

川西林区森林采伐迹地土壤肥力的初步研究*

刘醒华

(云南大学)

川西林区是目前正在扩大采伐利用和经营活动的林业基地,采伐迹地面积较大,因此,探索采伐迹地土壤肥力的演变,对迅速恢复森林复被,保持生态环境平衡,有一定的理论和实践意义。本文是川西林区不同采伐迹地类型土壤条件与森林更新关系定位试验研究的一部分,主要是探讨森林采伐后土壤肥力的变化规律,为制定合理的森林经营措施提供依据。

一、试验地区自然概况及试验方法

试验地区系川西米亚罗林区,位于北纬 $31^{\circ}47'$,东经 $102^{\circ}48'$,海拔在3400—3700米之间,属典型的高山深谷地貌;气候条件是冬寒夏凉,雨量集中,干湿季分明,积雪不厚(约30厘米)。年平均气温为 6.3°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 1219.5°C ,极端最高气温为 31.2°C (出现于7月),极端最低气温为 -16°C (出现于1月);年降水量849.4毫米,5—9月降水量占全年80%以上(林内降水量大于林外);年蒸发量982毫米;年相对湿度平均为70%(林内为80%),土壤无永冻层。

森林类型在采伐前主要为箭竹-冷杉林和藓类-冷杉林,而采伐迹地以箭竹灌丛、红白刺-箭竹灌丛、箭竹-红白刺灌丛占优势。

森林土壤为山地棕色暗针叶林土,表层具有深厚的藓类和枯枝落叶层,蓄水性能很强(如苔藓活体最大持水量达1700%,死地被物为600%),土体淋溶作用较强,呈酸性反应。

为了揭示采伐迹地土壤的肥力状况,我们在米亚罗大郎坝32号沟和16号沟选择不同类型采伐迹地的标地,在植物生长季节里(5—9月),测定枯枝落叶层蓄积量及其灰分元素组成,根系数量及其灰分元素组成,土壤含水量(烘箱法),土壤水分物理性质(铜盒法),土壤温度;用排水采集器收集通过枯枝落叶层的土壤溶液,测定其获得溶液的总量及其化学组成,测定土壤中的pH值、铵态氮(康维氏微量扩散法)、有效磷(钼蓝法)、有效钾(亚硝酸钴钠比色法)、可溶性铁与亚铁(α, α' -联吡啶试剂比色法);并测定了土壤表层与土壤空气中分放的 CO_2 (马卡洛夫——实验室修正法)。测定时间在林地连续进行五年,采

* 林地资料引用中国林业科学院与四川省林业科学研究所定位试验材料(全国森林土壤学术讨论会论文摘要集1964年);参加部分工作还有梁罕超、张世生同志,并承杨玉坡同志审阅,在此一并致谢。

伐迹地为三年。试验方法按张万儒编的《森林土壤定位研究方法》(1963年)进行。

二、观测结果与分析

(一) 采伐迹地土壤水分状况的变化

森林植被是森林土壤主导的成土因素,森林采伐后必然会引起土壤性状的变化。就土壤水分状况来说,有五个特点: 其一是采伐迹地土壤的水分含量较林地低,在 50 厘米土层内减少 34%,土壤有效水分含量减少 21%(表 1)。

表 1 林地与迹地 50 厘米土层内土壤的水分含量(毫米)

项 目	林 地				迹 地				迹地比林地减少百分率(%)
	I	II	III	平均	I	II	III	平均	
土壤蓄水量	212.00	278.19	199.64	229.94	163.90	131.86	217.45	171.07	34
有效水分蓄量	179.49	173.25	146.15	166.30	126.50	96.37	189.30	137.39	21

