

ICS 65.020.40  
CCS B 65

# CSF 团体标准

T/CSF 0153—2026

## 华山松疱锈病综合防控技术规范

Technical code of Integrated control for *Pinus armandii*

Blister Rust

2026-06-26 发布

2026-06-26 实施

中国林学会 发布



## 目 次

目 次 .....	I
前 言 .....	II
1.范围 .....	1
2.规范性引用文件 .....	1
3.术语和定义 .....	1
4. 应用原则 .....	3
5. 林分抚育（一抚） .....	3
6. 林分抗性诱导（一诱） .....	4
7. 注干防治（一注） .....	4
8. 应急除治（一喷） .....	4
9. 茶藨生柱锈菌的 HNB-LAMP 检测(一检) .....	5
10.防治效果评价 .....	6
11.防控日历 .....	6
12.防治档案 .....	6
附录 A（资料性）华山松疱锈病侵染循环 .....	7
附录 B（资料性）华山松疱锈病转主寄主植物 .....	8
附录 C（资料性）可使用的生物源、矿物源、生物化学源农药有效成分及使用方法 .....	9
附录 D（资料性）可使用的化学农药成分及使用方法 .....	12
附录 E（规范性） 华山松疱锈病分级标准 .....	13
附 录 F（规范性） 羟基萘酚蓝-环介导等温扩增技术（HNB-LAMP 技术） .....	14
附 录 G（规范性） 诱抗剂的插瓶使用 .....	15
附 录 H（规范性） 注干剂的使用 .....	16
附 录 I（规范性） 华山松疱锈病防控日历 .....	17
附 录 J（规范性） 华山松疱锈病防控档案记录表 .....	18

## 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。

本文件由西北农林科技大学提出。

本文件由中国林学会归口。

本文件起草单位：西北农林科技大学、四川农业大学、四川省林业和草原有害生物防治检疫总站、北京十方生物科技有限公司、巴中市林业局、中国林科院森林生态环境与自然保护研究所、南江县林业局、金阳县林业局、布拖县林业局、陕西歌文达生物科技有限公司。

本文件主要起草人：余仲东、朱天辉、陈小平、王兴旺、苟小东、韩珊、盛敏、郭青霞、邹光森、阿里日破、沈正彬、赵强、刘振凯、杨涛。





# 华山松疱锈病综合防控技术规范

## 1 范围

本文件规定了华山松疱锈病的综合防控技术方案的应用场景、林分抚育、林分诱导抗性、注干防治、应急除治、防效评价、疱锈病菌HNB-LAMP检测的基本流程和标准、防治日历和防治档案记录表。

本文件适用于华山松疱锈病的预防和治疗。

## 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，标注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件。

GB/T 15781—2015 森林抚育规程

GB/T 23617-2009 林业检疫性有害生物调查总则

GB/T 29587—2013 松疱锈病菌检疫鉴定方法

LY/T 2011-2023 森林病虫害防治技术规程

LY/T 2780—2016 松疱锈病菌检疫技术规程

LY/T 2973—2018 华山松人工林抚育技术规程

NY/T 496-2010 肥料合理使用准则通则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**华山松疱锈病** *Pinus armandii* Blister Rust

华山松疱锈病是一种由担子菌门(Basidiomycota)锈菌纲(Uredinomycetes)锈菌目(Uredinales)柱锈菌科(Cronartiaceae)柱锈菌属(*Cronartium*)茶藨生柱锈菌(*Cronartium ribicola* J.C.Fischer and Rabenhorst)引起的华山松干部溃疡病，早春在发病的枝干部位可见到泡状的锈子器，是外来检疫性病害，发生特点参见附录 A。

### 3.2

**茶藨生柱锈菌转主寄主** Alternate Hosts of *Cronartium ribicola*

茶藨生柱锈菌需在两种或两种以上不同的寄主植物上营寄生生活才能完成生活史。其中，0、I阶段的寄主为华山松 *P. armandii*，II、III阶段的寄主为茶藨子属(*Ribes*)和马先蒿属(*Pedicularis*)的植物(参见附录 B)。

### 3.3

**茶藨生柱锈菌重寄生菌** Mycoparasite of *Cronartium ribicola*

是一种以茶藨生柱锈菌为宿主的真菌。这类真菌可通过寄生于茶藨生柱锈菌的锈孢子、夏孢子和冬孢子中获取营养，从而导致其寄主茶藨生柱锈菌生长受阻甚至死亡。

### 3.4

#### 华山松内生菌 Endophytes in *Pinus armandii*

指部分或全部生活史于华山松树体内且能与华山松建立良好共生关系的微生物,主要包括真菌和细菌类群。

### 3.5

#### 华山松林分有益微生物 Probiotics of *Pinus armandii* forest

指那些能分解华山松林分中腐殖质、枯落物或改良土壤、促进生长、增强华山松抗病性、提高肥料利用率的微生物类群,在本标准中特指能改善华山松林分立地、诱导华山松获得抗性的内生菌和茶蔗生柱锈菌的重寄生菌。

