

高寒山区火烧土壤对其养分含量和酶活性的影响及灰色关联分析*

周瑞莲

(兰州大学生物系, 730000)

张普金 徐长林

(甘肃农业大学草原系, 730030)

摘 要

本文研究结果表明,在高寒山区火烧土壤可加速有机质的分解,增加速效养分含量,因而使牧草产量大幅度提高。但3—4年后,因土壤速效养分含量明显减少,牧草产量又急剧下降。火烧对土壤酶破坏严重,火烧后3—4年,脲酶和蛋白酶活性可恢复到原来水平的50—80%,而碱性磷酸酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性可恢复到原水平的20—40%。但随着时间推移,土壤有机质积累和酶活性恢复有加速的倾向。在高寒山区,土壤酶活性与土壤有机质含量密切相关,与土壤速效养分含量和牧草产量无关,因而土壤有机质含量,土壤酶活性不能作为土壤肥力的标志。

关键词 火烧土壤, 养分含量, 酶活性

我国西北的高寒山区,低温使有机质分解受阻而在土壤中积累,长期以来人们把火烧土壤(将20cm厚的草皮层翻耕后堆积在一起,经烟熏火烧成灰后再撒开)作为人工草地建设和农作物栽培中的一项增产技术措施,许多人对其增产的效果及其机理,已做过研究^[3,4]。认为火烧促进速效养分增加是其增产的关键,但对火烧对土壤酶和土壤肥力的影响作用研究尚未见报道。

大量试验研究已证明:土壤酶是土壤的组分之一。土壤酶活性反映于土壤中进行的各种生物化学过程的动向和强度,它的数量虽少,但作用颇大。在土壤肥力的研究中,土壤酶活性占有重要的地位。本文拟通过生长季火烧地和未火烧地土壤养分、土壤酶活性的分析,探讨火烧对土壤酶活性及土壤肥力的影响,为高寒山区合理开发利用土壤中畜积的养分提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 自然概况

试验于1993年10月在甘肃农业大学草原站进行。该站位于祁连山东段乌鞘岭脚下天祝县金强河

* 国家自然科学基金资助课题, 甘肃省教委和甘肃农业大学资助课题。

河谷二级阶地上,东经 102.5° 北纬 37.2°,海拔 2960m,年均温 -0.1℃,大于 0℃ 的年积温 1300℃,年蒸水量 416mm,年蒸发量 1592mm,生长季 120 天左右,无绝对无霜期。土壤为碳酸盐山地黑钙土,冲积母质,碳酸盐反应通层强烈,腐殖质层 1m 以上,有机质含量 106.3g / kg。

1.2 试验材料

土样取自土壤火烧和未火烧两种处理下的垂穗披碱草(*Clinelymus nutans*)人工草地。两种土壤处理的草地同年建植,成带状相间分布。取样时间 1993 年 6 月初至 9 月初,每隔 1 个月取样 1 次。取样采用土钻法,随机从两种处理草地中取 0—15cm 深土样若干个,分别置于洗净消毒的塑料袋中,取部分测定土壤含水量,其余置阴凉处晾干,然后按处理混匀,过 1mm 孔径筛。用于养分分析的土样常温下保存;用于土壤酶分析的土样取样时,对土钻和用具严格消毒。土样阴干、过筛后放入消毒的培养皿中低温(4℃)下保存。在取样的同时,测定牧草产量。另外,还对牧草的物候变化进行了观测。

1.3 测定方法

土壤有机质含量:重铬酸钾-硫酸氧化法;全氮含量:半微量凯氏定氮法;速效氮含量:康维皿扩散法;全磷和速效磷含量:钼锑抗比色法;土壤酶活性:以甲苯作为抑菌剂,在加有各相应酶作用底物和相应 pH 值的磷酸盐缓冲溶液中,加入定量土样,置不同条件下进行反应,按《土壤动态生物化学研究法》^[2]进行脲酶、蛋白酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性分析。

