

# 山杨林地枯落物层对溅蚀的影响

韩冰 吴钦孝 刘向东 汪有科 赵鸿雁

中国科学院 西北水土保持研究所, 杨陵 712100  
水利部

**摘要** 天然降雨下30年生山杨林内溅蚀试验结果表明, 当  $I_{30}$  (最大30分钟雨强) 为 0.076 mm/min 或  $P_0$  (林内降雨量) 为 3.3 mm 时, 清除枯落物层林地发生溅蚀, 在  $I_{30}$  为 0.35 mm/min 或  $P_0$  为 25.56 mm 时具 1 cm 枯落物层的林地不发生溅蚀; 从溅蚀月动态看出 7、8 月份占全年溅蚀量的 60% 以上; 在同一土壤和坡度条件下,  $I_{30}$ 、 $P_0$ 、 $H_L$  (枯落物层厚度) 是溅蚀发生的主要因素, 且溅蚀量 ( $S_e$ ) 与其呈二次多项式回归关系, 但当枯落物层具有一定厚度时溅蚀与其他因素无关。溅蚀主要发生在清除枯落物层的林下, 随枯落物层厚度增加, 溅蚀量剧减, 当枯落物层积累到 1 cm 时防止土壤溅蚀量达 97.50%。

**关键词** 枯落物层; 溅蚀; 土壤保持

The effects of litter layer on splash erosion in *Populus davidiana* woodland Han Bing, Wu Qin-Xiao, Liu Xiang-Dong, Wang You-Ke and Zhao Hong-Yan (Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *J. Plant Resour. & Environ.* 1994, 3(4): 5~9

Under the condition of natural rainfall, the results of splash erosion experiment in the woodland of 30-year-old *Populus davidiana* have shown; if  $I_{30}$  (maximum thirty-minute intensity of rain) = 0.076 mm/min or  $P_0$  (the precipitation inside woodland) = 3.3 mm, the splash erosion will be occurred by the removing of litter layer, splash erosion is absent when litter layer is of 1 cm,  $I_{30}$  = 0.35 mm/min or  $P_0$  = 25.56 mm. Splash erosion in July and August occupies more the 60% of the total annual amount. Under the same status of soil and gradient,  $I_{30}$ ,  $P_0$  and  $H_L$  (litter layer thickness) are the major factors which control the occurrence of splash erosion, and the splash erosion amount will express quadratic multinomial regression relation to them, but when the litter layer reached a certain thickness, splash erosion is not related with the other factor. Splash erosion mainly occurs on the woodland which litter layer has been removed, with the increasing of litter layer, splash erosion intensely reduced, when the litter layer accumulation reaches 1 cm, it can prevent from 97.5% soil splash erosion.

**Key words** litter layer; splash erosion; soil conservation

雨滴打击地表所引起的土壤破坏及迁移现象是土壤侵蚀的主要形式。近数十年来, 国外学者, 如 W. D. Ellison 等<sup>[7]</sup>, 通过大量实验, 认为雨滴溅蚀是引起土壤侵蚀的重要因素; 国内近几年来不少学者<sup>[2, 3, 5]</sup>也进行了这方面的研究, 认为降雨因素和坡度与溅蚀关系密切。本文分析林内下垫面诸因子中的枯落物层对雨滴溅蚀的影响。

## 1. 试验方法

**1.1 标准地设置** 试验区位于陕西延安东南部宜川县铁龙湾的松峪沟,属黄土丘陵区,坡向东北和东坡,坡度 $25^\circ$ ,海拔1500 m,植被发育良好,灰褐色森林土。30年生山杨(*Populus davidiana*)林平均株高6.5 m,胸径10 cm,郁闭度0.7,密度2100株/ha,蓄积量 $50\sim 55\text{ m}^3/\text{ha}$ ,林下仅有零星灌木和少量草本植物,主要为苔草(*Carex lanceolata*),盖度0.2。

**1.2 研究方法** 溅蚀量的测定采用 W. D. Ellison 的土壤溅蚀板,安放于郁闭度适中的林下,溅蚀板垂直于水平面布置,在槽顶部高出地面1 cm,分别收集向上和向下坡的溅蚀土壤。每次下雨后将收集的泥水样品在室内烘干称重,求其溅蚀量。溅蚀板于1991年随机安置于林内。设置枯落物层厚度为0、0.5、1及2 cm 四个处理,每处理有1个重复设置(减少人为误差)。

