

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.06.011

何俊, 赵秀海, 孙兆军, 等. 冰雪灾害对江西九连山常绿阔叶林的影响[J]. 广西植物, 2013, 33(6):780—785

He J, Zhao XH, Sun ZJ, et al. Effects of the ice and snow damage to the evergreen broad-leaved forest of Jiulianshan Mountain in Jiangxi Province[J]. *Guihaia*, 2013, 33(6):780—785

## 冰雪灾害对江西九连山常绿阔叶林的影响

何俊<sup>1</sup>, 赵秀海<sup>2\*</sup>, 孙兆军<sup>1</sup>, 范娟<sup>2</sup>, 毛双燕<sup>2</sup>, 周华<sup>3</sup>

(1. 宁夏大学, 银川 750021; 2. 北京林业大学, 北京 100083; 3. 江西九连山自然保护区管理局, 江西 龙南 341701)

**摘要:**以江西九连山自然保护区常绿阔叶林为对象,研究林分不同层次优势种受灾程度,分析物种海拔、坡度对受灾程度的影响。结果表明:乔木上层和中层树木以断稍为主,乔木下层树木以断稍和腰折为主,小树和幼树以压弯为主。在平均受损指数 *MDI* (Mean Damage Index) 方面,乔木上层米槠 *MDI* 值最高,拟赤杨最低;乔木中层鸭公树 *MDI* 值最高,浙江新木姜子最低;乔木下层米槠 *MDI* 值最高,浙江新木姜子最低;小树米槠 *MDI* 值最高,细枝柃最低;幼树二列叶柃 *MDI* 值最高,狗骨柴最低。海拔对不同林分层次树木的部分受损指标有显著影响 ( $P < 0.05$ ); 整体上,不同林分层次树木的受损指标在 700~760 m 海拔生境高于 640~700 m 海拔生境。不同坡度生境下树木的受损指标均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

**关键词:**九连山常绿阔叶林; 冰雪灾害; 受损程度; 优势种; 海拔; 坡度

**中图分类号:** Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)06-0780-06

## Effects of the ice and snow damage to the evergreen broad-leaved forest of Jiulianshan Mountain in Jiangxi Province

HE Jun<sup>1</sup>, ZHAO Xiu-Hai<sup>2\*</sup>, SUN Zhao-Jun<sup>1</sup>, FAN Juan<sup>2</sup>, MAO Shuang-Yan<sup>2</sup>, ZHOU Hua<sup>3</sup>(1. *Ningxia University*, Ningxia Yinchuan 750021, China; 2. *Beijing Forestry University*, Beijing 100083, China; 3. *Jiangxi Administrative Bureau of Jiulianshan Mountain National Nature Reserve*, Longnan 341701, China)

**Abstract:** The ice and snow damage to the evergreen broad-leaved forest of Jiulianshan Mountain National Natural Reserve in Jiangxi Province was studied, and effects of altitude, slope on the damage degree were analyzed. The results were as follows: the upper-layer and mid-layer trees were mostly in model of top breakage, the under-layer trees were subjected to top and trunk breakage, the saplings and seedlings were mostly suffered from bending. In term of *MDI*, seedlings < saplings < under-layer trees < mid-layer trees < upper-layer trees; species with the highest *MDI* in different story was respectively *Castanopsis carlesii* in upper-layer, *Neolitsea chuii* in mid-layer, *C. carlesii* in under-layer and sapling, *Eurya distichophylla* in seedling; however, species with the lowest *MDI* in different stories were respectively *Alniphyllum fortunei* in upper-layer, *Neolitsea aurata* var. *chekiangensis* in mid-layer and under-layer, *Eurya loquaiana* in sapling and *Tricalysia dubia* in seedling. The trunk breakage ratio and *MDI* of upper-layer trees, top breakage ratio and *MDI* of mid-layer trees; trunk breakage ratio and *MDI* of under-layer trees, bending ratio of saplings, trunk breakage ratio of saplings, uprooting ratio of saplings, *MDI* of saplings, trunk breakage ratio and

收稿日期: 2013-04-28 修回日期: 2013-07-11

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2008BADB0B05); 林业公益性行业科研专项(200904022)

作者简介: 何俊(1983-), 男, 湖北荆门人, 博士, 助理研究员, 主要从事森林生态系统方面研究, (E-mail) hejun8302@163.com.

