制定了初步的田间试验方案。

3. 田间试验及数据分析

为进一步优化规程框架，验证关键技术指标，编制小组开展了橡胶树白粉病飞防飞控的田间试验，收集了在多地开展多种机型及喷洒方式实验的调查报告，对防治效果进行统计分析，验证了相关防治措施的可行性和有效性。

4. 编写橡胶树白粉病飞防飞控技术规程

编制小组充分参考国家、行业和地方相关标准，听取业内人士意见，经反复讨论修改，按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第一部分：标准的结构和编写规则》编写要求，起草了《橡胶树白粉病飞防飞控技术规程》的征求意见稿。

（四）标准主要起草人及所做的工作

标准制定过程主要由海南天然橡胶产业集团股份有限公司、海南大学、中国农垦经济发展中心、北京天和智航信息科技有限公司、中国热带农业科学院环境与植物保护研究所的人员参与资料收集、文本完成、产地调研、实验对比、数据处理等工作。具体分工如下：

表 1 主要起草人员信息及任务分工

姓名	单位	职称/职务	专业特长及分工
白先权	海南天然橡胶产业集团股份有限公司	副研究员	项目主持人，组织协调和负责标准的起草工作
张宇	海南大学	教授	技术指导专家，负责标准制定的技术指导，田间试验设计及参数收集，标准初稿撰写等
王萌	海南大学	教授	药剂研发、田间试验设计及参数收集，汇总分析
梁晓宇	海南大学	讲师	试验验证，田间试验数据汇总分析
朱宏宇	北京天和智航信息科技有限公司	总经理	无人机选型及田间试验
毛新翠	海南天然橡胶产业集团股份有限公司	高级经济师	项目协调、实施方案制定及田间试验设计等
孙娟	中国农垦经济发展中心	副研究员	实施方案制定及验证
李振华	海南天然橡胶产业集团股份有限公司	高级农艺师	实施方案制定、田间试验设计及验证
王明	海南天然橡胶产业集团股份有限公司	高级农艺师	田间试验设计与实施
张毅超	海南天然橡胶产业集团股份有限公司	副部长	田间试验设计与实施
孙祥森	北京天和智航信息科技有限公司	主管	无人机选型及田间试验

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

(一) 制定标准的原则与依据

1. 总体原则

本标准的编写参考了飞防飞控相关的标准及文献资料，

并以田间试验数据为基本依据。

标准制定以推进橡胶树白粉病飞防飞控技术标准化，实现防控节本、高效、安全为目标，力求做到科学规范、指标准确、可操作性强，既与国家相关标准接轨，又符合防控生产实际需求，对橡胶树白粉病防治工作有积极的推动作用。

2. 协调一致性原则

遵循与国家法律法规、政府文件、强制性标准一致性的原则；遵循与国内外现行标准协调一致性的原则；遵循标准先进性、适用性和可操作性一致性的原则；遵循新形势下发展绿色农业的要求。

3. 编写原则

标准的编写遵循科学性、规范性以及可操作性原则；标准条款及内容注重与橡胶树飞防飞控实践以及白粉病的防控现状相结合，遵循内容编排完整、层次划分严谨、文字准确简明的书写原则。

（二）与已有标准的关系

目前未见相关标准对橡胶树病虫害飞防飞控技术进行规范。经调查，有多家公司多种机型在橡胶树白粉病飞防飞控进行试验，但对于飞防飞控技术参数及使用效果没有统一规定。

标准主要参考《中华人民共和国国家标准农药田间药效试验准则（一）》（GB/T 17980.1-2000—GB/T 17980.53-2000）、

《农业航空技术术语》(MH/T 0017—1998)、《农业航空作业质量技术指标 第 1 部分: 喷洒作业》(MH/T 1002.1-2016)等。该标准在内容、术语上与其他标准保持协调一致。

(三) 与法律法规的关系

本标准的制定与现行的法律法规及规范性文件的要求相一致, 无不符合之处。

(四) 主要内容中技术指标、参数、公式:

DV_{.10}: 体积分布中 10% 所对应粒度直径, 单位: μm ;

D_{v.50}: 体积分布中 50% 所对应粒度直径, 单位: μm ;

DV_{.90}: 体积分布中 90% 所对应粒度直径, 单位: μm ;

沉积密度: 每单位面积的雾滴数量密度, 单位: 个/ cm^2 ;

雾滴覆盖率: 每单位面积的雾滴面积比率;

