

冰冻雪灾对黄山区毛竹林的损害及影响因子*

苏文会 范少辉 张文元 漆良华 官凤英

(国际竹藤网络中心 北京 100102)

摘 要: 研究安徽省黄山区2008年1月冰冻雪灾对毛竹林的损害及影响因子。结果表明:此次雪灾对毛竹林破坏严重,各类受损竹比例达45.8%,其中翻兜竹13.9%,断裂竹9.4%,对竹林生态系统影响较大。从毛竹生物学影响因子看,年龄和胸径对受灾程度的影响不大;而从各林地状况因子与毛竹受灾程度的关系看,海拔、地形、坡向和立竹度对毛竹受损率影响显著, T 检验 P 值分别为0.008,0.000,0.045和0.052,并呈现出不同的主要受损类型,经营状况和树种组成的影响程度不明显。

关键词: 毛竹;冰冻雪灾;受损率;影响因子

中图分类号:S718.51

文献标识码:A

文章编号:1001-7488(2008)11-0042-08

Damage of Frost and Snow Disaster to Moso Bamboo Stands and the Influencing Factors in Huangshan, Anhui Province

Su Wenhui Fan Shaohui Zhang Wenyuan Qi Lianghua Guan Fengying

(International Center for Bamboo and Rattan Beijing 100102)

Abstract: The damage of frost and snow disaster to moso bamboo stands caused in Jan. 2008 was studied together with the influencing factors. The investigated spots were in Huangshan county in Anhui Province where was destroyed severely by this disaster. The result showed that this frost and snow disaster had damaged the bamboo stands greatly. In all the researched moso bamboos, the ratio of damaged *Phyllostachys edulis* reached 45.8%, and the damaged seriously style such as rhizome-upturned, broken and cracked bamboo ratio reached 13.9% and 9.4% respectively. In the influencing factors, the biological ones: DBH and age had small relatively effects on damaged extent. For the factors of bamboo stand conditions, six factors were studied. The altitude, landform, slope direction and bamboo density had significant influence on the damaged extent and the P (T -test) had arrived to 0.008, 0.000, 0.045 and 0.052 respectively, and the main destroyed type were different. However, management and tree species were not significant.

Key words: *Phyllostachys edulis*; frost and snow disaster; damage ratio; influencing factor

灾害性气候是森林生态系统重要的干扰因子,直接影响着林业生产和经营,近年来,全球气候持续变暖,各类极端天气愈加频繁。2008年初,我国南方遭受了严重的雨雪冰冻灾害,灾害强度之大、持续时间之长、影响范围之广是历史上罕见的,对森林资源和林业可持续发展产生了重大影响(薛建辉等,2008)。据报道,此次灾情波及湖南、安徽、贵州、江西等19个省(区、市),受灾森林面积1 860万 hm^2 ,直接经济损失573亿元,间接和潜在损失难以估计(祝列克,2008)。

竹子是重要森林资源之一,并有一般林木无法比拟的优势(周芳纯,1999;吴炳生,1999;唐永裕,2001)。我国竹类资源丰富,尤其是毛竹(*Phyllostachys edulis*)林面积达300万 hm^2 ,占竹林总面积的70%以上,广泛分布于浙江、安徽、江西、湖南和福建等地(江泽慧,2002)。该竹秆形通直,材性优良,在所有竹种中,利用范围最广、经济价值最大。但同时因其竹秆高大、枝叶繁茂,一直以来是风雪灾害影响较大的林种之一(肖本权,2003)。本年初的雨雪冰冻灾害波及范围正好为毛竹的主分布区,毛竹林受灾极其严重。据统计,全国竹林受灾面积约400万 hm^2 ,其中80%为毛竹林(李潇晓,2008)。

冰冻雪压导致大量弯曲、破裂和翻兜竹(彭九生等,2008;林华,2008;黄大勇,2008),直接影响了竹材利用率和经济价值,从而使当年林分的综合效益明显下降;同时,由于冰冻雪压对竹林地上植株和地下鞭根破坏严重,给林分后续生产力及生态系统恢复也带来了巨大影响。另外,通过踏查发现,在不同的林地条件因

收稿日期:2008-08-04。

基金项目:国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD24B0701)和国家林业局中试项目(QT2005-34K)资助。

* 范少辉为通讯作者。

子下的毛竹林,其受灾程度差异较大。因此,对竹林受灾情况进行系统地调查,并对各类因子与受损程度的关系进行分析,对准确评估雪灾对毛竹林的损害程度及灾后竹林恢复和预防措施的制定具有重要指导意义。据此,笔者走访了安徽、江西等受灾严重竹区,详细调查了此次雪灾对毛竹林的影响,研究结果可为受灾竹的合理利用、灾后恢复和竹林的长期可持续经营提供科学依据。