\*通讯作者: 赵秀海, 博士, 教授, 主要从事森林经理和生态系统方面的研究, (E-mail) zhaoxh@bjfu.edu.cn.

MDI of seedlings were significantly different between different latitude habitats ( $P < 0.05$ ); In the whole, different damage indexes of trees under 700—760 m altitude habitat were higher than individuals under 640—700 m altitude habitat. Under different slope habitats, damage indexes in different layers had no significant difference ( $P > 0.05$ ).

**Key words:** Jiulianshan Mountain evergreen broad-leaved forest; ice and snow damage; damage degree; dominant species; altitude; slope

特大冰雪灾害对森林生态系统的干扰十分严重, 受灾后的森林易发生真菌和病虫害 (Nykanen *et al.*, 1997)。在我国, 冰雪灾害主要发生在新疆西北部、内蒙古中部、青藏高原东北部等区域, 研究以这些区域草地畜牧业的冰雪灾害影响和预测为主 (史培军等, 1996; 时兴和等, 2012)。欧洲和北美的部分区域冰雪灾害发生频率较高, 人工林和次生林受到影响大, 研究者针对灾害成因、灾害评估、灾害影响因素、受损预测模型等方面进行了深入研究 (Richard, 1999; Michael *et al.*, 1999; Anne *et al.*, 2002; Koichi *et al.*, 2007; Michael *et al.*, 2008)。2008 年南方特大冰雪灾害发生后, 国内学者针对灾害成因 (刘毅等, 2008)、灾害影响 (王旭等, 2009; 曼兴等, 2011)、灾后恢复 (黄川腾等, 2012) 等展开研究, 但针对亚热带常绿阔叶林树种和群落的分层受损比较研究少见报道。

2008 年冬季持续的雨雪冰冻天气对南方林业产生重大影响, 其中受雨雪冰冻危害的林地面积达 0.21 亿公顷, 森林面积达 0.19 亿公顷 (杨锋伟等, 2008)。本研究针对江西九连山亚热带常绿阔叶林进行冰雪灾害受损研究, 确定灾害对常绿阔叶林不同层次优势种的影响程度, 评价不同优势种的受损差异, 并分析海拔和坡度对受损程度的影响, 以期冰雪灾害研究提供基础资料, 并为科学评价、预测等方面提供依据。

## 1 研究地概况

九连山国家级自然保护区位于江西省赣州市龙南县的南端, 地理坐标为  $24^{\circ}29'18'' \sim 24^{\circ}38'55''$  N,  $114^{\circ}22'50'' \sim 114^{\circ}31'32''$  E。保护区年均气温约  $17.4^{\circ}\text{C}$ , 最冷月 (1 月) 平均气温  $6.8^{\circ}\text{C}$ , 7 月平均气温  $24.4^{\circ}\text{C}$ , 极端最高气温  $37^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-7.4^{\circ}\text{C}$ 。年均降水量 2 155.6 mm, 有明显的干、湿季。土壤有明显的垂直分布规律, 随着海拔的升高, 分别为山地红壤 (500~600 m 以下)、山地黄红壤 (500~800 m)、山地黄壤 (800~1 200 m)、山地草甸 (1 200 m 以上) (刘信中等, 2002)。九连山常绿阔叶林以南岭栲

(*Castanopsis fordii*) 林、米槠栲 (*C. carlesii*) 林、丝栗栲 (*C. fargesii*) 林、红钩栲 (*C. lamontii*) 林、罗浮栲 (*C. fabri*) 林、木荷 (*Schima superba*) 林和甜槠 (*Castanopsis eyrei*) 林为主要群落类型 (刘信中等, 2002)。

## 2 研究方法

### 2.1 样方设置与调查

为监测亚热带常绿阔叶林冰雪灾害后植被恢复状况, 于 2008 年在九连山国家级自然保护区内设置  $4 \text{ hm}^2$  固定监测样地。调查过程中将整个样地划分为 100 个  $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$  的连续样方, 记录所有  $\text{DBH} \geq 1 \text{ cm}$  植株的物种、胸径、树高、冠幅、坐标及受损类型, 并挂牌标记。受损类型分为压弯、断梢、腰折、翻斃四个等级 (Koichi *et al.*, 2007)。

