

准噶尔盆地东部土壤风蚀敏感性分级及其区划研究

张婷婷^{1,2}, 曹月娥^{1,2}, 卢刚³, 杨建军^{1,2}, 吴芳芳^{1,2}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 教育部绿洲生态重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046;
3. 新疆维吾尔自治区水土保持生态环境监测总站, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要: 选取影响准东地区土壤风蚀的 4 个敏感性因子(风场强度、植被覆盖度、地形起伏度、土壤干燥度), 结合 GIS 空间分析技术, 将 4 个因子的敏感性划分为极敏感、高度敏感、中度敏感、低度敏感和不敏感 5 个等级, 利用层次分析法(AHP)确定敏感性因子权重, 最后确定准东地区土壤风蚀综合敏感性分级及其分布规律, 并对准东地区进行区划研究。结果表明: 准东地区土壤风蚀敏感性在空间分布上存在显著差异, 总体呈现为北高南低, 西高东低的分布态势; 极敏感区、高度敏感区、中度敏感区、低度敏感区和不敏感区分别占准东地区总面积的 15.27%、17.20%、22.66%、19.49% 和 25.38%。通过对准东地区土壤风蚀敏感性分级研究, 并提出其分区保护与建设措施, 以期为准东地区经济发展与环境保护提供科学参考。

关键词: 准东地区; 土壤风蚀; 敏感性; 区划
中图分类号: S157.1 **文献标志码:** A

Study on the sensitivity classification and regionalization of soil wind erosion in Zhundong Area

ZHANG Ting-ting^{1,2}, CAO Yue-e^{1,2}, LU Gang³, YANG Jian-jun^{1,2}, WU Fang-fang^{1,2}

(1. College of resource and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China;
2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi, Xinjiang 830046, China;
3. General Station of Soil and Water Conversation and Ecoenvironmental Monitoring of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang 830046, China)

Abstract: In this study, four sensitivity factors affecting the soil wind erosion of Zhundong area including wind energy intensity, vegetation coverage, relief degree of land surface and soil dryness were selected. Combining with GIS spatial analysis technique, the sensitivities of these factors were classified into five grades; extremely sensitive, highly sensitive, moderately sensitive, low sensitive and insensitive, and general analytic hierarchy process (AHP) was used to determine the sensitivity of the factor weight. Finally we determine Zhundong area comprehensive soil wind erosion sensitivity classification, distribution, and Zhundong area planning. The results showed that Zhundong area exist significant differences in the spatial distribution of soil wind erosion sensitivity, and the trend of wind erosion sensitivity in Zhundong area increased from east to west and from south to north; Extremely sensitive area, highly sensitive area, moderately sensitive area, low sensitive area and insensitive area occupied 15.27%, 17.20%, 22.66%, 17.20% and 25.38% of the total area, respectively. Some suggestions on the regional protection and construction were proposed. This study can provide a scientific reference for area economic development and environmental protection.

Keywords: Zhundong area; soil wind erosion; sensitivity; regionalization

土壤风蚀是风对地表土壤的侵蚀、搬运和堆积过程,是风与地表颗粒的相互作用过程,当风速超过颗粒的临界起动值时,地表颗粒就会离开地表进入空气中^[1-2]。风蚀是干旱、半干旱区突出的生态环境问题之一,严重的土壤风蚀不仅危害风蚀源区,带走大量的地表颗粒物质,也会造成土壤养分和有机物质的流失,引起土地的荒漠化,导致该区域整个生态系统生产力降低,区域生态环境服务功能下降,影响风蚀源区的生态环境和社会经济的可持续发展^[3-4]。因此,土壤风蚀问题越来越受到国际社会

收稿日期: 2016-07-02 修回日期: 2016-09-29
基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金(2014211A018)
作者简介: 张婷婷(1990—),女,新疆乌鲁木齐人,硕士,研究方向为干旱区土壤风蚀。E-mail: 497653407@qq.com。
通信作者: 曹月娥(1976—),女,新疆昌吉人,博士,副教授,从事国土整治与 3S 技术应用方面研究。E-mail: xjdcyee@sina.com。

