

坡面水土流失观测分析

汪有科 傅 左 李 立

(中国科学院西北水土保持研究所
水利部)

摘 要

本文作者在实地观测资料的基础上,分析了降水量、雨强、土壤入渗及不同植被对水土流失的影响,认为雨强是影响径流速率的主导因子,雨量是影响径流量的关键,建造植被、增强土壤入渗是防止水土流失的有效途径。

关键词 水土流失、径流量、降雨特性

AN ANALYSIS OF SOIL AND WATER LOSS ON HILLSLOPE

Wang Youke Fu Zuo Li Li

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation under The Chinese
Academy of Sciences and The Ministry of Water Conservancy)

Abstract

The effects of rainfall, rainfall intensity, soil permeability and vegetation types on soil and water loss were analysed in the paper on the basis of observed data in experiment plots. The results of the experiment showed that the rainfall intensity is the leading factor influencing runoff rate, and the rainfall is the key influencing runoff volume. Therefore, to build vegetation and strengthen soil permeability are an effective way for averting soil and water loss.

key words soil and water loss runoff volume rainfall characteristics

1 试验区基本情况

试验区布设在宁夏西吉县兴坪乡韩垅村,东经 $105.28' \sim 105.42'$,北纬 $35.53' \sim 35.55'$,海拔1924~2124m。径流小区坡度均为 20° ,面积 $20\text{m} \times 5\text{m}$ 。小区有荒草地、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)地、荞麦地、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)林地和裸地。沙棘平均高1.14m,总盖度0.85;沙打旺均高0.4m,总盖度0.6;荒草地是1987年翻土一次之后植被自然恢复的草地,草高0.2m,总盖度0.3;荞麦均高0.4m,总盖度0.4;裸地

是不定期铲除地面植物，保持裸露状态的地面。观测内容有降雨量，降雨历时，降雨强度、径流量、径流速率、径流过程、泥沙量等。径流观测采用“翻斗式流量仪”（张学栋等，水土保持通报，1986年6（5）），降雨观测用自记雨量计。观测时间1988~1989两年，其中1989年侵蚀性降雨较多，获取资料完整，是分析的重点。

2 观测结果与分析

2.1 降雨与水土流失

根据4~9月期间各月降雨占总降雨量的百分比分别为8.15、6.70、12.14、26.93、36.47、9.61%。各小区月径流量占总径流量的比是4、5两个月无径流；6月份为2.30%~2.65%；7月份为48.65%~59.87%，8月份为36.28%~47.72%；9月份为1.19%~1.55%。土壤冲刷量也具有和径流量一样的规律，月冲刷量顺序是：7月>8月>6月>9月。

表1 月降雨量与水土流失量

单位：t/km²

月 份	4	5	6	7	8	9	合 计
降雨量mm	25.8	21.2	38.4	85.2	115.4	30.4	316.4
占总降雨量%	8.15	6.70	12.14	26.93	36.47	9.61	
荒 土 壤 冲 失 量	0	0	0.39	182.55	87.42	0.11	270.47
草 占 总 量 比 %	0	0	0.15	67.50	32.32	0.03	
地 径 流 量	0	0	52.81	1067.00	1046.52	26.90	2193.22
占 总 量 比 %	0	0	2.41	48.65	47.72	1.23	
沙 土 壤 冲 失 量	0	0	0.32	169.70	62.02	0.09	232.12
打 占 总 量 比 %	0	0	0.14	73.11	26.72	0.04	
旺 径 流 量	0	0	52.92	1052.7	368.80	23.904	1998.32
草 占 总 量 比 %	0	0	2.65	52.68	43.48	1.19	
莽 土 壤 冲 失 量	0	0	1.06	364.71	169.05	0.16	534.98
麦 占 总 量 比 %	0	0	0.19	68.17	31.60	0.03	
地 径 流 量	0	0	63.50	1421.81	1193.70	35.64	2714.62
占 总 量 比 %	0	0	2.34	52.38	43.97	1.31	
沙 土 壤 冲 失 量	0	0	0.19	74.01	33.35	0.07	107.62
棘 占 总 量 比 %	0	0	0.17	68.77	30.99	0.06	
林 径 流 量	0	0	5.06	1107.34	984.30	26.95	2123.65
占 总 量 比 %	0	0	0.24	52.14	46.35	1.27	
裸 土 壤 冲 失 量	0	0	1.31	596.34	240.99	0.29	838.93
占 总 量 比 %	0	0	0.16	71.08	28.08	0.03	
地 径 流 量	0	0	74.49	1940.69	1314.00	50.18	3379.36
占 总 量 比 %	0	0	2.30	57.4	38.88	1.49	
产 径 流 降 雨 量 mm	0	0	23.10	79.1	56.1	8.8	167.1
占 总 量 比 %			13.82	47.34	33.57	5.27	

