

项目报告 12

滇西北农牧区的生计改良项目

香格里拉县牧场改良火烧试验 阶段总结报告

05 年 5 月 15 日



云南省生物多样性和传统知识研究会（CBIK）



地址：昆明市严家地中环大厦 A 座 3 楼 邮政编码：650034

电话：+86 871 4123519 传真：+86 871 4124871

联系人：云南省生物多样性和传统知识研究会执行主任 钱洁

电子邮件：contactus@cbik.ac.cn

滇西北小中甸乡牧场改良火烧试验工作 阶段总结报告

吴德友¹ 曾睿
钱洁 赵之铭 陈学崇

1. 前言

根据草场退化标志性植物如狼毒、鸢尾、獐牙菜、酸模、花锚、橐吾等不可食性牧草数量的增多，可食性饲用植物的品种及数量的减少，以及杜鹃、蔷薇、小蘗等灌丛对草场的侵占，滇西北半农半牧生计区小中甸乡的天然草场无论数量还是品质都正在退化。传统上，当地藏族会用火来控制入侵草场的杜鹃、蔷薇灌木丛，从而增加草场上草本层的盖度和数量，以提高草场的质量。因此对草场资源进行火管理的民族生态学研究可以为草场生态恢复提供重要的理论和科学依据。

针对目前草场资源的生物量降低，杂草和灌丛增加所带来的草场退化等问题，我们设计了利用火烧进行草场生态恢复的科学试验，具体目标为：了解藏族对草场进行火烧管理的传统知识；通过试验对火管理在降低杂草、灌丛数量，增高草场质量和生物量进行定量研究；通过试验对火管理这一手段在降低火险、维持生态系统、控制外来物种的入侵进行定性和定量的研究。

2. 研究方法

2.1 研究地点的选择

样地位于小中甸乡和平村拖木南和支梯社的冬季牧场上（GPS269，3231 米），坡度为 0-3°，基岩类型为砂岩基质，土壤为亚高山草甸土(泥炭土)，排水性差。植物群落为灰背杜鹃/灯芯草群落，植被类型为冷性-落叶植物+多年生草本层组成的矮小灌丛。是强度较大的放牧地，有粪便及啃食的痕迹。

2.2. 火烧前的可燃物载量测定与取样

在样地上随机选取 3 个 1X1 米的样方，用收获法测定每平方米有多少公斤的可燃物。分别取 50 克样品回实验室测干重，并保留为今后的营养研究做准备。

2.3 火烧试验

火烧实验的目的是为了确定地表可燃物特征、地形因子与火行为之间的相关关系。图 1 为-火烧实验小区示意图

为了得到不同火险天气条件下的火行为数据，2 次火烧试验中具体的点火时间分设在同一天的上午火险较弱、和下午火险较强的时刻进行。试验方法为：

选择 40 米×40 米的地块作为火烧试验地。测定地表可燃物，以及火环境因子。沿试验地四周开设宽度足够的防火线，并派扑火队员守卫，以防止跑火。

在试验地的顶边向下和侧边沿水平方向上每隔 1 米放上两个鞭炮以其爆炸声来指示下坡

¹ 本次试验由云南省生物多样性和传统知识研究会的《滇西北农牧区生计改良项目》资助，由西南林学院吴德友教授设计和负责实施。

火和侧翼火的蔓延距离；测上坡火的间隔距离为 5 米。分别点下坡火、侧翼火和上坡火，当听到鞭炮的爆炸声时，用秒表测定火蔓延该距离所用的时间，用以计算火的蔓延速度。测定 3 次取平均值。