### 2.2 受损指数选择

依据调查中的受损分类, 采用压弯率、断梢率、腰折率、翻斃率和 MDI 五个指标评价受损。重度受损率 (%) = 腰折率 (%) + 翻斃率 (%);  $\text{MDI} = \sum_{i=1}^n D_i P_i$ ; 其中  $D_i$  为第  $i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) 等级受损权重值 (压弯:  $D_1=1$ ; 断梢:  $D_1=2$ ; 腰折:  $D_2=3$ ; 翻斃:  $D_3=4$ ),  $P_i$  为第  $i$  等级受损率, MDI (Mean Damage Index) 为平均受损指数 (Michael *et al.*, 1999)。不同径级大小树木受损有所差异, 按照林分条件并结合曲仲湘的分级标准 (曲仲湘等, 1983), 本文将树木分成 5 个层次, 幼树 ( $1 \sim 2.5 \text{ cm}$ )、小树 ( $2.5 \sim 7.5 \text{ cm}$ )、乔木下层 ( $7.5 \sim 15 \text{ cm}$ )、乔木中层 ( $15 \sim 22.5 \text{ cm}$ )、乔木上层 ( $\geq 22.5 \text{ cm}$ ), 选取各层次  $\text{IV} \geq 10$  (IV, important value, 重要值) 的优势树种进行受损分析; 在不同层次整体受损比较中, 选取所有树木进行受损统计。

### 2.3 海拔和坡度分级

海拔: 根据样地调查结果, 将海拔分为 640~700 m 和 700~760 m 2 个等级; 坡度: 以 0 开始, 间隔  $10^{\circ}$  为 1 个等级,  $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$  为最高级, 共 5 个级别, 选取所有树木进行受损统计。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同层次优势种受损分析

乔木上层以红钩栲、丝栗栲、马尾松 (*Pinus massoniana*) 和罗浮栲为主要优势树种。优势树种均以断稍为主要受损类型(图 1:A)。除了 3 株丝栗栲发生压弯,其余优势树种均无压弯受损。优势种断稍受损率差异小,米楮最高;拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei*) 最低。马尾松是唯一腰折率高于 10% 的优势种。米楮、枫香 (*Liquidambar formosana*) 和杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 未发生翻兜受损。在总的受损评价上 (MDI), 米楮高达 176.3%, 落叶物种拟赤杨仅为 131.5%。

乔木中层以罗浮柿 (*Diospyros morrisiana*) 为主要优势树种。优势树种均以断稍为主要受损类型,腰折受损发生也较多(图 1:B)。壳斗科树种有不同程度的心腐现象,且宽大冠幅所承载冰雪量大,不同受损指标均较高。与红钩栲和罗浮栲相比,米楮多位于坡度较大的生境,发生翻兜的风险相对较高,翻兜率高达 16%。壳斗科物种 MDI 值均处于前五位,受损率高。与其他优势树种相比,罗浮柿树高低,压弯率最高,其他受损指标位于中等程度。鸭公树 (*Neolitsea chunii*) 腰折率最高。浙江新木姜子 (*N. aurata* var. *chekiangensis*) MDI 最低。杨梅 (*Myrica rubra*) 不同受损指标均较高。

乔木下层以罗浮柿为主要优势树种。优势树种以断稍和腰折为主要受损类型(图 1:C)。与乔木中层相似,壳斗科和樟科优势树种腰折率很高。罗浮栲和罗浮柿在下层高度较高,受到断稍的风险相对较高,断稍率最高。压弯树木以  $DBH \leq 12$  cm 为主,罗浮柿在该径级范围内个体数最多,压弯率高。不同程度的心腐现象降低了木荷抵抗冰雪灾害的能力。米楮、罗浮栲、红钩栲、鸭公树和木荷的 MDI 值最高。浙江新木姜和黄丹木姜子 (*Litsea elongata*) 以 10 cm 左右树木为主,且多生长在郁闭度高的生境,受损轻。杜鹃花科的丝线吊芙蓉 (*Rhododendron westlandii*) 以压弯和断稍为主要受损类型。

小树以细枝柃 (*Eurya loquaiana*) 为主要优势树种。优势树种以压弯为主要受损类型(图 1:D)。罗浮柿在该层上部,且具有较大冠幅,断稍和压弯受损多。小叶石楠 (*Photinia parvifolia*) 以多株丛生为主,枝干软易压弯;宽大冠幅使丝线吊芙蓉压弯率

