

湖北省主要造林树种冰雪灾害调查^{*}

汤景明¹ 宋丛文¹ 戴均华¹ 刘恒贵² 郑孝严³

(1. 湖北省林业科学研究院 武汉 430079; 2. 湖北省林业科学研究院咸宁竹类研究所 咸宁 437100
3. 湖北省林业科学研究院鹤峰药材研究所 鹤峰 445800)

摘要: 2008年2—3月,采用典型取样法,设置20 m×20 m的方形样地,对湖北省受灾较重的鄂东南和鄂西南地区的主要造林树种冰雪灾害进行调查。结果表明:1)鄂西南林木的受害率、受害级和受害指数分别比鄂东南高2.0%、12.0%和12.1%。2)鄂东南常绿树种受害率、受害级和受害指数分别比落叶树种高177.0%、260.0%、117.2%,而鄂西南常绿树种比落叶树种分别低23.4%、33.0%、33.0%。3)针叶树种的受害率、受害级和受害指数分别比阔叶树种高14.7%、46.7%、48.2%。4)引进树种的受害率、受害级和受害指数分别比乡土树种高54.4%、95.5%、92.6%。5)林分结构对林木冰雪灾害有重要影响。林分密度过大或过低均会使林木受灾程度加重,纯林比混交林受灾严重。6)地形因子直接影响着林木灾害发生程度,并表现出高海拔比低海拔严重,北坡比南坡严重,上坡比下坡严重,陡坡比缓坡严重。7)科学的经营管理措施如及时的抚育间伐和合理施肥等有利于减轻林木冰雪灾害。建议:进一步开展主要造林树种冰雪灾害发生机制和风险评估研究;重视优良乡土树种,慎重引进外来树种,但不能轻易放弃日本落叶松和柳杉这2个引进树种;贯彻适地适树原则,做到科学造林育林;注重培育近自然混交林;对天然林进行必要的抚育性间伐。

关键词: 造林树种; 冰雪灾害; 湖北

中图分类号: S761.3; S718.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2008)11-0002-09

Investigation on the Frozen Snow Damage of Main Afforestation Tree Species in Hubei Province

Tang Jingming¹ Song Congwen¹ Dai Junhua¹ Liu Henggui² Zhen Xiaoyan³

(1. Hubei Academy of Forestry Wuhan 430079; 2. Xianning Bamboo Institute, Hubei Academy of Forestry Xianning 437100;
3. Hefeng Chinese Medicine Material Institute, Hubei Academy of Forestry Hefeng 445800)

Abstract: The frozen snow damage of main afforestation tree species in southeastern and southwestern Hubei from February to March in 2008 was investigated with a sampling method in typical plots, that was set up 20 m×20 m square. The results showed: 1) Damage rate, damage grade and damage index of forest trees in southwest Hubei was respectively 2.0%, 12.0%, 12.1% higher than that of forest trees in southeast Hubei. 2) Damage rate, damage grade and damage index of evergreen tree species was respectively 177.0%, 260.0%, 117.2% higher than that of deciduous tree species in southeast Hubei, whereas that of evergreen tree species was respectively 23.4%, 33.0%, 33.0% lower than that of deciduous tree species in southwest Hubei. 3) Damage rate, damage grade and damage index of coniferous tree species was respectively 14.7%, 46.7%, 48.2% higher than that of broadleaved tree species in Hubei. 4) Damage rate, damage grade and damage index of introduced tree species was respectively 54.4%, 95.5%, 92.6% higher than that of native tree species in Hubei. 5) Stand structure had an important effect on the frozen snow damage of forest trees. Both too high and too low stand densities could make the frozen snow damage of the trees more serious, and damage extent of pure forests was more serious than that of mixed forests. 6) Topographic factors had directly influence on damage extent of the frozen snow damage of forest trees, and their damage extent showed: high altitude> low altitude, north facing slope> south facing slope, upper slope> lower slope, steep slope> gentle slope. 7) Scientific management, for example timely tending thinning and applying fertilizer, was beneficial to lighten the frozen snow damage of forest trees. Therefore, we suggest to take the following measures: further study mechanism and evaluate risk of the frozen snow damage of main afforestation tree species; pay more attention to superior native tree species, prudently introduce

收稿日期: 2008-07-28

基金项目: 湖北省林业重点科研项目(2006KJ07)。

^{*}湖北省宣恩县林业局余志成、巴东县林业局田宗伟、恩施市林业科学研究所余兴主等参加了部分外业工作,特致谢意。

exotic tree species, but do not easily abandon the exotic *Larix kaempferi* and *Cryptomeria fortunei*; carry out the principle of 'proper trees on proper sites', and accomplish scientific afforestation; emphasize the near-natural mixed forest cultivation; implement necessary silvicultural thinning for natural forest.

Key words: afforestation tree species; frozen snow damage; Hubei

冰雪灾害是森林生态系统重要的自然干扰因子,对森林培育具有重要的影响。国外对森林冰雪灾害的研究多集中在欧洲,主要研究内容包括冰雪灾害的成因、危害类型、影响因素、灾害评估和防灾减灾技术等方面(李秀芬等,2005)。我国对森林冰雪灾害的研究很少,主要研究了辽东地区天然次生林雪灾成因及其与树种、林型的关系(李秀芬等,2004;2006)、东北山地次生林雪灾影响因素(Zhu *et al.*,2006)、中亚热带毛竹(*Phyllostachys adulis*)冰雪灾害的受损特点及减灾技术(张光元等,2005;何虎,2007)以及南方桉树人工林雨雪冰冻灾害发生规律(徐建民等,2008)等,北亚热带主要树种冰雪灾害的研究尚未见报道。2008年1月中旬至2月上旬,湖北省连续20余天罕见的低温雨雪冰冻天气,对主要造林树种造成了严重损害。全省森林受灾面积154.0万 hm^2 ,受灾林木4.27亿株。为了掌握这次极端冰雪灾害对湖北省主要树种及其林分的影响,于2008年2—3月对湖北省主要造林树种冰雪灾害进行了调查,旨在为北亚热带山地林木冰雪灾害研究积累基础资料并为科学防灾减灾和造林育林提供理论依据。

