

# 南方桉树人工林雨雪冰冻灾害调查分析<sup>\*</sup>

徐建民<sup>1</sup> 李光友<sup>1</sup> 陆钊华<sup>1</sup> 项东云<sup>2</sup> 曾炳山<sup>1</sup> 张宁南<sup>1</sup> 郭洪英<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520; 2. 广西林业科学研究院 南宁 530001;  
3. 四川林业科学研究院 成都 610081)

**摘要:** 2008年初,中国南方8省(区)桉树人工林遭受严重雨雪冰冻寒害。调查分析表明:桉树人工林受灾的地理范围是24°15′—26°54′N, 104°—118°E,其中,重灾区是湘南、赣南、桂北和粤北地区,在粤、桂、赣3省区,寒害的垂直分布发生在海拔300~600m范围以内。受灾树木断顶、折干、弯曲、倾覆、树皮冻裂或枝叶冻枯,多数植株以遭受机械损害为主,发生生理冻害的情况极少。根据综合受害等级分析,巨赤桉无性系DH201-2受害程度最重,尾桉DH32-29和巨尾桉无性系GL9等次之,邓恩桉和巨桉耐寒性较强,受灾程度相对较轻。通过对灾情的调查和分析,提出关于今后桉树人工林发展的建议。

**关键词:** 桉树人工林; 冻害; 地理范围; 耐寒性; 中国南方

中图分类号: S781.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2008)07-0103-08

## Investigation on Eucalypt Forest Plantations Subjected to the Freezing Catastrophe in Southern China

Xu Jianmin<sup>1</sup> Li Guangyou<sup>1</sup> Lu Zhao-hua<sup>1</sup> Xiang Dongyun<sup>2</sup> Zeng Bingshan<sup>1</sup> Zhang Ningnan<sup>1</sup> Guo Hongying<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520;

2. Guangxi Academy of Forestry Nanning 530001; 3. Sichuan Academy of Forestry Chengdu 610081)

**Abstract:** Eucalypt forest plantations were seriously subjected to a great catastrophe which was caused by heavy snow and freezing rain over eight provinces in southern China in early 2008. Afterwards, surveys were carried out to examine the severity of damage to eucalypt forest plantations and the tolerance of different species to the extreme low temperatures. It was found that the freezing disaster mainly happened to eucalypt plantations which were located in geographic areas with latitudes between 24°15′ to 26°54′ N and longitudes 104° to 118° E, and altitude from 300 to 600 m. however, the plantations were established in southern Hunan and Jiangxi and, those in northern Guangxi and Guangdong provinces, most seriously damaged. Individual trees in the plantations were mostly bent towards the ground or broken up by heavily accumulated snow or ice, the bark burst open and shots with foliage froze. Variation was also found in the ability tolerant to low temperature between different genotypes, for example, clone DH201-2 of hybrid *Eucalyptus grandis* × *E. camaldulensis* was much less tolerant than clone DH32-29 of *E. urophylla* × *E. grandis* and GL9, a clone of *E. grandis* × *E. urophylla*, and *E. dunnii* and *E. grandis* were more cold tolerant as well. A caution was made that extreme temperature be carefully taken into consideration of strategy for developing eucalypt plantations in the future and potential risks exist in northward extension of planting areas.

**Key words:** eucalypt plantations; freezing damage; geographic areas; cold-tolerance; southern China

2008年1月中旬至2月上旬,我国南方湖南、贵州、江西、广西、浙江等19个省(区)遭受百年一遇的罕见雨雪冰冻灾害,林业基础设施损毁严重,南方8个省(区)的桉树人工林在持续15~20天的低温冻雨天气过

收稿日期: 2008-04-30.

基金项目: 国家十一五科技支持专题“高产优质桉树速生材树种新品种选育”(2006BAD01A15-4),“桉树速生丰产林长期生产力维持与持续经营技术研究”(2006BAD24B0203)和林业公益性行业科研专项“亚热带桉树抗寒新品系选育”。

\*参加南方桉树雨雪冰冻调查的成员还有中国林科院热林所刘英高工、李发根助理研究员、陈李花、韩超博士,四川林科院胡天宇研究员,云南林科院张荣贵研究员,云南省楚雄州林科所施庭友所长,广西林科院陈健波高工,国家林业局桉树研究开发中心罗建中高工,湖南省林业厅科技推广站林睦就总工、李柏海高工,湖南永州市林业局科技推广站俞一见工程师,江西赣州市林业局肖厚华、信丰县林业局李监平副局长,广东省清远市林业局科技推广站李国标工程师,福建省漳州市林业局姚庆端高工,惠州南油林业经济发展公司王尚明总经理,福建省漳州鸿伟木业公司刘艳总经理,深圳市国商林业发展公司龙腾总工、保强工程师,金光集团中国林业管理中心研发部洪富文博士、韩飞先生,亚太林业(漳州)有限公司王志和高工等,感谢他们在调查中付出了艰辛的工作,大力支持和帮助。中国林科院王豁然研究员,感谢他从南方桉树人工林灾情发生直至灾后救治都给予了极大的关注和对灾情调研给予了热情的指导和帮助,在此表示感谢。

程中损失严重。中国林业科学研究院热带林业研究所桉树 (*Eucalyptus*) 专题及时组织各省协作组于 1 月 28 日、2 月 23 日、2 月 25 日、3 月 13 日和 4 月 3 日共 28 人次历时 64 天, 深入灾区对桉树雨雪冰冻初期、中期和后期灾情全程调查, 同时开展救灾、减灾及恢复生产技术指导。据灾后调查统计: 川北、滇东南、黔南、桂北、湘南、赣南和粤北山区桉树人工林损失惨重, 树木断顶、折干、倾斜、翻兜、树皮冻裂、形成层褐变和全树冻枯的重灾面积达 15.95 万  $\text{hm}^2$ , 占该区域桉树人工林面积 42.0%。估测全国桉树人工林不同程度受灾面积累计 50 万  $\text{hm}^2$ , 约占总面积 25.0%。