的广泛关注,防控土壤风蚀成为荒漠化地区治理的主要任务^[5]。

土壤风蚀科学已经在风蚀动力学^[6-7]、风蚀影响因子^[8-11]、风蚀预报与评估模型^[12-17]以及风蚀防治技术^[18]等多个方面取得了长足进展。但是对于土壤风蚀敏感性分析的研究尚不多见。土壤风蚀敏感性分析是通过分析土壤风蚀相关影响因素,对一个地区的土壤风蚀敏感性以及未来风蚀发展的趋势进行评价,其意义在于反映一个地区土壤风蚀发生的可能性和发展程度。土壤风蚀敏感性分析的程序是:(1) 确定评价目标、内容、尺度和要求;(2) 准备需要的图件和资料;(3) 根据评价原则确定指标体系及分级标准;(4) 调查、测定数量指标的值;(5) 遥感信息判读 GIS 制图;(6) 数据库与结果分析。

准噶尔东部(简称“准东”)地区是指新疆准噶尔盆地东部从阜康市到木垒哈萨克自治县的一条狭长地带,东西长约 220 km,行政隶属于新疆昌吉州阜康市、吉木萨尔、奇台和木垒县。由于其境内煤炭资源丰富,近年来成为新疆煤炭产业的重点开发区域。准东地区气候极端干旱,风蚀极易发生,历来是新疆维吾尔自治区人民政府公告的水土流失重点治理区。因此开展准东地区的土壤风蚀研究,有助于了解新疆类似环境条件下开发建设项目的水土流失现状及影响,并可为新疆类似环境(吐鲁番-哈密地区露天煤矿)下开发建设水土流失治理项目提供科学依据。

本文拟选取准东地区土壤风蚀的 4 个敏感性影响因子(植被覆盖度、风场强度、地形起伏度、土壤干燥度),利用层次分析法(AHP)确定敏感性因子权重,结合 GIS 空间分析技术,对 4 个因子进行等级划分,最后明确准东地区土壤风蚀敏感性分级及其分布规律,以期为准东地区经济发展与环境保护提供科学参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于吉木萨尔县、奇台县、木垒县等北部荒漠区(43°30′~45°00′N, 88°10′~91°10′E),古尔班通古特沙漠东部,为卡拉麦里西南山前戈壁荒漠地带,属典型的极端干旱大陆气候。常年少雨,日照充足,热量丰富,昼夜温差大,春秋多风。平均气温 7.0℃,多年平均降水量 183.5 mm,多年平均蒸发量 2 042.3 mm。全年主导风向为西北风,一般风力 3~5 级,多年平均风速 2.0 m·s⁻¹,最大风速为 16 m·s⁻¹。土地利用类型以沙地、戈壁、裸土地和裸岩石

砾地为主。植被稀少,属于蒙古类型的灌木和半灌木荒漠,主要植被有盐生假木贼(*Anabasis salsa* (C. A. M.) Benth)、蛇麻黄(*Ephedra distachya* L.)、梭梭(*Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge)、琵琶柴(*Reaumuria songonica* (Pall) Maxim),常伴生少量猪毛菜(*Salsola collina* Pall.)、驼绒藜(*Ceratoides latens* (J. F. Gmel.) Reveal et Holmgren)、戈壁藜(*Iljinia regelii* (Bunge) Korov.)和霸王(*Sarcosygium xanthoxylon* Bunge)等植物,生长十分稀疏,覆盖度约为 3%~5%,土壤以风沙土和灰棕漠土为主。

