

黄土高原不同类型暴雨的降水侵蚀特征

焦菊英 王万中 郝小品

(中国科学院, 水利部水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)

提 要

本文对黄土高原的三种类型暴雨的降水侵蚀特征进行了统计分析, 结果表明: A 型暴雨的雨量多为 10-30mm, 历时一般为 30-120min, 最大 60min 降雨量占总雨量的 85%-100%; B 型暴雨的雨量一般为 30-100mm, 降雨历时多在 3h-18h 之间, 最大 60min 降雨量占总雨量的 30%-70%; C 型暴雨的雨量一般为 60-130mm, 历时大于 24h, 最大 60min 降雨量占总雨量的 8%-25%。三种类型暴雨的空间分布不均匀程度是 A 型大于 B 型, B 型大于 C 型, 且 A 型比 B 型 C 型大得多。A 型暴雨是引起土壤侵蚀的主要暴雨, 其侵蚀性降雨发生的比例占侵蚀性降雨总次数的 52.7%, 其侵蚀量占总侵蚀量的 64%。在坡面和沟道小流域, 70% 的极强烈侵蚀是由 A 型暴雨产生的。

关键词 黄土高原 暴雨 雨型 降水特征 侵蚀特征

暴雨雨型是影响土壤侵蚀的主要因素之一。在黄土高原, 一场十几毫米的短历时、高强度局地性暴雨要比 70-80mm 的长历时、低强度区域性暴雨的侵蚀量大得多。例如: 子洲团山沟 3 号径流场 1968 年 7 月 15 日一场 29.0mm 的短历时高强度暴雨(降雨历时 34min, 平均降雨强度 51.2mm/h, 最大 10min 降雨 23mm) 的侵蚀模数为 19600t/km², 而 1964 年 7 月 5 日一场 92mm 的长历时暴雨(降雨历时 1105min, 平均降雨强度 5.0mm/h, 最大 10min 降雨为 8.7mm) 的侵蚀模数为 1523t/km², 前者雨量不足后者的 32%, 而侵蚀量却是后者的 12.9 倍。日本的日下达朗等^[1]进行了 13 年降雨量、地表径流量与土壤流失量等的连续观测, 确认土壤流失量在很大程度上受 10min 最大降雨量、降雨持续时间及有无降雨间歇状况等降雨特性的制约。即使一次降雨量相同, 因降雨方式不同其土壤流失量和地表径流量也明显不同。蒋定生^[2]、范兴科^[3]等分析了雨型对降雨入渗和产流产沙的影响, 认为降雨雨型既是增大拦蓄降水量的前提条件, 又是产生径流、造成水土流失的前提条件。为此, 为了弄清雨型对土壤侵蚀发生的影响, 本文对黄土高原不同类型暴雨的降水、侵蚀特征进行分析。

1 不同类型暴雨的降水特征

根据暴雨的成因和降水特点, 可把黄土高原的暴雨分为三种类型: A 型暴雨, 即由局地强对流条件引起的小范围、短历时、高强度暴雨; B 型暴雨, 即由锋面型降雨夹有局地雷暴性质的较大范围、中历时、中强度暴雨; 以及 C 型暴雨, 即由锋面型降雨引起的大面积、长历

表 1 黄土高原 A 型暴雨的降水特征

Tab. 1 Precipitation characteristics of pattern A rain-storm on the Loess Plateau

