
研究简报

长江防护林(四川段) 初期水土保持效益研究

史立新 彭培好 慕长龙

(四川省林业科学研究院·成都市·61008)

摘 要 该文重点研究了新造防护林前5年的防护效益。结果林冠截留系数可达19%,地表径流系数比荒地减小10%至19%,土壤蓄水能力比荒地提高90%。造林第3年产沙量减少至造林前的0.3至0.9,第5年时仅为造林前的0.1至0.3。同时防护林效益将随林龄增加而增长。

关键词 防护林初期 水土保持效益

Study on the Initial Soil and Water Conservation Benefits of Yangtze River Protective Forest

Shi Lixin Peng Peihao Mu Changlong

(Sichuan Institute of Forestry, Chengdu, 610081, PRC)

Abstract The initial 5--years benefits of newly built protective forest are studied in this paper. The results show that the canopy interception coefficient is up to 19%, runoff rate of overland flow decreases by 10~19% and the soil water storage capacity increases 90% than slope wasteland in the early two years. The annual sediment yield is decreases 10~70% in the third year and will be up to 70~90% in the fifth year after the protective forest has been built. At the same time, the benefits of protective forest will increase along with forest age prolonging.

Keyword: Initial period of protective forest; Benefits of soil and water conservation

1 前 言

由于森林的破坏和滥垦开荒,带来土壤水土流失。50年代四川森林覆盖率约为20%,由于58年大规模采伐至60年代初,森林覆盖率下降到9%,从而出现水土流失加剧。50年代水土流失面积为9.4万 km²,80年代增加到23万 km²,岷江上游森林覆盖率80年代初较之50年代初下降11.2%,紫坪铺年平均径流量较50年代减小22亿 m³。^[1]

据研究,三峡库区随着植被的破坏,土壤侵蚀量以农耕地最高达60%,林地仅占6.19%,灌

丛占10.76%,草地占23.05%^[1]。足见植被的存在,对水土保持多么重要。故通过营造防护林来保持水土,改善生态环境已是人们的共识,因此“八五”期间,国家在长江两岸营建0.066亿hm²以上的防护林(其中四川营造166.18万hm²)。其时间空间的变化过程,这在以往的研究资料中反映不多。为了进一步认识防护林初期的效益变化,以及为提高防护林效益提供理论依据,特对四川境内长江防护林营建初期的效益进行了研究。

2 研究方法

为观测防护林营建初期的防护效益,采取以定位研究为主,点面结合的方法。先后在简阳清水河小流域、平武宽坝、绵阳官司河、广元碗厂、沟小流域、西充洋溪河小流域设立定位研究站,设置有桉柏混交林、杉木林、针阔混交林(青杠、川柏混交)、柏木林、马尾松林、松杉混交林等类型观测防护效益。布设有径流堰、径流场,水量平衡场和气象站等,对各森林类型的水土流失状况,按中央气象局地面气象观测规范和中华人民共和国水利电力部水土保持技术规范进行常年观测。

同时对四川省的重点长防林县的阆中、荣县、潼南、渠县、通江、奉节、德阳、绵阳、会东等地进行面上的防护林效益补充调查。观测样地面积20m×30m,每年观测各物种的高、径生长、盖度、生物量,并测定各灌、草和枯落物的吸水率。同时对土壤进行物理性质测定和采用新的方法,在防护林中埋设铯134Cs)进行放射性损失量估算土壤侵蚀量的观测。

3 自然概况

试验区14个县市,主要位于四川盆地丘陵、盆边山地及云贵高原的边缘地带,地处长江上游,境内有嘉陵江、渠江、沱江、涪江、金沙江及长江流域。东到奉节、西至平武、北到广元、南至会东,平均海拔300至3 000m。气候为亚热带和北亚热带气候,年平均气温14.7至18.7℃,≥10℃以上积温5 065至6 100℃。年降雨量953至1 289mm,雨量丰富。降雨多集中在5月至10月,暴雨多出现在5月至9月,且强度大、次数多,加之本区土壤又主要为紫色土和黄壤,由于紫色土疏松,故易出现水土流失现象。

