

厦门市降雨侵蚀力指标 R 值及其空间分布

刘廉海, 曲丽英
(厦门市水土保持监测站, 福建 厦门 361003)

摘 要: 根据福建省降雨侵蚀力指标 R 值, 对厦门市某一雨量观测点 1996 ~ 2002 年 7 年的所有大于 10 mm 的次降雨资料进行回归分析, 建立了 R 值与相应月降雨量 F 的关系式, 在该市其它观测点的运用和分析后, 发现采用该公式来估算厦门市降雨侵蚀力 R 值更为合适, 依此公式计算厦门市 R 值, 并进行数据结果的空间分析, 探求 R 值变化规律, 为该地区水土流失的调查、规划及有效防治提供基础数据和决策依据。
关键词: 厦门市; 降雨侵蚀力; 土壤侵蚀; 水土保持
中图分类号: S 157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006)02-0140-02

Study on Rainfall Erosivity Index- R
and Its Spatial Distribution in Xiamen

LIU Lian-hai, QU Li-ying
(Xiamen Soil and Water Conservation Monitoring Station, Xiamen 361003, China)

Abstract: The study was to estimate the rainfall erosivity index - R in Xiamen city and analyze the spatial distribution. Continuous 7-years precipitation data from a weather station in Xiamen was used, the results indicated the equation was fit for Xiamen. With the equation, the erosivity index - R was calculated. Spatial distribution of precipitation was analyzed by using ArcView software, which provides scientific base for soil and water conservation planning and soil erosion preventing in the area.
Key words: Xiamen city; rainfall erosion agent; soil erosion; soil and water conservation

目前, 土壤侵蚀量的预测有两种较为普遍的方法, 一是类比法, 二是通用土壤流失方程(USLE) $A = RKLSCP$ 。利用通用土壤流失方程预测土壤侵蚀量, 引起该区域土壤侵蚀的潜在动力——降雨侵蚀力(R 值)是一项十分重要的指标。为了修正 USLE 中的各预测变量, 自上世纪 80 年代以来, 我国学者做了大量的研究。在 R 值的研究上, 周伏建等^[1]提出了福建省降雨侵蚀力指标 R 值的最佳计算组合

$$R = \sum EI_{60} \tag{1}$$

式中: R——降雨侵蚀力指标($J \cdot cm/m^2 \cdot h$); E——一场侵蚀性降雨动能(J/m^2); I_{60} ——该场降雨最大 60 min 雨强(cm/h), 同时提出了福建省降雨侵蚀力的简便算式。

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-2.6398 + 0.3046P_i) \tag{2}$$

式中: P_i ——月降雨量(mm); R——年降雨侵蚀力指标($J \cdot cm/m^2 \cdot h$)。

由于福建省东南沿海与闽西北地形上的差别较大, 其降雨的特性存在较大的差异, 该简便算式的运用受到了一定的限制。因此, 本文研究的目的是在前人研究的基础上, 通过分析某观测点现有的 7 年的降雨资料, 寻求一种适合于厦门市的降雨侵蚀力简易算法, 并与(2)式进行对比分析后, 提出了适合厦门市的降雨侵蚀力指标 R 值的简易计算公式, 通过计算多个站点的降雨侵蚀力值, 在 ArcView 软件支持下进行数据结果的空间分析, 探求厦门市降雨侵蚀力的变化规律, 为水

土流失的调查、规划及有效防治提供基础数据和决策依据。

1 厦门市概况

厦门市地处福建省东南沿海, 位于东经 $117^{\circ}53' \sim 118^{\circ}26'$, 北纬 $24^{\circ}23' \sim 24^{\circ}54'$ 之间, 总面积 $1\,565.09\,km^2$, 人口 137 万人。厦门市地形以低山、丘陵为主, 山丘地面积占土地面积的 35.7%。整体地势由西北向东南倾斜, 呈山地、丘陵、台地、平原的阶状分布。该区河流里程短, 河面窄、河床浅, 水量随季节变化大, 河网密布, 且呈树枝状分布, 流域总面积 $938.25\,km^2$ 。属亚热带海洋性季风气候, 全年雨量充沛, 四季温和, 全市多年平均降雨量在 $1\,100 \sim 2\,000\,mm$ 之间, 有 80% 左右集中在 3 ~ 9 月份, 多为大雨、暴雨。由于该区降雨频繁, 开发建设项目众多, 导致人为的土壤侵蚀较为强烈。

