

文章编号: 1108 - 2786 - (2017) 1 - 48 - 09

DOI: 10. 16089/j. cnki. 1008 - 2786. 000195

陕南地区 1960 - 2014 年降雨侵蚀力变化研究

程金文, 岳大鹏*, 达兴, 郭坤杰, 刘婧春, 王朋晓

(陕西师范大学 旅游与环境学院 陕西 西安 710119)

摘 要: 降雨侵蚀力作为评价降雨对土壤侵蚀能力的关键指标, 对于确定土壤可蚀性以及预防水土流失、制定水土保持规划与决策具有重要的理论意义。本文选取陕南地区及其周边地区共 22 个气象站 1960 - 2014 年连续 55 年日降雨量数据, 利用逐日降雨量估算侵蚀力模型计算陕南地区降雨侵蚀力; 在 ArcGIS10 平台下, 采用反距离权重空间插值的方法, 绘制陕南地区降雨侵蚀力空间分布图, 分析全年及其季节空间分布特征; 利用 Mann - Kendall 趋势分析法、气候趋向率和变异系数分析降雨侵蚀力年内和年际变化特征。结果表明: (1) 陕南地区多年平均年降雨侵蚀力空间分布与年侵蚀性降雨量空间分布具有相似性, 都是由北向南逐渐增加。 (2) 陕南地区多年平均年降雨侵蚀力为 $3\,872\ MJ \cdot mm \cdot hm^{-2} \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$, 年内分布差异较大, 主要集中于 6 - 9 月, 冬季变异系数最大。安康站点夏季降雨侵蚀力上升趋势通过了 0.01 显著性检验。 (3) 降雨侵蚀力年际变异系数达到 0.30, 80 年代降雨侵蚀力最大。略阳站点年降雨侵蚀力呈下降趋势, 汉中站点基本不变。

关键词: 陕南地区; 降雨侵蚀力; 分布变化

中图分类号: S157.1

文献标志码: A

土壤侵蚀作为目前世界上严峻的生态问题之一, 一直受到业界的广泛关注。《第一次全国水利普查水土保持情况公报》表明, 我国土壤侵蚀总面积 294.91 万平方公里^[1], 相比于 20 世纪 90 年代末全国水土流失总面积达 356 万平方千米^[2], 尽管情况好转, 但形势依然严峻。植被茂密的陕南地区, 作为南北水调工程和引汉济渭工程的水源地, 是我国水土流失较为严重的地区之一, 针对陕南地区的水土流失状况的研究有现实意义。

影响土壤侵蚀的因素诸多, 如气候、土壤、地形地貌、植被覆盖状况等。降雨因子是造成土壤侵蚀的主要动力因素之一, 其侵蚀能力大小可采用降雨

侵蚀力这个指标来反映^[3]。目前, 降雨侵蚀力的研究较为丰富, 关于降雨侵蚀力指标的计算方法也日趋完善。然而, 这些研究枚举陕北黄土高原^[4], 鲜有针对陕南地区。本文以陕南地区为研究对象, 以降雨侵蚀力为计量评测数据, 解析陕南地区降雨侵蚀力的空间分布特征, 为预防水土流失、制定水土保持规划与决策提供理论依据。

1 研究区概况

陕南地区位于陕西南部, 北靠秦岭, 南倚巴山, 属于秦巴山地的主体部分, 地貌特征为“两山夹一

收稿日期(Received): 2015 - 11 - 12; 改回日期(Accepted): 2016 - 09 - 07。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(41071012); 陕西省水土流失补偿费资助项目“陕西能源开发水土保持动态监测信息管理系统开发研究”(15H1000153) [National Nature Science Foundation of China (No. 41071012); Soil and Water Loss Compensation Fund Project in Shaanxi Province: Development of Information Management System for Dynamic Monitoring of Soil and Water Conservation in Shaanxi Energy Development (No. 15H1000153)]

作者简介(Biography): 程金文(1991 -), 女, 硕士研究生, 研究方向为水土资源评价与规划 [Cheng Jinwen(1991 -), female, M. Sc. candidate, research on water and soil resources evaluation and planning] E - mail: JinWen0826@163.com

* 通信作者(Corresponding author): 岳大鹏(1964 -), 男, 博士, 教授, 主要从事自然地理、土壤侵蚀、土地资源与环境方面的研究 [Yue Dapeng (1964 -), male, Ph. D., professor, specialized in physical geography, soil erosion, land resources and environment] E - mail: yuedp@snnu.edu.cn

川”经纬度处于 $34^{\circ}26'9'' - 31^{\circ}42'46''\text{N}$, $105^{\circ}29'31'' - 111^{\circ}1'25''\text{E}$ 。行政上包括汉中、安康、商洛三个地级市,与河南、湖北、重庆、四川、甘肃接壤。陕南地区属于北亚热带与暖温带的过渡区域,年平均气温 $13.5 \sim 15^{\circ}\text{C}$,无霜期平均在 8 个月以上。受西南季风与东南季风活动影响,区域降雨丰沛,气候温和,植被茂密,水、热、林、草资源丰富。虽然适宜的气候条件使得陕南地区的地貌与植被迥异于陕北及关中,然而研究区的水土流失,形势同样严峻。例如,陕南地区汉中市略阳县土壤侵蚀程度已经超过陕北志丹、宜川、黄陵等水土流失重点县^[5]。

2 研究资料与方法

本文采用陕南地区及其周边临近地区的 22 个气象站点连续 55 年(1960–2014 年)的日降雨量数据。其中,研究区内站点 6 个,周边站点 16 个(图 1)。日降雨量数据来源于中国气象科学数据共享服务网。