另外本区原生地带性植被——亚热带常绿阔叶林,由于长期人为破坏,残存无几,现有植被以营造的马尾松林、柏木林、桉柏混交林为主,树种单一,森林覆盖率低,平均14.4%左右。加之本区为四川的农业主产区的重要组成部分,耕地成积大,又是暴雨地区,故土壤侵蚀日趋严重,平均侵蚀模数达4 500t/(Km²·a)左右。因此应在该区大力营造防护林,以发挥森林的生态经济效益,营建一个良好的生产和生活环境十分必要。

4 试验结果

4.1 林地植被具有良好的蓄水功效

4.1.1 林冠截留雨水、减小地面冲刷 每株林木不管大小,都有一定的树冠,因而具备拦截

表1 不同降雨强度下防护林的截留状况					
雨量分级 (mm)	小雨 <10	中雨 10.1~25.0	大雨 25.1~50.0	暴雨 50.1~100.0	大暴雨 100.0~250.0
林木截留量 (mm/m ²)	1.19~3.03	3.2~13.9	4.03~10.8	1.92~7.94	7.94~13.9
截留系数 (%)	24.6~50.0	15.9~43.2	9.2~29.0	2.3~7.8	7.8~9.2

降水对林地的直接冲刷和减小降水强度的能力。虽然防护林营建初期由单株、孤立向形成一个

郁闭的群落发展,但在此过程中就具备截留雨水、减小冲刷土壤的作用,只是存在减轻程度的大小而已。随着林龄的增加这种功能就明显地反映出来。从表1看出造林5年的桉柏混交林,虽然降雨强度不同,但每次降雨后,防护林幼林可截留降水的7.8%~50%,年均截留系数达19.5%。特别在小到中雨条件,防护林截留作用更加明显,一般为降雨量的20%~50%。在大雨和暴雨条件下,截留作用在10%以下。另外从广元站所测的12年杉木林,8年生针阔混交林(6青杠4川柏)和10年生阔叶林(萌生麻栎),年平均截留率都分别达29.9%、35.7%和19.64%。同时从现有研究资料反映出,由于所建防护林类型结构不同,其拦截作用有差异,以针阔混交林>阔叶林>针叶林。

4.1.2 灌木草本具有截留雨水的作用

防护林除乔木层外,林下还有灌木和草本层,它们通过吸附和拦截,起到截留雨水的作用,从而达到减小地表径流强度,降低土壤侵蚀的作用。从表2可看出,所有灌木种均有吸附雨水的能力,其持水率由于树种不同而有差异,其中以巴山木竹持水率最高,达233.3%,其次是

表2 各种灌木草本持水率

灌 木	种名	悬钩子	映山红	桉木	铁仔	黄荆	合欢	蔷薇	油茶	忍冬	国槐
	持水率(%)	68.0	69.4	35.7	36.1	57.3	27.0	28.0	22.3	42.9	14.9
	种名	野 柃 椿	马 桑	胡 颓 子	南 独 独	野 枣	火 棘	荻 葵	栎 类	巴山 木竹	
草 本	持水率%	10.0	37.7	36.8	58.3	55.7	51.1	23.5	38.1	233.3	
	种名	铁 芒 箕	白 茅	莎 草	竹 叶 草	荩 草	芒	里 白	乌 蕨	金 发 草	
	持水率(%)	84.7	53.4	52.3	72.9	116.2	75.0	45.0	66.7	83.3	

悬钩子、映山红、南独、野枣、火棘和黄荆等,持水率达50%~70%其余种在50%以下。灌木平均持水率在15%~50%的范围,即可截留吸附的雨水可达自身重的15%~50%。而草本持水率还要大些,平均达45%~116%,比灌木高出一倍。其中以荩草持水率最高,达116.2%,次之铁芒箕,金发草等,平均在83%左右,其余的在50%~70%。并且叶质地柔软的植物吸附降水能力更强。

另外从表3反映出,在新造林地一般草本盖度可达40%~90%,其生物量可达1.3%~11t/hm²每次降雨其截留降水可达1~7t/hm²之多。

表3 防护林幼林样地各年草截留降水能力

样地号	林地类型	造林各年草盖度%					各年草生物量 t/hm²					各年草截留水量 t/hm²				
		第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年
绵阳-1	桉柏混交林				68.0					1.5						
阆中-1	桉柏混交林	54.6	71.0	62.6	60.0			1.26					0.79			
阆中-3	桉柏混交林			52.0	49.2	36.0			3.2		4.3			2.28		3.10
德阳-17	桉柏混交林		91.8	76.7	71.6			9.2	11.5	4.9			5.75	7.18	3.05	
会东-1	华山松幼林				84.3					3.1					2.15	
荣县-2	马尾松幼林			5.1	9.3	11.3			1.5					1.06		