在恢复重建初期, 已发表了相关文章(徐建民, 2008; 王豁然, 2008)。野外调查之后, 笔者深感有必要对灾害做一次全面认真的总结, 勾绘出发生灾情的地理范围和分布格局, 检验推广的不同种桉树及其无性系的耐寒性, 分析总结南亚热带的桉种引种和推广工作, 在树种选择和造林地规划等方面是否存在盲目性、不足或有认识上的误区, 从中汲取教训。探讨应该如何利用极端气象因素造成的自然选择机遇, 有针对性地开展选择、收集和利用存活的耐低温严寒和抗雪压弯折的桉树优良基因型。

## 1 调查方法与范围

### 1.1 调查方法

在获取各省(区)林业部门灾情报道和电讯询问的基础上, 结合早期桉树引种布点和近年北移扩大推广的区域, 根据灾情的轻重程度、蔓延范围和延续时间优先前往重灾区, 开展样地调查和减灾恢复生产技术指导与座谈, 收集当地引种桉树的树种(无性系)、种植面积、灾情资料及气象数据。在受灾桉树人工林设置典型样地, 每样地选代表性树木 30~50 株(林业寒害联合调查组, 2000), 进行每木调查, 记录遭受冻害后树木形态变化, 根据顶梢、树叶、分枝、主干和树皮等不同器官受害程度划分冻害等级(表 1)。同时对邻近受灾林地的乡土树种如马尾松 (*Pinus massoniana*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、木荷 (*Schima superba*)、樟树 (*Cinnamomum camphora*)、鬣菊栲 (*Castanopsis fissa*)、丝栗栲 (*Castanopsis fargensii*)、红楠 (*Machilus thunbergii*) 和外来树种湿地松 (*Pinus elliotii*) 等进行同样样方调查作为对照。用数码相机拍摄林木受灾状况, 用 GPS 或查地形图标定样地的经纬度和海拔。

表 1 桉树雨雪冰冻寒害分级标准<sup>①</sup>

Tab. 1 Categorization index of individuals subjected to freezing damage of eucalypt plantations in southern China

寒害级别 Freezing damage level	雨雪冰冻树木寒害形态特征描述 Morphological characterization after freezing disaster
0	无任何冰冻寒害表现或顶梢 $\leq 0.3$ m 轻微冻伤 Without damage or the length of shoot damaged $\leq 0.3$ m, slightly damaged
1	全株 1/4 以下叶、顶梢 0.5~1.0 m 有冻害 Foliage damaged $< 1/4$ or the length of shoot damaged in a range 0.5~1.0 m for whole plant
2	叶冻 1/4~1/2 且顶端 1.0~2.0 m 冻枯、主干形成层和树皮完好 1/4~1/2 foliage damaged and 1.0~2.0 m of shoot length from apex damaged; cambium and bark normal
3	叶害 1/2 以上或顶端 2.5 m 以上冻枯或树皮完好但主干形成层变色 Over 1/2 foliage damaged or $> 2.5$ m of shoot from apex completely damaged but cambium changed in color
4	干弯曲 $45^\circ$ 以下或断顶、折枝、枝条冻枯, 主干形成层褐变; 全树枯树皮爆裂 Stem bent down $\leq 45^\circ$ , apex and branches broken up or leafy shoots completely damaged and cambium changed into brown; the bark burst of whole trunk
5	折干、翻兜倒伏或主干弯曲 $45^\circ$ 以上或主干形成层褐变且材质脱离、树皮爆裂 Stem broken up, bent down $> 45^\circ$ or stem fallen over and cambium changed into brown and separated from xylem; the bark burst

①冻害等级的划分, 参照 1999 年广东林业寒害调查标准, 结合这次灾情和桉树遭受自然灾害具有自我恢复的生物学特性而制定。Categorization index of freezing damage level designed from the survey standards of cold damage to forestry in Guangdong in the end of 1999 and advised with a regenerative ability of eucalypt subjected to nature disaster.

### 1.2 调查线路

依灾情分为 4 条路线: 1) 北部由湖南衡阳起经冷水滩、东安、永州、双牌至江华, 另路由衡南经永兴、郴州、嘉禾、蓝山转宜章入广东省韶关始兴; 由江西省赣州市的于都、经信丰、龙南向南至广东省连平、新丰; 2) 西部从贵州黔西南、黔南州向南入广西的河池环江、经柳州、桂林至全州, 南下转贺州东接广东省连山; 3) 跨越南岭, 由韶关仁化经乳源、入南岭森林公园(天井山保护区)至连州, 南下经阳山至怀集、清新; 4) 福建、四川和云南省部分灾情由省级协作组独立选点按相同方法进行调查。

## 2 调查结果与分析

### 2.1 桉树人工林受灾地理范围及分布格局

8省(区)64个市(县、林场)的135个样点(含试验林)调查资料表明:桉树人工林遭受雨雪冰冻灾害的地理范围是 $24^{\circ}15' - 26^{\circ}54'N$ ,  $104^{\circ} - 118^{\circ}E$ , 重灾区在 $24^{\circ}30' - 25^{\circ}30'N$ ,  $108^{\circ} - 116^{\circ}E$ , 在行政区划上主要是黔南、桂北、粤北、湘南和赣南(图1)。粤、桂、赣3省(区)受灾的桉树人工林大致在海拔300~600 m之间, 而西南的云、贵、川3省受灾海拔为800~1700 m之间。

桉树在云贵高原的受灾区域是云贵高原南侧边缘且呈零星间断式分布。云南的重灾区是文山州和曲靖地区, 即相邻桂西北的富宁、广南等县和邻近贵州的师宗。其他地区, 如昆明周围、楚雄州、保山、红河州和思茅地区均未受害。在贵州, 桉树人工林发展刚起步, 面积相对小, 重灾区是西南部的普定、南部惠水和东南部的从江县, 而册亨地处干热河谷地带, 地形特殊灾情轻微。在四川省, 成都北部海拔为1100 m以上山区灾情较重, 而乐山市仅海拔700 m以上山地有轻微冻伤。福建省是8省(区)中受害最轻的省份, 仅中部的永安有轻微的冻害。

