

山西吉县近30年以来基于高程的土壤侵蚀变化

王云竹

青海省气候中心 青海西宁 810000

摘要: 利用山西吉县1990、2000、2010和2020年的土壤侵蚀变化资料为基础,重点研究基于高程的土壤侵蚀变化。根据国家遥感监测土地利用/覆盖分类标准,将吉县的土地资源划分为五类:耕地、林地、草地、水体和城乡工矿居民用地。得出结论:从不同时期来看,1990年的侵蚀面积最大的高程带为789-996m,2000年的侵蚀面积最大高程带为996-1190m,2010年的侵蚀面积最大的高程带为996-1190m,2020年的侵蚀面积最大的高程带为996-1190m,无论是从侵蚀强度级别看,还是从不同时期来看,侵蚀面积最小的高程带均为1410-1817m。研究表明:吉县地区经过退耕还林(草)工程的实施,土壤侵蚀程度明显减轻,但是城乡工矿居民用地的土壤侵蚀程度还应着重关注与实施相应工程;耕地和草地的土壤侵蚀程度也应继续关注并给予实施相应措施。

关键词: 黄土残垣沟壑区;土壤侵蚀;土壤侵蚀指数

土壤侵蚀是指土壤及其母质在水力、风力、冻融或重力等外营力作用下,被破坏、剥蚀、搬运和沉积的过程。人工作用使植被的覆盖面发生改变,是造成水土流失的重要原因,也是人为因素;其自然因素是由于降水和土地利用面积的改变^[1]。位于黄河上游中部的黄土高原的土壤侵蚀情况是全世界最严重的地区之一,近年来植被恢复,土地利用发生变化,水土流失得到较好治理。因为水土流失的加剧与土地利用和土壤侵蚀有着密切的联系,所以,研究土地利用变化与土壤侵蚀之间的关系,可以进一步说明水土流失的情况越发严重的原因。目前对于县域土壤侵蚀变化缺少系统的探讨。本文将吉县为例,研究县域基于高程的土壤侵蚀变化,并以此反映退耕还林(草)工程的成效,将经验土壤侵蚀模型作为研究参考依据,动态分析吉县近30年以来的土壤侵蚀变化,为今后有关黄土高原区的研究提供理论依据,这有助于该区域水土流失的预防与治理。

一、材料与方法

吉县1990、2000、2010、2020年降水量数据来自中国气象数据网(<http://data.cma.cn>);依据《山西土地》与中国土地数据分析(<http://vdb3.soil.csdb.cn/>)为30米分辨率的土地分类图增添土层质量属性数据分析;吉县30m分辨率的ASTERG DEM数据和地球卫星/TM5(1990年5月18日、2000年8月30日)、地球卫星/TM7(2010年9月5日和2020年9月11日)四个景观图像,以及四个年份的土地利用图均来源于中科院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>),地类

划定为农田、草原、森林、水体、城市居民工矿使用土地5类。上述全部图均用于UTM投影,地理坐标系均为GCS_WGS_1984。

该研究采用的修正通用土壤流失方程(RUSLE)如下:

$$A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1-1)$$

式中:A为单元建筑面积上的土壤流失量, $t/(hm^2 \cdot a)$;R为降雨侵蚀力因子, $(MJ \cdot mm)/(hm^2 \cdot h \cdot a)$;K为土壤可蚀性因子, $[t/(hm^2 \cdot a)][hm^2/(MJ \cdot mm)]$;L为坡长因子;S为坡度因子。L、S均为无量纲因子。C为作物覆盖与管理因子。P为水土保持措施因子。不同因子计算公式方法见表1。

二、结果与分析

1. RUSLE模型各因子结果分析

(1) 降雨侵蚀因子(R)

以吉县1990-2020年的逐日降水量数据为基础,根据表1中的公式计算得到降雨侵蚀因子(R)的值,并在ArcGIS10.2中采用克里金插值法得到降雨侵蚀力因子(R)的栅格图像,转换成矢量后,得到其分布图。吉县1990、2000、2010和2020年平均降雨侵蚀力分别为54436.2 $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$ 、1584.73 $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$ 、1458.52 $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$ 和1518.48 $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot a^{-1}$ 。

(2) 土壤侵蚀因子(K)

按照吉县的土地利用类型地图材料,利用EPIC模式对各类型的K进行了分析,通过表1中的公式得到了相应的土壤可蚀性K值,将得到的各土种的K因子赋值给吉县土壤图,转换成矢量得到K因子空间分布图。K因子值介于0.0233173-0.0458565 $t \cdot km^2 \cdot h \cdot km^{-2} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$,K因子平均值为0.03458645 $t \cdot km^2 \cdot h \cdot km^{-2} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ 。

(3) 地形因子(S、L)