地 点	日期 (年.月.日)	历时 (min)	降雨量 (mm)	最大时段降雨量(mm)			占总雨量的比例(%)		
				10min	30min	60min	10min	30min	60min
陕西神木县 高家堡乡 洞川沟	1981.8.3	104	50.0	15.9	32.7	47.7	31.8	65.4	95.4
	1982.7.28	122	48.9	18.3	38.2	47.1	37.4	78.1	96.3
	1983.8.27	66	28.5	12.6	17.4	28.1	44.2	61.1	98.6
	1985.6.19	111	29.9	22.6	27.9	28.6	75.6	93.3	95.7
	1979.6.29	141	32.3	14.7	24.8	31.0	45.5	76.8	96.0
	1987.7.14	73	25.5	23.6	25.3	25.5	92.5	99.2	100.0
陕西神木县 贺家川乡 贾家沟	1982.6.14	144	38.8	20.9	30.6	34.9	53.9	78.9	89.9
	1982.6.15	66	31.8	20.6	31.6	31.8	64.8	99.4	100.0
	1982.7.28	84	21.1	10.6	19.8	20.8	50.2	93.8	98.6
	1982.8.4	40	18.6	11.8	18.2	18.6	63.4	97.8	100.0
	1985.8.7	25	29.1	11.6	29.1	29.1	39.9	100.0	100.0
	1988.7.23	40	22.9	15.7	17.2	22.9	68.6	75.1	100.0
	1988.8.5	64	25.4	7.4	18.9	24.6	29.1	74.4	96.9
	1985.8.2	140	22.0	18.7	21.9	21.9	85.0	99.5	99.5
陕西横山县 殿市乡 店房台沟	1978.6.28	58	25.2	15.6	23.0	25.2	61.9	91.3	100.0
	1978.7.20	128	31.1	10.1	21.1	29.9	32.5	67.8	96.1
	1979.7.23	178	56.0	15.4	32.6	51.6	27.5	58.2	92.1
	1982.8.4	80	20.2	15.4	19.1	19.8	76.2	94.6	98.0
	1983.6.29	90	39.4	10.4	35.4	39.1	26.4	89.8	99.2
	1984.6.11	40	20.5	14.7	19.5	20.5	71.7	95.1	100.0
	1985.6.14	85	17.7	10.2	11.5	17.6	57.6	65.0	99.4
	1986.7.6	32	21.1	12.7	21.0	21.1	60.2	99.5	100.0
陕西清涧县 店则沟乡 店则沟	1979.7.23	95	13.1	8.9	11.6	12.1	67.9	88.5	92.4
	1982.8.2	78	19.9	7.3	16.8	19.7	36.7	84.4	99.0
	1983.8.26	55	20.6	11.7	20.0	20.6	56.8	97.1	100.0
	1985.6.19	122	35.1	19.8	31.6	32.8	56.4	90.0	93.4
	1986.7.19	111	19.5	13.2	17.6	19.1	67.7	90.3	97.9
	1988.6.22	61	26.3	14.6	23.4	26.2	55.5	89.0	99.6
	1988.7.18	143	51.4	13.8	29.6	44.0	26.8	57.6	85.6
	陕西子洲县 岔巴沟	1966.8.28	62	33.5	16.2	30.4	33.5	48.4	90.7
1967.7.6		60	28.1	15.6	25.6	28.1	55.5	91.1	100.0
1961.7.22		58	31.0	9.6	21.7	31.0	31.0	70.0	100.0
1960.7.19		128	33.8	13.2	28.6	32.6	39.1	84.6	96.4
1960.7.31		110	36.4	8.0	19.7	34.8	22.0	54.1	95.6
1962.7.23		170	67.2	28.0	62.5	64.0	41.7	93.0	95.2
1961.7.30		100	44.8	14.3	32.6	44.0	31.9	72.8	98.2
1961.7.21		60	38.4	9.8	23.0	38.4	25.5	59.9	100.0

时、低强度暴雨。

1.1 A 型暴雨的降水特征

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net
A 型暴雨主要发生在热对流强和地形比较特殊的地区。其中以阴山北麓的哈德门沟、

大脑包、头道拐,陕北的榆林、神木一带,晋西北的原平、临县一带,泾河中下游的旬邑、淳化、耀县一带,渭河上游的秦安等地,发生的频率和强度最高。由表1看出,A型暴雨的降水历时一般在30-120min,最长一般不超过180min,最短只有几分钟;最常见发生的降水历时在60min内,主降水历时大都只有几分钟至二三十分钟。暴雨的雨量为10-30mm,一般不超过50mm。从不同时段雨量的集中程度看,最大10min降雨量占总降雨量的25%-70%,最大30min降雨量占总降雨量的55%-95%,最大60min降水量占总降水量的85%-100%。

表2 黄土高原B型暴雨的降水特征

Tab. 2 Precipitation characteristics of pattern B rain-strom on the Loess Plateau

