

薪炭林水土保持效益的研究

汪有科 李立傅 左周泽生 杨光

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
(水利部)

摘 要

根据试验小区观测资料,本文分析了降雨量,雨强,土壤渗透及植物对水土流失的影响,结果表明:雨强是影响径流强度的主导因子,雨量是决定径流量的关键。建立植被,增强土壤入渗能力是防止水土流失的有效途径。

关键词 薪炭林 水土保持 径流

薪炭林正式作为一个林种,列入国家计划,是从第六个五年计划开始的。因此,我国对薪炭林的研究,无论在理论上或生产技术上均是一个全新的研究课题。黄土高原地区植被稀少,燃料奇缺,水土流失严重,营造薪炭林,发挥其水土保持效益是不可忽视的。为此,我们在总结两年(1988—1989年)径流观测资料的基础上,结合其它研究资料对降水特性与水土流失的关系,以及薪炭林树草种的水土保持效益进行了研究,以期发展为黄土高原水土保持型薪炭林提供依据。

1 试验区自然条件

试验区位于宁夏西吉县兴平乡韩老村,东经 $105^{\circ}28' \sim 105^{\circ}42'$,北纬 $35^{\circ}53' \sim 35^{\circ}55'$,海拔1924~2124m,属温带半干旱气候。年平均气温 5.3°C ,大于 22°C 为夏季,则西吉县基本无夏季。年降水量427mm左右,年干燥度1.45~2.66,无霜期平均为100~150d。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温为 $2300^{\circ}\text{C} \sim 2500^{\circ}\text{C}$ 。土壤为绵黄土,土壤肥力较低,有机质含量(0.7%)。植被以长芒草、百里香、冷蒿、阿尔泰狗娃花为主,覆盖度0.4~0.5。

1989年9月调查,径流小区沙棘均高1.14m,覆盖度0.4;沙打旺均高0.37m,覆盖度0.56;荒草地植物均高0.19m,覆盖度0.3;荞麦均高0.38m,覆盖度0.4。

2 试验研究方法

2.1 径流小区布设

小区坡度均为 19° ,面积 $20\text{m} \times 5\text{m}$,小区四周为水泥制埂,分沙棘、沙打旺、荞麦地、荒草地和裸地五种处理。(其中沙打旺和沙棘是1987年春种植,沙棘株行距 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$;荒草地是1987年春翻土一次之后的自然恢复植物;裸地是不定期地铲除地表植物,保持裸露状态;农地是按当地习惯每年种植)。

2.2 观测方法

- (1) 降雨量、降雨强度、降雨历时过程采用虹吸自计雨量计。
- (2) 小区径流测量使用“翻斗流量仪”。
- (3) 径流含沙量采用取样、过滤、烘干、称量计算单位水体积的含沙量。
- (4) 水平带子田的水土保持效益采用样方调查计算,样方面积 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 。

3 试验结果与分析

3.1 降雨与水土流失

黄土高原的水土流失主要指水蚀。降雨是水蚀的动力,而侵蚀量是水土保持效益的一个重要指标,降雨与水土流失有密切的关系。

从表1中1989年降雨量和小区径流量观测可看出,4~9月降雨量,百分比为:8.15、6.70、12.14、26.93、36.47、9.61。各种地被状态下的径流百分比为:4、5两个月无径流,6月份径流占总径流量的2.30%~2.65%;7月份径流量最大,占总径流量的48.65%~59.87%;8月份径流量小于7月份,占总径流量的36.28%~47.72%;9月份径流量仅占总径流量的1.19%~1.55%。土壤冲刷量具有和径流量相似的规律,6月份是0.14%~0.19%;7月份67.5%~73.11%;8月份26.72%~32.32%;9月份0.03%~0.06%。表1表明,月降雨量与水土流失有一定关系,但不是完全一致,如4、5两个月有降雨无径流产生,8月份