注: 系三块不同类型标地 5—9 月 4 年测定平均值。

表 2 不同类型的迹地在 50 厘米土层内土壤水分含量

标 地	类 型	有效水分蓄量 (毫米)	土壤水分蓄量 (毫米)	有效水分占土壤水分%
米亚罗二郎坝 32 沟	山坡中部半阴坡, 箭竹灌丛, 山地棕色暗针叶林土	126.50	163.90	77.18
同上	山坡中部半阳坡, 红白刺-箭竹, 薄层山地棕色暗针叶林土	96.37	131.86	73.08
米亚罗“283”16 沟	山坡中部半阴坡, 箭竹-红白刺, 厚层山地棕色暗针叶林土	189.30	217.45	87.05

但由于采伐迹地本身土层厚薄和次生植被组成的不同,土壤含水量也常有差别。观测结果表明,凡是土层深厚且覆盖良好的采伐迹地,土壤蓄水量都比较高,特别是植物所能利用的有效水分,一般高出其它类型 10%(表 2)。

其二是采伐迹地土壤干湿交替的变化远比林地明显(表 3)。以 10—50 厘米土层为例,在植物生长季节里,采伐迹地土壤的最干时期与最湿时期变幅相差 34.4%,而林地土壤仅为 9.2%。采伐迹地水分条件虽不太差,但由于变幅较大,骤干骤湿,在更新幼苗根系活动力尚不旺盛时,有一定影响。因此掌握水分运行规律,避开不利因素,对提高更新成活率和保存率是有帮助的。

其三是采伐迹地在 20 厘米根系活动层范围内,土壤水分的日动态变化较频繁(表 4),尤以地形比较开阔或林地过分裸露地带为突出。因此,在高海拔阳坡迹地,更新时应适当注意蔽阴措施,对促进幼苗健壮成长有一定作用。

其四是采伐迹地土壤水分的剖面分布状况和运行规律虽与林地相似(图 1),但在植物生长旺期土壤水分含量锐减,与林地土壤水分由初期、旺期、末期递次减少成鲜明对比,反映了森林采伐后,由于草灌入侵与丛生,耗损大量水分(图 2)。

表 3 林地与迹地(5—9月)土壤水分含量比较(%)

类型	项目	土层深度 (厘米)										在 10—50 厘米土层内最干与最湿水分变化幅度
		0—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100	
林地	最干	168.68	66.93	51.18	38.24	28.79	24.19	18.61	25.79	21.63	23.70	9.20
	最湿	266.30	70.48	51.20	41.04	39.48	34.24	29.53	27.49	37.86	30.00	
迹地	最干	162.66	46.24	37.37	25.99	27.70	27.93	28.43	25.21	29.92	22.44	34.38
	最湿	210.81	63.90	50.91	35.86	33.84	31.29	31.71	29.36	31.25	24.35	

表 4 迹地土壤水分的时变化(%)

深度(厘米) \ 测定时间(时)	深度(厘米)				
	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50
8	143.49	36.91	32.92	33.81	29.81
14	95.98	38.32	41.25	31.13	32.99
18	126.98	47.96	37.25	29.24	31.79

其五是采伐迹地年代越长,土壤水分状况越差,一般采伐 3—6 年内更新,土壤水分能满足苗木生长需要,若超过 6 年还不更新,采伐迹地土壤水分已下降到有效水分含量范围之下,更新就愈困难(表 5)。