降雨侵蚀力的计算方法目前包括经典算法^[6]、经典修正法^[7]以及简易算法^[8]三大类。经典算法及经典修正法依赖详实的降雨资料,过程繁琐,计算工作量大。因此,本文使用简易算法。

陕南地区位于秦岭—淮河一线以南,地处秦巴

山地,东南呈敞开的喇叭形,季风长驱直入,地形给区内河流湿气的上升运动创造了有利条件,年平均降雨量在 800 mm,部分地区超过 1 000 mm 以上,甚至可达 1 200 mm,类似降雨量丰润的南方地区。本文采用适用于南方地区的日雨量估算侵蚀力的简易方法^[8,9],决定系数 0.951。简易算法模型定义如下:

$$M_i = \alpha \sum_{j=1}^K (D_j)^{\beta}$$

其中: M_i 为第 i 个半月时段的降雨侵蚀力值 ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$); K 为该半月时段内的天数;规定每个月的前 15 天为上半月,其余天数则划为下半月,由此下半月天数从 13–16 天不等,这样将全年划分为 24 个半月; D_j 为半月时段内第 j 天的侵蚀性日雨量。日雨量 $\geq 12 \text{ mm}$ 时对土壤发生侵蚀,否则不侵蚀土壤,记为 0。 α 、 β 是模型参数。

$$\beta = 0.8363 + 18.144 \cdot P_{d12}^{-1} + 24.455 \cdot P_{y12}^{-1}$$

$$\alpha = 21.586\beta^{-7.1891}$$

式中: P_{d12} 为降雨量 $\geq 12 \text{ mm}$ 的日平均雨量 (mm); P_{y12} 为日雨量 $\geq 12 \text{ mm}$ 的年平均雨量 (mm)。

使用统计方法,可将半月降雨侵蚀力值转变为多年平均年降雨侵蚀力。使用 GIS10 中的反距离权重空间插值方法,对各离散点进行空间内插,得到空间连续分布的降雨侵蚀力。

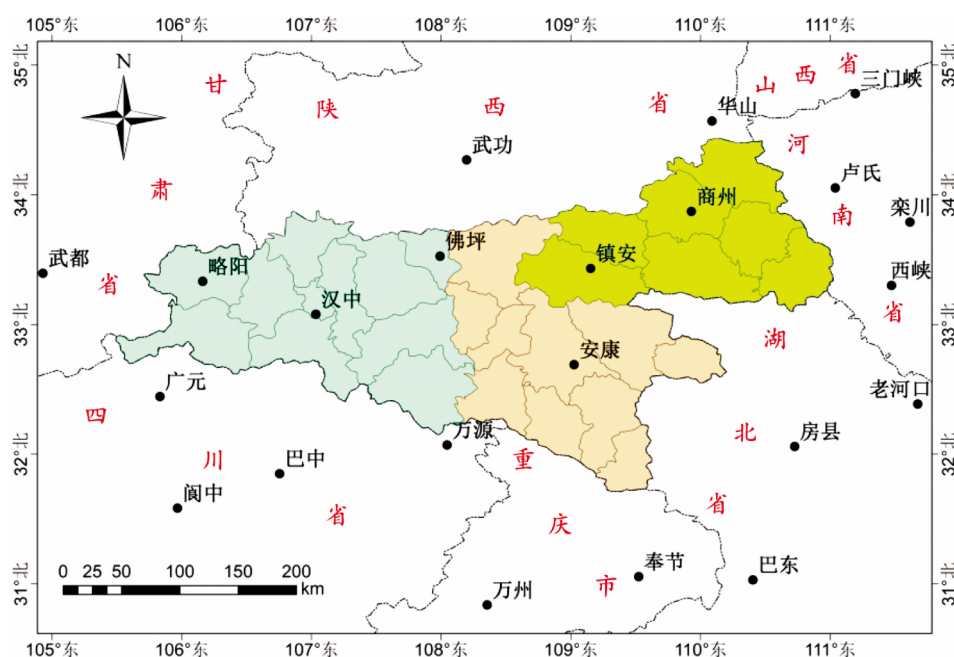


图 1 陕南地区及其周边气象观测站点分布图

Fig. 1 Meteorological stations in the southern Shaanxi and neighboring areas

对于降雨侵蚀力时间变化分析,采用 Mann - Kendall 非参数检验法、气候倾向率(用 R 与时间 t 一元回归方程斜率的 10 倍表示,即每 10a 的 R 变化量)、变异系数(CV) 来分析陕南地区在不同时间尺度上降雨侵蚀力随时间的变化特征。

3 结果与分析

3.1 降雨量与侵蚀性降雨量空间分布

能够引起土壤侵蚀的那部分降雨称之为侵蚀性降雨^[10]。在所选用的 22 个站点中,据研究结果显示:陕南地区多年平均年降雨量为 836.6 mm,最大值为 1 233.0 mm,最小值为 674.2 mm。多年平均年侵蚀性降雨量为 574.0 mm,占到年降雨量的 68.6%,最大值为 955.8 mm,最小值为 432.7 mm。

如图 2 所示,年降雨量与年侵蚀性降雨量空间分布一致,都是以汉中、安康两市接壤处为显著分界线,分界线以西由西北向东南方向逐渐增大,分界线以东由东北向西南方向逐渐增大,最大值位于汉中、安康两市交界处最南端,低值区位于商洛境内。