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	
荒草地土冲失量	0	0	0.3942	182.554	87.415	0.1053	270.469
占总量比%	0	0	0.15	67.50	32.32	0.03	
荒草地径流量	0	0	52.812	1066.995	1046.52	26.892	2193.219
占总量比%	0	0	2.41	48.65	47.72	1.23	
沙打旺地土冲失量	0	0	0.3186	169.701	62.016	0.0888	232.124
占总量比%	0	0	0.14	73.11	26.72	0.04	
沙打旺径流量	0	0	52.92	1052.7	368.80	23.904	1998.324
占总量比%	0	0	2.65	52.68	43.48	1.19	
荞麦地土冲失量	0	0	1.056	3642.707	169.050	0.162	534.975
占总量比%	0	0	0.19	68.17	31.60	0.03	
荞麦地径流量	0	0	63.492	1421.805	1193.700	35.64	2714.637
占总量比%	0	0	2.34	52.38	43.97	1.31	
沙棘地土冲失量	0	0	0.184	74.012	33.354	0.068	107.617
占总量比%	0	0	0.17	68.77	30.99	0.06	
沙棘地径流量	0	0	5.0643	1107.342	984.300	26.946	2123.6523
占总量比%	0	0	0.24	52.14	46.35	1.27	
裸地土冲失量	0	0	1.310	596.340	240.985	0.291	838.926
占总量比%	0	0	0.16	71.08	28.08	0.03	
裸地径流量	0	0	74.49	1940.688	1314.00	50.184	3379.362
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%	0	0	13.82	47.34	33.57	5.27	

的降雨量大于7月,但径流量则7月份大于8月。如计算侵蚀性降雨量(能引起径流的降雨)则与径流量有更密切的关系,如表1所示,月径流量的顺序为7月>8月>6月>9月,这与侵蚀性降雨量完全吻合。

水土流失的发生与雨强和前期降雨有关。从表2可看出,4月27日、5月9日、8月30日的降雨量虽大,但不产生径流,或仅裸地产生少量径流,而9月20日、7月16日、7月18日日降雨量不大却均发生流失,这几次流失与雨强和前期降雨有明显的关系。表2表明,在没有连续降雨的条件下,发生流失的最小降雨量为9.8mm,30min内最大降雨强度为0.15mm/min。7月17日是一场较为典型的暴雨,30min内最大降雨量是1.333

表2 逐次降雨与水土流失

日 期	4.27	5.9	6.6	6.13	7.16	7.17
降雨量mm	20.8	18.4	10.0	23.1	11.5	24.8
平均强度 mm/min	0.029	0.034	0.032	0.039	0.035	0.62
30min内最大降雨量mm	1.0	2.0	1.9	6.0	5.1	20
历时 min	10	20	20	30	20	15
30min内雨强 mm/min	0.10	0.10	0.095	0.20	0.255	1.333
荒草泥地沙量 t/km ²	0	0	0	0.3942	0.099	146.3454
荒草地径流量 t/km ²	0	0	0	52.812	17.55	557.19
沙打旺泥沙量 t/km ²	0	0	0	9.3186	0.0765	135.7314
沙打旺径流量 t/km ²	0	0	0	52.92	14.73	546.21
荞麦地泥沙量 t/km ²	0	0	0	1.056	0.180	190.4676
荞麦地径流量 t/km ²	0	0	0	63.492	22.92	578.88
沙棘地泥沙量 t/km ²	0	0	0	0.1836	0.054	62.153
沙棘地径流量 t/km ²	0	0	0	50.643	14.85	609.696
裸地泥沙量 t/km ²	0	0	0	1.3104	0.1701	322.313
裸地径流量 t/km ²	0	0	0	74.49	26.19	1059.918