2 结果与讨论

2.1 火烧土壤的牧草产量效应

表 1 是两种土壤处理下人工草地四年牧草产量的比较。显然,火烧地各年度的牧草产量均明显高于未火烧地,尤其是第三年火烧地牧草产量较未火烧地高 3.68 倍。从产量年际变化看,两种处理草地均以种植当年产草量最高,以后趋于下降,但火烧地的下降幅度远比未火烧地小,特别是火烧地第四年牧草产量才呈现明显下降,而未火烧地第二年产量则出现急剧下降。结果表明,火烧土壤不仅可以大幅度提高草地牧草产量,而且可以延迟人工草地的退化。

表 1 两种土壤处理下草地牧草产量的比较 (单位: g / m²)

Table 1 Comprison of forage yield between two soil treatments

处 理 Treatment	年份 Year				平均 Mean	1993 /1990
	1990	1991	1992	1993		
火烧地	770.4	640.6	686.8	340.0	609.5	0.44
未火烧地	456.4	163.9	146.8	105.0	218.0	0.23
火烧地 / 未火烧地	1.69	3.91	4.68	3.24	2.80	—

注:牧草产量为干重。

2.2 火烧对土壤养分的影响

表 2 表明,火烧对土壤中碳、氮、磷含量影响较大。与未火烧地相比,火烧使土壤有机

质和全氮含量明显减少, 其中火烧 3 年和 4 年地土壤有机质分别减少 73.17% 和 62.93%, 土壤全氮含量分别减少 51.66% 和 42.58%。高寒低温, 微生物活动微弱, 有机质难以分解, 因而未火烧地土壤有机质、全氮含量较高。高温火烧使土壤有机质迅速分解和氮的挥发损失而含量减少, 但随土壤种植年限的增长, 土壤中枯枝落叶残根的积累, 土壤有机质和全氮含量又开始增加, 并迅速提高。

火烧对土壤全磷的作用不同于全氮, 火烧使土壤全磷浓度增加, 火烧 3 年地和 4 年地分别增加 9.77%、19.54%, 这可能是土壤中 N、P 对温度的敏感性不同, 在有机物燃烧的温度下土壤中氮即开始挥发, 而磷则在高达 450 ° 以上才部分挥发损失, 因而火烧加速有机质分解和有机磷的转化, 而引起土壤全磷浓度增大。但土壤中磷大多数为迟效性磷酸盐, 植物难以吸收利用, 加之随植物种植年限增加枯枝落叶增加, 低温的抑制使土壤有机磷不断积累, 这可能是导致火烧 4 年地土壤全磷浓度高于 3 年火烧地, 并高于未火烧地的主要原因。

表 2 两种土壤处理下土壤养分的比较 (有机质、全 N、全 P)

Table 2 Comparison of nutrient contents among in different soil treatments

项目 Item	处理 Treatment	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug	9 月 Sept	平均 Mean
有机质 (g / kg)	3 年火烧地	27.8	25.5	23.4	25.0	25.4
	4 年火烧地	—	37.9	39.4	28.1	35.1
	未火烧地	91.6	96.9	97.2	93.0	94.7
全氮 (g / kg)	3 年火烧地	2.90	2.62	2.67	2.92	2.77
	4 年火烧地	5.05	2.84	2.92	2.33	3.29
	未火烧地	5.57	5.92	5.84	5.60	5.73
全磷 (g / kg)	3 年火烧地	1.86	1.94	1.97	1.87	1.91
	4 年火烧地	2.02	2.06	2.08	2.15	2.08
	未火烧地	1.71	1.74	1.76	1.75	1.74

注: 4 年火烧草地和未火烧地均为 90 年种植, 3 年火烧地为 91 年种植, 相间分布, 93 年同期测定

2.3 火烧对土壤速效养分含量的影响

火烧使土壤速效养分的含量大幅度增加(表 3)。其中, 火烧 3 年地和 4 年地速效氮含量分别增加 46%、10%, 速效磷分别增加 170, 116 倍。同时土壤速效养分含量有随种植年限增加而下降的趋势。与 3 年火烧地比较, 4 年火烧地速效氮下降 24.6%, 速效磷下降 32.0%。火烧使土壤速效养分的季节动态也有所变化, 如速效氮不论是 3 年火烧地或 4 年火烧地都是秋季含量最低, 而未火烧地是夏季含量最低; 火烧地是生长中后期土壤速效磷含量较低, 而未火烧地是生长前中期土壤速效磷含量较低。土壤速效养分含量的变化, 显然是由于火烧导致土壤有机质迅速分解和促进牧草旺盛生长所致。

