

# 山地林火烧迹地土壤养分的动态变化

王丽<sup>1</sup>, 嶋一<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 冈山大学 农学院, 日本 冈山)

**摘要:** 在日本冈山县备前市久久井地区的一片森林火烧迹地, 布设了 3 块不同样地进行调查取样和室内实验对比分析。对火烧后由于降雨所引起的土壤理化性质的动态变化进行了数据分析。结果表明, 3 块样地土壤的 pH 值、物理性质以及养分的流失程度均不同。根据研究结果, 探讨了减少土壤养分流失的方法, 从而选择最适植被恢复方式, 为火烧迹地的植被恢复提供理论依据。

**关键词:** 火烧迹地; 土壤养分; 动态变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)01-0081-05

中图分类号: S157.9, G158

## Research on the Dynamic Change of Soil Nutrients in the Burned Area of Mountain Forest

WANG Li<sup>1</sup>, Kazuto Shima<sup>2</sup>

(1. School of Ecological Environment, Inner Mongolia Agricultural University,

Hohhot, Inner Mongolia 010019, China; 2. School of Agriculture, Okayama University, Okayama, Japan)

**Abstract:** Three different plots in the burned forest area at Okayama, Japan were constructed to investigate the dynamic changes of soil chemical and physical properties and soil nutrients caused by rainfall. It was found that the pH values, physical properties, and soil loss from the three plots were different. By referring to the domestic and international research results, the best way of reducing soil nutrient loss was found for a suitable approach to vegetation recovery.

**Keywords:** burned area; 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<sup>[1]</sup>。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 5 月 6 日, 黑龙江省大兴安岭的 4 个林区发生特大火灾。大火持续燃烧了 21 d, 过火森林面积达  $5.6 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 投入灭火人员共约  $3 \times 10^4$  多人, 直接经济损失约  $5.00 \times 10^8$  元人民币<sup>[2]</sup>。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, 必须了解火烧迹地的土壤养分动态变化, 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。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会产生极大的影响。在火烧之后, 土壤的性质一般会立即发生变化, 原因是燃烧向土壤中施加了热量, 残留了灰烬, 并且改变了依赖于土壤原始基质(如土壤类型)的微气候状况, 同时土壤性质也可因植被、土壤生物活性的改变而发生相应的变化<sup>[3]</sup>。另外由于表土团粒结构的变化, 使渗透能力降低<sup>[4]</sup>。地表径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<sup>[5]</sup>。作者选取日本冈山县备前市久久井地区的一片山地林火烧迹地, 在同一坡向, 同一坡度, 不同处理的 3 个样地进行实验布置, 测定并分析了由于降

收稿日期: 2007-07-20

修回日期: 2007-10-11

资助项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD03A0307; 2006BAD26B0102); 内蒙古农业大学博士基金(BJ03-15)

作者简介: 王丽(1965—), 女(汉族), 内蒙古自治区五原县人, 副教授, 硕士, 主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究。E-mail: lyly0427@hotmail.com。

雨所引起的土壤理化性质发生的动态变化,目的是为植被恢复提供理论依据。

## 1 研究地概况

研究地为冈山县备前市久久井火烧迹地斜面(倾斜角  $25^\circ$ )的一部分。研究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 日下午 2:30 左右发生森林火灾,  $30 \text{ hm}^2$  林地被烧毁。当时已近一个月没有下雨,大风使得大火烧了近 5 h,第二天还有零星余火。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 年的资料<sup>[6]</sup>,冈山县年平均气温为  $16.5^\circ\text{C}$ ,年平均降雨量是  $1\ 072.3 \text{ mm}$ 。研究时间为 2003 年 2 月到 12 月。

## 2 研究内容、装置及实验方法

2002 年 12 月,将火烧后的树木全部伐倒,按等高线排放。次年 1 月,选择在靠公路一侧,坡向为东,坡度为  $25^\circ$  的坡面上,设立了 3 个连续的  $5 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  的样地进行对比分析试验。

