

冰冻灾害对森林碳库的影响及灾后恢复措施

——以九峰国家森林公园为例

付甜^{1,2} 胡琦¹ 来德安³ 辜忠春¹ 戴薛¹ 杨佳伟^{1,2} 庞宏东¹ 唐岚¹

(1. 湖北省林业科学研究院 武汉 430075; 2. 湖北大巴山森林生态系统国家定位观测研究站 十堰 442200;

3. 国有麻城市西张店林场 黄冈 438336)

摘要: 冰冻灾害在南方是一种不常见的自然灾害,一旦发生其往往对森林生态系统造成严重损害。通过对武汉市九峰国家森林公园在2024年2月遭遇的严重冻雨冰雪灾害情况的初步调查,从灾后森林的受灾表现探讨此次灾害对森林生态系统碳库造成的直接影响和间接影响,并对森林植被的灾后恢复与重建提供科学可行的建议。

关键词: 冰冻灾害;森林碳库;损害;灾后恢复

中图分类号: S718.5

文献标识码: C

文章编号: 1004-3020(2024)02-0067-04

国内外气象学界普遍认为,随着全球气候变暖,“拉尼娜”与“厄尔尼诺”现象的出现可能会越来越频繁,冷冬和暖夏现象也将会频繁交替发生^[1]。2024年2月,受“拉尼娜”和大气环流的异常影响,湖北省遭遇了极其严重的冻雨冰雪天气,虽持续时间不长,但对森林生态系统的破坏程度不容小觑。在极端的冻雨天气中,林木长时间处于0℃以下,随着雨水持续降下,冰在树冠、叶片上不断积累,重量压力逐渐大到超过其承受范围,从而使树木折枝、断干、压弯、整株倒伏甚至翻斃,危害严重^[2,3]。南方温暖地区的植物耐寒、抗冻性差,特别是幼嫩枝叶易发生冻枯、生长衰弱、枯死等生理冻害。树木受害程度的影响因素复杂,生长形态、生理特征、环境条件、林分结构等因素可造成林木不同部位不同程度的损失^[4~6]。在武汉地区,无论是针叶林、阔叶林还是混交林,几乎所有林分都受到了此次冰冻灾害的影响,树木损毁情况严重。在“双碳”目标背景下,此次极端天气造成的林木破坏,必然给身处其中的森林“碳库”带来不小的损失,森林固碳水平短期内很难恢复。为指导灾害木的清理与利用,加快恢复森林植被及其固碳水平,针对此次冻雨冰雪灾害的表现,分析森林碳库可能受到的影响,以期受灾地区的森林恢复重建提供参考。

1 冰冻灾害受灾情况

2024年3月,为摸清此次冰冻灾害的森林受灾情况,重点对位于武汉市的九峰国家森林公园内的森林生态系统开展了调查,共设置6种典型森林类型的标准样地,包括马尾松(*Pinus massoniana*)林、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林、枫香(*Liquidambar formosana*)林、栓皮栎(*Quercus variabilis*)林、青冈(*Quercus glauca*)+苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)常绿阔叶混交林、常绿落叶阔叶混交林。调查中详细记录样地内每一受灾林木的树种、胸径以及受损类型与程度。

针叶林中,马尾松(*Pinus massoniana*)受害最为严重,97%的马尾松不同程度受损,以断干、翻斃为最主要的受害类型,其中断干比例高达47%,部分近熟、成熟马尾松有倒伏、翻斃情况,约占30%。其下木层以阔叶树为主,多为幼树,受灾比例不超过35%,基本受灾表现为断梢和断干。由于2022年大旱造成大量杉木死亡,杉木林枯立木比例约占全部杉木总数的62%;余下杉木中有受损发生率约占活杉木总量的82%,其中断梢的有32%、断干的有28%、翻斃的有16%。其下木层也是以阔叶树为主,其中70%左右的树木都有不同程度受损,

* 收稿日期:2024-03-01;修回日期:2024-04-10

基金项目:湖北省林业科技支撑重点项目“九峰森林质量提升技术与集成示范”([2022]LYKJ04)。

作者简介:付甜(1985—),女,助理研究员,主要从事森林生态学、林业应对气候变化等方面的研究工作。

唐岚为通讯作者。

以断干和断梢为主。

阔叶林中,栓皮栎林和枫香林都有超过70%的树木不同程度受损,受损树木比例虽高,但受损类型主要是断梢(36%~38%)、断干(22%~29%),受损程度相对较小。以常绿树种青冈、苦槠和红果冬青(*Ilex rubra*)为优势树种的阔叶混交林的受害类型以断干和断梢为主,分别占比27%和19%,但倒伏和翻斃的情况比落叶阔叶林严重,约占10%。