## 2. 结果与分析

### 2.1 降雨因素对溅蚀的影响

降雨因素是雨滴溅蚀发生发展的唯一外营力条件。由于自然降水到达林冠后,一部分雨滴穿过林冠空隙,直接落入林地;一部分雨滴经林冠聚积,形成新的雨滴再落入林地,使得林内雨滴径级变幅增大,粗大雨滴偏多。林内雨滴终速决定于林冠层中部距地面高度,我们测定雨滴直径5 mm,在林外到达地面速度的9.19 m/s,山杨林内7.97 m/s,林内雨滴终速虽然有所降低,但雨滴质量增加比例远比雨滴终速降低比例大,经测定与分析,山杨林内雨滴动能较空旷地大3.7倍。鉴于黄土丘陵区的特殊地貌及气候特征,考虑到暴雨特点和暴雨动能的计算,将清除枯落物层的溅蚀量与降雨因素进行二元二次多项式回归,相关系数(R)是  $P_0$ ,  $\bar{I}$ (平均雨强 mm/min)为0.6117、 $P_0$ ,  $I_{10}$ (最大10分钟雨强)为0.6806、 $P_0$ ,  $I_{30}$ 为0.6940,  $P$ (林外降雨量 mm)  $I_{30}$ 为0.6936,表明  $P_0$ ,  $I_{30}$ 相关系数高于  $P_0$ ,  $\bar{I}$ ,  $P_0$ ,  $I_{10}$ ,  $P$ ,  $I_{30}$ 。即  $P_0$ ,  $I_{30}$ 是影响溅蚀的降雨因子。因溅蚀发生在短时暴雨内,降雨历时不起主要作用,不考虑它的影响。

1991~1992年试验区降水85次,林内发生溅蚀14次(见表1),大山杨林内当雨强较小( $I_{30}$ 是0.0761 mm/min)时林下清除枯落物层有溅蚀发生,且  $I_{30}$ 增大,溅蚀量也增大。而在较大雨强作用下( $I_{30}>0.14\text{ mm/min}$ )1 cm 枯落物层林下不发生溅蚀,当  $I_{30}$ 为0.523 mm/min 时溅蚀量只有0.05 g,是清除枯落物层林下溅蚀量的1.47%,微小的溅蚀量几乎可以略去,而2 cm 枯落物层林下大的雨强也无溅蚀发生。当  $P_0$ 是3.3 mm 时林下清除枯落物层有溅蚀发生,这些微量的降雨之所以产生土壤溅蚀,主要原因是下垫面条件差异所致,当下垫面具1 cm 枯落物层时只发生5次降雨溅蚀,且溅蚀量较清除枯落物层林下减少97.50%,即使一次性降水71.9 mm 其溅蚀量也很少,只有0.1 g,具2 cm 枯落物层即使大的林内降雨也无溅蚀发生。所以降雨因素  $I_{30}$ ,  $P_0$ 是影响溅蚀发生的主要因子,林下枯落物层是溅蚀发生的决定因素。

表1 山杨林地枯落物层厚度对溅蚀量的影响

Tab 1 Effects of litter layer thickness ( $H_i$ ) on splash erosion amount of  $P_0$  and  $I_{30}$  in the woodland of *Populus davidiana*

枯落物 厚度 $H_i$ (cm)	在 $I_{30}$ 、 $P_0$ 下的溅蚀量 Splash erosion amount (g)													
	27/7	15/8	4/5	23/5	29/5	17/6	8/7	10/7	19/7	2/8	8/8	20/8	29/8	30/8 <sup>1</sup>
	6.1467	0.1407	0.5290	0.9063	0.3550	0.2433	0.1834	0.7624	0.3472	0.1730	0.2082	0.1078	0.2370	0.0761 <sup>2</sup>
		3.3	28.4	5.8	8.1	18.9	5.5	23.9	26.2	11.7	71.9	19.3	14.0	13.5 <sup>3</sup>
0	1.2	1.85	3.4	1.85	2.15	2.55	0.35	3.5	2.6	5.1	5.6	1.0	0.55	0.35
1	0.35	0.30	1.0	0.1	0	1.0	0	1.4	1.0	0	2.0	0.25	0.15	0
1.5	0	0.10	0.05	0	0	0.35	0	0.20	0	0	0.10	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1. Determining date (day/month) 2.  $I_{30}$ : maximum thirty-minute intensity of rain (mm/min) 3.  $P_0$ : the precipitation inside woodland (mm)