### 3.6

#### 合成微生物群落 Synthetic microbial communities, Syncome

指于实验室通过人工复配的方式将多种功能互补的微生物合成的一个微生物群落。该群落可通过多种微生物菌株的功能互补与协同,诱导华山松林分产生获得抗性 or 增强对茶蔗生柱锈菌的寄生能力。本标准中指由华山松内生细菌:韩国假单胞杆菌 *Pseudomonas koreensis* + 土地类芽孢杆菌 *Paenibacillus terrae* + 贝莱斯芽孢杆菌 *Bacillus velezensis* + 枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis* 组成的合成微生物群落,具有拮抗、溶磷、解钾、固氮、嗜铁、分解纤维素、产植物生长激素 IAA 等功能;由华山松内生木霉:深绿木霉 *Trichoderma atroviride*+绿色木霉 *T. viride*+立希木霉 *T. lixii* 组成的合成微生物群落、由内生枝孢霉枝状枝孢霉 *Cladosporium cladosporioides*+大果枝孢霉 *C. macrocarpon*+细脉枝孢霉 *C. iridis*+尖胞枝孢霉 *C. acutatum* 组成的合成微生物菌落,分别寄生于茶蔗生柱锈菌锈孢子阶段、夏(冬)孢子阶段,且能产几丁质酶、产葡聚糖酶、产嗜铁素、IAA 等能力。

### 3.7

#### 植物诱抗剂 Phytoinducers

指能诱导华山松产生抗虫、抗病和抗逆的微生物制剂、微生物代谢产物、植物激素类物质和其他化学制剂。本标准指 3.6 中细菌人工合成微生物群落、茉莉酸甲酯 (MeJA) 和苯并噻二唑水溶剂 (BION 50WG) (参照附录 C)。

### 3.8

#### 注干剂 Injection

指通过注射方式实现对华山松枝干病虫害防治或诱导抗性的化学药剂,包括内吸性杀菌剂、诱抗剂及兼治害虫的杀虫剂等,通过蒸腾作用在华山松树体内传输,本标准指注射用诱抗剂 (MeJA+ BION 50WG)、丙环唑、2%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油 (参照附录 C、D)。

### 3.9

#### 发病率 Incidence

指华山松林分中发病株数占总调查株数的百分比 ( $R=N_i/N$ , 式中  $N_i$  和  $N$  分别为调查样方内病株和总植株数量;参见 GB/T 23617-2009)。

### 3.10

#### 防治率 Control rate (CR)

指综合防治处理后,处理组华山松林分中发病率减少的比率,按公式:

$$\text{发病率 CR} = \frac{(\text{未处理林分发病率} - \text{处理林分发病率})}{\text{未处理林分发病率}} \times 100\%$$

### 3.11

#### 病情指数 Disease Index (DI)

病情指数是一个全面考虑发病率与危害严重度的综合指标,可量化疱锈病对华山松的危害程度,病害分级标准参照(附录E)。当疱锈病危害严重度用分级代表值来表示时,病情指数的计算公式为:

$$\text{病情指数 DI} = \frac{\sum_{i=1}^{Ni} (\text{各级病株数 } Ni \times \text{各级代表值 } Pt)}{(\text{调查总株数 } N \times \text{最高级代表值 } \text{MaxPt})} \times 100$$

其中:

$\Sigma$  表示求和;

Ni:各级病株数指的是处于某一病害级别的单株数量;

Pt:各级代表值是与该病害级别相对应的代表数值;

N:调查总株数指的是调查的样方林木总数;

MaxPt 最高级代表值是指病害分级中的最高级别的代表数值。

### 3.12

#### 华山松疱锈病病菌的 HNB-LAMP 检测 Hydroxynaphthol blue Loop-mediated isothermal amplification (HNB-LAMP) Detection for Pinus armandii blister rust

指用植物DNA提取试剂盒快速提取华山松树皮DNA后,利用茶蔗生柱锈菌的3对特异性引物进行的一种等温、快速、特异性扩增和羟基萘酚蓝(HNB)的可视化检测(见附录F)。

## 4 应用原则

发生或未发生疱锈病的华山松林分,以能有效切断侵染循环、提高林分抗病性为基本原则。采用下面“五个一”操作方案完成综合防控,即“一抚一诱一注一喷一检”。

## 5 林分抚育(一抚)

### 5.1 林分抚育的目标

减少或清除林地转主寄主植物及病死树木,改善林分结构,提高林分立地质量和林木抗病性。

### 5.2 林分抚育时间

于树液停止流动期内(横断山区及青藏地区:10月份至来年4-5月份;秦巴山区及以北地区:9月份至来年5-6月份)进行抚育,至少需连续抚育2年。

### 5.3 林分抚育方法

#### 5.3.1 间伐

中幼龄林分,通过间伐去除积压木、衰弱木、病残体及影响林分整体生长的霸王木,使林分郁闭度不超过0.7。成熟或过熟林分,根据培育目标确定间伐方式,使林分郁闭度不超过0.6,参见GB/T15781—2015中7.4的规定执行。