2.4 土壤火烧后的水分变化

火烧使雨季前的土壤含水量明显下降(表 4)。雨季期间火烧地和未火烧地土壤含水量差别很小。这与乐炎舟(1965)的研究结果一致^[1]。火烧后土壤含水量降低, 一是由于

火烧后土壤有机质含量减少,蓄水能力下降;二是因为火烧地牧草生长旺盛、耗水量增加。但在夏季,充沛的雨量完全消除了由这两种原因引起的土壤含水量的差异。

表 3 两种土壤处理下草地土壤速效养分的比较

Table 3 Comparison of available nutrient contents among different soil treatments

项 目	处 理	6 月	7 月	8 月	9 月	平均
Item	Treatment	June	July	Aug.	Sept.	Mean
速效氮 (mg / kg)	3 年火烧地	32.4	23.2	21.2	20.6	24.4
	4 年火烧地	40.8	13.7	9.6	9.3	18.4
	未火烧地	27.2	12.9	12.9	13.7	16.7
速效磷 (P ₂ O ₅ mg / kg)	3 年火烧地	9380	9380	3300	3050	6280
	4 年火烧地	6750	6880	1400	2050	4270
	未火烧地	25.0	22.5	50.0	50.0	36.9

表 4 两种处理的土壤含水量(%)

Table 4 Comparison of soil water content between two soil treatments

处 理	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	平均
Treatment	May	June	July	Aug.	Sept.	Mean
未火烧地	65.45	26.08	34.59	37.99	41.26	41.07
火烧地	27.13	9.48	33.59	37.25	41.43	29.76

表 5 火烧地与未火烧地土壤酶活性比较

Table 5 Comparison of soil enzymatic activities among different soil treatments

项 目	处 理	6 月	7 月	8 月	9 月	平均	比值
Item	Treatment	June	July	Aug.	Sept.	Mean	Ratio
脲酶 (NH ₃ -N mg / g)	3 年火烧地	36.29	31.13	21.50	32.93	30.46	3F / NF = 0.50
	4 年火烧地	46.81	30.68	33.38	24.64	33.87	4F / NF = 0.56
	未火烧地	50.85	64.74	80.64	47.49	60.93	
碱性磷酸酶 (P ₂ O ₅ mg / 100g 土)	3 年火烧地	4.46	5.04	4.69	4.57	4.69	3F / NF = 0.24
	4 年火烧地	6.45	10.91	7.51	6.22	7.77	4F / NF = 0.40
	未火烧地	18.76	19.58	19.23	19.46	19.26	
蛋白酶 (牛血清蛋白 mg / g)	3 年火烧地	3.25	2.31	1.93	2.79	2.57	3F / NF = 0.52
	4 年火烧地	4.14	4.20	4.53	4.15	4.26	4F / NF = 0.86
	未火烧地	4.89	5.61	4.37	5.03	4.98	
过氧化氢酶 (0.1mol / L KMnO ₄ ml / 100g 土)	3 年火烧地	6.17	5.67	4.67	5.00	5.38	3F / NF = 0.23
	4 年火烧地	11.67	9.00	9.33	8.17	9.54	4F / NF = 0.41
	未火烧地	23.67	23.00	24.00	23.33	23.50	
蔗糖酶 (0.1mol / L Na ₂ S ₂ O ₃ ml / g)	3 年火烧地	2.17	3.50	3.17	2.67	2.89	3F / NF = 0.28
	4 年火烧地	5.67	4.00	4.67	3.33	4.42	4F / NF = 0.43
	未火烧地	1.67	9.00	11.17	9.50	10.34	

