

共和盆地塔拉滩土壤侵蚀潜在危险度评价

郭丽霞^{1,2}, 沙占江^{1,2,3}, 陶炳德^{1,2}, 郭丽红⁴, 张娟⁵

(1. 青海师范大学 生命与地理科学学院, 西宁 810008;

2. 青藏高原环境与资源教育部重点实验室, 西宁 810008; 3. 中国科学院 青海盐湖研究所,

西宁 810008; 4. 江西省基础地理信息中心, 南昌 330000; 5. 青海盐湖工业股份有限公司, 青海 格尔木 816000)

摘 要:以青藏高原东北部的共和盆地塔拉滩草原为研究对象,采用地球化学放射性同位素——¹³⁷Cs 侵蚀模型来进行土壤侵蚀量的估算;通过野外调查以及土壤资料获得土壤容重和有效土层厚度;在 ArcGIS 9.3 下,由土壤年均侵蚀量、土层厚度和土壤容重得到抗蚀年限图。根据土壤侵蚀的特点参照水利部标准对土壤侵蚀潜在危险度进行分级,研究表明:共和盆地塔拉滩的土壤侵蚀潜在危险度以轻险型为主,面积为 1 692.98 km²,占塔拉滩总面积的 61.64%,从土壤侵蚀潜在危险指数(SEPDI)来看,为 2.42,属于轻度危险区域。

关键词:土壤侵蚀潜在危险度;分级;¹³⁷Cs; GIS; 共和盆地塔拉滩

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)02-0015-04

Assessment on the Degrees of Soil Erosion Potential Risk in Tala Shoal of Gong-he Basin

GUO Li-xia^{1,2}, SHA Zhan-jiang^{1,2,3}, TAO Bing-de^{1,2}, GUO Li-hong⁴, ZHANG Juan⁵

(1. College of Life and Geography Science, Qinghai Normal University,

Xi'ning 810008, China; 2. Key Laboratory of Environment and Resources in Tibetan Plateau,

Ministry of Education, Xi'ning 810008, China; 3. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy
of Sciences, Xi'ning 810008, China; 4. The Basic Geographic Information Center of Jiangxi Province,

Nanchang 330000, China; 5. Salt Lake of Qinghai Magnesium Industry Limited Company, Golmud, Qinghai 816000, China)

Abstract:Tracer technique of geochemical radioisotopes ¹³⁷Cs was used to estimate the rate of soil erosion in the northeastern Tibetan Plateau, Tala shoal grassland of Gonghe Basin, field investigation and soil survey were adopted to establish the soil bulk density and soil thickness map. By average annual rate of soil erosion, soil bulk density and soil thickness, the years of soil loss by erosion was mapped, which was based on Arc-GIS 9.3. According to the characteristics of soil erosion and standard issued by ministry of water resources, degrees of potential risk of soil erosion have been classified in Tala shoal. The results showed that mild type of soil erosion dominated the main area in this region, the area was 1 692.98 km², accounting for 61.64% of the total area. For SEPRI, it was 2.42, belonging to a light risk zone.

Key words:soil erosion potential risk; gradation; ¹³⁷Cs; GIS; Tala Shoal of Gong-he Basin

土壤侵蚀是当今人类面临的一种最普遍、持续性最强的生态地质灾害,已经成为中国乃至全球的重大环境问题之一^[1]。目前,土壤侵蚀的研究大多集中在土壤侵蚀量的确定上,土壤侵蚀量虽反映了区域土壤的流失量,但无法反映侵蚀区土壤侵蚀的危险程度。部分地区的土壤侵蚀量虽然不大,但土壤侵蚀造成的

后果远大于那些土壤侵蚀量严重的地区。研究土壤侵蚀潜在危险度有利于分析研究区的土壤侵蚀演化机制,并对该区域的土壤侵蚀趋势进行预测,便于采取防治措施^[2]。土壤侵蚀潜在危险度的计算方法主要有两种:一是用土壤抗侵蚀年限表征,即受侵蚀土壤扣除临界土层的有效土层厚度与年平均侵蚀深度

