

西双版纳次生林火烧前后土壤 养分变化的研究

沙丽清 邓继武 谢克金 孟 盈*

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303)

摘 要 研究了火烧对西双版纳热带次生林下土壤养分的影响。火烧后0~ 10cm 土层的 pH、有机质、全 N、P、K 和有效 N、P、K 都显著提高, pH、有机质、全 N、K 和有效 N、K 达0. 1% 显著水平, 有效 P 达1% 水平, 全 P 达5% 水平。但10~ 30cm 土层的上述各指标均无显著变化。火烧前后各土层的 C/N 比率变化均不显著。

关键词 火烧 热带次生林 土壤养分 西双版纳

STUDY ON THE CHANGE OF SOIL NUTRIENT BEFORE AND AFTER BURNING SECONDARY FOREST IN XISHUANGBANNA

Shal iqing, Deng Jiwu, Xie Kejin and Meng Ying

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Mengla Yunnan 666303)

Abstract The effects of controlled burning on chemical properties of soil under tropical secondary forests in Xishuangbanna were discussed. The results showed that after firing pH, organic matter, total N, P, K, and available N, P, K, were increased significantly in the 0~ 10cm soil layer. Meanwhile, those indexes in the 10~ 30cm soil layer were not affected greatly by fire. The ratios of C to N were not altered obviously by fire in both 0~ 10cm and 10~ 30m soil layer.

Key words Controlled burning, Tropical secondary forest, Soil nutrients, Xishuangbanna

在热带地区, 刀耕火种是一种粗放的、非常普遍的耕作方式, 具有悠久的历史(Jordan, 1987; Whitmore, 1990)。对刀耕火种的农业利用方式, 存在着严重的争议, 绝对否定者居多, 在一定条件下控制使用这一方式者也有。随着人口压力的增大, 对粮食和其他农林产品需求的增加, 迫使土地轮歇周期缩短和在坡度较大的地方进行耕作, 造成严重的水土流失和土壤肥力急剧下降, 森林退化, 使生态环境遭到严重破坏。对于刀耕火种对土壤

* 本文于1997-06-15收稿, 1998-02-24收到修改稿。

中国科学院八·五重大项目“生态系统结构、功能及提高生产力途径研究”和云南省自然科学基金资助。

1) 西双版纳热带森林的过度砍伐与生态环境的异常变化, 热带植物研究, 18: 29~ 33。

理化性质的影响, 国外已有大量报道。在西双版纳地区, 刀耕火种对土壤侵蚀¹⁾、土壤种子库(唐勇等, 1997)、植被演替¹⁾; * (Zhang & Cao, 1995; Cao & Zhang, 1996) 等研究已有报道, 但对于刀耕火种对土壤养分的影响, 除了 Xu 等(1992) 的初步研究外, 作者未见更多的报道。

本研究的目的在于初步了解西双版纳地区刀耕火种对某些土壤化学性质的影响, 为今后的进一步研究打下基础, 并为西双版纳地区土地资源、森林资源的合理利用和有效保护提供依据。

1 材料与方法

研究样地位于云南省西双版纳州勐腊县勐仑镇(21°56'N, 101°16'E)以南约15km 的山坡上, 坡向南, 坡度约10°, 海拔650m。据中国科学院热带生态站气象站资料, 年均温为21.4℃, 年均降雨量为1557mm, 其中雨季(5~10月)为1335mm, 占全年的87%, 干季(11~4月)为202mm, 仅占年降雨量的13%, 相对湿度为86%。土壤为由白垩系砂岩发育而成的砖红壤。

该地区的原生植被为热带雨林, 优势种为番龙眼(*Pometia tomentosa*)、千果榄仁(*Terminalia myriocarpa*)、云南肉豆蔻(*Myristica yunnanensis*)、滇南风吹楠(*Horsfieldia tetratepala*)、光叶天料木(*Hemalium laoticum*)、金刀木(*Barringtonia macrostachya*)等。60年代原始林被砍伐后, 成为轮歇地。主要作物为早稻和包谷, 产量为3.75~4.5t·hm⁻²。一般种植3年后丢荒5~8年, 然后又砍伐、火烧进行下一轮的种植。