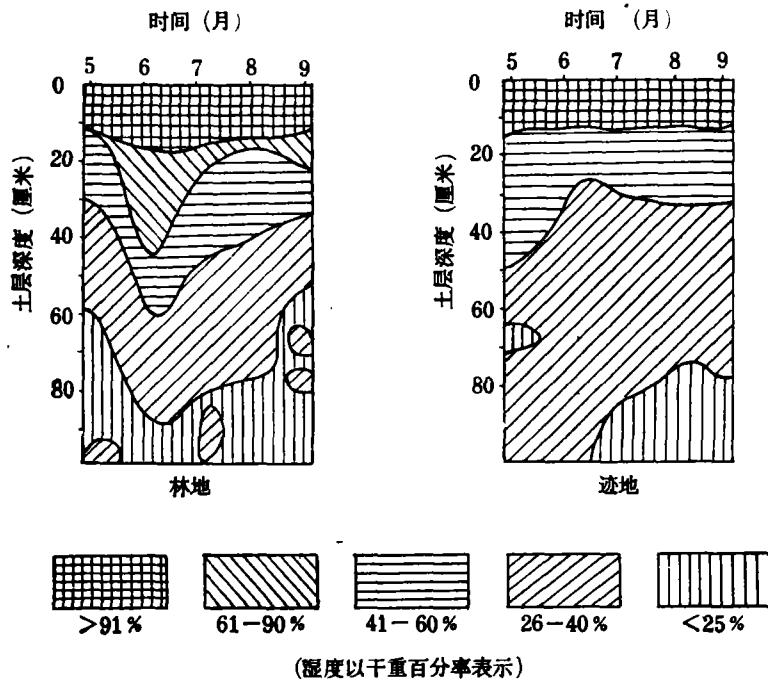


图 1 林地和迹地土壤湿度时间等值线图

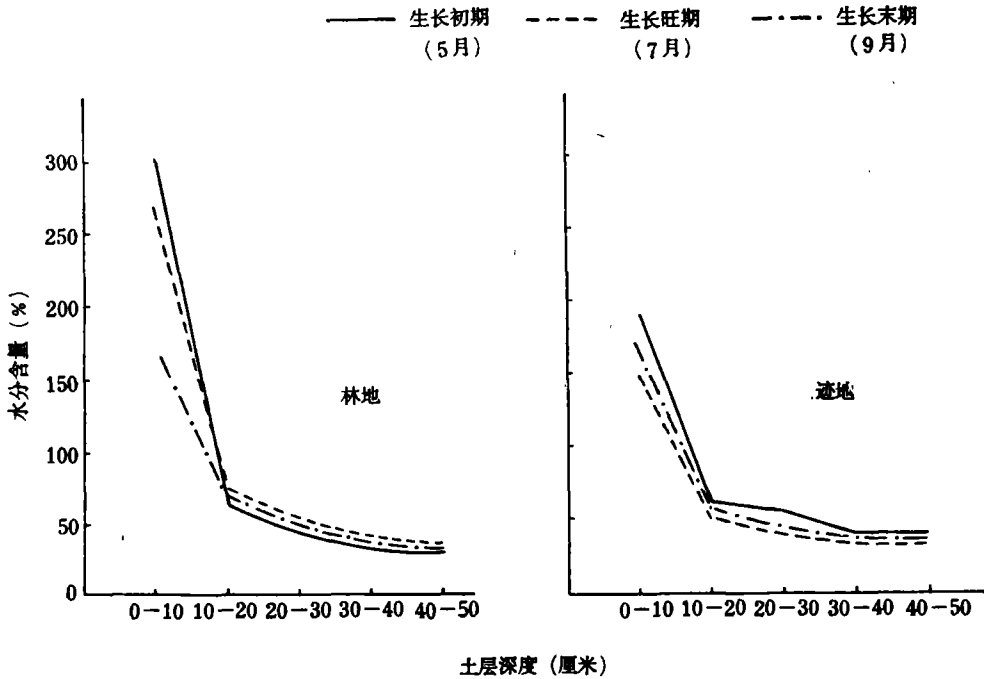


图 2 林地与迹地在植物生长季节时的土壤水分含量

表 5 不同采伐年代的迹地土壤水分变化比较

项目 采伐时间 (年) 深度 (厘米)	土 壤 含 水 量 (%)				有效水分范围 (%)
	3—6 (平均值)	7	8	10	
10—20	47.93	39.81	30.11	20.12	41.92
20—30	36.66	25.62	20.42	18.41	26.19
30—40	29.62	21.31	20.11	17.20	22.64
40—50	25.57	19.24	19.14	17.28	19.53

(二) 采伐迹地土壤温度的变化

森林采伐后,由于浓密林冠的骤然消除,改善了光照条件,从而大大地提高了地表和近地表土层的温度,定位观测证明:采伐迹地地表增温比林地快,约提前两个月,温度变

表 6 林地与迹地的土壤温度变化情况(°C)