从以上数据可看出，月降雨量与水土流量有一定的相关性，即水土流失主要发生在降雨高峰期（6~8月），但水土流失量又不完全随着降雨量的变化而变化，如4、5

两个月有降雨而无径流产生，8月份的降雨量大于7月，径流量则是7月份大于8月份。如果计算侵蚀降雨量（能引起径流的降雨）则和流失量有更密切的相关性，月流失量和侵蚀性降雨量的排列顺序均为：7月>8月>6月>9月，如表1所列。再比如8月15日的降雨是仅次于7月17日的一场暴雨，降雨量为20.9mm，其中20mm是在55min内降落，强度达0.364mm/min，30min内最大降雨强度为0.5mm/min。在这次径流观测中，我们分别对裸地和沙棘林地的径流进行了每10min统计一次翻斗数（每翻斗容积600ml），径流量和降雨量过程作图1表示。由图1可看出，侵蚀性降雨量曲线和径流量（含

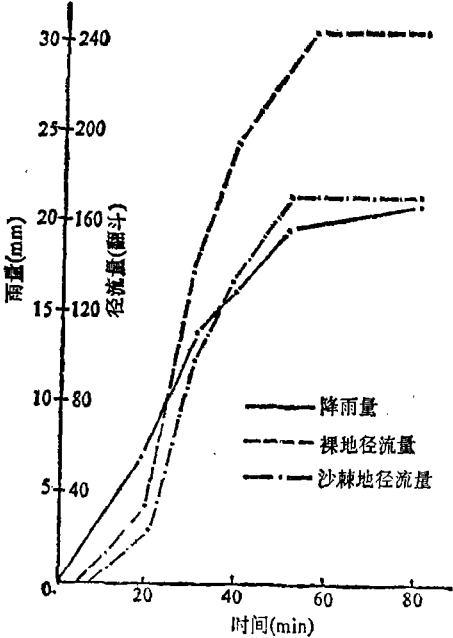


图1 降雨量与径流量（含泥沙）曲线

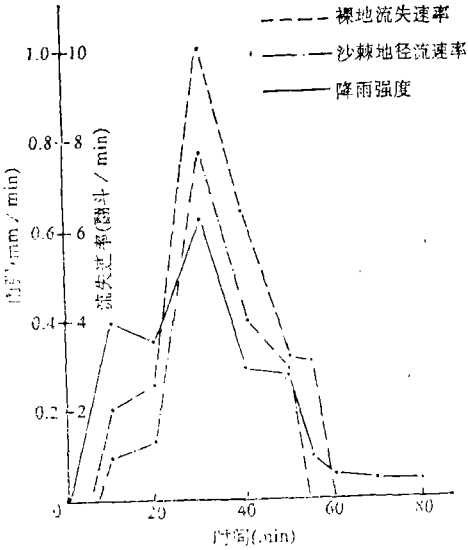


图2 雨强和径流速率变化

泥沙）曲线形式十分相似，均呈S形，只是径流曲线较降雨曲线历时短而已，这是由于径流晚于降雨发生，而终止又早于降雨所致。两条径流曲线随着降雨量的增加而迅速升高，说明侵蚀性降雨量具支配径流量的作用。

根据8月15日的观测数据，作不同时间的雨强和径流速率变化曲线（图2）可发现。径流速率受雨强的作用非常显著，雨强的每次增减都会引起径流速率的增减变化，致使径流速率曲线和雨强变化具有相似的形式。图2中雨强曲线的每个拐点和径流速率曲线的同时发生，一方面说明雨强对流失速率的作用十分灵敏，另一方面也可能是由于我们统计径流间隔10min，没能反映10min以内的变化规律。从径流终止时间还可以看出，当雨强小到一定程度时，尽管降雨还没有停止，但径流已先停止，说明发生径流必须具备一定的雨强。不同植被产生径流需要的雨强不同，如图2中沙棘林地在雨强为0.1mm/min时径流便终止，而裸地径流在雨强为0.05mm/min时才停止。

为了进一步说明水土流失与雨强及前期降雨有关，现将雨量大于10mm或降雨强度高于0.09mm/min的逐次降雨和水土流失量列于表2。从表2中可以清楚地看到，4月27日、5月9日、8月30日的降雨量虽然较大却不发生径流或仅裸地发生少量径流；而