4.1.3 林地枯落物具有蓄水保水功能 枯落物层由于具有吸水能力和覆盖地表的作用,可保护土壤免受雨滴冲刷,减缓地表径流速度(地表径流是产生土壤冲刷的主要原因)、延长径流历时和增加土壤腐殖质和有机质的作用。通过对防护林营建初期的1~8年观测,同样具有枯落物的积累。从表4中反映出,造林后第2~8年中,防护林幼林枯落物虽比成林少5~6倍,但也有0.26~1t/hm²,而且盖度达25%~90%,厚度达0.5%~2.6cm。

表4 造林各年枯落物状况

林地号	林地类型	枯落物盖度(%)					厚度(cm)					重量(干重)(t/hm ²)				
		第2年	第3年	第4年	第5年	第6年	第2年	第3年	第4年	第5年	第6年	第2年	第3年	第4年	第5年	第6年
德阳-3	桉柏混交林	90		50			0.4		0.6			0.26	0.27			
德阳-17	桉柏混交林		80	86.7	53.0			0.5	2.5	1.5			0.43	0.92	1.0	
阆中-1	桉柏混交林	30	70	85			0.5	1.9	2.6			0.87	0.87	1.07		
荣县-2	马尾松幼林			5	16	23			3.0	0.7	2.0			0.17	0.85	0.79
荣县-3	马尾松成林(33~36年)		100	60	70	80		3.0	4.3	2.8		4.3	2.8	4.31	5.0	6.28
德阆-18	桉柏混交林(5~8年)		90		45	50		1.4		0.56	0.42		0.51	0.46		

为了反映枯落物的吸水能力,对各种类型的防护林枯落物最大持水率和有效持水率(%)进行了测定。从表5反映出,枯落物吸附雨水的能力达到211%~311.1%,即吸收降水的能力为自身重量的2~3倍,比灌木和草本强,分别要高6~20倍和3~6倍。

表5 不同树种防护林枯落物最大持水率

项 目	华山松	松杉混交林	栎林	柏木林	桉柏混交林	杉樟混交林	马尾松麻栎林	桦木林	杉木林	马尾松林
最大持水率%	282.7	312.8	229.0	211.2	246.0	238.1	331.1	282.6	279.7	287.6
有效持水率%	216.7	234.6	210.4	166.0	209.5	172.2	280.8	214.7	209.7	271.1

由于营建初期防护林有一定的枯落物,故有一定的蓄水保水能力,并随防护林营造时间的增加而提高。德阳17号样地桉柏混交林,造林第3、4年至5年时,每hm²林地枯落物在一次降水中,呈逐年上升趋势(见表6)。阆中桉柏混交林,造林后第2、3、4年,枯落物持水能力分别达1.63t、1.46t和2.0t。荣县马尾松林造林第4、5、6年时,持水能力分别达0.49t、1.63t和2.26t,也呈逐年上升趋势。

表6 不同防护林枯落物持水能力

样地号	林地类型	造林第几年	枯落物量(t/hm ²)	最大持水率%	有效持水率%	持水量(t/hm ²)
德阳-17	桉柏混交林	3	0.43	246.04	209.5	1.06
		4	0.92	246.04	209.5	2.26
		5	1.00	246.04	209.5	2.46
阆中-1	桉柏混交林	2	0.87	187.16	170.67	1.63
		3	0.78	187.16	170.67	1.46
		4	1.07	187.16	170.67	2.0
荣县-2	马尾松幼林	4	0.17	287.6	271.06	0.49
		5	0.58	287.6	271.06	1.63
		6	0.79	287.6	271.06	2.26
荣县-3	马尾松成林	36	6.28	222.6	196.28	14.0