托木南村

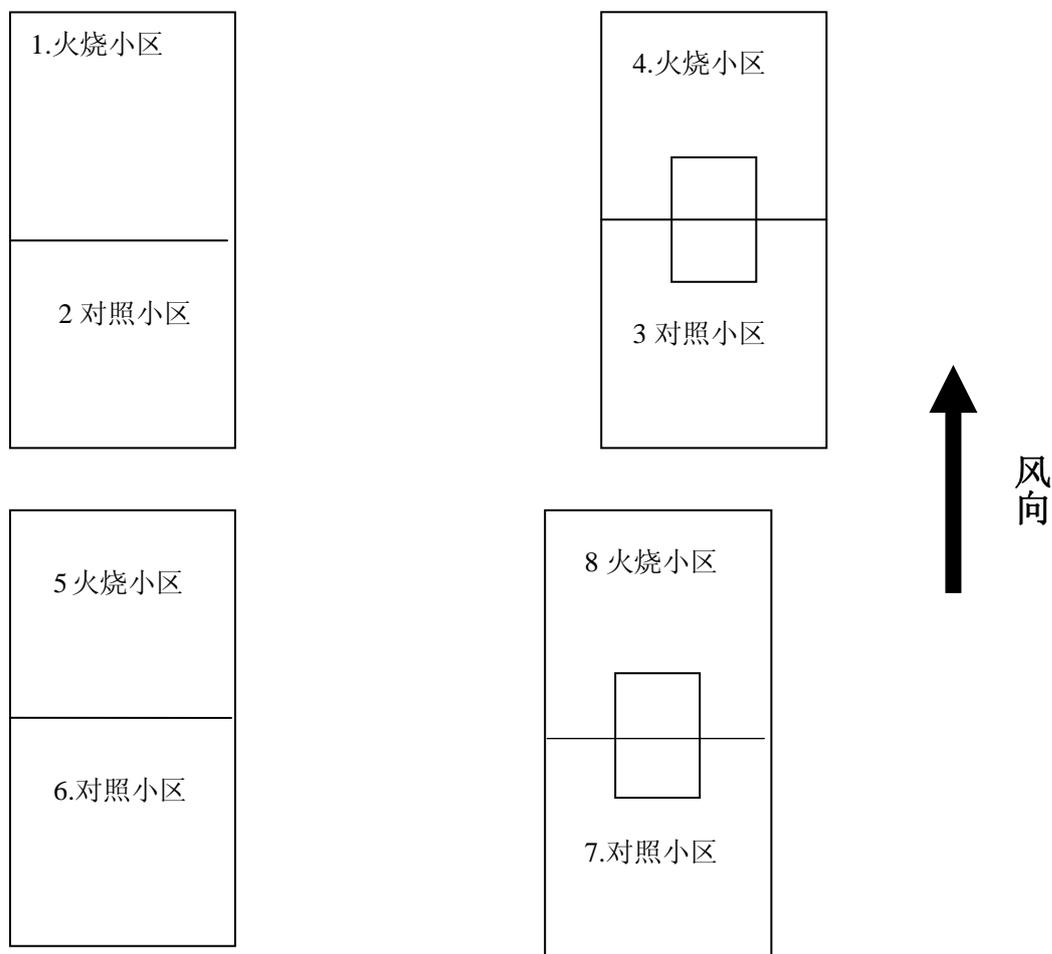


图 1--火烧实验小区示意图

火焰高度的测定采用估计的办法，由 3 位人员同时进行，当听到鞭炮的爆炸声时各自独立记下火焰高度的估计值，3 个估计数的平均数即为火焰高度火最后值。

对火烧过程进行全过程录像，以用于检验修正测定蔓延速度、火焰高度时可能造成的错误。

若干月后回访样地，检查对照小区和火烧小区内植物的种类和数量。

2.4. 火烧后的测定

火烧结束后对烧除状况，即“花脸率”与残留可燃物进行测定。“花脸率”是指未过火面积同整个计划烧除面积之比。通过测定残留可燃物可计算可燃物去除率即被烧掉的可燃物和总的地表可燃物载荷之比。

2.5. 设围栏

为避免外来干扰,把对照和火烧小区内的不同类型纳入 10X10 米的围栏样方内进行封闭的持续监测。

2.6. 地温监测

火烧后立即测定一周(每天分别 3—4 次,或每日的最高温),测出温度变化曲线。

2.7. 植物种类与生物量测定

对围栏内外的植物种类(Species)、盖度(Coverage)、密度(Density)、群落构成(Structure)、营养成分(Nutrition)和生物量(Bio-mass)进行测定,时间在 8 月或 9 月。

2.8 温湿法计算火险

由于没有全国通用的森林火险等级,本研究采用了当地的火险等级系统,介绍如下:

原理:温湿法是通过多年火灾历史资料和气象资料的对比分析,从中找出气象因子与林火发生的关系,利用线性回归的方法来计算火险天气预报。

因子的选择:火险指标的计算:利用两个选定因子与林火发生的线性关系通过下面的式子来计算森林火险指标(文定元,1995):

$$Y=29.4-29.3X_1+1.8X_2$$

式中:Y-----当天的火险指标;

X₁-----当天 14 时相对湿度(%)

