

文章编号:1003-8701(2012)04-0025-05

甘肃省定西市安定区土壤侵蚀潜在危险度评价及侵蚀背景空间分析

冯磊,孙保平*,康苗

(北京林业大学水土保持学院/水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室,北京 100083)

摘要:为探讨黄土高原地区土壤侵蚀危险度,本文以甘肃省定西市安定区为研究对象。借助 GIS 的空间分析功能,运用通用土壤侵蚀方程(USLE),计算出土壤侵蚀量、编制出土层厚度图和土壤容重图,预测出该地区土壤的抗蚀年限。按水利部颁布的标准,将安定区土壤侵蚀潜在危险度分为无险型、轻险型、危险型、极险型、毁坏型 5 个级别。通过分析不同土地利用类型、不同坡度、不同坡向、不同侵蚀强度背景条件下的土壤侵蚀潜在危险度状况,探讨其空间分布特点,为水土保持规划治理提供科学依据。

关键词:土壤侵蚀潜在危险度;地理信息系统;抗蚀年限;土壤侵蚀潜在危险指数

中图分类号:S157

文献标识码:A

Appraisal and Study on Potential Danger of Soil Erosion and Spatial Analysis on Erosion Background in Anding Region, Dingxi City of Gansu Province

FENG Lei, SUN Bao-ping*, Kang Miao

(School of Soil and Water Conservation/Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to discuss the potential danger of soil erosion in loess plateau area, taking the Anding District of Dingxi City, Gansu Province as the object in the study. With the help of GIS spatial analysis, and using common soil erosion equation (USLE), soil erosion modulus was estimated and maps of soil density and soil horizon thickness were drawn. Then, the years of soil loss by erosion was calculated. In guideline with classification standards made by Ministry of Water Resources, the potential danger of soil erosion was divided into five grades, i.e., No Danger, Less Danger, Danger, Extremely, Destroyed. The potential soil erosion danger under different erosion background such as different land use type, different gradient level, different aspect and different erosion intensity was analyzed. The distribution characteristics of potential soil erosion danger were discussed. This provided the scientific basis for the treatment of soil and water conservation planning.

Keywords: Potential soil erosion danger; Geographical information system; Years of soil resistant erosion; Index of potential soil erosion danger

土壤侵蚀潜在危险度是指生态失衡后出现的

土壤侵蚀危险程度。主要用于评估、预测在无明显侵蚀区出现侵蚀和现状侵蚀区加剧侵蚀的可能性大小,同时可以表示侵蚀区以当前侵蚀速率发展,该土层所能承受的侵蚀年限,以评估和预测侵蚀破坏土壤和土地资源的严重性^[1]。因此,土壤侵蚀潜在危险度评价与预测,对一个地区保护土地资源及环境系统、土地经营和对水土保持治理规划具有重要意义^[2-3]。

收稿日期:2012-05-16

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项经费项目(201004018)

作者简介:冯磊(1987-),男,硕士研究生,研究方向为荒漠化防治。

通讯作者:孙保平,男,教授,博士生导师,

E-mail:sunbp2008@sina.com

土壤侵蚀潜在危险度的估算有两种方法:一是根据受蚀土壤扣除临界土层的有效土层厚度与年平均侵蚀深度的比值,估算出该土壤表层所能承受侵蚀的年限;另一种主要以侵蚀因子权重评分法进行分级。前者比较简单、可操作性强、可信度高;后者则比较复杂,可操作性差,且主观性较大^[4]。

