

文章编号: 1004-4574(2007)01-0066-05

低强度火烧对长白山林区蒙古栎林的影响

田晓瑞¹, 赵风君¹, 李 红¹, 舒立福¹, 刘焕达²

(1 中国林科院 森林生态环境与保护研究所 / 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091;

2 吉林省延边州森林防火办, 吉林 延吉 133001)

摘要: 为了减少林区内可燃物的载量, 降低森林的燃烧性, 对蒙古栎林进行了试验火烧和火烧迹地调查, 主要研究低强度火烧对蒙古栎林森林生态系统的影响。地表可燃物载量调查采用线状相交可燃物取样调查方法, 按不同径级调查可燃物载量。由于火烧引起部分枯死木倒伏和下木层树枝被烧断, 火烧后所有试验地上的径级可燃物载量都有所增加。但地表易燃可燃物减少, 林分火险降低。试验火烧为低强度地表火, 试验结果表明低强度火烧对上层林木的生长没有明显影响, 但下层林木的死亡率可达 25% ~ 42%。火烧降低了下层林木的密度, 改善了林分卫生状况。试验结果表明, 在长白山林区蒙古栎林内, 可以采用低强度火烧来降低火险。

关键词: 计划火烧; 蒙古栎林; 低强度火烧; 长白山区

中图分类号: S762.3+3

文献标识码: A

Influence of low intensity burning on *Quercus mongolica* forest in Changbai Mountain Region

TIAN Xiaoru¹, ZHAO Fengjun¹, LI Hong¹, SHU Lifu¹, LU Huan-da²

(1. The Research Institute of Forest Ecology Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, State forestry

Administration's Key Open Laboratory of Forest Protection, Beijing 100091, China

2. The Office of Yanbian Forest Fire Headquarters, Yanji 133001, China)

Abstract For reducing combustibles capacity and fire danger in the forest, fire experiment and investigation for *Quercus mongolica* Forest are conducted to explore the influence of low intensity burning on the forest system. The linear intersect combustibles sampling method is used for combustibles capacity measurement in different diameter grades. The combustibles capacity in all plots increases after burning due to the falling trunk stem and branches. But other combustibles capacity on the surface lost after fire. It can be shown that the low intensity burning has not affected on trees on upper level significantly. But the fire make the trees on lower level to die up to 25% ~ 42%. The fire can decrease the density of the trees on lower level and improve healthy environment of the forest. The experiment shows that the prescribed burning could be used in *Quercus mongolica* forest for reducing fire danger.

Keywords prescribed burning, *Quercus mongolica* forest, low intensity burning, Changbai Mountain Region

火是多数森林生态系统的重要因子。一般而言, 低强度火和一定周期的火烧能促进森林生态系统的物质流和能量流, 有利于维持生态系统的稳定, 高强度和过频繁的火烧则会破坏森林生态系统稳定性。目前, 国外已把计划火烧技术广泛用于可燃物管理, 美国、加拿大和澳大利亚等国每年都为不同目的进行大量的计

收稿日期: 2005-09-06 修订日期: 2006-02-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30671695); 林业科学技术研究项目 (2006-70)

作者简介: 田晓瑞 (1971-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事森林火灾预防方面的研究。E-mail: tianxiaoru@caf.ac.cn

划火烧,特别是在城市—乡村交界区域利用计划火烧清理可燃物,降低火险。通过计划火烧减少林内易燃可燃物载量,是预防森林火灾的有效技术。计划火烧还用于控制森林病虫害、改善野生动物种群栖息条件、促进森林更新和提高林木生长量。

我国多年来实施的森林防火政策是预防和扑救所有林火,吉林省延边自治州已经连续 24 年无重大森林火灾,有效保护了森林资源。但森林多年没有火烧,可燃物载量不断增加,发生高强度火烧的危险性增大。如何减少林内易燃可燃物载量,有效降低森林火险,是当前迫切需要解决的问题。本项目通过开展计划火烧实验和火烧迹地调查,研究低强度火烧对蒙古栎 (*Quercus mongolica*) 林的影响,探讨蒙古栎林内开展计划火烧的可行性。

