

## 黄土丘陵沟壑区降水侵蚀影响研究

——以陕西吴旗县柴沟流域为例

程复, 梁伟, 赵廷宁, 白翠霞, 张静

(北京林业大学水土保持学院水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:**根据吴旗县20 a的降雨资料及试验区自记雨量计长期定位观测资料,分析了黄土丘陵沟壑区的降水侵蚀。研究表明,多年平均年降雨量为451.77 mm;多年平均降雨侵蚀力 $R$ 为 $197.87 (J \cdot cm)/(m^2 \cdot h)$ ;当降雨量大于10 mm时就会引起侵蚀,当降雨强度为大于10 mm/min的暴雨时,会造成极为严重侵蚀。因此,防止暴雨侵蚀是防治水土流失的关键。

**关键词:**黄土丘陵沟壑区;降雨;侵蚀;降雨侵蚀力

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0118-03

## Study on Rainfall and Erosion in Hilly and Gully Regions on the Loess Plateau ——A Case Study in Chaigou Watershed in Wuqi County, ShaanXi Province

CHEN Fu, LIANG Wei, ZHAO Ting-ning, BAI Cui-xia, ZHANG Jing

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of MOE,  
College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** This study analyzes the erosion of the loess hilly and gully area according to materials about the rainfall of Wuqi county in 20 years and the long-term location observing data recorded by the auto-recording pluviometer in the experimental area. The research indicates that the annual rainfall on average is 451.77 mm; the annual rainfall erosivity  $R$  on average is  $197.87 (J \cdot cm)/(m^2 \cdot h)$ ; the erosion will happen when the rainfall is over 10 mm; rainfall intensity of over 10 mm/min will lead to more serious erosion. As a result, preventing from the rainstorm erosion is our key to control water and soil loss.

**Key words:** loess hilly and gully area; rainfall; erosion; rainfall erosivity

黄土高原地区是我国水土流失最严重的地区,降水是导致土壤流失的动力因素,研究降雨及降雨侵蚀力对黄土丘陵沟壑区提出因害设防配置模式具有重要的理论及实践意义<sup>[1]</sup>。本研究分析降水因子对侵蚀的影响,对黄土区水土流失治理有重要指导意义。

### 1 试验区概况

吴旗县地处黄土高原中温带,地处东经 $107^{\circ}38'57'' \sim 108^{\circ}32'49''$ ,北纬 $36^{\circ}33'33'' \sim 37^{\circ}24'27''$ ,海拔1 233~1 809 m,全县土地面积3 786 km<sup>2</sup>,属典型的黄土高原梁状丘陵沟壑区。年平均气温7.8℃,无霜期146 d,属于大陆性季风气候区。土壤以黄土性土为主,占总土地面积的97.6%。本次研究的试验区设立在吴旗县柴沟流域,地处 $N36^{\circ}54'$ , $E108^{\circ}14'$ ,总面积650 hm<sup>2</sup>。土壤类型为黄土母质上发育的山地棕褐土和栗钙土,土层深厚<sup>[2]</sup>。

### 2 降雨量的年内分布特征与年际变化

降雨的年内分布对水土流失的影响很大。哈德逊(1976)研究表明,降雨的年内分布有3种方式,即均匀分布型、单峰式分布型(降雨集中在8~10月)和双峰式分布

(降雨集中在6,8,9月)<sup>[3]</sup>。试验区降雨的年内分布如图1,呈单峰式分布,降雨主要集中在7,8月。从1~7月,降雨量逐渐增大,8月达到最高值。受西北地区气候的影响,9~12月降雨量急剧减少,直至年底,降雨量达到年内最低值。降雨量最大的7,8月,降雨量变化介于93.15~112.04 mm,占总降雨量的20.6%~24.8%。

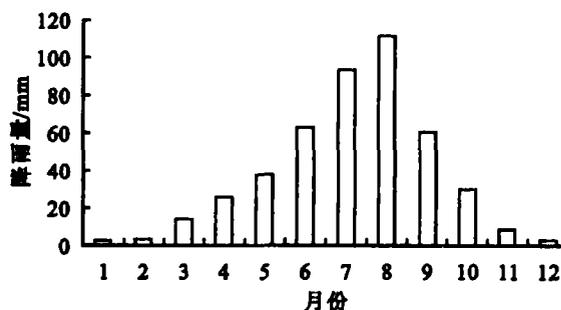


图1 试验区20 a平均降雨量分布

从季节分布来看,春季干旱多风,气温回升较快,夏季温度较高,雨量集中,水热失调。降水集中在夏季,7,8月占总降水量的45.08%,秋冬季(9月到翌年2月)降雨量仅占全