和断稍率较高。米楮、鸭公树和红楠 (*Machilus thunbergii*) 材质较脆,且具有较大冠幅,腰折率高。米楮不同指标受损率均较高,MDI 最高。细枝柃和小叶石楠植株以 5 cm 左右树木为主,除了压弯率较高,其余受损率均很低。

幼树以细枝柃为主要优势树种。优势树种受损以压弯为主要受损类型(图 1:E)。二列叶柃 (*Eurya distichophylla*) 集中分布于低海拔的沟谷地带,冠幅大,枝干柔软,压弯率达 51.6%,其他受损指数很低。由于受到上层个体受损后产生的次级损伤,不同树种幼树的腰折率和翻兜率无显著差异,断稍率和腰折率最高的是鸭公树,翻兜率最高的是米楮。

不同层次树木的受损表现不同,幼树和小树以压弯为主,乔木下层树木以断稍和腰折为主,乔木中层和上层树木以断稍为主(图 1:F)。幼树和小树由于上层个体断枝断稍的压砸而受到更多的次级损伤,且植株柔韧性较高,易压弯。乔木上层植株承受冰雪初级损伤多,植株具有较强的抗弯曲和倒伏能力,易断稍。乔木下层腰折率最高,分别为乔木上层和幼树的 3 倍和 5 倍。不同层次翻兜率均不高,乔木下层最高(4.4%),而幼树仅为 0.6%(图 1:F)。在整体受损评价上,乔木层受损明显高于小树和幼树,其中乔木上层的 MDI 分别为小树、幼树的 2 倍和 4 倍。

在整个林分中,重度受损率高于 50% 的物种植株数很少,且以腰折为主。其中,植株数最多的是南岭栲(14 株),其次是光皮桦 (*Betula luminifera*, 6 株) 和日本杜英 (*Elaeocarpus japonicus*, 6 株)。林分上层优势种重度受损率在 2.27%~13.58% 之间,马尾松最高;中层优势种重度受损率在 10.26%~36% 之间,米楮最高;下层优势种重度受损率在 5.36%~42.24% 之间,米楮最高;小树优势种重度受损率在 7.96%~29.7% 之间,米楮最高;幼树优势种重度受损率在 2.58%~5.52% 之间,米楮最高。

### 3.2 海拔对受损的影响

单因子方差分析结果显示,不同海拔条件下,乔木上层树木 MDI、乔木中层树木断稍率、乔木下层树木腰折率、乔木下层树木 MDI、小树腰折率、小树 MDI、幼树腰折率呈极显著差异 ( $P < 0.01$ ); 乔木上层树木腰折率、乔木中层树木 MDI、小树压弯率、小树翻兜率、幼树 MDI 呈显著差异 ( $P < 0.05$ )。700~760 m 海拔下乔木上层树木的压弯率、小树和幼树的