该样地的植被为生长6年的次生林, 以盐肤木(*Rhus chinensis*)、黄竹(*Dendrocalamus membranaceus*)为优势种, 于1993年12月该林被砍伐, 1994年4月放火烧荒。于火烧前和火烧后(约1周, 此期间内无降雨)对样地内的土壤进行采样, 对有关的理化性质进行测定。沿坡向方向布置5个取样点, 在每一取样点挖掘土壤剖面, 按0~10、10~30cm 两个层次取土样。土样带回实验室后, 捡去植物碎屑和碳屑, 风干、研磨和过筛后贮于玻璃瓶中保存。

土壤化学性质按以下方法测定(中国科学院南京土壤研究所, 1978):

pH 采用电极法测定, 有机质(OM)采用K₂Cr₂O₇容量法, 全氮(TN)为凯氏半微量蒸馏法, 全磷(TP)和有效磷(AP)为钼锑抗比色法, 全钾(TK)和速效性钾(AK)为原子吸收光谱法, 有效氮(AN)为碱解扩散法。对火烧前后土壤养分含量的分析结果进行 t 检验。

2 结果与讨论

2.1 火烧对0~10cm 土层养分的影响

从表1可看出, 对于0~10cm 土层, 火烧对土壤产生很大的影响, 火烧前后土壤的许多化学性质发生了显著变化。

pH 从火烧前的3.56上升到火烧后的3.68, t 检验达到0.1%显著水平。pH 的上升主要是由于火烧后产生大量的金属氧化物及粘土矿物脱羟基所致(Nishita & Hung 1972; Giovannini et al., 1990)。火烧后pH 的变化与所产生灰的数量和性质、采样深度、土壤缓

* 1) 西双版纳森林植被的演替、保护和利用, 热带植物研究, 28: 1~9。

冲能力及灰与土壤接触的时间有关 (Raison & McGarity, 1980)。

火烧后 OM、TN、TK、AN、AK 显著增高, t 检验都达到了 0.1% 显著水平, 其中 AK 的增幅最大, 达 3.3 倍。AP 和 TP 的变化分别达到 1% 和 5% 显著水平。

表1 火烧对 0~ 10cm 土层养分的影响

Table 1 Effects of fire on nutrients of the 0~ 10cm soil layer

	pH	OM	TN	TP	TK	AN	AP	AK
		%				$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		
火烧前 Before burning	3.56	4.33	0.193	0.039	0.725	206.0	1.84	64.4
	(0.03)	(0.08)	(0.009)	(0.005)	(0.053)	(8.3)	(0.19)	(8.8)
火烧后 After burning	3.68	5.41	0.228	0.072	1.14	257.9	2.62	211.2
	(0.03)	(0.05)	(0.009)	(0.018)	(0.077)	(9.05)	(0.21)	(13.4)
t -value	10.68***	27.02***	9.43***	4.10*	11.07***	11.50***	5.03**	16.77***

括号内的数值为标准差 The values in the brackets are standard errors $n=5$, $t_{0.05}=2.78$, $t_{0.01}=4.60$, $t_{0.001}=8.61$, * $p\leq 0.05$, ** $p\leq 0.01$, *** $p\leq 0.001$ 。

火烧后土壤表层有机质、全氮、磷、钾和有效氮、磷、钾的增加, 主要来源于植物燃烧后所产生的灰分及燃烧不完全的植物残体, 增加的量与火烧前的枯枝落叶量、地上生物量及它们的元素含量有关, 还与燃烧所达到的温度和燃烧程度有关 (Grove *et al*, 1986)。较低的温度通常会增加土壤中的养分含量, 而在高温下则会造成土壤有机质及许多元素的挥发损失, 致使土壤养分含量降低 (Kitur & Frye, 1983; Giovannini *et al*, 1990)。