注: 3F / NF 为当年火烧地与未火烧之比; 4F / NF 为 4 年火烧地与未火烧地之比。

2.5 火烧对土壤酶活性的影响

土壤酶在高温火烧下势必全部破坏。但火烧后随着微生物的繁衍和作物的生长,其数量又不断增加。从表 5 可以看出,火烧地各种酶的活性均低于未火烧地,3 年火烧地各种酶的活性又低于 4 年火烧地。但不同的酶活性火烧后的恢复速度差别很大,其中碱性磷酸酶、过氧化氢酶和蔗糖酶的活性恢复较慢(3 年和 4 年火烧地分别为 0.24—0.40, 0.23—0.41, 0.28—0.43),脲酶和蛋白酶的恢复速度明显较快(0.50—0.56, 0.52—0.86)。脲酶和蛋白酶是与氮代谢有关的酶,矿质肥料可使两种酶活性增强^[4]。由于火烧后土壤速效养分骤增[表 3],因此这两种酶活性恢复较快。另外,这两种胞外酶多与土壤胶粒结合,土样风干引起被土壤保护的脲酶释放,也可能对其活性增高有一定作用。

土壤蔗糖酶是源于植物根,微生物的胞外酶,它在土壤中很少受土壤微生物增殖的影响,并以稳定的形式存在。火烧后土壤蔗糖酶主要来源于植物根分泌而使其恢复速度相对较慢。磷酸酶活性易受土壤无机磷抑制,尽管火烧后土壤有机质、全 N 增加使土壤磷酸酶活性增强,但同时火烧土壤无机磷(PO_4^{3-})增多抑制了该酶活性,导致该酶恢复速率较慢。

2.6 土壤酶活性和土壤养分的灰色关联分析

Kuprerich 认为,土壤酶活性与土壤肥力直接相关。为了探讨土壤火烧后土壤酶活性与土壤养分含量变化的关系,我们用灰色关联分析方法^[3]计算了土壤有机质与速效养分含量和各种酶活性的关联度,结果分别列于表 6 和表 7。由表 6 可以看出,未火烧草地土壤有机质与养分含量的关联度序是全氮 > 全磷 > 速效磷 > 速效氮,其中全氮和全磷与有机质的关联度极高,而与速效养分的关联度很低。火烧草地的关联度序有明显变化,它是全氮 > 速效氮 > 速效磷 > 全磷,其中速效养分关联度值明显增高,全养分的关联度值大幅度下降。这说明,未火烧地的养分储量虽较丰富,但由于低温抑制有机质的分解,因而速效养分的含量并不高。土壤火烧一方面使大量土壤有机质分解,另一方面促进了矿化作用,土壤速效养分与有机质含量之间的相关性明显提高。

表 6 两种处理下土壤养分(xi)与有机质(xo)的关联度(ri)序表

Table 6 Ordination of relationship(ri) between soil nutrients (xi) and organic matter (xo) in differently treated soils

处理 Treatment		序号 Order number				
		1	2	3	4	5
火烧地	xi	全氮	速效氮	速效磷	全磷	水分含量
	ri	0.80	0.78	0.70	0.53	0.40
未火烧地	xi	全氮	全磷	水分含量	速效磷	速效氮
	ri	0.98	0.96	0.69	0.62	0.47

表 7 是土壤酶活性与土壤有机质含量的关联度序表。火烧后土壤各种酶活性与土壤有机质含量的关联序和关联度值都发生了巨大变化。在未火烧地,五种酶的活性均与土壤有机质含量直接相关,其中过氧化氢酶和碱性磷酸酶的关联度值在 90% 以上。火烧使土壤酶活性与土壤有机质含量的相关性明显下降。碱性磷酸酶、过氧化氢酶、蛋白酶等三种酶活性与有机质的关联度下降 35—45%。土壤酶来自微生物、植物和动物,同时大多