作者简介: 王云竹(1997—),女,汉族,河北省邢台市,硕士,青海省气候中心,水土保持与荒漠化防治、气象灾害风险研究方向。

表1 RUSLE 各因子计算方法

Table 1 Calculation method of each factor

因子	公式	因子说明	来源
降雨侵蚀因子 (R)	$R_i = \alpha \sum_{j=1}^k (D_j)^\beta$ $\alpha = 21.586 \beta^{-7.1891}$ $\beta = 0.8363 + 18.144/P_{d12} + 24.455/P_{y12}$	R_i 为第 <i>i</i> 个半月时段的侵蚀力值; k 为该半月时段内的天数; D_j 为半月时段内第 <i>j</i> 天的侵蚀性日雨量 (mm); α 、 β 为模型参数; P_{d12} 为日降雨量 ≥ 12 mm的日平均雨量 (mm); P_{y12} 为日降雨量 ≥ 12 mm的年平均雨量 (mm)。	Arnoldus提出的降雨侵蚀力简易计算方法 ^[2]
土壤侵蚀因子 (K)	$K = \left\{ 0.2 + 0.3e \left[-0.0256 W_a \left(1 - \frac{W_i}{100} \right) \right] \right\}$ $\times \left[1 - \frac{0.25 C}{C + e (3.72 - 2.95 C)} \right]$ $\times \left[1 - \frac{0.7 W_n}{W_n + e (-5.51 + 22.9 W_n)} \right]$ $W_n = 1 - W_a / 100$ $C = OM / 100$	W_a 是砂粒 (0.05~2 mm) 含量, (%) ; W_i 是粉粒 (0.002~0.05 mm) 含量 (%) ; W_l 是 (<0.002mm) 含量 (%) ; C 是有机碳含量 (%) ; OM 是有机质含量 (%) 。	刘宝元提出的EPIC公式 ^[3]
坡长因子 (L)	$L = (\lambda / 22.13)^m$ $m = \beta / (\beta + 1)$ $\beta = (\sin \theta / 0.0896) / [3 \cdot \sin \theta^{0.8} + 0.56]$	θ 为利用DEM提取的坡度; β 、 m 为坡长指数; λ 为坡长; 22.13为标准小区坡长 (m)。	Wischmeier等 ^[4]
坡度因子 (S)	$\begin{cases} 10.08 \times \sin \theta + 0.03, & 0 < \theta < 5.1428 \\ 16.8 \times \sin \theta - 0.5, & 5.1428 < \theta < 14.0362 \\ 21.91 \times \sin \theta - 0.96, & \theta > 14.0362 \end{cases}$	θ 为利用DEM提取的坡度。	刘宝元提出的坡度因子公式 ^[5]
覆盖与管理因子 (C)	$cov = \frac{N - N_{soil}}{N_{veg} - N_{soil}}$ $C = 0.6508 - 0.3436 \cdot \lg cov$ $(cov > 78.3\%, C = 0; cov = 0, C = 1)$	cov 为植被覆盖率, N_{soil} 为裸地的NDVI值, N_{veg} 为高纯度植被的NDVI值。	蔡崇法创建的C因子值与植被覆盖度直接的回归方程 ^[6]
水土保持措施因子 (P)	介于0~1	P因子值通常根据实地调查资料对不同土地利用类型进行赋值的方法确定。	薛亚永等 ^[7]

使用坡长和坡度作为地形因子, 分别以S和L表示。在ArcGIS10.2中基于DEM影像分别使用slope工具和水文分析模块Hydrology提取坡度栅格图和汇流累积量栅格图, 使用栅格计算器按表1中坡长因子和坡度因子的公式得出吉县L因子空间分布图。吉县L因子介于0-1820.07, 平均值为56.31。在ArcGIS10.2中基于坡度栅格图, 通过栅格计算器中的条件函数con得到S因子空间分布图, 吉县S因子值介于0-47.9334, 平均值为17.71。

(4) 覆盖与管理因子(C)

在RUSLE模式下, 利用C因子分析了不同类型的水土流失状况。通过表1中的公式得出吉县覆盖与管理因子(C), 平均值分别为0.57、0.56、0.50和0.47。

(5) 水土保持措施因子(P)

根据表1中的公式计算得到水土保持因子。采用平均值计算, 得出1990年、2000年、2010年和2020年吉县水土保持措施因子平均值分别为0.2208、0.2206、0.1571、0.1568。