日 期	7.18	7.23	8.4	8.15	8.30	9.20
降雨量mm	8.0	34.5	12.6	20.9	35.2	9.8
平均强度mm/min	0.024	0.019	0.011	0.26	0.036	0.098
30min内最大降雨量mm	2.9	7.0	2.0	10	2.9	74.5
历时min	30	30	20	20	30	35
30min内雨强 mm/min	0.097	0.233	0.10	0.50	0.097	0.15
荒草泥地沙量 t/km ²	0.095	36.015	0	87.415	0	0.105
荒草地径流量 t/km ²	11.88	480.375	0	1046.52	0	26.892
沙打旺泥沙量 t/km ²	0.068	33.826	0	62.016	0	0.089
沙打旺径流量 t/km ²	8.91	482.85	0	86.80	0	23.904
荞麦地泥沙量 t/km ²	0.255	173.804	0	169.05	0	0.162
荞麦地径流量 t/km ²	14.595	805.41	0	1193.70	0	35.64
沙棘地泥沙量 t/km ²	0.044	11.761	0	33.354	0	0.068
沙棘地径流量 t/km ²	8.946	473.85	0	984.30	0	26.946
裸地泥沙量 t/km ²	0.256	273.600	0	240.198	0.787	0.291
裸地径流量 t/km ²	20.58	834.00	0	1176.00	138.00	50.184

mm/min,因此,引起的流失也量最大(泥沙量为146.345t/km²,径流量为557.19t/km²),7月16日~7月18日连续降雨,17~18日的流失称为有前期降雨条件的流失,特别是18

日的降雨量仅为 8.0mm, 30min 内最大降雨强度也只有 0.097mm/min, 如没有前期降雨为条件是不可能发生径流的, 所以, 发生水土流失与降雨量、雨强和前期降雨均有关系, 并且三者有互补作用, 如果三者同时具备极大值将是最有威胁的侵蚀性降雨, 这时各种条件下的水保效益呈最小值。

3.2 植被的水土保持功能

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。植被的水土保持效益首先表现在它的冠部截留, 根据余新晓研究可用以下公式表示:

$$I = \begin{cases} P & 0 < P \leq 0.5 \\ 0.2608P^{0.924} & 0.5 < P \leq 95.0 \end{cases}$$

I 为冠部截留量, P 为降雨量。按此公式计算的值, 再乘相应的盖度, 可得薪炭林灌木截量约为 23 mm, 为年降水量的 5.4%。

其次是林草冠降低雨滴能量的作用, 根据公式:

$$E = mgh$$

E 为势能, m 为雨滴质量, g 为重力加速度, h 为枝下高。因为灌草的枝下高为 0, 所以林下的势能为 0。同理灌木具有强大的生物栅栏作用, 使雨滴达到地表面的动能近于 0。

从表 1、表 2 中可看出植被的水土保持作用, 各小区的土壤冲刷量按大小顺序可排列为: 裸地 > 农地 > 荒草地 > 沙打旺 > 沙棘地; 径流量按大小顺序可排列为: 裸地 > 农地 > 荒草地 > 沙棘地 > 沙打旺地。

由表 3 可知, 除荞麦地减沙效益较低 (38.55%) 外, 沙棘地、沙打旺草地及荒草地的减沙效益均大于 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在 42% 左右, 荞麦地仅为 20.1%。

土壤入渗能力差是水土流失的一个重要因素, 植被的水土保持功能也表现在改善土壤能力。从表 4, 1989 年 8 月 30 日一次降雨前后测定的 5 个径流小区土壤水分中可以看出, 这次降雨量 35.2mm, 平均雨强 0.036mm/min, 30min 内最大降雨强度是 0.097mm/min, 在这种条件下, 土壤入渗深度均在 40cm~60cm 间, 但土壤净增水分量不同, 其中裸地土壤水分增值最小, 表明裸地入渗速度慢, 所以有植被的小区全部将降雨入渗变为土

表 3 不同植被类型的水土流失量

(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 (%)	85.55	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

