

山地林火烧迹地水土流失动态变化的研究

王 丽¹, 千葉喬三²

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 呼和浩特 010019; 2. 日本冈山大学 自然科学研究院, 冈山)

摘 要: 根据我国大兴安岭地区森林火灾频繁发生、火烧迹地面积逐渐扩大的实际情况, 在日本冈山县备前市久久井地区的一片森林火烧迹地, 设立 3 块不同样地进行调查研究, 对火烧后由于降雨引起的水分及土壤养分的动态变化进行分析, 发现 3 块样地水分和土壤养分的流失程度不同, 同时参照国内外其他地区的研究结果, 寻求减少土壤养分流失的最佳方法, 从而选择最适植被恢复方式, 为我国大兴安岭地区火烧迹地的植被恢复提供理论依据。
关键词: 火烧迹地; 水分; 土壤养分; 动态变化
中图分类号: S157 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007)06-0043-04

Research on the Dynamic Analysis of Soil and Water Losses
in the Burned Area of Forest Field

WANG Li¹, Kchiba²

(1. Ecological and Environment College of Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China;
2. Natural Sciences Institute, Okayama University, Japan)

Abstract: Based on the fact frequent fires happening and burned area expanding gradually in the area of Giant Xing'anling of China, authors set three different plots to research in the field of burned forest area at Okayama in Japan. After the empirical analysis of the dynamic changes of moisture and soil nutrient in the raining burned area, they found that the moisture and soil losses are different in the three plots. Referring to the research results domestic and aboard, they wander to find the best way of reduction on the losses of soil nutrient so as to do the choice of the suitable method of vegetation recovery.
Key words: burned area; moisture; soil nutrient; dynamic change

森林火灾是世界上发生面广、危害性大、处置救助极难的自然灾害。因全球气候变暖等原因, 近年来世界上森林火灾发生次数和损失都呈上升趋势。我国是森林火灾多发的国家, 1987 年发生在大兴安岭林区的“5·6”特大森林火灾, 使当地的森林资源损失惨重。森林火灾发生之后, 火烧迹地景观令人惨不忍睹, 如何面对现实, 进行植被恢复和重建, 是摆在人类面前的艰巨任务。为了做好火烧迹地恢复和重建工作, 首先必须要认真了解已经发生的水土流失动态变化, 进而采取有效措施, 积极进行火烧迹地改造和重建。

森林火烧迹地这一领域, 许多国家都已开展了广泛的研究。我国各级部门非常重视森林防火工作, 而且在这一领域也有一定的研究。但是, 人们对火灾之后火烧迹地恢复的研究很少, 恢复的效果也不是很理想。因此, 借鉴在此领域研究较早也比较成熟的发达国家的案例作参考进行研究。

山地林火的植被燃烧不仅使生态环境的调节能力丧失, 而且对其土壤等周边环境也产生极大的影响。同时, 由于表土团粒结构的变化, 使渗透能力降低。地表流的发生引起土壤侵蚀, 进一步加快了土地荒漠化的进程。因此, 为使森林火灾地区的植被早日恢复, 日本曾采取引入肥料木等救治工程, 但是这种方法需要较长的时间和较高的经费。

通过对日本冈山县备前市久久井地区的一片山地林火

烧迹地, 选取同一坡向、同一坡度, 不同处理的 3 个样地进行实验布设, 随降雨的变化, 测定地表和地中的流失量、流失离子的浓度及土壤养分的变化, 为植被恢复提供理论依据。

1 调查地概况

调查地为冈山县备前市久久井火烧迹地斜面(倾斜角 25°)的一部分。调查地附近的植被主要是以红松为主的次生林, 土壤母质为花岗岩。2002 年 4 月 4 日 14:30 左右发生森林火灾, 30 hm² 林地被烧毁。当时已近 1 个月没有下雨, 大风使得大火燃烧近 5 h, 第 2 天还有零星余火。山火过后树干全部被烧黑, 林床有机物大量堆积。据冈山县地方气象台 1997–2001 年的年平均气温为 16.5℃, 年平均降雨量是 1 072.3 mm。而这次调查期间的降水量为 1 244 mm, 主要由于梅雨季节时期和台风时期的雨水较多。调查时间是 2003 年 2–12 月。

2 调查内容及实验方法

2002 年 12 月, 由导师指导、当地团体赞助的志愿队几千人, 将火烧后的树木全部伐倒, 按等高线排放。2003 年 1 月在火烧迹地上选择了靠近公路一侧, 坡向为东向, 坡度为 25°的坡面上设立了 3 个连续的 5 m×10 m 的样地进行对比分析试验。设 3 个样地分别为(1)栽植区(plot1): 是将伐