1 调查区概况

湖北省位于长江中游,地跨北纬 $29^{\circ}05'—33^{\circ}20'$,东经 $108^{\circ}30'—116^{\circ}10'$ 。地貌上属于中国东南低山丘陵向西南高山高原的过渡带。属亚热带季风性湿润气候,全省年平均气温 $15\sim 17^{\circ}\text{C}$,1月最冷,大部分地区平均气温 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$;7月最热,除高山地区外,平均气温 $27\sim 29^{\circ}\text{C}$ 。各地平均降水量在 $800\sim 1\,600\text{mm}$ 之间,年平均降雪总日数为 $11\sim 12\text{d}$ 。湖北自然植被可分为中亚热带常绿阔叶林带和北亚热带常绿落叶阔叶混交林带2个植被带。山地森林植被以常绿落叶阔叶混交林为主。全省有木本植物105科、370属、1300种。林木种质资源丰富,森林类型多样,使湖北省成为中国南方重点林区之一。

2 调查研究方法

2.1 调查范围与对象

在对湖北省林业灾情全面踏查的基础上,对受灾较重的鄂东南和鄂西南地区进行调查。调查对象以湖北省主要用材林造林树种为主。

2.2 林木冰雪灾害分级标准

共分6级(表1)。受害林木按受害程度分为轻度、中度和重度3级。其中,1级为轻度受害林木;2级为中度受害林木;3~5级为重度受害林木。

表1 林木冰雪灾害分级标准

Tab.1 The grade standard of the frozen snow damage of forest tree species

等级 Grade	症状 Symptom
0	树体保持原状 Keep original tree body
1	叶枯、冻梢、断枝、主干弯斜、树皮冻裂与剥离等,仍能正常生长 Leaf dead, leading shoot frozen, branch broken, stem bent, bark burst open and separated from stem, can still grow well
2	主干冻裂、断梢、树冠严重受损等,仍能存活 Stem frost crack, tree top broken, tree crown seriously damaged, can still survive
3	主干劈裂、冻死、折干、无树冠等,没有存活希望 Stem split, stem dead, stem broken, no crown, can not survive
4	倒伏在地面上,没有存活希望 Stem fallen, can not survive
5	连根拔起,根系完全离地或根系严重扯断等,没有存活希望 Uprooting, root system completely depart from ground or seriously broken, can not survive

2.3 调查方法

对主要造林树种组成的林分按不同密度、不同树种组成、不同经营措施以及不同海拔、坡向、坡位和坡度等设置 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 的方形样地。对样地进行每木调查,并记录受害级。

2.4 统计分析

林木尖削度为胸径与树高的比值。受害率为受害林木占调查总数的百分率。平均受害级是根据林木不同受害等级所占权重计算的受害等级加权平均值。受害指数的计算公式为:受害指数 $=\sum [(\text{受害级株数}\times$

代表级值) / (调查总株数 × 受害最重一级代表值)] × 100。

3 结果与分析

3.1 不同地区林木受害表现

从表 2 可以看出, 鄂西南地区林木的受害率、平均受害级和受害指数分别为 60.43%、1.87 和 0.37, 而鄂东南地区则分别为 59.23%、1.67 和 0.33, 前者比后者分别高 2.0%、12.0% 和 12.1%。这说明, 林木总体受害程度表现出鄂西南地区比鄂东南地区严重。由于不同地区所处的地理位置、地貌特征、小气候条件和造林树种种类、配置、规模等方面的差异, 其林木受害程度不尽相同。处于同一纬度带的鄂西南地区和鄂东南地区的这种差异, 主要是由于鄂西南在地貌上属于中高山区, 一般海拔 700~1 000 m, 地势高矗, 山高坡陡, 而鄂东南则属于低山丘陵区, 大部分海拔在 500 m 以下, 地势相对平缓。

表 2 不同类型树种受害情况
Tab. 2 The damage situation of different tree species types

调查地区 Area	树种类型 Tree species type	调查株数 Plants	受害率 Damage rate/%				平均受害级 Mean damage grade	受害指数 Damage index
			总受害率 Total	轻度 Low	中度 Medium	重度 Serious		
鄂东南 Southeast Hubei	常绿 Evergreen	1 172	63.05	6.57	17.06	39.42	1.80	0.36
	落叶 Deciduous	123	22.76	8.94	0.81	13.01	0.50	0.17
	针叶 Needle-leaved	672	63.54	5.80	20.68	37.05	1.82	0.36
	阔叶 Broadleaved	623	54.57	7.87	9.95	36.76	1.51	0.30
	引进 Introduced	35	60.00	5.71	14.29	40.00	1.71	0.34
	乡土 Native	1 260	59.21	6.83	15.56	36.83	1.67	0.33
	全部树种 All tree species	1 295	59.23	6.80	15.52	36.91	1.67	0.33
鄂西南 Southwest Hubei	常绿 Evergreen	1 044	51.05	7.57	11.30	32.18	1.44	0.29
	落叶 Deciduous	1 582	66.62	9.23	10.24	47.16	2.15	0.43
	针叶 Needle-leaved	2 144	61.89	5.50	11.52	44.87	2.03	0.41
	阔叶 Broadleaved	482	53.94	22.20	6.85	24.90	1.14	0.23
	引进 Introduced	1 373	78.00	5.75	12.67	59.58	2.65	0.53
	乡土 Native	1 253	41.18	11.65	8.46	21.07	1.02	0.20
	全部树种 All tree species	2 626	60.43	8.57	10.66	41.20	1.87	0.37
全省 Hubei	常绿 Evergreen	2 216	57.40	7.04	14.35	36.01	1.63	0.33
	落叶 Deciduous	1 705	63.46	9.21	9.56	44.69	2.03	0.41
	针叶 Needle-leaved	2 816	62.29	5.58	13.71	43.00	1.98	0.40
	阔叶 Broadleaved	1 105	54.30	14.12	8.60	31.58	1.35	0.27
	引进 Introduced	1 408	77.56	5.75	12.71	59.09	2.62	0.52
	乡土 Native	2 513	50.22	9.23	12.02	28.97	1.34	0.27
	全部树种 All tree species	3 921	60.04	7.98	12.27	39.79	1.80	0.36

