

模拟林冠损伤对藜蒴栲群落林下 植被生物多样性的影响

刘立强^{1,2}, 周光益^{1*}, 赵厚本¹, 李力^{1,2}, 邱治军¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 中南林业科技大学林学院, 湖南 长沙 410004)

摘要:以2008年冰雪灾害对森林生态系统的破坏为背景,通过人工去除林冠层保留树干模拟森林的机械损伤,研究粤北小坑流域藜蒴栲群落林下植被的变化。结果表明:(1)试验1.5年后,去除林冠层、林下添加枯枝落叶的处理,林下灌木、草本科、种及乔木幼苗种的数量显著增加($P < 0.05$);去除林冠层且地表枯落物层保持不变的处理,林下草本科、种数量增加显著,乔木幼苗及灌木科、种差异不显著($P > 0.05$);林下添加枯枝落叶,林冠层不做处理,林下植被各生活型物种数有所减少,但差异不显著。(2)去除林冠层后,一些阳生种如野桐、山乌桕、山苍子、红紫珠、蕨状苔草、广东蛇葡萄等大量入侵并占据优势地位,林下植被盖度显著提高。(3)去除林冠层在短期内可显著增加林下植被生物多样性,添加枯落物对林下植被生物多样性影响不显著。

关键词:林下植被;森林机械损伤;生物多样性

中图分类号:S718

文献标识码:A

Impact of Simulated Forest Canopy Damage on Understory Biodiversity of Natural *Castanopsis fissa* Community

LIU Li-qiang^{1,2}, ZHOU Guang-yi¹, ZHAO Hou-ben¹, LI Li^{1,2}, QIU Zhi-jun¹

(1. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. College of Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hu'nan, China)

Abstract: According to the destruction of forest ecosystem caused by frozen rain and snow disaster in 2008, a simulation experiment of forest mechanical damage was carried out by trimming canopy layer of *Castanopsis fissa* natural forest at Xiaokeng Basin in northern Guangdong, and the change of understory vegetation was studied. The results are as follows: (1) 1.5 years after pretreatment, the family and species number of shrub, herb and the arbor seedling increased significantly ($P < 0.05$) in the treatment plot of TD (trimming canopy + canopy detritus adding); the family and species number of herb increased obviously but the number of arbor seedling and shrub had no evidently change ($P > 0.05$) in the treatment plot of TR (trimming canopy + removing canopy detritus); the family and species number of arbor seedlings, shrub and herb in the treatment plot of UD (untrimming + canopy detritus adding) decreased slightly. (2) The pioneer species such as *Mallotus* Lour., *Sapium discolor*, *Litsea cubeba*, *Callicarpa rubella*, *Carex filicina*, *Setaria palmifolia* and *Ampelopsis cantoniensis* became dominant species in the plots of TD and TR, and their coverage of understory vegetation increased significantly. (3) Forest canopy trimming can

收稿日期:2012-10-25

基金项目:广东省林业科技创新项目(2008KJCX012-02);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(RITFYWZX201201;RITFY-WZX2011-12);广东林业厅项目“粤北自然保护区生物多样性定位监测研究”和广东南岭森林生态系统定位研究站、国际合作创新团队项目(CAFYBB2010003-2)

作者简介:刘立强(1986—)男,硕士研究生,主要研究方向:水土保持与荒漠化防治。Email:531110882@qq.com

* 通讯作者,guangyiz@yahoo.cn

significantly increase the biodiversity of undergrowth in a short period whereas canopy detritus adding has no measurable impact on it.