收稿日期:2006-03-07

基金项目:“长江上游、黄河中上游退耕还林(草)国家林业局领导科技示范点工程”项目资助

作者简介:程复(1981-),男,硕士。主要研究方向:水土保持与荒漠化防治。

年的23.19%,春季(3~6月)占31.42%。而黄土丘陵沟壑区的暴雨季节(8月)雨量多年平均值为41.2~230.5 mm,平均112.04 mm,占全年降雨总量的25.03%。

试验区降雨量年际变化较大,最多可达631.4 mm,最少为270 mm,降雨量年际间的相对变率为54.3%。用最大降

雨量与年均降雨量的比值来表征其年际变化。从表1可以看出,黄土丘陵沟壑区降雨量的年际变化较大,最大年降雨量一般为平均降雨量的2.24~6.01倍,这种年际变化自2000年退耕还林后有逐渐减缓的趋势。

表1 试验区降雨量的年际变化

年份	年降雨量/mm				年份	年降雨量/mm			
	平均雨量	最大雨量	最小雨量	最大/平均		平均雨量	最大雨量	最小雨量	最大/平均
1985	52.62	163	0	3.10	1995	35.15	230.5	0	6.56
1986	28.64	136.4	0.7	4.76	1996	35.11	162.5	0	4.63
1987	22.50	50.5	0	2.24	1997	31.92	138	0.7	4.32
1988	40.55	134.5	0.4	3.32	1998	43.89	112.5	0	2.56
1989	35.07	82.4	0.3	2.35	1999	33.60	201.8	0	6.01
1990	48.03	172.4	2.4	3.59	2000	33.22	129.1	0.2	3.89
1991	29.80	95.2	2.1	3.19	2001	44.88	166.8	0.9	3.72
1992	38.59	206.6	0	5.35	2002	44.43	132.3	0	2.98
1993	33.58	165.6	0	4.93	2003	49.23	147.8	0	3.00
1994	42.33	192.4	0.2	4.55	2004	29.84	121.8	0.9	4.08

3 降雨侵蚀力的年内与年际分布

3.1 侵蚀性降雨的标准

为了研究降雨强度与土壤侵蚀的关系,以柴沟流域径流

场2004年的降雨雨强和土壤侵蚀资料,根据雨强或时段雨强的数据域,分不同雨强段研究其与土壤侵蚀的关系,结果如表2~6。

表2  $I_{10}$ 雨强级与土壤侵蚀量

范围/ (mm·h <sup>-1</sup> )	侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	次数	平均/ (t·km <sup>-2</sup> ·次 <sup>-1</sup> )	范围/ (mm·h <sup>-1</sup> )	侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	次数	平均/ (t·km <sup>-2</sup> ·次 <sup>-1</sup> )
$I \leq 10$	124.07	12	10.34	$30 < I \leq 40$	733.43	4	183.36
$10 < I \leq 20$	1113.69	16	69.61	$I > 40$	1790.07	2	895.03
$20 < I \leq 30$	1983.85	18	110.21				

从时段雨强来看, $I_{10}$ 发生次数最多的是20 mm/h  $< I \leq 30$  mm/h雨强级,合计18次,发生侵蚀次数最少的是 $I > 40$  mm/h,合计2次,分别占总侵蚀次数的34.6%和3.8%,而

侵蚀最严重的是 $I > 40$  mm/h雨强级,但侵蚀总量和次均侵蚀量都很高,该级侵蚀量占了总侵蚀量的70.5%。并且随着雨强级的增大显著增加,表现出良好的规律性。

表3  $I_{30}$ 雨强级与土壤侵蚀量

范围/ (mm·h <sup>-1</sup> )	侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	次数	平均/ (t·km <sup>-2</sup> ·次 <sup>-1</sup> )	范围/ (mm·h <sup>-1</sup> )	侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	次数	平均/ (t·km <sup>-2</sup> ·次 <sup>-1</sup> )
$I \leq 10$	258.49	9	28.72	$30 < I \leq 40$	916.79	4	229.20
$10 < I \leq 20$	3341.09	6	556.85	$40 < I \leq 50$	2535.93	2	1267.97
$20 < I \leq 30$	868.61	5	173.72	$I > 50$	727.72	2	363.86