1 调查地概况

调查地位于安徽省黄山市黄山区,是我国重要的毛竹产区,也是此次雪灾影响最严重的地区之一。调查点设置在该区东南部,118°14′—118°21′ E,32°4′—32°10′ N,为中亚热带季风气候,四季分明,雨量充沛。年均气温 15.3 ℃,年均降水 1 500 mm 左右,相对湿度 80% 以上,无霜期 220 d,年日照时数 1 752.7 h。该地成土母岩多以千枚岩和部分花岗岩侵入山体,石灰岩较少,土壤自下而上分布着黄红壤、山地黄壤和山地黄棕壤,土壤肥沃,植物种类丰富,竹林成片。

该区自 2008 年 1 月 13 日开始降雪,前后间断性降雪时间达 23 d,积雪厚度达 40 cm,部分山地积雪厚度达 80 cm。据初步统计,全区雪压竹受灾面积约 1.43 万 hm²,受灾竹 1 096 万根。本次调查点毛竹林为大年竹林,林地海拔跨度 200 ~ 720 m。

2 研究方法

本研究采用样地调查法,调查时间为 2008 年 2 月 23—27 日。通过踏查发现,不同林地条件下毛竹受灾程度差异很大,因此选择海拔、地形、坡向、经营状况、立竹度和树种组成等 6 个影响因子进行分类调查研究。设置 12 类样地,共 60 块,每样地(样圆)面积 80 m²。共调查林木 1 233 株,其中,毛竹 1 175 株,以杉木(*Cunninghamia lanceolata*)为主的其他林木 58 株。每株检尺,记录其胸径和年龄,同时按健康竹、弯曲(重度与中度)、断裂(折断与破裂)、翻茆(重度和中轻度) 4 大类 7 小类进行记录,并运用统计学方法予以分析。

3 结果与分析

3.1 毛竹的主要受灾类型

毛竹林受雨雪冰冻灾害的影响,产生了不同种类的损害,根据其破坏形态和程度,同时结合森林风雪灾害的划分类型(Petty *et al.*, 1981; Slodicak, 1995; 李秀芬等, 2005),将毛竹的主要受灾类型分为以下几种。

3.1.1 弯曲 1) 重度弯曲: 竹株因积存冰雪致使冠梢严重下垂,梢头埋入雪中,竹秆弯曲成弓形,但无破裂; 2) 中度弯曲: 竹株因积存冰雪致使竹秆严重弯曲,但无破裂,梢头弯压接近地面 2 m 以下,但无着地。

3.1.2 断裂 1) 折断: 竹株因积雪重压致使竹秆完全或基本断折; 2) 破裂: 竹株因积存冰雪、弯压,致使竹秆破裂,严重的常撕裂成篾片,但仍基本连接或支撑竹株。

3.1.3 翻茆 1) 重度翻茆: 竹株因积雪重压致使一半以上的竹茆掘出,地下部分露出地面; 2) 中轻度翻茆: 竹株因积雪重压致使翻茆,地下部分露出地面,不足一半的竹茆翻出。

本调查按以上受损类型进行分类统计,如竹株同时发生 2 种或 2 种以上损害,则计入受损严重的类型,例如,秆部破裂的竹株同时翻茆,则按翻茆竹进行处理和统计。

3.2 雪灾对毛竹林的损害与影响

本研究共调查了黄山区各种林地条件下受雨雪冰冻灾害影响的毛竹 1 175 株,其受损情况见表 1。从表 1 可看出,此次雪灾对毛竹林的损毁严重,各类受损竹比例高达 45.8%,其中,破裂折断竹 9.4%,翻茆竹 13.9%。竹株翻茆,地下部分裸露地面,撕裂甚至扯断鞭根,破坏林分地下系统,不同程度上切断了母竹对新笋的养分供应,严重影响新笋成竹; 破裂折断竹,除影响林相外,其光合作用及茎秆养分输运能力下降或丧失,同时破裂处伤流液及伏地枯梢易诱发病虫害,对竹林的稳定产生威胁,竹秆损毁也影响秆材利用率和经济价值。对于雪压弯曲竹,待天气回暖冰雪融化后,大部分可慢慢恢复直立状态,对竹林的影响相对较小,但长时间弯压,其竹材力学强度是否改变,秆形结构及纤维形态是否能完全复原,还有待于进一步研究。

3.3 年龄和胸径与毛竹受损程度的关系

3.3.1 年龄与毛竹受损程度的关系 年龄对竹类植物秆部的物理和力学性能有较大影响(南京林产工业学院林学系竹类研究室, 1974; 苏文会等, 2006; 2007)。毛竹在生长过程中,秆内含物逐渐填充,竹秆的纤维素

表 1 调查地毛竹状况及受损率

Tab.1 The tested bamboo conditions and ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

调查株数 Tested bamboo numbers	平均胸径 Mean DBH/cm	平均年龄 Mean age/a	健康率 Undamaged bamboo ratio/ %	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/ %						合计 Total
				弯曲 Bended		断裂 Broken		翻茆 Rhizome-upturned		
				重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
				8.1	14.4	1.4	8.0	7.6	6.3	
1 175	9.2	3.6	54.2	22.5		9.4		13.9		45.8