#### 5.3.2 整枝

参见LY/T 2973—2018中10.2的规定执行。

### 5.3.3 林下植被清除

采用人工清除、就地粉碎再覆土的办法，尽可能清除林下及林分周边的茶藨子、马先蒿等转主寄主植物；作业时间全年皆可，以早春或盛夏为主。

## 6 林分抗性诱导（一诱）

### 6.1 处理对象

未发病林分或孤立木。

### 6.2 处理时间

早春树液流动前。青藏和横断山地区，可每年3月30日前；秦巴山区及以北地区，每年4月10日前。

### 6.3 有益微生物诱抗处理方法

林地喷施复合微生物菌剂，如华山松内生菌群制剂（韩国假单胞杆菌 *Pseudomonas koreensis* + 土地类芽孢杆菌 *Paenibacillus terrae* + 贝莱斯芽孢杆菌 *Bacillus velezensis* + 枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*）或芽孢杆菌+伯格氏细菌（*Bacillus sp.*+ *Burkholderia sp.*），每亩 10 公斤，稀释后使用，细菌终浓度不低于  $10^5$  个/mL；初夏或晚春喷施，生物制剂参见附录 C。有条件的地方，可在林地翻耕后喷施，参见 NY/T 496-2010 中 4.5 规定执行。

### 6.4 化学药剂诱抗处理方法

早春树液流动前，按 BION 50WG: MeJA=10:1，配制华山松诱抗剂混合液，使终浓度为 1000 ppm。测量华山松胸径，根据胸径计算诱抗剂单株用量（按 2mL/cm），再于华山松干基部利用插瓶的方式进行注药，具体方法见附录 G。

## 7 注干防治（一注）

### 7.1 注干对象

发病林分和发病的孤立木。

### 7.2 注干时间

早春树液开始流动之前；秦巴山区在 4 月 10 日前，横断山区在 3 月 30 日前，喜马拉雅山东段（包括甘孜州、阿坝州、江油市等地）在 4 月 20 日前。

### 7.3 注干设备和方法

测量华山松胸径，根据胸径计算甲维盐+丙环唑或戊唑醇+Bion 50 WG(1:1)的单株用量(1mL/cm 800 ppm)；利用 8mm 钻头于树干基部或裸根（推荐）进行打孔，打孔深度不超过注射部位树木直径的 1/3，打孔角度为 45°；利用可视定量高压树干注药机（如崧艺 3WBD-15SY）进行高压注射，软木塞封存；每隔 1 年注射 1 次，连续注射 2-3 次，注射方法参见附录 H。

## 8 应急除治（一喷）

### 8.1 除治对象

发病的林分及单株树木的病斑。

## 8.2 除治时间

锈孢子出现时期（每年4-5月）、夏孢子和冬孢子出现时期（每年6-10月）、担孢子飞散时期（每年7-9月）。

## 8.3 利用重寄生菌除治

重寄生菌为分离自锈孢子、冬孢子及树体的木霉、枝孢霉及其组合（见附录C、D），其发酵培养按下列方法完成完成：木霉组合成份为深绿木霉 *Trichoderma atroviride*+绿色木霉 *T. viride*+立希木霉 *T. lixii*；枝孢霉组合成份为枝状枝孢霉 *Cladosporium cladosporioides*+大果枝孢霉 *C. macrocarpon*+细脉枝孢霉 *C. iridis*+尖孢枝孢霉 *C. acutatum*。各组合中每个菌种质量比为1:1:1:1混合后培养，按最优条件温度（30℃）、pH值（3.0~6.0）、氮源（牛肉膏）、碳源（蔗糖）1周后获得分生孢子粉，再按质量比：玉米芯65.1%，木霉孢子粉22.8%，聚乙烯吡咯烷酮4.3%，羧甲基纤维素钠7.6%，保护剂0.3%固体培养1月获得可湿性粉剂。

### 8.3.1 重寄生菌的使用时间

早春使用（四川4月中旬，陕西4月末至5月初）；夏初使用（四川7月中旬，陕西7月末）。

### 8.3.2 重寄生菌的使用方法

春季，用木霉组合可湿性粉剂用水100倍稀释后喷洒发病林分树干，特别是干基部、枝丫等发病部位锈孢子器；对未发病高危林分，可以用无人机喷洒树冠；夏初，用枝孢霉组合可湿性粉剂用水100倍稀释后喷施林下植被叶片除治夏孢子及冬孢子；春夏各1次；使用时间同8.3.1，制剂用量为30公斤/亩，终浓度 $\geq 10^5$ 个/mL。