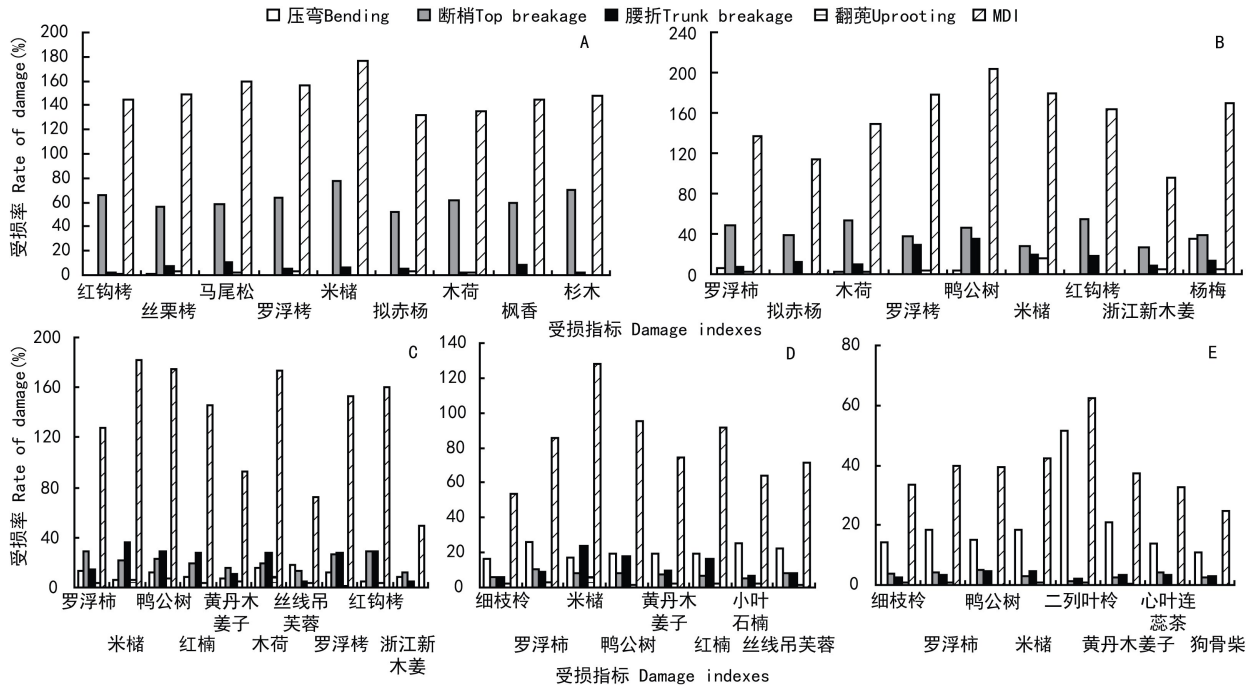


图 1 不同层次优势种及整体受损 A-E. 依次代表乔木上层、乔木中层、乔木下层、小树、幼树优势种受损比较；F. 代表不同层次树木受损比较。

Fig. 1 Damage of dominant species in different layers and all individuals between different layers A-E. show respectively the damage of dominant species in upper-layer, mid-layer, under-layer, saplings and seedlings; F. shows damage comparison between different layers.

断梢率、乔木中层树木的腰折率低于 640~700 m 海拔树木，乔木上层树木在不同海拔生境压弯率均低于 1%，不同海拔生境条件下，小树和幼树的断梢率、乔木中层树木的腰折率差异很小。整体上，700~760 m 海拔生境下树木的受损指标高于 640~700 m 海拔生境(图 2:A-F)。

### 3.3 坡度对受损的影响

单因子方差结果显示，不同坡度条件下，受损指标均无显著差异( $P > 0.05$ )。20°~30°、30°~40°生境下树木断梢率高，30°~40°、40°~50°生境下树木的腰折率和 MDI 高；0~10°、10°~20°生境下树木的受损指标较低。

在乔木上层，坡度较大生境下树木的不同受损指标整体上高于坡度更小生境下的树木。随着坡度的增加，乔木上层树木压弯率逐渐升高，在 20°~30°达到最大；MDI 值逐渐升高，在 30°~40°达到最大。腰折率、翻兜率分别在 30°~40°生境、40°~50°生境最大(图 3:A, F)。乔木中层树木与乔木上层树木有一定差异，0~10°生境下树木的压弯率和腰折率很高；30°~40°生境下树木的翻兜率和 MDI 值均最高(图 3:B, F)。乔木下层树木的 MDI 值随着坡度的增加而升高，在 30°~40°生境达到最大(图 3:C,

F)。小树在 0~10°生境下树木的断梢率最高，30°~40°生境下树木的腰折率和 MDI 最高，40°~50°生境下树木的翻兜率最高(图 3:D, F)。幼树在 40°~50°生境下树木的翻兜率最高，0~10°生境下也较高(图 3:E)。

## 4 讨论

冰雪灾害在我国南部发生的几率很小，但偶发性的冰雪灾害对森林的影响是长期性的。它们在对植株造成损伤的同时，降低生物量、密度和基盖度，严重的会影响物种组成和林分结构。与乔木上层相比，乔木下层树木受损更轻，乔木上层树木冠幅大，且承载了大部分冰雪量，受风的影响也较大，故受损严重。乔木下层树木处于上层树木的保护之下，冠幅较小，承载冰雪量较少，且风的影响较小，故受损较轻。本研究中，不同层次树木的整体受损率(MDI)大小顺序依次为幼树<小树<乔木下层树木<乔木中层树木<乔木上层树木，且乔木上层树木的 MDI 是幼树的 3.6 倍。这与 Richaed(1999)乔木下层树木受损仅为乔木上层的 1/3 的结论基本一致。