3.2 不同树种受害表现

从表 2 可以看出, 鄂东南常绿树种的受害率、平均受害级和受害指数分别比落叶树种高 177.0%、260.0%、117.2%, 鄂西南常绿树种比落叶树种分别低 23.4%、33.0%、33.0%, 全省常绿树种比落叶树种则分别低 9.5%、19.7%、19.5%。这是因为鄂东南地区海拔相对较低, 森林植被的主体为常绿阔叶林, 鄂西南地区海拔相对较高, 森林植被的主体为常绿落叶阔叶混交林。前者常绿树种占绝对优势, 而且在正常年份, 这些常绿树种一般不会受到冰雪灾害或只受到轻度伤害, 林木抵抗极端的冰雪能力差, 后者常绿树种比例较小, 而且长期受到不同程度的冰雪灾害天气的影响, 已具备一定的抗冰雪灾害能力。所以, 鄂东南常绿树种受害程度比落叶树种严重, 而鄂西南则相反。由于鄂西南引进日本落叶松 (*Larix kaempferi*) 等落叶树种大面积受灾, 使得全省落叶树种受害程度比常绿树种严重。鄂东南针叶树种的受害率、平均受害级和受害指数分别比阔叶树种高 16.4%、21.0%、21.0%, 鄂西南针叶树种比阔叶树种分别高 14.7%、78.4%、78.4%, 全省针叶树种比阔叶树种分别高 14.7%、46.7%、48.2%。鄂东南引进树种的受害率、平均受害级和受害指数分别比乡土树种高 1.3%、2.4%、3.0%, 鄂西南引进树种比乡土树种分别高 89.4%、159.8%、165.0%, 全省引进树种比乡土树种分别高 54.4%、95.5%、92.6%。可见, 鄂东南常绿树种的受害程度高于落叶树种, 鄂西南常

绿树种的受害程度低于落叶树种。无论在鄂东南地区还是在鄂西南地区, 林木受害程度均表现出针叶树种比阔叶树种严重, 引进树种比乡土树种严重, 在鄂西南地区引进树种的受害程度比乡土树种要严重得多。

为进一步了解湖北省主要造林树种受害特征, 将鄂东南和鄂西南地区主要造林树种受害情况列于表 3。

表 3 主要造林树种受害情况
Tab. 3 The damage situation of main afforestation tree species

调查地区 Area	树种 Tree species	调查株数 Plants	分级株数 Plants by grade					受害率 Damage rate/%	平均受害级 Mean damage grade	
		总计 Total	0	1	2	3	4			5
鄂东南 Southeast Hubei	全部树种 All tree species	1 295	528	88	201	338	39	101	59.23	1.67
	木荷 <i>Schima superba</i>	59	13	2	14	29	1	0	77.97	2.05
	柳杉 <i>Cyptomeria fortunei</i>	35	14	2	5	10	2	2	60.00	1.71
	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	37	6	11	10	9	1	0	83.78	1.68
	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	119	62	6	11	16	2	22	46.22	1.63
	栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	222	92	16	23	67	23	1	58.56	1.62
	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	325	105	31	35	91	4	59	67.69	1.60
	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	284	123	1	93	47	6	14	56.69	1.49
	马褂木 <i>Liriodendron chinense</i>	95	70	9	0	16	0	0	26.32	0.60
	全部树种 All tree species	2 626	1 039	225	280	525	239	318	60.43	1.87
鄂西南 Southwest Hubei	日本落叶松 <i>Larix kaempferi</i>	724	31	33	94	151	166	249	95.72	3.57
	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	133	59	17	5	20	27	5	55.64	1.65
	柳杉 <i>Cyptomeria fortunei</i>	516	212	29	75	164	21	15	58.91	1.61
	香椿 <i>Toona sinensis</i>	75	35	2	1	37	0	0	53.33	1.53
	华山松 <i>Pinus amandii</i>	58	30	0	8	15	0	5	48.28	1.48
	巴山松 <i>Pinus henryi</i>	168	102	3	24	3	0	36	39.29	1.43
	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	141	82	30	6	16	6	1	41.84	0.80
	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	404	301	6	35	51	5	6	25.74	0.69
	马褂木 <i>Liriodendron chinense</i>	36	29	2	0	6	0	0	22.22	0.56