林分整体受灾情况受地形影响较大,山沟中林木被冰冻后不易遭受风吹,折损不严重;坡度越陡的林分,大胸径乔木翻斃的情况越多,且容易造成其它林木压弯和受损。2008年湖北省也遭受过一次大范围的冰冻雨雪灾害,全省森林植被几乎都受到不同程度的影响,且持续时间长。不同林分类型受灾程度大致表现为:片林>行道树,常绿树种>落叶树种,针叶林>阔叶林,纯林>混交林,乔木林>灌木林^[7]。与2008年不同的是,此次冰冻灾害的受灾区域主要集中在武汉及其周边区域,受灾范围小,持续时间短。从调查情况来看,损害类型主要为物理损害,受害程度表现上大致是针叶树种>常绿阔叶树种>落叶阔叶树种,片林>行道树,纯林>混交林。

2 冰冻灾害对森林“碳库”的影响

2.1 地上生物量碳的损失与转移

森林生态系统通过光合作用将固定的二氧化碳主要储存在植被和土壤中,主要分为3个有机碳库:活植物碳库(活生物量碳库)、土壤碳库和死植物碳库(凋落物碳库)^[8]。森林缓解气候变化的能力取决于其现有碳库的大小和固碳速率,而碳储量在很大程度上受森林生物量的影响^[9]。森林活生物量包括植物各器官(干、皮、枝、叶和根),其中地上生物量占有很大的比重。树上的冰冻积累在短时间内使得大量树干和枝叶从植株上断裂剥离,直接造成活生物量碳库的碳储量损失。从此次灾后损害调查的情况来看,马尾松和杉木的断干、倒伏和翻斃比较严重,初步估计生物量损失可高达70%以上,阔叶树种以断梢、断枝居多,生物量损失相对较小,预计不超过30%。有研究表明,冰雪灾害后,在同一区域同等立地条件下,针叶树种的碳储量相对损失比阔叶树种高3倍以上,且中龄林的相对损失最大,近、成、过熟林次之,幼龄林最

小^[10]。冰冻灾害带来的树冠、树枝、树干残体掉落至地表,成为凋落物碳库的一部分死有机质。后期在森林修复的过程可能需要移除体积较大的残体以增加植被更新的空间,余下的粗木质残体及凋落物则留在凋落物碳库中以待慢慢分解,分解后留下的有机碳转移至土壤碳库中储存。

2.2 林分结构变化对森林生产力的直接影响

近些年,湖北省开展了大面积的造林活动,森林资源中80%以上的乔木林处于中、幼龄林阶段,这也是林分发展过程中生产力最高即碳储量积累速度最快的阶段。此次冰冻灾害给受灾地区的中龄林带来的损失最大,由于林分组成和外部因素的影响,其破坏程度可以从轻微、部分到整片林分的完全损坏,其林分结构发生巨大变化。轻微受害的林分,无损树木由于生长空间扩大树冠冠幅将增长,林分会快速生长,以恢复到受害之前的状态。部分或中度受损的林分,只有等叶面积恢复后才能正常生长,可能需要4~5a的时间,使林分固碳能力逐渐增强,但要恢复灾害之前的水平,还需要更长的时间^[11]。严重损坏的林分有大量树干折断,甚至完全倒伏,对林分生产力是毁灭性打击,需要通过生态系统重建,经营几十年使其回到灾前生长水平。

2.3 凋落物组成变化对土壤碳库的潜在影响

一般情况下,相比于活植被碳库和土壤碳库,森林死植被碳库比较小。在成熟林中,粗木质残体以及凋落物碳库占总碳库的10%~20%,土壤碳库约占40%甚至更高^[8,12,13]。冰冻雨雪灾害使森林生态系统遭受重创,在林地产生大量断枝、倒木等,这些非正常凋落物的量可能相当于数年、甚至10~20a正常凋落物量的总和^[14]。凋落物是森林生态系统中连接植物和土壤之间碳氮循环的“纽带”,粗木质残体的异常增加带来凋落物数量和质量的变化,加上林窗扩大对林下微环境的改变,会引起辅助凋落物分解的微生物、土壤动物的种群变化,影响土壤理化性质,对养分循环和土壤有机质的有一定促进增长作用^[15]。另一方面,凋落物作为覆盖物,改变了土壤表层的温度和水分条件,进一步加快森林物质循环速度,每循环一次,都会有部分有机质得不到完全的分解而被存贮在土壤中。

3 灾后恢复措施

受害森林的生态系统功能恢复与重建是一个复杂且缓慢的实践问题。不同森林类型、不同受损程度和不同经营目标下,所选择的恢复与重建方法应有差异。下面就如何尽量减少森林碳库的碳损失、尽快恢复森林生态系统固碳功能提出几点恢复措施与对策建议:

3.1 林分清理,维护森林健康

此次受灾森林类型复杂,林木受灾程度不一。清理林地不能全面清除或随意清除现有植被,要强调现有植被和目的树种的保护和利用^[16],分类清理轻度和中度受害林木,无存活希望的重度受害木可进行伐除。

(1)针叶树种:部分枝条受损、主梢完好的轻度受损针叶树,考虑其具有可恢复能力,应只贴近树干修剪受损侧枝和残桩;主梢折断的中度受损木,要尽早锯断削平伤口,并涂抹保护剂防止腐烂,主干撕裂或基部断裂,但萌发力较强的杉木可从基部截去;无法恢复生长的重度受损木,及时伐除,注意伐除时避免伤害其它树木,具备条件的清理物应注重再利用,如用于原木、枝桠材、生物质燃料等。

(2)阔叶树种:树冠轻度或中度受损的阔叶受损木,恢复能力较强,及时处理断裂枝干即可;树冠受损严重但萌芽能力较强的受损木,可将树冠全部截去或保留2~3根主枝,待萌发枝条后培育成新的树干;压弯、倾斜且主干未折断的受损木,要及时扶正,培土加固。部分清除或不清除非正常凋落物,在不影响林下幼树幼苗生长的前提下,可将小枝条和树叶均匀布于林地,自然分解后促进生物质归还。

此外,灾后大量林木死亡使鸟类无法生存,林分在冰雪灾害后易发生虫害,且林地地表非正常凋落物堆积,也增加了火灾隐患。所以更要注重灾后病虫害的防治,加强病虫害检疫,防范疫情扩散,维护森林生态系统的健康^[1],减轻森林火灾的潜在威胁,防止不必要的碳流失。

3.2 补植补造,恢复生态系统稳定性

从受灾特点来看,受损严重的多为人工纯林,原因主要是林分结构单一,抵御灾害功能较弱,原有的生态系统平衡极易被干扰打破,可通过营造针阔混交林和复层异龄林等方式进行林分改造,增强

林分的稳定性。灾后林分形成许多林窗,林下光照和水热条件产生变化,利用林窗及时补植补造,重建过程中因地制宜、适地适树,提倡使用乡土树种,慎用外来树种,努力营造针阔、乔灌或落叶常绿的合理混交搭配,以利于构建异龄复层混交林,提高林分稳定性。特别是此次受灾最严重的马尾松林和杉木林,可选用容器大苗在林窗补植补造,选择深根性乡土阔叶树种,如栓皮栎、苦槠等。阔叶林相对损失较轻,可尽量保留不影响下木生长的受损林木,同时保护好天然更新幼树幼苗,清除影响其生长的杂草杂灌等,促进更新生长,以提高林分生产力,使森林碳库的固碳水平早日恢复灾前水平,恢复生态系统的正常功能。

3.3 近自然经营,提高森林碳储量

过去的造林为尽快提高覆盖率和确保更多幼树存活,倾向于增加初植密度,使林分提前郁闭,但也造成林分生长弱势,木质化程度低,抗灾能力差。对于此类灾后沦为残次、低产低效林的林分,采取补植和定向培育目标树的近自然经营是较好的选择。尤其林地清理完成后,林木个体分化比较大的林分,建议选择目标树和保留木,伐除干扰木;灾后形成或因采伐形成的林窗,采用与现有树木自然互生的乡土树种(主要通过调查下木层或更新层的树种来确定)进行补植补造,并采用定株抚育、清理杂灌等措施促进林下自然更新,将单一林分结构逐渐调整成复层异龄混交林。与无经营和常规经营相比,近自然经营是一种兼顾森林生态效益和经济效益的经营模式^[17]。它不仅能够改善林冠结构,满足森林生态可持续健康发展,还能在维持生态平衡的基础上实现林木的最大生产力,从而提高森林碳储量。

参 考 文 献

- [1]薛建辉,胡海波.冰雪灾害对森林生态系统的影响与减灾对策[J].林业科学,2008,44(4):1-2.
- [2]管远保.浅谈冰冻灾害对湖南森林资源的影响[J].湖南林业科技,2008,35(4):80-81.
- [3]徐雅雯,吴可可,朱丽蓉,等.中国南方雨雪冰冻灾害受损森林植被研究进展[J].生态环境学报,2010,19(6):1485-1494.
- [4]郭淑红,薛立.冰雪灾害对森林的影响[J].生态学报,2012,32(16):5242-5253.
- [5]李晓靖,洪奕丰,王宗星,等.2008年南方冰雪灾害对森林生态系统影响研究[J].安徽农业科学,2011,39(36):

22374-22377.