Key words: understory vegetation; forest mechanical damage; biodiversity

林下植被是森林生态系统的重要组成部分之一,它在维护森林生物多样性、生态功能稳定性和立地持续生产力等方面具有十分重要的作用^[1-2]。林下植被的物种组成、丰富度等与区域内上层乔木的树种组成、林龄、林分密度、冠层盖度密切相关^[3-6]。乔木层受外界因素(包括火灾^[7]、冰雪灾害^[8-9]、人为干扰^[10-12]等)的干扰,不仅会对自身群落结构组成产生重要影响,而且对林下植被的物种组成、灌草的比例、个体的生长状况、生物多样性等产生影响。2008年我国南方发生特大冰雪灾害,对森林生态系统造成重大的损害,影响波及19个省和自治区,受损的森林面积达 $1.93 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ^[13],占全国森林总面积的11%。由于冰挂重力的作用,南岭山区自然保护区内受灾的森林树枝大部分折断,主干劈裂、翻兜、连根倒伏也很严重,重灾区被损毁的林木在95%以上^[8]。大范围的森林受损以后,对林下植被物种组成、物种丰富度、生物多样性会产生怎样的影响?森林未来的演替方向是否会发生改变?本文采用人工去除林冠的方式模拟森林的机械损伤。选取粤北小坑流域黎蒴栲(*Castanopsis fissa* Rehd. et Wils.)群落为研究对象,通过人工去除林冠层并设置移除和添加枝叶处理,研究林冠损伤和非正常凋落物添加对林下植被物种组成及生物多样性的影响。该研究有助于揭示森林受损后林下植被演替规律并预测自然恢复过程,对受损森林植被恢复实践具有重要的指导意义。

1 试验区概况

试验区位于广东省韶关市曲江区小坑林场管辖的铜坑林区内(113°52'20.5"E, 24°39'18.4"N),地带性土壤为山地红壤,成土母质为变质花岗岩。坡向为西北坡,坡度33°,海拔550~580 m。植被类型为中亚热带常绿阔叶林^[14],林龄约30 a,乔木层优势树种主要以壳斗科(Fagaceae)的黎蒴栲、小红栲(*Castanopsis carlesii*(Hemsl.) Hayata)和樟科(Lauraceae)的樟树(*Cinnamomum camphora*(L.) Presl.)、鸭公树(*Neolitsea chunii* Merr.)、润楠属(*Machilus*

Nees)树种为主,未受到2008年冰雪灾害的影响。

2 材料和方法

2.1 试验设计与样地设置

选取坡度、坡向一致,林分相似且连续分布的林地开展试验,采用随机区组设计,设置4个处理:对照(CK)、损伤处理+移除处理枝叶(TR)、损伤处理+保留处理枝叶(TD)、未处理+添加处理枝叶(UD),每个处理3次重复。各区组间距大于100 m。每个小区设置4块30 m×30 m的样地,样地间距大于20 m,样地中心的观测区大小为20 m×20 m。林冠损伤处理于2010年12月至2011年2月进行。林冠受损处理采用砍开缺口后人工拉断的方式进行,处理包含缓冲带和中心观测区^[15]。处理标准参照2008年冰雪灾害发生后对森林受损程度的调查数据^[8]设定,具体标准为:对照样地不做任何处理,处理样地内(TD和TR)所有胸径在5~10 cm间的树木在第1级分叉下部进行断顶处理;对胸径>10 cm的树木拉断所有直径小于10 cm的树枝。将TD内的枝叶保留在原样地内,TR内的枝叶均匀撒在UD内。

2.2 样地调查

2010年12月至2011年1月在试验前对各样地的林下植被进行了调查,共设置12个2 m×2 m的小样方。2012年7月份,每个样地的中心观测区沿对角线方向均匀设置3个2 m×2 m的小样方,进行林下植被调查。统计小样方内乔木幼苗、小灌木、草本、藤本各个种的株数、平均高度、平均盖度。本文中林下植物种均指乔木幼苗、灌木、草本和藤本(幼时)种类。

2.3 分析方法

根据公式 $IV = (RD + RC + RF)/3$ 计算每一个物种的重要值,其中,IV为重要值,RD为相对密度,RC为相对盖度,RF为相对频度。采用Margale丰富度指数^[16]、Simpson优势度指数^[16]、Shannon-Wiener指数^[16]和Pielou均匀度指数^[17]分析林下植被的结构参数在林分中的特点。采用Sorenson指数^[18]计

算各处理间林下物种的相似性系数。具体公式如下:

Margale 丰富度指数 (M):

$$M = (S - 1) / \ln N$$

Simpson 指数 (D):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$$

Shannon-Wiener 指数 (H):

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

Pielou 均匀度指数 (J_{sw}):

$$J_{sw} = - \left(\sum_{i=1}^s P_i \ln p_i \right) / \ln S$$

Sorenson 指数 (C_s):

$$C_s = (2c / (a + b)) \times 100\%$$

式中: $P_i = n_i / N$, 为第 i 个物种的个体在样地中所占的比例, N 为所有种的个体总数, S 为种数, n_i 为第 i 种的个体数, a 和 b 分别为 2 个不同样地内的物种数, c 为 2 个样地内共有种数。