*收稿日期: 2007-01-31
基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目; 内蒙古农业大学博士基金(BJ03-15)
作者简介: 王丽(1965–), 女, 副教授, 主要从事水土保持与荒漠化研究。

倒树木按等高线排列,然后种植木本植物播种(2003年6月30日播种);(2)阻挡区(plot2):是将烧毁树木伐倒后按等高线排列;(3)放置区(plot3):将所有被烧毁的树木伐倒移走。每个设置区都安装了地表流和壤中流的采水装置,这些简易装置都是作者自己设计和制作的。地表流的采水装置是用不锈钢铁皮做成长20 cm,底宽12 cm,高5 cm的簸箕状,底部打孔安接口,用胶管连接集水容器。地表流采水装置安装在距地表5 cm按斜坡方向插入、固定,上面用铁皮吻合,防止雨水直接落入收集器,影响结果。并用1 m×1 m的五合板遮盖整个安装区。壤中流的集水装置是用不锈钢铁皮做成底边35 cm×35 cm,四边角的高分别为1,2,3,2 cm的方按等高线排列并播撒种苗

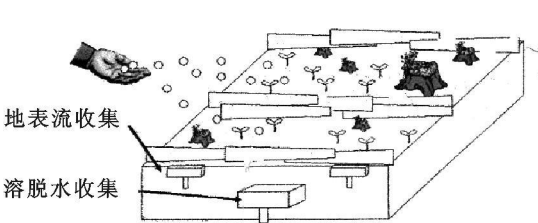


图 1 栽植区示例

3 结果与分析

3.1 降雨与地表流的关系

从地表流和降雨的水量关系来看,不论哪个调查区,都随着降雨量的增加,地表流量也在增加。图3中看出,栽植区plot1和阻挡区plot2比没有设置的放置区plot3地表流量减少1/3,而栽植区和阻挡区之间地表流量差别不大。这

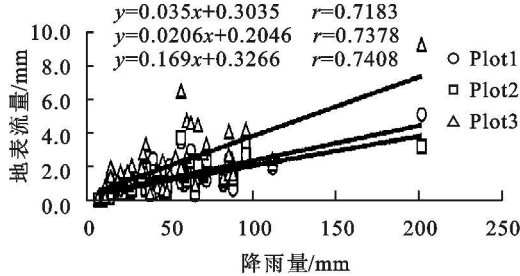


图 3 降雨量与 3 个调查区地表流量的回归直线

3.2 地表流与随之产生的有机物之间的关系

在地表流产生的同时,也将一些地表物从上部带下来,这些流出物和地表流之间有相关关系。从表1中可得出,有机质流失量的关系为plot1<plot2<plot3。造成这一现象的原因经过分析有以下两点:(1)土壤开垦种植后对土壤有机质会引起迅速的消耗,但这种高速度消耗并没有无限制地继续下去。经过一个时期沉重损耗之后,在植物的生长过程中,土壤有机质得到一个较好的稳定基准,这个基准由对于这个特殊土壤相联系的环境来决定,正是由于植物的吸收以及形成了较稳定的基准,使栽植区有机质损失较小。(2)人工设置的等高线对地表径流有一定的阻挡作用,同时使径流减小了对土壤的冲刷力,对有机物质起到了保护作用。

图5是不同月份各调查区随地表流产生的土壤流失量。可以看出,不论在哪个调查区,随着地表流量的增加,土壤流失量也在增加,并且和降雨量同步。也就是说降雨量多的时期,产生的地表流量大,随之产生的土壤流失量也大。

形状。底部打孔安接口,用胶管连接集水容器。壤中流的集水装置安装在距地表20 cm的土层中,挖土安装,然后固定,再填土,用1 m×1 m的五合板遮盖整个安装区。地表流和壤中流的采水装置都安装在整个调查区的底部。同时在附近平坦处安装了自记雨量计。每次降雨后,量取降雨、地表径流和壤中流的量,采集随地表流产生的流出物,并采样进行离子浓度的分析。采取后的雨水、地表流和壤中流离子浓度的分析用离子分析法;pH用pH测定仪测定。调查前后取了土样,并进行理化性质及有机质含量的测定。土壤各养分含量用原子吸收分光光度计法测定,全碳和全氮用碳氮测定仪测定。