含量和密度也不断消长(马灵飞等,1997),力学强度亦随之变化,因此,抗逆性能也有所不同。本研究对 6 年生以下毛竹在雨雪冰冻灾害下的受损程度进行了分析和比较(表 2),发现随着年龄的增大,毛竹受雪压损害的程度略有降低,但差异不大;从各受灾类型看,2 年生竹弯曲受损的比例比其他龄级要高,而翻茆比例低于高龄级竹的相应值,这一结果可能与小龄竹秆水分含量高、密度小、枝叶量相对较少有关系。

表 2 不同龄级毛竹的受损率

Tab.2 The ratio of damaged *Phyllostachys edulis* of different ages

年 龄 Age/a	株数 Bamboo numbers	平均胸径 Mean DBH/cm	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/%						合计 Total
			弯曲 Bended		断裂 Broken		翻茆 Rhizome-upturned		
			重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
2	538	9.5	11.5	15.2	2.0	7.1	7.4	6.5	49.8
4	449	9.6	4.5	11.4	0.9	8.5	14.5	6.7	46.3
6	140	8.5	4.3	12.1	0.7	9.3	5.0	12.1	43.6

3.3.2 胸径与毛竹受损程度的关系 毛竹在不同胸径下,竹秆纤维素含量和密度有所不同(马灵飞等,1997),进而影响其力学性能和抗逆强度。本研究统计分析了不同径级范围的毛竹受雨雪冰冻灾害的影响程度(表 3)。从分析数据看,5 个径级下的毛竹其受损程度有两头重、中间略轻的趋势,但整体差异不太明显。胸径与各受灾类型的关系表现为:小径竹翻茆比例较大,断裂率较小,如胸径小于 6 cm 的样竹,其翻茆竹占 28.6%,断裂占 2.4%;而胸径 10.0~12.0 cm 范围内的竹株,翻茆和断裂率分别为 15.4%与 15.1%。这一状况可能是因为多数小径竹竹鞭较浅,土壤营养状况较差,根系发育不良,致使受雪压后易翻茆;但同时其枝叶量也较少,故断裂竹比例相对低。翻茆会损伤竹林地下系统,对林分破坏很大,因此,在竹林抚育中,结合密度调整,对小径竹及毛条应适当伐除。

表 3 不同径级毛竹的受损率

Tab.3 The ratio of damaged *Phyllostachys edulis* of different culm diameters

胸径 DBH/cm	株数 Bamboo numbers	平均胸径 Mean DBH/cm	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/%						合计 Total
			弯曲 Bended		断裂 Broken		翻茆 Rhizome-upturned		
			重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
< 6.0	42	5.2	11.9	14.3	2.4	0.0	16.7	11.9	57.1
6.0 ~ 8.0	243	7.1	10.3	15.6	0.4	4.5	9.5	7.4	47.7
8.0 ~ 10.0	393	9	6.6	13.7	2.3	6.1	10.2	6.9	45.8
10.0 ~ 12.0	318	10.9	7.9	8.5	1.6	13.8	7.9	7.2	46.9
≥ 12.0	131	12.9	5.3	19.1	0.0	7.6	13.0	6.9	51.9

3.4 林地因子对毛竹受灾程度的影响

据实地踏查,在海拔、地形和经营状况等不同林地条件下的毛竹林,其受灾程度和类型有较大差异,为此,笔者调查研究了 6 类林地因子与毛竹受损率的关系。调查样地的选择,除研究的林地因子外,各样地的其他因子与条件基本一致。

3.4.1 海拔对毛竹受损率的影响 随着海拔的增加,气温不断降低,湿度增大,雪冻状况和植被受灾程度加重。海拔与毛竹受损率的关系见表 4。从表中数据可看出,高海拔毛竹林受损竹比例为 57.6%,明显高于低海拔受损率 28.9%。其中,断裂竹和翻茆竹的比例在高、低海拔间差别尤为明显(图 1),这可能是因为山林高处山风较大,加之温度低,大雪降落在竹梢上,很快结成厚厚的冰体,等不到竹株稳定弯曲变形就被压裂或

者是直接掘断,另外高海拔处普遍坡度较大,弯曲倾斜的竹秆得不到斜坡等的支撑,导致翻兜。

3.4.2 地形对毛竹受损率的影响 从实地调查情况看,竹林的地形状况对受灾程度影响较大,本研究选择了平缓地和山坳 2 个极端的地形类型,其毛竹林毁损程度见表 5。从表中数据可看出,山坳中的毛竹损毁严重,受损率达 75.5%,为平缓地的 4 倍。从各受损类型看(图 2),坳地竹林弯曲竹比例较大,占总受损竹的 4/5,并明显高于平缓地竹林的相应值。形成这一现象的原因可能有以下几个方面:一是山坳地势较低,湿度大,冷空气易沉积,降雪后植物枝梢上很快形成厚厚的冻雪,使竹株弯压变形;二是两侧较陡的山坡使山坳形成风道,弯压的枝梢经风吹极易被积雪冻在两侧的斜坡上,形成大量弯曲竹;另外,山坳由于小