地点	日期 (年.月.日)	历时 (min)	降水量 (mm)	最大时段降水量(mm)				占总水量的比例(%)			
				10min	30min	60min	120min	10min	30min	60min	120min
陕西省神木县 高家堡乡 洞川沟	1988.7.22	325	84.7	22.9	51.3	71.6	77.6	27.0	60.6	84.5	91.6
	1987.8.13	785	50.7	6.3	13.1	19.7	29.4	12.4	26.2	38.9	58.0
	1986.6.26	472	80.5	5.3	9.6	14.9	28.4	6.6	11.9	18.5	35.3
	1983.7.27	236	33.2	12.3	15.4	23.9	31.9	37.0	46.4	72.0	96.1
陕西省横山县 殿市乡 房台沟	1984.8.26	867	83.0	10.3	24.0	30.8	35.2	12.4	28.9	37.1	42.4
	1988.7.14	246	56.4	14.5	29.7	32.0	35.3	25.7	52.7	56.7	62.6
	1985.7.8	502	34.6	9.4	21.0	24.2	29.7	27.2	60.7	69.9	85.8
陕西省清涧县 店则乡 店则沟	1978.8.7	858	64.9	9.0	17.7	23.7	30.6	13.9	27.3	36.5	47.1
	1978.7.12	663	114.5	10.4	21.9	35.6	43.1	9.1	19.1	31.1	37.6
	1979.7.27	326	43.8	12.1	13.1	19.8	24.6	27.6	29.9	45.2	56.2
	1984.8.3	672	43.6	7.8	14.9	20.8	21.7	17.9	34.2	47.7	49.8
	1988.7.15	380	60.9	9.3	21.6	28.9	41.1	15.3	35.5	47.5	67.5
1987.8.26	591	76.2	13.0	28.4	37.9	60.2	17.1	37.3	49.7	79.0	
陕西省神木县 贺家川乡 贾家沟	1979.7.23	461	54.6	5.5	14.2	18.9	26.1	10.1	26.0	34.6	47.8
	1980.8.26	337	46.3	3.1	9.2	16.2	19.8	6.7	19.9	35.0	42.8
	1988.7.6	365	61.5	9.8	18.5	34.8	44.2	15.9	30.1	56.6	71.9
	1989.7.22	568	153.9	20.5	45.0	72.3	90.8	13.3	29.2	47.0	59.0
陕西省西峰市 南小河沟	1978.7.12	505	89.0	4.8	14.3	28.6	36.8	5.4	16.1	32.1	41.3
	1988.7.24	555	113.4	22.9	35.5	68.8	83.7	20.2	31.3	60.7	73.8
	1988.8.7	591	87.7	11.7	29.1	46.3	67.2	13.3	33.2	52.8	76.6
	1986.6.26	577	66.6	9.8	18.7	25.1	34.3	14.7	28.1	37.7	51.5
陕西省临县 林家坪乡 招贤沟	1980.8.18	624	62.4	7.7	21.8	41.7	52.6	12.3	34.9	66.8	84.3
	1985.7.30	535	50.1	8.1	16.9	29.2	45.1	16.2	33.7	58.3	90.0
	1988.8.6	450	62.5	14.3	30.8	34.3	42	22.9	49.3	54.9	67.2
	1980.8.18	624	62.4	7.7	21.8	41.7	52.6	12.3	34.9	66.8	84.3
陕西省延川县 城关乡文安 驿川沟	1986.8.18	935	52.9	8.2	16.7	22.1	29.4	15.5	31.6	41.8	55.6
	1984.8.27	688	52.4	9.1	13.7	19.1	26.1	17.4	26.1	36.5	49.8
	1981.7.2	1014	120.9	7.9	23.7	45.5	69.2	6.5	19.6	37.6	57.2
甘肃泾川县城 关乡田沟门沟	1979.8.12	360	69.6	5.4	16.1	32.1	64.2	7.8	23.1	46.1	92.2
	1982.7.29	1275	105.2	10.0	20.9	32.4	41.3	9.5	19.9	30.8	39.3
陕西省子洲县 岔巴沟	1967.8.10	250	70.1	12.7	27.5	45.0		18.1	39.2	64.2	
	1963.8.28	500	55.8	10.6	20.3	28.8		19.0	36.4	51.6	
	1966.6.27	600	78.9	12.6	22.0	33.0		16.0	27.9	41.8	

A 型暴雨的雨区面积一般在 500km^2 以下, 中心雨区只有十几平方公里, 甚至几平方公里, 而且流域空间降雨的不均匀性很差, 流域降水不均匀系数 η 值一般在 0.58 左右, 有的只有 0.2、0.3; 面雨量离差系数 C_v 值一般为 0.5–0.7, 有的超过了 1.0 (表 4)。

B 型暴雨在黄土高原沟壑区和丘陵沟壑区普遍发生。由表 2 可知, B 型暴雨的降雨历时在 3h–18h, 一般不超过 24h, 最常见发生的降雨历时为 6h–12h。雨量一般为 30–100mm。从不同时段降水量的集中程度看, 最大 10_{min} 降雨量占总雨量的 10%–25%, 最大 30_{min} 降水量占总降水量的 20%–50%, 最大 60_{min} 降水量占总水量的 30%–70%, 最大 120_{min} 降水量占总降水量的 40%–90%。