$I_{30}$ 发生次数最多的是 $I \leq 10$  mm/h雨强段,达到9次,占侵蚀总次数的32.14%;侵蚀量最大的是 $10 < I \leq 20$  mm/h雨强段,为3341.085 t/km<sup>2</sup>;产生侵蚀次数较少的是

40 mm/h  $< I \leq 50$  mm/h和 $> 50$  mm/h雨强级,然而侵蚀量都很高,合计总侵蚀量1631.83 t/(km<sup>2</sup>·次),占总侵蚀量的61.2%。从次均侵蚀量的分布来看,规律不太明显。

表4  $I_{60}$ 雨强级与土壤侵蚀量

范围/ (mm·h <sup>-1</sup> )	侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	次数	平均/ (t·km <sup>-2</sup> ·次 <sup>-1</sup> )	范围/ (mm·h <sup>-1</sup> )	侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	次数	平均/ (t·km <sup>-2</sup> ·次 <sup>-1</sup> )
$I \leq 10$	99.42	10	9.94	$30 < I \leq 40$	705.22	5	141.04
$10 < I \leq 20$	1285.03	12	107.09	$I > 40$	1584.96	4	396.24
$20 < I \leq 30$	968.16	9	174.24				

$I_{60}$ 发生侵蚀次数最多的是10 mm/h  $< I \leq 20$  mm/h,共发生了12次,占总次数的30%,而累计侵蚀量和次均侵蚀量均以 $I > 40$  mm/h的雨强级为最高,分别是1584.96 t/km<sup>2</sup>和396.24 t/(km<sup>2</sup>·次),该级侵蚀量占总侵蚀量的36.4%。结果显示次均侵蚀量随雨强级递增而呈现有规律的增加趋势。

3.2 降雨侵蚀力的分布

降雨侵蚀力是降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,它是降雨的物理特征函数。降雨侵蚀力因子(R值)是评价这种潜在能力的一个动力指标,但并非所有的降雨都引起土壤侵蚀。威斯奇迈尔(Wischmeier)对大量的田间资料进行分析研究,证明了降雨侵蚀力与由几个降雨的物理特征构成的复合参数有关,其中最密切的是降雨动能与降雨的时段最大雨强,这两者的复合是

根据以上分析得出,试验区坡面产流的降雨条件是 $P > 10$  mm,最大雨强 $I_{10} > 10$  mm/h,与黄土区其他地区研究结果一致<sup>[4]</sup>。

降雨侵蚀力的最好度量,并将其乘积定义为降雨侵蚀力因子。王万忠研究表明<sup>[4]</sup>:适用于黄土地区农田水土流失量预测中的降雨侵蚀力指标为: $R = E_{60} I_{10}$ 。

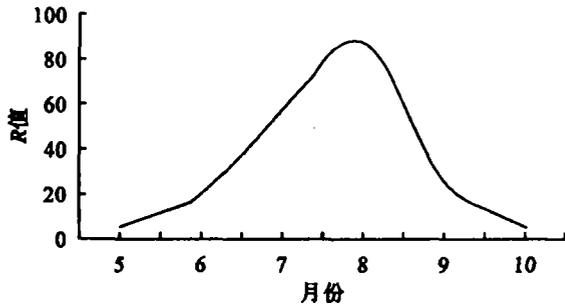


图 2 试验区多年平均 R 值年内分布

### 3.2.1 R 值的年内分布

根据降雨侵蚀能力 R 值的计算公式,计算出实验区 15 a 各月平均降雨侵蚀力 R 值(表 3)。从多年平均值来看,黄土丘陵沟壑区降雨侵蚀力主要集中在 7~9 月,这 3 个月的 R 值合计达 172.40 (J·cm)/(m<sup>2</sup>·h),占全年 R 值的 84.3%,而 10 月至翌年 6 月仅占全年 R 值的 15.7%。从表 5 可以很直观地看出 R 值的年内分布规律。