3 结果与分析

3.1 试验前后不同处理林下物种组成特征

种类组成是植物群落最基本的特征之一, 是群落结构和功能的基础。试验前共记录林下植物 33

种, 隶属 23 科, 壳斗科、樟科类的物种出现频率较高, 林下物种生活型以乔木幼苗为主。由于试验前林下植被调查在冬季进行, 部分藤本植物落叶而难以确认, 故未作统计。

试验 1.5 年后, 4 种处理林分共记录到林下植物 77 种, 隶属 45 科, 出现频率较高的科有壳斗科、樟科、马鞭草科 (Verbenaceae)、野牡丹科 (Melastomataceae)、紫金牛科 (Myrsinaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、葡萄科 (Vitaceae) 等。在 4 种处理中仅出现 1 次的科有 15 科, 占总科数的 33.3%; 仅出现 1 次的物种共 30 种, 占总种数的 39%; 乔木幼苗和灌木占据优势地位。

3.2 试验前后不同处理间科、种数量差异性分析

对试验前各处理对应林分的科、种数量进行方差分析, 结果 (表 1) 表明: 4 种处理间各生活型, 无论是科还是种数量均无显著性差异 ($P > 0.05$), 林下植被盖度也无明显差异, 说明试验前林下植被结构基本一致。

试验 1.5 年后, 处理间林下植被组成发生变化。TD 处理各生活型的科、种数量均比对照 CK 有所增加; 其中, TD 与 CK 间灌木科、种以及乔木幼苗种的数量差异显著 ($P < 0.05$), 其他生活型则差异不显著; TR 处理的科、种数量比 CK 的多, 而 UD 比 CK

表 1 试验前、后林下植被科、种数量及差异显著性检验

生长型		科				种			
		CK	UD	TR	TD	CK	UD	TR	TD
乔木幼苗	试验前	2.7 ± 0.7 a	3.3 ± 0.7 a	2.7 ± 0.7 a	3.0 ± 0.6 a	3.7 ± 1.2 a	5.3 ± 0.3 a	4.3 ± 1.3 a	4.3 ± 0.9 a
	试验后	3.3 ± 0.7 ab	2.3 ± 0.3 b	3.3 ± 0.7 ab	4.0 ± 0.6 a	5.0 ± 1.0 b	4.0 ± 1.2 b	6.3 ± 0.3 ab	8.3 ± 0.7 a*
灌木	试验前	2.7 ± 0.6 a	2.7 ± 1.2 a	3.0 ± 2.6 a	2.7 ± 0.6 a	3.0 ± 0.0 a	2.7 ± 0.7 a	3.7 ± 2.0 a	2.7 ± 0.3 a
	试验后	4.0 ± 0.6 b	4.3 ± 0.3 ab	4.0 ± 1.2 b	6.3 ± 0.3 a*	4.0 ± 0.6 b	4.7 ± 0.3 ab	4.0 ± 0.2 b	6.7 ± 0.6 a*
草本	试验前	1.3 ± 0.6 a	1.3 ± 0.6 a	1.3 ± 0.6 a	1.0 ± 0.0 a	1.3 ± 0.3 a	1.3 ± 0.3 a	1.3 ± 0.3 a	1.0 ± 0.0 a
	试验后	3.7 ± 0.6 a*	2.3 ± 1.5 a	4.0 ± 0.0 a*	4.3 ± 0.9 a*	3.7 ± 0.9 a*	2.7 ± 0.7 a*	4.3 ± 0.3 a*	4.7 ± 0.9 a*
藤本	试验前	-	-	-	-	-	-	-	-
	试验后	3.0 ± 1.0 a	1.7 ± 0.9 a	4.0 ± 0.0 a	3.3 ± 0.9 a	1.7 ± 1.0 a	3.0 ± 0.9 a	4.0 ± 0.0 a	3.3 ± 0.9 a
全部	试验前	6.7 ± 1.2 a	7.3 ± 1.2 a	7.0 ± 2.3 a	6.7 ± 0.9 a	8.0 ± 1.5 a	9.3 ± 0.9 a	9.3 ± 3.5 a	8.0 ± 1.2 a
	试验后	13.3 ± 1.7 a	11.0 ± 1.2 a	14.7 ± 3.2 a	14.0 ± 1.2 a	15.7 ± 2.4 b	13.0 ± 0.6 b	19.0 ± 2.0 ab	23.0 ± 2.3 a*
盖度	试验前	42.3 ± 3.7 a	41.7 ± 1.5 a	47.0 ± 7.5 a	44.3 ± 9.4 a				
	试验后	47.8 ± 2.1 a	41.6 ± 1.5 a	65.3 ± 3.3 b*	70.7 ± 4.6 b*				