### 2.2 桉树人工林灾情概述

根据受灾调查资料统计表明: 桂北、湘南、赣南、黔南、四川省彭州市、云南省文山州和曲靖地区和广东清远北部山区的桉树人工林损失惨重, 树木断梢、折干、倾覆、翻斃、树皮冻裂、形成层褐变和全树冻枯的重灾面积达15.95万 $hm^2$ , 受灾面积占该地区桉树人工林总面积42.0%。

湘南的重灾区是永州和郴州, 受灾面积分别占种植总面积85.23%和100%; 赣南的重灾区是龙南、安远和信丰等县, 其中龙南受灾率达57.14%; 广西的重灾区是河池和桂林市, 其中环江县及国有黄冕林场环江分场受灾面积占种植面积94.0%, 桂林的永福县受灾率达97.0%; 广东省的重灾区是清远北部的连州市, 受灾率达52.43%; 云贵高原的重灾区是云南的文山州, 受灾率达42.12%, 其中富宁县受灾率达71.31%; 四川省彭州市受灾率达100%(表2)。

发生灾害的天气过程: 西南区成都北部的彭州市和云南省曲靖地区以持续低温、降雪而致灾, 其余5省(区)各市/县持续的低温、冻雨使树木顶梢、枝叶和上部主干结成厚重的冰凌, 导致断梢、折干、倾斜和翻斃等灾情发生。结合表2今冬最低气温和有史记录的最低气温数据可以确定, 此次桉树寒害是以机械损害为主, 发生生理冻害的情况较少。

### 2.3 受灾人工林的树种(无性系)、经营措施与冻害关系的分析

南方持续低温、雨雪冰冻为害, 使得除福建省之外其余7省(区)特别是重灾区几乎使地处南亚热带的所有森林树木(包括灌木植被)无论是乡土树种马尾松、杉木、黧蒴栲和樟树, 还是外来树种桉树和湿地松均遭严重为害, 且受害级别均在3级以上(表3)。

受灾树种(无性系): 在重灾区湘南、桂北和赣南, 前期引种成功的耐寒桉树赤桉(*E. camaldulensis*)、邓恩桉(*E. dunnii*)、巨桉(*E. grandis*)、柳桉(*E. saligna*)、史密斯桉(*E. smithii*), 近年扩大栽培的杂交桉新无性

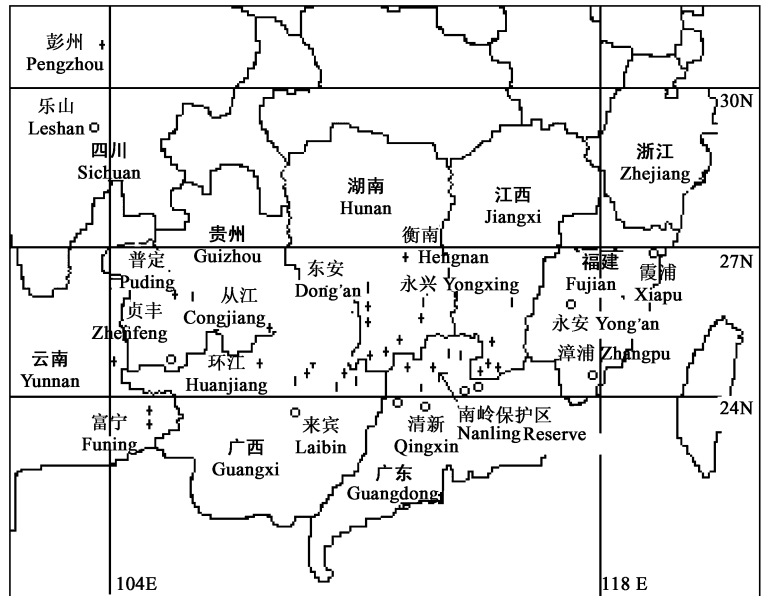


图1 南方桉树人工林雨雪冰冻灾害调查地点分布示意图

Fig. 1 Deployment of sampled plots for field investigation in the areas of eucalypt plantations in southern China

+: 受灾严重地区 Seriously damaged areas with freezing level 4~5; I: 中等受灾地区 Moderate damaged areas with freezing level 3~2; O: 为受冻轻微地区, 所标点为市/县所在地 Without or slightly damaged areas with freezing level 1~0.

表 2 具代表性省、市/县桉树人工林受灾面积统计<sup>①</sup>

Tab. 2 Calculation of the damaged areas of eucalypt plantation in typical cities or counties

地点 Site	低温, 代表县 Low temperature/ °C, County	桉树人工林面积 Plantation area /hm <sup>2</sup>	受灾面积 Damaged area /hm <sup>2</sup>	地点 Site	低温, 代表县 Low temperature/ °C, County	桉树人工林面积 Plantation area /hm <sup>2</sup>	受灾面积 Damaged area /hm <sup>2</sup>
四川成都 Chengdu, Sichuan	-2.6(-5.4), 彭州市 Pengzhou	33 333 1 667	2 000 1 667	广西贺州 Hezhou Guangxi	-2.0(-4.0), 富川县 Fuchuan	56 333 10 000	20 000 4 000
云南文山 Wenshan, Yunnan	-4.0(-4.0), 富宁县 Funing	25 333 4 667	10 667 3 333	广西来宾 Laibin Guangxi	-1.0(-2.3), 维都林场 Weidu	32 000 5 330	4 333 1 200
黔西南 Southwestern Guizhou	-1.8(-10.4), 册亨县 Ceheng	6 067 5 600	867 533	湖南永州 Yongzhou, Hunan	-2.0(-8.4), 江华县 Jianghua	21 753 1 933	18 540 1 813
黔东南州 Southeastern Guizhou	-1.8(-9.7), 从江县 Congjiang	2 333 2 333	2 333 2 333	湖南郴州 Chenzhou, Hunan	-2.5(-9.0), 嘉禾县 Jiahe	7 100 633	7 100 633
广西河池 Hechi, Guangxi	-4.6(-2.8), 环江县(黄冕林场) Huanjiang(Huangmian Forestry Farm)	33 333 5 000	26 667 4 700	江西赣州 Ganzhou, Jiangxi	-2.0(-7.0), 龙南县 Longnan	20 000 4 667	13 333 2 667
广西柳州 Liuzhou, Guangxi	-1.5(-3.8), 鹿寨县 Luzhai	53 333 14 000	32 000 3 050	广东清远 Qingyuan, Guangdong	-2.0(-5.0), 连州 Lianzhou	54 000 4 667	8 667 2 447
广西桂林 Guilin, Guangxi	-4.0(-4.0), 永福县 Yongfu	18 000 10 000	12 000 9 740	广东韶关 Shaoguan, Guangdong	-2.0(-4.3), 仁化县 Renhua	16 667 1 333	1 000 67