从表 3 可以看出, 鄂东南主要造林树种受害率表现出樟树>木荷>马尾松>柳杉>栲树>杉木>苦槠>马褂木, 樟树受害率最高, 为 83.78%, 马褂木受害率最低, 为 26.32%; 鄂东南主要造林树种的受害级表现出木荷>柳杉>樟树>苦槠>栲树>马尾松>杉木>马褂木, 木荷受害级最高, 为 2.05, 马褂木受害级最低, 为 0.60。鄂西南主要造林树种受害率表现出日本落叶松>柳杉>油松>香椿>华山松>马尾松>巴山松>杉木>马褂木, 日本落叶松受害率最高, 为 95.72%, 马褂木受害率最低, 为 22.22%; 鄂西南主要造林树种的受害级表现出日本落叶松>油松>柳杉>香椿>华山松>巴山松>马尾松>杉木>马褂木, 日本落叶松受害级最高, 为 3.57, 马褂木受害级最低, 为 0.56。从树种受害形式来看, 樟树主要表现为冻梢、断枝、断梢、树冠受损等; 木荷、栲树、马尾松、华山松、杉木、柳杉、马褂木、香椿等树种则主要表现为主干劈裂、冻死、折干等; 油松以倒伏和折干为主, 日本落叶松、巴山松和苦槠以倒伏为主。从总体情况来看, 鄂东南地区林木受害形式以折干和断梢为主, 其比例分别为 26.1% 和 15.5%, 鄂西南地区林木受害形式以折干和倒伏为主, 其比例分别为 20.0% 和 12.1%。可见, 同一地区不同树种受害程度和受害形式不同。因为不同的树种, 树冠的面积和浓密程度、树干木材强度和根系的分布和深度等都不相同, 因而受害程度和表现形式不同。

表 4 湖北省主要造林树种受害指数
Tab. 4 The damage index of main afforestation tree species in Hubei

树种 Tree species	受害指数 Damage index	树种 Tree species	受害指数 Damage index
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	0.08	青冈栎 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	0.33
南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	0.17	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	0.35
马褂木 <i>Liriodendron chinense</i>	0.17	山杨 <i>Populus davidiana</i>	0.37
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.20	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	0.41
银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	0.21	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	0.42
锥栗 <i>Castanea henryi</i>	0.25	檫木 <i>Sassafras tsumu</i>	0.43
巴山松 <i>Pinus henryi</i>	0.29	香椿 <i>Toona sinensis</i>	0.51
华山松 <i>Pinus amandii</i>	0.30	木荷 <i>Schima superba</i>	0.51
漆树 <i>Toxicodendron verniciflua</i>	0.30	光皮桦 <i>Betula luminifera</i>	0.58
柳杉 <i>Cyptomeria fortunei</i>	0.32	柏木 <i>Cupressus funebris</i>	0.70
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i>	0.32	日本落叶松 <i>Larix kaempferi</i>	0.71
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	0.33	桧木 <i>Alnus cremastogyne</i>	0.84

受害指数可以说明各树种受害的相对轻重程度,是评价树种间抗冰雪能力水平的重要指标。将湖北省主要造林树种受害指数列表 4。从表 4 可以看出,枫香(*Liquidambar formosana*)、南酸枣、马褂木受害较轻,桤木(*Alnus cremastogyne*)、日本落叶松、柏木(*Cupressus funebris*)受害较重。

3.3 林分结构与林木冰雪灾害的关系

从表 5 可以看出,咸宁潜山密度为 $650 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的木荷人工林的林木受害率、平均受害级和受害指数比密度为 $1650 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的木荷人工林高 6.6%、2.5%、35.3%。鹤峰中营密度为 $2775 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的日本落叶松人工林的林木受害率、平均受害级和受害指数比密度为 $1525 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的日本落叶松人工林高 0.8%、9.5%、9.5%。这是因为密度过小的木荷林林内相对空旷,树冠水平面积较大,增加了林木受风面积和冰雪积累的表面,加重了受害程度。虽然密度过小的木荷林的林木平均尖削度(1.54)大于密度较大的木荷林(1.08),但其支撑力仍不足以抵御冰雪重力对林木的压力,林木出现折断或断梢,使密度过小的木荷林的受害程度比密度中等的木荷林要重些。而密度较大的日本落叶松林,早期生长快,林分郁闭早,粗生长相对减少,林木尖削度(0.80)低于密度较低的日本落叶松林(0.96),林木不能承载冰雪压力而出现折断和倒伏。可见,林分密度较小,林木尖削度变大,有利于增加林木抗冰雪能力,但过低的密度又会增加林木受风面和冰雪积累的重量,降低林木抗冰雪能力。

表 5 不同结构林分林木受害情况^①
Tab. 5 The damage situation of different structural stands

调查地点 Site	林分类型 Stand type	林龄 Age/a	树种 Tree species	林分密度 Stand density/ (tree \cdot hm $^{-2}$)	平均胸径 Mean DBH/cm	平均树高 Mean tree height/m	平均尖削度 Mean taper	受害率 Damage rate/%	平均受害级 Mean damage grade	受害指数 Damage index
QX	PF	16	SS	1650	12.39	11.27	1.08	75.76	2.03	0.51
	PF	18	SS	650	18.00	11.69	1.54	80.77	2.08	0.69
ZH	PF	14	LK	2775	8.94	10.89	0.80	99.10	4.85	0.97
	PF	14	LK	1525	11.79	12.18	0.96	98.36	4.43	0.89
QX	PF	18	CL	925	14.08	11.85	1.17	62.16	1.89	0.38
			IT	1100	14.84	12.50	1.16	36.36	0.82	0.20
	MF	18	CL	875	15.29	12.60	1.18	31.43	0.71	0.24
MH			CF	200	13.75	12.75	1.06	62.50	1.38	0.34
	PF	25	CF	1525	15.68	10.99	1.35	52.46	1.38	0.28
			IT	2325	12.16	9.75	1.16	19.35	0.35	0.09
	MF	25	CF	1400	12.55	9.86	1.22	23.21	0.50	0.13
			CL	225	8.22	7.56	1.06	11.11	0.11	0.11

①地名缩写 QX: 咸宁潜山; ZH: 鹤峰中营; MH: 鹤峰木林子。Site abbreviation QX: Qianshan, Xianning; ZH: Zhongying, Hefeng; MH: Mulinzi, Hefeng。林分类型缩写 PF: 纯林; MF: 混交林。Stand type abbreviation PF: Pure forest; MF: Mixed forest。树种缩写 SS: 木荷; LK: 日本落叶松; CL: 杉木; CF: 柳杉; AT: 全部树种。Tree species abbreviation SS: *Shima superba*; LK: *Larix kaempferi*; CL: *Cunninghamia lanceolata*; CF: *Cryptomeria fortunei*; AT: All tree species。