3.2 降雨侵蚀力模型参数及其空间分布特征

降雨侵蚀力是表征降雨影响水土流失的复合指标,是评价降雨对土壤侵蚀影响程度的重要指标,也是预报土壤流失的重要环节,其空间分布状况研究对于分析研究土壤侵蚀量具有重要的意义。

3.2.1 日雨量估算侵蚀力模型参数值

依据文献^[8-9],可以确定日雨量估算降雨侵蚀力模型中参数 α 、 β (表 1)。

不同站点 α 、 β 参数值不尽相同,其中 α 值差异较大, β 值则主要集中在较小区域内,差异较小,结

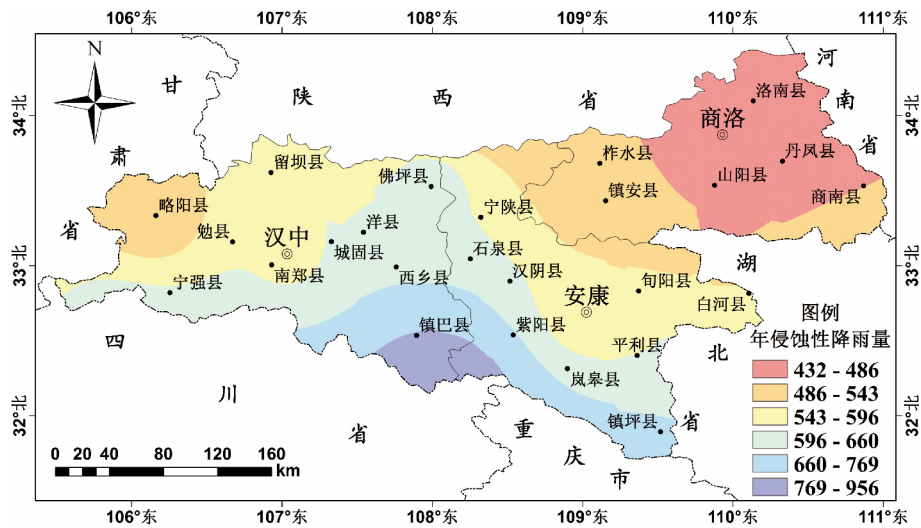


图 2 陕南地区侵蚀性降雨量空间分布图

Fig. 2 Distribution of erosive rainfall in the southern Shaanxi

表 1 陕南地区及其周边站点日雨量侵蚀力模型参数

Tab. 1 Parameter of daily rainfall erosivity model in the southern Shaanxi and neighboring areas

站点	α	β	站点	α	β	站点	α	β
安康	0.891	1.558	武都	0.27	1.84	巴中	1.861	1.406
佛坪	0.904	1.555	卢氏	0.569	1.658	广元	1.648	1.43
汉中	0.947	1.545	栾川	0.942	1.546	阆中	1.732	1.42
华山	0.776	1.588	三门峡	0.636	1.633	万源	2.045	1.388
略阳	0.857	1.566	西峡	1.082	1.516	巴东	1.112	1.511
商州	0.584	1.652	奉节	1.205	1.494	房县	0.647	1.629
武功	0.587	1.651	万州	1.313	1.476	老河口	0.88	1.561
镇安	0.686	1.616						

果与前人研究结果基本一致^[11]。

3.2.2 降雨侵蚀力空间分布特征

图3为陕南地区1960–2014年多年平均年降雨侵蚀力分布图,采用反距离权重空间插值的方法在ArcGIS10软件中完成。年降雨侵蚀力在陕南地区基本上是由北向南呈递增趋势,与年降雨量和年侵蚀性降雨量空间分布、空间变化趋势大体一致。一般情况下,降雨量大的地区,侵蚀性降雨量也大,而降雨侵蚀力与侵蚀性降雨量有着密切的关系,侵蚀性降雨量大,相应的降雨侵蚀力也大,三者之间的相关性均达到0.9以上。陕南地区多年平均年降雨侵蚀力为 $3\,872\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$,降雨侵蚀力范围在 $2\,282\sim8\,806\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间,变化范围较大,最大值接近于最小值的4倍。汉中市与安康市最南部交界处附近年降雨侵蚀力最大,即镇巴县南部和紫阳县西南部地区,年降雨侵蚀力在 $6\,647\sim8\,806\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间。商洛地区年降雨侵蚀力普遍偏低,大部分地区在 $3\,078\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 以下,只有商南县东南部以及镇安县西部和南部略高。汉中市近一半地区介于 $3\,720\sim4\,387\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间,西北部的略阳县略低,宁强县、南郑县南部以及西乡县略高,在 $4\,387\sim5\,286\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 范围内,镇巴县北部介于 $5\,286\sim6\,647\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 之间。安康市年降雨侵蚀力由东北向西南递增,均在 $3\,000\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 以上。经研究发现,商洛地区降雨侵蚀力一直处于低值中心,略阳县以及汉台区逐渐成为

次低值中心。

3.3 降雨侵蚀力年内分布及变化

降雨侵蚀力与地表植被覆盖的季节变化配合情况,会对土壤侵蚀产生巨大的影响。降雨侵蚀力在年内分配的集中程度对于分析土壤侵蚀的季节变化具有重要的意义^[12,13]。

季降雨侵蚀力在空间分布上,除冬季降雨侵蚀力外,其余三季的空间分布特征与年降雨侵蚀力空间分布特征具有一定的相似性。图4所示,最大值均出现在汉中市与安康市最南部交界处附近,商洛大部分地区以及略阳县为低值区。汉中市汉台区春季、夏季降雨侵蚀力比周围县偏低。与其他三季节分布有较大差别的冬季,其降雨侵蚀力最大值出现在陕南地区的东南角,即安康市镇坪县内;低值区域不再是商洛地区,而是出现在略阳县、宁强县以及汉中市与安康市最北部交界处附近,即佛坪县和宁陕县境内。尽管如此,其整体分布趋势依然遵循由北向南逐渐增加。

