

森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价*

吴钦孝 赵鸿雁 刘向东 韩冰

(中国科学院水土保持研究所 陕西杨陵 712100)
(水利部)

摘要 在综合分析森林枯枝落叶层各水文生态功能和蓄水减沙效益的基础上,首次提出了在森林垂直结构的3个层次中,枯枝落叶层是实现森林涵养水源、保持水土的主要作用层。它所涵养的降水达到了农地径流量的62.9%,它具有的保持土壤的能力,足以使坡面森林采伐后不会出现新的水土流失。因此,保护好这一死地被物层是山区营林工作的重要任务。

关键词 枯枝落叶层; 水源涵养; 水土保持

中图分类号 S715.3

Evaluation on Role of Forest Litter to Water Source Conservation and Soil and Water Conservation

Wu Qinxiao Zhao Hongyan Liu Xiangdong Han Bing

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and
Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract Based on the comprehensive analysis on the hydro-ecological functions of forest litter and its benefits to water storage and sediment reduction, the litter as a main working layer among the three layers of forest vertical structure conserving soil and water source is put forward firstly. According to the determination, the conserved rainfall by the litter reaches to 62.9% of the runoff in farmland, and its capacity to conserve soil is enough to control soil and water loss after forest has been cut in the slope land. So litter is an important layer of forest management in mountain region.

Key words forest litter; water source conservation; soil and water conservation

森林巨大的水文生态作用,早已为国内外有关专家和学者的大量观测所证实。它通过林冠层、枯枝落叶层和根系土壤层对降水,特别是暴雨的有效调节,可以明显地减轻水土流失,避免洪水水患。但是,在上述森林3个作用层中,各层所发挥的作用和内容是不一样的,其中,枯枝落叶层具有特别重要的意义。

1 枯枝落叶层的水文生态功能

枯枝落叶层由于直接覆盖地表,其水文生态作用表现的形式和内容较多,除了与林冠层一

样能截持降水外,更有吸收和阻延地表径流,抑制土壤蒸发,改善土壤性质,增加降水入渗,防止土壤减蚀,增强土壤抗冲能力等功能。

1.1 截持降水

枯枝落叶层的截持作用,通常与其自身的蓄积量、降雨强度、湿润周期等有关。据设置在黄土丘陵区中龄油松林内8个直径为20cm、底层为铁纱并盛有原状枯落物的降水截持框的测定,其不同雨量级的截留量如表1所列。

表1 油松枯枝落叶层对不同降雨量级的截留量

Tab. 1 The rainfall interception in Chinese pine litter under different rainfall amount

降雨量级(mm)	观测次数	截留量(mm)	截留率(%)
5.1~ 10.0	4	1.7	28.7
10.1~ 20.0	7	2.1	17.4
20.1~ 30.0	2	2.4	10.0
30.1~ 40.0	4	2.6	7.6
40.1~ 50.0	5	2.8	6.7
50.1~ 60.0	3	2.5	4.9

由表1可见,枯枝落叶层的截留量一般随雨量级的增加而增加,但截留率则呈下降趋势,这与降雨时间和黄土高原降雨特征有关。据统计,其年截留量分别占大气降水量的10.2%,占林内降水量的11.8%;六盘山主要森林类型山杨、白桦、辽东栎和华北落叶松林枯枝落叶层的年截留量则分别占5.6%~13.0%和7.5%~20.9%。枯枝落叶层的截留过程可分为截留、产流和饱和3个阶段,但达到饱和持水通常需24~36h,这在黄土高原出现的机率很小。据浸水试验结果表明,该地区主要森林类型的饱和持水量约相当于其自身重量的1.8~3.5倍。