从表 5 还可以看出,咸宁潜山人工杉木纯林的林木受害率、平均受害级和受害指数比人工杉木混交林高 70.9%、131.2%、85.0%,纯林中的杉木也比混交林中的杉木分别高 97.8%、164.9%、58.9%。鹤峰木林子人工柳杉纯林的林木受害率、平均受害级和受害指数也都高于人工柳杉混交林 171.0%、288.1%、210.5%,纯林中的柳杉比混交林中的柳杉分别高 126.0%、175.4%、120.3%。可见,纯林的受害程度明显比混交林严重。这是因为纯林林分结构简单,没有具有挡风和支撑作用的伴生树种,一方面增加了主要树种的受风面,加重树体上累积的冰雪重力,另一方面当主要树种不能承受过重的冰雪压力而折断或倒伏时,缺少栎类等伴生树种支撑,林木的折断或倒伏形成了一定的“多米诺骨牌效应”,加剧了受灾程度。

3.4 地形条件与林木冰雪灾害的关系

从表 6 可以看出,鹤峰木林子不同海拔的天然次生林,随着海拔的增加,林木受害率呈波动性增加,平均受害级和受害指数逐渐增加。宣恩雪落寨海拔 1350 m 的油松人工林林木受害率、平均受害级和受害指数比海拔 1100 m 的油松人工林分别高 73.9%、83.2%、47.8%。野外调查发现,鹤峰木林子海拔低于 1100 m 和

表 6 不同地形条件林分受害情况^①

Tab. 6 The damage situation of stands in different landform condition

调查地点 Site	地形因子 Topographic factors				林分类型 Stand type	林龄 Age/yr	林分密度 Stand density / (tree·hm ⁻²)	平均直径 Mean DBH /cm	平均树高 Mean tree height /m	平均尖削度 Mean taper	受害率 Damage rate/%	平均受害级 Mean damage grade	受害指数 Damage index
	海拔 Altitude /m	坡向 Slope aspect	坡位 Slope position	坡度 Slope / (°)									
MH	1 130	N	LS	15	NSF	25	1 675	9.91	6.93	1.29	8.96	0.15	0.04
	1 220	N	MS	25	NSF	25	1 725	10.19	9.59	1.07	33.33	0.42	0.14
	1 300	N	MS	25	NSF	25	2 525	9.50	8.77	1.05	59.41	0.80	0.16
	1 360	N	MS	24	NSF	25	1 725	9.30	8.05	1.15	33.33	1.12	0.28
	1 440	N	MS	18	NSF	25	1 200	11.23	6.46	1.72	50.00	1.58	0.32
XX	1 100	S	US	25	PTP	25	875	8.45	7.43	1.24	57.50	1.85	0.46
	1 350	S	US	25	PTP	25	775	8.42	10.94	0.77	100.00	3.39	0.68
TB	1 700	S	US	25	IKP	22	1 425	14.60	12.67	1.16	100.00	3.18	0.64
	1 700	N	US	25	IKP	22	1 500	14.95	15.23	0.91	100.00	3.82	0.76
QX	180	S	US	20	CFN	20	2 200	13.72	11.63	1.17	67.05	1.92	0.48
	150	S	MS	20	CFN	20	1 575	15.85	13.11	1.21	57.14	1.75	0.35
	100	S	LS	20	CFN	20	2 050	14.24	12.21	1.13	47.56	1.18	0.30
QX	100	N	LS	15	CLP	23	1 800	11.94	11.13	1.06	45.83	0.96	0.32
	100	N	LS	35	CLP	25	1 775	13.76	9.18	1.49	73.24	2.08	0.42

① 地名缩写 MH: 鹤峰木林子; XX: 宣恩雪落寨; TB: 巴东铁厂荒; QX: 咸宁潜山。Site abbreviation MH: Mulinzi, Hefeng XX: Xuehlozhai Xuan'en; TB: Tiechanghuang Badong QX: Qianshan Xianning. 坡向缩写 N: 北坡; S: 南坡。Slope aspect abbreviation N: North facing slope; S: South facing slope. 坡位缩写 US: 上坡; MS: 中坡; LS: 下坡。Slope position abbreviation US: Upper slope; MS: Middle slope; LS: Lower slope. 林分类型缩写 NSF: 天然次生林; PTP: 油松人工林; LKP: 日本落叶松人工林; CFN: 栲树天然林; CLP: 杉木人工林。Stand type abbreviation NSF: natural secondary forest; PTP: *P. tabulaeformis* plantation; LKP: *L. kaempferi* plantation; CFN: *C. fargesii* natural forest; CLP: *C. lanceolata* plantation.

海拔高于 1 500 m 的天然次生林受害程度较轻或没有受害。前者可能因为海拔相对较低, 气温较高, 风力较小, 减轻了林木受害程度, 后者可能因为高海拔地段林木几乎每年都要经受不同程度的低温、雨雪、冰冻的影响, 一些树种已具备一定的低温、雨雪、冰冻适应机制。宣恩雪落寨高海拔的油松人工林明显表现出海拔越高, 受害越重。这说明, 在鄂西南山区, 人工林对冰雪天气的反应与天然林不同, 海拔越高, 人工林受害越严重, 而天然林表现出先升高后降低的变化规律。从总的情况来看, 由于海拔升高, 气温降低, 而且高海拔冷风强烈, 空气温度大, 林木枝叶冰雪积累厚, 持续时间长, 因此, 高海拔林木一般比低海拔受灾重。

