

# 油松林枯落物层防止溅蚀的研究

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·陕西杨陵·712100)  
水利部

**摘要** 28年生油松人工林内天然降雨的溅蚀试验结果表明,当 $I_{30}$ 为0.07mm/min或 $P_0$ 为3.57mm时,无枯落物层覆盖的林地发生溅蚀,当 $I_{30}$ 为0.25mm/min或 $P_0$ 为45.8mm时,具1cm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70%以上。在同一土壤和同一坡度条件下, $I_{30}$ 、 $P_0$ 、 $H_1$ 是溅蚀发生的主要因素,且溅蚀量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它因素无关。具有1cm厚的枯落物层即可防止土壤溅蚀量的79.7%。

**关键词** 枯落物层 溅蚀 土壤保持

## Study on prevention of Splash erosion by litter in chinese pine woodland

Han Bing Wu Qinxiao Liu Xiangdong Wang Youke Zhao Hongyan

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia of Sinica  
and Ministry of Water Resources, Yvangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** The results of the experiment in prevention of splash erosion under the condition of natural rainfall in the woodland of 28-year-old chinese pine have shown that when  $I_{30}=0.07$  mm,  $\text{min}^{-1}$  or  $P_0=3.57$  mm the splash erosion in the woodland with out litter occurred; and when  $I_{30}=0.25$  mm  $\cdot$   $\text{min}^{-1}$  or  $P_0=45.8$  mm it did not occurred in the woodland with litter of 1cm. Splash erosion monthly dynamic indicated that the splash erosion in July and August amounts to more than 70% of the total splash erosion. Under the conditions of same soil and slope,  $I_{30}$ ,  $P_0$  and  $H_1$  are the major factors affecting the splash erosion, and there is a multinomial regression equation among splash erosion and  $I_{30}$ ,  $P_0$ ,  $H_1$ . But when the litter layer reached a certain thickness, splash erosion has nothing to do with the other factors. When the litter layer accumulated to a depth of 1cm, it can prevent soil splash erosion of 79.7%.

**Key words** Litter layer Splash erosion Soil conservation

# 1 引言

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。赵鸿雁等测定表明,直径 5mm 雨滴在林外到达地面的速度为 9.19m/s,在油松林内为 8.48m/s,能量很大,对地表土壤有很大的冲击力。

近数十年来,国外学者 W·D·Ellison 等人通过大量实验认为雨滴溅蚀是引起土壤侵蚀的重要因素;国内近几年来许多学者<sup>[1][2][3]</sup>也进行过这方面的研究,认为降雨因素和坡度与溅蚀关系密切。作者研究后认为下垫面诸因子中的森林枯落物层对雨滴溅蚀影响更大,枯落物层甚至是决定林地能否发生溅蚀的关键因素。因此对不同树种下的枯落物层的雨滴溅蚀影响作了研究,本报告为油松林。

## 2 试验方法

### 2.1 标准地设置

试验区位于黄土丘陵区延安东南部宜川县铁龙湾的松峪沟,试验坡地 25°,植被发育良好,土壤为灰褐色森林土,坡向东北坡和东坡,海拔 1500m。油松林郁闭度 0.75,平均株高 10m,平均胸径 11cm,密度 2300 株/km<sup>2</sup>,蓄积量 70—90m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。

### 2.2 研究方法

溅蚀量的测定采用 W·D·Ellison 的土壤溅蚀板,它安放于郁闭度适中的林冠下,垂直于水平面布置,收集槽顶部高出地面 1cm,分别收集向上、下坡的溅蚀土壤。每次下雨后将收集的泥水样在室内烘干称重,求出溅蚀量的大小。

溅蚀板于 1991 年随机安装于林内。枯落物层厚度为 0、1、1.5、2cm 4 个处理,各处理重复布设减小误差。

## 3 结果与分析

### 3.1 降雨因素对溅蚀的影响

降雨因素是地表发生溅蚀的主要因子之一。我们实验测定林内雨滴动能较空旷地大 3.8 倍,由于黄土丘陵区特殊地貌及气候特征,考虑到黄土地区暴雨特点及暴雨动能的计算,将影响溅蚀的降雨因素(表 1)与林内溅蚀量进行二元一次多项式回归分析,相关系数(R)见表 2。由表 2 结果知道, $P_0$ 、 $I_{30}$ 是影响溅蚀的降雨因素。