注: 同行相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$); 同列标有 * 表示试验前后生活型差异显著 ($P < 0.05$); 盖度单位为 %。

的少,但差异不显著;UD与TD科的数量整体差异不显著,而种的数量整体上差异显著。

4种处理试验前后的对比发现:试验后各生活型物种数比试验前均有不同程度的增加,并且草本层增加程度最显著。试验前后TD处理除乔木幼苗和全部的科的数量差异不显著外,其他生活型科、种数量均差异显著;TR和CK处理草本科、种差异显著,乔木幼苗、灌木及全部的科、种差异不显著;而UD处理除草本种差异显著外,其余各生活型的科、种差异都不显著。

从林下盖度看,试验前后CK、UD处理盖度变化不明显,差异不显著;TR和TD处理试验后盖度明显增加,比CK、UD及试验前各样地均有显著增加,差异显著。从科、种数量及盖度的变化可以看出:去除林冠后,林下植被的物种组成虽然数量上没有较大变化,但由于光照增强,物种的密度增大,生长状况改善。

3.3 试验前后林下植被重要值特征

3.3.1 试验前后乔木幼苗重要值特征 表2中仅列出重要值>5%的种。由表2可以看出:试验前各处理林下乔木幼苗优势种以藜蒴栲、樟树、鸭公树、小红栲为主,这与其乔木层结构组成一致,而且各处理间乔木幼苗种数相差不大,CK、UD、TD处理重要值>5%的种均有7种,分别占总数的77.8%、63.6%和77.8%;TR处理重要值>5%的有5种,占总数的55.6%。试验1.5年后,CK和UD处理乔木幼苗优势种与试验前无明显变化,但藜蒴栲在处理密度增大,优势地位进一步提高。去除林冠层的TR和TD处理的乔木幼苗组成变化较大,野桐(*Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell. Arg.)、山苍子(*Litsea mollis* Hemsl.)、山乌柏(*Sapium discolor* (Champ. ex Benth.) Muell. Arg.)等喜光树种开始大量入侵,取代了藜蒴栲的优势地位。

3.3.2 试验前后林下灌木重要值特征 试验前各处理林下灌木层组成相似,所有种的重要值均在5%以上。CK的优势种为鼠刺(*Itea chinensis* Hook. et Arn.)、瓜馥木(*Fissistigma oldhamii* (Hemsl.) Merr.)二者的重要值之和为53.51%;UD处理的优势种为鼠刺、刺叶冬青(*Ilex bitorrensensis* Hayata),其重要值之和为43.96%;TR处理的优势种为瓜馥木、刺叶冬青,重要值之和为36.34%;TD处理的优势种则为瓜馥木、鲫鱼胆(*Maesa perlaris* (Lour.) Merr.),重要值之和为48.08%。试验1.5年后林下灌木共

记录到25种。与试验前相比,各处理的优势种发生较大改变:CK的优势种为枇杷叶紫珠(*Callicarpa kochiana* Makino.),次优势种为朱砂根(*Ardisia crenata* Sims)、鼠刺、柏拉木(*Blastus cochinchinensis* Lour.)等4种,重要值为5.56%~14.79%;UD处理的优势种有刺叶冬青、瓜馥木、红紫珠(*Callicarpa rubella* Lindl.);TR处理的优势种为刺叶冬青,次优势种红紫珠、瓜馥木、盐肤木(*Rhus chinensis* Mill.)等喜光植物在样地中也有较多分布,6个种重要值之和为86.90%;TD处理优势种为红紫珠,次优势种为白花苦灯笼(*Tarenna mollissima* (Hook. et Arn.) Robins.)、野牡丹(*Melastoma candidum* D. Don)等4种,重要值之和为64.08%。