表 2 逐次降雨与水土流失

日 期	4. 27	5. 6	6. 6	6. 13	7. 16	7. 17	7. 18	7. 23	8. 4	8. 15	8. 30	9. 20
降雨量mm	20.8	18.4	10.0	23.1	11.5	24.8	8.0	34.5	12.6	20.9	35.2	9.8
平均强度mm/min	0.03	0.03	0.03	0.039	0.04	0.62	0.02	0.02	0.011	0.26	0.036	0.10
30min内最大降雨量mm	1.0	2.0	1.9	6.0	5.1	20	2.9	7.0	2.0	10	2.9	4.5
历时(min)	10	20	20	30	20	15	30	30	20	20	30	30
30min内雨强mm/min	0.10	0.10	0.10	0.20	0.26	1.33	0.10	0.23	0.10	0.50	0.097	0.15
荒草地泥沙量t/km ²	0	0	0	0.39	0.10	146.35	0.10	36.02	0	87.42	0	0.11
荒草地径流量t/km ²	0	0	0	52.81	17.55	557.19	11.88	480.38	0	1046.52	0	26.89
沙打旺泥沙量t/km ²	0	0	0	0.32	0.077	135.73	0.068	33.83	0	62.02	0	0.09
沙打旺径流量t/km ²	0	0	0	52.94	14.73	546.21	8.91	482.85	0	868.00	0	23.90
荞麦地泥沙量t/km ²	0	0	0	1.06	0.18	190.47	0.26	173.80	0	169.05	0	0.16
荞麦地径流量t/km ²	0	0	0	63.49	22.92	578.88	14.60	805.41	0	1193.70	0	35.64
沙棘地泥沙量t/km ²	0	0	0	0.18	0.05	62.15	0.04	11.76	0	33.35	0	0.07
沙棘地径流量t/km ²	0	0	0	50.64	14.85	609.70	8.95	473.85	0	984.30	0	26.95
裸地泥沙量t/km ²	0	0	0	1.30	0.17	322.313	0.26	273.60	0	240.19	0.787	0.29
裸地径流量t/km ²	0	0	0	74.49	26.19	1059.92	20.58	834.00	0	1176.00	138.00	50.18

注：表中舍去降雨量不足10mm或30min内最大雨强不足0.09mm/min的降雨。

9月20日、7月16日、7月18日降雨量较小却均发生了径流。这表明径流还和前期降雨及雨强有一定的关系。9月20日降雨是表中没有前期降雨能产生径流的最小雨量,它的30min内最大降雨强度为0.15mm/min,而上述无径流降雨的强度均小于0.10mm/min。

7月17日的降雨是一场典型的暴雨,30min内最大降雨强度是1.333mm/min,是我们观测中的最大降雨强度。它所引起的流失量也最大。7月18日的降雨量在表2中最小,仅有8.0mm,30min内最大雨强也只有0.097mm/min,这次径流产生的主要原因是由于有充足的前期降雨量。充足的前期降雨量使土壤入渗速度降低,造成小雨也产生径流的条件。

综上所述,发生水土流失与降雨量、雨强和前期降雨量均有直接关系,并且三者具有互补作用。可以推测,如果三者同时具备极大值将是最有威胁的侵蚀性降雨。

2.2 植被与水土流失

植被能分散雨滴和消减雨滴对地面的打击力,根茎枝叶也能拦截径流,改良土壤结构,加速入渗。所谓保持水土的生物措施,即是指草灌乔(包括短期生长的地面农作物)一类植被的作用。植被削减水土流失的作用除在表1、2中能看出外,为了更清楚可见,现将各种小区年总流失量列于表3进行比较。

由表3可知,土壤冲刷量顺序为裸地>农地>荒草地>沙打旺地>沙棘林地;径流量顺序为裸地>农地>荒草地>沙棘林地>沙打旺地。表3中除荞麦地减沙效益较低(38.55%)外,沙棘林地、沙打旺草地及荒草地的减沙效益均高于68%,减少径流的作用均较弱,沙棘林地、沙打旺草地和荒草地均不足45%,荞麦地仅为20.1%。

表3 不同植被类型的水土流失量(1988~1989)单位: t/km²·a

植被类型	沙棘	沙打旺	荒草地	荞麦地	裸地
泥沙量	117.090	249.352	296.160	577.848	940.383
较裸地减少(%)	87.5	73.48	68.51	38.55	0
径流量	2312.856	2134.392	2420.545	3077.914	3852.341
较裸地减少(%)	39.96	44.59	37.17	20.10	0