X₂-----当天的气温日较差(°C)

火险等级的划分如下表 1。

表 1: 火 险 等 级 表

火险等级	指标值	天气状况	
I	无火险	≤15	阴或雨
II	小火险	16--25	晴或阴
III	中火险	26--35	晴或阴
IV	大火险	36--45	晴
V	高火险	>45	晴

3 结果与讨论

迄今为止,本项研究仅完成二次火烧活动,火烧对牧场的最终影响,如入侵灌木的去除、草本植物尤其是牧草的恢复状况以及牧草质量是否有改善,将按计划在八月份展开调查。这里仅从林火科学的角度,就如何用火来实现土地管理目标作初步的论述。

3.1 地表可燃物特征对火行为的可能影响

地表可燃物有许多表征燃烧性的指标,如种类、载量、粗细、高度、连续性以及化学组成等,它们对燃烧性都有很大的影响。这些是相对稳定的特性。另外,还有随时随地在变化特征指标如水分含量也对燃烧性起着决定性作用。火烧是为了实现该地块土地利用目标,火对该地块上的植被干扰的强度和频率将对植被的发展方向产生决定性影响。本次用火的目标是要设计出足够强的火来去除已经入侵样地的灌丛,恢复牧场的本来面貌。

3.1.1 种类、载量与高度

一般的牧场，草高 30-50 厘米，载量 $1\text{kg}/\text{m}^2$ 左右，形成的是快速中低强度的地表火，一般火焰高度在 1.2 米左右。从表 2 可知，该灌木入侵的冬季牧场已经完全失去了牧场的功能，基本上变成了“纯”的杜鹃灌丛。无论从复盖率和载量上看，灌木都占了绝对的优势。这样，本次研究的火烧草场就变成了火烧灌丛。难度大为增加，一是灌木的含水率比草本要高得多，要彻底烧除必须在高火险条件下才能点燃并维持燃烧，另一方面，由于灌木的高度比草本高得多，而且载量大，一旦点燃就有可能形成高强度的火行为，增加了难度和跑火的可能性，为此，必须强化安全措施，如开设较宽的隔离带，选择风速相对小的时段实施火烧作业。

表 2. 小中甸乡拖木南和支梯社灌木入侵的冬季牧场地表可燃物特征

样方	生活型	复盖率 (%)	高度 (cm)		载量 (kg/m^2)		含水率 (%)
			范围	均值	范围	均值	
1&2	草本	20	15-20	18	0.17-0.33	0.23	19.2
	灌木	80	78-115	92.6	1.42-1.63	1.58	40.2
3&4	草本	30	13-21	16	0.84-0.14	0.12	16.1
	灌木	70	52-98	78.3	0.84-1.48	1.26	34.3

3.1.2 地表可燃物含水率

可燃物含水率是决定可燃物着火性和燃烧性的关键因子，在本项研究中得到了充分的体现。表 3 样方 1 和 4 与样方 5 和 8 比起来，在火环境、可燃物高度与载量等指标基本相近，但两者的火行为却有天壤之别，样方 1 和 4 属高强度地表火，火焰高度分别达到 2.9 米和 3.4 米，分别是样方 5 和样方 8 的 3.9 倍和 4.3 倍；而蔓延速度的差别就更大前者分别是后者的 15.3 倍和 15.8 倍。事实上，4 月 22 日的二次火烧更在自然条件下跟本就烧不起来，都是用柴油点燃后才形成杜鹃枝叶局部燃烧和近距离蔓延、但很快就自动熄灭了。为什么会这样呢？这是可燃物含水率的巨大差别造成的，表 3 中 4 月 22 日烧除的二个样方可燃物的含水率分别为 67.7% 和 69.2%，而 1 月 4 日烧除的二个样方可燃物的含水率分别只为 40.2 和 34.3%，两者相差分别达 0.68 倍和 1.02 倍。由于可燃物的水分具有吸热降温、稀释可燃气体和隔氧作用，所以含水率成为决定可燃物着火性和燃烧性的关键因子。为什么同一块地的可燃物含水率在短短四个月中有如此巨大的差别？研究者深感惊喜的两个发现也许可以说明原因。一是滇西北高原的天气条件使然，由于属高寒山区，土壤很早就冻结，土壤中的水份不能被植物吸收利用、使多年生的杜鹃等灌木叶子变黄，处于萎蔫状态，使含水率低到易燃水平；另外由于结冰，近地面的相对湿度也相当低(见表 3 样方 1&4)，尽管当地气温很低，还是造成了当地的高火险天气，加之高原的风很大，使得一月四日的火烧成为高强度的火烧。第二个令人惊喜的发现是杜鹃等灌木的叶子的强大生命力，在一月份的火烧活动中，研究者观察到，所有的叶子都枯黄了，而且茎梢部也变干“死”了，但在四月份去进行火烧活动时，却发现干梢与黄了的叶子都返青了，表明它们一月份的萎蔫只是暂时的而不是永久性的。这也许是长期适应的结果。四月份该地区气温已达 20°C 左右，土壤解冻，水份又能被植物吸收利用，这就是为什么四月份气温高反而火险天气比一月份低，样地 5&8 反而不着火不燃烧的原因。这是与云南省其他地方很不一样的，因为在全省各地，四月份是火险最高的月份，也是野外火频发的月份。