在我国水土保持研究与应用中,通常用土壤侵蚀强度单项指标描述区域的土壤侵蚀状况。然而土壤侵蚀的强度并不能完全反映土壤侵蚀造成的危害程度,还应考虑土壤厚度、土壤可蚀性等因素。因此在关心土壤侵蚀强度的同时不能忽略土壤侵蚀造成的危害程度,应对土壤侵蚀的危害程度进行评价^[5]。近年来,国内关于土壤侵蚀潜在危险度的研究也越来越受到关注,许多学者做了大量的有关土壤侵蚀危险度的研究。孙希华、史志华、郭志名等人对土壤侵蚀潜在危险度分级方法、不同侵蚀背景条件下土壤侵蚀潜在危险度空间分布特征等方面进行了系统研究,取得了许多卓越的成果^[6-8]。黄土高原是世界上水土流失最为严重的地区,研究者们对该区的土壤侵蚀强度和侵蚀过程进行了深入的研究^[9],但针对土壤侵蚀潜在危险度的研究甚少。为此,本试验以甘肃省定西市安定区为研究对象,采用抗蚀年限法对该区土壤侵蚀潜在危险度评价进行了分析,期望对以后水土保持规划和可持续发展具有指导意义。

1 土壤侵蚀潜在危险度的计算方法

1.1 土壤侵蚀量的估算

通用土壤流失方程由 Wischemier 和 Smith 提出,为提高各因子计算的准确性和通用性,美国农业部又提出了修正方程。模型是在对大量实地观测数据进行统计分析基础上提出的,本研究采用这一模型,其数学表达式为^[10]:

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

式中:A 为单位面积上年平均土壤流失量;R 为降雨侵蚀力因子;K 为土壤可蚀性因子;L 为坡长因子;S 为坡度因子;C 为植被覆盖和管理因子;P 为土壤保持措施因子。

1.2 土壤抗蚀年限的估算

土壤抗蚀年限是受侵蚀土壤除去临界土层的有效土层厚度与年均土壤侵蚀深度的比值,临界土层是指农林牧业中植被种植所需的土层厚度的最低限值,一般按照种草所需最小土层厚度 10 cm 为临界土层厚度^[11]。其计算公式为:

$$Ye=10^4 \cdot (H-10) \cdot D/A \quad (2)$$

式中:Ye 为土壤抗蚀年限;H 为有效土层厚度;10 为临界土层厚度;D 为土壤容重;A 为年侵蚀模数;10⁴ 为单位换算系数。

1.3 土壤侵蚀潜在危险度分级

根据水利部部颁标准(表 1)^[12],土壤侵蚀潜在危险度分为 5 级,即无险型、轻险型、危险型、极险型和毁坏型。

表 1 土壤侵蚀潜在危险度分级标准

级别	类型	临界土层抗蚀年限(a)	面积
	无险型	>1000	M1
	轻险型	100~1000	M2
	危险型	20~100	M3
	极险型	<20	M4
	毁坏型	裸岩、明沙、土层不足 10 cm	M5

1.4 土壤侵蚀潜在危险指数

土壤侵蚀潜在危险指数是为了评价某一地区或地类土壤侵蚀潜在危险性的高低,采用该地区或地类土壤侵蚀潜在危险度不同等级面积的加权法对其进行综合评价^[13]。其计算方法为:

$$SEPDI=(M1+2M2+3M3+6M4+9M5)/\quad (3)$$

$$(M1+M2+M3+M4+M5)$$

式中:M1 为无险型面积;M2 为轻险型面积;M3 为危险型面积;M4 为极险型面积;M5 为毁坏型面积。SEPDI 值为 1~9,值越大表明该区域或地类土壤侵蚀潜在危险度越大。

2 基于 GIS 的土壤侵蚀潜在危险度分级研究实例

2.1 研究区概况

定西市安定区位于甘肃省中部,定西市西北部,地处中国黄土高原最西部,地理位置为东经 104°12'48"~105°01'06",北纬 35°17'54"~36°02'40"。面积 3 638.7 km²,属中温带干旱半干旱区,年均降水量 425.1 mm,且多集中在 7、8、9 三个月份,降雨量占年降雨量的 50%以上,而蒸发量却高达 1 526 mm,冬春季多西北风,夏秋季多东南风。区内河流平均年输沙量为 2 058 万 t,占全市河流年输沙总量的 17.6%,区内主要以结构松散的黄绵土为主,地表植被覆盖率较低,是全国水土流失最严重的地区之一。