(1) 样地 1 为栽植区。是将伐倒树木按等高线排列,然后种植木本植物(2003 年 6 月 30 日播种)。

(2) 样地 2 为阻挡区。是将烧毁树木伐倒后按等高线排列。

(3) 样地 3 为放置区。将所有被烧毁的树木伐倒移走,作为对照。每个样地都安装了地表流和壤中流的采水装置,这些简易装置都由作者设计和制作。地表流的采水装置是用不锈钢铁皮做成长  $20 \text{ cm}$ ,底宽  $12 \text{ cm}$ ,高  $5 \text{ cm}$  的簸箕状,底部打孔安接口,用胶管连接集水容器。安装在距地表  $5 \text{ cm}$  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而影响结果,并用  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  的五合板遮盖整个安装区。壤中流的集水装置也是用不锈钢铁皮做成底边  $35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$ ,四边角的高分别为  $1, 2, 3, 2 \text{ cm}$  的方形。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  $20 \text{ cm}$  的土层中,挖土安装,然后固定,再填土,用  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  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样地的底部,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、地表流和壤中流的量,采集随地表流产生的流出物。采取的雨水、地表流和壤中流等样品的离子浓度用离子分析法进行分析;pH 的测定用 pH 测定仪进行。

## 3 结果分析

### 3.1 土壤物理性质的变化分析

3.1.1 石砾和土壤的含量及比率 随着地表径流绝大部分以土壤为主的细颗粒流失,使得石砾和土壤的比率也发生了变化。表 1 是调查结束时 3 样地石砾和土壤的含量及比率的变化情况。从表 1 中可以看出采取人工措施的栽植区和阻挡区,它们的土壤含量明显高于放置区,说明对防止土壤流失和保持土壤方面起到了一定的作用。

表 1 石砾和土壤含量及比率

样地号	深度/ cm	石砾重/ g	土壤重/ g	石砾比率/ %	土壤比率/ %
1	0—5	6.90	45.90	12.34	87.66
	5—10	28.55	131.44	17.98	82.02
2	0—5	4.48	43.28	10.18	89.82
	5—10	12.73	140.73	8.44	91.56
3	0—5	1.76	39.92	20.00	80.00
	5—10	11.56	102.73	30.34	69.60

3.1.2 土壤容重和含水量变化 土壤容重是指自然状况下,单位容积土体的质量。土壤容重的测定用环刀法,土壤含水量的测量方法为烘干法。取 3 次重复,求取平均值,结果见表 2。

从表 2 中可以看出,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,而含水比却比调查开始时有所降低,说明土壤受火烧的影响,肥力降低。容重加大,结构变得紧密,导致土壤物理结构破坏,使得土壤条件恶化,进一步加剧了该区的水土流失<sup>[7]</sup>。

表 2 调查开始和调查结束时土壤物理性质的变化

深度/ cm	调查开始		调查结束	
	容重/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	含水比/ %	容重/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	含水比/ %
0—5	97.84	23.98	142.26	18.99
5—10	135.87	18.00	203.59	15.98
10—15	143.30	16.18	211.19	15.59

3.1.3 地表流中土壤的流失量 随着地表流的流失,表层的土壤及有机质也随之流失。表 3 是地表流中土壤的流失量的变化情况。由表 3 可以看出地表流中土壤的流失量以样地 3 为最大,土壤的流失必然

伴随着土壤养分的流失,所以样地3中的土壤养分较样地2和样地1中的要少。

从表3中可以看出由于降雨量和地表径流的增加土壤的流失量也相应的增大,其中又以7月和11月2个降雨高峰期的土壤流失量为最大,并且样地3中的土壤流失量又远远的大于样地2和样地1。因此,降雨量和土壤流失有着密切的关系。