从前样地枯落物蓄水能力与枯落物的关系,反映出它们关系密切,并呈直线关系,其方程式如下:

$$Y = 0.4795 + 2.3592x \quad n = 15 \quad y = 0.992$$
$$Y = \text{林地枯落物蓄水能力(t/hm}^2\text{)} \quad x = \text{林地枯落物量(干重 t/hm}^2\text{)}$$

由此可通过林地枯落物,可直接计算出一次性降水林地枯落物的蓄水能力。

4.2 林地地表径流减小,调节水分能力提高

当其雨水的供给量,超过土粒最大持水量和土壤孔隙最大容水量后,即产生水的地表径流和冲刷土壤。而通过营建防护林,即可起到减缓作用,而且在营建初期就具有减小地表径流,调节水分的功能。从表7中反映出,不同地区,不同林地类型条件下,一致反映出防护林地,农耕地可减少地表径流(以地表径流系数反映)3%~29%。一般营造5年的防护林地地表径流系数可达9%~19%,比荒山或耕地可减少10.7%~19.8%。由于林地类型不同或林龄不同,其径流系数有差异。表现为混交林地地表径流系数小于纯林,简阳张家岩同为13年的桉柏混交林径流系数为3.2%,而纯柏木林为5.6%,高出混交林近一倍。林龄大的小于林龄小的,西充9年的柏木纯林径流系数为9.4%,比5年的桉柏幼林小10.4%。阔叶林小于针叶林,绵阳官司河6~7年的栎林径流系数就比同龄的湿地松林小近一倍达6.5%。

另外,通过1990年7月至1991年8月,对西充造林7年柏木幼林,5年桉柏混交林和农耕地的地表径流观测看出,新造林同样具有减小地表径流的作用。当降雨量小于13mm时,均不产生径流,当降雨达14mm时,农耕地开始产生径流,当降雨达23mm(中雨)时,农耕地径流深达4.26mm(见表8),而柏木幼林和桉柏混交幼林此时均不产生径流。当降雨量达24mm时,桉柏幼林依然不产生径流,而柏木幼林才开始产生径流仅0.05mm,农耕地则达4.7mm(是柏木

表7 不同林地类型地表径流比较

地 点	林地类型 与 利用类型	树 龄 (年)	郁 闭 度	平均 高 (m)	平均 胸径 (cm)	地表径流		备注
						流量 (mm)	系数 (%)	
西充洋溪 河试验站	柏木林	9	0.5	3.0	4.1	12.26	9.4	1990~ 1991年 6~8 月测
	桉柏幼林	5	0.2	7.5 4.0		20.27	19.84	
	农耕地					34.7	39.05	
简阳张家 岩试验站	墨西哥柏幼林	4	0.7	4.4	4	19.8	9.1	1986~ 1990 年测
	荒 草 坡					47.0	26.4	
简阳张家 岩试验点	桉柏混交林	13	0.8	5.7	4.5	30.3	3.2	1981~ 1985 年测
	柏木林	13	0.8	4.1	3.6	52.9	5.6	
	荒 山					95.6	9.6	
绵阳官司 河试验站	栎 林	7	0.80	3.95	2.9	56.0	6.5	1991~ 1995年测
	湿地松幼林	6	0.43	2.1	3.0	110.0	13.2	
	草 坡					189.9	23.9	
广元碗厂 沟试验站	麻栎林	10	0.8	6.8	6.2	18.81	9.77	985~ 1995年测
	马桑林	5	0.95	4.07	5.1	74.8	14.4	

林的94倍)。农耕地在小至中雨条件下即产生地表径流,而林地在中至大雨条件下方产生径流。在中雨(10~25mm)至暴雨(50~100mm)条件下,林地径流深将比耕地减小0.71至11倍。即使在特大暴雨(100~215mm)条件下,林地径流深也比农耕地减小16%~39%。

同时在观测中还反映出,由于防护林组成树种不同,影响地表流径大小。柏木是针叶树种,截留雨水的能力不如阔叶树种——桉木,表现出桉柏混交林比柏木纯林减小地表径流效果好。

并且在观测中还反映出,随着造林时间的增长,地表径流系数减小,保水能力逐步提高。从表9中反映出,广元新造8年湿地松幼林,各年生长与地表径流系数均随林龄的增长而减小。造林第3年(1989年)时径流系数达49%,到造林第6年(1992年)时,径流系数达38.2%,比第3年减少10%,到第8年达26%,比第3年减少近一倍,说明营造防护林5年左右,即可产出较好调蓄水分效益。