整个陕南地区的夏季降雨侵蚀力最高,占到全年降雨侵蚀力总和的一半以上,其次是秋季、春季和冬季,分别占到25.86%、15.45%、0.3%。四季降雨侵蚀力的年际变率CV值冬季最大,为0.48,春、夏、秋三季CV值接近,分别为0.27、0.26、0.28,都属于中等变异,说明夏季降雨侵蚀力的变化波动情况比其他三季更为明显。在季降雨侵蚀力变化趋势上,通过Maan-Kendall非参数检验法对降雨侵蚀力进行趋势分析,得出结果如表2所示。安康站点其春季和秋季的降雨侵蚀力呈下降趋势,夏季呈显

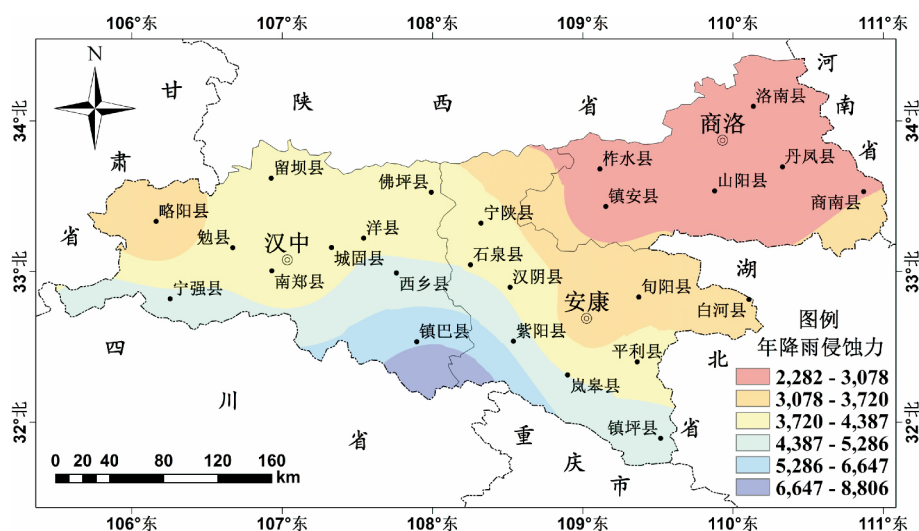


图3 陕南地区降雨侵蚀力空间分布图

Fig. 3 Distribution of rainfall erosivity in the southern Shaanxi

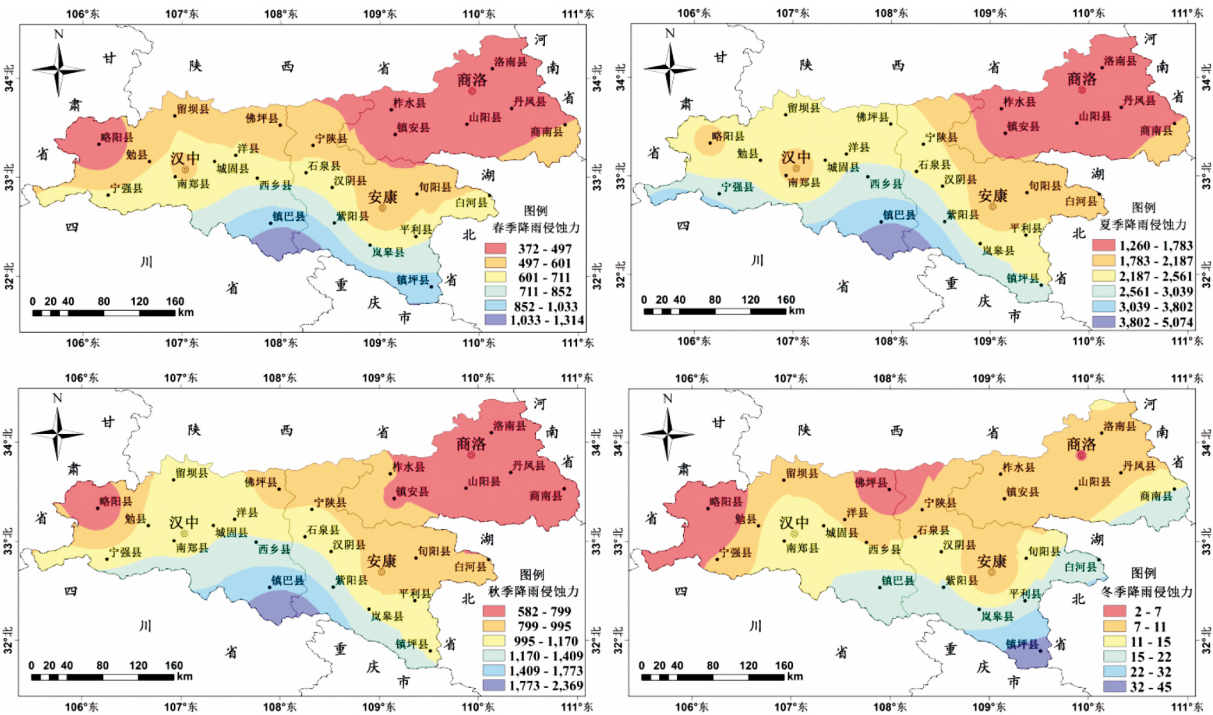


图 4 陕南地区四季降雨侵蚀力空间分布图

Fig. 4 Distribution of four seasons' rainfall erosivity in the southern Shaanxi

著性上升,并通过了 0.01 的显著性检验。佛坪四季降雨侵蚀力随时间呈微弱的上升趋势;汉中的春季和冬季降雨侵蚀力,以及镇安的春季降雨侵蚀力呈下降趋势。三个站点四季降雨侵蚀力均未通过显著性检验。略阳站点与镇安站点均是春季降雨侵蚀力下降,其余三季呈上升趋势,但只有略阳站点春季的降雨侵蚀力通过了 0.1 的显著性检验。

