

# 丹东地区降雨侵蚀力( $R$ 值)的时空分布规律分析

喻 石<sup>1</sup>,王 瑄<sup>1</sup>,张 锐<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 水土保持与荒漠化防治系,沈阳 110161;2. 东港市铁甲灌区管理处,丹东 东港 118300)

**摘 要:**降雨是引起土壤侵蚀的主要动力因素,而降雨侵蚀力是引起土壤侵蚀的主要动力因子,对于降雨侵蚀力时空分布规律的定量研究是进行土壤侵蚀预报的基础。以丹东地区 41 个雨量站 1990~2000 年逐月降雨资料,依据有关降雨侵蚀力的计算方法,估算丹东不同地区的降雨侵蚀力,并在 Arcinfo 软件支持下对所得结果进行时空分布规律的分析。结果表明:(1)在空间分布上,丹东地区多年年均降雨侵蚀力总体趋势是由南向北递增。(2)降雨侵蚀力的月分布情况与降雨量的月分布情况大致相一致,且月  $R$  值的年内变化显著。(3)年  $R$  值的年际变化在空间分布上大致呈南北高,中间低的特点。

**关键词:**丹东;降雨侵蚀力;时空分布;变差系数;偏态系数

**中图分类号:**S157.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)03-0158-03

## An Analysis on Spatial-temporal Distribution of Rainfall Erosivity in Dandong Regions

YU Shi<sup>1</sup>,WANG Xuan<sup>1</sup>,ZHANG Rui<sup>2</sup>

(1. Department of Soil and Water Conservation, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China;

2. Teijia Irrigation Management Department in Donggang, Dandong 118300, China)

**Abstract:** Rainfall is the main dynamic factor that causes soil loss and rainfall erosivity, rainfall erosivity energy is the main dynamic index, but information on estimating rainfall erosivity accurately and analyzing the spatial distribution and temporal change of rainfall erosivity is key to predicting soil erosion. According to the continuous month rainfall data of ten years during 1990~2000 at 41 stations, the  $R$  value of different areas in Dandong regions were calculated. A Spatial-temporal distribution analysis and research on the result was made based on the support of Arcinfo software. The results show: (1) The spatial distribution of rainfall erosivity shows increasing trend from the south to the north. (2) The spatial distribution of rainfall erosivity is similar to the distribution of rainfall, and evidence differences of  $R$  value of among several months. (3) The CV of  $R$  value of year is higher in south and north areas and lower in middle area in the spatial distribution.

**Key words:** Dandong; rainfall erosivity; temporal and spatial distribution; CV; CS

降雨是引起土壤侵蚀的主要动力因素,降雨侵蚀力是反映降雨对土壤侵蚀的潜在能力,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<sup>[1]</sup>。当前,土壤侵蚀量的预报有两种比较普遍的方法:一种是目视解译遥感图片(定性);一种是通用土壤流失方程(USLE), $A = RKLSCP$ (定量)。降雨侵蚀力是通用土壤流失方程中的一个重要指标,不同区域降雨侵蚀力的差别是导致区域间水土流失特征差别的重要原因之一<sup>[2]</sup>。所以,降雨侵蚀力的研究是水土流失规律研究的一个基本问题。降雨侵蚀力指标的研究确定,可为定量预报水土流失,科学评估降雨对土壤侵蚀的潜在作用以及为科学制定水土保持规划和水土流失治理提供可靠依据。

### 1 丹东地区概况

丹东地区位于辽宁省东南部,鸭绿江中下游右岸,地跨东经 123°23′~125°40′,北纬 30°46′~41°09′。丹东地区东西最大横距 196 km,南北最大纵距 160 km,总面积 15 030 km<sup>2</sup>。丹东地区除东港沿海平原外大部分属辽东山地丘陵,地势由东北向西南逐渐降低。按高度和地形特征,可划分为

北部中低山区,南部丘陵区,南缘沿海平原区。丹东地区江河密布,主要有鸭绿江水系、大洋河水系和沿海水系。其中流域面积超过 5 000 km<sup>2</sup> 的大江、大河 4 条,即鸭绿江、浑江、绥河、大洋河。丹东市共有暗棕壤、棕壤、草甸土、水稻土、盐土、沼泽土 6 个土类。丹东市气候属温带气候,四季分明。由于背山面海,造成南北气候差异较大。南部属半大陆半海洋性气候,北部属大陆性气候。