由表 3 可知  $I_{30}$  为 0.07mm/min 时林下去掉枯落物层有溅蚀发生,即较少的雨强林下去掉枯落物层有溅蚀发生,即较少的雨强林下去掉枯落物层会发生溅蚀,而在较大的雨强作用下即  $I_{30}$  大于 0.14mm/min 时具 1cm 枯落物层有的降雨不发生溅蚀,如 1992 年 5 月 29 日  $I_{30}$  为 0.25mm/min 时无溅蚀发生; $I_{30}$  为 0.555mm/min 时油松林下 1cm 枯落物层林下溅蚀量是去掉枯落物层的 30%,溅蚀量较少。

由表 4 知道,山杨林内当  $P_0$  是 3.57mm 林下去掉枯落物层时有溅蚀发生,而 1cm 枯落物层林下溅蚀量是其去掉枯落物层的 25%,枯落物层抑制了溅蚀的发生,如当  $P_0$  是 25.63mm 时 1cm 枯落物层林下亦无溅蚀发生。

从上述可以看出,虽然降雨是产生溅蚀的关键原因,然而林下枯落物层却是溅蚀发生的决定因素。

表 1 影响溅蚀的降雨因素

日 期	1991 年 7 月 27 日	1991 年 8 月 15 日	1991 年 5 月 4 日	5 月 23 日	5 月 29 日	6 月 17 日	7 月 8 日
P	49.7	5.4	34.7	8.4	7.5	19.4	5.8
P <sub>0</sub>	45.80	3.57	30.13	4.62	6.38	12.95	4.58
I	0.0992	0.0242	0.0764	0.0840	0.0862	0.0120	0.1832
I <sub>10</sub>	0.449	0.2705	0.7500	0.4440	0.4500	0.2000	0.4580
I <sub>30</sub>	0.2623	0.1587	0.5550	0.2400	0.2810	0.1667	0.1527
t	461.6	147.3	394.3	55.0	74.0	1080.0	25.0

日 期	7 月 10 日	7 月 19 日	8 月 2 日	8 月 8 日	8 月 20 日	8 月 29 日	8 月 30 日
P	29.8	32.3	14.8	88.3	23.0	17.0	16.5
P <sub>0</sub>	25.29	26.41	12.17	71.37	19.70	13.98	12.41
I	0.2874	0.0978	0.0386	0.0227	0.0743	0.0482	0.0195
I <sub>10</sub>	0.9700	0.4000	0.2100	0.3500	0.1100	0.4000	0.0700
I <sub>30</sub>	0.8067	0.3500	0.1800	0.2067	0.1100	0.2367	0.0700
t	88.0	270.1	315.4	3139.7	265.1	289.9	636.8

注:P、P<sub>0</sub>—林内降雨量(mm),I、I<sub>10</sub>、I<sub>30</sub>—平均、最大 10min、最大 30min 雨强(mm/min),t 为降雨历时(min)

表 2 溅蚀量与雨强、雨量相关分析(R)值

指 标	P <sub>0</sub> , I	P <sub>0</sub> , I <sub>10</sub>	P <sub>0</sub> , I <sub>30</sub>	P, I <sub>30</sub>
油松林	0.5224	0.5225	0.5310	0.5289

表 3 I<sub>30</sub>对溅蚀量的影响

I <sub>30</sub> (mm/min)	0.2633	0.1587	0.5550	0.2400	0.2810	0.1667	0.1527
S <sub>t</sub> (H <sub>l</sub> =0cm)	1.5	0.8	4.35	3.4	1.15	0.9	0.25
S <sub>t</sub> (H <sub>l</sub> =1cm)	0	0.2	1.45	0.7	0.45	0.25	0

I <sub>30</sub> (mm/min)	0.8067	0.3500	0.1800	0.2067	0.1100	0.2367	0.07
S <sub>t</sub> (H <sub>l</sub> =0cm)	3.15	0.8	9.45	9.0	1.0	0.5	0.4
S <sub>t</sub> (H <sub>l</sub> =1cm)	0.8	0.2	2.05	1.35	0	0	0