## 8.4 利用纳米氧化亚铜或其他药剂除治

夏末秋初，利用无人机或其他航空器喷洒纳米氧化亚铜水溶液（或其他药剂，附录C、D）喷施林冠，杀灭松针表面担孢子和防止松针受担孢子侵入。例如纳米氧化亚铜：86.2% WP，按每亩40克药剂稀释后可无人机喷洒。

## 9 茶藨生柱锈菌的 HNB-LAMP 检测(一检)

### 9.1 应用场景

适用于华山松疱锈病菌的检验检疫和防效评价。

### 9.2 检测对象

疑似茶藨生柱锈菌的锈孢子、夏孢子、冬孢子；显症或未显症的华山松松针或树皮，推荐使用树皮。

### 9.3 gDNA 提取

锈菌的孢子、华山松松针或树皮DNA采用试剂盒快速提取基因组DNA。取树皮或松针1g(孢子1mg)，放液氮快速研磨后，按试剂盒说明书提取DNA，溶于50 $\mu$ L TE缓冲液中备用。

### 9.4 HNB-LAMP 反应

根据茶藨生柱锈菌基因组设计引物（附录F-表1），将加入羟基萘酚蓝（HNB）的反应体系，在恒温水浴锅（或 MyBlock 微型干浴锅，推荐）中65℃孵育 40 分钟。若反应液颜色变化由紫色（阴性）转变为蓝色（阳性）时，表明树皮中有茶藨生柱锈菌DNA；若反应体系颜色没有变化，则表明树皮为健康，无茶藨生柱锈菌的DNA。具体操作流程见附录F。

## 10 防治效果评价

### 10.1 防治率

按对角线法抽查防治区域适宜大小面积林分，植株数目不低于100株，统计发病植株占总调查株数的百分比。有效、持久的防治效果要求发病率 $\leq 1\%$ ，防治率 $\geq 85\%$ 。

