

元谋县小黄瓜园水土保持监测站降雨侵蚀力特征及 日降雨侵蚀力模型浅析

李学奎, 王志勇, 何建勋

(云南省水文水资源局 楚雄分局水土保持生态环境研究室, 云南 楚雄 675000)

摘要: 以元谋县小黄瓜园水土保持监测站 1991—2005 年的降雨过程资料为基础, 分析该地区降雨侵蚀力季节、年际分布特征, 并建立起了一个基于日降雨量的降雨侵蚀力初步预测模型。分析结果表明, 该监测站区域内的降雨侵蚀力集中分布在 6—9 月, 高峰值出现在 7 月, 年降雨侵蚀力主要集中在几次降雨过程中, 不同年份的降雨侵蚀力差异很大, 其值相差近 2.6 倍以上; 本文所论及的日降雨侵蚀力预测模型, 经回归分析后, 具有一定的显著性, 对以后在该区域内进行水土保持研究具有一定的参考价值。

关键词: 降雨侵蚀力; 预测模型; 日降雨量; 元谋县小黄瓜园水土保持监测站

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)02—0043—04

中图分类号: S157, X830.3

Rainfall Erosivity Characteristics and Daily Rainfall Erosivity Model of Soil and Water Conservation Monitoring Station in Small Cucumber Park in Yuanmou County

LI Xue-kui, WANG Zhi-yong, HE Jian-xiong

(Dept. of Eco-environment of Soil and Water Conservation, Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Chuxiong, Yunnan 675000, China)

Abstract: The article analyzed the seasonal and annual distribution of rainfall erosivity using the data of rainfall collected in Small Cucumber Park Soil and Water Conservation Monitoring Station of Yuanmou County since the 1990s, and established a preliminary prediction model based on the daily rainfall erosion. The results indicated that; the rainfall erosivity in the monitoring station mainly distributed in June to September, the peak appears in July, commonly annual rainfall erosion concentrated in several rainfalls, the rainfall erosivity between different years varied wildly, the great difference between the values is about 2.6 times. We constructed a prediction model of the daily rainfall erosivity and testified that it is significant after regression analysis checking, which may be useful as a reference to the study of soil and water conservation in this region in the future.

Keywords: rainfall erosivity; prediction model; daily rainfall; Small Cucumber Park Soil and Water Conservation Monitoring Station of Yuanmou County

降水是最重要的自然资源之一, 同时也是引起土壤侵蚀的主要动力因素, 而土壤侵蚀已成为世界上倍受关注的环境问题之一。雨滴击溅和分离土壤颗粒以及径流冲刷和转运导致土壤流失。准确评估计算由降雨引起土壤侵蚀的潜在能力, 即降雨侵蚀力, 对定量预报土壤流失, 优化水土保持等具有重要的意义, 降雨侵蚀力(R)反映了降雨对土壤侵蚀影响的潜在能力^[1], 它是目前应用广泛的通用土壤流失方程式 (USLE) 中的一个基本因子; 其中以次降雨指标来计算降雨侵蚀力的方法是以次降雨过程资料为基础, 资

料的摘录整理十分烦琐, 同时也要具有长时间序列的降雨过程资料, 因此利用常规的降雨统计资料来估算 R 值, 就具有重要的实践意义; 月或年降雨量是容易获得的雨量资料, 利用它们估算 R 值也是很常见的, 但是用月或年降雨量估算 R 值比用日降雨量来估算降雨侵蚀力的精度要稍低^[2], 且日降雨量能够提供更多的降雨特征信息。所以, 本文利用元谋县小黄瓜园水土保持监测站 15 a (1991—2005 年) 的实测降雨资料对该区域的 R 值特征进行分析, 并对基于日降雨量的降雨侵蚀力 R 值模型进行初步分析。

收稿日期: 2008-08-11

修回日期: 2008-12-03

资助项目: 云南省水利厅长江流域一级支流水土保持监测项目 (20070903)

作者简介: 李学奎 (1978—), 男 (汉族), 云南省楚雄县人, 工程师, 主要从事水土保持研究。E-mail: Cxsblxk@126.com.