①低温数据, 括号外的数值是今冬最低温, 括号内的数值是 1951 年 1 月至 2008 年 1 月全国 752 基准地面气象观测站(部分数据来自地面国际交换站)录入的最低气温数值, 来源中国气象科学数据库共享服务网。网址: cdc.cma.gov.cn。The extreme low temperatures in bracket extracted from 752 meteorological stations recorded data-sharing service network during January 1951 to January 2008 in China and those data out of bracket recorded in winter 2008. All data cited from: http://cdc.cma.gov.cn.

表 3 8 省(区)桉树人工林雨雪冰冻寒害调查样方汇总

Tab. 3 List of sample plots of subjected to freezing damage of eucalypt plantations in eight provinces

省(区) Province (Region)	样地 Plot	树种(无性系) Species (clones)	林龄 Age/a	H /m	DBH /cm	经度 Long. (E)	纬度 Lat. (N)	海拔 Alt. /m	冻害等级 Freezing damage level
	江华种场 Jianghuazhongchang	DH3229 3226	2.5	—	9.5	111°30'	25°08'	250	5.00
	江华种场 Jianghuazhongchang	<i>Eucalyptus saligna</i>	2.5	—	7.0	111°30'	25°08'	250	5.00
	江华种场 Jianghuazhongchang	GL 9	1.5	—	4.5	111°30'	25°08'	250	5.00
	嘉禾龙潭 Jiahelongtan	DH3229	0.7	3.5	2.5	112°24'	25°42'	300	5.00
	衡南洪山 Hengnanhongshan	TH9224	1.5	6.0	4.2	112°36'	26°54'	100	5.00
	衡南洪山 Hengnanhongshan	DH201-2	0.7	4.5	3.0	112°36'	26°54'	100	5.00
	衡南洪山 Hengnanhongshan	DH201-2	1.5	7.7	5.4	112°36'	26°54'	100	5.00
	嘉禾广发 Jiaheguofa	<i>E. camaldulensis</i> 100	0.7	3.0	2.0	112°24'	25°42'	240	5.00
	衡南洪山 Hengnanhongshan	<i>E. grandis</i>	2.0	6.0	4.2	112°36'	26°54'	100	5.00
	嘉禾广发 Jiaheguofa	<i>E. saligna</i>	0.7	1.7	1.5	112°24'	25°42'	240	4.90
	衡南洪山 Hengnanhongshan	尾邓枝 U×D	0.7	3.5	2.0	112°36'	26°54'	100	4.85
	衡南洪山 Hengnanhongshan	Jinggang 1	0.7	2.5	2.0	112°36'	26°54'	100	4.80
	衡南洪山 Hengnanhongshan	<i>E. dunnii</i>	1.5	5.2	3.0	112°36'	26°54'	100	4.80
	衡南宝盖 Hengnanbaogai	U6	1.5	6.0	3.5	112°36'	26°54'	130	4.70
	嘉禾良河 Jiahelianghe	<i>E. dunnii</i>	0.7	3.5	2.0	112°24'	25°42'	150	4.60
	江华种场 Jianghuazhongchang	<i>E. camaldulensis</i> 34	5.5	—	14.0	111°30'	25°08'	250	4.60
	江华种场 Jianghuazhongchang	柳葡桉 S×B	2.5	11.0	9.5	111°30'	25°08'	250	4.50
湖南 Hunan	蓝山塔峰 Lanshantafeng	<i>E. saligna</i>	4.5	—	13.0	112°12'	25°18'	300	4.50
	东安井头圩 Donganjingtouyu	DH3222, 201	2.5	8.0	8.0	111°22'	26°24'	190~220	4.40
	衡阳林科所 Hengyang Academy of Forestry	<i>E. waphylla</i>	15.0	—	29.5	112°36'	26°54'	150	4.35
	衡阳林科所 Hengyang Academy of Forestry	<i>E. grandis</i>	22.0	25.0	22.0	112°36'	26°54'	100	4.30
	嘉禾坦平 Jiahetanping	<i>E. saligna</i>	2.5	6.0	9.0	112°24'	25°42'	200	4.20
	衡阳林科所 Hengyang Academy of Forestry	<i>E. excerta</i>	15	—	9.0	112°36'	26°54'	100	4.10
		<i>E. dunnii</i>							
	双牌上梧江 Shuangpaivujiang	<i>E. grandis</i>	10.5	—	18.0	111°33'	25°54'	250~280	4.00
		<i>E. saligna</i>							