数土壤酶通常又与土壤粘粒和有机质结合,其中许多土壤酶与土壤腐殖物质结合,形成酶-腐殖物质复合体。土壤有机质为土壤酶的来源和贮藏基地。高寒山区低温抑制了有机质的分解则使结合在有机质上的酶得以保存,为此未火烧地土壤的这五种酶与土壤有机质相关性强。火烧后有机质灰化,土壤酶大量死亡,随着土壤种植年限增加,土壤中根系、微生物数量增多,土壤酶活性增强,但土壤酶积累在有机质之后,而与有机质关联度下降(表 8)。同时火烧后土壤矿质元素含量改变,使土壤酶活性受底物浓度的调控。火烧后土壤速效氮增加,脲酶活性增强,两者关联度增加。速效磷增加抑制了土壤磷酸酶活性,两者关联度下降。因此火烧后土壤酶活性与土壤有机质的关联度下降,是与土壤速效养分改变有关。由于火烧后土壤各种酶与土壤速效养分间关联度变化幅度较小,可见土壤矿物元素对土壤酶的作用是有限的。

表 7 土壤酶活性与土壤有机质含量的关联度序表

Table 7 Ordination of relationship between enzymatic activities and organic matter content in differently treated soils

处理 Treatment		序号 Order number				
		1	2	3	4	5
4 年火烧地	xi	脲酶	蔗糖酶	过氧化氢酶	碱性磷酸酶	蛋白酶
	ri	0.70	0.65	0.62	0.50	0.49
未火烧地	xi	碱性磷酸酶	过氧化氢酶	蛋白酶	蔗糖酶	脲酶
	ri	0.94	0.92	0.80	0.70	0.62

表 8 土壤酶活性与土壤速效养分含量的关联度序表

Table 8 Ordination of relationship between enzymatic activities and available nutrient contents in differently treated soils

养分关系 Nutrient	处理 Treatment		序号 Order number				
			1	2	3	4	5
速效氮	4 年火烧地	xi	脲酶	蔗糖酶	过氧化氢酶	蛋白酶	碱性磷酸酶
		ri	0.64	0.61	0.58	0.48	0.46
速效磷	未火烧地	xi	蔗糖酶	过氧化氢酶	碱性磷酸酶	脲酶	蛋白酶
		ri	0.58	0.56	0.50	0.50	0.50
速效氮	4 年火烧地	xi	脲酶	过氧化氢酶	碱性磷酸酶	蔗糖酶	蛋白酶
		ri	0.61	0.60	0.59	0.58	0.56
速效磷	未火烧地	xi	碱性磷酸酶	过氧化氢酶	脲酶	蔗糖酶	蛋白酶
		ri	0.65	0.65	0.63	0.57	0.51

3 小 结

在高寒山区,火烧土壤是一项重要的农艺增产措施。在本研究中,土壤火烧后种植的

人工草地其四年平均产草量要比同期种植的土壤未火烧草地高 1.8 倍,草地高产期维持 3 年,草地开始退化的时间较未火烧地推迟两年。火烧地产量的提高和退化期的延迟,显然与土壤性质的变化密切相关。

在高寒山区,由于低温抑制了土壤有机质的分解,使土壤有机质和全氮、全磷含量较高,但速效养分含量较低,牧草因长期养分供应不足而生长不良。土壤火烧后加速了有机质的分解,使土壤速效养分大幅度提高,如 3 年火烧草地有机质仅为未火烧草地的 48.4%,但速效氮和速效磷却提高了 46% 和 169 倍,这无疑对提高牧草产量是有益的。火烧后土壤养分的变化很快,如 4 年火烧草地和 3 年火烧草地相比,土壤有机质增加了 18.5%,速效磷和速效氮却下降了 24.6% 和 32%,这显然又不利于牧草的持续高产,所以土壤火烧几年后牧草产量就会急剧降低。火烧不是改变高山草甸土地区土壤环境,提高牧草产量的根本途径。火烧过程中易引起大量土壤氮素的损耗,因而不宜常使用。