由上述分析可知，在高寒山区潮湿的冬季牧场，能够实施烧除的最佳时间应该是土地封冻期间，因为这时植被干枯、火险天气较高，具备了用火的条件。

表 3. 小中甸乡拖木南和支梯社木本入侵的冬季牧场地表可燃物特征、火环境与火行为

样方	火烧日期 (年.月.日)	火烧环境						地表可燃物特征			顺风火火行为			
		坡度 (度)	火险 级	火险 指标 值	温度 (°C)	相对 湿度 (%)	风速 (m/s)	高度 (cm)	载量 (kg/m ²)	含水 率 (%)	火焰高度 (m)		蔓延速度 (m/min.)	
											范围	均值	范围	均值
1	05.01.04.10:00	0.3	V	49.9	8.1	14	4.4	92.6	1.81	40.2	2.5-3.5	2.9	1.9-6.5	4.6
4	05.01.04.12:30	0.3	V	51.9	10.7	9	3.7	78.3	1.36	34.3	2.5-5.0	3.4	4.7-7.8	6.3
5	05.04.22.11:00	0.3	IV	43.2	23.0	45	2.0	89.4	2.0	67.7	0.2-1.1*	0.75	0-0.7*	0.3
8	05.04.22.14:00	0.3	V	45.7	23.9	42	1.8	79.3	1.51	69.2	0.2-1.3*	0.80	0-1.2*	0.4

*用汽油点火，很快自动熄灭。

3.2 火环境对火行为的影响

除了可燃物特性外，火环境是一系列影响火行为的重要因子。其中气象因子决定死可燃物的含水率，并严重影响活可燃物的含水率，在本案例中，土壤的封冻期的长短又成为火环境的一个很特殊重要因子，一方面低温会抑制燃烧，另一方面冻土期间可燃物含水率会急剧下降、增加可燃物的燃烧性。同时降低了空气中的水汽、因而极大降低空气的相对湿度，促进可燃物的燃烧。所以、封冻期总的效果是促进燃烧。这就是为什么一月份的火烧比四月份的火烧强烈的原因之一(表 3)。此外，还有一个重要因子是风速，风在大多数情况下，具有干燥可燃物促其易燃、推进火焰倾斜向未燃可燃物使其着火以及为燃烧供氧等多重作用。一月份的火烧由于当时的风速分别达到 4.4m/s 和 3.7m/s，使火强度接近、个别时段超高强度火(火焰高度大于 3.5m)程度(表 3 样方 1&4)。在作业过程中，呈现出极大的风险，许多人担心跑火。存鉴于此，研究者认为在今后的常态化作业中，风速以 3 米/秒左右为佳、最高不应超过 3.5 米/秒。

除了大范围的时段外，一天中的火险天气强度也是不同的，一般上午较弱、下午较强；因此，上午的火行为较弱，下午的火行为较强，这在表 3 中都有明显的差别。由此给我们的启示是要利用一天中火险天气强度的差别，来确定具体的火烧时间。如果上一天的火险值太大，则可选择次日清晨火烧；如果上一天的火险偏小，则可选择次日下午实施火烧。