巴东铁厂荒海拔 1 700 m 的日本落叶松人工林, 南、北坡林木受害率均达 100%, 但平均受害级和受害指数北坡比南坡分别高 20.1% 和 18.8%。咸宁潜山处于不同坡位的栲树天然林的受害程度表现出上坡 > 中坡 > 下坡, 上坡的受害率、平均受害级和受害指数分别比下坡高 41.0%、62.3%、62.3%。咸宁潜山坡度 35° 的杉木人工林的受害率、平均受害级和受害指数比坡度 15° 的高 59.8%、116.7%、31.3%。可见, 不同的坡向、坡位和坡度的林分受害程度不同。北坡比南坡严重, 上坡比下坡严重, 陡坡比缓坡严重。这是因为, 北坡和上坡由于处于迎风面, 在低温的雨雪冰冻天气情况下, 林木更容易结冰而且需要较长时间才能融化, 长期的冰雪积累加重了处于北坡和上坡林木的受灾程度。由于陡坡土层薄, 树木扎根不深, 易于倒伏和翻斃, 另外, 随着坡度的增加, 林木倒伏的“多米诺骨牌效应”加剧。

3.5 经营管理措施与林木冰雪灾害的关系

从表 7 可以看出, 咸宁潜山未经间伐的杉木林的受害率、平均受害级和受害指数比经过间伐(间伐强度为 20%) 的杉木林分别高 34.7%、40.9%、40.9%。恩施富尔山未施肥的柳杉杉木混交林与经过施肥(施尿素 150 kg·hm⁻²) 的柳杉杉木混交林相比, 全部树种的受害率、平均受害级和受害指数分别高 30.1%、36.7%、9.1%, 柳杉受害率、平均受害级和受害指数分别高 26.1%、31.9%、6.4%, 杉木分别高 63.9%、61.4%、114.3%。可见, 未经间伐或施肥的林分, 无论林分全部树种, 还是柳杉、杉木等主要树种的受害程度均高于经过间伐或施肥的林分。这是因为未经间伐或施肥等经营管理措施, 林木的平均尖削度均比间伐或施肥林分要小, 降低了林木的抗冰雪能力, 加重了林木受害程度。

研究表明,间伐一方面可以促进林木直径生长,同时也能增加树木的尖削度,因而能减少雪的危害(Slodick, 1995; Cremer *et al.*, 1983),本调查也证明了这一点。但是,由于间伐引起的林分内树木之间空隙的增加,间伐后最初的几年会减少林分的稳定性(李秀芬等, 2005),同时,如果采取上层间伐方式,被间伐的优势木被移走,使得留下的林木易遭到雪灾(Valinger *et al.*, 1994)。另外,对高密度林分采取重度间伐更容易使林木受灾(Nykanen *et al.*, 1997)。适当的间伐时期、间伐方式和间伐强度是增强林木抗冰雪能力的关键(Peltola *et al.*, 1993)。施肥有利于林木生长,但施肥后的最初几年,由于肥料(特别是氮肥)先促进树冠生长,几年后树干才开始生长,使树冠承载冰雪面积增加,林分比较容易遭受冰雪危害(Gremer *et al.*, 1982; Valinger *et al.*, 1992)。因此,间伐、施肥等经营管理措施对林木抗冰雪能力的作用机制比较复杂,要充分考虑到不同的间伐时间、方式和强度以及不同的施肥种类、施肥量和施肥时间等对林木冰雪灾害的影响。

表 7 不同经营措施林分受害情况^①

Tab. 7 The damage situation of stand under different management measures

调查地点 Site	林分类型 Stand type	林龄 Age/a	经营措施 Management measure		树种 Tree species	林分密度 Stand density / (tree·hm ⁻²)	平均直径 Mean DBH/ cm	平均树高 Mean tree height/ m	平均尖削度 Mean taper	受害率 Damage rate/%	平均受害级 Mean damage grade	受害指数 Damage index
			间伐 Thinning	施肥 Fertilization								
QX	PF	18	T	NA	CL	1 200	14.80	12.18	1.19	39.58	0.88	0.22
	PF	18	NT	NA	CL	1 875	12.02	11.13	1.05	53.33	1.24	0.31
FE					AT	2 650	15.68	10.66	1.35	64.15	1.77	0.44
	MF	20	NT	A	CF	2 225	15.59	10.48	1.30	68.54	1.88	0.47
					CL	375	15.36	11.56	1.51	46.67	1.40	0.35
					AT	2 875	12.61	11.24	1.08	83.48	2.42	0.48
	MF	20	NT	NA	CF	2 025	13.82	12.17	1.10	86.42	2.48	0.50
					CL	850	9.74	8.56	1.01	76.47	2.26	0.75

①地名缩写 QX: 咸宁潜山; FE: 恩施富尔山。Site abbreviation QX: Qianshan, Xianning; FE: Fuershan, Enshi. T: 间伐 20% Thinning 20%; NT: 不间伐 No thinning. A: 施尿素 150 kg·hm⁻² Apply urea 150 kg·hm⁻²; NA: 不施肥 Not apply fertilizer. 林分类型和树种的缩写与表 5 相同。The abbreviations of stand types and tree species are the same as in Tab. 5

4 结论与讨论

4.1 林木冰雪灾害的主要特征

由于极端冰雪灾害天气发生的强度和自然环境条件差异,不同地区林木受害程度不同。湖北南部地区比北部地区严重,鄂西南比鄂东南严重;不同树种受害程度表现出鄂东南常绿树种比落叶树种严重,鄂西南落叶树种比常绿树种严重;无论鄂东南还是鄂西南,其受害程度均表现出针叶树种比阔叶树种严重,外来树种比乡土树种严重。林分结构对林木冰雪灾害有重要影响,林分密度过大或过低均会使林木受灾程度加重,纯林比混交林受灾严重;地形因子直接影响着林木灾害发生程度,并表现出高海拔比低海拔严重,北坡比南坡严重,上坡比下坡严重,陡坡比缓坡严重;合理的经营管理措施如及时的抚育间伐和施肥等有利于减轻林木冰雪灾害。