3.3.3 试验前后林下草本重要值特征 试验前各处理林下草本植物较少,主要以乌毛蕨(*Blechnum orientale* Linn.)、凤尾蕨(*Pteris cretica* Linn.)为主,扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum* L. Sp.)、华山姜(*Alpinia chinensis* (Retz.) Rosc.)在样地内分布较少。试验1.5年后,4种处理共记录到草本植物14种,比试验前增加9种。试验后对照CK的优势种为乌毛蕨、芒萁(*Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh.),重要值之和为66.57%;UD处理的优势种为乌毛蕨、凤尾蕨;TR、TD处理中蕨状苔草(*Carex filicina* Nees)、凤尾蕨、淡竹叶(*Lophatherum gracile* Brongn.)、棕叶狗尾草(*Setaria palmifolia* (Koen.) Stapf.)等阳生性草本植物大量出现,并且重要值较高,其他种如福建观音座莲(*Angiopteris fokiensis* Hieron.)、苦竹(*Sinobambusa tootsik* (Sieb.) Makino.)等以次优势种出现在不同处理的样地中。

3.3.4 试验后林下藤本重要值特征 试验后共记录到藤本植物14种,CK和UD处理的优势种均为酸藤子(*Embelia laeta* (Linn.) Mez.),前者次优势种为山鸡血藤(*Millettia reticulata* Benth.)、苍白菝葜(*Smilax aberrans* Gagnep. var. *retroflexa* Wang et Tang.)等5种,后者为土茯苓(*Smilax glabra* Roxb.)、广东蛇葡萄(*Ampelopsis cantoniensis* (Hook. et Arn.) Planch)等4种,重要值分别为6.3%~23.68%、9.23%~23.91%。TR和TD处理阳生性的广东蛇葡萄占有较高的地位,TR处理次优势种有土茯苓、酸藤子等4种;TD处理次优势种为显齿蛇葡萄(*Ampelopsis grossedentata* (Hand.-Mazz.) W. T. Wang.)、山鸡血藤、酸藤子等6种。