表8 不同雨量与林地类型地表径流比较

降雨量 (mm)	径流深 (mm)	柏木林	桉柏林	农耕地
		林龄7年	林龄5年	
		陡坡带状整地	斜坡穴状整地	斜坡
23		0	0	4.26
24		0.05	0	4.70
25		0.41	0	5.15
26		0.78	0	5.60
27		1.14	0	6.04
28		1.51	0	6.49
29		1.78	0.16	6.93
30		2.24	0.40	7.38
50		9.51	5.2	16.29
100		27.7	17.3	38.58
200		64.08	41.56	83.16
216		68.64	46.19	89.86

注:1990年7月至1991年8月测于西充罐
壕试验站

表9 林木生长与径流量的关系

年 龄	湿 地 松			降水量 (mm)	径流量 (mm)	径流系数 (%)
	高(m)	径(cm)	冠幅(m)			
1987	0.2	地径0.4				
1988	0.28	0.6				
1989	0.56	1.2		1169.3	573.3	49.0
1990	0.97	2.0	0.45×0.5	1153.7	300.4	26.0
1991	1.83	4.8			800.1	26.4
1992	2.03	胸径2.2		931.1	355.4	38.2
1993	2.89	3.9	1.2×1.1	736.4	262.4	35.6
1994	3.37	5.5		837.8	218.8	26.1
1995						

注:资料来自简阳清水河试验站

4.3 林地土壤蓄水能力提高

防护林由于树木根系的垂直生长和水平延伸,不但疏松了土壤,并增加了林地孔隙度,从而提高了林地土壤蓄水能力。为反映防护林土壤蓄水能力,采用土壤总孔隙度和非毛管孔隙度及单位面积蓄水量来反映。总孔隙度可反映土壤容纳雨水的最大容量,非毛管孔隙度是反映土壤主要蓄水量和水分渗透能力兼备的指标。从表10看出,防护林营建初期,由于林木根系生长的原因,土壤物理性质均得到改善,特别是非毛细管孔隙度得到提高。简阳云龙造林4年的桉柏混交林、墨西哥柏林和桉木林均比荒草坡提高1%~3%,并随时间增长,林地非毛管孔隙度增大,如26年的桉柏林,非毛管孔隙度达9.39%,比荒地的3.41%增加5.93%,提高1.75倍。在简阳张家岩13年生林地,也比荒山的4.26%提高0.67~1.4倍。绵阳官司河6年湿地松林地非毛管孔隙度达6.31%,也比草坡的4.26%提高0.5倍。从而为提高林

表10 防护林地与荒地土壤物理性状比较

地点	林地类型	林龄 (年)	郁闭度	平均 高(m)	平胸 均径 (mm)	密度 株/hm ²	非毛管 孔隙度 (%)	毛管 孔隙度 (%)	总孔 隙度 (%)	土种
简阳清水河试验站	桉柏混交林	4	0.95	6.7 2.7	6.0 1.2	4200 3800	8.01	42.4	50.41	棕紫泥
	墨西哥柏林	4	0.7	4.4	4.0	4200	4.41	42.2	46.48	
	桉木林	4	0.9	5.4	4.3	4000	5.64	40.6	46.19	
	桉柏林	26	0.95	9.7 7.4	7.5 5.9	2000 1800	9.39	35.89	45.28	
	荒草坡						3.41	42.8	46.21	
简阳张家岩	桉柏混交林	13	0.8	5.7	4.5	2711	10.01	37.59	47.6	黄红紫色土
	桉木林	13	0.8	8.3	5.7	2532	14.27	29.4	43.7	
	柏木林	13	0.8	4.1	3.6	5775	10.0	33.96	43.97	
	荒山						5.97	33.13	39.1	
绵阳官司河试验站	马尾松林	26	0.5	7.3	9.4	1200	6.98	37.56	44.54	老冲积黄壤
	湿地松	6	0.43	2.1	3.0	3300	6.31	32.77	39.04	
	草坡						4.26	37.44	41.7	