B 型暴雨的雨区面积一般在 $1000–10000\text{km}^2$ 。由表 4 可以看出, 流域空间分布不均匀系数 η 值一般在 0.6–0.8 之间, 而雨量离差系数 C_v 在 0.2–0.4 之间, 比 A 型暴雨的不均匀性低。

1.3 C 型暴雨的降水特征

C 型暴雨的降雨历时一般大于 24h, 有的超过 100h。雨量一般在 60–130mm。从不同时间段的雨量集中度看, 最大 10_{min} 降雨量一般仅占总量的 5% 左右, 最大 30_{min} 降雨量占总雨量的 5%–15%, 最大 60_{min} 降雨量占总雨量的 8–25%, 最大 120_{min} 降水量占总降水量的 10%–30%。

表 3 黄土高原 C 型暴雨的降水特征

Tab. 3 Precipitation characteristics of pattern C rainstorm on the Loess Plateau

地 点	日期 (年.月.日)	历时 (min)	降水量 (mm)	最大时段降水量(mm)				占总水量的比例(%)			
				10min	30min	60min	120min	10min	30min	60min	120min
宁夏泾源县 泾河源乡	1979.7.1	3601	118.7	2.3	4.8	8.5	12.8	1.9	4.0	7.2	10.8
	1980.7.27	2105	177.2	5.6	6.2	8.6	12.6	3.2	3.5	4.9	7.1
	1981.8.17	6622	197.2	2.4	6.6	10.7	19.2	1.2	3.3	5.4	9.7
	1983.5.13	1970	82.6	2.5	6.1	9.4	14.1	3.0	7.4	11.4	17.1
	1981.7.12	2280	88.1	6.1	7.8	8.5	19.6	6.9	8.9	9.6	22.2
	1980.6.28	3637	104.3	2.0	3.1	4.9	9.0	1.9	3.0	4.7	8.6
	1984.9.4	4728	105.6	6.1	11.6	11.7	11.8	5.8	11.0	11.1	11.2
陕西省神木县 贺家堡乡 贾家沟	1979.7.1	1375	68.4	3.3	9.9	19.7	27.3	4.8	14.5	28.8	39.9
	1981.7.2	1736	68.4	5.8	13.2	14.7	19.8	8.5	19.3	21.5	28.9
	1989.6.6	1647	67.6	3.4	4.1	4.7	9.0	5.0	6.1	7.0	13.3
甘肃泾川县城 关乡田沟门沟	1981.8.14	1974	94.4	2.9	5.5	8.5	12.2	3.1	5.8	9.0	12.9
	1988.8.7	1178	104.6	9.7	12.2	15.1	20.7	9.3	11.7	14.4	19.8
陕西延川县城 关乡文安驿川	1981.8.14	1450	149.8	3.7	12.1	20.5	34.4	2.5	8.1	13.7	23.0
	1982.7.30	1570	110.6	3.7	11.1	22.2	44.3	3.3	10.0	20.1	40.1
陕西省吴堡县 张家塬乡	1981.6.18	2635	114.0	6.7	13.5	17.3	20.5	5.9	11.8	15.2	18.0
	1981.6.20	878	60.9	4.4	8.7	11.3	12.4	7.2	14.3	18.6	20.4
	1987.6.21	1580	65.1	2.8	7.3	12.7	20.3	4.3	11.2	19.5	31.2
山西临县城林 家坪乡招贤沟	1979.8.2	1281	75.6	4.5	7.6	12.1	17.9	6.0	10.1	16.0	23.7
	1981.6.19	2754	140.4	8.8	22.8	31.5	32.5	6.3	16.2	22.4	23.1
陕西子洲县 岔巴沟	1961.9.26	2260	134.9	4.3	11.6	22.2		3.2	8.6	16.5	
	1961.8.13	800	88.0	2.5	7.0	11.0		2.8	8.0	12.5	
陕西省清涧县 店则乡	1979.8.2	1271	67.3	5.0	7.8	13.9	19.8	7.4	11.6	20.7	29.4

C型暴雨的雨区面积一般在10000–50000km²,流域空间分布不均匀系数 η 值平均0.85,最高0.98,最低0.73,而雨量离差系数为0.15,最高为0.23,最低0.07。C型暴雨的空间不均匀性比A型、B型暴雨都小。