### 10.2 病情指数

按对角线法抽查防治区域适宜大小面积林分，植株数目不低于100株，统计发病植株占总调查株数的百分比。有效持久防治效果要求病情指数 $\leq 1$ 。

## 11 防控日历

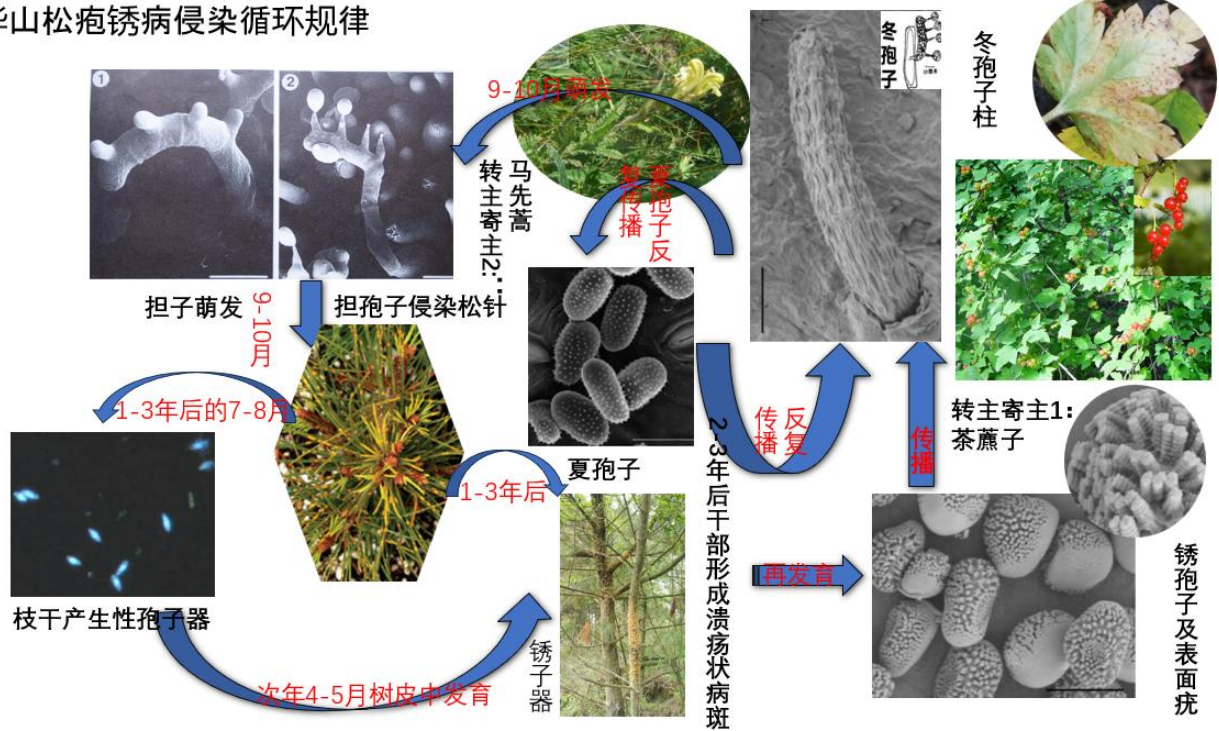
见附录I。

## 12 防治档案

见附录J。

附录 A  
(资料性)  
华山松疱锈病侵染循环

华山松疱锈病侵染循环规律



春季，发病树干产生锈孢子，借风雨传播侵染转主寄主茶藨子、马先蒿；夏季，在转主寄主叶背上形成夏孢子，夏孢子可反复侵染转主寄主；夏末秋初，在转主寄主叶背上形成冬孢子柱。冬孢子在适宜条件下萌发产生担孢子，担孢子借风雨侵染松针，产生感染丝向枝干部位连续扩展、集中，直到冬天来临。经过1-3年后，初秋的枝干潜伏部位会肿胀并渗出橘黄色的蜜滴——性孢子，受精后锈孢子器开始形成。疱锈病菌以菌丝体在潜伏部位越冬，开春后再锈孢子器成熟，新的侵染循环开始。华山松经过1-3个侵染循环后大多数会死亡，少部分会变成“小老头树”，生长势极度衰弱。

附录 B  
(资料性)

华山松疱锈病转主寄主植物

**茶藨子 *Ribes* spp.:** 虎耳草科茶藨子属。落叶，稀常绿或半常绿灌木；枝平滑无刺或有刺，皮剥落或不剥落；芽具数片干膜质或草质鳞片。叶具柄，单叶互生，稀丛生，常 3-5 (-7) 掌状分裂，稀不分裂，在芽中折叠，稀席卷，无托叶。花两性或单性而雌雄异株，5 数，稀 4 数；总状花序，有时花数朵组成伞房花序或几无总梗的伞形花序，或花数朵簇生，稀单生；果实为多汁的浆果，顶端具宿存花萼，成熟时从果梗脱落；主要分布于北半球温带和较寒冷地区，少数种类延伸到亚热带和热带山地，我国产 59 种 30 变种，隶属于 4 亚属 10 组 15 系，主产西南部、西北部至东北部。被证实为五针松疱锈病转主寄主的种有：台湾茶藨子 *R. formosanum*、冰川茶藨子 *R. glaciale*、狭萼茶藨子 *R. glaciale* var. *laciniatum*、东北茶藨子 *R. mandshuricus*、黑茶藨子 *R. nigrum*。



冰川茶藨子



黑茶藨子



东北茶藨子

**马先蒿属 *Pedicularis* spp.:** 玄参科植物，分布于北半球，尤以北极和近北极地区最多，温带的高山地带亦不少，广布于中国各省，西南部尤盛。多年生、稀一年生草本，通常半寄生；叶互生、对生或轮生，全缘或羽状分裂；顶生的穗状花序或总状花序；萼管状，花冠变化甚大，花药包藏在盔瓣中，两两相对，药隔分离，相等而平行，基部有时具刺尖；子房 2 室，有胚珠多数；蒴果室背开裂，种子各式，种皮具网状、蜂窝状孔纹或条纹。被证实为五针松疱锈病转主寄主的有：返顾马先蒿 *P. resupinata*、穗花马先蒿 *P. spicata* 等。



返顾马先蒿

穗花马先蒿

蒿叶马先蒿

附录 C  
(资料性)

可使用的生物源、矿物源、生物化学源农药有效成分及使用方法

序号	有效成分名称	防治对象	施药方法	作用
1	蛇床子素	茶藨子上夏孢子、冬孢子；华山松锈孢子	提前预防或在发病初期施药，有效成分用量为 1.50 g/667 m <sup>2</sup> ~ 2 g/667 m <sup>2</sup> 。	杀菌剂；铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
2	香芹酚	茶藨子上夏孢子、冬孢子；华山松锈孢子	提前预防或在发病初期施药，有效成分用量为 5.00 g/667 m <sup>2</sup> ~ 6 g/667 m <sup>2</sup> 。	杀菌剂；铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
3	小檗碱	茶藨子上夏孢子、冬孢子；华山松锈孢子	提前预防或在发病初期施药，有效成分用量为 1.15 g/667 m <sup>2</sup> ~ 1.40 g/667 m <sup>2</sup> 。	杀菌剂；铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
4	枯草芽孢杆菌	茶藨子上夏孢子、冬孢子；华山松锈孢子	提前预防或在发病初期施药，有效成分用量为 1.00×10 <sup>11</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.25×10 <sup>11</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> 。	生防剂；通过拮抗作用铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
5	木霉菌	茶藨子上夏孢子、冬孢子；华山松锈孢子	提前预防或在发病初期施药，灌根，有效成分用量为 2.50×10 <sup>10</sup> CFU /667 m <sup>2</sup> ~ 6.00×10 <sup>10</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> 。	生防剂；通过重寄生作用铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
6	多抗霉素	茶藨子上夏孢子、冬孢子；华山松锈孢子	提前预防或在发病初期施药，有效成分用量为 3.00 g/667 m <sup>2</sup> ~ 4.50 g/667 m <sup>2</sup> ，制剂用量按农药标签要求。	杀菌剂；铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
7	氨基寡糖素	植物诱抗剂（抗病、抗逆）	提前预防为主，有效成分用量为 2.00 g/667 m <sup>2</sup> ~ 3.00 g/667 m <sup>2</sup> 。	诱抗剂：通过诱导林木抗性达到预防效果。
8	超敏蛋白	植物生长调节剂（调节生	提前预防为主，有效成分用量为 0.90 g/667 m <sup>2</sup> ~ 1.80 g/667	诱抗剂：通过诱导林木抗性达到预防效果。