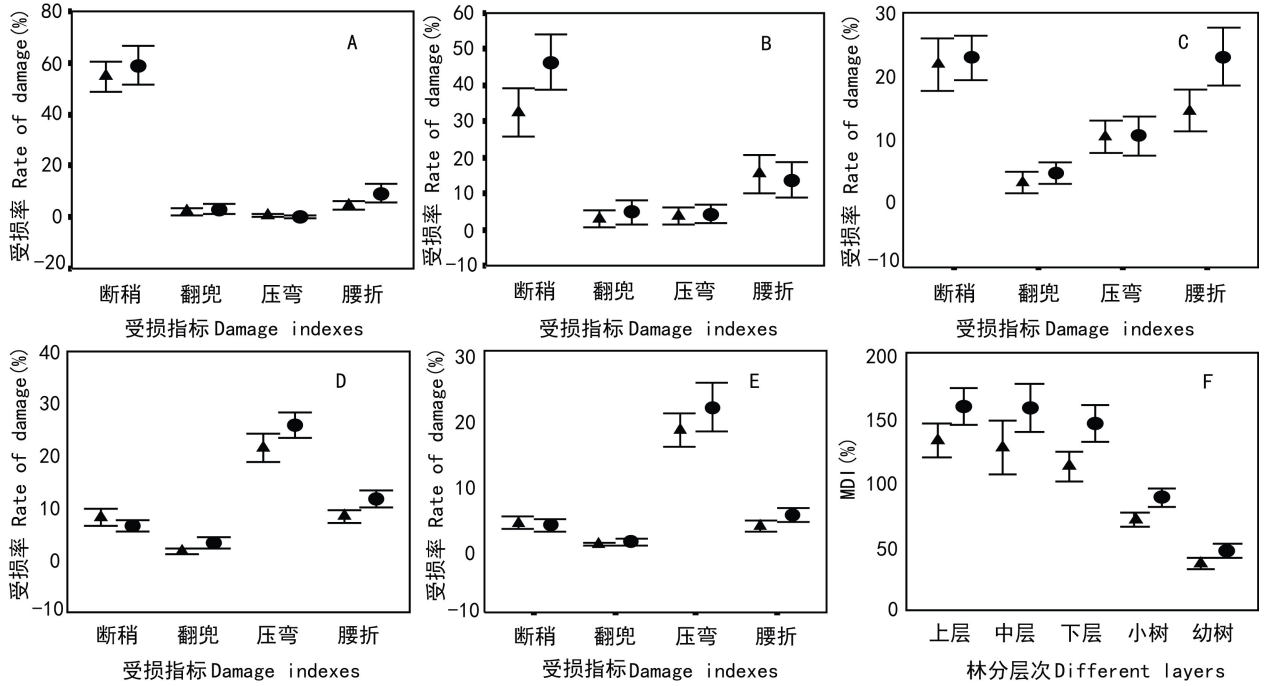


图2 海拔对不同层次受损指标的影响 A-E. 依次代表乔木上层、乔木中层、乔木下层、小树、幼树不同海拔条件下受损比较; F. 代表不同层次不同海拔条件下的MDI值比较; ▲代表640~700 m海拔, ●代表700~760 m海拔。

Fig. 2 Effects of altitude on damage indexes in different layers A-E. show respectively damage comparison of different altitude conditions in upper-layer, mid-layer, under-layer, saplings and seedlings; F. shows MDI comparison of different altitude conditions in different layers; “▲” shows 640-700 m altitude, “●” was 700-760 m altitude.

Bragg *et al.* (2003) 指出平均胸径大约为 18~25 cm 的林木易受害。李秀芬等 (2006) 认为粗大林木因冠幅较大而易受折断的危害, 而低矮、小径级的林木更趋向于被压弯。本研究中, 幼树和小树以压弯为主, 乔木下层树木以断稍和腰折为主, 乔木中层和上层树木以断稍为主。幼树和小树因受到上层个体断枝断稍的压砸而受到更多的次级损伤, 且植株柔软, 易压弯; 上层个体由于承受更多的冰雪量, 树梢完全暴露在冰雪下, 断稍风险相对更高; 7.5~15 cm 径级的个体正处于上升阶段, 高度增长大于径向生长, 而且冠幅生长也较快, 抵抗腰折受损的能力弱。张志祥等 (2010) 发现黄山松 (*Pinus hwangshanensis*) 胸径越大, 林木越高, 其受灾程度越轻, 这可能是由于随着黄山松树龄的增加, 木材强度随之增加的缘故。