### 3.2 土壤化学性质的变化分析

土壤的酸碱性和养分循环是土壤化学的主要特性。土壤pH值是表示土壤酸碱度的指标,土壤酸碱度是土壤形成过程中综合因子作用的结果,也是土壤肥力的重要指标之一<sup>[8]</sup>。土壤养分是林木生长发育的物质基础,它是土壤因子中易于被控制和调节的因子,也是土壤肥力的因子之一。林火的发生必然导致土壤养分含量的变化。火烧产生灰分,追加到土壤中,气化掉大部分氮等元素,改变枯落物分解归还速率,加速淋溶,使养分分配发生变化,改变微生物数量和种群结构等。同时,林火对土壤养分的影响与火烧迹地的立地条件、可燃物类型、土壤类型、火强度、火烧持续时间、火烧后年限等有着密切的关系。研究火对土壤酸碱性和养分的影响,分析土壤养分恢复的动态变化,有利于人工更新火烧迹地,指导林业经营管理,有的放矢地合理利用土壤资源。

3.2.1 土壤pH值的变化 土壤有机质的分解,土壤营养元素的状态、释放、转化与有效性以及土壤发生过程中元素的迁移等,都与酸碱性的有关,土壤的酸碱性对植物及土壤微生物有很大的影响<sup>[9]</sup>。适宜的酸碱性有利于土壤微生物活动,加速枯落物分解,从而促进林木生长。

因此,测定火烧后土壤pH值的变化对火烧迹地生态和林业生产的恢复有重要指导意义。同时也为改变土壤提供有价值的参考依据。

火烧后土壤pH值一般呈上升的趋势。其原因是火烧后地表的枯枝落叶、活地被物、活立木等都转化成灰烬,灰分元素(钾、钠、镁等)被释放,通过火烧后第一场大雨淋溶到土壤层中,中和了土壤酸性,使土壤pH值升高<sup>[10]</sup>。

表4是林地经过火烧后各月pH值的变化情况。由表4可以看出3块样地的土壤都呈酸性,从2月到12月pH值呈上升的趋势。

3.2.2 土壤养分的变化 火对土壤化学性质的直接影响表现为土壤无机物分解,间接表现则为把复杂的有机物转换为简单的无机物,并重新与土壤发生化学反应,所以火烧后土壤的化学性质必然会发生一系列的变化<sup>[11]</sup>。表5和表6是调查开始和调查结束时交换性阳离子量、全碳量和全氮量的变化。

表3 地表流中土壤的流失量

月份	4	5	6	7	8	9	10	11	合计
样地1	85	655	506	594	111	99	64	104	2 218
样地2	369	812	755	879	231	118	53	95	331 2
样地3	434	549	166	249 4	437	255	135	205	467 5

表4 样地2—12月的pH值

月份	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
样地1	5.48	5.39	5.89	5.56	5.62	5.45	5.55	5.73	6.10	5.55	5.56	5.63
样地2	5.44	5.38	5.68	5.62	5.65	5.67	5.60	5.82	6.07	5.83	5.79	5.67
样地3	5.22	5.27	5.43	5.39	5.40	5.38	5.32	5.41	6.17	5.55	5.82	5.49

表5 调查开始土壤的化学性质

深度/cm	交换性阳离子量/( $10^{-2} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )				全碳量/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全氮量/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
	Mg	Ca	K	总和		
0—5	52.90	19.79	14.09	86.78	29.16	1.83
5—10	9.33	1.65	8.18	19.16	8.86	0.90
10—20	6.86	0.96	8.68	16.50	6.98	0.80

表 6 火烧 1 a 后土壤的化学性质

深度/cm	交换性阳离子量/( $10^{-2} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )				全碳量/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全氮量/ ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
	Mg	Ca	K	总和		
0—5	39.25	9.19	1.64	50.08	17.88	1.47
5—10	18.37	1.27	1.16	20.80	5.09	0.58
10—20	14.21	0.68	1.07	15.97	2.93	0.41