1.2 阻延地表径流

当降水量超过枯枝落叶层饱和持水量或降水强度超过其临界持水能力又不及入渗土壤时,林地坡面便产生径流。此时,由于枯枝落叶层的存在,径流在其中的流动速度因受阻而减缓,其减缓的时间随枯枝落叶的厚度、坡度和径流深度而变化。采用流水槽法对山杨的测定结果表明,当径流深为1mm,坡度为25°,枯落物厚度为3cm时,径流速度为2.0cm/s,而在同样条件下,无枯落物覆盖时则可达57.1cm/s,两者相差27.5倍。图1表明了黄土高原常见坡度25°时油松各枯枝落叶层厚度在不同径流深度下的径流速度。

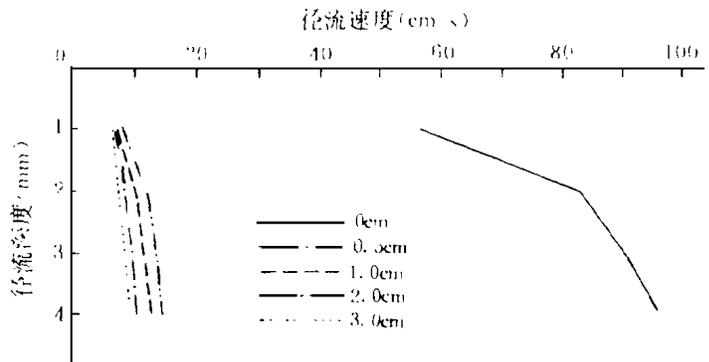


图1 油松枯枝落叶层阻延径流速度效应

Fig. 1 The impeding effect of Chinese pine litter on runoff speed

图1表明了黄土高原常见坡度25°时油松各枯枝落叶层厚度在不同径流深度下的径流速度。从图中

可以看出,在不同径流深度下,各枯枝落叶层厚度均能明显地阻延径流速度,滞后产流的时间,其中在径流深 1~3mm 时阻延的效应更为显著。

1.3 抑制土壤蒸发

在研究流域水量平衡时,土壤蒸发是不可缺少的组成部分,为确定枯枝落叶层抑制土壤蒸发的作用,分别设计了 0, 2, 5cm 三种枯落物厚度和 1/2, 3/4, 1 个田间持水量 3 种土壤水分水平。田间持水量的重量含水率为 22%,以 1 计。

根据对山杨林的试验结果,枯枝落叶层抑制土壤蒸发作用明显,其抑制效应与枯落物厚度和土壤水分水平关系密切(表 2)。

表 2 不同枯落物厚度下的土壤蒸发量

Tab. 2 The soil water evaporation amount under the different litter depth

枯落物厚度	0 cm		2 cm		5 cm	
	(g/d)	(%)	(g/d)	(%)	(g/d)	(%)
1/2 田间持水量	9.6	100.0	9.5	99.0	7.2	75.0
3/4 田间持水量	17.9	100.00	11.1	62.0	7.3	40.8
1 个田间持水量	38.5	100.0	12.9	33.5	8.4	21.8

由表 2 可知,土壤表面覆盖枯落物后,由于阻碍了土壤表面蒸发水分与大气水汽的直接交换,以及折射、反射和吸收的太阳能增加,蒸发动力变小,土壤蒸发量减少。同时,随着枯落物厚度增加,水分子在其中移动的距离增大,蒸发阻力变大,蒸发量亦随之减小。而土壤水分的增加,使土壤中各孔隙充水,其表面蒸发后水分补偿的速度加快,所以蒸发量就随之加大。

1.4 防止土壤溅蚀

雨滴打击地表所引起的土壤破坏和迁移现象是土壤侵蚀的重要形式,利用溅蚀板对油松和山杨林内的溅蚀量所作的测定结果表明,枯枝落叶层可有效防止土壤溅蚀发生,且林地溅蚀量随枯落物厚度增加而急剧减少(图 2)。