1 试验地概况与火灾特点

试验地位于延边朝鲜族自治州珲春市林业局,属于吉林省东部的长白山林区。研究区属于低山丘陵落叶阔叶林区,地形以低山、丘陵和河谷冲击平原为主。受海洋影响,属近海洋性季风气候区。延边朝鲜族自治州的森林覆盖率为 80.23%,是国家重点林区,与俄罗斯和朝鲜接壤,边境线总长约 768.5 km,境外火入侵是当地森林火灾发生的主要火源。根据当地的气候和森林火灾特点,防火期分为春、秋两个防火期。

2 研究方法

2.1 火烧试验方法

火烧试验地设在典型蒙古栎林内,面积为 1.5 hm^2 。火烧前在试验地周围开设 2 m 宽的防火线。设置标准地分别调查火烧前后各类可燃物载量及其分布状况。乔木层采用 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 标准地,林下植被调查采用 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 样地,分别设置 4 个重复。地表可燃物载量调查采用线状相交可燃物调查方法^[1],按不同径级调查可燃物载量,共分 6 个径级 0.0~0.49 cm, 0.5~0.99 cm, 1.0~2.99 cm, 3.0~4.99 cm, 5.0~6.99 cm 和 ≥ 7.0 cm。地表凋落层(未分解的落叶、球果等)采用小样方 ($0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$) 称重法测定,每各试验地 5 个重复。对地表凋落物、腐殖质层 (0~6 cm)、不同径级的地表枯枝等可燃物进行取样,每份样品 6 个重复,带回实验室内烘干,测定可燃物的含水率。腐殖质深度测定采用“T”型针,测定火烧后林地腐殖质层厚度的变化。

在试验标准地内按照网格状埋置火烧计时器(自己设计改装,记录火焰通过的时间)记录火烧蔓延速度,网格为 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$,共埋置 12 个计时器。利用便携式气象仪器,观测火烧试验时各气象因子的变化,包括温度、大气相对湿度、风速和风向,计划火烧前和火烧期间每隔半小时进行一次观测。

2.2 火烧迹地调查方法

选择 2004 年秋天的蒙古栎林火烧迹地,调查发生的时间、地点、气象条件、可燃物状况和林分生长状况。在火烧迹地和附近相似林分未火烧地段分别设置标准地,测定林分基本特征和各类可燃物载量与分布特征,调查树木熏黑高度,记录树木死亡情况。

3 结果分析

3.1 林分基本特征

蒙古栎林的结构与树种组成比较简单,乔木层中常混有黑桦 (*Betula davurica*)、紫椴 (*Tilia amurensis*)、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、色木槭 (*Acer mono*) 等阔叶树。下木层主要是蒙古栎幼树、色木、野玫瑰等。草本层多为羊胡苔草 (*Carex callitrichos*)、宽叶山蒿 (*Artemisia stolonifera*) 等喜光、耐旱植物^[2]。试验地林分均为天然次生林,郁闭度在 0.4~0.7(表 1)。试验地 1 受到的人为干扰比较强,森林生长不良,平均树高只有 7.3 m,平均枝下高 1.5 m(表 2)。在试验地 2 林下有人工栽植的红松(7 年生),平均栽植密度为 600 株/h_a。林冠层郁闭度大,许多次林冠层树木自然死亡(占林冠层树木的 27%),成为站杆。试验地 3 受人为干扰较少,主林冠层有珍贵的阔叶树种混交,自然整枝良好,平均枝下高为 5.6 m。次林冠层树木生长不良,有 20% 的上层树木枯死。试验地 1 由于郁闭度低,林下幼树生长较好,平均高度达到 1.21 m,许多是丛状的蒙

古栋萌条,下层树木密度达到 24 500 株 /hm²。试验地 2林下野玫瑰比较多 (6 000株 /hm²),下木平均高度低,仅为 0.52 m。试验地 3林下蒙古栎和水曲柳幼树较多。

表 1 试验地概况
Table 1 Summary of plots

编号	地点	地理位置	林冠层树种组成	起源	郁闭度	海拔 /m	坡向	坡度 /°
1	坂石林场 95 林班 - 6小班	N42°42'21" E130°17'0"	蒙古栎: 枫桦: 糠椴 (8:1:1)	天然次生林	0.4	340	半阳坡	33
2	青龙台 84 林班 1小班	N43°17'50" E131°13'58"	蒙古栎: 糠椴 (7:3)	天然次生林	0.7	647	平地	0
3	三道沟 99 林班 9小班	N42°52'28" E130°56'23"	蒙古栎: 水曲柳: 花曲柳: 糠椴 (5:2:2:1)	天然次生林	0.6	522	半阴	8°