从月尺度上分析,如表 3 所示,陕南地区各站点多年平均月降雨侵蚀力十分集中,主要集中于 6-9 月,能占到全年降雨侵蚀力的 73%-83%,5-9 月能占到全年的 84%-91%。所有站点多年平均月降雨侵蚀力最大值均出现在 7 月份,占到全年的

24%-33%;次最大值除汉中站点外,均出现在 8 月份。这与陕南地区降雨特征有关,陕南属于内陆地区,受亚热带季风影响,降雨量主要集中在夏季,并有相关研究表明^[14]夏季降雨呈增加趋势。

3.4 降雨侵蚀力年际分布及变化

由 1960-2014 年的 55 幅年降雨侵蚀力图统计得到陕南地区平均年降雨侵蚀力值,其年际变化如图 5 所示。陕南地区降雨侵蚀力年际变化较大,变异系数 CV 值达到 0.30,其中 1983 年降雨侵蚀力达到峰值,为 $7\,243\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;1997 年处于最小值 $2\,360\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$,两者相差 $4\,883\text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 。1981

表 2 陕南各站不同时间尺度下降雨侵蚀力 Mann-Kendall 检验值

Tab. 2 M-K values of rainfall erosivity under different time scales in the southern Shaanxi

站点 时间	安康	佛坪	汉中	略阳	商洛	镇安
年降雨侵蚀力	1.13	1.48*	0.00	-0.23	1.18	0.51
春季降雨侵蚀力	-0.81	0.58	-0.38	-1.60*	-0.97	-1.07
夏季降雨侵蚀力	2.50**	0.94	0.60	0.03	1.83*	0.09
秋季降雨侵蚀力	-1.15	0.36	0.70	0.04	-0.52	0.26
冬季降雨侵蚀力	0.04	0.52	-0.40	0.33	0.74	0.77

注: * 和 ** 分别表示通过 0.1 和 0.01 的显著性检验。

表 3 陕南各站点降雨侵蚀力年内分布

Tab. 3 Annual distribution of rainfall erosivity in the southern Shaanxi

站点	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
安康	0	7	60	168	316	531	856	658	645	268	33	1
佛坪	0	5	25	151	363	426	1157	875	692	229	49	0
汉中	0	13	45	198	350	407	968	696	818	241	66	1
略阳	0	2	24	143	255	357	1093	677	566	105	16	0
商县	1	4	30	128	214	251	573	436	411	192	40	2
镇安	0	10	34	121	261	340	706	584	498	259	33	0

年、1995 年变异系数最大, CV 值均达到 0.45; 1964 年、1975 年 CV 值最低, 为 0.16。降雨侵蚀力年际变化与年降雨量变化趋势一致, 具有同增同减, 说明降雨侵蚀力的大小与降雨量的多少有直接关系, 根据相关性分析得到, 两者相关系数可达 0.93。

在同一地区、不同年份下, 其降雨侵蚀力最大值与最小值相差比较大, 有些地区可达上万的差异。差值最大为 15 366, 位于镇巴县; 差值最小为 3 933, 位于商洛。年际变化差异从北向南逐渐增大。