由图 2 可见,当山杨枯落物厚 0.5cm 和 1.0cm 时,溅蚀量分别减少 76.4% 和 79.5%;在油松枯落物厚 1.0cm 和 1.5cm 时,溅蚀量分别减少 79.6% 和 94.0%。当枯枝落叶层厚 2cm 时,则两林下均无溅蚀发生。

1.5 增强土壤抗冲效应

枯枝落叶层自身抵抗水流冲刷的能力,以及通过影响林地土壤结构和植物根系含量,均能增强土壤的抗冲效应。利用抗冲槽法,在坡度为 25°,冲刷流量达到黄土高原常见暴雨雨强在标准小区内产生的最大流量 4L/min 时,对覆盖有不同枯落物厚度的林地土壤进行抗冲刷试验的结果(表 3)表明,覆盖有 1cm 厚枯落物时,可减少土壤冲刷量 47.1%~89.8%,覆盖 2cm

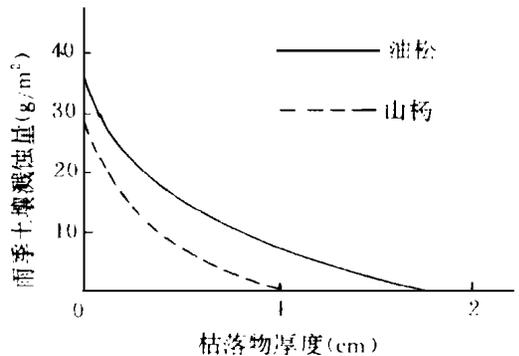


图 2 溅蚀量随枯落物厚度的变化

Fig. 2 The splash erosion amount changes with the litter depth

时即可基本或完全防止冲刷发生。

表3 枯落物增强土壤的抗冲效应

Tab.3 The soil anti scouring effects increased by litter

枯落物厚度 (cm)	冲刷流量 (L/min)	冲刷历时 (min)	土壤冲刷量(g)			
			油松	山杨	刺槐	沙棘
0	4	15	27.5	37.0	171.6	168.4
1	4	15	2.8	6.2	90.8	72.6
2	4	15	0	0	28.7	5.5
3	4	15	0	0	10.2	0
4	4	15	0	0	0	0
5	4	15	0	0	0	0

1.6 枯枝落叶层水文生态功能综合分析

综合分析上述枯枝落叶层水文生态功能,发现其共同规律是:随着枯落物厚度增加,林地径流速度减缓,土壤蒸发量、溅蚀量、冲刷量逐渐减少,即控制效应逐步增强。若将枯枝落叶层的这些效应增强70%~80%视为有效,则枯枝落叶层阻延径流速度的最低有效厚度为0.5cm,这时,径流速度可降低约85%;抑制土壤蒸发的最低有效厚度为1.0~2.0cm,这时,土壤水分在田间持水量水平时蒸发量可减少75%;防止土壤溅蚀的最低有效厚度为0.5~1.0cm,这时,土壤溅蚀量可减少75%以上;提高土壤抗冲刷性能的最低有效厚度为1.0~2.0cm,这时,土壤冲刷量可比无枯落物覆盖减少80%以上。基于黄土高原的土壤性质和地形条件,这些数值与国外关于流域坡面上枯枝落叶层厚度达到1.0cm左右时可基本防止水土流失的结论是基本一致的。

2 枯枝落叶层的蓄水减沙效益

在枯枝落叶层各水文生态功能综合作用下,其蓄水减沙效益非常显著。据对设立在中龄油松林内油松原状林和林地去枯枝落叶层径流小区连续7年观测,林地去枯枝落叶层后,其径流深度和土壤侵蚀量均较原状林分有很大的增加,前者较后者分别提高5.2倍和27.9倍(表4)。