续表 3

省(区) Province (Region)	样地 Plot	树种(无性系) Species (clones)	林龄 Age/a	H /m	DBH /cm	经度 Long. (E)	纬度 Lat. (N)	海拔 Alt. /m	冻害等级 Freezing damage level
湖南 Hunan	蓝山毛俊 Lanshanmaojun	<i>E. dunnii</i>	5.5	—	20.0	112°18'	25°18'	300	3.90
	东安井头圩 Donganjingtouyu	DH184-1, 3222	2.5	7.5	6.5	111°22'	26°24'	190~220	3.80
	永州冷水滩 Yongzhoulengshuitan	<i>E. dunnii</i>	4.5	18.5	16.0	111°34'	26°27'	110~120	3.50
	永兴高亭 Yongxinggaoting	<i>E. amaldulensis</i> 34	3.5	—	12.5	113°12'	26°12'	120	3.50
	蓝山毛俊 Lanshanmaojun	<i>E. amaldulensis</i>	7.5	—	21.5	112°18'	25°18'	500	3.40
	嘉禾坦平 Jiahetanping	<i>E. dunnii</i>	3.5	10.0	8.0	112°36'	25°42'	150	1.50
	东安黄泥洞 Donganhuangnidong	<i>E. dunnii</i>	4.5	14.0	13.0	111°22'	26°24'	190~220	1.00
	蓝山植物园 Lanshan Botanical Garden	<i>E. saligna</i>	11.0	—	35.0	112°12'	25°18'	100	1.00
	蓝山塔峰 Lanshantafeng	<i>E. smithii</i>	4.5	—	10.0	112°12'	25°18'	300	0.50
广西 Guangxi	黄冕气岩 Huangmianqiyang	DH201-2	0.7	—	3.0	109°57'	24°41'	730~750	5.00
	三江县郊 Sanjiang suburb	DH201-2	1.5	—	4.5	109°34'	25°52'	350	5.00
	三江县郊 Sanjiang suburb	GL9	1.5	—	5.0	109°34'	25°52'	350	5.00
	全州市郊 Quanzhou suburb	DH201-2	2.5	—	4.8	111°08'	25°55'	400	5.00
	全州市郊 Quanzhou suburb	GL9	2.5	—	6.5	111°08'	25°55'	400	4.99
	全州市郊 Quanzhou suburb	柳窿 Sa×Ex	2.5	—	5.4	111°08'	25°55'	400	4.98
	全州市郊 Quanzhou suburb	DH3229	2.5	—	5.6	111°08'	25°55'	400	4.98
	富川麦岭 Fuchuanmailing	DH201-2	1.5	6.0	3.5	111°20'	25°06'	300~350	4.97
	环江明伦 Huanjiangminglun	DH201-2	0.7	5.0	2.3	108°20'	25°14'	600~800	4.97
	沙塘金鸡坪 Shatangjinpiping	DH201-2	1.0	4.5	2.5	109°55'	24°40'	650~700	4.95
	沙塘龙凤寨 Shatanglongfengzai	DH201-2	0.7	1.4	—	109°57'	24°41'	510~700	4.95
	永福堡里 Yongfubaoli	DH201-2	1.5	6.8	4.2	110°04'	24°53'	192~397	4.90
	永福永福 Yongfu town	GL9	4.5	—	14.0	110°00'	24°56'	390	4.90
	全州市郊 Quanzhou suburb	<i>E. dunnii</i>	2.5	5.7	4.4	111°08'	25°55'	400	4.80
	黄冕小六槽 Huangmianxiaoliucao	GL9	1.5	8.5	7.0	109°55'	24°40'	410~600	4.80
	环江洛阳 Huanjiangluoyang	DH201-2	3.5	15.5	11.0	108°13'	25°58'	300~750	4.70
	环江水源 Huanjiangshuiyuan	DH201-2	3.5	12.0	10.0	108°10'	24°53'	650~820	4.70
	波寨瑶山 Bozaiyaoshan	DH201-2	3.5	14.5	10.5	109°55'	24°46'	250~360	4.70
	富川麦岭 Fuchuanmailing	GL9	2.5	9.5	8.4	111°20'	25°06'	100~150	4.50
	波寨翁村 Bozaiwengcun	DH201-2	1.5	4.5	2.8	109°56'	24°47'	320~490	4.30
	贺州平桂 Hezhoupinggui	GL9	1.5	9.5	8.0	111°30'	24°30'	300~400	4.20
环江明伦 Huanjiangminglun	DH201-2	2.5	7.0	7.0	108°20'	25°14'	600~660	4.20	
翁城平山 Wengchengpingshan	DH201-2	3.5	12.0	10.0	109°58'	24°50'	340	4.00	
环江明伦 Huanjiangminglun	<i>E. dunnii</i>	3.0	8.0	6.5	108°20'	25°14'	600~700	3.50	
贺州平桂 Hezhoupinggui	<i>Pinus elliottii</i>	18.0	—	10.0	111°30'	24°30'	500~800	3.50	
富川麦岭 Fuchuanmailing	<i>Cinnamomum camphora</i>	7.0	—	10.0	111°20'	25°06'	300~350	2.00	
柳州市郊 Liuzhou suburb	DH201-2	1.5	6.9	5.3	109°25'	24°20'	150	1.50	
昭平林科所 Shaoping Academy of Forestry	DH201-2	0.7	2.5	—	110°51'	21°08'	300	1.00	
柳州市郊 Liuzhou suburb	DH184-1	1.5	6.7	5.4	109°25'	24°20'	150	0.90	
柳州市郊 Liuzhou suburb	GL9	1.5	7.0	5.5	109°25'	24°20'	150	0.90	
来宾维都 Laibinweidu	DH201-2	1.5	7.0	5.5	109°08'	23°50'	200~300	0.80	
黄冕小六槽 Huangmianxiaoliucao	GL9	1.5	8.5	7.0	109°55'	24°40'	100~373	0.50	
来宾维都 Laibinweidu	DH184-1	1.5	6.6	5.3	109°08'	23°50'	200~300	0.00	
广东 Guangdong	连州龙坪 Lianzhoulongping	GL9	0.5	2.0	—	112°30'	24°48'	300	5.00
	南岭保护区 Nanling National Nature Reserve	<i>Castanopsis</i> sp.	25.0	—	20.0	113°07'	24°42'	478~650	5.00
	连州龙坪 Lianzhoulongping	GL9	2.5	—	10.3	112°30'	24°44'	378~450	4.80
	连州连州 Lianzhou town	<i>P. massoniana</i>	18.0	—	20.0	112°23'	24°42'	300	4.50
	连州连州 Lianzhou town	Poplar	8.0	—	20.0	112°23'	24°42'	300	4.50
	连州龙坪 Lianzhoulongping	DH201-2	0.5	4.2	3.0	112°30'	25°02'	300~400	4.30
	连州龙坪 Lianzhoulongping	GL9	1.5	6.0	5.9	112°30'	24°44'	378~450	4.20
	连州龙坪 Lianzhoulongping	GL9	0.5	2.2	—	112°30'	24°44'	378~450	3.60
	连州丰阳 Lianzhoufengyang	<i>E. wophylla</i>	2.5	7.2	6.0	112°24'	24°42'	210	3.40
	始兴隘子 Shixingaizi	Jinggang 1	0.5	2.5	—	114°12'	24°54'	550~730	3.10
	连州连州 Lianzhou town	DH3229	0.5	2.0	—	112°23'	24°42'	310	2.90
	连州连州 Lianzhou town	DH3229	1.5	8.0	7.0	112°23'	24°42'	310	2.50
	连州连州 Lianzhou town	<i>E. wophylla</i>	7.0	18.0	14.5	112°23'	24°42'	310	2.30