		长、抗病)	m <sup>2</sup> 。	
9	茉莉酸甲酯	植物生长调节剂(调节生长、抗病)	提前预防为主,有效成分用量为0.90 g/667 m <sup>2</sup> ~ 1.80 g/667 m <sup>2</sup> 。	诱抗剂:通过诱导林木抗性达到预防效果。
10	冈田酸盐	植物生长调节剂(调节生长、抗病)	提前预防为主,有效成分用量为0.90 g/667 m <sup>2</sup> ~ 1.80 g/667 m <sup>2</sup> 。	诱抗剂:通过诱导林木抗性达到预防效果。
11	放线菌酮	树干病斑	早春发病期涂抹病斑,使用浓度150ug/g。	杀菌剂;铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
12	松焦油	树干病斑	早春发病期涂抹病斑,使用浓度7%	杀菌剂;铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
13	不脱酚洗油	树干病斑	早春发病期涂抹病斑,使用浓度7%	杀菌剂;铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
14	柴油	树干病斑	早春发病期涂抹病斑,使用浓度按1:50体积比使用	杀菌剂;铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
15	氧化亚铜	树干病斑、松针	早春和夏末喷雾,使用浓度300-600克/公顷	保护剂;铲除华山松及转主寄主上病原菌接种体。
16	2,4-D钠盐	清除茶藨子、马先蒿	春夏季,浓度0.5%~1.0%之间(0.5~1.5公斤/公顷)	除草剂:杀灭林下转主寄主及其他叶植物。
17	韩国假单胞杆菌	树干病斑、华山松林分	生长季节施用,有效成分用量为1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>8</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防剂;林分诱导获得抗性
18	土地类芽孢杆菌	树干病斑、华山松林分	生长季节施用,有效成分用量为1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>8</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防剂;林分诱导获得抗性
19	枯草芽孢杆菌	树干病斑、华山松林分	生长季节施用,有效成分用量为1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>8</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防剂;林分诱导获得抗性
20	贝莱斯芽孢杆菌	树干病斑、华山松林分	生长季节施用,有效成份用量为1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>8</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防剂;林分诱导获得抗性
21	伯格氏细菌	树干病斑、华山松林分	生长季节施用,有效成份用量为1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>8</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防剂;林分诱导获得抗性
22	深绿木霉	树干病斑	锈孢子堆阶段(4-5月),有效成份孢子用量1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>7</sup>	生防和诱抗

			CFU/667 m <sup>2</sup>	
23	绿色木霉	树干病斑	锈孢子堆阶段（4-5月），有效成份孢子用量 1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>7</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防和诱抗
24	立希木霉	树干病斑	锈孢子堆阶段（4-5月），有效成份孢子用量 1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>7</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防和诱抗
25	枝状枝孢霉	树干病斑和茶藨子叶片	锈孢子堆（4-5月）及夏孢子堆阶段（7-9月）孢子有效用量 1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>7</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防和诱抗
26	大果枝孢霉	树干病斑和茶藨子叶片	锈孢子堆（4-5月）及夏孢子堆阶段（7-9月）孢子有效用量 1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>7</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防和诱抗
27	细脉枝孢霉	树干病斑和茶藨子叶片	锈孢子堆（4-5月）及夏孢子堆阶段（7-9月）孢子有效用量 1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>7</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防和诱抗
28	尖孢枝孢霉	树干病斑和茶藨子叶片	锈孢子堆（4-5月）及夏孢子堆阶段（7-9月）孢子有效用量 1.00×10 <sup>5</sup> CFU/667 m <sup>2</sup> ~ 1.00×10 <sup>7</sup> CFU/667 m <sup>2</sup>	生防和诱抗

附录 D  
(资料性)