## 2.2 枯落物层厚度与溅蚀的关系

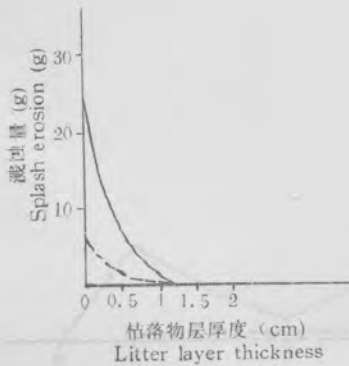


图1 枯落物层厚度对溅蚀量的影响

Fig 1 Effects of litter layer thickness on splash erosion

— 向下坡溅蚀总量 Total splash erosion downward slope  
 - - - 向上坡溅蚀总量 Total splash erosion upward slope

2.2.1 向下坡溅蚀总量分析 1991~1992年向下坡溅蚀总量见图1。随着林下枯落物层厚度增加向下坡溅蚀总量剧减。0.5 cm 枯落物层较清除枯落物层溅蚀量减少 76.49%，1.0 cm 枯落物层溅蚀量减少 97.76%，2 cm 枯落物层可防止土壤发生溅蚀。

2.2.2 向上坡溅蚀总量分析 从图1看出林下向上坡溅蚀总量明显小于向下坡溅蚀总量。清除枯落物层林内向上坡溅蚀量是向下坡溅蚀量的 19.59%，0.5 和 1 cm 枯落物层林内向上坡溅蚀量是向下坡溅蚀量的 19.84% 和 33.33%，比清除地表枯落物层向上坡溅蚀量分别减少 76.19% 和 96.19%。

2.2.3 溅蚀总量分析 溅蚀总量为向上坡与向下坡溅蚀总量之和。溅蚀主要发生在林下清除枯落物层，向上坡溅蚀量远远小于向下坡溅

蚀量，溅蚀主要发生在向下坡溅移，且随枯落物层厚度增加，溅蚀量剧减。1 cm 枯落物层防止土壤溅蚀量达 97.50%，枯落物层大于 1 cm 时即无溅蚀发生。说明山杨林地枯落物层厚 1 cm 时能起到水土保持的作用。

总之，枯落物层是森林立体层次一个不可缺少的重要组成部分，它的作用不仅可以保护地面，免受降水直接打击，分散和调节径流，而且更能减少雨滴动能，增加入渗，防止土壤溅蚀从而保持水土，这是其他非林地土壤无法比拟的。

2.2.4 不发生溅蚀的枯落物层厚度 我们将溅蚀试验延续到 1993 年，结果见表 2，随着时间的推移，枯落物层本身的结构及枯枝落叶的分解发生变化，部分枯落物分解并相互缠结，可见到黄色或白色的菌丝体，有的变成腐殖质转移到矿质土层，未分解的枯落物在地表聚积缠结成片，从而改善了土壤理化性质，增加土壤的通气性及透水性，形成具有较大颗粒的水稳性团粒结构，其次真菌的菌丝体缠绕土壤颗粒，阻止土粒被雨水溅散，抑制溅蚀的发生。从

观测结果证明了这点, 1993年溅蚀总量较1991~1992年明显减少, 林下无枯落物层的溅蚀量减少68.17%, 0.5 cm厚枯落物层溅蚀量减少65.56%; 另外在溅蚀板安装的当年, 枯落物层因受人为扰动因素影响, 故1991~1992年观测的溅蚀量较大, 实际会小些, 布设试验第三年(即1993年)人为扰动因素减少, 溅蚀量更小, 即1 cm枯落物层林下不发生溅蚀。

表2 山杨林地枯落物层厚度对溅蚀量(g)的影响(1993)

Tab 2 Effects of litter layer thickness ( $H_l$ ) on splash erosion amount (g) in the woodland of *Populus davidiana* in 1993

枯落层厚度 $H_l$ (cm)	溅蚀量 Splash erosion amount (g)										
	11/5*	11/6	26/6	10/7	14/7	21/7	29/7	31/7	3/8	13/8	22/8
0	0.4	0.5	1.2	0.8	0.3	0.4	0.6	3.4	0.7	1.4	0.5
0.5	0.3	0	0	0.5	0.3	0	0	0.4	0	0.5	0.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\*测定日期: 日/月, determining date (day/month)

### 2.3 溅蚀月动态

以1992年观测结果为例说明溅蚀的月份变化。从图2可见, 溅蚀均发生在一年中的5~8月份, 且8月份更为明显, 5月份溅蚀量也较大, 可能系实验误差所致。山杨林下7、8月份林下清除枯落物层溅蚀量占全年的65.79%, 在1 cm厚枯落物层溅蚀量很少, 几乎没有溅蚀。说明溅蚀主要发生在林下清除枯落物层且有短时大暴雨的夏季。