收稿日期:2012-08-29

修回日期:2012-10-16

资助项目:国家自然科学基金项目(40961015);中国科学院“西部之光”项目;中国科学院“百人计划”项目;青海省科技厅应用基础研究项目(2012-Z-717)

作者简介:郭丽霞(1987—),女,山西昔阳人,硕士,主要研究方向为环境遥感与地理信息系统。E-mail:guolixia1015@163.com

通信作者:沙占江(1971—),男(回族),甘肃平凉人,教授,博士生导师,主要从事环境演化、环境遥感和 GIS 应用领域的研究。E-mail:sazhanjiang@sina.com

的比值,计算该土壤表层所能承受的侵蚀年限;另一种可通过主要侵蚀因子权重评分法进行潜在危险度的分级。比较而言,前者较为简单、直观,可信度高;后者则比较复杂,需考虑的因素较多,可操作性差,且主观任意性较大^[3]。因此,国内学者大多采用第一种方法计算抗侵蚀年限来评价一个区域的土壤侵蚀潜在危险度。如郭志民和陈志伟^[4]研究了福建省的土壤侵蚀潜在危险性,孙希华和闫业超^[5]对济南市的土壤侵蚀潜在危险度分级进行了研究。位于青海省东北部的共和盆地土地沙化严重,盆地内的塔拉滩是一典型的风蚀区域,本文选取共和盆地塔拉滩为研究对象,对其土壤侵蚀潜在危险度进行评价研究。

1 研究区概况

共和盆地地处青藏高原东北部,中间被黄河自西南向东北切割成一个外泄盆地,盆地内的塔拉滩,位于 35°45′—36°20′N,100°00′—101°00′E,海拔 2 600~3 300 m,面积约 2 750 km²,年均气温 0.86℃,年降水量 280 mm,蒸发量 1 620 mm,属高原温带半干旱草原气候。整个塔拉滩内除了周边山地和下切河谷外,地形平坦,略呈波状起伏。区内土地沙漠化普遍发生,长期以来形成了流动、半流动、半固定、固定沙丘和大小草地并存的草原型沙漠(或沙地)。地表植被覆盖度低,生态环境脆弱,植被以短花针茅(*Stipa breviflora* griseb)、异针茅(*Stipa aliena* keng)等草本植物为主,盖度一般介于 10%~90%之间。研究区内干旱少雨且多风,地表径流少,是典型的风蚀区域^[6]。

2 土壤侵蚀潜在危险度的计算方法

土壤侵蚀潜在危险度是指生态系统失衡后出现的土壤侵蚀危险程度^[7]。土壤侵蚀潜在危险度首先可用于评估、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;其次,也可以表示侵蚀区以当前侵蚀速率发展,该土壤层所能承受的侵蚀年限(即抗蚀年限),以评估和预测侵蚀破坏土壤和土地资源的严重性^[8]。因此土壤侵蚀潜在危险度的评估与预测,不仅对保护土地资源及环境系统,同时对土地经营、农业开发及经济建设都具有重要的指导意义^[9-10]。

2.1 土壤侵蚀量的估算

研究区位于青海省共和盆地塔拉滩,区域晴朗少云的气象条件适合于进行遥感探测,以体现遥感在区域土壤侵蚀调查研究中的优势,但其对土壤侵蚀量的估算不够准确。而基于同位素——¹³⁷Cs 的示踪技术在区域土壤侵蚀定量研究中取得了众多成果,且能较为客观准确地计算土壤侵蚀量,其表达式为:

$$CPR=(CPI-k\cdot CRI)\times 100/(k\cdot CRI)\quad (1)$$

式中:CPR——样点与背景值相比的¹³⁷Cs 面积浓度的变化率(%);CRI——¹³⁷Cs 背景值面积活度(Bq/m²);CPI——样点的¹³⁷Cs 面积活度(Bq/m²);k——由风雪及植被引起的¹³⁷Cs 背景值损失系数,一般 k 取 0.95。

$$E=-CPR\cdot Bd\cdot DI\times 10^4/T\quad (2)$$

式中:E——样点土壤侵蚀强度[t/(km²·a)];Bd——样点土壤容重(g/cm³);T——¹³⁷Cs 沉降高峰期(即 1963 年)与取样时间之间的年代差值,本研究中 T 为 48 a,DI(m)的取值为¹³⁷Cs 含量为零以上的土层厚度^[11]。