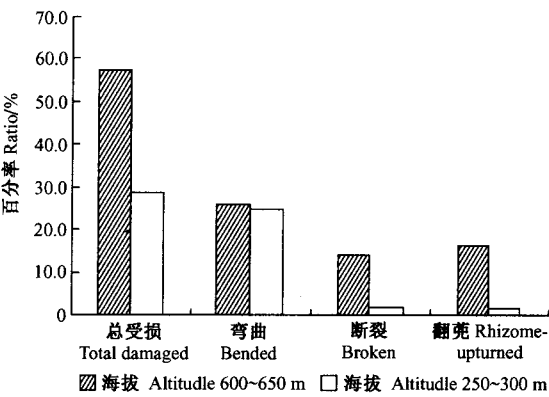


图 1 海拔对毛竹受损率的影响
Fig. 1 The effect of altitude on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

表 4 海拔对毛竹受损率的影响^①
Tab.4 The effect of altitude on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

影响因子 Factors	标地号 Plot	竹株 Bamboo numbers	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/ %						合计 Total
			弯曲 Bended		断裂 Broken		翻蔸 Rhizome-upturned		
			重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
海拔 Altitude (600 ~ 650 m)	1	20	15.0	0.0	5.0	25.0	0.0	5.0	50.0
	2	13	7.7	30.8	0.0	23.1	0.0	0.0	61.5
	3	27	18.5	7.4	0.0	3.7	22.2	7.4	59.3
	4	25	0.0	28.0	4.0	12.0	4.0	0.0	48.0
	5	13	7.7	15.4	0.0	0.0	38.5	7.7	69.2
	平均 Mean	—	9.8	16.3	1.8	12.8	13.0	4.0	—
	合计 Total	98	26.1		14.6		17.0		57.6
海拔 Altitude (250 ~ 300 m)	1	20	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	20.0
	2	22	9.1	9.1	0.0	0.0	0.0	9.1	27.3
	3	22	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1
	4	16	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	5	26	38.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.5
	平均 Mean	—	18.3	6.8	0.0	2.0	0.0	1.8	—
	合计 Total	106	25.1		2.0		1.8		28.9

① 高、低海拔样地调查竹的平均年龄分别为 3.7 和 3.5 年,平均胸径均为 9.3 cm。The mean ages of investigated bamboos were 3.7 and 3.5 years old respectively, and the mean DBH were all 9.3 cm for high and low altitudes.

气候使得毛竹长势较好,据本次调查,山坳 5 块样地毛竹的平均胸径为 10.6 cm,而平缓地毛竹的平均胸径仅为 8.4 cm,枝叶繁茂的外形负冰过多,可能也是引起灾情较重的一个因素。

3.4.3 坡向对毛竹受损率的影响 一般说来,由于阴坡和阳坡接受日照时间、强度不同,相同的降雪量,阴坡更易长时间积雪和冰冻,对植物损害大。从表 6 可看出,阴坡毛竹林的各类受灾竹比例普遍大于阳坡,但差异不是很大(图 3),可能与此次降雪强度大、持续时间长有关,即使在阳坡,多日连续降雪来不及融化,同样导致严重灾情。

3.4.4 立竹度对毛竹受损率的影响 不同的立竹度对雪灾的耐受能力有所不同,当遇小雪灾时,大的立竹度使得林内空隙小,毛竹枝梢受雪压下垂时相互支撑,抗性增强,但遇到大雪灾时,密度大的竹林由于搭棚现象,不仅弱竹会倒伏,部分强壮竹也会因为其他竹的压迫而超过其承受力而受损,灾情加重(张光元等,2005)。从调查结果看(表 7),受此次罕见的雪灾影响,高立竹度的样地

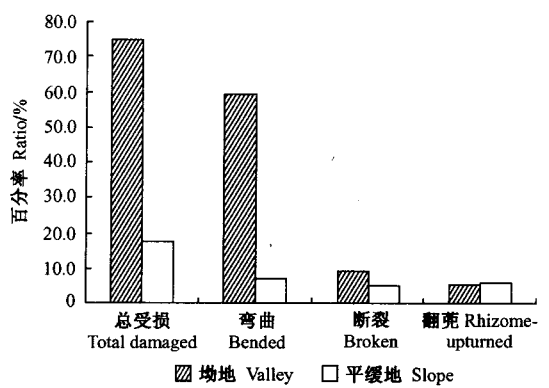


图 2 地形对毛竹受损率的影响
Fig. 2 The effect of landform on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

表 5 地形对毛竹受损率的影响^①
Tab.5 The effect of landform on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