表4 不同类型暴雨降雨的空间分布特征

Tab. 4 Spatial distribution characteristics of rain-strom in differnt pattern

流域	面积 (km ²)	A型		B型		C型	
		C _v	η	C _v	η	C _v	η
脱家沟	34.4	0.37	0.75	0.26	0.84	0.19	0.89
张家塄沟	52.6	0.54	0.70	0.21	0.78	0.09	0.93
店则沟	56.4	0.46	0.63	0.09	0.91	0.03	0.96
招贤沟	57.2	0.40	0.64	0.30	0.72	0.16	0.87
田沟门	58.0	0.24	0.82	0.17	0.86	0.19	0.88
韭园沟	70.1	0.61	0.50	0.33	0.64	0.20	0.75
店房台沟	87.0	0.66	0.66	0.33	0.82	0.07	0.98
贾家沟	93.4	0.46	0.70	0.25	0.76	0.19	0.85
洞川沟	140.0	0.67	0.62	0.29	0.75	0.15	0.79
岔巴沟	187.0	0.97	0.35	0.40	0.55	0.15	0.77
文安驿川	303.0	0.62	0.47	0.36	0.65	0.16	0.78
砚瓦川	330.0	1.03	0.31	0.36	0.65	0.23	0.73
南小河沟	336.0	1.11	0.36	0.32	0.68	0.15	0.82
平均		0.63	0.58	0.28	0.74	0.15	0.85

1.4 不同类型暴雨的划分标准

通过对248场不同类型暴雨时段雨量集中程度的统计分析,选择最大60min雨量占次降雨总量的比例为划分三类暴雨的数量指标:

A型暴雨 $P_{60}/P \geq 80\%$

B型暴雨 $20\% < P_{60}/P < 80\%$

C型暴雨 $P_{60}/P < 20\%$

其中: P_{60} 为次最大60min降水量(mm);

P 为次总降水量(mm)

2 不同类型暴雨的侵蚀特征

2.1 不同类型暴雨的侵蚀性降雨及侵蚀量

暴雨类型不同,其侵蚀性降雨及侵蚀量有很大的差异。表5为A型、B型和C型暴雨的侵蚀特征的统计结果,从表中可以看出:

在侵蚀性降水中,A型暴雨的发生比例最大,占侵蚀性降水总次数的比例平均为52.7%左右,B型暴雨占37%左右,C型暴雨最小,平均为10.3%。在各雨型的侵蚀量中,A型暴雨所引起的土壤流失量最多,平均占总流失量的64%,B型暴雨所引起的土壤流失量平均占总流失量的31%,C型暴雨所引起的土壤流失量最少,仅占总流失量的5%。可见A型

暴雨是引起土壤侵蚀的主要暴雨类型。

表 5 不同类型暴雨的侵蚀性降雨及侵蚀量比例

Tab. 5 The proportion of erosive rainfall and erosion of rain-strom

地 点	侵蚀性降雨的雨型结构比例(%)			各雨型侵蚀量占总侵蚀量的比例(%)		
	A	B	C	A	B	C
团山沟 3 号场	62.2	35.1	2.7	66.0	32.4	1.6
团山沟 9 号场	63.9	33.3	2.8	71.4	23.9	4.7
辛店 11 号场	55.2	34.5	10.3	90.4	6.8	2.8
辛店 18 号场	55.2	34.5	10.3	83.0	11.7	5.4
蛇 家 沟	53.8	38.5	7.7	66.6	24.1	9.3
驼 耳 巷	38.2	38.2	23.5	57.8	39.0	3.2
团 山 沟	53.3	30.7	16.0	72.9	21.9	5.2
小 砭 沟	39.6	47.2	13.2	37.8	60.3	1.9
羊 道 沟	53.2	41.3	5.5	30.3	58.9	10.8
平 均	52.7	37.0	10.2	64.0	31.0	5.0

2.2 不同类型暴雨的极强烈侵蚀特征

黄土高原水土流失的集中度相当高,对于一个地区来说,一年的侵蚀量不仅决定于一、二次降雨,而且多年的侵蚀量也往往决定于几场降雨。据我们的统计结果^[1],黄土高原年最大一次侵蚀量占总流失量的比例平均为 60.7%,一般在 45%–80% 之间;最大 2 次最大侵蚀量占总流失量的比例平均为 81.8%,一般在 70%–90% 之间。为此,对不同雨型引起的极强烈侵蚀(侵蚀模数 10000t/km² 的侵蚀)进行了分析。