火烧区的燃烧残木全部伐倒并按等高线放倒

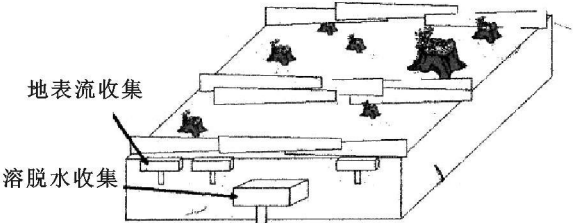


图 2 阻挡区示例

说明按等高线排列的伐倒木对减少地表径流起到了一定的作用,而栽植区由于植被还没有形成,所以和阻挡区没有大的差别。从图4可以看出7月降雨量最大,11月也有一显著降雨高峰,放置区地表流量最大,流失显著高于栽植区与阻挡区。

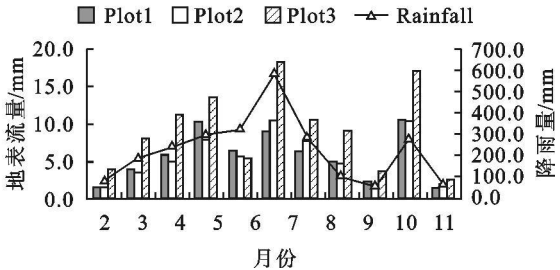


图 4 降雨量和 3 个调查区地表流量各月的变化

表 1 3 个样地有机物流失的统计表 g

月份	plot1	plot2	plot3
3	0.91	0.75	0.83
4	2.93	3.70	7.90
5	7.61	3.73	1.36
6	1.05	2.31	8.51
7	2.07	4.25	17.08
8	3.46	0.99	2.46
9	0.92	0.39	1.36
10	0.42	2.59	1.42
11	0.46	0.64	1.29
合计	19.38	21.35	42.24

一般来说,每年随着动植物以及微生物的活动有机质在不断产生,因此土壤的有机质总量也在增加,每个生态系统在保持平衡时,其有机质的数量呈上升趋势。在森林生态系统中大部分有机质存在于“活树中”,当树木被燃烧以后,等

于将大约 50% 的有机质除去^[5]。土壤中的有机质含量是很小的,代表性的矿质土壤耕层仅为 3%~5%,但它对土壤特性乃至植物的生长有很大的影响。有机质的功能犹如矿质颗粒的“团粒促进剂”,高产土壤的疏松而易管理大部分是土壤有机质造成的^[6]。随着火烧土壤有机质的减少同时,地表径流的产生造成有机质流失。

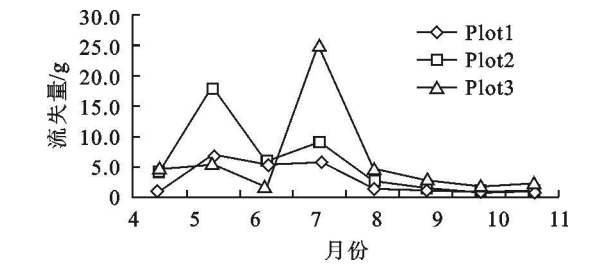


图 5 地表流产生的土壤流失量变化

表 2 调查期间随地表流流失的养分量								g/hm ²
地点	Na ⁺	NH ₄ ⁺ - N	K ⁺	Mg ²⁺	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	NO ₃ - N	SO ₄ ²⁻
Plot1	22. 61	17. 31	55. 43	22. 67	34. 02	43. 58	42. 09	31. 20
Plot2	27. 19	18. 05	58. 42	24. 32	36. 19	46. 80	46. 94	32. 40
Plot3	51. 76	55. 40	96. 25	45. 42	59. 90	85. 33	87. 80	60. 50

表 3 调查期间随壤中流流失的养分量								g/hm ²
地点	Na ⁺	NH ₄ ⁺ - N	K ⁺	Mg ²⁺	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	NO ₃ - N	SO ₄ ²⁻
Plot1	110. 61	19. 56	80. 98	138. 54	45. 77	108. 18	145. 66	70. 60
Plot2	122. 02	23. 05	93. 89	146. 02	50. 62	115. 77	216. 16	108. 42
Plot3	178. 98	30. 90	134. 46	249. 88	57. 03	190. 70	232. 46	229. 18

3.4 交换性阳离子和 pH 值的分析

在每个特定的自然界土壤中,其所保持的交换性阳离子的组成,决定于该土壤含有的可风化矿物的组成及其风化速率,雨水中的矿物组成和依赖于从外地区吹来的尘土组成。交换性阳离子以被吸附的形式存在于土壤中带负电荷的黏粒和腐殖质上,若干年来,研究者收集了许多树种生长良好状况下的土壤样品,wilde认为,在森林天然地生长良好的地方的土壤性状就是苗圃土壤所需要的性状,在这个基础上他得出了树林生长需要大量的交换性 Ca, Mg, K 离子^[9]。在结构较为稳定的土壤中,交换性阳离子被相当大的能量吸附着,因而阻碍它们从土壤中淋洗出去,但是仍有可观数量的从阳离子交换表面上溶解离出来,存在于溶液中,很容易被植物利用。