影响因子 Factors	标地号 Plot	竹株 Bamboo numbers	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/ %						合计 Total
			弯曲 Bended		断裂 Broken		翻茷 Rhizome-upturned		
			重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
坳地 Valley	1	10	50.0	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0	70.0
	2	15	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.0
	3	21	19.0	38.1	0.0	14.3	0.0	0.0	71.4
	4	21	23.8	28.6	0.0	19.0	14.3	4.8	90.5
	5	20	5.0	50.0	5.0	10.0	0.0	0.0	70.0
	平均 Mean	—	34.6	25.3	1.0	8.7	4.9	1.0	—
	合计 Total	87	59.9		9.7		5.9		75.5
平缓地 Slope	1	25	16.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
	2	20	0.0	5.0	0.0	5.0	0.0	0.0	10.0
	3	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	8.3
	4	18	0.0	0.0	0.0	22.2	11.1	0.0	33.4
	5	20	0.0	10.0	0.0	0.0	5.0	5.0	20.0
	平均 Mean	—	3.2	3.8	0.0	5.4	3.2	2.7	—
	合计 Total	95	7.0		5.4		5.9		18.3

① 平缓地、坳地调查竹的平均年龄分别为 3.3 和 3.4 年,平均胸径分别为 8.4 和 10.6 cm。The mean ages of investigated bamboos were 3.3 and 3.4 years old, and the mean DBH were 8.4 and 10.6 cm respectively for slope and valley.

表 6 坡向对毛竹受损率的影响
Tab.6 The effect of slope direction on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

影响因子 Factors	标地号 Plot	竹株 Bamboo number	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/ %						合计 Total
			弯曲 Bended		断裂 Broken		翻茷 Rhizome-upturned		
			重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
阴坡 Shady slope	1	20	15.0	0.0	5.0	25.0	0.0	5.0	50.0
	2	13	7.7	30.8	0.0	23.1	0.0	0.0	61.5
	3	27	0.0	22.2	0.0	3.7	3.7	22.2	51.9
	4	27	0.0	22.2	0.0	3.7	3.7	22.2	51.9
	5	26	0.0	38.5	3.8	3.8	15.4	19.2	80.8
	平均 Mean	—	4.5	22.7	1.8	11.8	4.6	13.7	—
	合计 Total	113	27.3		13.6		18.3		59.2
阳坡 Sunny slope	1	22	9.1	27.3	0.0	9.1	0.0	4.5	50.0
	2	18	11.1	22.2	0.0	0.0	0.0	5.6	38.9
	3	21	0.0	9.5	0.0	14.3	9.5	14.3	47.6
	4	25	0.0	28.0	4.0	12.0	4.0	0.0	48.0
	5	23	4.3	0.0	0.0	4.3	26.1	0.0	34.8
	平均 Mean	—	4.9	17.4	0.8	7.9	7.9	4.9	—
	合计 Total	109	22.3		8.7		12.8		43.9

① 阴坡、阳坡调查竹的平均年龄分别为 3.7、3.4 年,平均胸径分别为 10.4、9.3 cm。The mean ages of investigated bamboos were 3.7 and 3.4 years old, and the mean DBH were 10.4 and 9.3 cm respectively for shady and sunny slope.

(平均3 150 株·hm⁻²) 毛竹受损率为 47.8%,而立竹度较低的样地(平均 1 005 株·hm⁻²) 毛竹受损率为 25.7%。这一结论跟前人研究的结果基本一致(张光元等,2005)。图 4 反映了不同立竹度的林分,毛竹的主要受灾形式也有所变化,立竹度大的毛竹林,弯曲和翻茷竹比例较大。

3.4.5 经营状况对毛竹受损率的影响 从表 8 的调查数据看,以垦复和施肥为主要措施的人工经营对毛竹林的受灾程度影响不明显,但 2 种林地类型下,各类受损竹的比例有所变化(图 5)。同无经营的毛竹林相比,有人工经营的林分破裂折断竹的比例较大,而翻茷竹比例小,这一结果可能是由于人工经营下的毛竹林,其秆径和枝叶量较大,所以易形成搭棚而弯曲断裂,但同时由于垦复施肥,使得其鞭根粗壮且入土较深,起到加固竹株作用,从而降低了翻茷损伤机率。

3.4.6 树种组成对毛竹受损率的影响 通过混交增强林木的抗逆性一直是近年来培育和生态学研究的重要课题。关于毛竹纯林和混交林对雪压的抵抗力,张光元等(2005)、何虎(2007)研究认为混交林对雪灾的耐受力大于纯林,并有学者相继提出通过混交来提高竹林的抗逆能力(洪伟等,1998;林华,2008;邓居松等,

表 7 立竹度对毛竹受损率的影响^①
Tab.7 The effect of bamboo density to the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