表 6 黄土高原坡面极强烈侵蚀的降雨、径流、产沙特征

Tab. 6 Rainfall, runoff-generating and sediment-generating features of intense erosion on the slopes of the Loess Plateau

地 点	坡度 (°)	日期 (年.月.日)	侵蚀产沙			径流		降 雨						P60/P	雨型	
			侵蚀模数 t/km ²	平均 含沙量 kg/m ³	最大 含沙量 kg/m ³	深 mm	系数 %	雨量 mm	历时 min	雨强 mm/min	最大时段雨量(mm)					
											10	30	60			
团山沟 3 号径流场	22	1963.8.26	10100.0	684	957	11.0	50.0	28.3	330	0.086	12.2	18.3	21.5	0.76	A	
		1966.6.27	12400.0	566	673	17.4	33.9	52.5	729	0.072	17.5	36.4	44.9	0.85	A	
		1966.7.17	10730.0	347	863	20.2	32.4	74.3	437	0.170	12.8	25.1	31.5	0.50	B	
		1966.8.15	12700.0	473	889	22.1	58.3	45.2	170	0.266	14.9	32.2	36.2	0.81	A	
		1968.7.15	19600.0	721	880	18.5	68.6	29.0	34	0.853	230	28.8	29.0	1.00	A	
		1969.5.11	14800.0	793	879	13.2	25.2	52.4	80	0.655	21.3	48.8	52.3	1.00	A	
绥德辛店沟 11 号场	28.7	1956.8.8	36130.0	822		30.3	77.0	45.6	150	0.304	22.8	40.1	41.5	0.91	A	
榆林跳沟 4 号场		1961.7.21	11250.0			19.4	23.3	64.7	455	0.142	7.5	13.5	21.0	0.46	B	
榆林跳沟 4 号场		1961.7.31	43060.0			30.2	72.9	41.5	140	0.296	11.2	19.4	26.0	0.63	B	
榆林王家沟 1 号场	27	1958.7.13	10530.0			12.1	18.7	64.8								
榆林王家沟 4 号场	32	1959.7.6	17450.0			12.7	33.6	37.6	45	0.835	21.8	39.3	39.3	1.00	A	
绥德王茂沟 8 号场	38	1961.8.1	31870.0			43.4	73.6	59.0	120	0.492	26.5	52.4	58.5	1.00	A	
安寨茶坊 5 号场	28	1988.8.3	30700.6						137.6	1281	0.107	17.5	43.5	56.4	0.41	B

表7 黄土高原沟道小流域极强烈侵蚀的降雨、径流、产沙特征

Tab. 7 Rainfall, runoff-generating and sediment-generating features of intense erosion in the gully and small watershed on the Loess Plateau