地蓄水能力创造了条件。

在荣县,造林4年的马尾松林地与荒地比较(见表11),马尾松幼林总孔隙度和非毛管孔隙度,分别达48.1%和6.14%,分别比荒地高2.33%和2.25%,非毛管孔隙度增大0.58倍。土壤容重为1.39g/cm³比荒地的1.45g/cm³小。土壤物理性质的改善,从而使马尾松幼林地蓄水能力提高,达341.2t/hm²,比荒地的181.2t/hm²,蓄水高出0.87倍,蓄水深高出荒地16mm。

表11 防护林与荒地土壤蓄水状况比较

林地类型	土深 (cm)	总孔隙度 (%)	非毛管孔隙度(%)	饱和持水量		土壤容重 (g/cm ³)	蓄水量 (t/hm ²)	蓄水深 (mm)
				(%)	(mm)			
马尾松幼林 (荣县—2) 造林4年	0~20	54.68	13.36	46.1	109.4	1.19	267.2	19.7
	20~30	47.49	2.74	33.6	47.5	1.42	27.4	9.7
	30~50	42.14	2.33	26.0	84.3	1.57	46.6	4.7
合计或平均		48.10	6.14		241.2	1.39	341.2	34.1
荒 地 (荣县—4)	0~10	48.08	6.65	31.4	48.1	1.39	66.5	6.6
	10~20	44.12	2.92	28.3	44.1	1.51	29.2	2.9
	20~30	44.12	3.39	27.9	44.1	1.51	33.9	3.4
	30~50	46.76	2.58	31.5	93.5	1.43	51.6	5.2
合计或平均		45.77	3.89		229.8	1.45	181.2	18.1

另外通过营建防护林后,提高了林地土壤透水性,从而也增强了林地的蓄水能力。从表12反映出,在西充罐垭造林5年的桉柏混交林和柏木马桑林,其土壤渗透系数K₁₀,均比荒坡大700至1 000倍。这样可减小雨水径流,增加渗入土壤水分。可见防护林营建的前5年,也有保水蓄水功能,并比无林地高。

4.4 防护林土壤侵蚀量减小

为观测防护林初期的保土效益,在防护林地埋设铯(134Cs)进行放射性损失量估算侵蚀量的观测。从表13中反映出,在德阳、潼南、阆中、奉节等地造林初期的3年、5年、7年期间,造林后比荒地土壤侵蚀量大大减小。在德阳东河,造林3年和6年的桉柏混交林,土壤侵蚀量仅为荒山8.61t/(hm²·

表12 防护林与荒坡土壤透水性(K₁₀)比较

取土类型	荒坡(ck)	桉柏混交林	柏木马桑林
取土深 cm	0~5 6~25	0~5 6~25	0~5 6~25
造林节几年		5	5
渗透系数 K ₁₀ mm/min	1.97 0.68	20.0 5.0	30.1 5.05
与CK比±%	100 100	1015 735	1527 743

a)的24.39%~32.16%,侵蚀量减小了5.8~6.5t/(hm²·a),防护林起到了保持水土的作用。在奉节,造林5年的洋槐川柏混交林和马桑林,与荒山相比,其侵蚀量减小到为荒山9.82t/(hm²·a)的12.39%和17.02%。在阆中,造林7年的桉柏混交林,土壤侵蚀量也减小到荒山3.27t/(hm²·a)的66.9%。在西充罐垭,造林5年的桉柏混交与荒山相比,其径流深和产沙量分别为17.59mm 和5.6kg/m³(1991~1992年平均),分别比荒山的46.57mm 和18.1kg/m³减少62%和69%,说明造林初期林地具有较明显的减少土壤侵蚀和保土作用。

另外从表13中反映出,保土效益随造林时间的增长效果更明显。在德阳东河造林3年的桉柏混交林,侵蚀量为2.77t/(hm²·a)(为荒地的32.16%),而造林6年时,侵蚀量则减少为2.1t/(hm²·a)。这种现象在潼南荒山与马尾松成林、阆中荒山与柏木成林的比较中都反映出来。