2.2 土壤侵蚀潜在危险性评价结果

实验区的土壤侵蚀量采用本人在该区已有的研究成果^[10]。利用 GIS 软件,生成研究区内的土壤容重和土层厚度矢量图层。再按照表 1 标准,用运行像元统计模块可获得各级面积分布(表 2)。

表 2 不同等级土壤潜在危险度统计

级别	类型	面积(km ²)	百分比(%)
	无险型	2 271.08	62.3
	轻险型	1 287.27	35.31
	危险型	82.15	2.25
	极险型	3.31	0.09
	毁坏型	1.65	0.05

通过表 2 可看出,研究区的土壤侵蚀潜在危险性比较小,以无险型和轻险型为主,二者占总面积的 97.61%,区域的 SEPDI 值是 1.41,这是因为黄土高原地区虽然土壤侵蚀较为严重,但土层深厚,一般厚度在 50~80 m,最深厚度可达 150~180 m,因此,土壤遭到侵蚀后带来的危害程度较低。但在研究区内部分地方存在少量严重侵蚀的荒地、沙地以及裸岩地区,它们是该区土壤侵蚀潜在危险度较大区域。因此,区域治理的重点应在这些区域。

表 3 不同土地利用类型土壤侵蚀潜在危险分布特征

土地利用类型	无险型(km ²)	轻险型(km ²)	危险型(km ²)	极险型(km ²)	毁坏型(km ²)	SEPDI
林地	724.61	390.52	20.83	0.29	0.00	1.38
耕地	460.40	256.49	18.24	2.34	0.23	1.42
草地	382.71	377.30	27.80	0.30	0.00	1.55
水域	22.85	12.44	0.72	0.00	0.00	1.39
城乡、工矿、居民用地	168.20	84.67	5.31	0.24	0.00	1.37
未利用土地	278.56	167.39	9.17	0.13	1.42	1.43

从表 3 可以看出,林地、水域和城乡、工矿、居民用地 SEPDI 值较小,说明这些土地利用地土壤侵蚀潜在危险度较小,它们在 4~5 级中都没有分布,主要是因为这几种利用方式的地表坡度较小或者植被覆盖度较大。土壤侵蚀危险度最大的是草地,其 SEPDI 值为 1.55,这是因为黄土高原地区风蚀强烈,草地地表缺乏林地和高大灌丛的保护,土壤侵蚀严重,同时易导致土壤沙化。因此应该加强草地周围的防风林的建设。未利用土地潜在危险度次之,SEPDI 为 1.43。从表 3 中可以看到,大部分毁坏型土地都集中在未利用地中,这是因为未利用地中含有部分沙地、侵蚀严重的荒地和裸岩地,导致土壤侵蚀潜在危险度较大;该地区应加强保护,严格控制人为水土流失。耕地 SEPDI 值也较大,为 1.42,在 5 级中均有分布,这是因为耕地在非作物生长季节缺乏植被的保护,易遭受风力侵蚀;同时

3 土壤侵蚀潜在危险度与其侵蚀背景的空间分析

为了深入探讨土壤侵蚀危险度的空间分布规律,说明土壤侵蚀与其背景的空间关系,利用 GIS 的空间叠加功能,分析了不同土地利用类型、不同坡度、不同坡向以及不同侵蚀强度背景条件下的土壤侵蚀危险度状况。

3.1 不同土地利用类型土壤侵蚀潜在危险分布特征

本文土地利用类型图是采用 2007 年 8 月份 TM 影像的解译结果,利用 GIS 软件,将土地利用类型图与土壤侵蚀潜在危险度图进行图层叠加,得到不同土地利用类型的土壤侵蚀危险度状况(表 3)。