地点	面积 (km ²)	日期 (年.月.日)	侵蚀产沙			径流		降雨						P60/P	雨型
			侵蚀模数	平均	最大	深	系数	雨量	历时	雨强	最大时段雨量(mm)				
				含沙量	含沙量						10	30	60		
t/km ²	kg/m ³	kg/m ³	mm	%	mm	min	mm/min	10	30	60					
子洲团山沟	0.18	1966.6.27	19300.0	722	864	19.6	35.5	52.5	729	0.072	17.5	36.4	44.9	0.85	A
		1966.7.17	16900.0	632	832	20.5	27.3	74.3	437	0.170	12.9	25.2	37.5	0.50	B
		1966.8.15	23700.0	749	841	23.0	55.3	45.2	170	0.266	15.0	32.6	37.0	0.82	A
		1968.7.15	19600.0	891	963	14.8	51.0	29.0	34	0.853	23.0	28.8	29.0	1.00	A
		1969.5.11	19800.0	882	1030	15.1	28.8	52.4	80	0.655	21.3	48.8	52.3	1.00	A
子洲蛇家沟	4.72	1966.6.27	17000.0			23.0	49.0	46.7	180	0.260	14.2	37.7	44.9	0.96	A
		1966.7.17	19700.0			31.3	52.0	60.6	420	0.144	13.5	26.3	31.9	0.53	B
		1966.8.15	15000.0			21.3	44.0	48.5	172	0.282	20.4	39.9	46.3	0.95	A
		1968.7.15	15000.0			18.1	76.0	24.0	30	0.80	20.1	24.0	24.0	1.00	A
		1969.5.11	17700.0			23.6	40.0	59.2	60	0.99	24.5	53.1	59.2	1.00	A
离石羊道沟	0.21	1958.7.29	13521.0		810	18.2	37.4	487	255	0.191	10.4	28.0	40.5	0.83	A
		1959.8.20	24944.0		1035	37.5	36.1	104.0	909	0.114	6.7	14.0	21.4	0.21	C
		1962.7.15	8245.0	936	18.1	21.7	83.6	635	0.132	10.4	23.5	31.4	0.37	B	
		1966.7.17	27214.0		1194	37.0	43.4	62.0	250	0.248	18.7	31.0	49.4	0.80	A
		1970.8.9	10660.0		834	13.4	26.8	50.0	190	0.263	16.0	29.8	43.4	0.85	A
		1969.7.26	47924.0		824	56.4	61.6	91.6	360	0.254	12.4	22.8	34.6	0.37	B
绥德团圆沟	0.491	1959.8.19	13900.0	649	891	16.1	17.7	90.7	1649	0.055	5.6	12.9	16.3	0.18	C
		1961.8.1	40000.0	1060	1130	22.6	34.7	63.9	115	0.555	27.7	54.8	63.0	0.99	A
王家沟	1.67	1956.8.8	28960.0	813	850	24.7	56.2	43.9	230	0.191	15.3	34.7	41.0	0.93	A
南窑沟	0.732	1956.8.8	20670.0	600	754	28.6	77.9	48.0	150	0.300	20.0	44.0	46.5	0.97	A
裴家卯沟	41.5	1964.7.5	21580.0	692	862	23.0	16.8	127.2	925	0.137	9.0	18.5	28.6	0.22	C
		1968.7.26	17880.0	751	826	17.0	30.2	56.5	188	0.300	11.8	30.4	41.7	0.74	B
		1959.8.19	14430.0	597	744	18.8	17.7	106.3	1225	0.087	6.0	14.1	17.4	0.16	C
韭园沟	70.1	1977.8.4	109000.0	896	1100	80.5	54.9	146.6	645	0.227				B	
天水桥子东沟	1.36	1958.7.3	11170.0	429	759			34.0	144	0.236	9.0	13.0	25.8	0.76	B
		1958.7.20	10620.0	385	734			40.9	141	0.290	12.0	18.7	35.3	0.86	A
罗玉沟	75.3	1965.7.7	21161.0	604		19.2	21.3	90.0	480	0.187			57.6	0.64	B
贾家沟	93.4	1982.8.4	11500.0			13.6	73.0	18.7	67	0.273	11.8	18.2	18.3	1.00	A
秋合子沟	122.0	1985.8.28	10400.0			10.3	26.0	39.3	212	0.185	11.3	26.4	31.0	0.79	A
西峰野鸡沟	0.202	1958.8.4	14630.0	883	1180			79.5	1800	0.044	4.0	7.8	10.3	0.13	C
董家沟	1.06	1956.7.2	12000.0	780	1100			70.8							
小羊沟	0.469	1959.8.5	14620.0	783	1070			41.7	625	0.066	8.0	17.2	28.3	0.68	B
清涧店则沟	56.4	1987.8.26	22000.0				26.2	75.0	450	0.167	11.0	24.0	39.9	0.532	B
靖边杨湾沟	0.90	1959.8.24	13110.0	746	874	12.7	55.8	22.8	42	0.543	14.2	20.9	22.8	1.00	A
榆林王家沟	0.434	1958.7.13	14630.0	681	828	16.0	24.7	64.7	400	0.162	12.5	29.5	41.7	0.64	B
		1959.8.5	12390.0	877	421	24.7	58.7	42.2	320	0.132	9.4	19.9	31.1	0.76	B
		1959.7.6	10020.0	611	759	13.7	36.6	37.3	45	0.829	21.8	37.3	37.3	1.00	A
子洲驼耳巷	5.76	1963.8.26	33400.0			39.0	43.3	43.3	160	0.271	15.9	26.7	37.3	0.86	A
		1966.7.17	23700.0			37.9	40.0	95.1	780	0.1222	16.2	35.7	46.4	0.49	B
平凉纸坊沟	19.0	1957.7.24	12645.0	348	595	31.0	29.0	106.9	745	0.413					B
吴堡张家湾	52.6	1987.8.26	32500.0			24.4	46.4	87.1	319	0.273	8.7	21.4	36.4	0.42	B
延河	3208	1977.7.5	21882.8			33.2	24.9	133.2	1427	0.933					B
清涧河	4368	1978.7.27	48100.0			64.8	32.0	202.4	360	0.562					B