1 研究区概况

1.1 监测站

该监测站自 1953 年 5 月建站以来为云南省水文水资源局小黄瓜园水文站,该水文站是国家重要水文站,Ⅰ类精度站;2008 年 3 月以后,为了充分利用有效资源及促进水文资料在土壤侵蚀与水土保持研究中的应用,由云南省水文水资源局及云南省水土保持监测总站共同成立了元谋县小黄瓜园水土保持监测站。元谋县小黄瓜园水土保持监测站位于云南省楚雄州元谋县黄瓜园镇小黄瓜园村,东经 $101^{\circ}52'$,北纬 $25^{\circ}50'$,属于长江流域金沙江水系龙川江。该监测站距河口距离 20.2 km 汇入金沙江,集水面积为 $5\,560\text{ km}^2$,至(源头)河长 238.2 km,河道坡度为 4.76%。监测站所处区域属浅丘地貌类型,地形破碎,冲沟发育,地面坡度较陡;土壤类型为紫色土、红壤土、水稻土。

1.2 龙川江流域水系

龙川江为金沙江南岸一级支流,发源于南华县天子庙坡东侧鱼肚拉的蒲藻塘,汇流后由西向东流,经沙桥、南华、楚雄又折向北,经智明后进入峡谷,于元谋凤仪村附近出峡谷,穿元谋坝区,于江边处汇入金沙江;流域面积 $9\,240.7\text{ km}^2$,全长约 246 km。河床平均坡降为 4.8%,天然落差为 1 014 m,流域平均高程 1 992 m。流域以山区和丘陵为主,占 95%,河谷盆地和浅丘约占流域面积的 5%。上游段自源头至腰站街,长约 109 km,控制径流面积约 $1\,905\text{ km}^2$ 。龙川江流域地处横断山脉与云贵高原的过渡地带,流域内大部分地区属中山山原地貌,中上游内山高坡陡,河床切割深,地形起伏大,下游地势较缓,为盆地地形。流域内林草覆盖率低,森林植被主要以云南松、桉树为主,灌木林主要以栎类黑荆为主。流域属低纬度高原季风气候,夏秋季受孟加拉湾西南暖湿气流及北部湾的暖湿气流影响,冬春季受来自印度大陆的干暖气流和北方南下冷空气控制。该区流域气候类型为亚热带季风、北热带、北亚热带、南亚热带气候;主要气候特征为干湿季分明,日温差大,年温差小,年平均气温为 $14.8\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 21.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。元谋县小黄瓜园水土保持监测站附近的元谋坝子和金沙江河谷地区全年无霜,素有“天然温室”之称。

2 资料和方法

2.1 数据整理

侵蚀性降雨标准采用谢云等的结果^[2]:雨量标准为 12 mm,平均雨强标准为 0.04 mm/min,最大 30 min 雨强标准为 0.25 mm/min。依据此标准,利用以往由水文站观测的降雨过程选出该监测站 1991—2005 年

15 a 的侵蚀性降雨资料,然后根据自记雨量记录的降雨过程线,将次降雨过程划分为降雨强度均匀的若干时段,找出每时段的降雨历时(t)和降雨量(P),并统计次降雨量和最大 30 min 雨强。在摘录降雨过程资料时,降雨间歇时间在 6 h 以上,或连续 6 h 降雨量不足 1.2 mm,则视为 2 次降雨事件。否则为 1 次降雨事件,由于并非所有的降雨事件都导致侵蚀,而不造成侵蚀的小降雨事件又十分庞大,既增加计算量,又会影响降雨侵蚀力的计算精度,因此,根据侵蚀性降雨标准,只摘录次日降雨量在 12 mm 以上的降雨事件。