类型 时间 (月) 深度 (厘米)	林 地					迹 地				
	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9
0	13.5	12.1	18.5	13.0	16.0	55.0	34.5	34.5	31.5	18.0
10	7.0	7.0	12.0	10.0	9.0	15.6	14.5	17.5	15.0	9.4
20	2.0	5.5	9.0	9.5	8.0	9.8	10.5	13.2	12.2	8.2
30	1.5	5.0	9.0	9.5	8.0	7.3	9.9	12.5	11.5	8.1

幅也较剧烈,如5月24日14时平均地表温度已上升到55℃,而林地仅为13.5℃,但20厘米以下的土层温度常较稳定(表6)。最高温度出现于5月,这对加速土壤有机物的分解,促进养分的释放和转化,以及对植物的生长都有积极的作用。

(三) 采伐迹地土壤水分物理状况的变化

首先表现在土壤容重增大,出现层位升高,一般林地在40厘米以下土层容重才达1克/立方厘米,而采伐迹地自20厘米土层以下就大于1。第二,土壤孔隙度下降,蓄水能力减少(表7)。第三,土壤液相、气相、固相之比例有所变化(图3)。第四,各项水分

表7 林地与迹地的土壤水分物理状况

类型	深度(厘米)	容重(克/厘米 ³)	非毛管孔隙(%)	毛管孔隙(%)	总孔隙度(%)	土壤通气度(%)	排水能力(毫米)	最大持水量(%)	毛管持水量(%)	田间持水量(%)	最佳含水率下限(%)	稳定凋萎含水量(%)
林地	0—10	0.19	30.20	64.80	95.00	22.05	45.64	600.50	421.36	333.67	233.57	53.31
	10—20	0.52	24.14	54.61	78.75	48.85	30.96	150.02	104.08	91.02	63.71	9.24
	20—30	0.70	11.93	71.90	83.83	49.11	17.77	119.84	102.79	94.44	66.10	9.63
	30—40	0.93	18.57	47.83	66.36	25.83	24.11	77.91	58.05	52.06	36.44	8.51
	40—50	1.03	8.38	60.33	68.71	31.33	16.50	66.98	58.81	50.90	35.63	7.10
迹地	0—10	0.29	27.73	50.89	78.62	37.63	44.22	268.69	173.91	117.39	82.17	31.30
	10—20	0.89	17.76	61.66	79.42	36.15	29.18	89.43	61.66	56.57	39.60	11.66
	20—30	1.02	15.99	57.24	73.23	30.64	29.93	71.90	57.24	42.51	29.76	9.52
	30—40	1.00	14.71	50.83	65.54	30.97	28.40	65.44	50.83	37.08	25.96	8.32
	40—50	1.17	14.86	59.46	74.32	35.97	34.00	74.32	59.46	34.46	24.08	6.94

指标比林地下降,如50厘米土层内的最大持水量下降44%,毛管持水量下降46%,田间持水量与最佳含水率下限(即抑制植物生长含水量)下降54%(表7),这些改变可能与迹地土壤中砂粒级含量的明显增加有关。

(四) 采伐迹地土壤的有机质状况

在采伐迹地上,每年进入土壤的枯落物虽然减少了,但由于草灌大量侵入,土壤水热条件的急剧变化,使土壤有机质的累积和分解出现了新的动态平衡。从地上部分的枯枝落叶层来说,其蓄积量比林地减少49%(表8),在组成上也有所改变,藓类地被物亚层和泥炭亚层显著地减少,而枯枝落叶物亚层则大为增加(表9)。枯枝落叶层蓄积的化学元素总含量比林地下降54%(表10)。