由表 5—6 中可以看出,受到火烧的影响,土壤中各层的 K, Ca 以及代表养分的全碳量、全氮量均下降, Mg 在表层也是下降明显,但在 5 cm 以后有所上升。一般情况下,火烧后除去生物的影响<sup>[12]</sup>,火烧后土壤 CEC(交换性阳离子)上升而盐基饱和度下降,原因是除 Ca 以外的许多阳离子被转化成水溶态离子从而提高了土壤的 CEC。但阳离子水溶性增加也导致了它们易于淋失,大量的养分会通过这种过程损失掉。

进一步分析 3 块样地有机物流失量的变化情况得出,不同的处理方式,有机物的流失量不同。图 1 是 3 块样地各月有机物流失量的变化情况。

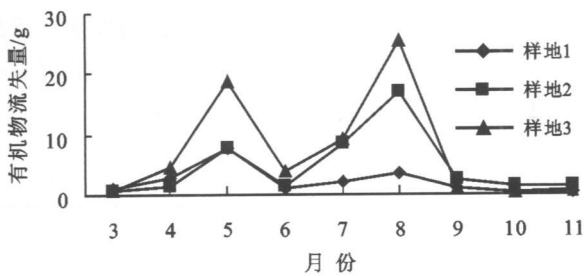


图 1 样地各月有机物的流失量

从图 1 中可以看出,由于 5—8 月为雨季,所以有机物的流失量明显增加。特别是 5 月、8 月有机物的

流失量样地 3 明显大于样地 1 和样地 2,原因是样地 1 和样地 2 所作的保护措施发挥了作用。

有研究表明,土壤交换性和水溶性  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  浓度在火烧后 1 个月中明显升高,而在 5 个月后才开始降低,有的可降低到火烧前的水平<sup>[13]</sup>。Andriess 和 Koopmans 的研究表明,交换性  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  浓度在  $350^\circ\text{C}$  内下降,超过  $350^\circ\text{C}$  时升高,原因是草酸盐对二价阳离子具有较强的键合能所致<sup>[14]</sup>。周道玮等研究表明,火烧后  $\text{Mg}^{2+}$  在土壤中有一明显的积聚层,该积聚层随时间推移而向下层移动<sup>[15]</sup>。

表 7 和表 8 是地表流和壤中流中土壤养分流量的变化。从表 7—8 中可以看出,壤中流中土壤养分的流失量远远大于地表流中的流失量,这表明了养分流失由地表向地下加大。同时,各种离子的流失量也不相同,其中  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  等阳离子中  $\text{K}^+$  最容易流失<sup>[16]</sup>,因为其胶体的吸附性弱。阴离子中  $\text{Cl}^-$  离子流失最为严重。三样地的土壤养分的流失量不论是地表流还是壤中流均以样地 3 为最大,并且远远大于样地 1 和样地 2。样地 1 和样地 2 的流失量相差不多,说明栽植区和阻挡区由于采取了人工措施,水分流失较放置区小,溶液中存在的有机物质流失量也少。

表 7 调查期内地表流流失的养分含量

g/hm<sup>2</sup>

样地号	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
样地 1	32.61	49.31	73.73	26.67	34.02	81.58	47.09	36.20
样地 2	27.19	18.05	58.42	24.32	36.19	46.80	46.94	32.40
样地 3	51.76	55.40	96.25	45.42	59.90	85.33	87.80	60.50

表 8 调查期内壤中流流失的养分含量

g/hm<sup>2</sup>

样地号	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
样地 1	306.61	34.56	253.98	250.54	163.77	226.18	145.66	399.61
样地 2	122.02	23.05	93.89	146.02	50.62	115.77	216.76	108.43
样地 3	2 878.98	230.90	1 934.46	4 849.88	577.03	2 910.70	2 321.43	3 529.20