为分析研究区土壤侵蚀潜在危险度,依据土壤侵蚀科研成果和相关试验观测数据,应用 GPS 卫星定位系统进行野外定位,开展土壤剖面调查,共采集了 18 个样点,采集的土壤样品经过自然阴干,剔除大颗粒及草根,用研钵研磨后过筛(孔径 2.0 mm)。取粒径<2 mm 部分进行¹³⁷Cs 含量测试(¹³⁷Cs 主要以吸附形式附着在细颗粒的黏土矿物表面,粗颗粒的¹³⁷Cs 吸附能力极低甚至可以忽略不计,故测试时一般仅取较细的成分)。按照标准样及密封盒的大小,用游标卡尺固定样品高度,称取约 80 g 左右的土进行测试。容重样需在 80℃的烘干箱中,烘 5~6 h 至恒重后,进行土壤容重计算。研究区各样点的土壤容重及土壤侵蚀速率见表 1。

表 1 研究区各样点的土壤容重及土壤侵蚀速率

采样点	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	¹³⁷ Cs 活度/ (Bq·m ⁻²)	侵蚀模数/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)
TL001	1.37	1244.78	892.58
TL002	1.24	989.52	1259.19
TL003	1.36	1326.00	784.68
TL004	1.25	795.00	1598.99
TL005	1.34	755.76	1577.38
TL006	1.66	821.70	1286.12
TL007	1.48	1523.23	580.13
TL008	1.67	1042.08	1025.05
TL009	1.19	2081.31	153.87
TL010	1.49	1832.70	220.28
TL011	1.52	1896.96	280.22
TL012	1.62	2703.96	-1688.72
TL013	1.72	2198.16	75.17
TL014	1.57	2929.62	-2394.40
TL015	1.15	2121.75	126.56
TL016	1.30	2028.00	189.84
TL017	1.22	1822.68	344.55
TL018	1.56	1291.68	786.74

2.2 有效土层厚度的获取

土层厚度广义的概念是指可以生长植物的土壤厚度,它与植物根系的伸展和土壤贮水量密切相关;其

狭义的概念是指尚未风化的母质上面的残积或坡积的碎屑松散物质的有效土层厚度。一般是指 A+B 层或 A+部分 C 层、A+P 层。土层厚度是评价土地资源的重要因素,也是进行土壤侵蚀分析的重要指标^[12]。

青藏高原土壤的水平规律表现为由东往西随干旱程度逐渐加剧,其主要成土因素之一的植被由温带半干旱草原逐渐向温带半荒漠及荒漠过度,土壤普遍表现为薄层性、粗骨性,B 层发育不明显,相对年龄亦较年轻。研究区地处青藏高原东北部,属温带半干旱草原地区,灰钙土、栗钙土是该区域的地带性土壤。通过野外调查及详细查阅土壤普查报告和青海土壤等有关资料可知,栗钙土疏松、质地均匀、土壤厚度一般在 20~45 cm 之间,暗黑栗钙土则可达 60 cm 左右;由于生物气候等条件的影响,灰钙土有机质积累少,土层厚度在 15~45 cm 之间。在小范围内土层厚度相对来说是固定的,研究区内的土层厚度在 50 cm 左右^[13]。

2.3 抗蚀年限的估算

抗蚀年限是表征土壤侵蚀强度的重要指标,是指大于临界土层的有效土层厚度与年均侵蚀深度的比值,即

$$Ye=10^4(H-10)D/A \tag{3}$$

式中:Ye——土壤抗蚀年限(a);H——土层厚度(cm);D——容重(g/m³);A——年侵蚀模数[t/(km²·a)];10⁴——单位换算系数。临界土层厚度是指农、林、牧业中林、草、作物种植所需土层厚度的低限值,这里我们按种草所需最小土层厚度 10 cm 为临界土层厚度,即式中 H 值取 10^[14]。研究区各样点的土壤抗侵蚀年限见表 2。