再从地下部分的根量来说,采伐迹地根量的绝对值虽与林地相近(前者根蓄积量为16.8吨/公顷,后者为17.2吨/公顷),但两者对土壤性状的影响却大不相同。

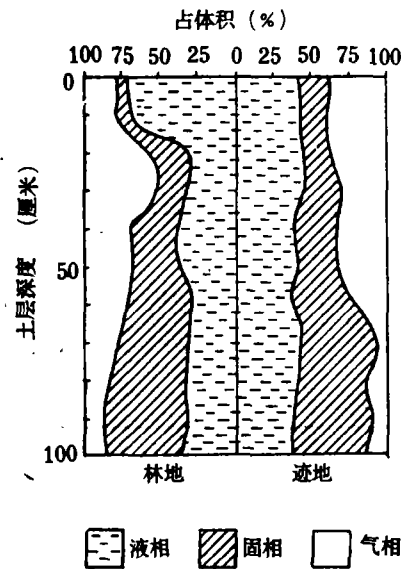


图3 林地与迹地土壤的三相比较

在采伐迹地上过去的乔木根系已逐渐腐烂,为箭竹、红白刺和各种草根所取代。因此,粗根与细根含量的差距缩小,箭竹根由原来(林地)15%上升为70%,尤以20

表 8 林地与迹地的枯枝落叶层蓄积量比较

类型 时间 (月)	林 地				迹 地			
	5	7	9	平均	5	7	9	平均
蓄积量 (绝干: 吨/公顷)	38.34	35.23	39.59	37.72	20.72	17.21	19.69	19.21

表 9 林地与迹地枯枝落叶层中各亚层占总蓄积量的百分比(%)

类 型	亚层分级	藓类地被物亚层 占总蓄积量	枯枝落叶亚层占 总蓄积量	泥炭亚层占总 蓄积量
林 地		7.92	47.67	44.42
迹 地		1.26	63.05	35.69

表 10 林地与迹地枯枝落叶层蓄积的化学元素量(公斤/公顷)

类型	元素	Si	Al	Ca	Mg	Fe	元素总量
林 地		3551.229	862.007	436.534	294.523	397.333	5541.626
迹 地		1620.171	393.273	199.160	134.370	181.275	2528.249

表 11 林地与迹地不同植物根系占总蓄积量(%)

根系 分类	林地类型 根量 (吨/公顷)	林 地				迹 地			
		粗 根	细 根	合 计	占总根量 (%)	粗 根	细 根	合 计	占总根量 (%)
总 根 量		13.330	3.851	17.181	100	8.134	8.627	16.761	100
箭 竹 根		0.996	1.545	2.541	14.79	4.225	7.637	11.862	70.77
云、冷杉根		12.066	1.917	13.983	81.39	3.470	0.147	3.617	21.58
草 根		0.268	0.389	0.657	3.82	0.439	0.843	1.282	7.65

厘米土层内,最占优势,形成了块状或丛状盘结层(表 11),妨碍苗木生长。

(五) 采伐迹地土壤速效性养分的变化

采伐迹地土壤中铵态氮和有效磷的含量均有明显的变化(表 12)。以 50 厘米土层计,铵态氮含量比林地提高 41%,有效磷含量减低 84%,而速效性钾的变化不大。有效磷含量的减少,可能有两个原因,一是土壤中可溶性铁与亚铁含量高,增加对磷的固定,二是草灌丛生后,特别是根系初期生长也会消耗大量磷素,所以有效磷素的季节动态与林地不同,在植物生长旺期显得很为贫乏。

由于次生植被的作用,采伐迹地土壤的可溶性养分仍多集中于表层(表 13)。

表 12 林地与迹地 50 厘米土层内的速效性养分含量(公斤/公顷)

测定时间(月)	类型 养分含量	林 地		迹 地	
		NH ₄ -N	P ₂ O ₅	NH ₄ -N	P ₂ O ₅
5		53.05	162.53	151.66	12.95
7		155.10	55.97	194.73	24.66
9		111.00	161.26	192.81	20.45
平均		106.38	126.59	179.70	19.35