坡耕地和梯田面积较大,导致坡面水土流失较为严重,因此应该加强该地区农业用地的水土保持综合治理,大力实施坡改梯和退耕还林等措施。

3.2 不同坡度等级的土壤侵蚀潜在危险分布特征

利用地面分辨率为 30 m×30 m DEM 数据生成坡度图,利用 GIS 软件将坡度分为 0~3°、3~5°、5~8°、8~15°、15~25°、>25°六个等级,并将生成的坡度分级图与土壤侵蚀潜在危险度图进行图层叠加,得到不同坡度的土壤侵蚀危险度(表 4)。通过表 4 可以看出,随着坡度增大各坡度等级上的 SEPDI 值也是逐渐增大的,SEPDI 与坡度呈正相关关系。在 0~15°区域基本为无险型和轻险型,土壤侵蚀强度和危险度都较小;>15°区域土壤侵蚀危险度较高,出现极险型和毁坏型,主要是因为该区域存在部分坡耕地、荒地和裸岩地。

表 4 不同坡度土壤侵蚀潜在危险分布特征

坡度	无险型(km ²)	轻险型(km ²)	危险型(km ²)	极险型(km ²)	毁坏型(km ²)	SEPDI
0~3°	179.73	54.60	2.19	0.00	0.00	1.25
3~5°	157.77	72.33	3.58	0.00	0.00	1.34
5~8°	284.87	156.79	9.01	0.00	0.00	1.39
8~15°	909.27	548.43	34.97	0.00	0.00	1.41
15~25°	645.59	396.63	27.12	2.32	1.65	1.44
>25°	91.36	56.29	9.99	0.98	0.00	1.51

3.3 不同坡向土壤侵蚀潜在危险分布特征

利用地面分辨率为 30 m×30 m DEM 数据生

成坡向图,然后按方位角将坡向分成 8 个坡向,得到不同坡向等级的土壤侵蚀危险度(表 5)。

表 5 不同坡向土壤侵蚀潜在危险分布特征

坡向	无险型(km ²)	轻险型(km ²)	危险型(km ²)	极险型(km ²)	毁坏型(km ²)	SEPMI
平面	3.86	0.64	0.02	0.00	0.00	1.15
北	270.81	149.90	8.53	0.00	0.00	1.39
东北	342.70	190.68	10.46	0.00	0.00	1.39
东	356.65	204.88	10.65	0.00	0.00	1.40
东南	246.93	135.55	10.09	0.00	0.00	1.40
南	185.66	102.24	9.36	0.52	0.00	1.42
西南	224.66	127.84	16.87	1.60	0.97	1.48
西	323.93	190.64	15.95	1.19	0.68	1.44
西北	309.36	181.67	9.92	0.00	0.00	1.40

通过表 5 可以发现,阳坡的土壤侵蚀潜在危险度要高于阴坡。南坡、东南坡和西南坡的 SEPDI 值依次为 1.42、1.40 和 1.48,而北坡、西北坡和东北坡的 SEPDI 值分别为 1.39、1.40 和 1.39;这主要是因为阳坡和阴坡的土壤侵蚀潜在危险度的差异与热量及水分的分异作用有关。山地丘陵区阴坡光照不足,蒸发量较小,土壤较为潮湿,植被也较好,而阳坡光照充分,蒸发量较大,土壤较干燥;往往导致阳坡的植被稀疏,土层较为浅薄,从而使其土壤侵蚀潜在危险度往往大于阴坡。

从表 5 同时可以看出,西坡土壤侵蚀潜在危险度要明显高于东坡,西坡、西南坡和西北坡的 SEPDI 值依次为 1.44、1.48 和 1.40,而东坡、东南

坡和东北坡的 SEPDI 值依次为 1.40、1.40 和 1.39;这是因为安定区在春冬两季以盛行西风和西北风为主,且风速较大,而此时地表植被稀薄,土壤侵蚀强烈,导致西坡的土层厚度要低于东坡。由于热量、水分和风向的共同影响,导致实验区的西南坡的土壤潜在危险度最高。

3.4 各级侵蚀强度级别的土壤侵蚀潜在危险分布特征

将定西市安定区土壤侵蚀等级图与土壤侵蚀潜在危险度进行叠加,得到不同等级侵蚀强度上的土壤侵蚀潜在危险度分布情况。通过表 6 可以看出,随着侵蚀强度级别的增大,SEPDI 值呈明显增大趋势,同时可以看出极险型和毁坏型都在极