交换性阳离子的总量(CEC)与 pH 值有着密切的关系,一般来说 CEC 含量低时 pH 值升高,当 CEC 含量高时 pH

3.3 降雨与壤中流的关系

许多研究者认为森林生态系统在保持良好的条件期土壤养分的含量应保持平衡或略有增加^[8]。从表 2 和表 3 中可以看出在植被完全烧毁的情况下,养分随着地表流和壤中流产生了大量的流失,而且壤中流中流失的养分比地表流中流失的养分大得多。栽植区和阻挡区的流失相差不大,而放置区的流失量最大。说明:(1)易流失的交换态和有机态养分的存在都与有机物质有着直接的关系,并随着有机物质的流失而流失。栽植区和阻挡区的有机物质流失相当,并且流失量远远小于放置区,使得交换态和有机态养分流失量小于放置区;(2)水溶态的养分大都存在与土壤溶液中,栽植区和阻挡区由于采取人工措施,水分流失较放置区小,溶液中存在的有机物质流失量也少。从 2 种流失情况可以得出放置区养分流失量最大。

值将下降^[10]。在火烧以后由于氧分的流失,使 CEC 的含量下降,所以 pH 值将呈上升趋势。Bauhus 等研究发现,燃烧前后 pH 差异可高达 3~6 个单位。Browh 和 Mitchell 的研究成果为燃烧前后土壤 pH 值由 4.6 上升到 5.3,而这种上升在 7 个月内又恢复到火烧以前的水平^[11]。表 4 和表 5 分别为调查期间交换性阳离子含量和 3 样地 pH 值的变化表。

表 4 土壤交换阳离子含量 g/ 100 ml						
深度/ cm	开始调查时			结束调查时		
	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺
0- 5	52. 90	19. 79	14. 09	39. 25	9. 19	1. 64
5- 10	9. 33	1. 65	8. 18	18. 37	1. 27	1. 16
10- 20	6. 86	0. 96	8. 68	14. 21	0. 68	1. 07
合计	68. 19	22. 40	30. 95	71. 83	11. 14	3. 87

表 5 3 样地 2- 12 月的 pH 值											
时间	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
plot1	5. 48	5. 39	5. 89	5. 56	5. 62	5. 45	5. 55	5. 73	6. 10	5. 55	5. 56
plot2	5. 44	5. 38	5. 68	5. 62	5. 65	5. 67	5. 60	5. 82	6. 07	5. 83	5. 79
plot3	5. 22	5. 27	5. 43	5. 39	5. 40	5. 38	5. 32	5. 41	6. 17	5. 55	5. 82

从表 4, 5 的测定结果可得出调查期间交换性阳离子发生了大量的流失,导致 CEC 的含量下降。而 3 个样地上的 pH 值也在不同程度的呈现出上升趋势。由于放置区交换性阳离子的流失量最大, CEC 的含量下降也是最大,使得 pH 值上升量最大。

3.5 土壤容重的变化分析

前面已分析过在调查期间,有机质和交换性阳离子发生了大量的流失现象,而有机质和交换性阳离子的减少,使得土壤团

聚体的数量减少和抗侵蚀的强度降低,导致了土壤孔隙量减少,结构变得紧密,容重加大。土壤物理结构的破坏,使得土壤条件恶化,进一步加剧了水土流失。表 6 和表 7 为调查开始和结束时样地平均容重及调查结束时 3 个样地的容重。

从表 6 可以看出,调查结束时,土壤各深度的容重均大于调查开始时相应各深度的容重。由于各样地中有机质和交换性阳离子的流失量依次为栽植区< 阻挡区< 放置区,所以各样地的容重也依次为栽植区< 阻挡区< 放置区。

表 6 3 样地的平均容重 g/100 ml		
深度/ cm	平均容重	
	调查开始时	调查结束时
0- 5	97. 84	142. 26
5- 10	135. 87	203. 59
10- 15	143. 30	211. 19

表 7 调查结束时 3 个样地的容重 g/100 ml			
深度/cm	plot1	plot2	plot3
0- 5	67. 04	70. 45	75. 49
5- 10	184. 31	193. 60	200. 14