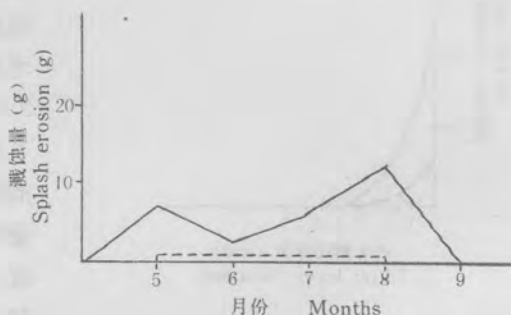


图2 不同月份溅蚀量的变化

Fig 2 Variation of splash erosion amount in different months

— 清除枯落物层的林地 Woodland removed litter layer

----- 具1 cm 枯落物层的林地 Woodland with 1 cm thickness litter layer

### 2.4 影响溅蚀因子的分析

很多学者提出了  $S_t = a \cdot (EI_t)^b \cdot f(j) \cdot f(x)$  的关系式, ( $I_t$  — 不同时段降雨强度,  $E$  — 降雨能量,  $F(j)$  — 坡度函数,  $f(x)$  — 植被函数,  $a, b$  — 系数) 林地因有枯落物层存在, 观测数据中无溅蚀的情况较多, 为了寻求一个较好的林内溅蚀与其影响因素的相互关系, 经过多元逐步回归分析发现, 林内溅蚀量 ( $S_t$ ) 与枯落物层厚度 ( $H_l$ )、林内降雨量 ( $P_{30}$ )、最大30分钟雨强 ( $I_{30}$ ) 呈二次多项式回归关系。即:  $S_t = -3.1051H_l + 2.5399H_l^2 + 4.1642 \times 10^{-4}P_{30}^2 - 0.0552H_l P_{30} - 2.1092 H_l I_{30} + 0.1172 P_{30} I_{30} + 1.3429$ ,  $n = 42$ ,  $R = 0.8674$ ,  $H_l \leq 1$  cm。

### 3. 结 语

人们对林冠截留作用论述较多,把植被当作控制土壤侵蚀的唯一方法是错误的<sup>[6]</sup>,而对林下枯落物层的作用认识不够,实际上即使覆盖度较好的水土保持林,直接穿透林冠的雨水也还较多,虽然林冠对降雨有缓冲作用,但因林冠缓冲聚积后以更大的水珠下滴,且总滴在固定点上,所以对林下无枯落物层覆盖的土壤,其击溅对土壤结构的破坏和侵蚀也是较严重的。

(1) 影响溅蚀的因素较多,在同一土壤和同一坡度条件下, $I_{30}$ 、 $P_0$ 和  $H_0$ 是影响溅蚀的主要因素,且溅蚀量与其呈二次多项式回归关系,但枯落物层厚度对溅蚀起决定因素。

(2) 当  $I_{30}$  为 0.0761 mm/min 或者  $P_0$  为 3.3 mm 时清除枯落物层的林地有溅蚀发生,1 cm 枯落物层抑制溅蚀发生,即使较大的雨强或林内降雨量,如  $I_{30}$  为 0.35 mm/min 或  $P_0$  为 25.63 mm 时也不发生溅蚀。

(3) 从溅蚀月动态看,清除枯落物层的林地 7、8 月份溅蚀量占全年林内溅蚀量 65% 以上,多发生在短时大暴雨的夏季,溅蚀主要发生在林下清除枯落物层,因此,枯落物层是防止溅蚀发生的关键因子,随枯落物层厚度增加,溅蚀量剧减,当枯落物层积累到 1 cm 时防止土壤溅蚀量达 97.50%,实际上不扰动枯落物层(保持原自然状),有 1 cm 枯落物层的林地溅蚀便不发生。

(4) 枯落物层防止土壤溅蚀功能是强大的,即使人为扰动因素造成所测实验数据有误差,但也为进一步研究黄土丘陵区水蚀过程和溅蚀定量评价提供了科学依据。在进行水土保持工作、建造人工植被或对水土保持林进行经营管理时,应注意保护好枯落物层,避免在林地放牧或搂去林下枯落物作燃料,以利于水土保持。

### 参 考 文 献

- 1 西北林学院主编. 1988: 水土保持原理与规划, 天则出版社.
- 2 江忠善, 刘志. 1989: 水土保持学报 3(2): 29~35.
- 3 陈浩. 1980: 人民黄河 (1): 21~24.
- 4 吴长文, 王礼先. 1993: 中国水土保持 (4): 28~30.
- 5 蔡国强, 陈浩. 1986: 中国水土保持 (6): 30~33.
- 6 [美]R. 拉尔主编, 黄河水利委员会译. 1991: 土壤侵蚀研究方法, 科学出版社, 北京. 160.

(责任编辑: 盛国英)