4.2 林木冰雪灾害的研究方向

由于林木冰雪灾害发生机制相当复杂,其程度依赖于气象条件、地形、树种特性和林分结构特征等诸因子间的相互作用(李秀芬等, 2005)。本研究通过典型取样方法探讨了林木冰雪灾害发生的一般规律,对指导林业防灾减灾具有一定的应用价值。由于调查取样主要立足于林木冰雪灾害实际发生的情况,而且各地的环境条件差异很大,造林树种的配置不同,很难对每一个调查因子进行多水平取样。因此,今后要进行多因子、多水平的比较研究,深入系统地总结主要造林树种冰雪灾害发生规律和防灾减灾技术。在林木冰雪灾害发生规律调查研究基础上,开展受灾林分恢复的生态学过程研究,更深入地揭示林木遭受冰雪冰冻灾害后自然恢复机理,为主要造林树种冰雪灾害的灾后恢复与重建提供理论依据。要持续地根据气象资料、灾情记录以及林木冰雪灾害调查和受灾森林生态系统恢复过程研究成果,借助计算机技术和生物统计学方法,综合评价湖北省主要森林树种抗冰雪灾害能力,为今后进行造林树种选择和科学营造林奠定基础。要调整林木新品种选育的研究思路,将选育的目标从注重产量为主向增强抗性和追求产量并重的方向转变,将品种培育的手段从以引进为主向以选育乡土树种为主转变。

4.3 林木冰雪灾害的成因

1) 极端恶劣天气是林木受灾严重的最直接原因。湖北省地处北亚热带, 正常年分, 林木不会受到大面积冰雪灾害, 仅在高山地带林木受到一定程度的低温和雨淞危害(湖北森林编委会, 1991)。由于大气环流异常, 湖北省这次雨雪冰冻天气持续 20 余天, 1 月平均气温偏低 4°C 以上, 为历史同期最低。由于低温冰雪时间长, 特别是大雪与冻雨天气交替发生, 致使林木树冠截获或累积的冰雪重量超过了树梢、树枝和树干本身的负荷极限导致树梢折断、折枝和折干, 甚至出现因冰雪压而形成头重脚轻被连根拔起、根系完全离地或根系严重扯断而出现翻斃的现象。

2) 没有做到适地适树是人工林受灾严重的重要原因。不同的树种、种源、品种或栽培类型, 抗冰雪能力不一样。调查中发现, 鄂西南地区人工日本落叶松林, 选用本省其他地区或外省种源造林的, 林木平均受害率比选用本地区建始县长岭岗种源造林的高 $10\% \sim 15\%$ 以上。部分地方在造林过程中没有根据树种的生物学和生态学特性科学地选择造林树种、种源和品种, 使林木受灾严重。

3) 没有按照林分自然生长规律科学经营森林是林木受灾严重的根本原因。调查中发现, 造林初植密度过大而又没有抚育间伐的人工林受灾严重。例如, 日本落叶松人工林初植密度在 $2\ 500\ \text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上且没有进行抚育间伐的, 表现出大面积倒伏和翻斃, 林木受害率达 80% 以上。另外, 大面积单一树种的纯林, 有违近自然森林复层、异龄的合理结构配置, 明显降低了林木抵御冰雪灾害的能力。如日本落叶松、柳杉人工林基本上是同龄纯林, 而且大都是从山脚一直造到山顶, 使受灾程度加重。对成过熟天然林也没有进行必要的经营性择伐, 林中成过熟木和病虫木更易遭受冰雪危害, 其折枝、断干和倒伏加重了其他林木的受害程度。

4.4 林木冰雪灾害的启示

1) 加强林木冰雪灾害的科学研究与推广应用, 推行标准化造林。调查表明, 只要科学营造林, 其灾害会得到明显减轻。林木生长周期长, 一旦失误将影响几十年。因此, 今后要进一步加强林业科学研究, 提出林业防灾减灾、森林培育与森林持续健康经营等关键技术。加强林业防灾减灾技术的推广应用, 要根据主要造林树种冰雪灾害发生规律, 指导营造林的各个环节。同时, 还应修订营造林技术标准, 实行标准化造林, 提高林业经营管理水平。

2) 日本落叶松和柳杉依然是鄂西亚高山地区的主要造林树种, 不能轻易放弃。自 20 世纪 50 年代以来, 鄂西高山地区开始引种日本落叶松、柳杉。由于其生长快、材质好, 引种获得成功, 并逐步在我省西部高山地区大面积推广, 产生了良好的生态、经济、社会效益。正常年份, 日本落叶松基本不受冰雪灾害, 柳杉受到一定程度雪折灾害。虽然这次冰雪灾害中, 日本落叶松和柳杉受灾严重, 但不能否定日本落叶松和柳杉作为鄂西亚高山地区的主要造林树种的地位。因为这次灾害是 50 年一遇, 包括当地乡土树种如巴山松、华山松在内的绝大部分树种都受到不同程度的灾害。同时, 在鄂西亚高山地区人工造林中, 绝大部分都是营造的日本落叶松和柳杉这 2 个树种, 使人产生了日本落叶松和柳杉受灾重的印象; 另外, 日本落叶松和柳杉受灾重与营造林技术措施不到位有很大关系, 如日本落叶松造林选地不当, 一些高海拔、土层薄的陡坡等不能栽植日本落叶松的地方也都栽上了日本落叶松, 而且造林初植密度过大, 没有进行抚育间伐。今后的造林工作中, 仍然要重视这 2 个树种, 营造与马褂木、檫木等乡土树种组成的混交林。