可使用的化学农药成份及使用方法

序号	有效成分名称	使用对象	施药方法
1	苯醚甲环唑	华山松松针、茶藨子和马先蒿叶子	提前预防或在发病初期施药,有效用量为 3.00 g/667 m <sup>2</sup> ~ 4.50 g/667 m <sup>2</sup> 。
2	嘧菌环胺	华山松松针、茶藨子和马先蒿叶子	提前预防或在发病初期施药,有效用量为 20.0 g/667 m <sup>2</sup> ~ 30.0 g/667 m <sup>2</sup> 。
3	嘧菌酯	华山松松针、茶藨子和马先蒿叶子	提前预防或在发病初期施药,有效用量为 10.0 g/667 m <sup>2</sup> ~ 15.0 g/667 m <sup>2</sup> 。
4	戊唑醇	华山松主干	提前预防或在发病初期注药,有效用量为胸径 1mL/cm, 浓度 20%水溶液。
5	甲维盐(乳油)	华山松主干	提前预防或在发病初期注药,有效用量为胸径 1mL/cm, 原液
6	丙环唑	华山松根腐病、华山松茎腐病	提前预防或在发病初期施药,有效用量为 1.30 g/667 m <sup>2</sup> ~ 2.00 g/667 m <sup>2</sup> 。
7	苯并噻二唑 BION 50WG	华山松主干	在 30a 以上树龄施用, 浓度 800ppm, 按胸径 1mL/cm 插瓶注干。
8	三唑酮	茶藨子上夏孢子堆或松树上锈孢子堆	喷施叶片和发病树干, 浓度 800 倍稀释。
9	萎锈散	茶藨子上夏孢子堆或松树上锈孢子堆	喷施叶片和发病树干, 浓度 800 倍稀释。
10	噻胺灵	茶藨子上夏孢子堆或松树上锈孢子堆	喷施叶片和发病树干, 浓度 800 倍稀释。
11	苯莱特	粉茶藨子上夏孢子堆或松树上锈孢子堆	喷施叶片和发病树干, 浓度 800 倍稀释。
12	甲基托布津	茶藨子上夏孢子堆或松树上锈孢子堆	喷施叶片和发病树干, 浓度 800 倍稀释。
13	嘧菌醇	茶藨子上夏孢子堆或松树上锈孢子堆	喷施叶片和发病树干, 浓度 800 倍稀释。
14	氟吡呋喃酮	茶藨子上夏孢子堆或松树上锈孢子堆	在喷施叶片和发病树干, 浓度 800 倍稀释。
15	噻虫嗪	疱锈病引发的华山松木蠹象、华山松大小蠹、松梢螟等	在幼虫低龄期施药, 有效用量为 37.5 g/667 m <sup>2</sup> ~ 50.0 g/667 m <sup>2</sup> 。

注: 附录 D 提供的剂量为换算有效成分含量, 购买制剂需按农药商品要求使用

附录 E  
(规范性)  
华山松疱锈病分级标准

病级(t)	病情代表值 (Pt)	分级标准
I	0	枝干无病斑、无溃疡和其他明显症状
II	1	侧枝或主干发病，病斑横长占干周的1/3以内
III	2	主干发病，病斑横长占主干周1/3-2/3
IV	3	主干发病，病斑横长占干周2/3以上至绕干一周，纵长小于40cm
V	4	主干发病，病斑绕干一周，纵长40cm以上，树木濒死至死亡

## 附录 F

(规范性)

## 羟基萘酚蓝-环介导等温扩增技术 (HNB-LAMP 技术)

F1. 用植物DNA提取试剂盒 (天根Tiangen 200, 北京) 快速提取树皮DNA。取树皮1g, 放液氮快速研磨后, 按试剂盒说明书提取DNA, 溶于50 $\mu$ L TE缓冲液中备用。

F2. 合成LAMP反应的引物。委托上海生工合成引物, 并用ddH<sub>2</sub>O配成10 $\mu$ g/mL容易备用。

F3. 建立反应体系。LAMP 混合液由 0.2  $\mu$ M 的 F3 和 B3 引物, 0.4  $\mu$ M 的 loopF 和 loopB 引物, 1.6  $\mu$ M 的 FIP 和 BIP 引物, 1 $\times$  WarmStart 反应混合液以及水组成, 总体积为 24  $\mu$ L。DNA 样本以 1  $\mu$ L 的体积加入。

F4. 显示反应。反应混合液包含 DNA 样本和羟基萘酚蓝 (HNB), 在 65 $^{\circ}$  C 下于 MyBlock 微型干浴锅中孵育 40 分钟。当颜色变化由紫色 (阴性) 转变为蓝色 (阳性) 时, 表明树皮中有茶藨生柱锈菌, 若反应体系颜色没有变化, 则表明树皮为健康, 无茶藨生柱锈菌, 如图。