注:S<sub>t</sub>——溅蚀量(g), H<sub>l</sub>——枯落物层厚度(cm)。

表 4 P<sub>0</sub>对溅蚀量的影响

P <sub>0</sub> (mm)	45.8	3.57	30.13	4.62	6.38	12.95	4.58	25.29	26.41	12.17	71.37	19.7	13.98	12.4
S <sub>t</sub> (H <sub>l</sub> =0cm)	1.5	0.8	4.35	3.4	1.15	0.9	0.25	3.15	0.8	9.45	9.0	1.0	0.5	0.4
S <sub>t</sub> (H <sub>l</sub> =1cm)	0	0.2	1.45	0.7	0.45	0.25	0	0.8	0.2	2.05	1.35	0	0	0

注:S<sub>t</sub>——溅蚀量(g), H<sub>l</sub>——枯落物层厚度(cm)。

3.2 枯落物层厚度对溅蚀的影响

3.2.1 向下坡溅蚀总量分析 以枯落物层 4 个不同厚度安置的溅蚀板,收集 1991~1992 年向下坡溅蚀总量,见图 1。可以看出随枯落物层厚度增加,向下坡溅蚀总量剧减。1 cm 厚枯落物层较去掉枯落物层向下坡溅蚀总量减少 79.52%,1.5 cm 厚枯落物层溅蚀量减少 97.50%,2.0 cm 厚枯落物层无溅蚀发生。

3.2.2 向上坡溅蚀总量分析 以同样方法绘制出溅蚀总量动态图 2,同样,可以直观看出林下向上坡溅蚀总量明显小于向下坡溅蚀总量。去掉枯落物层后向上坡溅蚀总量是向下坡溅蚀总量的 16.35%;当枯落物层厚 1 cm、1.5cm 时分别是去掉枯落物层向下坡溅蚀总量的 15.5%、

33.3%。

3.2.3 溅蚀总量分析 溅蚀量即向上坡与向下坡溅蚀量之和。溅蚀主要发生在林内去掉枯落物层,且向上坡溅蚀量远远小于向下坡溅蚀量。

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,保持水土,这是其它非林地土壤无法比拟的。

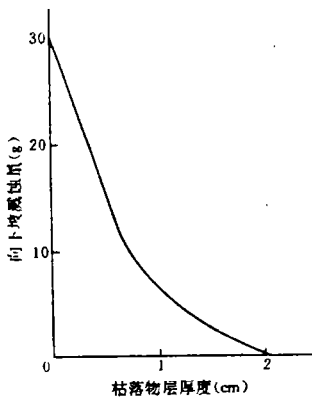


图 1 向下坡溅蚀量随枯落物层厚度变化图

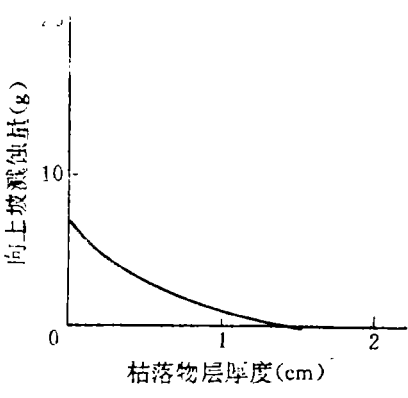


图 2 向上坡溅蚀量随枯落物层厚度变化图

3.2.4 枯落物层积累到一定厚度随时间推移溅蚀停止发生 我们将溅蚀试验延续到 1993 年(见表 5),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中,未分解的枯落物在地表聚结成片,从而改善了土壤理化性质,促进土壤良好结构的形成,增加土壤疏松性、通气性及透水性,从观测结果表 5 看到,1993 年溅蚀总量较 1991—1992 年去掉枯落物层溅蚀量可减少 51.71%。