2.2 R 值的计算

Wischmeier 以次降雨总动能(E)与 30 min 最大雨强(I_{30})的乘积 EI_{30} 作为次降雨侵蚀力的指标。王万忠等^[4]在对我国各地区的降雨、径流资料进行综合分析后,认为我国降雨侵蚀力指标还是采用 EI_{30} 较为适宜。因此,对筛选和整理得到的降雨数据,按在通用流失方程(USLE)中,D. D. Smith 等提出的经验式计算次降雨某时段的降雨动能,见公式(1)。

$$E=11.897+8.73\lg I \quad (1)$$

式中: E ——次降雨总动能 $[\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{mm})]$; I ——降雨过程中所划分的若干时段内平均雨强 (mm/h) 。

次降雨侵蚀力用下式计算

$$R_i = \sum EI_{30} \quad (2)$$

式中: R_i ——次降雨侵蚀力 $[\text{J} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})]$; E ——次降雨过程中某时段降雨所产生的动能 $[\text{J} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm}]$; I_{30} ——次降雨过程中连续 30min 最大降雨强度 (mm/h) 。

2.3 基于日降雨量的降雨侵蚀力模型

用日降雨量估算降雨侵蚀力的模型,其型式为

$$M_i = \alpha_5 D_j^{\beta_5} \quad (3)$$

式中: M_i ——次降雨时段的侵蚀力值 $[\text{J} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})]$; D_j ——该降雨时段内的侵蚀性降雨量,要求日降雨量 $\geq 12\text{ mm}$,否则以 0 计算;采用参考文献[1]利用日降雨量参数估计模型对待定系数 α_5 和 β_5 进行计算,其型式为

$$\beta_5 = 0.8363 + 18.144P_{d12}^{-1} + 24.455P_{y12}^{-1} \quad (4)$$

$$\alpha_5 = 21.586\beta_5^{7.1891} \quad (5)$$

式中: P_{d12} ——日雨量 $\geq 12\text{ mm}$ 的日平均雨量 (mm) , P_{y12} ——日雨量 $\geq 12\text{ mm}$ 的年平均雨量 (mm) 。将日降雨量侵蚀力模型进行回归拟合,得到该站的模型参数为 $\alpha_5 = 0.7212$, $\beta_5 = 1.6214$ 。

3 结果分析

将该站 1991—2005 年的(因降雨主要集中在 5—11 月份,由降雨产生的降雨侵蚀大部分也发生在

5—11 月份,为减少资料计算量,故只选取 5—11 月份)侵蚀性降雨资料进行摘录整理,对利用日降雨侵蚀力模型(4)式计算的成果与用次降雨侵蚀力(2)式计算出的日降雨侵蚀力公式进行回归分析,其回归方程为

$$y = 107.19 + 0.6334x \quad (6)$$

式中: y ——用(2)式计算出的降雨侵蚀力; x ——用(4)式计算出的降雨侵蚀力。

对方程进行 F 检验^[5],经计算得 F 值为 197.6,查 F 分布表得 $F_{0.05} = (1, 295) = 3.841$,所以认为该回归方程是显著的。分别由(2)式及(4)式对逐年的年、月日降雨侵蚀力近 300 多组数据进行统计分析,其日降雨侵蚀力的估算值及实际值相关性如图 1 所示。