续表 3

省(区)	样地	树种(无系)	林龄	H	DBH	经度	纬度	海拔	冻害等级
Province (Region)	Plot	Species (clones)	Age/a	/m	/cm	Long. (E)	Lat. (N)	Alt. /m	Freezing damage level
广东 Guangdong	清新拱水 Qingxingongshui	DH201-2	1.5	5.5	4.0	113°00'	23°42'	550	2.20
	连州连州 Lianzhou town	GL9	2.5	7.5	7.0	112°23'	24°42'	280	2.10
	仁化董塘 Renhuadongtang	DH201	1.5	8.6	7.9	113°37'	25°02'	200~250	2.00
	清新浸潭 Qingxinjintan	GL9	1.0	5.2	3.7	113°00'	24°06'	420~600	1.80
	清新渔坝 Qingxinyuba	<i>E. wophylla</i>	0.5	5.0	3.7	113°00'	23°42'	280	1.70
	仁化董塘 Renhuadongtang	EG5	0.5	2.1	1.3	113°37'	25°02'	300~400	1.70
	清新拱水 Qingxingongshui	DH3229	1.0	5.0	3.1	113°00'	23°42'	500	1.60
	连州丰阳 Lianzhoufengyang	<i>E. dunnii</i>	2.5	7.0	5.2	112°24'	24°42'	270	1.50
	连平上坪 Lianpingshangping	<i>Schima superba</i>	2.5	1.7	—	114°32'	24°44'	378~450	1.40
	连平上坪 Lianpingshangping	GL9	0.5	3.4	2.0	114°32'	24°24'	300~450	1.30
	仁化董塘 Renhuadongtang	GL9	0.5	5.0	3.3	113°37'	25°02'	130~250	0.80
	仁化董塘 Renhuadongtang	EG5	1.5	5.4	3.8	113°37'	25°02'	130~250	0.75
	仁化董塘 Renhuadongtang	GL9	0.5	3.5	2.2	113°37'	24°14'	160~200	0.60
	连平溪山 Lianpingxishan	GL9	2.5	12.0	9.1	114°24'	24°10'	350~480	0.50
	仁化董塘 Renhuadongtang	<i>E. dunnii</i>	2.5	11.3	7.6	113°37'	25°02'	130~250	0.50
	清新渔坝 Qingxinyuba	U6	1.5	6.4	4.5	113°00'	23°42'	230	0.40
	南岭保护区 Nanling National Nature Reserve	<i>Pinus</i> sp.	25.0	—	15.0	113°07'	24°42'	1 000	0.30
	清新渔坝 Qingxinyuba	GL9	0.5	2.2	—	113°00'	23°42'	230	0.20
怀集汶朗 Huaijiwenlang	U6, GL9, DH201	3.0	9.5	8.8	112°12'	23°55'	200~300	0.00	
江西 Jiangxi	龙南汶龙 Longnanwenlong	EG5	3.5	—	11.4	114°56'	24°46'	374~474	5.00
	安远龙布 Anyuanlongbu	<i>E. grandis</i>	2.5	—	7.3	115°20'	25°24'	374~582	4.80
	龙南东坑 Longnandongkeng	<i>P. elliptii</i>	15.0	—	18.0	114°54'	24°59'	354~424	4.00
	龙南武当 Longnanwudang	DH201-2	1.5	5.2	5.4	114°42'	24°35'	425~525	3.20
	信丰铁石口 Xinfengtieshikou	EG5	1.5	—	8.6	114°53'	25°08'	300~420	2.80
	于都利村 Yudulicun	DH201, EG5	2.0	8.0	6.0	115°20'	25°52'	200~400	1.50
	龙南渡江 Longnandujiang	DH201-2	1.5	9.7	8.7	114°42'	24°51'	255~285	1.20
	信丰铁石口 Xinfengtieshikou	EG5	1.5	10.1	8.5	114°53'	25°08'	150~250	0.80
	信丰九龙 Xinfengjiulong	TH9224	5.5	8.6	8.8	114°54'	25°04'	216~266	0.50
	龙南渡江 Longnandujiang	EG5	1.5	8.8	8.0	114°42'	24°51'	255~285	0.30
信丰九龙 Xinfengjiulong	<i>E. dunnii</i>	5.5	8.2	7.6	114°54'	25°04'	216~266	0.00	
贵州 Guizhou	从江停洞 Congjiangtingdong	DH201-2	1.5	5.2	5.2	108°35'	25°51'	511	5.00
	惠水种子园 Huishuizhongziyuan	GL9	1.5	8.0	7.0	106°37'	26°06'	1 088	4.90
	从江停洞 Congjiangtingdong	DH201-2	1.5	—	7.4	108°35'	25°43'	622	4.80
	普定太平 Pudingtaiping	<i>E. maidenii</i>	1.5	6.9	6.8	105°40'	26°14'	1 248	4.70
	从江停洞 Congjiangtingdong	DH201-2	5.0	—	15.5	108°35'	25°51'	323	4.30
	从江停洞 Congjiangtingdong	DH201-2	1.0	2	—	108°35'	26°51'	324	4.20
	贞丰县林场 Zhenfeng Forestry Fam	<i>E. maidenii</i>	1.5	6.9	6.8	105°39'	25°24'	1 152	4.00
	普定太平 Pudingtaiping	<i>E. smithii</i>	1.5	6.3	5.6	105°40'	26°14'	1 248	3.50
	惠水种子园 Huishui seed orchard	<i>E. dunnii</i>	2.5	7.1	7.1	106°37'	26°06'	1 088	2.80
	贞丰县林场 Zhenfeng Forestry Fam	<i>E. smithii</i>	1.5	6.3	5.6	105°39'	25°23'	1 094	1.70
	普定太平 Pudingtaiping	<i>E. maidenii</i>	2.5	9.8	7.7	105°40'	26°13'	1 251	1.50
	册亨巧马 Cehengqiaoma	U6	1.5	6.0	5.2	105°32'	24°53'	930	1.30
册亨巧马 Cehengqiaoma	DH3229	1.5	7.9	7.2	105°32'	24°53'	852	0.00	
云南 Yunan	富宁新华 Funingxinhua	DH3229, 3226	3.5	—	12.0	105°30'	23°35'	1 200~1 600	5.0
	广南八宝 Guangnanbabao	DH32-29 GL9	3.5	—	11.5	105°25'	23°46'	1 300	5.0
	曲靖师宗 Qujingshizong	<i>E. maidenii</i>	3.0	9.4	7.5	104°00'	24°30'	1 500~1 600	3.80
四川 Sichuan	彭州丽春 Pengzhouli chun	DH3229, 3226	0.5	2.5	—	103°20'	31°08'	1 100	4.90
	彭州丽春 Pengzhouli chun	DH3226 GL9	1.5	8.5	6.5	103°30'	31°08'	1 100	4.70
	夹江黄土 Jiajianghuangtu	<i>E. grandis</i>	2.5	6.5	5.5	103°34'	29°50'	400~600	0.50
福建 Fujian	永安大湖 Yong'andahu	EG5 EG6	5.0	18.5	16.1	117°20'	26°05'	350~470	0.50
	永安大湖 Yong'andahu	<i>E. gbbulus</i>	5.0	10.7	8.2	117°20'	26°05'	350~470	0.40
	永安大湖 Yong'andahu	<i>E. saligna</i>	5.0	15.1	13.5	117°20'	26°05'	350~470	0.25
	漳州马口 Zhangpumakou	DH3226 GL9	1.5	7.8	7.2	117°40'	24°20'	200~400	0.20
	永安大湖 Yongandahu	<i>E. dunnii</i>	5.0	15.2	14.0	117°20'	26°05'	350~470	0.10
	漳浦马口 Zhangpumakou	EG5 EG6	1.5	7.5	6.8	117°40'	24°20'	200~400	0.00
霞浦下浒 Xiapuxiahu	<i>E. dunnii</i> , EG5	0.5	2.5	3.0	119°55'	26°40'	200~300	0.00	