表 5 1993 年总溅蚀量汇总表

日期(月、日)	5. 11	6. 11	6. 26	7. 10	7. 14	7. 21	7. 29	7. 31	8. 3	8. 12	8. 22
$S_t(H_l=0\text{cm})$	1.8	1.7	4.6	1.1	2.0	0.5	0.6	2.7	1.4	0.8	0.5
$S_t(H_l=1.0\text{cm})$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_t(H_l=1.5\text{cm})$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_t(H_l=2.0\text{cm})$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3 溅蚀月动态

以 1992 年为例作图 3。从图 3 可以看出,溅蚀均发生在一年中的 5~8 月份,且 8 月份更为明显,5 月份溅蚀量较大,可能系实验误差所致。7、8 月份去掉枯落物层溅蚀量占全年 71.62%,1 cm 枯落物层林下溅蚀量占全年 74.48%,溅蚀量较少,说明溅蚀主要发生在短时、大暴雨的夏季和去掉枯落物层的林下。

4 影响溅蚀因子分析

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, $a \cdot b$ —— 系数,林地因有枯落物层的存在,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关关系,经过分析发现,林内溅蚀量( $S_t$ )与枯落物层厚度( $H_l$ )、林内降雨量( $P_o$ )、最大 30min 雨强( $I_{30}$ )呈二次多项式回归关系。即:

$$S_t = -0.5675H_l + 1.6818I_{30} + 1.0706 \\ \times 10^{-3}P_o^2 - 0.55H_lP_o + 1.2594$$

$$n = 42, \quad R = 0.6879, \quad H_l \leq 1.5 \text{ cm}$$

注:在林下溅蚀板收集的向上坡、向下坡溅蚀量之和为总溅蚀量( $S_t$ )。

$S_t$ 、 $H_l$ 、 $P_o$ 、 $I_{30}$ 、单位——g、cm、mm、mm/min。

## 4 结 语

1. 影响林下溅蚀的因素较多,在同一土壤和同一坡度条件下, $I_{30}$ 、 $P_o$ 、 $H_l$ 是影响溅蚀的主要因子,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着十分重要的作用。

2. 当  $I_{30}$  为 0.07mm/min 或者  $P_o$  为 3.57mm 时去掉枯落物层林下有溅蚀发生,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 0.25mm/min 或  $P_o$  为 45.8mm 时不发生溅蚀;

3. 从溅蚀月动态看出去掉枯落物层 7、8 月份占全年溅蚀量 71.62%,多发生在短时大暴雨的夏季,溅蚀主要发生在去掉枯落物层的林下,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 79.67%,实际上不扰动枯落物层(保持原自然状)仅存有 1 cm 枯落物层时溅蚀便不发生;

4. 枯落物层防止土壤溅蚀功能是强大的,即使人为扰动因素所测实验数据与实际有误差,也为进一步研究黄土丘陵区水蚀过程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,应保护好枯落物层。林地放牧或搂去林下枯落物作燃料用,都是不利于水土保持的。

## 参考文献

- 1 蔡国强,陈浩. 降雨特性对溅蚀影响的初步试验研究. 中国水土保持,1986,(6):20~33
- 2 江忠善,刘志. 降雨因素和坡度对溅蚀影响的研究. 水土保持学报,1989,3(2):29~35
- 3 陈浩. 坡度对溅蚀影响的初步试验研究. 人民黄河,1986,(1) 21~24
- 4 吴长文,王礼先. 水土保持林中枯落物的作用. 中国水土保持,1993,(4):28~30
- 5 吴钦孝主编. 森林水文生态与水土保持林效益专集. 陕西科学技术出版社,1991. 12

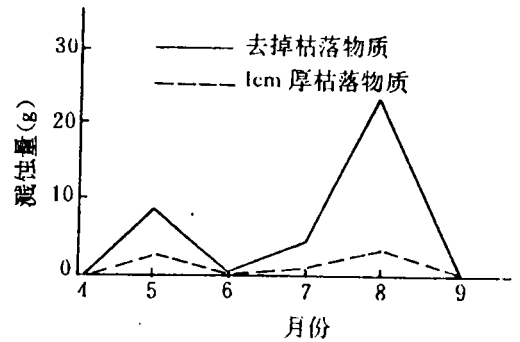


图 3 溅蚀量随月份变化图