## 4 结论

(1) 火烧后土壤的物理性质发生了变化, 石砾和土壤的比率及土壤的容重较火烧前有所增加, 但含水量比却比火烧前有所降低。

(2) 火烧通常使 pH 值增加, 其原因是火烧后地表枯枝落叶、活地被物、活立木等都转化成灰烬, 灰分元素(钾、钠、镁等)被释放, 通过火烧后第一场大雨淋溶到土壤层中, 中和了土壤酸性, 使土壤的 pH 值升高。

(3) 火烧后土壤各层的交换性阳离子及全碳含量和全氮含量均呈下降趋势。

(4) 土壤养分和有机物的流失量以样地 3 为最多, 说明对样地所采取人工措施对保持土壤养分起到了显著效果。

(5) 为了加强山地林火烧迹地的早期绿化, 应该将火烧后的上层树干伐倒, 按等高线方向排列, 达到涵养水分与养分的目的。通过人工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<sup>[17]</sup>。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Bird M I. Fire in the Earth Sciences [ J ]. Episodes, 1997, 2(1): 223—226.
- [ 2 ] 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, 24(5): 101—107.
- [ 3 ] 姜勇, 诸葛玉平, 梁超, 等. 火烧对土壤性质的影响 [ J ]. 土壤通报, 2003, 34(1): 65—69.
- [ 4 ] 奥村武信, 久保田哲也, 真木真一郎. 林床被覆物焼却前後における浸透能の变化 [ J ]. 日林誌, 1998, 80(1): 35—37.
- [ 5 ] 片桐成夫, 中尾道. 皆伐跡地における植生回復にとりもなう地上部現存量の变化 [ J ]. 島根大学農学部研究報告 1985, 19: 39—44.
- [ 6 ] 岡山地方气象台. 岡山県気象月報. (1997—2001)
- [ 7 ] 田尚衣, 周道玮, 孙刚, 等. 草原火烧后土壤物理性状的变化 [ J ]. 东北师大学报自然科学版, 1999(1): 107—110.
- [ 8 ] 李政海, 绛秋. 火烧对草原土壤养分状况的影响 [ J ]. 内蒙古大学学报(自科版), 1994, 25(4): 444—449.
- [ 9 ] Dymes C T, Van Cleve K, Levison J D. The effect of wildfire on soil chemistry in four forest types in interior Alaska [ J ]. Can. J. For. Res. 1989, 19(11): 1389—1396.
- [ 10 ] 中根周歩, 林野火災が生態系物質循環に及ぼす影響 [ J ]. 遺伝, 1986, 40(11): 10—15.
- [ 11 ] 戴伟. 人工油松林火烧前后土壤化学性质变化的研究 [ J ]. 北京林业大学学报, 1994, 16(1): 102—105.
- [ 12 ] Bauhus J, Khanna P K, Raison R J. The effect of fire on carbon and nitrogen mineralization and nitrification in an Australian forest soil [ J ]. Aust. J. Soil Res. 1993, 31(5): 621—639.
- [ 13 ] 项凤武. 森林土壤生物火烧后恢复情况调查研究 [ J ]. 吉林林学院学报, 1998, 14(2): 99—102.
- [ 14 ] Andriessse J P, Koopmans T T. Fire effects on nitrogen mineralization and fixation in mountain shrub and grassland communities [ J ]. J. Range Manage, 1984, 37(5): 402—405.
- [ 15 ] 周道玮, 姜世成, 田洪艳, 等. 草原火烧后土壤养分含量的变化 [ J ]. 东北师大学报自然科学版, 1999(1): 112—117.
- [ 16 ] Dymes C T, Van Cleve K, Levison J D. The effect of wildfire on soil chemistry in four forest types in interior Alaska [ J ]. Can. J. For. Res. 1989, 19(11): 1389—1396.
- [ 17 ] 嶋一孝, 片桐成夫, 金子信博. コナラ林における伐後 2 年間の萌芽の消長 [ J ]. 日林誌 1989, 71(10): 410—416.