表 2 试验前后林下植被重要值排序

	CK		UD		TR		TD			
	种名	重要值/%	种名	重要值/%	种名	重要值/%	种名	重要值/%		
试 验 前	乔木 幼苗	藜蒴栲	26.33	藜蒴栲	26.18	藜蒴栲	30.07	藜蒴栲	30.08	
		樟树	17.43	樟树	16.96	小红栲	26.52	樟树	15.28	
		小红栲	14.04	罗浮柿	11.84	鸭公树	13.63	鸭公树	12.66	
		尖叶柃	10.16	罗浮栲	9.64	绒毛润楠	6.90	毛桃木莲	9.09	
		广东润楠	8.98	小红栲	7.11	罗浮栲	6.14	小红栲	9.09	
		鸭公树	7.99	鸭公树	6.76	其他 4 种合计	16.73	网脉山龙眼	7.97	
		毛桃木莲	5.91	红润楠	5.08			柳叶润楠	6.86	
		其他 2 种合计	9.17	其他 4 种合计	16.44			其他 2 种合计	8.96	
		灌 木	鼠刺	29.14	鼠刺	23.14	瓜馥木	19.05	瓜馥木	26.35
			瓜馥木	24.37	刺叶冬青	20.82	刺叶冬青	17.29	鲫鱼胆	21.73
油茶	15.54		枇杷叶紫珠	14.81	朱砂根	12.48	朱砂根	17.13		
枇杷叶紫珠	11.62		瓜馥木	10.89	鼠刺	8.71	红紫珠	14.48		
鲫鱼胆	10.64		鲫鱼胆	10.77	柃木	8.41	油茶	12.90		
毛冬青	8.68		金花树	10.77	油茶	8.41	鼠刺	7.41		
			朱砂根	8.81	盐肤木	7.68				
					其他 3 种合计	17.97				
草 木	乌毛蕨		88.57	乌毛蕨	82.41	凤尾蕨	67.92	凤尾蕨	76.17	
	华山姜		22.53	扇叶铁线蕨	17.59	乌毛蕨	19.63	乌毛蕨	23.83	
试 验 后	乔木 幼苗	藜蒴栲	69.78	藜蒴栲	72.82	野桐	40.11	野桐	23.80	
		樟树	12.68	樟树	7.24	山苍子	22.10	藜蒴栲	20.42	
		其他 11 种合计	17.54	小红栲	7.10	山乌柏	17.23	山乌柏	15.05	
				其他 4 种合计	12.84	樟树	7.44	山苍子	11.23	
						藜蒴栲	5.22	樟树	10.65	
						其他 3 种合计	7.91	其他 10 种合计	19.93	
		灌 木	枇杷叶紫珠	44.79	刺叶冬青	19.52	刺叶冬青	29.53	红紫珠	37.05
			朱砂根	14.79	瓜馥木	19.06	红紫珠	13.91	白花苦灯笼	8.11
			鼠刺	8.55	红紫珠	17.08	瓜馥木	12.59	野牡丹	8.01
			柏拉木	6.17	鼠刺	10.48	盐肤木	12.05	瓜馥木	5.73
红紫珠	5.56		金花树	6.86	鼠刺	11.08	葱木	5.18		
其他 5 种合计	20.15		枇杷叶紫珠	6.05	白花苦灯笼	7.74	其他 9 种合计	35.92		
			格药柃	6.05	其他 5 种合计	13.09				
			其他 2 种合计	14.9						
草 本	乌毛蕨		45.29	乌毛蕨	46.15	蕨状苔草	41.37	凤尾蕨	23.49	
	芒萁		21.28	凤尾蕨	42.00	凤尾蕨	26.18	蕨状苔草	21.92	
	福建观音座莲	11.88	其他 3 种合计	11.85	乌毛蕨	13.78	乌毛蕨	17.53		
	淡竹叶	5.02			棕叶狗尾草	8.41	淡竹叶	11.47		
	其他 4 种合计	16.53			淡竹叶	5.17	棕叶狗尾草	9.22		
					苦竹	5.09	福建观音座莲	8.39		
							其他 2 种合计	7.98		
	藤 本	酸藤子	30.46	酸藤子	39.62	广东蛇葡萄	37.47	广东蛇葡萄	39.37	
		山鸡血藤	23.68	土茯苓	23.91	土茯苓	22.46	显齿蛇葡萄	16.78	
		苍白菝葜	18.90	广东蛇葡萄	15.80	酸藤子	17.53	山鸡血藤	11.17	
黑老虎		8.05	角花乌莓莓	11.45	酸叶胶藤	7.41	酸藤子	10.61		
藤檀		6.30	苍白菝葜	9.23	木防己	5.13	苍白菝葜	6.97		
三叶木通		6.30			其他 3 种合计	10.00	五味子	6.11		
							土茯苓	5.92		
						其他 1 种合计	3.05			

注:表中部分植物拉丁学名:罗浮柿(*Diospyros morrisiana* Hance.)、尖叶柃(*Eurya acuminata* DC.)、罗浮栲(*Castanopsis fabri* Hance.)、绒毛润楠(*Machilus velutina* Champ. ex Benth.)、毛桃木莲(*Manglietia moto* Dandy.)、广东润楠(*M. kwangtungensis* Yang.)、网脉山龙眼(*Helicia reticulata* W. T. Wang.)、油茶(*Camellia oleifera* Abel.)、红润楠(*M. thunbergii* Sieb. et. Zucc.)、柳叶润楠(*M. salicina* Hance.)、柃木(*Eurya japonica* Thunb.)、毛冬青(*Ilex pubescens* Hook. et Arn.)、金花树(*Blastus dunnianus* Levl.)、葱木(*Aralia spinifolia* Merr.)、格药柃(*Eurya muricata* Dunn.)、黑老虎(*Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith.)、角花乌莓莓(*Cayratia corniculata* (Benth.) Gagnep.)、酸叶胶藤(*Ecdysanthera rosea* Hook. et Arn.)、藤檀(*Dalbergia hancei* Benth.)、木防己(*Cocculusorbiculatus* (Linn.) DC.)、三叶木通(*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz.)、五味子(*Schisandra chinensis*(Turez.) Ball.)。

3.4 试验前后林下植被相似性比较

相似性系数是测度群落或生境 β 多样性的最简便方法,本文采用最常用的 Sorenson 指数来计算。由表 3 可以看出:试验前,由于环境因子基本一致,各处理乔木幼苗、灌木及整体上的相似性较高,均大于 50%,而草本层相似度则为 40.0%~80.0%。试验 1.5 年后,除 TR 和 TD 处理外,其它