大量研究认为:土壤中大部分酶活性可作为有机质状况的指标^[5,6]。我们的结果表明:土壤酶活性与土壤有机质含量直接相关。未火烧土壤有机质含量高,土壤酶活性相对也较高(关联度 0.62—0.90)。火烧后土壤有机质迅速分解,3 年和 4 年龄的火烧地含量下降 73%, 62.9%,土壤酶活性也大幅度下降,其中脲酶下降 50%, 44.4%,碱性磷酸酶下降 76%—60%,蛋白酶活性下降 48%—15%,过氧化氢酶活性下降 77%—59%,蔗糖酶活性下降 72%—57%,两者相关度 0.49—0.70。

有人认为,土壤酶可作为土壤肥力水平高低的标志之一^[6]。但我们的试验结果表明:土壤有机质含量高,土壤酶活性较高的未火烧土地上的牧草生长却较差,草地退化早,产草量仅为火烧地的 30%,而火烧地则相反。对比两种处理土壤速效养分含量,未火烧地则明显低于火烧地。这是由于高寒山区气候寒冷,低温条件下土壤有机质腐殖质化(该地腐殖质厚近 1m)土壤养分成为植物不能利用的潜在肥力,导致土壤可利用速效养分缺乏,牧草生长受抑,而当草皮火烧后,土壤有机质迅速矿化,尽管土壤有机质减少,土壤酶活性下降(土壤有机质是酶的重要来源),但却是土壤潜在肥力由无用状态转化为可用状态,土壤速效磷、氮猛增,牧草生长旺盛,产量增高。另外,就火烧草地而言,随牧草生长年限增加,土壤有机质含量 4 年火烧地较 3 年火烧地增加 38%。土壤各种酶活性增加约 54%,而土壤速效 P 减少 32%,速效 N 减少 24%,草地产量下降 54.50%。由此可见,牧草产量与土壤有机质含量和酶活性无关,而与土壤速效养分有关。作物产量应成为评定土壤肥力的一个重要依据^[6],本研究结果表明:就高寒草甸土而言,无论土壤有机质含量还是土壤酶活性均不能反映土壤肥力。高寒山区土壤酶活性只反映土壤中积累的土壤酶的数量,低温使土壤酶与土壤腐殖物质结合形成酶—腐殖物质复合体而得到稳定,同时也使土壤酶在养分转化中作用受阻,土壤酶活性不能反映土壤中进行的各种生物化学过程和强度,因而不能反映土壤肥力。

参 考 文 献

1. 乐炎舟, 1965: 青海高寒地区烧灰的效果。土壤通报, 第5期, 37—40页。
2. 郑洪元、张德生, 1982: 土壤动态生物化学研究法。科学出版社。
3. 邓聚龙, 1987: 灰色系统基本方法。华中理工大学出版社。
4. 周礼恺, 1987: 土壤酶学。科学出版社。
5. 周礼恺, 1981: 黑土的酶活性。土壤学报, 第18卷2期, 158—165页。
6. 黄世伟, 1981: 土壤酶活性与土壤肥力。土壤通报, 第四期, 37—40页。

EFFECT OF BURNING TURF ON NUTRIENT CONTENTS AND ENZYMATIC ACTIVITIES OF ALPINE MEADOW SOIL AND ITS GREY RELATIONSHIP ANALYSIS

Zhou Ruilian

(*Biology Dept. of Lanzhou University, Lanzhou 730000*)

Zhang Pujin and Xu Changlin

(*Dept. of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730030*)

Summary

The results showed that burning turf could accelerate the decomposition of organic matter, increase the available nutrient contents and raise grass output. But after 3—4 years of burning turf, the contents of available nutrients in the soil decreased obviously and the grass output dropped rapidly. Burning seriously destroys the soil enzyme so that urease and protease activities could be recovered to 50—80% of the original levels, but alkaline phosphatase, catalase and invertase to only 20—40% of the original levels. Accumulation of organic matter and the activities of soil enzymes tended to be enhanced as time went on. In alpine meadow soil the enzymatic activities were closely related to organic matter content but little related to soil available nutrient content and grass output. So the content of organic matter and the activities of soil enzymes could not be taken as the indexes of soil fertility.

Key words Burning turf Nutrient contents Enzymatic activities