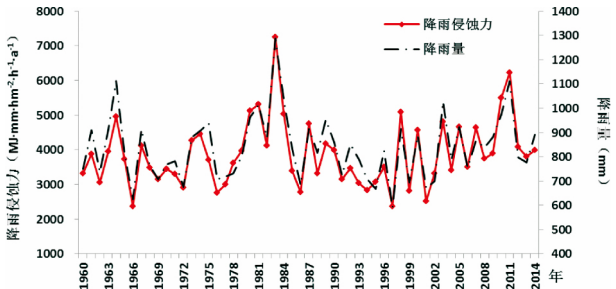


图 5 陕南地区历年降雨侵蚀力变化趋势图

ig. 5 Trend of rainfall erosivity in past years in the southern Shaanxi

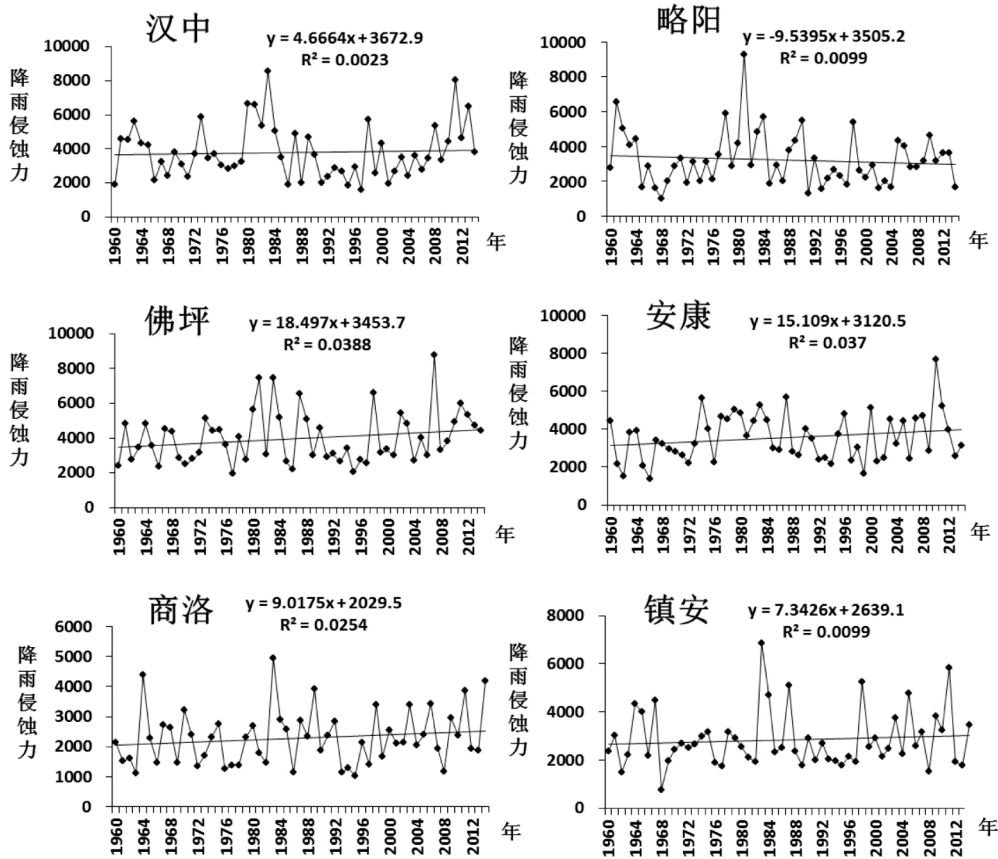


图 6 陕南各站点历年降雨侵蚀力变化图

Fig. 6 Changes of each site's rainfall erosivity in past years in the southern Shaanxi

在陕南各站点中,降雨侵蚀力在 1981–1984 年间均取得较高值,其中汉中、略阳、商洛、镇安均在此期间取得最大值。安康最大年降雨侵蚀力出现在 2010 年,最小值出现在 1966 年。佛坪最大年降雨侵蚀力出现在 2007 年,最小值出现在 1977 年,如图 6 所示。从降雨侵蚀力年际变化趋势上分析,只有略阳站点在波动中呈下降趋势,气候倾向率为 $-95.4 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 10a^{-1}$ 。汉中站点在波动中保持基本不变的趋势,其余几站均在波动中呈不同程度的上升趋势,其中佛坪站相比于其他几个站点上升趋势更明显。汉中、佛坪、安康、商洛、镇坪倾向率分别为 $46.7, 185.0, 151.1, 90.2, 73.4 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 10a^{-1}$ 。在各站点年际变化

趋势分析上,只有佛坪站点通过了 0.1 的显著性检验,如表 2 所示。

从年代尺度上来看,各站点在不同年代其降雨侵蚀力变化情况有所差别,但均在 80 年代达到最大值,如图 7 所示。佛坪、商洛、镇安站点各年代降雨侵蚀力趋势大小均为:80 年代 > 00 年代 > 60 年代 > 70 年代 > 90 年代;安康站点 60 年代降雨侵蚀力较低,低于 90 年代,其余年代与镇安站点趋势一样。汉中、略阳站点 80 年代 > 60 年代 > 70 年代 > 90 年代,至于 00 年代,汉中站点大于 70 年代,略阳则小于 90 年代。尽管趋势不同,但各站点 80 年代 > 70 年代 > 90 年代这点是相一致的。