病情指数: 表示植物病害严重程度的指标, 根据病斑数量或所占叶片面积, 以分级计数的方法来估计病情轻重

$$\text{病情指数 (\%)} = \frac{\sum x_i y_i}{x_{\max} \sum y_i} \times 100$$

式中, x_i ——病级代表值, y_i —— x_i 对应病级的叶片数。

防治效果: 用于定量评价药剂防治效果

$$\text{防治效果 (\%)} = \frac{CK_1 - PT_1}{CK_1} \times 100$$

式中, CK_1 ——空白对照区施药后病情指数, PT_1 ——药剂处理区施药后病情指数。

雾滴谱宽度: 雾滴大小分布的均匀程度。

$$\text{雾滴谱宽度} = \frac{DV_{.90} - DV_{.10}}{DV_{.50}}$$

垂直(水平)雾滴(粉粒)参数分布均匀性(CV): 使用

变异系数衡量垂直（水平）雾滴（粉粒）分布相关参数均匀性，数值越高，分布均匀性更好，

$$CV(\%) = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\%$$

SD——标准偏差； \bar{x} ——平均指标；

（五）试验方法及数据分析

1. 试验方法：选取长势、品种较为一致的成龄橡胶林，橡胶树行距约为 7 m，株距为 3 m，采用五点取样法选取 5 棵长势良好的橡胶树，在不同高度布置采样点，在垂直高度上选取 3.5 m、5 m、6.5 m、8 m、9.5 m、11 m 共 5 个不同高度采样点。每个样点 3 条采样线，做 3 次重复，共设 15 条，采样点编号 A、B、C、D、E，采样线根据不同采样点分别编号为 A1、A2、A3、B1、B2、B3、C1、C2、C3、D1、D2、D3、E1、E2、E3，采样线垂直于橡胶林地。三条采样线呈三角形分布采用水敏纸作为雾滴接收器，每个采样点水平放置 1 张水敏纸，水敏层向上。按照给定作业参数进行喷施作业，喷雾结束后收集样品于自封袋，编号置于暗箱内，待测。布样设置如图 1 与图 2 所示。

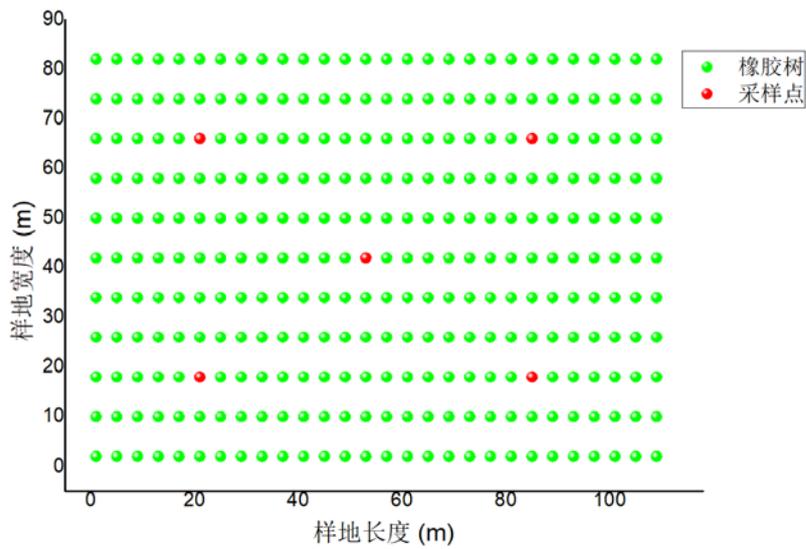


图 1 样地五点取样法选取橡胶树

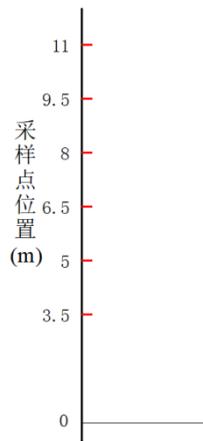


图 2 不同高度上采样点布置

2.数据处理及分析：通过显微镜或扫描仪及相关软件对水敏纸上的雾滴参数进行观测、统计，采用 LSD 在 $P=0.05$ 水平上进行显著性分析。

供试药械为极目 E-A2020 型电动农用植保无人机，喷头采用离心喷头，喷头数量 2 个、喷幅 3 米、最大载量 15L，起飞高度 3.0，作业高度离树冠 3.0m，飞行速度 2.5 米/秒，转弯亩喷量为常规的 50%，雾化粒度为 $30\mu\text{m}$ ，喷幅设置 4.0m，作业施药量 5000.0mL/亩。