影响因子 Factors	标地号 Plot	竹株 Bamboo number	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/%						合计 Total
			弯曲 Bended		断裂 Broken		翻茷 Rhizome-upturned		
			重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
高立竹度 High density	1	28	7.1	14.3	0.0	7.1	10.7	3.6	42.9
	2	27	0.0	22.2	0.0	3.7	3.7	22.2	51.9
	3	26	0.0	38.5	3.8	3.8	15.4	19.2	80.8
	4	23	4.3	0.0	0.0	4.3	26.1	0.0	34.8
	5	21	0.0	0.0	0.0	14.3	4.8	9.5	28.6
	平均 Mean	—	2.3	15.1	0.7	6.7	12.1	10.9	—
	合计 Total	125	17.4		7.4		23.0		47.8
低立竹度 Low density	1	8	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	12.5	25.0
	2	11	0.0	0.0	9.1	0.0	9.1	9.1	27.3
	3	7	0.0	0.0	0.0	14.3	0.0	14.3	28.6
	4	6	0.0	16.7	0.0	16.7	0.0	0.0	33.4
	5	7	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0	0.0	14.3
	平均 Mean	—	0.0	3.3	8.7	4.7	1.8	7.2	—
	合计 Total	39	3.3		13.4		9.0		25.7

① 高(3 150 株·hm⁻²)、低立竹度(1 005 株·hm⁻²) 调查竹的平均年龄分别为 3.8 和 3.4 年,平均胸径分别为 9.6 和 9.9 cm。The mean ages of investigated bamboos were 3.8 and 3.4 years old, and the mean DBH were 9.6 and 9.9 cm respectively for high bamboo density (3 150 tree·hm⁻²) and low density (1 005 tree·hm⁻²).

表 8 经营状况对毛竹受损率的影响
Tab.8 The effect of management to the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

影响因子 Factors	标地号 Plot	竹株 Bamboo numbers	各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/%						合计 Total
			弯曲 Bended		断裂 Broken		翻茷 Rhizome-upturned		
			重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
无经营 Uncultivated	1	29	0.0	0.0	3.4	10.3	20.7	3.4	37.9
	2	21	0.0	9.5	0.0	14.3	9.5	14.3	47.6
	3	27	18.5	7.4	0.0	3.7	22.2	7.4	59.3
	4	13	7.7	15.4	0.0	0.0	38.5	7.7	69.2
	5	14	7.1	7.1	7.1	0.0	7.1	0.0	28.6
	平均 Mean	—	6.7	7.9	2.1	5.7	19.6	6.6	—
	合计 Total	104	14.6		7.8		26.2		48.6
有经营 Cultivated	1	20	0.0	20.0	0.0	5.0	0.0	0.0	25.0
	2	25	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	8.0	32.0
	3	25	0.0	0.0	4.0	12.0	28.0	24.0	68.0
	4	20	15.0	0.0	5.0	25.0	0.0	5.0	50.0
	5	13	7.7	30.8	0.0	23.1	0.0	0.0	61.5
	平均 Mean	—	4.5	10.2	1.8	13.0	10.4	7.4	—
	合计 Total	103	14.7		14.8		17.8		47.3

① 有、无经营样地调查竹的平均年龄分别为 3.8 和 4.2 年,平均胸径分别为 9.3 和 8.5 cm。The mean ages of investigated bamboos were 3.8 and 4.2 years old, and the mean DBH were 9.3 and 8.5 cm respectively for cultivated and uncultivated spots.

2008; 彭九生等,2008)。从本研究的调查结果(表 9)看,较大的冰雪灾害下,2 种林分中的毛竹总受损率差异不大,竹针混交林毛竹破裂翻茷的比例明显低于纯林,而弯曲竹比例相对较高(图 6),出现这一现象的原因还需进一步研究。

3.4.7 各因子对毛竹林受灾程度影响的差异性检验 为评价雨雪冰冻灾害下,海拔、地形等因子对毛竹受损率的影响程度与差异,为措施的制定、灾后恢复及竹林可持续经营提供理论依据,笔者运用统计分析学的方法(罗应婷等,2007),对研究结果进行了 *T* 检验,结果见表 10。可以看出,此次雪灾下,6 类林地状况因子中,地形(坳地和平缓地)、海拔(600 和 250 m)、坡向(阴坡和阳坡)立竹度(3 150 和 1 005 株·hm⁻²)对毛竹受损率的影响差异极显著或显著,而经营状况和树种组成对毛竹受灾状况影响不明显。

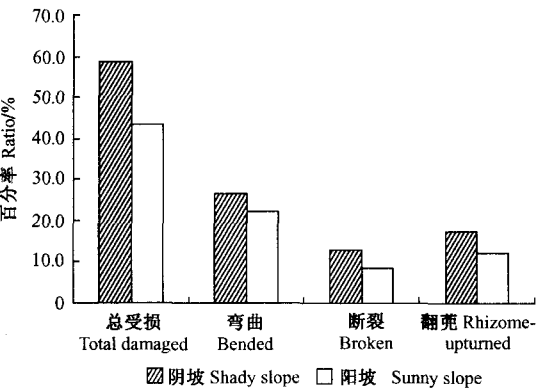


图 3 坡向对毛竹受损率的影响

Fig. 3 The effect of slope direction on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