系 DH3229、DH3222(尾×巨桉)、GL9(巨×尾桉)、DH184(尾×赤桉)、DH201-1、2(巨×赤桉)、TH9224(尾×细叶桉)、井冈1号(JG1 选自 DH 杂交桉)、柳隆、尾邓桉和柳葡杂交桉等均遭不同程度的为害。在抗冰凌雪折方面,没有一个树种(无性系)表现出优良的抗压性。在耐寒性能上,邓恩桉、赤桉 No. 34、巨桉 EG5、EG6 无性系和柳桉比 DH3229、DH3222、U6、GL 9、DH184 和 DH201 等显著耐寒,3月中下旬和4月初的灾后复查结果表明,上述树种(无性系)的树冠上中、中下部的枝叶、主干、树皮和形成层依旧保持翠绿、新鲜、完好,且顶端受损枝干已萌芽展叶恢复生长。耐寒性表现最差的无性系是 DH201-2 枝叶几乎全树干枯。

经营措施、林分位置:在调查的桉树人工林中,多数林分种植密度为  $1\ 333 \sim 2\ 000$  株  $\text{hm}^{-2}$ ,在重灾区种植密度与受灾程度或寒害等级差异不显著,但在中等受灾区种植密度与受灾程度有差异且差异显著,表现为种植密度低的林分较密度高的林分受害程度轻、且受害等级低,即断梢、倾覆的林木株数相对少,反之较多。该情形与沿海地区夏季桉树人工林遭受台风为害时相似。在同一立地条件或相同造林生境山地、丘陵桉树人工林受灾情况是,南坡的断梢、折干、倾斜林木株数多于北坡,且受害等级高,即南坡比北坡受灾严重;山脊、丘顶、霜穴和背风区的受害程度较其他坡位严重,而集水区的受灾程度较轻。同一造林树种或无性系不同树木年龄的林分受灾情况是,树木年龄大的林分抗雪压、抗折和耐寒性比树木年龄小的要强。

### 3 桉树人工林受灾原因分析

#### 3.1 气候及地形因素

从查阅收集的各地气象资料可以看出,我国南方多个省(区、市)年初的雨雪冰冻天气过程,在低温、冻雨(雨淞)或雨加雪持续的日数均创数十年来记录新高。广东省1月13日至2月13日全省平均气温  $9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,与常年同期相比偏低  $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,持续低温天数创有史记录同期极值;湖南省出现长达10余天的低温、雨加雪和冰冻的天气,其强度仅次于1954/1955年的雨雪冰冻;江西省连续阴雨、冻雨影响范围、持续日数均破1959年有气象记录的历史同期极值;广西全区连续30天平均气温低于  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,是1951年有气象观测记录以来持续时间最长的低温天气过程,期间全区平均气温  $6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,比常年同期偏低  $5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,偏低程度为1951年有气象观测记录以来同期极值;贵州省低温、雨雪天气除西南部持续时间为10天外,其余地区维持20~31天,打破1954年有气象观测记录的历史同期极值;四川成都自1月7日至2月22日平均气温低于  $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  的日数达34天,且低于零度阴雨或雨加雪的日数达16天,打破1951年有史记录同期极值。