2. 基于高程的土壤侵蚀变化分析

利用DEM数据提取高程, 得到研究区的高程分级图(图1), 分析研究区四个时段不同高程级的土壤侵蚀状况。

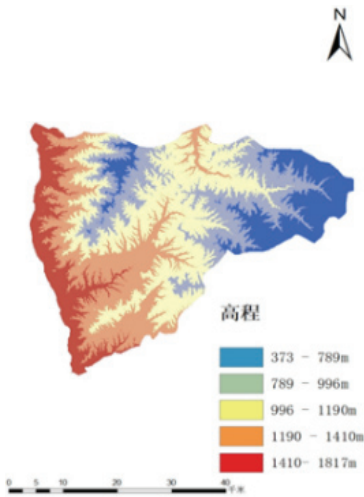


图1 高程分级图

Figure 1 Elevation grading

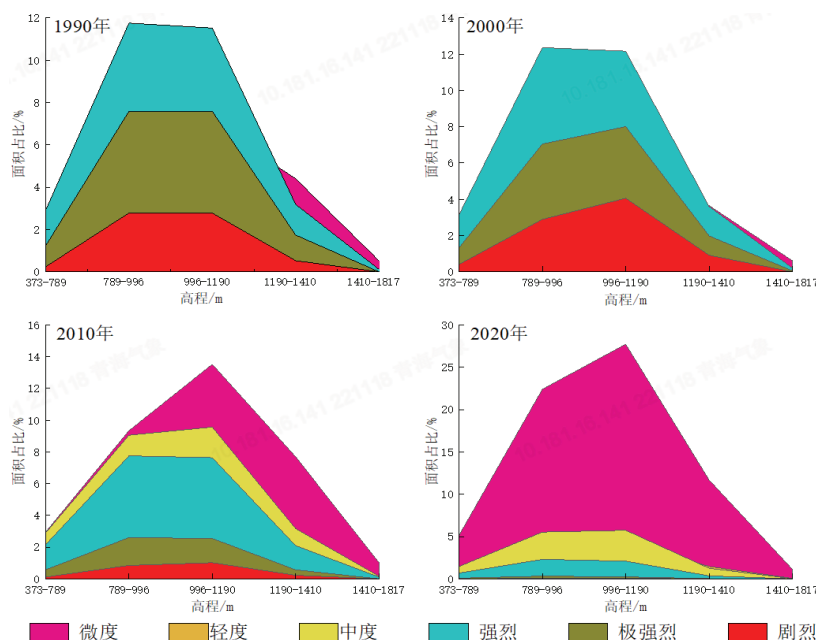


图2 吉县1990–2020年基于高程的土壤侵蚀面积变化

Figure 2 Change of Soil Erosion Area Based on Elevation in Ji County from 1990 to 2020

由图2得出,从不同侵蚀强度级别来看,微度、极强烈和剧烈侵蚀的最大侵蚀面积的高程带均为996–1190m,侵蚀面积分别为54.15 km²、18.38 km²和7.91 km²;轻度、中度和强烈侵蚀的最大侵蚀面积的高程带均为789–996m,侵蚀面积分别为14.51 km²、29.07 km²和34.18 km²。最小侵蚀面积的高程带均为1410–1817m,侵蚀面积分别为3.28 km²、39.70 km²、0.43 km²、0.05 km²和0.00 km²。

从不同时期来看,1990年的侵蚀面积最大的高程带为789–996m,为39.09 km²;2000年的侵蚀面积最大高程带为996–1190m,为38.47 km²;2010年的侵蚀面积最大的高程带为996–1190m,为38.71 km²;2020年的侵蚀面积最大的高程带为996–1190m,为40.32 km²。最小侵蚀面积的高程带均为1410–1817m,侵蚀面积分别为0.81 km²、1.12 km²、1.47 km²和1.23 km²。

三、结论与展望

1. 结论

从不同侵蚀强度级别来看,微度、极强烈和剧烈侵蚀的最大侵蚀面积的高程带均为996–1190m,轻度、中度和强烈侵蚀的最大侵蚀面积的高程带均为789–996m。从不同时期来看,1990年的侵蚀面积最大的高程带为789–996m,2000年的侵蚀面积最大高程带为996–1190m,2010年的侵蚀面积最大的高程带为996–1190m,2020年的侵蚀面积最大的高程带为996–1190m。无论是从侵蚀强度级别看,还是从不同时期来看,侵蚀面积最小的高程带均为1410–1817m。

2. 展望

今后,将使用更清晰的图像分析,以探索土地利用

变化,以提高数据收集的准确性,减少分类误差。本文的数据资料收集不够全面,应对经济、政治等社会因素的资料数据进行收集并加以考虑。对土地利用的分析不够深入,应考虑其他人为。社会方面的因素对于土地利用的影响。在未来的规划中,应该获取更为准确的遥感影像资料,更加准确的分析土壤侵蚀的变化。未来的研究将强调多时间数据的比较和分析,以期以更全面、更系统的方式分析问题。

参考文献:

- [1]谢怡凡.陕西省退耕还林对土壤侵蚀影响研究[D].西北农林科技大学,2021.
- [2]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 Soils Bulletin, 1977, 34: 39–51.
- [3]刘宝元.西北黄土高原区土壤侵蚀预报模型开发项目研究成果报告[R].北京:水利部水土保持监测中心,2006.
- [4]Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. 1978. The USDA Agricultural Handbook No. 537, Maryland.
- [5]刘宝元,张科利,焦菊英.土壤可蚀性及其在侵蚀预报中的应用[J].自然资源学报,1999,14(4):345–350.
- [6]蔡崇法,丁树文,史志华,黄丽,张光远.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,2000,14(2):19–24.
- [7]薛亚永,王晓峰.黄土高原森林草原区退耕还林还草土壤保持效应评估[J].干旱地区农业研究,2017,35(05):122–128.