处理之间各生活型物种相似性基本上呈下降趋势。TR 和 TD 处理由于光环境变化一致,林下植被大多为喜光物种,所以无论从生活型还是总体上比较,相似程度最高;从整体来看,变化最大的为 TD 和 UD 处理,试验后相似性系数降低幅度为 23.0%。从生活型来看,试验后对草本植物影响最大,相似性系数最低。

表 3 试验前后林下植被相似性系数变化

%

生长型		CK 与 UD	CK 与 TR	CK 与 TD	CK 与 TD	CK 与 UD	CK 与 UD
乔木幼苗	试验前	70.0	66.7	66.7	66.7	60.0	70.0
	试验后	50.0	47.6	42.9	60.9	54.6	40.0
灌木	试验前	61.5	50.0	66.7	50.0	61.5	58.8
	试验后	50.0	38.1	50.0	56.0	25.0	38.1
草本	试验前	50.0	40.0	50.0	80.0	50.0	80.0
	试验后	36.4	33.3	57.1	66.7	36.4	22.2
藤本	试验前	-	-	-	-	-	-
	试验后	50.0	53.3	53.3	62.5	61.5	61.5
全部种	试验前	64.9	56.4	64.7	61.5	64.7	66.7
	试验后	49.2	42.3	48.2	61.5	41.7	49.2

3.5 试验前后林下植被生物多样性比较

通过单因素方差分析,试验前各处理之间生物多样性指数差异不显著 ($P > 0.05$)。试验 1.5 年后, Margale 丰富度指数表现为: $UD < CK < TR < TD$ 。Shannon-Wiener 指数、Simposon 指数和 Pielou 均匀度指数表现为: $CK < UD < TR < TD$ 。可以看出:林冠结构一致但林下枯落物不一致的 TR 和 TD 处理、CK

和 UD 处理间的林下植被,无论是丰富度、多样性指数还是均匀度,均表现差异不显著;而在林冠结构不一致,地表层结构一致的 TR 和 CK 处理、TD 和 UD 处理之间生物多样性指数差异显著 ($P < 0.05$)。这说明影响林下植被生长的主要因素在于光照因子的改变,枯枝落叶的添加对生物多样性的影响不显著。

表 4 试验前后林下植被生物多样性指数显著性检验

多样性指数		CK	UD	TR	TD
Margale 丰富度指数 (M)	试验前	2.143 ± 0.351 a	2.300 ± 0.197 a	2.619 ± 0.400 a	2.149 ± 0.286 a
	试验后	2.523 ± 0.046 bc	2.223 ± 0.244 c	3.500 ± 0.308 ab	4.292 ± 0.496 a*
Shannon-Wiener 指数 (H)	试验前	1.755 ± 0.169 a	1.798 ± 0.668 a	1.929 ± 0.194 a	1.826 ± 0.278 a
	试验后	0.692 ± 0.170 b*	1.100 ± 0.354 b*	2.158 ± 0.089 a	2.609 ± 0.395 a*
Simposon 指数 (D)	试验前	0.776 ± 0.044 a	0.761 ± 0.036 a	0.822 ± 0.031 a	0.804 ± 0.021 a
	试验后	0.256 ± 0.073 b*	0.434 ± 0.154 b*	0.799 ± 0.041 a	0.835 ± 0.063 a
Pielou 均匀度指数 (J_{sw})	试验前	0.858 ± 0.037 a	0.811 ± 0.045 a	0.877 ± 0.039 a	0.822 ± 0.032 a
	试验后	0.248 ± 0.062 c*	0.433 ± 0.144 bc*	0.736 ± 0.057 ab	0.840 ± 0.106 a

注:同行相同字母代表差异不显著 ($P = 0.05$);同列标有 * 表示试验前后差异显著。

4 结论与讨论

干扰理论是森林生态研究的热点领域之一,本试验模拟了冰雪灾害对藜蒴栲群落的干扰,通过 1.5 年的研究发现:试验后各处理的林下植被组成

发生了较大变化,以 TR 和 TD 处理变化最为明显,其中,野桐、山乌桕、山苍子、红紫珠、蕨状苔草、棕叶狗尾草、广东蛇葡萄等喜光物种开始大量入侵并快速萌发,占据了优势地位,而且其林下植被盖度、生物多样性比对照 CK 均有大幅度提高且差异显著。