丹东地区水土流失形式以水蚀为主。区内降水量多,强度大。年平均降水量为 849.35~1 149 mm。全年降水量的 2/3 集中在夏季,其中 7 月中旬至 8 月中旬是本区暴雨集中期。因降水和暴雨集中,给水土流失提供了动力条件,导致土壤侵蚀较为强烈。

### 2 计算方法与资料的选用

国内外对降雨侵蚀力  $R$  值计算方法的研究较多。国外学者 Wischmeier<sup>[3]</sup>在对大约 8 000 个径流小区年资料进行分析研究后,发现降雨的总动能( $E$ )及其 30 min 最大雨强  $I_{30}$  的乘积与土壤流失量的关系最为密切,即  $R = E \cdot I_{30}$ 。

\* 收稿日期:2006-07-04

基金项目:辽宁自然科学基金 2006110

作者简介:喻 石(1980-),男,硕士,从事水土保持与 GIS 应用研究。

多年平均降雨侵蚀力则是先通过指标  $E \cdot I_{30}$  求出各次降雨的侵蚀力, 年内累加后求年平均得到的。我国的一些学者也根据不同地区的观测资料, 确定出了适合我国不同区域的  $EI_{30}$  最佳算法<sup>[4~8]</sup>。但是, 实际应用中采用  $EI_{30}$  的方法计算, 需要多年的次降雨观测资料, 并且需要计算次降雨动能, 其计算方法繁琐且对降雨资料要求较高, 在一般地区难以实现。为此许多学者都在寻找适合某一地区的  $R$  值简便算法, 也就是通过常规降雨资料就可得到  $R$  值的简便算法<sup>[9~11]</sup>。本研究选用 Arnoldus<sup>[12]</sup> 提出的一种简便的  $R$  值计算方法, 即采用研究区的月降水和年降水资料来修订 Fournier 指数 ( $MFI$ ), 然后利用一个普遍适用的  $R$  因子方程来计算  $R$  值。该公式同时考虑了年降水量和降水的分布, 数据较为容易获取。其公式为:

$$F = \frac{1}{j} \sum_{i=1}^{12} j_i^2 / j \quad (1)$$

式中,  $i$ ——月份;  $j_i$ ——月降水量;  $j$ ——年降水量;  $R$  与该指数的关系为:

$$R = 4.17 \cdot F - 152 \quad (2)$$

为了对丹东地区降雨侵蚀力  $R$  值的时空分布规律进行研究。选择丹东地区 41 个雨量观测站。利用 (1)、(2) 两式对 41 个观测站 1990~2000 年连续 10 年的逐月降雨资料进行统计分析。求出各个雨量站多年平均降雨侵蚀力及最大 4 个月  $R$  值占全年  $R$  值的百分比, 计算结果如表 (1) 所示。

表 1 丹东地区各个雨量站多年年均  $R$  值及最大 4 个月  $R$  值占全年  $R$  值百分比  
( $\text{MJ} \cdot \text{mm} / \text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a}$ )

雨量站	多年年均 $R$ 值	最大 4 个月 $R$ 值占全年 $R$ 值	雨量站	多年年均 $R$ 值	最大 4 个月 $R$ 值占全年 $R$ 值
石山子	448	0.83	大韭菜沟	558.68	0.84
沙子沟	453.7	0.8	青城子	477.62	0.85
霍家堡子	502.94	0.85	林家台	553	0.87
铁 甲	483.78	0.82	宽 甸	527.81	0.82
沙里寨	568.65	0.87	边 沟	584.66	0.86
丹 东	561	0.83	三家子	543.7	0.85
那家堡子	592.28	0.86	夹皮沟	650.8	0.85
五龙背	590	0.85	碾子沟	452.52	0.83
汤山城	575.83	0.82	太平哨	562.52	0.85
梨树沟	560.63	0.84	龙 头	688.84	0.86
荒 沟	636.9	0.86	灌 水	572.66	0.85
砬子沟	631.91	0.86	潘 家	592.19	0.85
大平安河	593.28	0.85	艾家堡子	549.94	0.86
民 生	564.15	0.86	利 民	634.42	0.86
草 河	556.39	0.85	牛毛坞	512.81	0.83
白 家	665.96	0.87	沙尖子	489.23	0.84
龙 湾	658.17	0.88	石柱子	571.32	0.86
拉古哨	535	0.85	八河川	568	0.84
暖河堡	595.91	0.87	上八里	605.64	0.85
毛甸子	599.38	0.86	影壁山	476.93	0.81
牛皮闸	612.8	0.86			