表 6 不同侵蚀强度土壤侵蚀潜在危险分布特征

侵蚀强度	无险型(km ²)	轻险型(km ²)	危险型(km ²)	极险型(km ²)	毁坏型(km ²)	SEPMI
无明显侵蚀	1 736.76	344.67	26.64	0.00	0.00	1.19
轻度侵蚀	251.60	298.07	3.92	0.00	0.00	1.55
中度侵蚀	119.34	279.91	3.73	0.00	0.00	1.71
重度侵蚀	84.81	212.65	2.40	0.00	0.00	1.73
极强度侵蚀	67.59	146.73	24.96	1.17	0.57	1.86
剧烈侵蚀	10.97	5.23	20.49	2.13	1.08	2.64

强度侵蚀和剧烈侵蚀区域,说明侵蚀剧烈地区一般也是土壤侵蚀潜在危险度最严重的区域。

4 结 论

(1)本文采用土壤抗蚀年限法计算土壤侵蚀潜在危险度,利用已有的气象、土壤、遥感和地形图资料,借助于地理信息系统的采集、管理、分析和输出多种功能,计算土壤侵蚀量和土壤的抗蚀年限,并对定西市安定区土壤侵蚀潜在危险度进行了分级。借助 GIS 的空间分析功能和遥感快速获取数据的能力,全面综合地考虑土壤侵蚀的各种影响因素,快速有效地进行各种计算和分析,人为主观性影响较小,计算结果精确,空间分布规律明显,科学合理,对水土保持具有较强的现实指导意义。

(2)土壤侵蚀潜在危险度作为评价土壤侵蚀的重要指标,一定程度上可以说土壤侵蚀潜在危险度越大,发生土壤侵蚀的可能性也就越大。从整体上来看,安定区的 SEPDI 值为 1.41,土壤侵蚀潜在危险度属中度危险区域。从不同侵蚀背景的土壤侵蚀潜在危险度来看,土壤侵蚀危险度高的地区主要集中在土地利用为耕地、草地和未利用地区,坡度较大的区域,坡向为西坡和南坡的区域,土壤侵蚀强度剧烈的区域。上述地区应该成为今后水土保持工作重点考虑的地区。

参考文献:

- [1] 李秀霞,韩鹏,倪晋仁.黄河流域上中游地区土壤侵蚀潜在危险度及抗侵蚀潜力特征[J].水利学报,2009,40(3):303-309.
- [2] 杜佐华,严国安.三峡库区水土保持与生态环境改善[J].长江流域资源与环境,1999,8(3):299-304.
- [3] 向万胜,梁称福.三峡库区坡耕地利用与水土保持种植制[J].长

江流域资源与环境,1998,7(3):255-259.

- [4] 史志华,蔡崇法,蔡强国,等. GIS支持下土壤侵蚀潜在危险度的分级研究[J]. 长江流域资源与环境,2002,11(2):190-193.
- [5] 熊亚兰,张科利,宁茂岐. 贵州省土壤侵蚀危险度评价[J]. 贵州农业科学,2011,39(3):122-124.
- [6] 孙希华,闫业超. 济南市土壤侵蚀潜在危险度分级及侵蚀背景的空间分析[J]. 水土保持研究,2003,10(4):80-83.
- [7] 史志华,蔡崇法,蔡强国,等. GIS支持下土壤侵蚀潜在危险度的分级研究[J]. 长江流域资源与环境,2002,11(2):190-193.
- [8] 郭志民,陈志伟,陈永宝. 应用GIS方法对土壤侵蚀潜在危险性进行评价及其时空分布特征研究[J]. 福建水土保持,1999,11(4):40-45.
- [9] 陈学史,常庆瑞,赵业婷. 陕西富县土壤侵蚀潜在危险度评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(8):171-177.
- [10] 冯 磊,孙保平,李锦荣,等. GIS方法和USLE模型在退耕还林区土壤侵蚀动态变化评价中的运用——以甘肃定西市安定区为例[J]. 湖南农业科学,2011(11):82-85,89.
- [11] 韩富伟,张 柏,宋开山,等. 长春市土壤侵蚀潜在危险度分级及侵蚀背景的空间分析[J]. 水土保持学报,2007,21(1):39-43.
- [12] 土壤侵蚀分类分级标准 SL190-2007(SL190-20)[S].
- [13] 闵 婕,杨 华,赵纯勇. GIS支持下的土壤侵蚀潜在危险度分级方法研究及应用[J]. 水土保持通报,2005,25(4):61-64.