表13 防护林与荒山土壤侵蚀量比较

地点	林地类型	造林年	郁闭度	树高 m	胸径 cm	灌木 度 %	草盖 度 %	土壤侵 蚀量 t/hm ² ·a	测定 年份 (年)
德阳 东河	荒 山					2.0	80.0	8.61	1993
	桉柏混交林	3	0.8	4.06	4.83	0	85.0	2.77	1993
	桉柏混交林	6	0.7	4.87 4.94 3.14	1.02 3.68 2.29	0	66.7	2.10	1993
潼南	荒 山					0	8.7	10.27	1994
	马尾松成林	2.1	0.93	10.4	9.9	0.1	11.0	3.04	1994
阆中	荒 山					13.5	55.4	3.27	1994
	柏木成林	17	0.55	3.11	2.2	11.7	57.6	1.03	1994
	桉柏混交林	7	0.72	6.35	4.4	26.9	39.0	2.19	1994
奉节	荒 山						30.0	9.82	1994
	洋槐川柏林	5	0.5	1.92	2.76	10	51.0	1.22	1994
	马桑林	5	0.4	2.5		77.3	45.0	1.67	1994

林当年由于破土引起水土流失较多,故产沙量比造林前大增,分别达到110.26t/km²和107.5t/km²,分别比造林前荒地产生沙量增大15.5倍和7.31倍。但造林第2年时,由于林木拦截雨水和根系固着土壤,产沙量大大下降,分别为8.99t/km²,仅比造前增加0.34倍和1.4倍,几乎达到未造林前水平。到造林第3年时,就低于造林前产沙量,只为造林前的3/10和9/10。到第5年时保土效果更好,产沙量分别减少到造林前的1/10和3/10。如与荒地比较,造林各年产沙量也低于前者。由此可知,营建防护林后与造林前相比,虽造林当年产沙量大,但在造林第2年后产沙量会大大减少,第3—5年就起到明显的保土作用。

4.5 林地土壤状况改善

由于营建防护林的根系生长和枯落物的积累分解,使林地土壤得到改善。从表15中看出,不同林地类型的4种防护林,其林地枯落物和非毛管孔隙度,比荒草坡明显增加。枯落物可达9t/hm²,比荒草坡增加2.17—3.39倍。非毛管孔隙度也比草坡增加1.34至0.29倍。土壤速效养分的增加,则以氮和磷增加明显,比荒草坡的氮含量和磷含量公别提高1.02~2.3倍和0.49~2.38倍。并且营建4年中,对土壤容量,有机质含量和速效性钾肥力有微弱增加。

同时营建4年的防护林,对土壤结构也有一定改良作用,它促进土壤水稳性团粒结构增多。从表16中反映出,5龄桉柏混交林土壤大于0.25mm 粒径水稳性团粒总数为95.21%,9年柏木林为86.38%,荒坡土壤为81.05%。说明林地土壤较荒地的抗蚀性增

强,特别是桉柏混交林下土壤大于5mm 粒径的水稳性团粒数量竟达70.24%,均高于柏木林的41.95%和荒坡的41.71%。适于植物生长的土壤10~1mm 粒径的水稳性团聚体,桉柏混交林

在广元也是这样,新造8年湿地松幼林,造林第3年时(99年)输沙模数为2724.3t/hm²·a,到造林第7年时。输沙模数为1404.5t/hm²·a,比第3年减小48.44%,造林第8年时,输沙模数为1283.8t/(hm²·a),比第3年减小52.87%。在简阳清水河,造林前和造林初期各年(前5年)产沙量也随林龄的增长而下降(见表14)。桉柏幼林和墨西哥柏幼林与造林前相比,造

表14 防护林不同时期雨季产沙量 t/km²

造林第几年	5~9月 降雨量 (mm)	荒草坡	桉柏 幼林	墨西哥 柏幼林	柏木成林
造林前(1989年)	501.6	29.4	6.7	14.7	9.44
第1年(1990年)	689.7	214.0	110.26	107.5	20.0
第2年(1991年)	592.9	45.42	8.99	35.63	2.74
第3年(1992年)	756.2	42.91	1.91	12.91	21.12
第4年(1993年)	794.8	37.81	2.39	23.41	37.93
第5年(1994年)	477.0	4.86	0.60	4.6	14.80
平 均	635.4	61.58	21.82	29.2	17.67