这是因为,去除林冠后,林下透光率增加,提高了土壤温度,进而促进土壤微生物的活动及林下枯枝落叶的分解及代谢,提高了土壤肥力^[19-20];同时,光照还加快了植物的光合作用速率,从而促进了这些种类的种子萌发和生长。枯枝落叶添加对林下植被的生长有利有弊,TR、TD处理均移除林冠层,而TD处理添加的枯枝落叶在光照条件改善后分解加快,提供了大量的养分,从而使其林下植被生长优于TR处理;UD、CK处理均保留林冠层,但由于UD处理内添加的处理枝叶分解缓慢,导致部分种子被覆盖和挤压,影响了正常萌发^[21],所以其物种数及盖度比CK处理有所降低;但总体而言,林冠层移除对林下植被的影响大于林下添加枯枝落叶的影响。通过模拟冰雪灾害对林冠受损的研究可以推测:森林生态系统遭到冰雪灾害的破坏后,由于林内光照环境改变,能促进林下喜光植物的种子萌发和生长,进而替代原有的优势种群形成新的群落。林下植被的物种丰富度、生物多样性在短期内呈现增加趋势;然而,冰雪灾害对林下植被影响的长期效应还需要进一步观测和验证。

参考文献:

- [1] 何艺玲,傅懋毅. 人工林林下植被的研究现状[J]. 林业科学研究, 2002, 15(6):727-733
- [2] 褚建民,卢琦,崔向慧,等. 人工林林下植被多样性研究进展[J]. 世界林业研究,2007,20(3):9-13
- [3] 太立坤,余雪标,杨曾奖,等. 三种类型森林林下植物多样性及生物量比较[J]. 生态环境学报,2009,18(1):229-234
- [4] 古丽江,周毅. 不同林龄桉树林下植被结构与物种多样性[J]. 广东林业科技,2012,28(1):46-52
- [5] 盛炜彤. 不同密度杉木人工林林下植被发育与演替的定位研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5):463-471
- [6] 龙凤菊,张代贵, Anand N S,等. 会同林区林下植被与乔木层树种的关系[J]. 吉首大学学报:自然科学版,2011,32(1):79-83
- [7] 张玉红,覃炳醒,孙铭隆,等. 林火对大兴安岭典型林型林下植被与土壤的影响[J]. 北京林业大学学报,2012,34(2):7-13
- [8] 王旭,黄世能,周光益,等. 冰雪灾害对杨东山十二渡水自然保护区栲类林建群种的影响[J]. 林业科学,2009,45(9):41-47
- [9] 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
- [10] 田军,孙海静,于树峰,等. 开林窗与封禁对华北落叶松林下植被多样性的影响[J]. 河北林果研究,2012,27(3):260-264
- [11] 余树全,姜春前,李翠环,等. 人为经营干扰对人工雷竹林下植被多样性的影响[J]. 林业科学研究,2003,16(2):196-202
- [12] 蔡道雄,卢立华,贾宏炎,等. 封山育林对杉木人工林林下植被物种多样性恢复的影响[J]. 林业科学研究,2007,20(3):319-327
- [13] 沈国防. 关注重大雨雪冰冻灾害对我国林业的影响——主编的话[J]. 林业科学, 2008, 44(3):1
- [14] 黄志宏,田大伦,周光益,等. 广东南岭不同林分类型土壤养分状况比较分析[J]. 东北林业大学学报, 2009,37(9):63-67
- [15] Shiels A B, Zimmerman J K, Garca-Montiel D C, *et al.* Plant responses to simulated hurricane impacts in a subtropical wet forest, Puerto Rico[J]. *Journal of Ecology*,2010,98:659-673
- [16] Magurran A E. Ecological diversity and its measurement[M]. New Jersey: Princeton University Press,1988
- [17] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. *Taxon*,1972,21:213-252
- [18] 马克平,刘灿然,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法Ⅱ β多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(1):38-43
- [19] Lodge D J, Scatena F N, Asbury C E, *et al.* Fine litter fall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rainforests of Puerto Rico[J]. *Biotropica*, 1991,23:336-342
- [20] Denslow J S, Ellison A M, Sanford R L. Tree fall gap size effects on above and below-ground processes in a tropical wet forest[J]. *Journal of Ecology*, 1998,86:597-609
- [21] 彭军,李旭光,董鸣. 重庆四面山亚热带常绿阔叶林种子库研究[J]. 植物生态学报, 2000,24(2):209-214