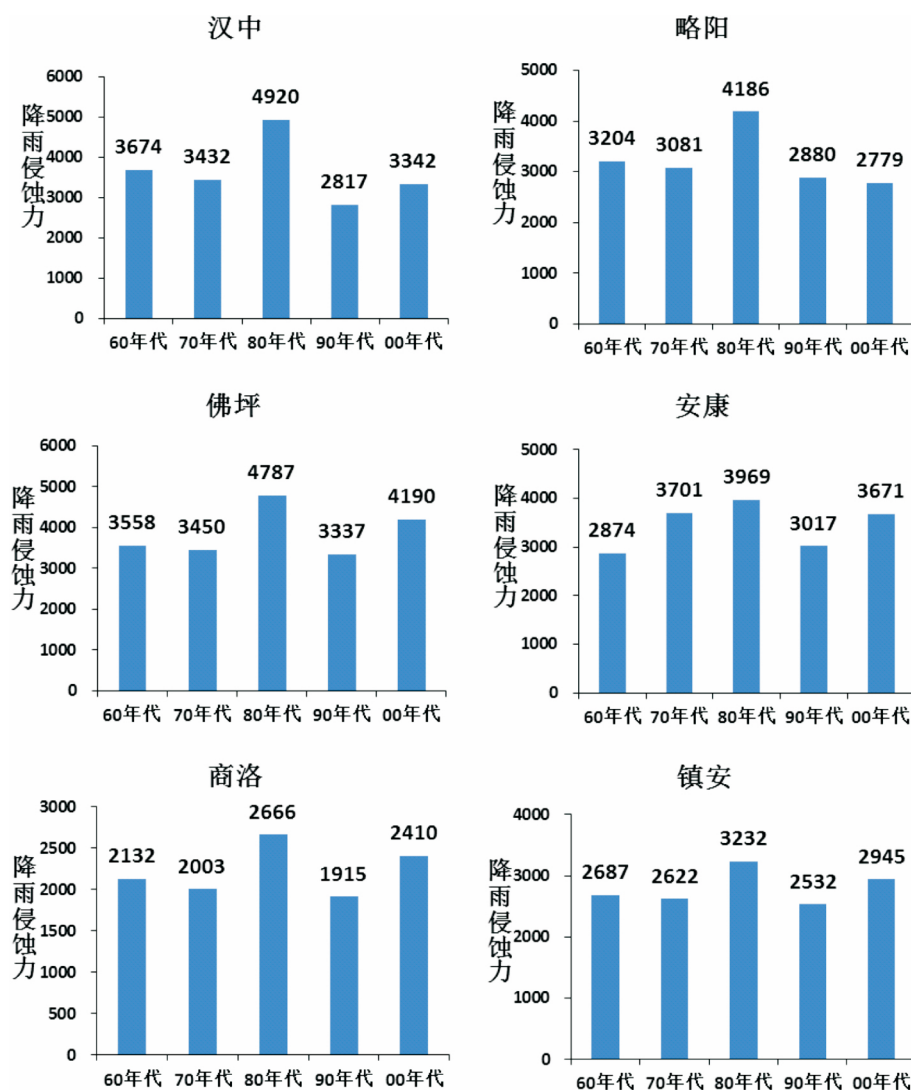


图 7 陕南地区各站点年代降雨侵蚀力变化图

Fig. 7 Changes of each site's rainfall erosivity in successive decades in the southern Shaanxi

4 讨论

本文利用陕南地区及其附近共 22 个站点 1960—2014 年逐日降雨量数据,分析了陕南地区降雨量、侵蚀性降雨量、降雨侵蚀力分布及其降雨侵蚀力的变化特征。其中仍需对以下两点进行讨论说明。

(1) 本文共采用了 22 个站点的日降雨量数据,但其中仅有 6 个站点位于陕南地区,其余均为周边地区站点。虽说研究区域内站点个数越多,研究结果更为精确,但因涉及到研究年限较长,部分站点所记录的日降雨量资料不完整,缺少较多,故最终综合考量,选定了 6 个站点数据。尽管如此,其研究结果能够说明降雨侵蚀力的空间分布与年际年内变化情况。理由有两点:①选用了周边站点气象数据进行空间插值以弥补区内站点偏少的问题,尤其对于研究区内外围地区来说,其降雨侵蚀力值也更加准确,这样做也比较符合实际情况。②其最终研究的结果与前人研究结果一致^[9]。

(2) 据文献^[8]研究,在计算全国降雨侵蚀力时,日雨量模型平均相对误差为 17.9%,其所参照的精确值计算公式为:

$$M = 0.184 \sum_{j=1}^K (P_d I_{10d})_j$$

但本文暂未给出其计算结果的相对误差值,主要原因有两点:①精确值的计算需要日 10 min 雨强资料,此数据不易获取,故目前无法通过公式计算得到。②若有前人研究过此区域的降雨侵蚀力或者土壤侵蚀量等相关问题,可通过对比前人的研究结果进行验证以说明其结果的误差范围,但由于研究中均未给出此区域的降雨侵蚀力值,故未能通过对比来计算误差范围。因此本文尚未对降雨侵蚀力计算结果误差值进行讨论,日后将对这一问题进行深入研究。

5 结论

在研究陕南地区土壤侵蚀量时,降雨侵蚀力的大小是一个不容忽视的重要因素,通过研究初步得到以下结论:

(1) 陕南地区年降雨量为 836.6 mm,年侵蚀性降雨量(日雨量 ≥ 12 mm)为 574.0 mm,两者空间分布一致,均由北向南逐渐增加。

(2) 多年平均年降雨侵蚀力空间分布与侵蚀性

降雨量空间分布相似,都是以汉中、安康两市接壤处为显著分界线,分界线以西由西北向东南方向逐渐增大,分界线以东由东北向西南方向逐渐增大,范围在 2 282—8 806 $MJ \cdot mm \cdot hm^{-2} \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$ 之间。陕南地区多年平均年降雨侵蚀力为 3 872 $MJ \cdot mm \cdot hm^{-2} \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$ 。

(3) 冬季降雨侵蚀力空间分布与其余三季差别较大,最大值与最小值区域发生偏移,但整体都是由北向南逐渐增大。降雨侵蚀力主要集中在 6—9 月份,其中冬季变异系数 CV 值最大,为 0.48,其余三季 CV 值接近。陕南六个站点四季降雨侵蚀力变化趋势中,只有安康站点夏季降雨侵蚀力通过了 0.01 显著性检验。

(4) 降雨侵蚀力年际变化较大,在空间上由北向南呈递增趋势,变异系数达到 0.30。六个站点中,只有略阳站点年降雨侵蚀力呈下降趋势,汉中站点保持稳定状态,其余站点均呈上升趋势,但仅佛坪站点通过了 0.1 显著性检验。

参考文献(References)