1.2 研究方法

景观尺度下的土壤风蚀是多种要素共同作用的结果,其中决定其空间分布格局变化的主要环境因素包括植被、地形、风况、降水、土壤等^[19-21]。基于主导因素、综合性和科学性原则,以及数据的可获取性与易于量化原则,本文从土壤风蚀影响因子及风蚀动力学机制出发,结合侵蚀区域自然环境特征,选取了风场强度、植被覆盖度、地形起伏度、土壤干燥度 4 个敏感性因子。其中,风场强度是土壤风蚀的最直接动力来源,风速越大,风蚀能力越强,该因子决定着一个地区的侵蚀程度;植被是通过提高地表粗糙度、改善土壤结构稳定性从而增加土壤的抗风蚀性^[22];地势起伏是由于对气流的扰动,极大地影响着土壤风蚀的分布特征,在地势较为平坦的地区,风的侵蚀强度十分强烈,而在地形起伏较大的区域,风蚀强度小;土壤干燥度是受到区域降水量的影响,一般是以地区的水分收支与热量平衡的比值来表征。因此,选取上述 4 个因子作为评判准东地区土壤风蚀敏感性的标准。

(1) 敏感性评价标准

利用 GIS 空间分析方法,针对风场强度、植被覆盖度、地形起伏度、土壤干燥度等问题,分别得出敏感性分布图,并进行单因子风蚀敏感性评价。结合已有研究^[23-24]、《土壤侵蚀分类标准(SL190—2007)》以及该区实际情况,利用 ArcGIS 数据管理工具中的重分类,以表 1 为分类标准,考虑各因子与土壤风蚀之间的关系,将各因子的敏感性分为 5 级:极敏感、高度敏感、中度敏感、低度敏感和不敏感。

(2) 综合敏感性指数

单因子分析得出的土壤风蚀敏感性只能反映某一因子的作用,不能综合反映风蚀敏感性区域的变异。对上述 4 个因子分别赋值,计算综合敏感性指数:

$$SS_j = n \sqrt{\prod_{i=1}^n C_i} \quad (1)$$

式中, SS_j 为 j 空间单元风蚀敏感性指数; C_i 为 i 因素敏感性等级值; n 为因子数。利用 GIS 中的空间叠加分析功能,得到准东地区土壤风蚀综合敏感性空间分布图。

表 1 准东地区土壤风蚀敏感性影响因子及其分级
Table 1 Impact factors and grades of soil wind erosion sensitivity in Zhundong area

影响因子 Impact factor	土壤风蚀敏感性分级方案 Soil wind erosion sensitivity classification scheme				
	极敏感 Extremely sensitive	高度敏感 Highly sensitive	中度敏感 Moderately sensitive	低度敏感 Low sensitive	不敏感 Insensitive
风场强度 Wind energy intensity/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-3}$)	0.68 ~ 0.94	0.51 ~ 0.68	0.41 ~ 0.51	0.29 ~ 0.41	< 0.29
植被覆盖度 Vegetation coverage	< 0.08	0.08 ~ 0.15	0.15 ~ 0.33	0.31 ~ 0.56	0.56 ~ 0.92
地形起伏度 Relief degree of land surface /($\text{m} \cdot \text{km}^{-2}$)	< 14	14 ~ 26	26 ~ 43	43 ~ 69	69 ~ 223
土壤干燥度 Soil dryness	0.74 ~ 3.23	3.23 ~ 4.22	4.22 ~ 5.26	5.26 ~ 6.89	6.89 ~ 9.81

1.3 数据来源与处理

基本气象数据(气温、降水、风速)来自中国气象科学数据共享服务网(<http://data.cma.cn>)。植被指数 NDVI 数据来自于地理空间数据云网(<http://www.gscloud.cn>)。选取 2014 年 7—9 月获取的 Landsat 8/OLI 遥感影像,运用美国 Exelis Visual Information Solutions 公司出品的 ENVI 软件提取 NDVI;用于计算地形起伏度的 DEM 数据来自于地理空间数据云网站的 SRTM DEM(90 m)数据。