由于这些径流小区所处坡度相同(均为21°),且区内保持相似的林冠层和灌木草本层,因此,所减少的径流量和泥沙量可以被认为是枯枝落叶层作用的结果,也是它蓄水减沙效益的主要反映。特别是在产流方面,无枯枝落叶层覆盖林地的年径流量达到了农地径流量的74.7%。而在次暴雨测定中,因前期土壤干旱等原因,有时其径流量甚至超过农地的径流量(表5)。但在产沙方面,枯枝落叶层的作用比较复杂,除了直接覆盖地表,抵抗雨滴打击和径流冲刷外,它还具有改良土壤结构,促进根系发育,从而增加降水入渗的功能,而后者与根系固持土壤的作用又是联系在一起的。作为消除根系影响的措施,我们利用人工降雨,在长4m、宽1m的试验小区内,以不同的坡度和雨强,对裸地和表层覆盖有油松和山杨枯枝落叶层的土壤,进行了试验和测定(表6)。测定结果表明,即使没有根系的固持,仅仅在枯枝落叶层保护下,也能抵御30min暴雨的冲刷,比裸地减少土壤冲刷量92.7%~98.7%,而且,随着坡度和雨强的增加,减少的比例有增大的趋势。

表 4 油松林不同处理的产流产沙量比较

Tab. 4 The comparison of runoff and sediment yield under different treatment of Chinese pine forest

年 份		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	平均
雨季降雨量 (mm)		408.7	274.5	367.5	418.8	304.1	230.4	325.5	332.8
油松林	径流深 (mm)	1.86	3.28	3.28	2.61	2.04	1.27	0.63	2.01
	径流系数	0.005	0.009	0.009	0.006	0.007	0.006	0.002	0.006
	泥沙量 (t/km ²)	2.35	5.75	0.81	0.63	0.19	0.22	0.12	1.44
林地去 枯枝落 叶层	径流深 (mm)	31.86	8.07	18.89	18.18	3.77	3.38	3.38	12.50
	径流系数	0.078	0.029	0.051	0.043	0.012	0.015	0.01	0.034
	泥沙量 (t/km ²)	181.79	23.06	54.62	16.90	2.45	7.45	4.62	41.56
农 地	径流深 (mm)	29.41	20.79	34.17	15.37	4.42	6.39	6.64	16.74
	径流系数	0.072	0.076	0.093	0.037	0.015	0.028	0.020	0.048
	泥沙量 (t/km ²)	6778.76	4076.80	5967.17	177.63	84.83	169.10	147.26	2485.94

表 5 次暴雨条件下油松林不同处理产流产沙特征值

Tab. 5 The runoff and sediment yield characteristics of Chinese pine land under individual storm

处理	降雨量 (mm)	降雨历时 (min)	平均雨强 (mm/min)	10min 最大雨强 (mm/min)	径流量 (m ³ /100m ²)	径流系数	冲刷量 (kg/100m ²)
油松林	31.2	68	0.46	1.22	0.1036	0.033	0.034
林地去枯 枝落叶层	31.2	68	0.46	1.22	0.8895	0.285	17.79
农 地	31.2	68	0.46	1.22	0.7691	0.247	3452.03

注: 测定日期为 1992 年 7 月 10 日。

表 6 枯枝落叶层在不同坡度和雨强下的减沙作用

Tab. 6 The reducing sediment effects of litter under different slope gradient and rainfall intensity

雨 强		1.0mm/min			2.0mm/min		
		10°	20°	30°	10°	20°	30°
裸 地	冲刷量 (t/km ²)	112.0	290.7	380.3	667.6	2679.6	4851.8
	实际雨强 (mm/min)	1.12	0.90	1.15	1.86	1.79	2.13
油松枯枝落 叶覆盖地表	冲刷量 (t/km ²)	8.2	13.6	14.0	41.4	86.2	76.1
	比裸地减少 (%)	92.7	95.3	96.3	93.8	96.8	98.4
	实际雨强 (mm/min)	1.10	1.18	1.05	1.73	2.09	1.94
山杨枯枝落 叶覆盖地表	冲刷量 (t/km ²)	7.8	12.4	17.4	37.7	72.4	60.4
	比裸地减少 (%)	93.0	95.7	95.4	94.3	97.3	98.7
	实际雨强 (mm/min)	1.16	1.20	1.12	2.26	2.09	1.94