2.2 火烧对 10~ 30cm 土层养分的影响

从表 2 可看出, 火烧对 10~ 30cm 土层的养分无显著的影响。在一般情况下土壤热传导性差, 地表倒木及枯枝落叶的燃烧对离地表 3cm 以下的土壤基本无影响 (Grove *et al*, 1986; Giovannini & Lucchesi, 1997)。

表2 火烧对 10~ 30cm 土层养分的影响

Table 2 Effects of fire on nutrients of the 10~ 30cm soil layer

	pH	OM	TN	TP	TK	AN	AP	AK
		%				$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$		
火烧前 Before burning	3.62	3.03	0.131	0.037	0.962	145.0	0.70	37.73
	(0.08)	(0.13)	(0.022)	(0.012)	(0.133)	(7.7)	(0.08)	(6.74)
火烧后 After burning	3.58	2.89	0.128	0.038	1.07	132.0	0.63	30.13
	(0.09)	(0.15)	(0.021)	(0.011)	(0.153)	(8.7)	(0.05)	(5.14)
t -value	0.80	1.21	0.18	0.21	0.84	1.80	2.55	2.45

括号内的数值为标准差 The values in the brackets are standard errors $n=5$, $t_{0.05}=2.78$, $t_{0.01}=4.60$, $t_{0.001}=8.61$, * $p\leq 0.05$, ** $p\leq 0.01$, *** $p\leq 0.001$ 。

火烧前后, 0~ 10cm 和 10~ 30cm 土层的 C/N 比率无显著变化, 分别从 13.0 和 13.4 变为 13.8 和 13.1, t 检验均不显著。

火烧尽管会产生部分养分的挥发损失, 但总的趋势是几乎所有养分的有效性都会增加。这是由于养分以灰份的形式加入表土 (0~ 3cm), 加热土壤有机质使养分有效性提高,

以及 pH 和 C/N 比率的变化而增加生物矿化率(Grove *et al* , 1986)。

由于火烧而导致的土壤养分脉冲式释放, 远远高于来自雨水和凋落物的养分, 极大地刺激植物快速生长(Hulbert, 1988)。火烧后的短时期内, 由于土壤中的有效性养分含量增加, 植物吸收的养分多, 体内养分含量也增加, 促进了植物的生长和开花(Anderson Menges, 1997), 对树冠恢复及林下和地被层植物的更新具有重要意义(Grove *et al* , 1986)。火烧后强光照和高养分含量的环境, 将适合那些喜光、需养分多的植物生长。因而, 刀耕火种不仅造成土壤养分、水分及光照条件等等环境条件的急剧变化, 还将对植被的恢复和演替产生长期的影响(Toky & Ramakrishnan, 1983)。

但火烧后土壤表层养分的增加是短暂的。火烧后6个月内, 氮矿化、硝化速率增加, NH_4^+ 和 NO_3^- 的量也增多, 以后又逐渐恢复到火烧前的状态(Matson *et al* , 1987)。地表土壤冲刷、淋洗都会导致表层土壤养分的急剧降低。

火烧除影响土壤的化学性质外, 还会对土壤的颜色、容重、孔隙度(Aweto, 1988)、粒径分布、塑性及团聚体的稳定性等物理性质产生影响(Giovannini *et al* , 1987; Giovannini *et al* , 1988)。

3 结 论

火烧后0~ 10cm 土层的 pH、有机质、全N、P、K 和有效N、P、K 显著增高, 但10~ 30cm 土层的上述各指标均无显著变化。火烧对各土层的 C/N 比率无显著影响。

从以上研究可以看出, 刀耕火种对表层土壤养分具有显著影响。但如果管理操作不当, 则会造成土壤和生态系统的急剧退化。特别是地表覆盖物的清除, 增大了土壤受侵蚀的程度。西双版纳地区雨季降雨多, 降雨强度大, 裸露表土易遭受严重侵蚀, 使土壤急剧退化。因而, 在坡度较大的地方应限制刀耕火种。土地轮歇的周期也应维持在一定的长度, 以利于土壤肥力的恢复。