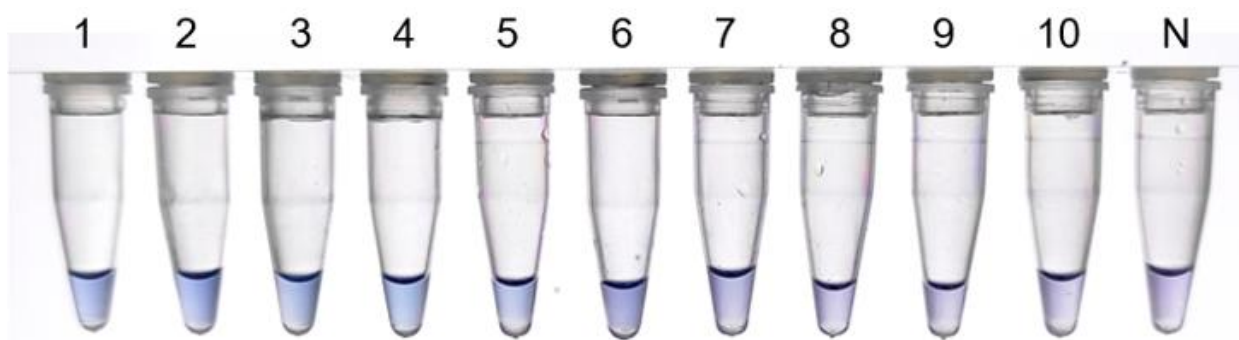


表1 LAMP反应引物

引物组	引物名称	引物序列
Primer set	Primer name	Primer sequences
引物组	FIP	TGCACCTTTTGGTATTCCAAAAGGTAAAGAATTGGAATGAGAGAGTT
	BIP	GGTGCGTTCAAAGATTTGATGATTACATCGATGAAGAACACAGTG
	F3	CAACATCCATTACACAAATCCT
	B3	CAATGGATCTCTTGGCTCT

附录 G  
(规范性)  
诱抗剂的插瓶使用

G1 诱抗剂配制。将BION 50WG溶于水，使终浓度为10mg/L。MeJA溶液水中，使终浓度为1mg/L。二者按10:1常温下混合。

G2 打孔。用4mm电钻打孔，向下倾斜45°角，深度10cm（树干直径2/3）。

G3 插瓶。将5mL液体BION倒入插瓶，拧紧盖子，将瓶嘴尖端用锋利的刀子成45°角削去，使瓶嘴有液体流出。将瓶嘴插入孔中使充分紧实后，用钉子将瓶底插1-2个小孔，使瓶内和空气大气压相同。每颗树按胸径1mL/cm计算使用的插瓶数量，如图。



附录 H  
(规范性)  
注干剂的使用

H1 注干剂选择。根据林分有害生物发生情况，科学选择注干剂。华山松疱锈病发生的林分常混合发生一些蛀干害虫，如华山松木蠹象、华山松大小蠹，还有一些蛀果夜蛾科幼虫常在病斑中取食锈孢子。因此注干剂可选用：甲维盐+丙环唑或诱抗剂+戊唑醇等混合药剂。

H2 打孔。使用8mm钻头。打孔方法按G2。

H3 高压注射。用可视定量高压树干注药机（例如菘艺 3WBD-15SY）高压注射，按 1mL/cm 胸径注射足量药剂，如图。



附录 I  
(规范性)  
华山松疱锈病防控日历

生育期	冬季休眠期	树液流动初期 (锈孢子阶段)						生长期 (夏孢子、冬孢子、担孢子、性孢子阶段)												休眠期 (菌丝体)	防治对象及方法 (基层视具体情况, 可选择其中任意 2-3 个月进行作业; 以切断侵染循环、提高林分抗性为目标。)								
		4月			5月			6月		7月		8月		9月		10月		11月				12月							
月份	1-3月	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
																													整枝; 间伐; 林分抚育
																													注干; 化学诱抗; 病斑喷洒重寄生菌剂或拮抗微生物菌剂
																													注干; 涂抹病斑; 病斑喷洒重寄生菌剂或拮抗微生物菌剂
																													喷洒除草剂或人工清楚转主寄主; 或转主寄主喷洒保护剂
																													林下抚育, 清除转主寄主或转主寄主喷洒保护剂
																													林下抚育, 清除转主寄主或转主寄主喷洒保护剂
																													喷洒微生物组合菌剂, 改善立地条件
																													喷洒微生物组合菌剂, 改善立地条件
																													华山松/茶藨子树冠喷洒保护剂和杀菌剂
																													清除茶藨子或茶藨子喷洒重寄生菌

清园，翻耕，减少越冬病源和虫源

## 附录 J

(资料性)

华山松疱锈病防控档案记录表

地名					面积(亩)			田间操作			防治前			防治后			防治率	备注
	序号	生活史阶段	施药日期	施药人	天气状况	药剂名称及有效成分含量	农药登记号	生产厂家	施用方式及浓度	LAMP检测率	发病率	病情指数	LAMP检测率	发病率	病情指数			
	1																	
	2																	
	...																	
注 1: 根据农药使用顺序逐项记载																		
注 2: 用量按每亩用量算, 农药计量单位用毫升 (mL) 或克 (g) 或 ppm																		