表15 防护林初期土壤状况与荒草坡比较

林地类型	林龄 (年)	枯落 物量 (t/hm ²)	土壤 容重 (g/cm ³)	非毛管 孔隙度 (%)	土壤有 机质增 加(g/kg)	土壤速效养分 mg/kg		
						N	P	K
桉柏混交林	4	7.16	1.41	8.01	23.1	116.4	6.8	112.0
墨西哥柏林	4	5.17	1.35	4.41	30.6	71.2	3.0	112.8
桉木林	4	9.0	1.43	5.64	23.1	93.4	6.03	104.7
荒草坡		1.63	1.42	3.41	30.2	35.2	2.01	70.7

土壤高达87.03%，比柏木林的63.87%和荒地的62.04%要高20%以上。

上述说明造林后,使林地枯落物增加,土壤物理性质改善,特别是非毛管孔隙度增加,土壤肥力提高和土壤团粒结构改善,从多方面改善了林地土壤状况。

5 小 结

5.1 植被层保水功能增强

林冠可截留降水,造林5年的桉柏混交林平均截留系达19.5%,针阔混交林)阔叶林)针叶林。灌木和草本吸水率分别达自重的15%~50%和80%,新造林地草本持水量可达1~7t/hm²。枯落物吸水率可达自重的2~3倍,新造林地(1~5年)枯落物可达0.26~1t/hm²,吸水量可达1~2.5t/hm²。

5.2 林地可减小地表径流

一般营造5年的防护林比荒山地地表径流系数可减少10.7~19.8%,并随防护林林龄增长,径流系数减小。

表16 长防幼林与荒地土壤大团聚体水稳性分析

林地类型	林龄(年)	各级团聚体数%(粒径:mm)						>0.25mm 团聚体 总数
		>5	5~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	<0.25	
荒地		41.71	11.17	9.16	11.33	7.18	18.95	81.05
柏木林	9	41.95	11.37	10.55	15.14	7.37	13.62	86.38
桉柏混交林	5	70.24	10.07	6.72	4.82	3.36	4.79	95.21

5.3 林地土壤蓄水能力提高

土壤蓄水主要靠毛细管,愈多蓄水愈多。造林4年,非毛管孔隙度比荒地提高1%~3%,土壤蓄水量比荒地高0.87倍,达341.2t/hm²。而且土壤透水性提高,土壤渗透系数比荒地大百倍。

5.4 防护林土壤侵蚀量减小

营造3年和6年桉柏混交林,其土壤侵蚀量仅为荒地的11.19%和1.16%。同时保土效益也随林龄增长提高,所造5年桉柏幼林和墨西哥柏幼林,虽造林当年均比造林前产沙量高15倍和7倍,到第3年时,产沙量仅为造林的0.3~0.9倍,第5年时仅0.1倍和0.3倍。可见造林3~5年时,防护林就有明显的保土作用。

5.5 土壤状况改善

造林后土壤速效养分增加,氮和磷分别比荒地增加1~2倍和0.5~2.4倍。5年的桉柏混交林,大于5mm土壤水稳性团粒结构比荒地高42%,土壤10~1mm粒径的水稳性团聚体高于荒山25%。

参加此项工作的还有陈秀明、龚固堂、陈俊华、张志勇等同志,在此一并致谢!

参 考 文 献

1 四川省林学会专题调研组.四川省防护林建设的研究与实践.长江中下游防护林建设论文集,北京:中国林业出版社,1991,5~10

2 史德明等.长江三峡区土壤侵蚀规律及泥沙来源分析.水土保持学报,1991,(3),9~21

3 何贵平等.杉木新造林地水土流失规律研究初报.林业科学研究,1993,(6)686~690

4 杨玉盛等.杉木幼林地水土流失研究.水土保持学报,1993,(3)

5 马雪华等.亚热带杉木马尾松人工林水功能的研究.林业科学,1993,(3)

6 李德生等.石灰岩山地植被水土保持效益的研究.水土保持学报,1993,(2)57~62

7 赵鸿雁等.山杨林的水土保持作用.西北林学院学报,1993,(3)39~44

8 相吉华.山丘地区森林保持水土效益的研究.水土保持学报,1995,(6)47~52

9 李华等.泰山鸢尾崖林区森林保持水土效益分析.中国水土保持,1991,(9)22~23

10 陈廉杰.森林类型与水土流失关系探讨.贵州林业科学,1994,(1)53~57