表 13 林地与迹地土壤的速效养分含量

项目 类型 深度(厘米)	NH ₄ -N				P ₂ O ₅			
	林地		迹地		林地		迹地	
	毫克/100克土	占%	毫克/100克土	占%	毫克/100克土	占%	毫克/100克土	占%
0—10	5.85	33.01	9.51	37.03	4.27	22.92	1.77	48.49
10—20	3.29	18.57	4.67	18.19	2.75	14.76	0.39	10.68
20—30	2.44	13.77	4.56	17.76	3.76	20.18	0.38	10.42
30—40	2.58	14.56	3.42	13.31	3.40	18.25	0.42	11.51
40—50	3.56	20.09	3.52	13.71	4.45	23.89	0.69	18.90

(六) 迹地土壤的酸度与可溶性铁、亚铁含量的变化

由于森林采伐后,改善了水热条件,增强了有机质的矿化作用,从而使土壤的酸度降低,一般 pH 值比林地相对提高 0.3—0.8(表 14);这对提高森林土壤肥力,扩大土壤适树性能是有利的。

表 14 林地与迹地的土壤酸度(5—9 月平均值)

深度(厘米)	类型 项目	林 地		迹 地	
		pH (水)	pH (KCl)	pH (水)	pH (KCl)
0—10		5.43	5.07	5.81	5.44
10—20		5.70	4.93	6.53	5.74
20—30		5.43	4.83	6.30	5.57
30—40		5.70	4.90	6.10	5.40
40—50		5.70	5.00	6.01	5.31

但由于森林采伐迹地土壤中干湿变化频繁,氧化与还原作用交替进行,以致可溶性铁含量比林地增多 39%、亚铁增加 55%(表 15)。这对植物根系的生长是不利的,应注意通过整地松土等措施来改善土壤通透性能,减少亚铁离子对苗木根系的毒害。

(七) 枯枝落叶层渗滤溶液的含量及其变化

土壤渗滤水是土壤中有机物与无机化合物进行生物作用的直接媒介,土壤渗滤水的

表 15 林地与迹地 50 厘米土层内土壤可溶性铁的含量(公斤/公顷)

测定时间(月)	项目 类型	Fe ₂ O ₃		FeO	
		林地	迹地	林地	迹地
5		2628.30	5598.10	667.83	1601.09
7		2791.05	10115.59	663.45	1489.98
9		2433.20	5890.60	375.13	721.01
平均		2617.52	7201.43	563.80	1270.73

组成和性质可以反映营养元素参与生物循环及土壤形成作用的过程,也可说明生物物质循环进行的程度。

研究表明:采伐迹地通过枯枝落叶层的渗滤水溶液 pH 为 5.6,比林地渗滤水(pH6.1)略为偏酸;矿化度平均为 0.132 克/升,比林地下降 27%;总碱度为 0.228 毫克当量/升,比林地增加 46%。

每年由枯枝落叶层进入土壤的元素总量为 318.99 公斤/公顷,比林地增加 7%(表 16)。如此可观的化学元素补充到土壤中去,可以减少土壤淋溶过程中所损失的元素,因而采伐迹地的土壤多半没有灰化作用的进行。

表 16 每年通过枯枝落叶层渗滤水溶液淋洗入土壤的化学元素(公斤/公顷)

项目 类型	C	Si	Al	Ca	Mg	Fe	K	元素总量
林地	149.836	75.944	27.834	28.055	10.865	2.156	4.078	298.767
迹地	173.430	55.290	28.080	41.950	7.080	微	13.160	318.990

(八) 采伐迹地土壤空气中分放 CO₂ 含量的变化

森林死地被物是产生 CO₂ 的主要来源,土壤中 CO₂ 含量的多少是生物作用强弱的标志之一。试验表明:在整个植物生长季节里,采伐迹地土壤表层 CO₂ 平均含量高出于林地 74.3%;在 10—30 厘米土层中放出的 CO₂ 以 30 厘米土层最多,若以容积百分率计,10—30 厘米分放 CO₂ 平均比林地高 29.9%(表 17),说明采伐迹地土壤的生物活动比林地强烈。

表 17 林地与迹地土壤空气中分放 CO₂ 的含量(5—9 月平均)