3 结果与分析

3.1 降雨侵蚀力空间分布

通过公式 (1)、(2) 计算出各个雨量站的多年年均降雨侵蚀力  $R$  值, 运用 Arcinfo 软件的空间分析模块, 得到丹东地区多年年均降雨侵蚀力空间分布等值线图 (见图 1)。

从表 (1) 可以看出:

(1)  $R$  值的月分配情况相对集中, 6~9 月的  $R$  值和占全年  $R$  值的 80% 以上。这与 6~9 月是丹东地区雨季有直接的关系。丹东地区年平均降水量为 849.35~1 149 mm, 其中 6~9 月的降雨量占全年降雨量的 70%~80%。

(2) 各地区的  $R$  值的月集中分布程度差异不大。相对

较高区主要分布在宽甸的中部山区和凤城的西部山区; 相对较低区主要分布在东港的大部分平原区, 丹东市的沿江地区以及宽甸的东北部。

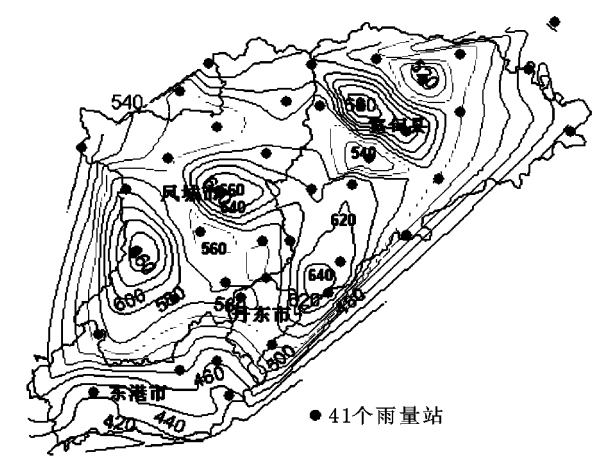


图 1 丹东地区降雨侵蚀力等值线图

(3) 由于地形和气候条件的影响, 西部和北部山区的  $R$  值的集中程度相对明显。如凤城的白家、林家台达到了 87%; 而南部平原区则相对较弱, 其中以沿海地区最低。

从降雨等值线图分析得出, 丹东地区多年年均降雨侵蚀力总体趋势是由南向北递增, 在西南部、东南部和中北部地区较大, 在南部和东北部边缘处较低。丹东地区多年年均降雨侵蚀力变化范围在 453~688  $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ , 平均为 564.8  $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ 。多年年均降雨量变化范围在 849.35~1 149 mm, 平均为 1 020 mm。在西南部的宝山、白旗, 中西部的的大堡、石城、谢家堡子, 东南部的虎山、古楼子以及中北部的双山子、大川头等区县形成降雨侵蚀力的高值中心。侵蚀力值一般在 600  $\text{MJ} \cdot \text{mm} / \text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a}$  以上, 降雨量在 1 000 mm 以上。在南部的孤山、马家店、长山、前阳一线以南地区形成降雨侵蚀力的低值中心, 侵蚀力值一般在 500  $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$  左右, 降雨量在 900 mm 以下。在中南部的蓝旗、长安, 中部的丹东、汤山城、边门, 西南部的青城子、四门子、通远堡, 东北部边缘的牛毛坞、青山沟、大西岔、振江等区县, 降雨侵蚀力也较大, 侵蚀力范围在 500~600  $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$  之间, 降雨量在 900~1 000 mm 之间。

3.2 降雨侵蚀力(R 值)的年内变化特征

降雨侵蚀力是由侵蚀性降雨标准以上的降雨引起的, 即取决于雨量和雨强 2 方面因素。丹东地区降雨侵蚀力的月分布情况与降雨量的月分布情况大致相一致 (见图 2)。

从表 (1) 可以看出, 从上年 10 月到次年 5 月份, 各个雨量站在这 8 个月间的降雨侵蚀力总和占年降雨侵蚀力的百分比不超过 20%。因此, 从上年 10 月到次年 5 月间的这 8 个月对侵蚀力  $R$  值的影响很小, 不做逐月分析。降雨侵蚀力的分布为明显的单峰型, 高峰值出现在 7 月, 该月降雨侵蚀力占年均侵蚀力的 43%。全年降雨侵蚀力集中分布在 6~9 月, 其降雨侵蚀力占年降雨侵蚀力的 80% 以上。降雨量的季节分布也以 7 月份最大, 该月降雨量占年内降雨量的 30%, 6~9 月的降雨量占年降雨量的 70% 以上。