注: 枯枝落叶层 2cm。

3 枯枝落叶层保持水土、涵养水源作用评价

3.1 枯枝落叶层是森林涵养降水的主力军

多年的试验结果表明,黄土高原森林和森林草原地带农地雨季年均径流深 16.7mm(四川,1990~1996年)~17.8mm(安塞,1980~1989年),约相当于降水量的 5%。中龄油松林去枯枝落叶层后平均每年可比原状林增加径流深 10.5mm,相当于该地区农地产流量的 62.9%。据观测,林地坡面每年出现产流的降水次数为 5~10 次,通常在降水超过 10mm 后发生。特别是在出现暴雨时,枯枝落叶层涵养降水的作用更为突出。如上述 1992 年那场 31.2mm 的暴雨,由林下枯枝落叶层接纳的降水达 7.9mm,相当于降水量的 25.2%,为其当年总接纳量 15.6mm 的 50.6%。这部分暴雨径流由地表渗入地下,无疑大大降低了洪水流量。可见,在森林涵养水源、稳定河川流量、减少断流现象等方面,枯枝落叶层具有独特的主导作用。其它森林类型的枯枝落叶层,虽可因蓄积量、性质和结构不同而有差异,但其主导作用不变。

3.2 枯枝落叶层是森林保持土壤的重要力量

由于枯枝落叶层是作为森林空间结构的第二作用层参与发挥林分的整体生态功能,它在其中保持土壤的效果虽相对显著,但未能凸现(表 4)。但是,如果把枯枝落叶层作为一个单独的层次提出,那么可以清楚地看到,它所产生的减沙效益十分巨大。以油松和山杨林为例,与裸地相比其枯枝落叶层所减少的冲刷量可以达到约 95%(表 6)。因此,在实行森林采伐作业时,保持枯枝落叶层不被破坏,对防止水土流失具有决定性的意义,并在其完全分解以前,将森林或天然或人工予以更新,就不会引发新的水土流失。

3.3 切实保护枯枝落叶层是营林工作的重要任务

黄土高原的天然林,一般都具有 1~3cm 的枯枝落叶层,保护好这一作用层,是山区营林工作的重要任务。该地区现有的人工林,由于缺少良好的结构,目前效益普遍低下,从而在一定程度上引起了对水土保持林草措施的争议和怀疑,直接影响到水土流失治理方针的决策和实施。而造成这一状况的根本原因,则在于这些林地地表,由于人为扫除、牲畜采食等多种原因,失去枯枝落叶层保护之故。为了充分发挥森林保持水土、涵养水源的作用,积累、形成和保护这一死地被物层,具有不可忽视的重要意义。

参考文献

- 1 刘向东,吴钦孝等.六盘山林区森林树冠截留,枯枝落叶层和土壤水文性质研究.林业科学,1989,25(3)
- 2 赵鸿雁,刘向东等.枯枝落叶层阻延径流速度的研究.中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊,1991,(14)
- 3 赵鸿雁,吴钦孝等.森林枯枝落叶层抑制土壤蒸发的研究.西北林学院学报,1992,7(2)
- 4 韩冰,吴钦孝等.林地枯枝落叶层对溅蚀影响的研究.防护林科技,1994,(2)
- 5 汪有科,吴钦孝等.林地枯落物抗冲机理研究.水土保持学报,1993,7(1)
- 6 吴钦孝.黄土高原植被保持水土功能和机理研究及趋势.见:土壤侵蚀环境调控与农业持续发展.西安:陕西人民出版社,1995
- 7 侯喜禄,曹清玉.陕北黄土丘陵沟壑区植被减沙效益研究.水土保持通报,1990,10(2)