2 研究方法与资料的选用

2.1 资料的选用

选用靠近厦门市地理中心的一个雨量观测点的 1996 ~ 2002 年 7 年的降雨资料, 分析厦门市的土壤特性以及其抗蚀性, 厦门市境内土壤母质多为各种花岗岩风化壳残积母质, 抗蚀性较差, 选择降雨量大于 10 mm 的次降雨进行降雨侵蚀力 R 指标值的计算。采用的资料为每 1 h 记录一次的降雨统计资料。

2.2 研究方法

从该观测点 1996 ~ 2002 年的降雨资料中选取所有降雨

量大于 10 mm 的 278 次降雨(小于 6 h 间隔的降雨被认为是同一次降雨), 分别按福建省降雨侵蚀力指标的最佳计算组合公式 $R = \sum EI_{60}$ 计算出 R 值, 该式中的侵蚀性降雨动能 E 的计算采用 Wischmeier 和 Smith 提出的雨滴动能公式:

$$E = 210.2 + 89 \lg I \tag{3}$$

式中: E ——降雨动能 ($J/m^2 \cdot cm$); I ——该场降雨的雨强 (cm/h); I_{60} ——该场降雨最大 60 min 雨强 (cm/h)。

3 结果分析

3.1 R 值与降雨量的相关性

通过选用的降雨资料, 利用式(1)和式(3)计算出大于 10 mm 每场降雨的降雨侵蚀力, 进而按月份求得该观测点全年的降雨侵蚀力 R 值, 建立其与相应月降雨量 F 的关系式如下:

$$R = 0.0057 F^{1.7446} \tag{4}$$

其相关系数达 0.862 1。

3.2 关系式的适用分析和评价

由上述方法得出了厦门市降雨侵蚀力指标 R 值与月降雨量 F 之间的关系式为 $R = 0.0057 F^{1.7446}$, 为了检验该关系式的科学性和精度, 随机选择厦门市的其它四个观测点的 2004 年雨量数据, 利用式(1)、式(2)和式(4)分别计算出该观测点的降雨侵蚀力指标值 R_1 、 R_2 、 R_4 , 同时计算 $R_2 - R_1$ 系列和 $R_4 - R_1$ 系列的平均值 \bar{R}_2 、 \bar{R}_4 和均方差 σ_2 、 σ_4 。

从表 1 可看出: \bar{R}_4 和 σ_4 均小于 \bar{R}_2 和 σ_2 , 尤其是观测点 3 和观测点 4, 说明 $R_4 - R_1$ 系列比 $R_2 - R_1$ 系列的离散程度小, 认为采用式(4)计算的 R 值较为接近采用式(1)以每场降雨计算的 R 值, 因此, 采用式(4)作为厦门市降雨侵蚀力指标 R 值的简便算式更为合适。

$$\bar{R}_2 = \frac{\sum R_2 - R_1}{n}$$

$$\bar{R}_4 = \frac{\sum R_4 - R_1}{n}$$

表 1 结果分析分析评价表

观测点	\bar{R}_2	\bar{R}_4	σ_2	σ_4
1	111.59	103.30	0.77	0.56
2	7.87	4.62	5.74	4.88
3	7.65	1.80	3.31	1.30
4	34.91	23.11	85.41	43.40

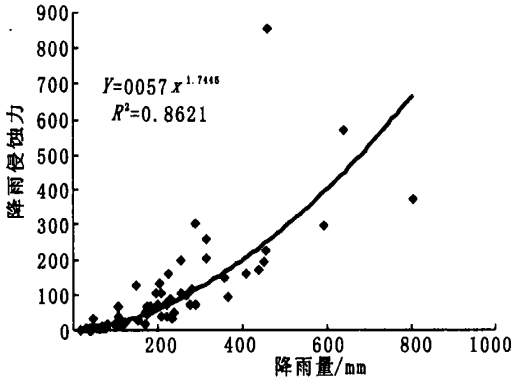


图 1 降雨侵蚀力拟合图

3.3 厦门市降雨侵蚀力的空间分布

选择厦门市 23 个雨量观测点(图 1), 利用式(4)对这 23 个观测点 1993~2002 年连续 10 年的降雨资料进行统计分析, 分别求得各观测点年平均降雨侵蚀力, 运用 ArcView 软件空间分析模块制作厦门市降雨侵蚀力 R 值的等值线图(见图 2), 图 2 显示了降雨侵蚀力 R 值的空间分布状况。可以看出, 厦门市降雨侵蚀力的分布情况存在以下几个特征:

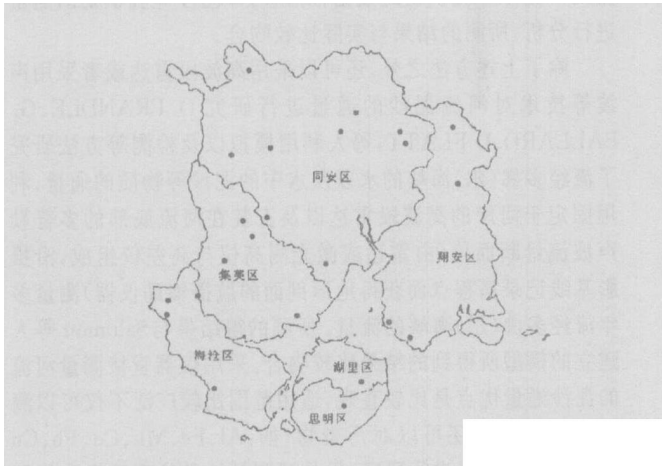


图 2 降雨量观测点分布图

(1) 全市 R 值平均 603.1 $J \cdot cm/(m^2 \cdot h)$, 受厦门市的海洋性气候及丘陵地貌的影响, 厦门市降雨侵蚀力值变化幅度较大, 各观测点变化范围为 202.9~1 667.9 $J \cdot cm/(m^2 \cdot h)$, 最小极值仅为最大极值的 12.2%。

(2) 受海洋性气候影响, 厦门市降雨量由东部和南部沿海向内陆的山区逐渐增大, 年平均 R 值在空间分布上, 呈现由东南(包括厦门岛)向西北部逐步增大的趋势。在西北部山区及南部地区该值变化梯度较大。中部大部分地区的年平均 R 值介于 350~700 $J \cdot cm/(m^2 \cdot h)$ 之间。

(3) 厦门市包括 6 个行政区, 各区年均降雨侵蚀力差距显著。结合图 1, 厦门市 6 个行政区的年均降雨侵蚀力建议取值见表 2:

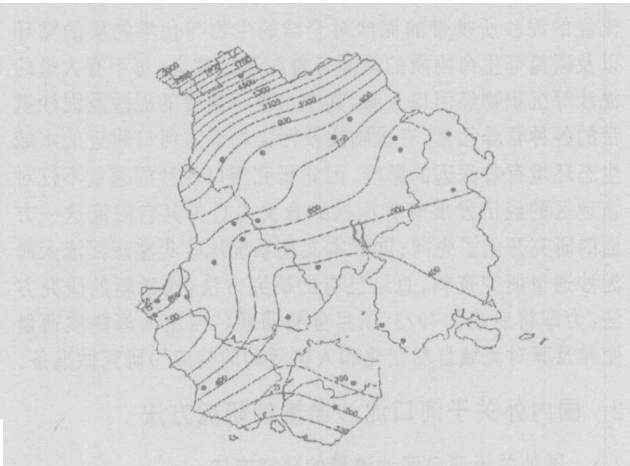


图 3 厦门市年平均 R 值等值线图($J \cdot cm/m^2 \cdot h$)

表 2 厦门市各行政区年均降雨侵蚀力建议值 $J \cdot cm/m^2 \cdot h$

行政区	年平均 R 值	行政区	年平均 R 值	行政区	年平均 R 值
思明区	150	同安区	750	集美区	600
湖里区	300	翔安区	450	海沧区	500

4 结论及建议

(1) 在无更为详细的降雨量资料的情况下, 采用幂函数计算公式 $R = 0.0057 F^{1.7446}$ (式 4) 效果更好, 相关系数达 0.862 1。

(2) 通过对厦门市 23 个雨量观测点 1993~2002 年连续 10 年的降雨资料进行统计分析, 得到厦门市年平均降雨侵蚀力建议取值如下:

Southern Great Plains Hydrology Experiment[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1999, 37: 213 – 2150.

[17] 李杏朝. 微波遥感监测土壤水分的研究初探[J]. 遥感技术与应用, 1995, 10: 1– 8.

[18] 杨虎, 郭华东, 李新武, 等. 主动微波遥感土壤水分观测中的最优雷达参数选择[J]. 高技术通讯, 2003, 9: 21– 24.

[19] Kogan F N. Application of vegetation index and brightness temperature for detection[J]. Advances in Spaces Research, 1995, 15(11): 91– 100.