树木的材质和冠幅影响了其受损程度。材质较脆的香樟、马尾松、鸭公树容易受损, 腰折率高。树冠较大的米槠、红楠等由于承载了更多的冰雪量, 受损严重。此外, 心腐的出现在一定程度上增加了树木的受灾程度 (Richard *et al.*, 2007), 如北美水青冈 (*Fagus grandifolia*) 等 (Loe *et al.*, 1985)。本研究

中乔木上层和中层重度受损的拟赤杨、枫香、米槠以及乔木下层的木荷均有腐烂枯死情况发生。马尾松部分个体因割脂而产生病虫害, 影响了其抵抗能力, 攀附在马尾松上的藤本也增加了马尾松的受损程度, 且针叶树树干的低弹性和低硬度也增加了其受损程度。落叶树种在冰雪期间承受冰雪量少, 受损率较低, 如拟赤杨。杨梅多生长在向阳空旷的区域, 属于宽冠幅、低矮植株, 较高的木材韧性使得杨梅受到压弯和断稍的风险高于腰折和翻兜。丝线吊芙蓉作为中层相对高度最低的树木, 上层植株的保护和木材的高韧性使其受损较轻。山茶科的细枝柃、二列叶柃和心叶连蕊茶 (*Camellia cordifolia*) 幼树和小树植株数多, 以压弯受损为主。

冰雪灾害程度除了与物种特征相关外, 气候、地形、样地特征等也在一定程度上影响冰雪灾害程度。Dobbertin (2002) 认为坡度在 8°~35° 之间更易发生森林雪灾, 但是没有比较 8°~35° 范围内不同坡度条件下的受损差异。王旭 (2008) 的结果表明小范围内坡度对严重受损率的影响无差异。本研究中, 坡度对受损指标无显著影响, 但是坡度大于 30° 生境下树木的受损指标整体上要高于 0°~20° 生境。坡度