在 4 种不同喷雾粒径下对 4 块样地分别进行 3 次重复试验，检验粒径尺寸对冠层穿透影响及垂直及水平的喷雾均匀情况（见表 2）。

综合考虑选用垂直穿透及水平分布最优的粒径在白粉高发期对 4 块样地进行 2 次喷雾、2 块样地进行 2 次喷粉质量效果测试及对橡胶树白粉病的防治效果，试验结果见表 3、4、5、6。

表 2 粒径尺寸垂直及水平的喷施均匀情况

粒径编号	DV _{.50} (μm)	CV. 覆盖率		CV. 密度	
		水平	垂直	水平	垂直
1	69.97±3.57	81.61±20.17	66.17±27.34	78.71±20.32	64.48±24.52
2	96.35±5.68	45.25±23.31	76.08±18.46	49.39±20.76	60.17±26.52
3	142.60±14.78	88.36±32.69	69.24±22.75	80.66±32.05	56.57±15.78
4	253.12±15.52	96.36±8.04	79.01±20.94	83.93±7.38	75.75±27.97

分别对 4 种不同粒径的喷施质量进行测定，当微粒较小，微粒重量较轻时，在水平方向更易产生漂移导致微粒密度分布不均，在垂直方向影响各高度的微粒密度分布的均匀性，当微粒过大，微粒重量较重时，微粒扩散性能较差，同样导致水平方向分布不均，同等体积下微粒数较少，在垂直方向上同样影响微粒密度分布的均匀性。通过 4 种不同粒径喷施质量测定，确定较优微粒 DV_{.50}为 90-100μm。

表 3 样地飞防试验结果

样地	高度	DV _{.10} (μm)	DV _{.50} (μm)	DV _{.90} (μm)	覆盖率 (%)	密度 (个/cm ²)
1	3.5m	63.2±9.65	95±21.18	139.2±55.67	0.05±0.03	2.97±2.13
	5m	58±14.49	90.6±22.63	119±35.37	0.07±0.05	4.67±2.57
	6.5m	57.6±18.99	91±11.05	115.8±17.47	0.07±0.07	5.17±4.08
	8m	62.5±8.54	104.25±12.04	147.5±37.97	0.13±0.1	7.8±6.05
	9.5m	61.6±7.67	104±14.35	155.2±29.17	0.17±0.1	11.07±6.12
	11m	68.75±11.06	101.5±20.29	141±31.59	0.23±0.12	14.55±6.1
2	3.5m	60.4±6.39	95±13.51	132.2±20.86	0.03±0.03	3.47±1.75
	5m	59.6±4.98	91.8±16.54	120.8±30.39	0.07±0.03	4.53±2.37
	6.5m	64.8±6.57	103.8±37.79	150.2±81.65	0.08±0.07	5.57±5.9
	8m	61±8.25	87.5±7.68	118.25±8.06	0.05±0.02	4.25±1.7
	9.5m	65.2±5.76	100.8±7.01	141.2±19.07	0.38±0.48	23.83±28.5
	11m	65.4±1.34	101±3.08	143.4±11.01	0.48±0.35	30.53±21.07
3	3.5m	54.6±3.71	83±23.18	114.6±35.47	0.02±0.02	1.9±0.78
	5m	62.4±5.37	94.8±16.35	140.6±38.41	0.07±0.03	4.77±2.45
	6.5m	60.6±6.77	107.4±27.26	151.2±57.43	0.07±0.03	4.3±2.63

	8m	59.2±8.2	88.8±21.7	140.4±29.74	0.07±0.03	5.47±3.05
	9.5m	61.2±2.68	94.4±10.97	131±20.12	0.13±0.12	9.47±8.55
	11m	61.2±2.68	96.8±12.7	125.4±20.96	0.17±0.1	12.5±7.65
4	3.5m	55.2±4.38	89.6±19.67	122.2±28.47	0.03±0	2.9±1.07
	5m	55.2±6.1	74.4±15.76	92.8±25.05	0.03±0.03	3.13±2.13
	6.5m	53.6±3.58	80.8±10.59	122±16.57	0.07±0.1	5.2±6.73
	8m	60.8±5.76	98.6±32.99	149.2±78.44	0.07±0.05	4.8±2.87
	9.5m	60±0	92.5±10.47	136.75±28.46	0.12±0.05	9.47±4.8
	11m	60±0	90±5.96	148±31.02	0.22±0.12	17.23±10.28
5	3.5m	59.8±5.02	98.4±7.09	136.8±9.01	0.1±0.07	6.67±4.37
	5m	64.8±5.02	106.8±12.44	180±63.39	0.2±0.12	12.6±7.52
	6.5m	65±7.48	103.6±12.14	140.4±15.61	0.23±0.1	13.7±5.7
	8m	68.2±6.5	107.6±10.43	180±75.9	0.47±0.2	28.07±8.97
	9.5m	65.4±4.45	103.6±9.76	177.6±83.21	0.48±0.27	30.13±13.72
	11m	67.2±5.02	107±6.67	189.2±87.77	0.75±0.32	47.63±20.88
6	3.5m	56.8±4.38	96.8±13.08	137.4±22.9	0.07±0.03	4.92±1.37
	5m	61.6±10.04	93.8±16.77	119.4±21	0.15±0.12	9.12±8.05
	6.5m	66.6±10.29	101.4±24.15	144.6±41.51	0.32±0.25	18.42±15.12
	8m	63±3.46	100.75±4.27	136±7.26	0.52±0.3	33.63±18.7
	9.5m	64±3.74	104±5.66	142±5.48	0.63±0.35	41.42±25.73
	11m	66±0	82.72±45.38	146±4.3	1±0.32	63.33±20.08