深度(厘米)	项目 类型	表层	10	20	30	10	20	30
		单位 (公斤/公顷·小时)	(容积%)			(毫克/升)		
林地		1.4326	0.0515	0.0450	0.0547	1.0100	0.8823	1.0720
迹地		2.3886	0.0632	0.0634	0.0699	0.8737	1.2444	1.3703

就二氧化碳的季节性动态变化来说,采伐迹地 CO₂ 分放的高峰期出现于植物生长初期(5 月),5、6 月份土壤空气中 CO₂ 的含量超过大气中 CO₂ 含量的 1—2 倍(图 4),这与

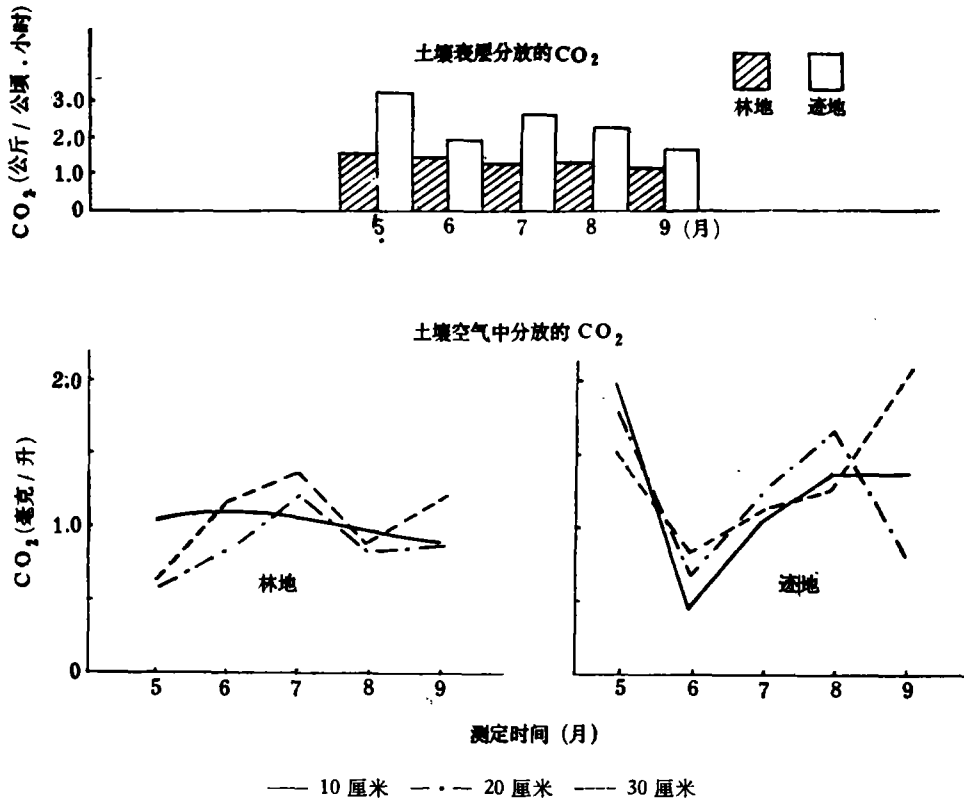


图4 林地和迹地土壤表层、土壤空气所分放的 CO₂

土温的观测结果是一致的。

采伐迹地土壤分放 CO₂ 的时变化以 10—16 时为多, 如土壤表层 10—16 时平均为 2.78 公斤/公顷·小时比 8—10 时(平均为 2.63 公斤/公顷·小时)多 26.8%, 比 18—20 时(平均为 1.71 公斤/公顷·小时)多 38.5%; 又如 10 厘米土层内, 若以容积百分率计, 10—16 时(平均为 0.104%)比 8—10 时(平均为 0.070%)多 34.6%, 比 18—20 时(平均为 0.068%)多 32.7%; 在 20 厘米土层内, 10—16 时(平均为 0.090%)比 8—10 时(平均为 0.037%)多 58.9%, 比 18—20 时(平均为 0.088%)多 2.3%; 30 厘米土层内 CO₂ 的时变化较为稳定。