雨雪冰冻灾害的主因是天气异常,即大气环流异常变化。今年入冬以来,来自中高纬度欧亚地区的大气环流呈现西高东低分布,这种环流异常型持续了19天,时间之久是多年气候状况的3倍以上,为1951年以来持续时间最长的一次,有利于冷空气自西北方向沿河西走廊持续向东南入侵我国(邓国光,2008)。冷暖气流在长江中下游以南地区相遇,僵持交汇造成了大范围雨雪冰冻灾害。

南岭一带的山脉地形是加重灾情的另一主因。今冬有4次强冷空气掠过华北、华中和华东平原地区一路南下,跨越长江后进一步扩展时遇到萌诸岭九岭山脉和武陵山的阻挡,经雪峰山、罗霄山和武夷山山脉的分流,使得部分冷空气向西南和正南而下,然后又受南岭山脉的阻挡,恰好冷暖气流就在南岭附近滞留交汇。这使得桂林、湘南和赣南的桉树人工林灾情严重,且湖南的郴州、永州市南部比北部灾情要严重,江西的龙南、安远和信丰比赣州北部于都灾情严重,而同纬度的闽、滇大部地区却无灾情发生。南岭南部包括南岭国家级自然保护区,海拔300~800 m 森林植被灾情严重,而800 m 以上山顶的广东松和其他植被未受影响也是此原因。

四川盆地的桉树人工林因地理环境独特受今冬冷暖气流交汇影响较小,灾情是因持续低温、降雪导致高海拔山地积雪受灾。

桉树人工林冰雪灾害调查可知:北方冷空气南下入侵华南有2条明显的走廊,一条是受萌诸岭九岭山脉阻挡,由雪峰山和罗霄山分流向西南而下入桂林(由湘南永州入桂东北经全州达桂林向西北蔓延,经富川达货州)和粤北(经蓝山入连州和经郴州达韶关),另一条是经罗霄山和武夷山分流南下,由江西赣州经信丰、安远、龙南入粤北(河源的连平和梅州的平远)。

#### 3.2 树种自身原因

8省(区)桉树人工林遭受冰雪灾害的另一原因在于树种自身的生物学特性。样地调查表明,在华南热带地区广泛种植的无性系 DH201-2、DH3229、DH3222、DH184、GL 9 和 U6,不宜在湘南、赣南和桂林以北即南

岭以北地区大规模发展,这些树种(无性系)在该区域有较大寒害风险。适宜发展的树种仍然是耐寒的邓恩桉、巨桉和柳桉及其杂交种。

#### 4 结论与讨论

2008年初南方的雨雪冰冻灾害,与1999年和2003年2次大寒潮也给粤北、桂北和福建三明等地的桉树人工林造成了霜冻危害相比,今年的冰雪灾害波及的省(区)之广、受灾森林树木之多、灾情之重和损失之巨均属有史罕见。以下几点值得我们反思和商榷:

1) 在重灾区如桂北、湘南、赣南和粤北山区,受灾森林树木除桉树外,还有相思和湿地松等外来树种,甚至乡土树种马尾松、杉木、木荷、樟树、黧蒴栲、竹子等树种和灌木植被,同样遭受断梢、折干、倾斜和翻窠等冰冻为害。

2) 根据多年的桉树引种试验研究和实践,我国树木引种专家王豁然研究员对南方桉树引种地理区域多次提出要遵守U字形法则,即适宜桉树的地理区域大致是东西两侧可以延伸至 $30^{\circ}\text{N}$ ,中间在 $25^{\circ}\text{N}$ ,海拔500 m以上的立地不宜发展桉树人工林。具体来说,发展桉树人工林东部从舟山群岛向南延伸至福州以南的沿海狭长地区,西部可以到达成都以北的川西丘陵,中部则大致以南岭为界。灾情再一次表明:在湘南、赣南和广西的桂林和百色以北地区发展桉树人工林存在寒害风险。

3) 近年全球变暖已是不争的事实。但全球变暖不等于全球每个角落的冬季都变暖,应该清醒地认识到:在全球变暖的背景下,更深层次地意味着“全球正处于极端天气事件频发期”。目前决定我国冬季冷暖的主导因素仍然是大气环流,并非由大气温室效应增强决定的。因此,认为“我国亚热带地区气候变暖趋势不可逆转,南亚热带地区归类已水平距北移200 km以上”的观点欠妥。根据气象部门记录资料表明,年初南方雨雪冰冻有的地方是“五十年一遇”,有的是“百年等一回”,历史罕见。这对桉树速丰林培育6~7年即可采伐利用,当属小概率事件。但对以营林产材为主,尚无加工利用上游产业链的广大林农来讲,切记三思而行,更不可抱有侥幸心理和盲从跟风。

4) 这场突发的冰雪灾害对南方桉树发展是严峻的挑战,亦是物竞天择的良机。雪灾给了桉树引种、改良及耐寒新品种选育一次罕遇的历史性自然选择机遇。下一步耐寒桉树新品种选育的思路:在灾区本底调查的基础上,遴选劫后余生、耐寒性强、抗雪压的优良单株,开展耐寒基因资源的收集、保存、扩繁和利用研究。尽快繁殖和培育耐寒无性系提高抗御冰雪灾害的能力,满足我国南亚热带地区发展桉树速丰林的需求。

5) 尽快建立我国林业极端天气事件对森林致灾的预警机制。我国已有完备的森林防火和重大病虫害监测预警机制,但对异常天气过程引发森林灾害的防灾减灾预警机制尚未健全,这对当今全球气候已发生深刻变化的今天尤为迫切和重要。

#### 参 考 文 献

- 邓国光. 2008-02-04. 我国正在经历一场历史罕见低温雨雪冰冻灾害. 人民网-人民日报.  
林业寒害联合调查组. 2000. 广东省林业寒害情况调查报告. 广东林业科技, 16(4): 26-33.  
王豁然, 徐建民, 项东云. 2008. 桉树人工林灾后救治及科学认识桉树的耐寒性. 林业实用技术, (3): 29-30.  
徐建民. 2008-03-17. 桉树灾后恢复技术要点与措施. 中国绿色时报: 第3版.

(责任编辑 王艳娜)