ICS 65.020.20
CCS B 05

CSF

团　　体　　标　　准

T/CSF ×××—××××

杉木人工林硅酸盐矿物粉末添加技术规程

Technical code of practice for the application of silicate mineral powder in *Cunninghamia lanceolata* plantations

（公示稿）

XXXX - XX - XX 发布　　XXXX - XX - XX 实施

中国林学会　发布

目 次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 总体要求 2
5 硅酸盐矿物粉末规格 2
5.1 种类选择 2
5.2 质量要求 2
6 适用条件 2
6.1 土壤 pH 2
6.2 土壤盐基饱和度 3
7 施用技术 3
7.1 施用量 3
7.2 施用方法 3
7.3 施用周期 3
8 效果评价 3
8.1 评价周期 3
8.2 环境风险评价 4
8.3 土壤改良效果评价 4
8.4 土壤无机碳固定评价 4

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。

本文件由中国科学院沈阳应用生态研究所提出。

本文件由中国林学会归口。

本文件起草单位：中国科学院沈阳应用生态研究所、中国林业科学研究院林业研究所、国际竹藤中心、华中农业大学、中国林业科学研究院热带林业研究所。

本文件主要起草人：张伟东、耿世聪、李冰伦、姜春前、汪思龙、白彦锋、王永健、肖以华、雷刚、杨庆朋、陈龙池、阴黎明、关欣、颜咏雪、张延宽等。

杉木人工林硅酸盐矿物粉末添加技术规程

1 范围

本文件规定了杉木人工林添加硅酸盐矿物粉末的总体要求、硅酸盐矿物粉末规格、适用条件、施用技术和效果评价等方面的技术内容和要求。

本文件适用于我国南方低山丘陵区以土壤改良为目的的杉木（*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.）人工林改造活动。

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 15618-2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 47298 土壤碳酸盐含量的测定 气量法

LY/T 1247 森林土壤盐基饱和度的计算

NY/T 1121.2 土壤检测 第 2 部分 土壤 pH 的测定

NY/T 3034—2016 土壤调理剂

NY/T 3443—2019 石灰质改良酸化土壤技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

硅酸盐矿物粉末 silicate mineral powder

一种含钙、镁或铁的链状偏硅酸盐类矿物（化学分子式为 $CaSiO_3$，$(Mg, Fe)_2SiO_4$），由天然的硅酸盐矿物岩石（硬度为 4.5～5.5，密度为 2.75 g/cm^3～3.10 g/cm^3）经破碎、研磨等工艺加工而成的粉末状物质。

3.2

酸性土壤 acid soil

指土壤呈酸性反应，导致植物生长受到抑制的障碍土壤。

[来源：NY/T 3034—2016，3.2.4，有修改]

3.3

盐基饱和度 base saturation

土壤胶体上吸附的交换性盐基离子（Ca^{2+}、Mg^{2+}、K^+、Na^+等，不包括 H^+和 Al^{3+}）占阳离子交换量（CEC）或交换性阳离子总量的百分比。其数值是描述土壤交换性阳离子组成的核心指标，也可作为改良酸性土壤时施用改良剂的依据之一。

3.4

土壤改良 soil improvement

针对土壤的不良性状和障碍因素，采取相应物理、化学或生物措施，改善土壤性状、提高土壤肥力的过程。

4 总体要求

杉木人工林添加硅酸盐矿物粉末的总体要求包括以下内容：

a） 明确目标。以土壤改良为核心，提升杉木人工林土壤肥力、缓解土壤酸化、改善土壤结构，促进植物生长。

b） 因地制宜。结合土壤实际 pH 和盐基饱和度状况确定硅酸盐矿物粉末施用量。

c） 安全施用。确保硅酸盐矿物粉末重金属含量符合标准，避免造成土壤、水体污染。

d） 长期监测。施用后应跟踪监测土壤理化性质、养分状况，评估改良效果。

5 硅酸盐矿物粉末规格

5.1 种类选择

常见硅酸盐矿物有硅灰石、橄榄石和玄武岩等，根据当地或邻近区域硅酸盐矿物资源，选用其中一种。

5.2 质量要求

参照NY/T 3034—2016中4.2.1矿物源土壤调理剂要求将硅酸盐矿物经标准化工艺或无害化处理加工成粉末状，具体质量要求见表1。

表1 硅酸盐矿物粉末质量要求

指标		硅灰石	橄榄石	玄武岩
SiO_2含量，%		≥40	≥40	≥40
钙镁氧化物含量，%		≥40	≥40	≥20
（0～1）mm粒径含量，%		≥95	≥95	≥95
重金属含量，mg/kg	镉（Cd）	≤1.0	≤1.0	≤1.0
	铅（Pb）	≤100	≤100	≤100
	铬（Cr）	≤150	≤150	≤150
	砷（As）	≤30	≤30	≤30
	汞（Hg）	≤2.0	≤2.0	≤2.0
注：钙镁氧化物含量以CaO与MgO含量之和计；重金属含量参照NY/T 3443-2019中4.2标准执行。				

6 适用条件

6.1 土壤 pH

杉木人工林适宜生长的土壤pH为5.0～6.5，表层土壤（0 cm～20 cm）pH＜5.0的杉木人工林适用本文件，当pH≤4.2时，杉木已处于铝毒害敏感区间，应优先纳入本文件的施用范围。