表 2 林分基本特征
Table 2 Basic characters of forest plots

试验地编号	上层林木密度 / (株 · hm ⁻²)	平均胸径 /cm	平均树高 /m	枝下高 /m	下层盖度 /%	灌木高度 /m	草本盖度 /%
1	950	18.5	7.3	1.5	60	1.21	5
2	1700	16.1	16.9	1.7	70	0.52	5
3	1500	21.2	15.2	5.6	60	0.95	70

3.2 可燃物分布特征

线状相交可燃物调查方法是通过估计可燃物体积,采用具体的木质材料密度计算可燃物重量^[1]。可燃物载量的计算公式如下:

$$W = \frac{0.1234 \times (n \times d_q^2) (\text{或} \sum d^2) \times s \times a \times c}{N \times l} \quad (1)$$

$$c = \sqrt{1 + (\text{坡度}(\%) / 100)^2} \quad (2)$$

式中: W 为可燃物载量, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$; 0.1234 为体积转化为 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 的常数; n 为直径小于 7.0 cm 相交的可燃物数量; d_q^2 为平均直径的二次方, cm^2 ; $\sum d^2$ 为横切直径大于等于 7.0 cm 可燃物的直径平方和, cm^2 ; s 为不同径级可燃物具体重量, $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$; a 为可燃物非水平角度的校正因子; c 为坡度校正因子; N 为横切可燃物的数量; l 为横切可燃物的长度, m 。

试验地 1 的地表凋落物比较厚 (3~25 cm), 而且受风和地形的影响地表凋落物分布不均匀, 有些小径级可燃物分布在凋落层以下。地表凋落物平均载量为 1.39 kg/m^2 , 加上各径级可燃物, 地表总可燃物载量为 2.70 kg/m^2 。坡度校正后, 总可燃物载量为 1.286 kg/m^2 , 其中小径级可燃物 0.0~0.49 cm 和 0.5~0.99 cm 的载量分别为 0.015 kg/m^2 和 0.036 kg/m^2 (表 3)。

试验地 2 的林下有人工栽植的红松, 红松平均高度为 3.0 m, 枝下高低, 在垂直方向上与地表可燃物形成连续分布, 地表火对红松幼树有很大影响。该试验地是 2004 年 11 月的过火迹地, 火后地表落叶层消失, 有些树木枯枝和灌木倒落地表, 地表径级可燃物增加, 径级可燃物总载量为 4.117 kg/m^2 (表 4)。火烧迹地对对照林地地表各径级可燃物分布有明显差别, 对照各径级可燃物载量低于火烧迹地, 但对照林地有落叶层, 地表可燃物总载量为 0.882 kg/m^2 , 这些可燃物均为易燃可燃物, 火险高于火烧迹地。试验地 3 也是火烧迹地, 其地表径级可燃物总载量为 4.59 kg/m^2 , 对照的径级可燃物载量为 3.27 kg/m^2 。对对照地地表凋落物载量为 0.48 kg/m^2 , 凋落层平均厚度 10 cm, 分布比较均匀, 有草本层, 草本盖度为 70%, 容易发生火烧。

表 3 试验地 1 地表各径级可燃物分布

Table 3 Distribution of combustibles with different diameter grades on surface of Plot 1

径级大小 /cm	数量	乘数因子	载量 / ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
0.0~0.49	10	0.0015	0.015
0.5~0.99	6	0.006	0.036
1.0~2.99	3	0.0396	0.119
3.0~4.99	1	0.1896	0.190
5.0~6.99	0	0.4995	
≥7.0	1	0.0108	0.780
合计			1.140

表 4 试验地 2 地表各径级可燃物载量调查表

Table 4 Capacities of combustibles with different diameter grades on surface of Plot 2