表 6、7 分别是黄土高原坡面和沟道小流域不同类型暴雨引起的极强烈侵蚀的产流产沙特征。由表可见,在坡面和沟道小流域,极强烈侵蚀的 70% 是由短历时高强度的局地雷暴雨即 A 型暴雨产生的,其降雨量多在 30–50mm 之间,降雨历时只有几十分钟,一般不超过 180min,最大 10min 降水量为 15–25mm,占次降水量的 50%–70%,最大 30min 降水量为 20–40mm,占次降水量的 70%–90%,最大 60min 降水量为 25–50mm,占次降水量的 80%–100%;其次是锋面性降水夹有雷暴性质的 B 型降雨,降水量多在 50–80mm,降雨历时一般在 300–600min,最大 10min 降水量为 10–15mm,占次降雨量的 20–35%,最大 30min 降水量为 15–30mm,占次降水量的 30%–45%,最大 60min 降水量为 20–40mm,占次降水量的 40%–60%;长历时的锋面性 C 型暴雨发生极强烈侵蚀很少,在发生的 5 次中,降水量在 80–130mm,降雨历时在 900–1800mm。在中小流域的极强烈侵蚀多为特大暴雨或大暴雨,雨型多为 B 型,其雨量多超过或接近 100mm,短历时的降水强度也很大,最大 10min 降水量大多超过 10mm,最大 30min 降水量超过 20mm,最大 60min 降水量在 40mm 左右。

极强烈侵蚀的径流系数大多超过 30%,其中 A 型暴雨有的超过了 50%,高达 70% 多;B 型暴雨多在 30% 左右,有的也超过了 50%;C 型暴雨一般低于 30%。极强烈侵蚀的平均含沙量多在 $600–900\text{kg}/\text{m}^3$,有的超过了 $1000\text{kg}/\text{m}^3$;最大含沙量一般超过 $800\text{kg}/\text{m}^3$,达到 $1000\text{kg}/\text{m}^3$,有的超过了 $1400\text{kg}/\text{m}^3$,极强烈侵蚀的侵蚀模数多在 $10000–50000\text{t}/\text{km}^2$ 之间,以 $10000–20000\text{t}/\text{km}^2$ 的居多,而绥德韭园沟 1977 年 8 月 4 月一场降水量为 146.6mm,历时为 645min 的 B 型暴雨所产生的侵蚀高达 $109000\text{t}/\text{km}^2$ 。

参考文献

- ① 吕日下达朗等. 考虑降雨类型的土壤流失量计算公式, 水土保持科技情报, 1995, 2
- ② 蒋定生等. 黄土高原坡耕地水土保持措施效益评价试验研究, () 坡耕地水土保持措施对降雨入渗的影响, 水土保持学报, 1990, 2
- ③ 范兴科等. 黄土高原坡耕地水土保持措施效益评价试验研究, () 坡耕地水土保持措施蓄水拦泥效益数学模型研究, 水土保持学报, 1990, 3
- ④ 汪万中、焦菊英著. 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙, 科学出版社, 1996

PRECIPITATION AND EROSION CHARACTERISTICS OF RAIN-STORM IN DIFFERENT PATTERN ON LOESS PLATEAU

Jiao Juying Wang Wanzhong Hao Xiaoping

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

Abstract

In this paper, the precipitation and erosion characteristics of three rainstorm types on the Loess Plateau are statistically analyzed. The results show that the individual rainfall amount of pattern A, pattern B and pattern C storm is generally 10–30mm, 30–100mm and 60–130mm respectively, and the rainfall duration of the pattern A, B and C storm is usually 30–120minutes, 3–18 hours and more than 24 hours, the proportion of maximum rainfall in 60 minutes in total amount is 85–100% of pattern A, 30–70% of pattern B, and 8–25% of pattern C. The nonuniformity of spatial distribution of three storm types is pattern A more than pattern B, pattern B more than pattern C, and pattern A more than pattern B and C greatly. Pattern A is the main storm that causes soil and water loss, and its proportion of erosive rainfall and soil loss in total is 52.7% and 64% respectively. In slope, gully and watershed, 70% of the extreme erosion is caused by pattern A storm.

Key Words the Loess Plateau, rainstorm, rainfall pattern, precipitation characteristics, erosion characteristics.