为了说明丹东地区月  $R$  值在年内的变化特征, 我们对 6~9 月降雨侵蚀力  $R$  值的分布图进行逐月分析。发现丹东地区月  $R$  值的年内变化显著。从 6 月开始, 全区降雨侵蚀力明显增大, 各个雨量站的  $R$  值都开始大于 30  $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ 。从空间分布情况看, 6 月的高值区分布在中北部低山区的宽甸、八河川、双山子以及西北部的赛马、爱阳等区县。西南部沙里寨、蓝旗, 东南部的长安、汤池以及南部沿海平原区为低值区。7 月降雨侵蚀力突然增大, 增幅达

30%。在西部丘陵区形成了新的高值区的同时,南部的低值区向北移动。本月全区降雨侵蚀力达到最大值。8月降雨侵蚀力开始逐渐减少,高值区分布在凤城市的西部和中部地区,低值区分布在丹东、汤山城地区以及东北部边缘的振江地区。到了9月降雨侵蚀力的回落相当明显,下降了大约

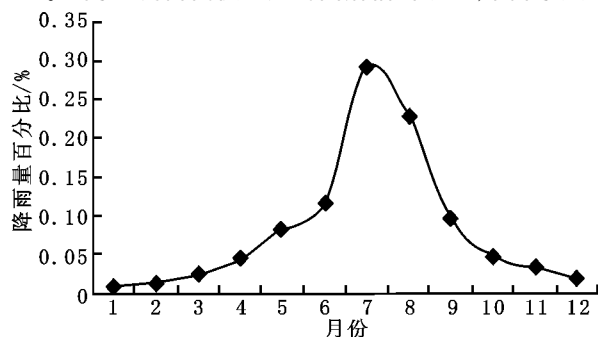


图2 多年平均各月降雨及6~9月降雨侵蚀力百分比

### 3.3 降雨侵蚀力( $R$ 值)的年际变化特征

针对丹东地区41个雨量站连续10年降雨资料情况,我们用2种指标来说明年际变化特征:一是作为衡量系列相对离差程度的参数,变差系数( $C_v$ ) (见图3)。二是作为衡量系列不对称程度的系数,偏态系数( $C_s$ )。

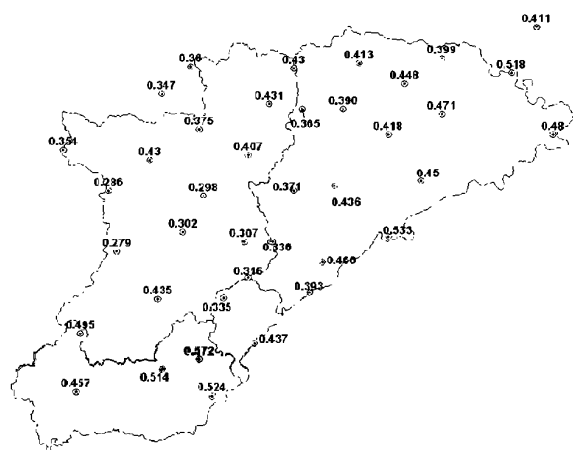


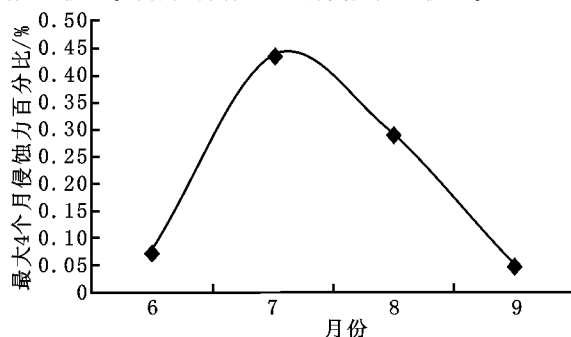
图3 年 $R$ 值的变差系数分布图

从图上可以看出:(1)  $C_v$ 值的范围在0.279~0.572之间。空间分布上大致呈南北高,中间低的特点。年际变化较大的区域分布在宽甸县东北部的沙尖子、振江和东部的长甸、永甸等区县以及东港市东北部的长安、合隆一带。这些区域的 $C_v$ 值都超过了0.5。由凤城市境内的青城子、大堡、东汤、汤山城、宝山等区县所围成的区域内 $R$ 值的年际变化