表 2 研究区各样点的土壤抗侵蚀年限

采样点	抗蚀年限/a
TL001	613.95
TL002	393.90
TL003	693.27
TL004	312.69
TL005	339.80
TL006	516.28
TL007	1020.46
TL008	651.67
TL009	3093.52
TL010	2705.64
TL011	2169.72
TL012	−383.72
TL013	9152.58
TL014	−262.27
TL015	3634.63
TL016	2739.14
TL017	1416.34
TL018	793.14

根据研究区的实际情况,结合水利部颁布的标准,将土壤侵蚀潜在危险度分为五级,即无危险型、轻险型、危险型、极危险型和毁坏型。分级标准如表 3 所示。

表 3 土壤侵蚀潜在危险度分级标准

级别	所属类型	抗蚀年限/a
I	无危险型	>1000
II	轻险型	100~1000
III	危险型	20~100
IV	极危险型	<20
V	毁坏型	裸岩、明砂、土层不足 10 cm

3 土壤侵蚀潜在危险度空间分析

由公式(3)在 ArcGIS Spatial Analyst 模块下利用 Interpolate to Raster 中的 spline 根据边界插值,可得到研究区土壤抗蚀年限图,再按照表 3 中的土壤侵蚀潜在危险度分级标准,将研究区土壤侵蚀潜在危险度分为五个等级,运行像元统计模块可获得各级面积分布,各等级的面积及所占百分比(表 4)。

表 4 土壤侵蚀潜在危险度分级

级别	类型	面积/km ²	百分比/%
I	无危险型	379.71	13.82
II	轻险型	1692.98	61.64
III	危险型	390.93	14.23
IV	极危险型	282.91	10.31
V	毁坏型	0	0

从计算结果来看,塔拉滩土壤侵蚀潜在危险度主要以轻险型为主,区域面积为 1 692.98 km²,占塔拉滩总面积的 61.64%,主要分布在研究区的西南部,自然植被属荒漠草原、干草原类型,以多年早生的豆科群落为主,植被盖度在 10%~90%之间,受人类活动影响较大,在不合理的人类活动干扰加强的情况下,加剧侵蚀的可能性较大。土壤侵蚀潜在危险度为无险型的区域面积为 379.71 km²,占研究区总面积的 13.82%。该区域内土层较厚,土壤侵蚀强度一般为微度侵蚀,因此,土壤侵蚀潜在危险度极小。

土壤侵蚀潜在危险度为危险型的区域面积为 390.93 km²,占塔拉滩总面积的 14.23%。受来自西北盛行风的影响,该区域土层厚度较薄,与轻险型区域相比,植被覆盖度也较低,植被以芨芨草为主。土壤侵蚀强度主要为中强度侵蚀,在人类活动的影响下极易加剧土壤侵蚀。区内有些地区则完全是一种堆积环境。

土壤侵蚀潜在危险度为极危险型的区域面积为 282.91 km²,占塔拉滩总面积的 10.31%。土层浅薄是这一地区的主要特征,植被盖度<5%,沙丘地面

积比例较大,基本上已无土可蚀,土壤侵蚀强度反而不高。

为了进一步评价该研究区的土壤侵蚀潜在危险度,引用土壤侵蚀潜在危险指数,根据该地区土壤侵蚀潜在危险度不同的等级面积加权法进行综合评价,其计算公式为:

$$\text{SEPDI} = (M_1 + 2M_2 + 3M_3 + 6M_4 + 9M_5) / (M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5) \quad (4)$$