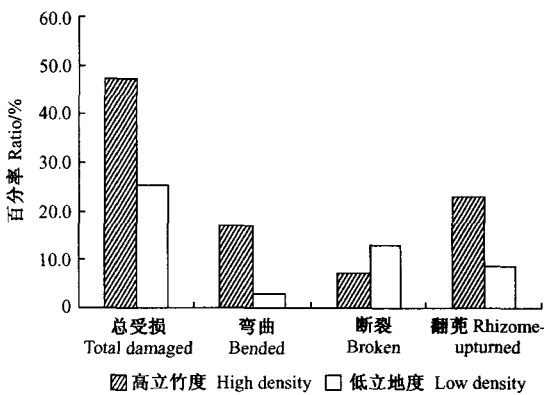


图 4 立竹度对毛竹受损率的影响

Fig. 4 The effect of bamboo density on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

表 9 树种组成对毛竹受损率的影响^①

Tab.9 The effect of tree species to the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

影响因子 Factors	标地号 Plot	调查株数 Tree numbers		各类受损竹比例 Damaged bamboo ratio/%						合计 Total
		总株数 Total	竹株 Bamboo	弯曲 Bended		断裂 Broken		翻兜 Rhizome-upturned		
				重度 Heavily	中度 Moderately	折断 Broken	破裂 Cracked	重度 Heavily	中轻度 Moderately	
毛竹纯林 Bamboo stand	1	—	22	9.1	27.3	0.0	27.3	9.1	0.0	72.7
	2	—	18	0.0	22.2	0.0	5.6	0.0	11.1	38.9
	3	—	22	4.5	4.5	0.0	13.6	4.5	13.6	40.9
	4	—	25	0.0	16.0	4.0	8.0	12.0	16.0	56.0
	5	—	16	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	12.5	25.0
	平均 Mean	—	—	2.7	14.0	0.8	10.9	7.6	10.6	—
	合计 Total	—	103	16.7		11.7		18.3		46.7
混交林 Mixed forest	1	31	23	8.7	47.8	0.0	4.3	0.0	17.4	78.3
	2	24	14	0.0	28.6	0.0	0.0	7.1	0.0	35.7
	3	29	21	9.5	19.0	0.0	0.0	14.3	0.0	42.9
	4	35	22	0.0	40.9	0.0	9.1	0.0	4.5	54.5
	5	32	13	7.7	15.4	7.7	0.0	7.7	0.0	38.5
	平均 Mean	—	—	5.2	30.3	1.5	2.7	5.8	4.4	—
	合计 Total	151	93	35.5		4.2		10.2		49.9

① 纯林和混交林样地调查竹的平均年龄分别为 3.5 和 4.1 年,平均胸径分别为 9.2 和 6.5 cm;混交林其他树种主要为杉木。The mean ages of investigated bamboos were 3.5 and 4.1 years old, and the mean DBH were 9.2 and 6.5 cm respectively for bamboo stand and mixed forest. The main tree specie was Chinese Fir.

表 10 各因子对毛竹林受损率的 T 检验

Tab.10 The T-test of stand factors to the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

影响因子 Factors	海拔 Altitude	地形 Landform	坡向 Slope direction	立竹度 Bamboo density	经营状况 Management	树种组成 Tree species
F	12.482	92.779	5.610	5.220	0.012	0.084
P	0.008**	0.000**	0.045*	0.052*	0.915	0.779

4 结论与讨论

2008 年 1 月的雨雪冰冻灾害对南方毛竹林破坏严重,近半数竹株受损,翻兜与破裂折断竹达 23.4%,对竹林生态系统影响较大。通过分析毛竹年龄和径级等生物学因子与受雪压程度的关系,发现两因子对总受损率影响不明显,但小径竹翻兜的比例相对较高。从各林地状况因子与毛竹受灾程度关系看,海拔、地形、坡向和立竹度对毛竹受损率影响明显,呈现出不同的主要受损类型,而经营状况和树种组成影响程度不显著。

风雪灾害一直是竹林生态系统重要的非生物干扰因子,对林分的破坏力大,有关该类灾害的防控及提高林分抗逆性方面的研究还比较少。根据本文的研究结果,今后在营造新的毛竹林时,需特别考虑林地的海

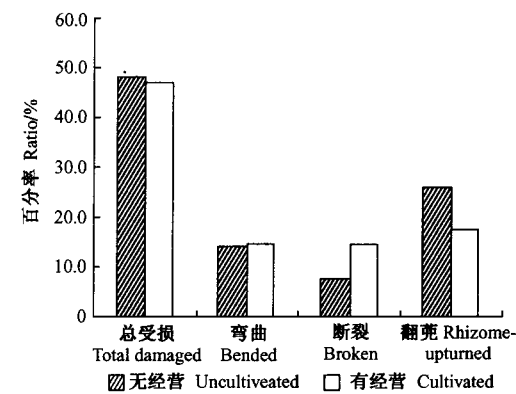


图 5 经营状况对毛竹受损率的影响
Fig. 5 The effect of management on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