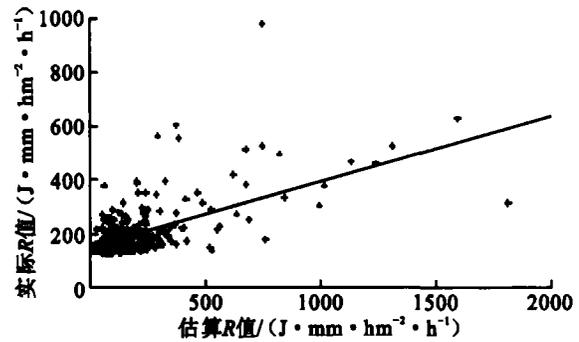


图 1 日降雨侵蚀力对照图

由回归方程(6)计算出自 1991—2005 年(5—11 月)的降雨侵蚀力详见表 1。

表 1 元谋县小黄瓜园水土保持监测站月降雨侵蚀力与侵蚀性降雨发生次数

年份	指标	降雨侵蚀力/($J \cdot mm \cdot hm^{-2} \cdot h^{-1}$)								年降雨量/ mm	I_{30} / ($mm \cdot h^{-1}$)
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	年均		
1991	R 值	—	812	477	1192	505	—	—	2 986	655.5	86.6
	发生次数	—	3	3	6	3	—	—	—	—	—
1992	R 值	356	454	500	533	310	708	—	2 861	567.8	53.0
	发生次数	2	2	3	3	2	4	—	—	—	—
1993	R 值	385	147	542	764	334	167	—	2 339	529.1	29.8
	发生次数	2	1	3	3	2	1	—	—	—	—
1994	R 值	451	696	1 645	439	676	—	174	4 081	774.5	62.6
	发生次数	3	3	8	3	3	—	1	—	—	—
1995	R 值	294	375	335	688	1 496	205	489	3 882	742.8	39.4
	发生次数	2	2	2	4	8	1	2	—	—	—
1996	R 值	351	1 307	1 731	376	533	411	152	4 861	862.6	68.4
	发生次数	2	4	7	2	3	2	2	—	—	—
1997	R 值	—	1 601	1 909	878	1 033	134	—	5 555	924.7	71.6
	发生次数	—	5	9	3	7	1	—	—	—	—
1998	R 值	138	1 574	998	437	648	285	—	4 080	879.2	47.6
	发生次数	1	6	5	3	3	2	—	—	—	—
1999	R 值	304	—	944	1 259	135	301	—	2 943	702.3	34.8
	发生次数	2	—	6	6	1	2	—	—	—	—
2000	R 值	343	172	1 806	—	491	—	—	2 812	718.8	82.2
	发生次数	2	1	8	2	—	3	—	—	—	—
2001	R 值	1 045	982	1 027	1 412	1 016	629	144	6 255	967.8	65.6
	发生次数	5	5	7	4	4	4	1	—	—	—
2002	R 值	1 143	1 063	1 034	736	722	274	—	4 972	822.7	41.2
	发生次数	5	3	6	5	4	2	—	—	—	—
2003	R 值	675	1 681	783	618	569	300	—	4 626	690.3	72.4
	发生次数	3	8	2	3	3	2	—	—	—	—
2004	R 值	425	307	850	811	680	248	—	3 321	729.4	31.4
	发生次数	2	2	4	4	3	1	—	—	—	—
2005	R 值	135	639	597	474	1 177	513	—	3 535	724.6	34
	发生次数	1	4	4	3	5	3	—	—	—	—
多年平均侵蚀力		403	787	1 012	708	688	278	64			
月侵蚀力所占百分比/%		10.2	20.0	25.7	18.0	17.5	7.1	1.6			
月侵蚀性降雨发生次数		2	3	5	4	3	2	—			

从表 1 的计算结果知,降雨侵蚀力的季节分布主要集中在夏季即(6—8 月);最大的降雨侵蚀力主要

发生在 7 月份,其多年平均月降雨侵蚀力达 1 012 ($J \cdot mm / (hm^2 \cdot h)$),占全年的 25.7%。夏季降雨侵

蚀力占全年的 38.6%~66.2%，平均为 48.5%。小黄瓜园水土保持监测站年降雨侵蚀力的变差系数为 0.29，其离散程度相对不大，年最大降雨侵蚀力达 $6\ 255\ \text{J} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ ，最小年降雨侵蚀力为 $2\ 339\ \text{J} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ ；降雨侵蚀力是降雨特性的函数，降雨存在明显的长期变化趋势，同样降雨侵蚀力也存在同样的趋势，其趋势图如图 2 所示。从侵蚀性降雨发生的次数来看，年最多发生的侵蚀次数为 30 次，最少侵蚀次数为 12 次，多年平均侵蚀发生次数为 19.8 次，其离差系数达 0.24。