径级大小 /cm	火烧迹地数量	对照数量	乘数因子	火烧迹地可燃物载量 / (kg·m ⁻²)	对照可燃物载量 / (kg·m ⁻²)
0.0~0.49	23	3	0.0015	0.035	0.005
0.5~0.99	26	10	0.006	0.156	0.060
1.0~2.99	14	7	0.0396	0.554	0.277
3.0~4.99	0	0	0.1896	0.000	0.000
5.0~6.99	5	0	0.4995	2.498	0.000
≥7.0cm	1	0	0.0108	0.875	0.000
合计				4.117	0.342

表 5 试验地 3 地表各径级可燃物载量调查表

Table 5 Capacities of combustibles with different diameter grades on surface of Plot 3

径级大小 /cm	火烧迹地数量	对照数量	乘数因子	火烧迹地可燃物载量 / (kg·m ⁻²)	对照可燃物载量 / (kg·m ⁻²)
0.0~0.49	19	7	0.0015	0.028	0.011
0.5~0.99	9	8	0.006	0.056	0.048
1.0~2.99	15	11	0.0396	0.594	0.436
3.0~4.99	3	1	0.1896	0.506	0.253
5.0~6.99	5	5	0.4995	2.498	2.498
≥7.0	1	0	0.0108	0.875	0.000
合计				4.556	3.245
坡度校正				4.589	3.269

由于易燃可燃物在垂直方向上分布不连续,而在水平方向上连续分布,所以,容易发生地表火。特别是在防火期内,可燃物含水率低,林下幼树树冠残留的枯叶也容易燃烧,火烧强度增加。比较火烧前后林地径级可燃物的载量变化,发现这 3 块试验地火烧后径级可燃物载量都有所增加,这是由于火烧引起部分枯死木倒伏或下木层树枝被烧断引起的,但随着地表落叶层消失,林分燃烧性降低,不容易发生火烧。与试验地 3 相比,虽然试验地 2 火烧强度低,但火蔓延速度慢,火在可燃物上停留时间长,导致林地倒伏和掉落的大径级可燃物增多,火烧对林分的影响更大。

3.3 火行为与可燃物变化

试验地 1 火烧试验在 2005 年 4 月进行,当时气象条件为多云天气,气温 10.1~11.5℃,相对湿度 55%~63%,林缘平均风速 0.2m·s⁻¹,阵风最高风速 1.9m·s⁻¹。地表凋落层可燃物含水率 20.76%。火烧方式采用上山顺风火。由于气温较低、可燃物湿度较大,火蔓延速度平均为 1.7m·min⁻¹,火场中心蔓延速度为 1.2~2.5m·min⁻¹。火后山坡下部出现“花脸”,局部火蔓延方向表现出随机性,网格状分布的火烧计时器可以更客观地反映火蔓延情况。

受风和地形的影响,地表凋落物分布不均,造成局部火强度的差异比较大。火后凋落层消失,湿度大的腐殖质没有燃烧。根据拜拉姆公式计算火线强度,计算公式如下:

$$I = QWR \quad (4)$$

式中: I 为火线强度, $\text{kW} \cdot \text{m}^{-1}$; Q 为可燃物低发热量, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; W 为可燃物载荷, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$; R 为林火蔓延速度, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。采用木质可燃物的燃烧热 20 000 kJ/kg 计算出火线强度为 787.7 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-1}$,为中强度火烧。

试验地 2 是 2004 年 11 月发生地表火烧,过火面积 12.4 hm^2 ,当时气象条件为风速 1.6~3.3 m/s ,气温 -2~7℃,火蔓延速度低。火后地表落叶层和腐殖质层消失。林下红松幼树树冠枯死高度平均为 1.45 m ,1 年后调查死亡率为 35%,生长不良。试验地 3 是 2004 年 10 月过火迹地,过火面积 20 hm^2 ,火烧类型为慢速地表火,当时气温 -2~19℃,风速 3.4~5.4 m/s 。火焰高度约树干熏黑高度 2 倍^[3],所以,利用火焰高度与火线强度关系式(公式 3)估计火烧迹地的火烧强度:

$$I = 259.833 \times h^{2.174} \quad (3)$$

式中: I 为火线强度, $\text{kW} \cdot \text{m}^{-1}$; h 为火焰高度, m 。

3 块试验地的地表可燃物与火行为描述见表 6。计算结果表明,这 3 块林地的火烧强度均为中低强度火烧,火后最易燃的落叶层消失,但腐殖质层还存在,说明火烧对林地不会破坏土壤结构。根据火后熏黑高度