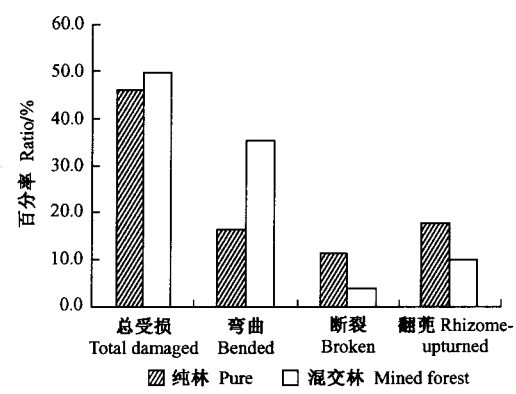


图 6 树种组成对毛竹受损率的影响
Fig. 6 The effect of tree species on the ratio of damaged *Phyllostachys edulis*

拔、地形和坡向,宜选择海拔适中的缓坡地,避开陡阴坡;在林分抚育管理时,及时伐除小径竹和毛条,调整适宜的立竹密度和均匀度。根据垦复抚育管理的林分其翻兜竹比例明显降低的研究结果,在条件允许的情况下,可对竹林进行深度垦复,并施有机肥,增加竹鞭的入土深度,提高其抗风雪能力。在生产实践中,部分竹区通过“钩梢”等抚育措施改善毛竹林的抗雪压能力,有学者研究后认为钩梢作业减灾效果明显(何虎, 2007),但也有报道指出,钩梢竹林遇大雪冰冻灾害时,受损程度反而比普通竹林重(张光元等, 2005),本研究也对此次雪灾下的若干竹区钩梢处理的毛竹林进行了踏查,发现林分损毁程度差异较大,具体原因尚需进一步研究。

参 考 文 献

邓居松,严伍明,闵登科. 2008. 江西奉新毛竹林灾后重建与恢复技术规程. 世界竹藤通讯,6(3): 33-35.

何 虎. 2007. 毛竹雪灾受损特点与钩梢减灾措施. 湖南林业科技,34(2): 48-49.

洪 伟,郑郁善,陈礼光. 1998. 毛竹雪压危害和预防. 林业科技通讯, (6): 31-32.

黄大勇. 2008. 毛竹冰冻雪灾后恢复技术. 广西林业科学,37(1): 49-50.

江泽慧. 2002. 世界竹藤. 沈阳: 辽宁科学技术出版社.

李潇晓. 2008. 雨雪冰冻灾后毛竹林恢复与重建技术. 栽培技术, (5) 17-18.

李秀芬,朱教君,王庆礼,等. 2005. 森林的风/雪灾害研究综述. 生态学报,25(1): 148-157.

林 华. 2008. 雨雪冰冻灾害对毛竹林的影响及恢复技术研究综述. 世界竹藤通讯,6(3): 40-42.

罗应婷,杨钰娟. 2007. SPSS 统计分析从基础到实践. 北京: 电子工业出版社.

马灵飞,马乃训. 1997. 毛竹材材性变异的研究. 林业科学,33(4): 356-364.

南京林产工业学院林学系竹类研究室. 1974. 竹林培育. 北京: 农业出版社.

彭九生,程 平,曾庆南. 2008. 江西毛竹林冰压灾害后恢复重建技术措施与建议. 世界竹藤通讯,6(2): 34-36.

苏文会,顾小平,马灵飞,等. 2006. 大木竹竹材力学性质的研究. 林业科学研究,19(5): 621-624.

苏文会,顾小平,朱如云,等. 2007. 大木竹竹材物理性质的研究. 南京林业大学学报,31(2): 42-46.

唐永裕. 2001. 竹材利用现状及开发方向探讨. 竹子研究汇刊,20(3): 36-43.

吴炳生. 1999. 竹类资源利用与发展趋势. 山地农业生物学报,18(5): 351-356.

肖本权. 2003. 影响楠竹生产的气象灾害及其防御对策. 湖北气象, (1): 26-27.

薛建辉,胡海波. 2008. 冰雪灾害对森林生态系统的影响与减灾对策. 林业科学,44(4): 1-2.

张光元,梁文斌,龙云高,等. 2005. 冰冻雪灾下毛竹受损率的调查. 湖南林业科技,32(3): 69-72.

周芳纯. 1999. 20 世纪竹业的回顾和 21 世纪的展望. 竹子研究汇刊,18(4): 1-10.

祝列克. 2008. 特大雨雪灾害对林业的影响及恢复重建思路. 林业经济,3:3-7.

Petty J A, Worrell R. 1981. Stability of coniferous tree stems in relation to damage by snow. Forestry, 54(2): 115-128.

Slodicak M. 1995. Thinning regime in stands of Norway Spruce subjected to snow and wind damage// Coutts M P, Grace J. Wind and Trees. Cambridge University Press, 436-557.