壤水, 只有裸地有少量径流发生。

我所侯喜禄同志对植被保水保土效益曾做过 9 年的观测研究 (见表 5、表 6)。在坡度

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	径流量
	20cm	40cm	60cm	80cm	100cm	t/km ²	t/km ²
荒 草 地	8.57	4.39	0	0	0	0	0
沙 打 旺	6.93	5.95	0	0	0	0	0
芥 麦 地	7.96	4.1	0	0	0	0	0
沙 棘	9.22	3.81	0	0	0	0	0
裸 地	5.4	1.88	0	0	0	0.787	138.00

表 5 不同植被类型和年份的土壤侵蚀量 (单位: t/km²)

年 份	汛 期 降雨量 (mm)	农 地 (对照)	柠 条 成 林	刺 槐 成 林	刺 槐 幼 林	沙打旺 草 地	天然荒 坡草地
1980	270.9	4417.8	8.0	37.5	/	164.8	1044.8
1981	412.1	2010.9	14.4	161.4	/	54.3	972.2
1982	235.1	0	0	0	/	0	0
1983	402.6	4430.5	1.7	73.3	/	234.7	1737.8
1984	518.6	5347.8	5.9	21.4	4115	69.2	3742.8
1985	539.0	8142.8	1.4	11.8	54.9	14.4	3062.3
1986	246.2	23.4	0	0	0	0	0
1987	213.1	0	0	0	0	/	0
1988	506.8	1043.4	8.39	1.31	8.9	/	614.9
平均		2824.1	4.4	34.1	1082.1	76.8	1241.1
较农地减少(%)			99.8	98.8	61.7	97.8	56.0

27°的条件下,农地(对照)平均年产径流量每公顷 175 867.2kg,柠条成林 21 695.8kg,比农地减少 87.7%;6~14 年生刺槐林 20 660.6kg,比农地减少 88.3%;1~5 年生刺槐幼林 64 586.4kg,比农地减少 63.3%;2~8 年生沙打旺草地 53 329.2kg,比农地减少 74.8%;牧荒坡草地 238 540.7kg,比农地增加 35.6%。土壤冲刷量以农地最为严重,土壤侵蚀量为 1 043.3~8 142.8t/km²,9 年平均值 2 824.1t/km²;柠条成林平均 4.4t/km²,比农地减少 99.8%;6~14 年生刺槐林 34.1t/km²,比农地减少 98.8%;1~5 年生刺槐幼林 1 082.1t/km²,比农地减少 61.7%;2~8 年生沙打旺草地 78.6t/km²,比农地减少 97.8%;牧荒坡草地 1241.1t/km²,比农地减少 56.8%。

3.3 薪炭林草水土保持效益推算

以上分析了降雨对水土流失的影响,以及不同植被的水土保持效益和功能,但还不能反映大面积薪炭林的整体水保效益,因为我们建造的薪炭林,同时包括林草混交、水平带子田工程和平茬利用三方面的内容,所以它的水保效益应是这三方面的效益之和。

据统计薪炭林中的水平带子田面积占薪炭林总面积的 40%。经抽样调查,水平带子田中 95% 的面积全年不发生土壤流失,5 % 的面积仅在 30min 内最大雨强>1 mm/min 时才会发生流失。在两年的观测中这种降雨发生了两次,平均每次降雨量 24 mm。按 5% 的面积上的降雨全部流失计算,水平带田上流失的降雨量仅 1.2mm/a,此值可忽略不计。

表6 不同植被类型与年份的径流量

(单位: kg/ha)

年 份	汛 期 降雨量 (mm)	农 地 (对照)	柠 条 成 林	刺 槐 成 林	刺 槐 幼 林	沙打旺 草 地	天然荒 坡草地
1980	270.9	237360.3	15894.6	16822.1		105378.4	184476
1981	412.1	301000	64900	54400		98600	246300
1982	235.1						
1983	402.6	247405	943	34320		45400	214600
1984	518.6	414506	97447	49151		90177	683511
1985	539.0	237323	8936.9	29629		33749	268259
1986	246.2	4205.1					5497
1987	213.1						
1988	506.8	101006	7141	1621.5	5755	0	549720
平均		175867.2	21695.8	20660.6	64586.1	53329.2	238540.7
比农地减少%			87.7	88.3	63.3	74.8	-35.6