由此可见在整个生长季节中, 土壤中生物作用的不均匀性, 与森林采伐后植被条件与气候因子的变化有密切的关系。

三、结 语

根据对川西林区森林土壤与采伐迹地的对比研究, 可以得出如下初步结论:

1. 森林采伐后土壤水热状况发生了显著的变化, 如有效含水量减少, 干湿变化明显, 水分日动态变化频繁, 在植物生长旺季土壤水分含量锐减, 地表的增温比林地约提早两个月, 温度变幅较大等, 给予土壤性状以深刻的影响。

2. 随着土壤水热条件的改变, 土表和土层中分放的二氧化碳较多, 生物活动增强, 土壤中主要营养元素如速效氮含量显著提高, 每年由枯枝落叶层进入土壤的元素总量增加, 土壤酸度有所降低, 也没有发生泥炭化和灰化现象, 这对土壤肥力的改善, 采伐迹地幼树的生长或更新造林均为有利。

3. 采伐迹地上灌丛和草本植物滋生繁茂, 土壤表层形成紧实的草根盘结层, 这对保护土被, 防止水土流失有良好作用, 但对冷杉、云杉林的天然更新或植树造林产生不利影响。又由于采伐迹地土壤容重增加, 孔隙度和蓄水能力减少, 土壤湿度趋于降低, 可溶性铁和亚铁含量显著增加, 有效磷素贫乏, 对苗木根系生长不利, 可以采用整地松土或宽带、大穴等抚育措施, 以利于更新幼苗的生长, 减轻亚铁离子对苗木的毒害。

根据以上几点可以认为, 川西林区在采伐后六年内的迹地上, 水热条件基本上尚能满足苗木生长的需要, 但由于 0—20 厘米土层内水热条件变幅较大, 在高海拔阳坡采伐迹地上必须采取适当蔽阴措施, 才利于幼苗生长。由于采伐迹地土壤水、热、气、肥的释放比林地提前约两个月, 因而可以根据当地海拔、坡向、土壤解冻时间等情况来及时安排更新植苗的工作。

A PRELIMINARY STUDY ON SOIL FERTILITY OF THE CUT-OVER AREA IN WESTERN SICHUAN

Liu Xing-hua

(Department of Biology, Yunnan University)

Summary

This paper deals with the study by plot experiments on the relationship between soil conditions of different cut-over areas and reforestation. The results showed that the hydrothermal regime of the cut-over area where trees were removed six years ago could possibly meet the needs of growth of regenerated seedlings. Owing to the significant variation of the hydrothermal regime of the surface soil (0—20 cm) of cut over area on the sunny slope at high altitude, it was necessary to take proper shading measures for the favorable growth of seedlings.

The larger amount of carbon dioxide that was evolved from the soil surface and contained in the soil air of the cut-over area as compared with that of the forest land showed that the biological activities were intensified, the decomposition of organic matter was accelerated and the contents of nitrogenous nutrients were increased. All these were conducive to the improvement of soil fertility and thereby beneficial to the growth of young trees and reforestation of the cut-over area.

Owing to the frequent variation of soil moisture and the alternative changes of oxidation-reduction processes in the soil of cut-over area, the available phosphates were decreased as a result of increase of ferrous iron in soil, which were unfavorable for the growth of regenerated seedlings.

Moreover, the layer of dense roots formed by weeds and shrubs produced unfa-

avorable effects on the growth of both natural and planted spruce and fir. Hence, proper measures such as leveling and loosening of soil and nursing of seedlings had to be made to prevent the injury of ferrous ions.

Because the time of thawing of soil of the cut-over area was about 2 months earlier than that of the forest land, the soil conditions such as soil moisture, nutrient contents, soil aeration and temperature of the cut-over area were more favorable for seedling growth. It is recommended that the planning of reforestation should be based on the local altitude, direction of slope and the time of thawing of the soil.