估计试验地 3 的火线强度为 $8.4 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-1}$, 但从火后可燃物的变化来看, 这一指标还不能充分描述火行为。由于火烧时气温变化大 ($-2 \sim 19^\circ\text{C}$), 风速低, 火蔓延速度慢, 火在可燃物表面停留时间长, 消耗的有效可燃物多, 总释放能量多。试验地 3 的火线强度只有试验地 2 的 12%, 但消耗可燃物量为试验地 2 的 89%。所以, 林内计划火烧不但要控制火线强度, 还要适合的火蔓延速度。风速太小的条件下, 火蔓延速度低, 火烧效果不佳。

表 6 试验地的火行为与地表可燃物描述

Table 6 Description of fire behavior and combustibles on surface of plots

试验地号	熏黑高度 /m	火线强度 /($\text{kW} \cdot \text{m}^{-1}$)	消耗可燃物量 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	地表可燃物描述
1	1.12	787.7	1.39	可燃物分布不均匀, 厚度 3~25 cm, 腐殖质层 1~2 cm, 火后落叶层消失, 地面有较多小径级可燃物。
2	0.4	70.9	0.54	火后落叶层消失, 半腐殖质层还存在, 地面有大量小径级可燃物。
3	0.15	8.4	0.48	火后落叶层消失, 腐殖质层还留存, 地面有大量倒木与大径半腐枝桠。

3.4 低强度火烧对林分结构的影响

研究区的蒙古栎林是天然松栎混交林过量砍伐后, 形成的蒙古栎异龄林或复层林^[5]。蒙古栎具有较强的耐火能力和萌生能力, 反复遭受火灾或人为干扰后, 会逐步演变成灌丛状的多代萌生林。中低强度火烧可以使土壤表面温度达到 170°C , 0.76 m 处土壤温度达到 120°C ^[4], 小径级树木受害严重。试验结果表明, 所有试验地火烧后地表落叶层消失, 下木死亡率 25% ~ 42%。蒙古栎系阳性喜光树种, 除幼龄比较稍能耐庇荫外, 一般不能忍受来自上层林冠的庇护, 处于林冠下层的树木长期生长不良会自然死亡。试验地 1 和 3 林分下木主要是自然更新幼树和灌木, 低强度火烧降低了下木密度, 有助于林分卫生状况的改善, 对保存下来的幼树生长有促进作用。试验地 2 林下有人工栽植的红松, 火烧后受害严重, 这类林下有针叶幼树的林分不宜进行计划火烧, 但可以在栽植前火烧处理, 降低林分燃烧性, 不但有利于造林施工, 而且减少下木对针叶幼树的竞争, 促进林分演替。

4 结论

火烧试验和火烧迹地调查结果表明, 低强度火烧可以减少蒙古栎林地表易燃可燃物载量, 对上层林木的生长没有明显影响。长白山区蒙古栎林可以采用低强度计划火烧进行可燃物管理。虽然火烧后地表径级可燃物载量增加, 但落叶层消失, 易燃可燃物载量降低, 森林燃烧性降低。采用计划火烧降低森林火险, 不但要控制火烧强度, 而且要掌握适当的火蔓延速度。

中低强度地表火对蒙古栎林上层林木的生长没有明显影响, 但造成小径级树木大量死亡。因此, 中低强度火烧还可用来清理下木, 改善林分卫生状况, 促进蒙古栎林恢复与更新。选择合适的天气条件和点烧技术是成功实施计划火烧的关键技术。

参考文献:

[1] Doug JM cRae, Alexander M E, Stocks B J. Measurement and description on fuels and fire behavior on prescribed burns: A handbook[R]. Canada: Ontario, Sault Ste. Marie Great lakes forest research center, Canadian Forestry Service, Sault Ste. Marie, Ontario. Report O-X-287, 1979.

[2] 吉林森林编辑委员会. 吉林森林[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1988.

[3] 杨美和, 高颖仪, 曹立国. 森林防火[M]. 吉林: 吉林林学院, 1988.

[4] 郑焕能. 林火对大兴安岭森林植被的影响与作用[M] // 周以良. 中国大兴安岭植被. 北京: 科学出版社, 1991: 194-222.

[5] 李建东, 吴榜华, 盛连喜. 吉林植被[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001.