- [6]徐冬梅,韩敏.雨雪冰冻灾害的成因及对策研究[J].农技服务,2010,27(1):111-113.
- [7]李东升,裴东,杨振寅,等.低温雨雪冰冻灾害对湖北森林资源的影响与思考——赴湖北灾后恢复重建工作技术指导组调研报告[J].林业经济,2008(4):15-17.
- [8]徐耀粘,江明喜.森林碳库特征及驱动因子分析研究进展[J].生态学报,2015,35(3):926-933.
- [9]杨帆,刘金山,贺东北.我国森林碳库特点与森林碳汇潜力分析[J].中南林业调查规划,2012,31(1):1-4.
- [10]黄朝法,曾宏达,刘菊容,等.冰雪灾害造成森林乔木层C贮量损失评估与分析——以福建省长汀县为例[J].亚热带资源与环境学报,2009,4(2):60-67.
- [11]王静,温学发,王辉民,等.冰雪灾害对中亚热带人工针叶林净初级生产力的影响[J].生态学报,2014,34(17):5030-5039.
- [12]Fahey T J, Woodbury P B, Battles J J, *et al.* Forest carbon storage: ecology, management and policy[J]. *Frontiers*

in Ecology and the Environment, 2010, 8(5): 245-252.

- [13]Lin D M, Lai J S, Muller—Landau H C, *et al.* Topographic variation in aboveground biomass in a subtropical evergreen broad-leaved forest in China [J]. *PLoS ONE*, 2012, 7(10): 48244.
- [14]骆土寿,杨昌腾,吴仲民,等.冰雪灾害对粤北天然次生林的损害及产生的林冠残体量[J].热带亚热带植物学报,2010,18(3):231-237.
- [15]肖以华.冰雪灾害导致的凋落物对亚热带森林土壤碳氮及温室气体通量的影响[D].北京:中国林业科学研究院,2012.
- [16]潘文全.森林雨雪冰冻灾害原因分析及防范措施的探讨[J].华东森林经理,2008,22(3):23-25.
- [17]张涛,罗于洋,王树森,等.近自然经营方式对不同林龄油松人工林碳储量的影响[J].水土保持通报,2018,38(2):40-45.

(编校:郑京津)

(上接第27页)

参 考 文 献

- [1]陆健健.湿地生态学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [2]王立龙,陆林.湿地公园研究体系构建[J].生态学报,2011,31(17):5081-5095.
- [3]李玉凤,刘红玉,蔡春晓,等.城市湿地公园周边干扰对其水环境健康的影响——以西溪国家湿地公园为例[J].地理研究,2015,34(5):851-860.
- [4]吴欣欣,陈伟琪.成果参照法在自然生态环境价值评估中的应用现状及展望[J].环境科学与管理,2012,37(11):96-100.
- [5]孙海平,李贺鹏,房瑶瑶,等.漩门湾国家湿地公园生态系统服务价值评估[J].生态科学,2021,40(1):139-146.
- [6]陈翠,刘贤安,闫丽丽.四川南河国家湿地公园生态系统服务价值评估[J].湿地科学,2018,16(2):238-244.
- [7]金阳.生态环境的价值计量与实现方法研究——以南阳白河国家湿地公园为例[J].全国商情(零售),2014,(10):40-41.
- [8]王广军,唐筱洁,李惠强.广西北海滨海国家湿地公园生态系统服务功能价值评估[J].中国市场,2014,(37):

144-145.

- [9]SATHIRATHAI S, BARBIER E B. Valuing mangrove conservation in southern Thailand[J]. *Contemporary Economic Policy*, 2001, 19(2): 109-122.
- [10]CONSTANZA R, DARGE R, DEGROOT R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [11]姚跃明,熊建君,邓熹.雪峰湖国家湿地公园生态系统服务价值评价[J].湖南林业科技,2015,42(1):70-73.
- [12]宁潇,邵学新,胡咪咪,等.杭州湾国家湿地公园湿地生态系统服务价值评估[J].湿地科学,2016,14(5):677-686.
- [13]张华,李贺鹏,岳春雷,等.仙山湖国家湿地公园生态系统服务功能价值评估[J].广东林业科技,2015,31(5):41-46.
- [14]徐晓博,李锐,胡琦,等.湖北省国家湿地公园建设情况及发展建议[J].湖北林业科技,2021,50(6):69-72.
- [15]王贝利,周文昌,郭青云,等.湖北省湿地公园高质量发展对策[J].湖北林业科技,2023,52(3):72-74.

(编校:唐 岚)