以上只是对火烧前后的土壤养分含量进行简单的对比研究, 今后还应进一步研究植被类型、地表可燃物负载量、火烧强度及火烧时间对土壤养分的影响, 火烧后不同时期的土壤养分动态及次生植被的养分含量和演替动态。

火烧或火烧演替, 在某些国家是一种重要的经营方式, 有许多有利的方面, 限于我国的实际情况, 这一方式还应严格控制使用。

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析, 上海: 上海科学技术出版社。
- 唐勇、曹敏、张建侯等, 1997: 刀耕火种对山黄麻林土壤种子库的影响, 云南植物研究, **19**(4) 423~ 428
- Anderson R. C. & Menges E. S. , 1997: Effects of fire on sandhill herbs: nutrients, mycorrhizae, and biomass allocation *American Journal of Botany*, **84**(7) 938~ 948
- Aweto A. O. , 1988: Effects of shifting cultivation on tropical rain forest soil in Southwestern Nigeria, *Turrialba*, **38**(1) 19~ 22
- Cao M. & Zhang J. H. , 1996: An ecological perspective on shifting cultivation in Xishuangbanna, SW China *Wal-laceana*, **78**: 21~ 27.
- Giovannini G. , Lucchesi S. & Giachetti M. , 1987: The natural evolution of a burned soil: a three-year investigation,

- Soil Science*, **143**(3) 221~ 226
- Giovannini G. , Lucchesi S. & Giachetti M. , 1988: Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility, *Soil Science*, **146**(4) 255~ 261.
- Giovannini G. , Lucchesi S. & Giachetti M. , 1990: Effects of heating on some chemical parameters related to soil fertility and plant growth, *Soil Science*, **149**(6) 345~ 350
- Giovannini G. & Lucchesi S. , 1997: Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities, *Soil Science*, **162**(7) 479~ 486
- Grove T. S. , O'Connell A. M. & Dimmock G. M. 1986: Nutrient changes in surface soils after an intense fire in jarrah forest, *Australian journal of Ecology*, **11**: 303~ 317.
- Hulbert H. , 1988: Cause of fire effects in fall grass practice *Ecology*, **69**: 46~ 58
- Jordan C. F. , 1987: Shifting cultivation——Slash and burn agriculture near San Carlos de Rio Negro, Venezuela In: Jordan C. F. (ed) *Amazonian Rain Forest——Ecosystem disturbance and recovery*, Springer-Verlag, New York p. 24~ 34
- Kitur B. & Frye W. W. , 1983: Division S-4——soil fertility and plant nutrition, effects of heating on soil chemical properties and nutrient composition of corn and millet, *Soil Sci Soc Am. J.* , **47**: 91~ 94
- Matson P. A. , Vitousek P. M. , Ewel J. J. *et al* , 1987: Nitrogen transformation following tropical forest felling and burning on a volcanic soil, *Ecology*, **68**(3) 491~ 502
- Nishita H. & Haug R. M. , 1972: Some physical and chemical characteristics of heated soil, *Soil Science*, **113**(6) 422~ 430
- Raison R. J. & McGarity J. W. , 1980: Some effects of plant ash on the chemical properties of soils and aqueous suspensions *plant and Soil*, **55**: 339~ 352
- Toky O. P. , & Ramakrishnan P. S. , 1983: Secondary succession following slash and burn agriculture in north-eastern India II Nutrient cycling, *Journal of Ecology*, **71**: 747~ 757.
- Whitmore T. C. , 1990: An Introduction to Tropical Rain Forests, Oxford University Press Inc. , New York
- Xu Y. , Jin K. & Xie K. , 1992: Dynamics of soil organic matter in tropical rain forest after being burned, In: Feng Y. Z. , X. Xu, and Q. Song (eds) , *Proceedings of International Symposium on Man-made Community, Integrated Land-use and Biodiversity in the Tropics*, Yunnan Science & Technology Press P. 203~ 209
- Zhang J. H. & Cao M. , 1995: Tropical forest vegetation of Xishuangbanna SW China and its secondary changes, with special reference to some problems in local nature conservation, *Biological Conservation*, **73**: 229~ 238