式中:SEPDI——土壤侵蚀潜在危险指数; M_1 ——无险型面积; M_2 ——轻险型面积; M_3 ——危险型面积; M_4 ——极险型面积; M_5 ——毁坏型面积。SEPDI 值为 1~9,值越大表明该区域土壤侵蚀潜在危险度也越大。将表 4 数据相应代入公式(4)中,计算得 SEPDI 为 2.42。

4 结论

(1) 本文确立的土壤侵蚀潜在危险度分级方法,是以 ^{137}Cs 侵蚀模型为核心,利用已有的土壤调查和地形图等资料,借助地理信息系统(GIS)的采集、管理、分析和输出多种功能进行土壤侵蚀潜在危险度的划分。应用 GIS 对土壤侵蚀潜在危险度进行分级在方法上较为科学,避免了人为定级的主观性。此外,土壤侵蚀潜在危险度分级图的确定,能够反映该区域土壤的抗侵蚀力在自然状况下的空间分布格局,可以为研究区域土地的合理规划利用提供科学依据。

(2) 研究区土壤侵蚀潜在危险度以轻险型为主,面积为 1 692.98 km²,占塔拉滩总面积的 61.64%,从土壤侵蚀潜在危险指数(SEPDI)来看,为 2.42,属于轻度危险区域。确定侵蚀区与无险型区域的临界分值,也即确定轻险型分值的下限,是进行区域土壤侵蚀潜在危险度评价中的一个重要环节。一般认为,轻险型以上区域面积即为该区域具有潜在危险性侵蚀的面积,也即今后需要重点防治和治理的面积。

(3) 在我国水土保持研究中,通常用土壤侵蚀强度单一指标描述区域土壤侵蚀状况。然而,土壤侵蚀的研究不能仅限于分析侵蚀现状,在没有发生土壤侵蚀的区域,植被一旦遭到破坏,也会存在土壤表面被

侵蚀的可能性。因此,应该预测在无明显侵蚀区引起侵蚀和现状侵蚀区加剧侵蚀的可能性。研究区域共和盆地塔拉滩属于典型的风蚀环境,对这一地区的土壤侵蚀潜在危险性评价,能起到提前预防的作用,同时也可为侵蚀区土地的合理利用提供科学参考。

参考文献:

- [1] 牛银栓. 水土流失是生态环境恶化的祸根[J]. 甘肃环境研究与监测, 2001, 14(1): 54-59.
- [2] 林升钰, 查轩. 基于 GIS 的安溪县土壤侵蚀潜在危险度评价[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 61-63.
- [3] 韩富伟, 张栢, 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]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(12): 99-103.
- [4] 郭志明, 陈志伟. 应用 GIS 方法对土壤侵蚀潜在危险度进行评价及其时空分布特征研究[J]. 福建水土保持, 1999, 11(4): 17-22.
- [5] 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.
- [6] 沙占江, 马海州, 李玲琴, 等. 基于遥感和 ^{137}Cs 方法的半干旱草原区土壤侵蚀量估算[J]. 中国沙漠, 2009, 29(4): 589-594.
- [7] 中华人民共和国水利部标准. 土壤侵蚀分类分级标准(SL190—2007)[M]. 北京: 水利电力出版社, 2008: 8-12.
- [8] 黄鑫, 蔡强国, 陈浩, 等. 土壤侵蚀危险度评价方法研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 143-147.
- [9] 史志华, 蔡崇法. 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.
- [10] 傅伯杰, 陈顶利. 小流域土壤侵蚀危险评价研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(2): 16-19.
- [11] 王静慧, 沙占江, 马涛, 等. ^{137}Cs 法研究布哈河下游地区土壤侵蚀强度[J]. 地球环境学报, 2011, 2(5): 625-628.
- [12] 卢远, 华瑾, 周兴. 基于 GIS 的广西土壤侵蚀敏感性评价[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 98-100.
- [13] 毛志强, 罗梅健. 青海土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 150-178.
- [14] 万军, 蔡运龙, 路云阁, 等. 喀斯特地区土壤侵蚀风险评价: 以贵州省关岭布依族苗族自治县为例[J]. 水土保持研究, 2003, 10(3): 148-153.