- [1] 中华人民共和国水利部. 水利部发布《第一次全国水利普查水土保持情况公报》[EB]. http://www.mwr.gov.cn/slxz/slyw/201305/t20130517_435841.html [The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. The bulletin of the first national soil and water conservation situation [EB]. http://www.mwr.gov.cn/slxz/slyw/201305/t20130517_435841.html]
- [2] 中华人民共和国水利部. 全国水土保持监测公报 [EB/OL]. (2004—12—30) [2015—6—10]. http://www.cnscm.org/jcgg/qgstbcjcg/jcgg_2003.aspx [The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. The bulletin of the first national soil and water conservation monitoring [EB/OL]. (2004—12—30) [2015—6—10]. http://www.cnscm.org/jcgg/qgstbcjcg/jcgg_2003.aspx]
- [3] 孙泉忠,王朝军,赵佳,等. 中国降雨侵蚀力 R 值指标研究进展 [J]. 中国农业通报, 2011, 27(4): 1—5 [SUN Quanzhong, WANG Zhaojun, ZHAO Jia, et al. Research evolution of rainfall erosivity(R) in China [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(4): 1—5]
- [4] 廖鑫,徐学选,刘普灵,等. 基于日雨量的延安地区降雨侵蚀力动态特征分析 [J]. 水土保持研究, 2009, 16(2): 34—37 [LIAO Xin, XU Xuexuan, LIU Puling, et al. The dynamic feature analysis of rainfall erosivity in Yan'an area based on daily rainfall amounts [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2009, 16(2): 34—37]
- [5] 惠振德,李晓玲. 陕西汉江流域水土流失及其治理对策研究 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 1997, 25(2): 77—80 [HU Zhende, LI Xiaoling. Soil erosion and water loss and related countermeasures in Hanjiang Basin, Shaanxi province [J]. Journal

- of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition) ,1997 ,25 (2) : 77 – 80]
- [6] WISCHMEIER W H , DWIGHT D Smith. Rainfall energy and its relationship to soil loss [J]. Transactions American Geophysical Union. 1958 ,39(2) : 285 – 291
- [7] 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 – 40 [WANG Wanzhong. Research of rainfall erosivity(R) in Loess region [J]. Soil and Water Conservation in China ,1987 , (12) : 34 – 40]
- [8] 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 [ZHANG Wenbo , FU Jinsheng. Rainfall erosivity estimation under different rainfall amount [J]. Resources Science ,2003 ,25(1) : 35 – 41]
- [9] 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 [ZHANG Wenbo , XIE Yun , LIU Baoyuan. Spatial distribution of rainfall erosivity in China [J]. Mountain Research ,2003 ,21(1) : 33 – 40]
- [10] 王万忠. 黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究 [J]. 水土保持通报 ,1984(2) : 12 – 15 [WANG Wanzhong. Study of the relations between rainfall characteristics and loss of soil in Loess region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation ,1984(2) : 12 – 15]
- [11] 章文波 ,谢云 ,刘宝元. 利用日雨量计算降雨侵蚀力的方法研究 [J]. 地理科学 ,2002 ,22(6) : 705 – 711 [ZHANG Wenbo , XIE Yun , LIU Baoyuan. Rainfall erosivity estimation using daily rainfall amount [J]. Scientia Geographica Sinica ,2002 ,22(6) : 705 – 711]
- [12] 王爱娟 ,李智广 ,刘峰. 长江上游水蚀区降雨侵蚀力的时空分布特征 [J]. 水土保持通报 ,2013 ,33(1) : 8 – 11 [WANG Aijuan , LI Zhiguang , LIU Feng. Spatiotemporal distribution of rainfall erosivity for water erosion district in the upper reaches of the Yangtze River [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation ,2013 ,33(1) : 8 – 11]
- [13] 章文波 ,谢云 ,刘宝元. 降雨侵蚀力研究进展 [J]. 水土保持学报 ,2002 ,16(5) : 43 – 46 [ZHANG Wenbo , XIE Yun , LIU Baoyuan. Research evolution of rainfall erosivity [J]. Journal of Soil and Water Conservation ,2002 ,16(5) : 43 – 46]
- [14] 冯彩霞 ,董婕. 陕南地区近 47 年来气温、降水变化特征分析 [J]. 干旱区资源与环境 ,2011 ,25(8) : 122 – 126 [FENG Caixia , DONG Jie. Temperature and precipitation change characteristic in the south region of Shaanxi Province in recent 47 years [J]. Journal of Arid Land Resource and Environment ,2011 ,25(8) : 122 – 126]

Research on Rainfall Erosivity Changes during 1960 – 2014 in the Southern Shaanxi

CHENG Jinwen , YUE Dapeng , DA Xing , GUO Kunjie , LIU Jingchun , WANG Pengxiao

(Shaanxi Normal University Tourism and Environment College , Xi' an , 710062)

Abstract: As an indicator of soil erosion , rainfall erosivity is significant for its role in developing soil erosion prediction as well as prevention strategies , and it plays an important role in decision making for soil and water conservation. For the period of 1960 – 2014 , values of rainfall erosivity was collected at 22 meteorological stations located in the southern region of Shaanxi and its surrounding areas and then they were analyzed on a daily basis. A rainfall erosivity spatial distribution map was drawn and the annual and seasonal distribution characteristics was analyzed using the inverse distance weighted interpolation method under the platform of ArcGIS 10. The methods of Mann Kendall climatic trend analysis was used to interpret the characteristics of annual or interannual rainfall erosivity. The results show that: 1) The spatial distribution characteristics of average annual rainfall erosivity in the south of Shaanxi Province were similar to that of annual erosive rainfall , with an increasing trend from the north to the south; 2) the value for the annual average rainfall erosivity in southern Shaanxi was $3872 MJ \cdot mm \cdot hm^{-2} \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$. Its seasonal distribution was uneven , concentrating from June to September. The maximum variation coefficient occurs in the winter. The summer rainfall erosivity of Ankang station climbed up through the 0.01 significant test; 3) the variation coefficient of annual rainfall erosivity was 0.30 , and the rainfall erosivity reached its maximum in the 1980s. Lueyang station expressed a downward trend , and Hanzhoung stays mainly unchanged.

Key words: Southern Shaanxi; rainfall erosivity; distribution change