3) 重视优良乡土树种, 慎重引进外来树种, 真正做到适地适树。在今后的造林工作中, 要优先选择优良乡土树种, 在试验研究基础上慎重引进外来树种, 并要考虑乡土树种和引进树种的合适比例, 在景观上形成乡土树种和引进树种镶嵌结构。不仅要重视树种的选择, 也要重视种源或品种的选择, 如鄂西山区营造日本落叶松选择建始县长岭岗的种源更合适。一个树种适合某一地区, 但并不意味着在这一地区的任何地段都适于该树种造林。要在大的区域内选树适地, 在局部地段要选地适树, 这样才能真正做到适地适树。

4) 坚持多树种合理配置, 培育近自然混交林。常绿落叶阔叶混交林是湖北山地森林植被的主体。在营造林实践中, 要根据当地原生植被分布和森林演替规律, 营造常绿阔叶与落叶阔叶混交林。同时, 要注意将针叶与阔叶、乔木与灌木、深根性树种与浅根性树种进行合理搭配, 形成多树种混交林。还可以通过错开造林时间, 形成由不同年龄阶段林木组成的复层、异龄林。例如, 在鄂西南山地可营造日本落叶松马褂木混交林, 做到当地树种与引进树种混交、针叶树种与阔叶树种混交, 在日本落叶松培育 15 年左右采伐, 然后将马褂木培育至 30 ~ 50 年左右主伐, 以培育马褂木大径材。

5) 坚持科学造林与育林, 增强树种抗冰雪灾害的能力。在影响林木冰雪灾害的诸因子中, 气象条件和

地形因素是人们无法改变的,但可以通过选择合适的造林地、调整林分结构和控制经营管理措施来预防和减轻林木冰雪灾害。在选择造林地时,必须考虑气温、海拔、小地形和土壤厚度、质地等因素。例如,鄂西山地营造日本落叶松人工林时,海拔 1 200~1 800 m 的地带,坡度在 35° 以下的,依然可造日本落叶松为主要树种的混交林,如日本落叶松与马褂木、檫木混交林。坡度在 35° 以上的,如果土层较厚,可营造巴山松、马褂木等乡土树种。海拔在 1 800 m 以上的地带,土壤较瘠薄,通过封山育林或在封山育林基础上点播油松、巴山松等树种营造生态防护林。要注意合理的造林密度,尤其是高山区造林密度不能过大。如日本落叶松人工林,造林初植密度以不高于 2 500 株 \cdot hm $^{-2}$ 为宜。要加强新造林木的抚育,有条件的造林地进行适时适量施肥,促进幼树健壮生长,增强树种的木质化程度;在林分郁闭后,要及时进行抚育间伐和修枝,促进保留木的生长,提高木材质量,增强林分抗冰雪能力。

6) 正确处理森林保护和利用的关系,科学经营天保工程区人工林和天然次生林。此次冰雪灾害中,天保工程区人工林受害严重,原因之一是前几年天保区人工林禁止抚育间伐。这一政策在当时对于促进天保区森林迅速恢复起到了重要作用,但没有做到按林分生长自然规律经营森林,所以,应及时调整天然林保护区中的人工林经营的技术政策,进行必要的抚育性间伐。事实上,即使对生态公益林区的天然林,也有清理大量风倒木、雪折木和病虫木的采伐任务,对成熟天然林还有采伐易受冰雪灾害的过熟木的任务。在天然林保护和经营实践中,要正确处理森林的防护作用和森林利用的关系,科学设定采伐年龄、采伐方式、集材方式及采伐剩余物处置等技术规定,尽可能减少采伐利用的负面影响。

参 考 文 献

- 何 虎. 2007 毛竹雪灾受损特点与钩梢减灾技术. 湖南林业科技, 34(2): 48-49.
- 湖北森林编委会. 1991. 湖北森林. 武汉: 湖北科学技术出版社.
- 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.
- 李秀芬, 朱教君, 王庆礼, 等. 2004. 辽东山区天然次生林雪/风灾害成因及分析. 应用生态学报, 15(6): 941-946.
- 李秀芬, 朱教君, 王庆礼, 等. 2006. 次生林雪/风干扰与树种及林型的关系. 北京林业大学学报, 28(4): 28-33.
- 徐建民, 李光友, 陆钊华, 等. 2008. 南方桉树人工林雨雪冰冻灾害调查分析. 林业科学, 44(7): 103-110.
- 张光元, 梁文斌, 龙云高, 等. 2005. 冰冻雪灾下毛竹受损率调查. 湖南林业科技, 32(3): 69-71.
- Cremer K W, Cater P R, Minko G. 1983 Snow damage in Australian pine plantations. Australian Forestry, 46(1): 53-66.
- Grner K W, Borough C J. 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantation. New Zealand of Forestry Science, 12(2): 244-268.
- Nykanen M L, Peltola H, Quine C, et al. 1997. Factors affecting snow damage of tree with particular reference to European conditions. Silva Fennica 31(2): 193-213.
- Peltola H, Kellomaki S. 1993. A mechanistic model for calculating windthrow and stem breakage of Scots pines at stand edge. Silva Fennica, 27(2): 99-111.
- Slodciak M. 1995 Thinning regime in stands of Norway spruce subjected to snow and wind damage // Coutts M P, Grace J. Wind and trees. Cambridge: Cambridge University Press 436-557.
- Valinger E, Lundqvist L, Brandel G. 1994 Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 9: 129-134.
- Valinger E, Lundqvist L. 1992 The influence of thinning and nitrogen fertilization on the frequency of snow and wind induced stand damage in forests. Scottish Forestry, 46: 311-320.
- Zhu J J, Li X F, Liu Z G, et al. 2006 Factors affecting the snow and wind induced damage of a montane secondary forest in northeastern China. Silva Fennica, 40(1): 37-51.

(责任编辑 徐 红)