风场强度的算法采用美国农业部的土壤风力侵蚀方程 RWEQ 中的公式:

$$W = \frac{n}{500} \cdot \sum_{i=1}^n U_i \cdot (U_i - U_c)^2 \tag{2}$$

式中, W 为风能强度因子($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-3}$); U_i 为第 i 个气象站离地面 2 m 高处的风速($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$); U_c 是 2 m 高处的临界风速,一般设置为 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。根据准东地区内部及其周边地区 10 个气象站点 2008—2014 年的风速数据,采用反距离权重插值法获取区域 250 m 分辨率侵蚀性风能空间敏感性格局特征。

考虑到新疆植被生长最旺盛时期为 7—9 月,取 7—9 月的均值作为分析植被覆盖度年际变化的基础,研究了 2014 年 7—9 月 NDVI 最大值的空间分布。NDVI 值愈大表示地表植被生长愈旺盛,植被覆盖率越高。植被覆盖度可通过象元二分模型从 NDVI 指数转换获取^[25],其计算公式为:

$$f_v = \frac{NDVI - N_s}{N_v - N_s} \tag{3}$$

式中, f_v 为植被覆盖率; N_v 和 N_s 分别是茂密植被覆盖和完全裸土像元的 NDVI 值,通常 N_v 取 NDVI 最大值, N_s 取 NDVI 最小值。

地形起伏度是在 ArcGIS 9.3 平台下,以 250 m × 250 m 栅格为单元,在 90 m 精度的 DEM 中计算栅格内高差,获取地形起伏度栅格数字矩阵。

土壤干燥度的计算采用修正后的谢良尼诺夫模型:

$$D = 0.16 \cdot \sum T > 10^\circ\text{C} / P \tag{4}$$

式中, D 为土壤干燥度; P 为年降水量; $T > 10^\circ\text{C}$ 为年大于 10°C 的积温,当 $D \geq 2.0$ 为干旱区, $1.5 < D < 2.0$ 属于半干旱区。利用准东地区及其周边地区 10 个气象站点 2008—2014 年年降水量 P 值和 $T > 10^\circ\text{C}$ 积温值计算土壤干燥度,采用反距离加权插值法获取研究区 250 m × 250 m 为单位的土壤干燥度空间敏感性格局。

2 结果与讨论

2.1 因子敏感性

2.1.1 风场强度 研究区多年平均风速为 $2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,在 ArcGIS 平台下通过空间插值得出风场强度的分布(图 2)。由表 2 可以看出,风场强度极敏感区面积占研究区面积的 15.70%,集中在研究区西北部,该区风场强度较大;高度敏感区占研究区面积的 42.50%,大面积分布在研究区中部以及东南方向;中度敏感区占研究区面积的 23.84%;低度敏感区和不敏感区总共占研究区面积的 17.96%,主要集中在准东地区南部,该区有大面积的农用地以及农村居民点。

表 2 风场强度敏感性
Table 2 Sensitivity of wind energy intensity

分级 Classification	面积/ km^2 Area	所占比例/% Proportion
极敏感 Extremely sensitive	3986.07	15.70
高度敏感 Highly sensitive	10790.33	42.50
中度敏感 Moderately sensitive	6052.74	23.84
低度敏感 Low sensitive	2452.58	9.66
不敏感 Insensitive	2107.29	8.30

2.1.2 植被覆盖度 在风蚀过程中,地表植被可通过覆盖部分地表面、分解风力以及阻挡输沙活动等多种途径形成对风蚀地表土壤的保护^[26]。同时,植物的原地残余物、植物的根及土壤有机质含量对土壤可蚀性的影响也非常重要^[27]。由于植被覆盖度与土壤风蚀呈负相关,因此植被盖度越高土壤风蚀敏感性越低^[28]。研究区地表植被稀疏,南部有农田,其余地区有部分旱生荒漠植被。由图 3、表 3 可以看出,其中极敏感和高度敏感区共占研究区面积的 81.92%,主要分布在中部及东部,该区呈戈壁景观,植被不发育;中度敏感、低度敏感和不敏感区域占研究区面积 18.08%,主要分布在研究区南部,是农田及人口密集区。