#### 参考文献:

- [1] 章文波,谢云,刘宝元. 中国降雨侵蚀力空间变化特征[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 33 - 40.
- [2] 王万中,焦菊英,郝小品,等. 中国降雨侵蚀力 $R$ 值的计算与分布(I)[J]. 水土保持学报, 1995, 9(4): 5 - 18.
- [3] Wischmeier W H, Smith D D. Rainfall energy and its relationship to soil loss[J]. Transactions, American Geophysical Union, 1958, 39: 285 - 291.
- [4] 王万忠. 黄土地区降雨侵蚀力 $R$ 指标的研究[J]. 中国水土保持, 1987, (12): 34 - 38.
- [5] 卜兆宏,董勤瑞,周伏建,等. 降雨侵蚀力因子算法的初步研究[J]. 土壤学报, 1992, 29(4): 408 - 417.
- [6] 吴素业. 安徽大别山降雨侵蚀力简易算法与时空分布规律研究[J]. 中国水土保持, 1994, (4): 12 - 13.
- [7] 黄炎和,等. 闽东南降雨侵蚀力指标 $R$ 值的研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(4): 1 - 5.
- [8] 张奎奎. 黑龙江省土壤流失预报中 $R$ 指标的研究[A]. 水土保持科学理论与实践[M]. 北京:林业出版社, 1992. 63 - 68.
- [9] 周伏建,陈明华,林福兴,等. 福建省降雨侵蚀力指标 $R$ 值[J]. 水土保持学报, 1995, 9(1): 13 - 18.
- [10] 章文波,付金生. 不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力[J]. 资源科学, 2003, 25(1): 35 - 41.
- [11] 伍育鹏,谢云,章文波. 国内外降雨侵蚀力简易计算方法的比较[J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 31 - 34.
- [12] Arnoldus H M J. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco[J]. FAO Soil Bulletin 1977, 34: 39 - 51.

20%。高值区继8月份以后又向东移动,分布在东南部的汤山城、五龙背、丹东一线以及中南部的长安、合隆等区县。以赛马、爱阳、双山子、大川头、大西岔为界,以北的区域为低值区。总的分析看,丹东地区降雨侵蚀力各月的高值区逐月由西向东移动。各月的低值区逐月由南向北移动。



较小,  $C_v$ 值平均在0.3左右。(2) 丹东大部分地区 $C_s$ 值均大于零,说明各个地区的 $R$ 值在年际变化的过程出现的大于该地区平均侵蚀力的侵蚀量的次数要比小于该地区平均侵蚀力的侵蚀量的次数要少,即 $R > R_{\text{平均}}$ 现象出现的频率小于50%。只有凤城境内的白旗、宝山、边门、大堡等区县 $C_s$ 为0。说明该区域 $R$ 值量的变化比较均衡。

## 4 结 论

降雨是引起土壤侵蚀的主要动力因素,而降雨侵蚀力是引起土壤侵蚀的主要动力因子,其时空分布特征直接影响到土壤侵蚀的时空分布变化。本文以丹东地区41个雨量站,1990~2000年10年的逐月降雨量数据为基础计算多年年均降雨侵蚀力( $R$ 值)。丹东地区多年年均降雨侵蚀力在453~688 MJ·mm/(hm<sup>2</sup>·h·a),平均为564.8 MJ·mm/(hm<sup>2</sup>·h·a)。其总体分布趋势是由南向北递增,在西南部、东南部和中北部地区较大,在南部和东北部边缘较低。这与降雨量的空间分布特征相似。丹东地区降雨侵蚀力主要产生在6~9月,占年均降雨侵蚀力的80%以上,而6~9月的降雨量占年降雨量的70%以上。丹东地区月 $R$ 值的年内变化显著,从6月开始,全区降雨侵蚀力明显增大,7月降雨侵蚀力突然增大,增幅达30%,8月降雨侵蚀力开始逐渐减少,9月降雨侵蚀力回落明显,降幅达20%。各月的侵蚀力高值区逐月由西向东移动,低值区逐月由南向北移动。丹东地区降雨侵蚀力( $R$ 值)的年际变化特征在空间上大致呈南北高,中间低的分布。全区内的降雨侵蚀力主要由低于该地区的平均侵蚀力的侵蚀力形成。