表 8 土壤的流失情况									g/ 100 ml
月份	4	5	6	7	8	9	10	11	合计
plot1	0. 85	6. 55	5. 06	5. 94	1. 11	0. 99	0. 64	1. 04	22. 18
plot2	3. 69	8. 12	7. 55	8. 79	2. 31	1. 18	0. 53	0. 95	33. 12
plot3	4. 34	5. 49	1. 66	24. 94	4. 37	2. 55	1. 35	2. 05	46. 75

表 9 土壤粗细颗粒的含量及比率					
样地	深度	粗颗粒	细颗粒	粗颗粒率	细颗粒率
	/ cm	/ g	/ g	/ %	/ %
plot1	0- 5	6. 90	45. 90	12. 34	87. 66
	5- 10	28. 55	131. 44	17. 98	82. 02
plot2	0- 5	4. 48	43. 28	10. 18	89. 82
	5- 10	12. 73	140. 73	8. 44	91. 56
plot3	0- 5	1. 76	39. 92	20. 00	80. 00
	5- 10	11. 56	102. 73	30. 34	69. 60

在细土的流失过程中带走了大量的有机质、矿质元素,使土壤的理化性质发生进一步的恶化,从而使土壤流失的状况加重。从表 9 中可以反映出在采取人工措施的栽植区和阻挡区,对防止土壤流失和保持细土的含量方面起到了相当的作用。

4 结论与讨论

(1) 由于火烧后,植物冠层,特别是地被物层被破坏,截留作用锐减或消失。在对火烧迹地的调查期间各个样地都发生了不同程度的水土流失,采取人工措施的栽植区和阻挡区流失量相对较少,而放置区流失量较大。

(2) 由于火烧后截留作用降低,加之土壤良好的通透结构被破坏,使水分渗透能力下降,火烧后抗水层的产生也是水分渗透能力下降的重要原因。造成土壤流失,与此同时也造成交换性阳离子的总量(CEC)下降,导致了土壤 pH 值呈上升趋势。

(3) 由于火烧后枯枝落叶层和腐殖质层的破坏,会严重影响土壤表层的持水量,使持水能力下降,导致地表径流的增加。因而造成土壤有机质、养分、交换性阳离子的流失及土壤物理结构的破坏,使土壤条件恶化,加剧水土流失。

(4) 由于火烧迹地上留有許多黑色物质(炭、灰分及熏黑的树干等)大量吸收太阳长波辐射,从而使森林火烧迹地的温度升高,促使冬季积雪提前融化,造成春季墒情不好,影响植物正常发育生长。

3.6 土壤流失量分析

在降雨过程中由于形成了较大的地表径流,而且土壤的物理、化学性质发生了相应的变化,导致了土壤更容易发生流失。

从表 8 中可反映出,栽植区和阻挡区设置等高线和栽种树苗对防止土壤的流失起到了比较明显的作用,放置区在不处理的情况下土壤的流失最为严重。随着地表径流绝大部分以土壤为主的较小颗粒流失,同时使得土壤土质的粗细颗粒比率也发生了变化,调查结束时的情况如表 9。

(5) 为了加强山地林火烧迹地的早期绿化,应该将火灾发生后的燃烧残留物上层树干伐倒,按等高线方向排列,采用不同机具进行翻耕,达到土壤涵养水分与养分的目的。通过人工整地和机械化整地以及飞播、人工直播、人工更新造林等措施,促进植被恢复和重建。

参考文献:

[1] 沙丽清, 邓继武. 西双版纳次生林火烧前后土壤养分变化的研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22(6) : 513- 517.

[2] 李政海, 鲍雅静. 草原火的热状况及其对植物的生态效应 [J]. 内蒙古大学学报: 自科版, 1995, 26(4) : 490- 495.

[3] Boyle J R. Forest soil chemical changes following fire[J]. Commun. Soil Sci. Plant Annal. , 1973, 4(5) : 369- 374.

[4] Raison R J. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review [J]. Plant and soil, 1979, 51: 73- 108.

[5] Brinkmann W L F, Do Nascimento J C. Effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary Region on central Amazonia[J]. Acta Amazonia, 1973, 3(1) : 55- 61.

[6] 后藤意明. 林野火灾的概念及研究动向[J]. 日本: 森林立地, 1988(5) : 41- 56.

[7] 罗菊春. 大兴安岭森林火灾对森林生态系统的影响 [J]. 北京林业大学学报, 2002(5) : 68- 72.

[8] 村井宏. 林野火灾地表流对土砂流出及养分的影响 [J]. 水利科学, 1972, 51- 76.

[9] 后藤意明. 森林火灾的地域环境[M]. 日本: 森林科学, 1998.

[10] [美] 福斯. 土壤科学原理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1984.

[11] [美] 布雷迪. 土壤的本质与性状[M]. 北京: 科学出版社, 1982.