[20] Liu W, Kogan F N. Monitoring regional drought using the vegetation condition Index[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17: 276– 2 782.

[21] 陈维英, 肖乾广, 盛永伟. 距平植被指数在 1992 年特大干旱监测中的应用[J]. 环境遥感, 1994, 9(2): 106– 112.

[22] 韩桂军, 李冬, 马继瑞, 等. 数据同化在海洋数值产品制作及预报中的应用研究[J]. 海洋学报, 1999, 18(5): 54– 62.

[23] Hurk V B J, Bastiaanssen W G M, Meijgaardet EV, et al. A new methodology for assimilation of initial soil moisture fields in weather prediction models using Meteosat and NOAA data[J]. Application Meteorology, 1997, 36: 1 271– 1 283.

[24] Li J, Islam S. On the estimation of soil moisture profile and surfaces fluxes partitioning from sequential assimilation of surface layer soil moisture[J]. Journal of Hydrology, 1999, 220: 86– 103.

[25] Montaldo N, Albertson J D. Robust simulation of root zone soil moisture with assimilation of surface soil moisture data [J]. Water Resource Research, 2001, 31(12): 2 879– 2 900.

[26] Montaldo N, Albertson J D. Multi-scale assimilation of surface soil moisture data for robust root zone moisture predictions[J]. Advance in Water Resources, 2003, 26: 33– 44.

[27] Heathman G C, Starks P J, et al. Assimilation of surface soil moisture to estimate profile soil water content[J]. Journal of Hydrology, 2003, 279: 1– 17.

[28] Ottle C, Vijal- Madjar D. Assimilation of soil moisture inferred from infrared remote sensing in a hydrological model over the HAPEX– MOBILHY region[J]. Journal of Hydrology, 1994, 158: 241– 264.

[29] McNider RT, Song A. J, Casey D M, et al. Towards a dynamic – thermodynamic assimilation of satellite surface temperature in numerical atmospheric models[J]. Month Weather Review, 1994, 122: 2 784– 2 803.

[30] Lakshmi V. A simple surface temperature assimilation scheme for use in land surface model[J]. Water Resource Research, 2000, 36(12): 3 687– 3 700.

(上接第 139 页)

[2] 王昕. 泥石流沟危险度的模糊评判[J]. 重庆师范学院学报, 2002, 19(1): 23– 25.

[3] 刘家龙, 吕希奎, 刘贵应. 模糊综合评判法在泥石流灾度评价中的应用[J]. 地质科技情报, 2001, 20: 87– 88.

[4] 朱静. 泥石流沟判别与危险度评价研究[J]. 干旱区地理, 1995, 18(3): 64– 67.

[5] 刘汉超等. 泥石流防治工程设计规范[M]. 北京: 地质出版社, 2002.

[6] 张春山, 张业成, 马寅生. 黄河上游地区崩塌、滑坡、泥石流地质灾害区域危险性评价[J]. 地质力学学报, 2003, 9(2): 151 – 152.

(上接第 141 页)

蚀力 R 值为 $603.1\text{ J} \cdot \text{cm}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 以及厦门市 6 个行政区的年降雨侵蚀力建议值。

(3) 厦门市年降雨侵蚀力变化幅度大, 最小值仅为最大值的 12.2%; 在空间分布上, 呈现从南部平原地地向西北部山地逐渐增大的特点。

用式(4)计算多年平均降雨侵蚀力, 较之式(2)更适合厦门

参考文献:

[1] Wischmeier W H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation[J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1959, 23(3): 246– 249.

[2] 周伏健, 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.

(上接第 149 页)

[13] 王晓燕, 田均良, 杨明义. 土壤剖面中 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的分布特征及其在土壤侵蚀示踪中的应用[J]. 土壤通报, 2003, 34(6): 581– 585.

[14] 杨明义, 田均良, 刘普灵, 等. 用 ^{137}Cs 法研究农耕地坡面土壤侵蚀空间分布特征初报[J]. 水土保持研究, 1997, 4(2): 96– 99.

[15] Walling, D. E., & He, Q. Use of fallout ^{137}Cs in investigations of overbank sediment deposition on river floodplains[J]. Catena, 1997, 29: 263– 282.

[16] 李勇, 白玲玉, 张兴昌. 强度耕作对 ^{137}Cs 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 和有机质剖面分布的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 1– 4.

[17] 唐翔宇, 杨浩, 曹慧, 等. ^{137}Cs 法估算南方红壤地区土壤侵蚀作用的初步研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 4– 11.