注：刺槐成林 6~14 年生，刺槐幼林 1~5 年生，沙打旺 2~8 年生。

灌木全部栽植在水平带子田面上，随林龄的增加，水平带子田的水保效益将会不断增强，所以林带中的水土流失量可忽略不计。草带种植在隔带斜坡上，该面积占薪炭林总面积的 60%。接近 2 年观测，其径流量为 $2134.392\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ ，泥沙量为 $249.352\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

为了防止水土流失，我们拟定薪炭林草的灌木为隔行平茬利用，每年换行收获，草每年秋季收获一次。这样，利用就不会影响水保效益。因此，薪炭林草的水土流失主要发生草带中，即每公顷林草地有 600m^2 的草带，径流量为 $12.804\text{t}/\text{ha}$ ，泥沙冲刷量为 $1.494\text{t}/\text{ha}$ 。由此可见，在这种整修水平带田条件下，营造林草带状混交薪炭林，是一种优良的水土保持型薪炭林模式。

4 小 结

4.1 降雨是影响各种植被水保效益和产生水土流失的直接因子，其中水土流失与侵蚀性降雨量关系至密，同时水土流失量不仅决定于侵蚀性降雨量，而且还与 30min 内最大降雨强度及前期降雨量呈正相关。这三者如同时具备极大值，将是最具威胁的侵蚀性降雨，这时各种植被的水保效益也最小。

4.2 薪炭林草中的灌木截留降雨量约为 $23\text{mm}/\text{a}$ ，占年降水量的 5.4%。同时灌木覆盖面的雨滴势能和动能降到近于 0 值。

4.3 5 个小区的土壤冲刷量为：裸地 > 农地 > 荒草地 > 沙打旺地 > 沙棘地；径流量为：裸地 > 农地 > 荒草地 > 沙棘地 > 沙打旺地。其中沙打旺地入渗最强，沙棘地拦沙效果最佳，二者为优良的水保薪炭林植物种。

4.4 从土壤水分净增量可看出，有植被地均较裸地有明显的增值，这也是植被保水功能之一。裸地水土流失量大，其中入渗速度慢也是原因之一。

4.5 采用整修水平带子田，营造灌、草带状混交林，在西吉县可使坡面径流量降为 $12.804\text{t}/\text{ha}$ ，泥沙冲刷量降为 $1.49\text{t}/\text{ha}$ 。因此，这是一种优良的水保薪林模式。

4.6 由于研究年限较短，不能全面地反映薪炭林的水保效益。如随着林龄的增加、

营林方式、混交方式等的不同,薪炭林草的水保效益也将不同,这些问题今后均需深入地继续观测试验研究。

参 考 文 献

- [1] 余新晓. 森林植被减弱降雨侵蚀能量的数理分析. 水土保持学报, 1988年第2期
- [2] 侯喜禄. 不同植被类型小区的径流泥沙观测分析. 水土保持通报, 1985年第6期
- [3] 刘元宝等. 坡耕地不同地面覆盖的水土流失试验研究. 水土保持学报, 1990年第1期

A STUDY ON THE BENEFIT OF SOIL AND WATER CONSERVATION FOR ENERGY FOREST

Wang Yuke Li Li Fu Zuo Zhou Zesheng Yang Guang
(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia
Sinica and the Ministry of Water Conservancy
Yangling·Shaanxi·712100)

Abstract

On the basis of observed data from experiment plots, We analysed the effects of rainfall, rainfall intensity, soil permeability and plants on water and soil loss. It was suggested that rainfall intensity is a leading factor to runoff intensity; rainfall is a key to influence runoff volume, To build vegetation and strengthen soil permeability is an effective way for avoid soil and water loss.

Key words enrgy forest water and soil conservation runoff