表 4 样地飞防试验结果（水平方向）

样地	模式	DV _{.10} (μm)	DV _{.50} (μm)	DV _{.90} (μm)	雾滴谱宽度	覆盖率	密度	防治效果(%)
						(%)	(个/CM ²)	
1		61.87±6.67	97.39±5.36	135.88±9.07	0.76±0.06	0.12±0.04	7.69±2.89	65.72±13.94 ab
2	喷	62.82±0.77	97.11±4.87	135.23±11.33	0.74±0.08	0.2±0.19	12.98±11.57	82.87±11.35 a
3	雾	59.87±2.03	94.2±9.65	133.87±19.78	0.78±0.12	0.09±0.03	6.4±2.99	48.44±20.01 bc
4		57.51±2.45	87.39±3.02	127.83±12.33	0.8±0.14	0.09±0.03	7.05±2.15	37.63±9.66 c
5	喷	65.07±3.01	104.5±4.81	167.33±35.81	0.98±0.31	0.37±0.11	23.13±6.77	26.53±4.01 b
6	粉	63.1±3.7	96.83±10.43	137.93±11.63	0.77±0.07	0.41±0.22	26.2±15.03	70.61±26.47 a

表 5 样地飞防试验结果（垂直方向）

样地	模式	DV _{.10} (μm)	DV _{.50} (μm)	DV _{.90} (μm)	雾滴谱宽度	覆盖率 (%)	密度 (个/CM ²)	防治效果 (%)
1		63.06±5.05	103.15±17.36	145.1±30.83	0.78±0.13	0.12±0.07	7.7±4.39	65.72±13.94 ab
2	喷	62.73±2.67	96.65±6.28	134.34±12.86	0.74±0.06	0.18±0.2	12.03±11.95	82.87±11.35 a
3	雾	59.87±2.78	94.2±8.2	133.87±12.96	0.78±0.08	0.09±0.05	6.4±3.87	48.44±20.01 bc
4		57.47±3.14	87.65±8.66	128.49±21.13	0.8±0.15	0.09±0.07	7.12±5.49	37.63±9.66 c
5	喷	65.07±2.91	104.5±3.46	167.33±22.64	0.98±0.16	0.37±0.24	23.13±15.13	26.53±4.01 b
6	粉	63±3.56	96.58±7.69	137.57±9.72	0.78±0.11	0.44±0.34	28.47±22.09	70.61±26.47 a

表 6 样地飞防试验变异系数

样地	CV	DV _{.50}		雾滴谱宽度		覆盖率		密度	
		垂直	水平	垂直	垂直	水平	垂直	水平	
1		16.83	5.5	13.02	61.51	33.33	56.95	37.58	
2	喷	6.50	5.01	8.79	107.55	95	99.30	89.14	
3	雾	8.70	10.24	11.75	63.66	33.33	60.44	46.72	
4		9.88	3.46	20.41	79.87	33.33	77.05	30.5	
5	喷	3.31	4.6	17.88	65.96	29.73	65.41	29.27	
6	粉	7.96	10.77	15.09	77.06	53.66	74.45	57.37	

以最终防治效果为指标，样地 1 与样地 2 在喷雾防治中效果较优，样地 6 在喷粉防治中效果较优。当雾滴（粉粒）谱宽度越小，雾滴（粉粒）粒径越均一，粒径过小会导致雾滴穿透力下降，易漂移，覆盖率、雾滴密度越高，防治效果