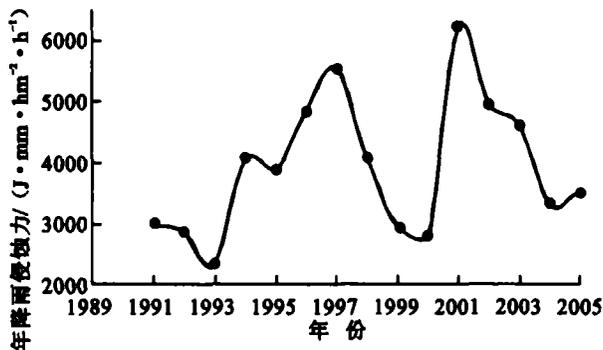


图 2 研究区逐年降雨侵蚀力

基于日降雨量的降雨侵蚀力估算模型为： $M_i = 0.721\ 2O_i^{0.6214}$ 。图 3 是用该模型及回归方程式： $y = 107.19 + 0.633\ 4x$ ，即公式： $R_i = 107.19 + 0.633\ 4 \times 0.721\ 2D_i^{0.6214}$ 所预测的年内各月降雨侵蚀力值与实际降雨侵蚀力值的对比。可以看出预测季节分布与实际分布匹配还是比较好的。

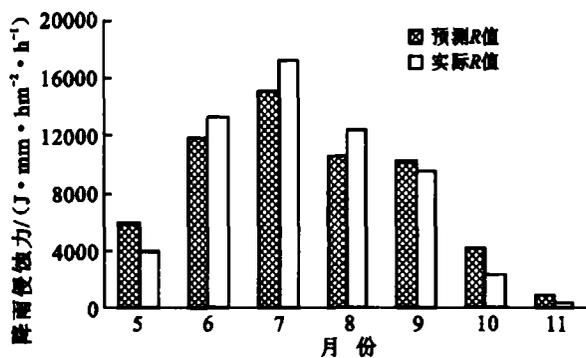


图 3 模型预测与实际年内各月 R 值对比

4 结语

(1) 小黄瓜园水土保持监测站的降雨侵蚀力的季节分布为一明显的单峰型，年降雨侵蚀力的变差系数为 0.29，其离散程度相对不大。年降雨侵蚀力主要集中在 6—9 月，其降雨侵蚀力占全年的 38.6%~66.2%，峰值出现在 7 月，占年值的 25.7%。在其它条件不变的情况下，该地区水土流失最严重的时间是每年的 6—9 月。在该地区进行城市建设时，应尽量避免将施工期放在 6—9 月间，特别要注意这一期间工程建设的水土保持；同时 5—7 月也是正值农作物换季时节，农村地区如果前期作物收获后没有后期作物覆盖地表，则极易产生水土流失，所以在农村地区应大力提倡套种、轮作等种植方式，保证地表有一定的植被覆盖，能阻挡一定的水土流失。

(2) 用日降雨资料估算日降雨侵蚀力的回归模型虽然其相关系数不算太高，为 0.63，但它的应用能推广水文气象资料分析降雨侵蚀力，同时简化了用 EI_{30} 指标计算降雨侵蚀力的传统方法，便于降雨侵蚀力指标的推广应用；该模型参数的率定可在以后更多的资料收集中进行不断的修正，使该模型能更好地得以运用，进而将有效的水文气象信息与水土保持工作的开展有机的结合起来，为流域或地区群众生产生活条件改善，生态环境建设及流域水土流失治理提供良好的决策依据。

[参 考 文 献]

- [1] 刘震. 水土保持监测技术[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003.
- [2] 章文波, 付金生. 不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力[J]. 资源与科学, 2003(1): 35-41.
- [3] 谢云, 刘宝云, 章文波. 侵蚀性降雨标准研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 6-11.
- [4] 王万忠, 焦菊英, 郝小品, 等. 中国降雨侵蚀力 R 值的计算与分布, 水土保持学报, 1996, 2(1): 29-39.
- [5] 黄振平. 水文统计原理[M]. 南京: 河海大学出版社, 2002.