6.2 土壤盐基饱和度

参照LY/T 1247方法计算杉木人工林土壤盐基饱和度，数值低于40%的杉木人工林适用本文件。

7 施用技术

7.1 施用量

根据土壤pH和盐基饱和度确定硅酸盐矿物粉末施用量，具体施用量范围见表2。

表2 杉木人工林硅酸盐矿物粉末施用量参照表

土壤盐基饱和度（BS%）	pH	
	pH 4.3～5.0 酸化，酸度负荷中等	pH ≤4.2 酸化严重，铝毒敏感
BS% ≥ 40% 盐基比例尚可，酸度是主要限制	策略：低量补充，维持盐基平衡，缓慢中和酸度 硅灰石：1.88 t/hm²～5.63 t/hm² 橄榄石：1.88 t/hm²～5.63 t/hm² 玄武岩：3.5 t/hm²～11.25 t/hm²	策略：中量补充，以中和酸度为主，同步巩固盐基库 硅灰石：6.25 t/hm²～6.88 t/hm² 橄榄石：6.25 t/hm²～6.88 t/hm² 玄武岩：12.50 t/hm²～13.75 t/hm²
BS% ＜ 40% 盐基亏缺，酸度与养分双重障碍	策略：中量补充，酸度中和与盐基补充并重 硅灰石：5.63 t/hm²～9.38 t/hm² 橄榄石：5.63 t/hm²～9.38 t/hm² 玄武岩：11.25 t/hm²～18.75 t/hm²	策略：高量补充，优先中和酸度，同步补充盐基 硅灰石：10.00 t/hm²～10.63 t/hm² 橄榄石：10.00 t/hm²～10.63 t/hm² 玄武岩：20.00 t/hm²～21.25 t/hm²
注：基于农林业土壤 pH 改良中，改良剂用量与土壤 pH 变化幅度（ΔpH）呈正比的经验模型，确定硅酸盐矿物粉末施用量，计算公式如下：硅灰石粉施用量（t/hm^2） = 6.25 × ΔpH + 1.25，橄榄石和玄武岩施用量按钙镁氧化物含量与硅灰石对比计算得出。		

7.2 施用方法

一般选择春季开始阶段施用最佳，人工将硅酸盐矿物粉末撒在林地表面，作业人员应穿戴乳胶手套、防尘口罩，避免粉尘对作业人员可能造成的风险。

7.3 施用周期

硅酸盐矿物粉末施用后，土壤改良效果通常可以持续 2 至 3 年，可每 3 年施用一次，施用前需再次测定土壤 pH 和盐基饱和度，确定最适施用量。

8 效果评价

8.1 评价周期

硅酸盐矿物粉末施用于杉木人工林后，从短期响应和中期稳定性两个时间尺度进行评价。基础生态效应监测周期不少于2年，重点评估土壤pH、盐基饱和度及交换性阳离子的短期响应；中期效果验证周期为5年～10年，重点评估环境风险的长期演变、土壤改良效果的持续性和无机碳固定的累积量。首次监测在施用后第一个生长季结束时进行，作为后续评价的基线参照。

8.2 环境风险评价

8.2.1 土壤重金属风险评价

硅酸盐矿物粉末的Cd、Pb、Cr、As、Hg含量限值按表1执行。施用后每3年检测表层土壤（0 cm～20 cm）中上述重金属的全量，参照GB 15618—2018 4.1中“其他”用地的污染风险筛选值进行判定，当土壤重金属含量较施用前基线升高幅度超过20%，或接近筛选值时，应暂停施用并排查来源。

8.2.2 水体与径流迁移风险评价

在坡度大于15 °的林地，设置地表径流监测点，检测径流中悬浮物浓度及溶解态Ca^{2+}、Mg^{2+}、K^{+}和Si的浓度变化。若径流中悬浮物浓度显著高于未施用地块，或水体pH出现异常升高，应调整施用方式（改为穴施或分次施用）或缩减坡度适用范围。

8.3 土壤改良效果评价

8.3.1 土壤pH改良效果评价

以土壤pH为核心指标，按NY/T 1121.2测定。评价标准为：施用后2年内，pH较基线上升幅度达到0.3～0.8个单位；对于基线pH≤4.2的林地，2年内pH提升至4.5以上即视为有效响应。

8.3.2 土壤盐基饱和度改良效果评价

以盐基饱和度（BS%）为核心指标，按LY/T 1247计算。评价标准为：施用后3年～5年内，BS%较基线提升不少于10个百分点。

8.4 土壤无机碳固定评价

土壤无机碳（以碳酸盐形态为主）的测定按 GB/T 47298 执行，该方法基于土壤样品与盐酸反应生成二氧化碳气体，通过测量气体体积换算为碳酸钙的质量，进而计算碳酸盐含量。

选取施用硅酸盐矿物粉末处理和不施用对照的风干土壤，去除石块等杂质，过 2mm 孔径筛，由气量法测得的碳酸盐含量（以 $CaCO_3$计，g/kg）换算为无机碳固定量，其计算见公式（1）：

$$\Delta C_{无机} = (CaCO_{3,t} - CaCO_{3,c}) \times 12/100 \times \rho \times d \times 10^{-1} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

$\Delta C_{无机}$ ——单位面积土壤无机碳固定量，单位为吨碳每公顷（t C/hm^2）；

$CaCO_{3,t}$ ——施用硅酸盐矿物粉末处理土壤碳酸盐含量（以 $CaCO_3$计），单位为克每千克（g/kg）；

$CaCO_{3,c}$ ——未施用硅酸盐矿物粉末的对照土壤碳酸盐含量（以 $CaCO_3$计），单位为克每千克（g/kg）；

P ——土壤容重，单位为克每立方厘米（g/cm^3）；

d ——采样深度，单位为厘米（cm）。