越好，在较优粒径 $DV_{.50}$, 90-100 μm , 垂直及水平方向上雾滴平均密度 ≥ 12 个/ cm^2 , 平均覆盖率 $\geq 0.18\%$, 防治效果可达 70% 以上; 喷粉作业当垂直及水平方向上覆盖率 $\geq 0.40\%$, 平均密度 ≥ 26 个/ cm^2 , 防治效果可达 70% 以上。变异系数(CV) 衡量在垂直方向上的雾滴相关参数的均一性, 可用于评估植保无人机在橡胶树飞防对冠层的穿透程度及水平均匀性, 变异系数越低, 分布均一性更好, 雾滴(粉粒)对冠层穿透能力更强, 其中微粒分布均匀性使用雾滴密度 CV 或者雾滴覆盖率 CV 表示, 微粒粒径在穿透冠层过程种的稳定性用喷雾(微粒)谱宽度 CV 表示。垂直方向上以防治效果为指标, 喷雾雾滴谱宽度 $CV \leq 9$, 喷粉雾滴谱宽度 $CV \leq 15$, 喷雾覆盖率 $CV \leq 65$, 喷粉覆盖率 $CV \leq 80$, 雾滴密度 $CV \leq 60$, 粉粒密度 $CV \leq 75$, 水平方向上喷雾覆盖率 $CV \leq 40$, 喷粉覆盖率 $CV \leq 60$, 雾滴密度 $CV \leq 40$, 粉粒密度 $CV \leq 60$, 有较好的防治效果。

(六) 技术经济论证及预期的经济效果

海南省橡胶林的树高一般在 20~30 米, 人工背负式喷粉/喷烟防治都是地面施药, 药剂自下而上运动, 受药剂自身重力影响, 普遍存在扬程(静风仅 20 米)不足, 施药精确度不足, 仅仅能达到橡胶树的中部, 无法有效将药剂送至冠层密集处, 顶层染病叶片难以得到防治, 导致多数药剂洒落地面造成浪费和污染。无人机的施药方式是从上至下, 药剂最先接触冠层顶部, 能精确控制药剂施药量, 部分无人机能控制

粒径大小，依靠旋翼下压风场将药剂均匀散布至林段，增强了药剂穿透性，能较均匀沉降在整棵树叶片上。减少了药剂沉积在土壤中的损失，大大提高了农药利用率。目前我国植胶区防治橡胶白粉病使用的植保机械主要有背负式 3WF-14G、3WF-20A 或 6HWF-20 喷粉机和 6HYB-25 (w) 烟雾机，按每天作业时间 8 小时来计算，每台喷粉机作业效率 20-30 亩/时，每日工作量在 160-180 亩/天。以型号为 E-A2020 植保无人机载荷 15 公斤药剂的无人机为例，喷粉防治橡胶树白粉病作业效率为 50-60 亩/天，每日工作量在 400-480 亩/天，并且受地形限制较小，在作业效率上是人工防治的 2-3 倍，常用背负式喷粉机在防治白粉病时，每台喷粉机配备一般 4 人为一个小组，植保无人机每台配备 2 人，一台无人机的防治效率与 3 台喷粉机相近，在节省用工上是人工的 6 倍。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济结果

该试验在橡胶树白粉病高发期，采取大田试验方法，试验方法科学合理，操作简便，指标直观，试验使用的设备常见易得，可较好评估不同型号植保无人机在不同飞行参数下的施药质量，为确定有效的飞行参数及植保无人机型号提供理论依据。

当前尚无针对高大乔木的植保无人机飞防质量标准，本标准的提出填补了橡胶林飞防质量关键指标及试验方法的

空白，关键指标与《农业航空作业质量技术指标 第 1 部分：喷洒作业》（MH/T 1002.1-2016）通用，标准化程度高。

植保无人机的施药方式是从上至下，依靠旋翼下压风场将药剂均匀散布至林段，减少了药剂沉积在土壤中的损失，提高农药利用率。实施标准在作业效率上是人工防治的 2-3 倍，在节省用工上是人工的 6 倍。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度

本标准未采用国际标准及国外标准，目前植保无人机在国际标准上仍属空白。

五、与有关的现行法律法规和强制性标准的关系

本标准的制定与现行的法律法规及规范性文件的要求相一致，无不符合之处。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、标准作为强制性或推荐性标准发布的意见

本标准属于生产技术规范类标准，并不涉及有关国家安全、保护人体健康和人身财产安全、环境质量要求等有关强制性地方标准或强制性条文等的八项要求之一，因此建议作为推荐性农业行业标准发布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准属于农业行业技术规范标准范畴，涉及面广，但不涉及技术措施、技术过渡等内容，尚无标准宣贯要求及措施建议。

九、废止现行有关标准的建议

不涉及。

十、其它需要说明的事项

无。

意见反馈表

标准名称				
反馈人姓名	手机	工作单位 (加盖公章)	职务/职称	电子信箱
章条号	修改意见		理由	