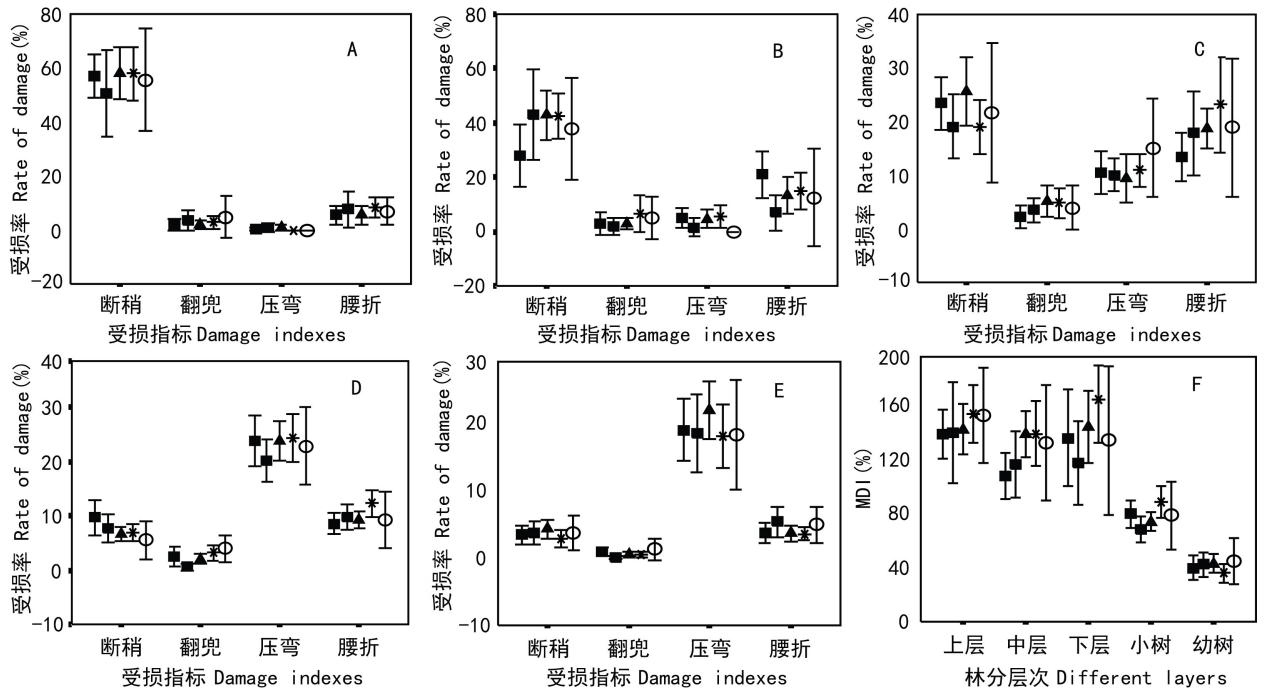


图 3 坡度对不同层次受损指标的影响 A-E. 依次代表乔木上层、乔木中层、乔木下层、小树、幼树不同坡度下树木受损比较; F. 代表不同层次不同坡度下的 MDI 值比较; 每个图形中: ■, □, ▲, \*, ○ 分别代表 0~10°、10°~20°、20°~30°、30°~40° 和 40°~50°。

Fig. 3 Effects of slope on damage indexes in different layers A-E. show respectively damage comparison of different slope conditions in upper-layer, mid-layer, under-layer, saplings and seedlings; F. shows MDI comparison of different slope conditions in different layers; ■, □, ▲, \*, ○ show respectively 0-10°, 10°-20°, 20°-30°, 30°-40° and 40°-50°.

大于 30° 生境不同林分层次的翻兜率均高于坡度小于 30° 生境。由于雨水的冲刷和人为因素等的干扰, 坡度较大生境下树木的根系深度浅于坡度较小的生境, 而且坡度较大区域林分密度较低, 受风的影响也较大, 树冠不对称性强, 在承载相同冰雪量的条件下, 坡度较大生境的树木发生翻兜的风险要高于坡度较小生境的树木。

在一定海拔范围内, 海拔越高, 受损越严重。海拔越高, 温度越低, 雪花在短时间内结冰并可以保留很长时间, 从而导致受损严重。整体上, 本研究 700~760 m 海拔生境下树木的受损指标高于 640~700 m 海拔生境。

## 参考文献:

- 刘信中, 肖忠优, 马建华. 2002. 江西九连山自然保护区科学考察与森林生态系统研究[M]. 北京: 中国林业出版社
- 曲仲湘, 吴玉树, 王焕校. 1983. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社
- Anne GR, Steven PH, Timothy JF, et al. 2002. Effects of an intense ice storm on the structure of a northern hardwood forest [J]. *Can J For Res*, **32**(10): 1 763-1 775
- Bragg DC, Shelton MG, Zeide B. 2003. Impacts and management implications of ice storms on forests in the southern United

- States[J]. *For Ecol & Manag*, **186**(1): 99-123
- Dobbertin M. 2002. Influence of stand structure and site factors on wind damage comparing the storms Vian and Lothar[J]. *For Snow Lands Res*, **77**: 187-204
- Huang CT(黄川腾), Zhuang XY(庄雪影), Li RX(李荣喜), et al. 2012. Damaged status and early recovery of tree species in Wuzhishan of Nanling Mountains, south China after the ice storm in 2008 (冰灾后南岭五指山森林树种的受损与早期恢复)[J]. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **31**(6): 1 390-1 396
- Koichi T, Ken A, Martin JL. 2007. Quantitative and qualitative effects of a severe ice storm on an old-growth beech-maple forest [J]. *Can J Res*, **37**(3): 598-606
- Li XF(李秀芬), Zhu JJ(朱教君), Wang QL(王庆礼), et al. 2006. Relationships between snow/wind damage and tree species as well as forest types in secondary forests(次生林雪/风害干扰与树种及林型的关系)[J]. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报), **28**(4): 28-33
- Liu Y(刘毅), Zhao YH(赵燕华), Guan ZY(管兆勇). 2008. Influences of stratospheric circulation anomalies on tropospheric weather of the heavy snowfall in January 2008(平流层环流异常对 2008 年 1 月雪灾过程的影响)[J]. *Clim & Environ Res* (气候与环境研究), **14**(3): 548-555
- Loe PB, Forest WS. 1985. Ice storm damage to a southern Wisconsin mesic forest[J]. *Bull Bot Soc*, **112**(2): 167-175
- Man XX(曼兴), Mi XC(米湘成), Ma KP(马克平). 2011. Effects of an ice storm on community structure of an evergreen

(下转第 851 页 Continue on page 851)