(上接第11页)DNA进行PCR扩增检测,其中14株幼苗检测呈现阳性(图2),据PCR结果,该体系的转化率达12.73%。

3 讨 论

本实验以玉米的茎尖分生组织为受体进行遗传转化,用农杆菌介导法将SAG₁₂基因成功转入玉米自交系郑58中,获得了14株转基因植株。以玉米茎尖为遗传转化受体,不需经过组织培养过程,为玉米的遗传转化拓宽了受体材料的类型。与传统的幼胚及其胚性愈伤组织为受体遗传转化体系相比,此方法具有简便、快速、工作效率高、实验周期短、取材不受季节限制等优点。

本实验中发现,自交系郑58的发芽率非常高,但在剥离胚芽鞘及幼叶获得玉米茎尖的过程中,有很多幼苗可能由于受到伤害较大而死亡,116株获得110株转化苗。110株转化苗经过300 mg/L除草剂筛选后获得21株抗性植株,抗性苗频率为19.1%。经过PCR分子检测后,其中14株表现为阳性,抗性植株的阳性率高达66.7%,这说明300 mg/L除草剂可以作为郑58的筛选浓度。该体系的整体转化率达到12.73%。另外,本文通过在侵染过程中采用真空压力和添加表面活性剂Silweet的方法促进农杆菌在玉米细胞上的吸附性,这些措施大大提高了转化效率。

参考文献:

- [1] 袁 英,李启云,刘德璞,等. 农杆菌介导的玉米遗传转化影响因子的研究[J]. 分子植物育种,2006,4(2):228-232.
- [2] Gould J H, et al. transformation of Zea mays using Agrobacterium tumefaciens and the shoot apex [J]. Plant Physiol, 1991(95): 426-434.
- [3] Ishida Y, Saito H, Ohta S, et al. High efficiency transformation of Zea mays mediated by Agrobacterium tumefaciens[J]. Nature Biotechnology, 1996(14): 745-750.
- [4] 攻 建,杨 芳. 单子叶植物表达载体的构建及农杆菌介导的玉米遗传转化的研究[J]. 生物技术,2007,17(3):2-5.
- [5] 吕素莲,尹小燕,张举仁,等. 农杆菌介导的棉花茎尖遗传转化及转betA植株的产生[J]. 高技术通讯,2004(11):20-25.
- [6] 梁欣欣,张举仁,等. 农杆菌介导法向小麦茎尖导入DREB1A基因的研究初报 [J]. 麦类作物学报,2007,27(1):16-19.
- [7] Roland B. Transient gene expression in Vegetative shoot apical meristem of wheat after ballistic microtargeting [J]. Plant J, 1993(4): 735-744.
- [8] Rios G, Ferrando A, Serrano R. Mechanisms of salt tolerance conferred by over expression of the SAG12 gene in Saccharomyces cerevisiae[J]. Yeast, 1997(13): 515-528.
- [9] Yang S X, Zhao X Y, Zhang Q, et al. HAL1 mediate salt adaptation in Arabidopsis thaliana [J]. Cell Res., 2001, 11(2): 142-148.
- [10] 田吉林,杨玉爱,何玉科. 转SAG₁₂基因番茄的耐盐性[J]. 植物生理与分子生物学学报,2003,29(5):409-414.
- [11] 王关林,方宏筠. 植物基因工程原理与技术[M]. 北京:科学出版社,1998.