3.3 火行为对烧除效果及牧场的影响

3.3.1 "花脸率"和地表可燃物去除率

本项研究中，样方 1 和 4 的烧除效果都非常令人满意，“花脸率”和去除率分别达到 2%、93% 和 1.5%、95%这样的高水平。而 4 月 22 日烧的样方 5 和 8 的烧除效果都非常差，“花脸率”分别高达 91%和 87%，而去除率分别只有 15%和 20%(见表 4)。造成如此巨大反差的原因是火行为。一般地，不同的用火目的对火烧的效果有特定的要求。例如降低森林火险的烧除要求有一定程度的“花脸率”和去除率以防止形成不能接受的水土流失。再如改善野生动物栖息地的火烧要求更大程度的“花脸率”和去除率以有利于动物通行和刺激更多嫩草萌生。就本案例而言，烧除的目标是去除灌木恢复草场，所以应以最小的“花脸率”和最大的去除率为目标，更何况实验地地势平坦，不会造成水土流失。可燃物特征和火环境决定火行为，而

火行为决定火烧效果。就牧场改良而言，对以却除灌木为目的烧除，要用高强度的火烧；而对用火刺激草场增加草量的用火，则宜用轻度地表火。

表 4. 小中甸乡拖木南和支梯社木本入侵的冬季牧场火行为与烧除后果

序号	顺风火火行为		烧除效果		对牧场的影响								
	火焰高度(m)	蔓延速度(m/min)	花脸率(%)	去除率(%)	木本				草本				
					种数(种)		数量(株/m ²)		种数(种)		数量(株/m ²)		
					火烧	对照	火烧	对照	火烧	对照	火烧	对照	
1	2.9	4.6	2	93									
4	3.4	6.3	1.5	95									
5	0.15	0.3	91	15									
8	0.2	0.4	87	20									

3.3.2 火行为对牧场的影响 (计划在八月份调查, 待续。)

3.4 小中甸乡拖木南和支梯社的冬季牧场计划烧除配方

为了更好地指导当地用火来烧除灌木改良牧场，根据本研究的成果，特提出表 5 适用于滇西北高原木本入侵的冬季牧场烧除标准配方的建议方案。下面就建议配方作一些解释：

烧除的对象应该是已经被灌木入侵并占据优势地位的牧场，因为本配方所列的指标是根据灌木占优势的情况提出的。

从目前已掌握的条件看适宜的用火时间应在冬春季土壤上冻后和解冻前进行，而且可燃物含水率、火险指标值与风速者都要在所列的范围之内才能得到足够强度的火，但跑火的风险又不会太大。这就表明冬春冻土期不是都适合用火，只有部百日子能满足上述条件，可以用火。

适烧条件只能等待、人的主观能不能创造，而烧除技术是人们可以发挥主观能动性既避免跑火、又能经济有效进行烧除的手段。逆风火弱火焰高度常不大于 1.2 米，而蔓延相当慢每分钟蔓延在 70 厘米左右，容易控制，所以常用于开设防火隔离带。在开设好隔火带后，目标区的火烧则可以用顺风火了，因为顺风火强度大蔓延快可以在相当短的时间内烧完目标区。因为火是随延烧的距离而不断加速强化的，为了不产生过强过快的火，目标区的带宽是有讲究的，需要在工作中不断程累经验的。一般经过短期培训，都可以掌握这个烧除配方，成功进行烧除作业。

表 5. 滇西北高原木本入侵的冬季牧场烧除配方建议

地表可燃物特征		火险天气			烧除技术	
生活型(优势种)及盖度(%)	可燃物含水率(%)	火烧时间	火险指标值	风速(m/s)	烧隔离带	目标区烧除
灌木>50	30-45	冬春冻土期间	40-50	<3.5	逆风火烧,带宽 15-20 米	顺风带状火烧,每次带宽 20-30 米

3.5 结论

- 实验表明火烧是最经济最有效的除灌手段。比人工灭除、机械和化学手段有极大的优越性。
- 要针对滇西北高原冬季牧场的特性采取恰当措施才能保证烧除的成功。本文所给出的烧除配方提供了理论指南。

3.6 需进一步研究的若干问题

- 如果火烧有效但一次火烧只能去除部分灌木,则需进行第二或第三次火烧,直到达到预期目标。
- 火烧仅是一种手段,有些种类的灌木经过火烧刺激反而更加繁茂,在此情况下则需采用其他的技术手段如用杀灌木的除草剂。
- 去除灌木成功后,不见得牧草就能自动恢复,占据原来灌木留下的位置,为此可考虑采用人工补植牧草的措施以期达到改良牧场的目标。
- 对虽然没有被灌木侵占但牧草产量低下的草场,也可采用低强度火来刺激牧草的产量。