表4 降雨入渗与水土流失

植被类型	不同土层净增土壤水分(%)				土壤冲刷量 t/km ²	径流量 t/km ²
	20cm	40cm	60cm	80cm		
荒草地	8.57	4.39	0	0	0	0
沙打旺	6.93	5.95	0	0	0	0
荞麦地	7.96	4.1	0	0	0	0
沙棘	9.22	3.81	0	0	0	0
裸地	5.4	1.88	0	0	0.787	138.00

土壤入渗能力也是影响水土流失的一个重要因素。植被具有改善土壤入渗能力的功能,我们曾在1989年8月30日的一次降雨前后测定了5个径流小区的土壤水分(表4所示)。这次降雨量35.2mm,平均雨强0.036mm/min,30min内最大降雨强度0.097mm/min。在这种条件下,土壤入渗深度均在40~60cm之间,但土壤净增水量不同,有植被小区平均在6%以上,而裸地仅3.64%,表明裸地入渗速度慢。所以这次只有裸地

产生少量径流 ($138\text{t}/\text{km}^2$)，而其它有植被的小区 (含农地) 均没有产生径流，说明植被能将更多的降雨入渗到土壤中，从而减少或避免径流的发生。

3 小 结

3.1 降雨是引起水土流失的直接因子，水土流失与侵蚀性降雨量、30min内最大雨强及前期降雨量有紧密的正相关性。雨强是影响径流速率的主导因子，雨量是影响径流量的关键。

3.2 五种植被类型的土壤冲刷量顺序为裸地>农地>荒草地>沙打旺地>沙棘地；径流量顺序为裸地>农地>荒草地>沙棘地>沙打旺地。三龄沙打旺草地与三龄沙棘林地比较，沙打旺草地入渗能力强，沙棘林地拦沙效益明显。

3.3 从土壤水分净增值可以看出，植被具有增强土壤入渗的能力，从而减少或避免水土流失。裸地入渗速度慢是增加水土流失的重要原因。

3.4 坡面水土流失是一个复杂的自然过程。它涉及土壤理化性质、降雨特性、坡度变化，植被种类及生长年限等诸多因素。要系统、全面、深刻地揭示坡面水土流失规律和机理，需要多试点、多专业合作进行长期的大量研究工作。近年来从事这方面研究的专家、学者不少，他们的研究都不同程度地起着相互补充和完善作用，希望本文也有类似的参考价值。

参 考 文 献

- 〔1〕陈永宗. 黄土高原的水土流失及其治理, 《水土保持通报》, 1981年第1期
- 〔2〕贾志伟等. 降雨特征与水土流失关系的研究, 《黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究》, 天则出版社, 1990年
- 〔3〕侯喜祿、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年第2期
(上接第78页)

6.4 人工油松林地的土壤水分在季节动态上有分异。0~40cm土层变化很剧烈，受降水影响，变化幅度为13.5%~26.5%；在40~220cm间，变化较小，全层平均为10.1~15.1%；在220cm以下，基本处于稳定状态，变化在9%~10%。根据土壤水分含量状况和根系在剖面上的分布规律，可以把油松人工林地土壤水分的分布分为：强烈利用层 (0~40cm)、利用层 (40~600cm)。

6.5 人工油松林采伐地土壤水分恢复能力强，采伐当年可恢复到2.8m，含水量达稳定湿度至田间持水量 (14.4%~21.1%)。随后，由于水分下移增湿，可恢复到4.0m，含水量可达田间稳定湿度 (13.0%~18.0%)。在4.0m以下，恢复能力较弱，三年仅增加1.9%~3.0%，看来，该层土壤水分恢复到田间持水量水平还需一个漫长的过程。

参 考 文 献

- 〔1〕李玉山等. 黄土高原土壤水分性质及其分区, 《中国科学院西北水土保持研究所集刊》, 1985年第2期
- 〔2〕杨文治等. 黄土丘陵区人工林草地的土壤水分生态环境, 《中国科学院西北水土保持研究所集刊》, 1985年第2期
- 〔3〕李凯荣等. 黄土塬区刺槐林地水分条件与生产力研究, 《水土保持通报》, 1990年第6期
- 〔4〕刘增文等. 《人工油松林腾蒸耗水及林地水分动态特征的研究》, 《水土保持通报》, 1990年第6期