### 3.2.2 R 值的年际分布

从表 5 来看,黄土丘陵沟壑区 R 值的年际变化很大,平均为 197.87 (J·cm)/(m<sup>2</sup>·h)。根据试验区 15 a 降雨资料 5~10 月的 R 值分析,结果同样表明,黄土丘陵沟壑区降雨侵蚀力 R 值的年际变化非常大,最大年 R 值与平均年 R 值相差 2.00~4.65 倍,最大年 R 值与最小年 R 值相差更大,达到 1 421.89 倍。这一结果显示,当降雨侵蚀力作为预测一个地区水土流失情况的指标时,其 R 值应该取多年平均值,而且要有比较长期的平均 R 值,否则预测的结果很难描述预测对象的整体趋势。因此,研究地区降雨侵蚀力很大,侵蚀与降雨关系密切,降雨引起的水土流失非常严重,防护林体系应针对暴雨侵蚀配置和设计。

## 4 结 论

(1)黄土丘陵沟壑区多年平均年降雨量为 451.77 mm,其变化范围为 270.0~631.4 mm。

(2)黄土丘陵沟壑区降雨集中在 7~8 月,可以用  $PI_{10}$  作为表示降雨侵蚀力指标,当降雨量大于 10 mm 时,就会引起侵蚀,当降雨强度为大于 10 mm/min 的暴雨时会造成极严重侵蚀。

(3)多年平均降雨侵蚀力 R 为 197.87(J·cm)/(m<sup>2</sup>·h)。

(4)降雨量、降雨强度是引起侵蚀的主要原因。因此,防

止暴雨侵蚀是防治水土流失的关键。

表 5 试验区多年平均降雨侵蚀力 R 值 J·cm/(m<sup>2</sup>·h)

年份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
1990	3.66	3.18	39.30	33.83	29.43	8.49
1991	8.18	66.47	10.08	7.90	13.21	11.67
1992	2.65	19.76	20.90	131.67	4.58	6.65
1993	6.67	21.04	39.84	77.63	2.06	2.59
1994	0.15	16.72	45.94	32.59	5.87	10.23
1995	0.52	3.03	80.72	315.24	4.87	2.70
1996	2.53	19.10	141.88	34.02	11.17	11.48
1997	0.33	0.24	72.17	108.64	72.52	0.08
1998	16.35	4.52	67.09	32.43	4.27	1.68
1999	8.25	2.61	125.31	23.03	12.70	3.44
2000	1.32	44.67	22.65	165.59	15.77	17.90
2001	0.41	1.80	31.75	99.38	75.24	7.04
2002	21.31	68.37	63.33	7.39	25.11	4.10
2003	4.99	15.67	94.56	70.34	53.30	3.19
2004	13.17	12.49	17.24	84.09	59.37	0.71

### 参考文献:

- [1] 蔡崇法,丁树文,史志华,等.应用 USLE 模型与地理信息系统 IDRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J].水土保持学报,1999,14(2):19-24.
- [2] 温仲明,焦峰,卜耀军,等.黄土沟壑区植被自我修复与物种多样性变化——以吴旗县为例[J].水土保持研究,2005,12(1):1-3.
- [3] 哈德逊 N W 著[M]. 窦葆璋译.北京:科学出版社,1976.
- [4] 杨联安,史舟,等.红壤资源信息系统的研制及其初步应用[J].土壤学报,1999,36(1):32-39.
- [5] 王万忠,焦菊英,赫小品,等.中国鉴于侵蚀力 R 值的计算与分布(1)[J].水土保持学报,1995,9(4):5-19.
- [6] 黄诗峰,等.基于 GIS 的流域土壤侵蚀量估算指标模型方法[J].水土保持学报,2001,15(2):105-107.
- [7] 魏天兴.晋西黄土残塬沟壑区防护林体系配置模式的研究[D].北京:北京林业大学,2000.
- [8] 魏天兴,朱金兆.黄土区人工林地水分供耗特点与林分生产力研究[J].水土保持学报,1999,5(4):45-51.
- [9] 李蕾,刘黎明,谢花林.退耕还林还草工程的土壤保持效益及其生态经济价值评估[J].水土保持学报,2004,18(1):161-166.
- [10] 张洪江.通用土壤流失方程式综述[J].北京林学院学报,1985,3(3):73-87.