表 3 植被覆盖度敏感性

Table 3 Sensitivity of the vegetation coverage

分级 Classification	面积/km ² Area	所占比例/% Proportion
极敏感 Extremely sensitive	10902.04	42.94
高度敏感 Highly sensitive	11704.33	46.10
中度敏感 Moderately sensitive	1825.47	7.19
低度敏感 Low sensitive	515.40	2.03
不敏感 Insensitive	441.77	1.74

2.1.3 地形起伏度 土壤风蚀与地形有较强关联,研究表明地势起伏通过对气流的扰动极大地影响着土壤风蚀的分布特征。在地势平坦的地区,风的侵蚀强度非常强烈,而在地形崎岖的区域,侵蚀强度小。准东地区地势总趋势呈北高南低的缓倾斜坡,地貌形态多为平原戈壁。由图 4、表 4 可以看出,研究区极敏感和高度敏感区占研究区面积的89.04%,该区主要分布在研究区南部、中部,且地势平坦,起伏不大;中度敏感区、低度敏感和不敏感区占研究区总面积的 10%左右,该区恐龙沟地势起伏较大,对土壤风蚀敏感性影响较低。

表 4 地形起伏度敏感性

Table 4 Sensitivity of relief degree of land surface

分级 Classification	面积/km ² Area	所占比例/% Proportion
极敏感 Extremely sensitive	14085.82	55.48
高度敏感 Highly sensitive	6712.85	26.44
中度敏感 Moderately sensitive	3173.63	12.50
低度敏感 Low sensitive	1152.66	4.54
不敏感 Insensitive	264.05	1.04

2.1.4 土壤干燥度 土壤干燥度与降水量、温度具有直接相关关系,降水量小、气温偏高,则土壤变得干燥,风易将粉尘物质带入空中发生风蚀。由图 5、表 5 可以看出,极敏感区占研究区面积的 23.98%;其中高度敏感区、中度敏感区和低度敏感区占比较高,占研究区面积的 70.02%,该区土壤类型主要是风沙土及棕漠土,土壤表层干燥易蚀;不敏感区占研究区总面积的 6.00%。

表 5 土壤干燥度敏感性

Table 5 Sensitivity of the soil dryness

分级 Classification	面积/km ² Area	所占比例/% Proportion
极敏感 Extremely sensitive	6088.28	23.98
高度敏感 Highly sensitive	5159.04	20.32
中度敏感 Moderately sensitive	9442.17	37.19
低度敏感 Low sensitive	3176.16	12.51
不敏感 Insensitive	1523.34	6.00

2.2 土壤风蚀综合敏感性

2.2.1 敏感因子权重的确定 使用 AHP 方法,两两比较单因子对土壤风蚀的重要性,对各敏感性因子按照 7 分制进行打分,强烈重要赋值 7,强烈不重要赋值 1/7,明显重要赋值 5,明显不重要赋值 1/5,稍重要赋值 3,稍不重要赋值 1/3,同等重要赋值 1。统计多个专家的打分结果,取众数分值,得到 4 × 4 判断矩阵。将矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} = 4.24$ 和 $n = 4$ 代入一致性检验公式, $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 得到 $CI = 0.082$,4 阶矩阵在理论上的平均随机一致性指标 $RI = 0.90$,判断矩阵的随机一致性比, $CR = CI / RI = 0.082 / 0.90 = 0.091 < 0.10$,故认为判断矩阵具有令人满意的一致性。再求出最大特征根对应的特征向量,归一化处理后得到单因子的重要性权重值 $W = [0.6158, 0.1462, 0.0918, 0.1462]$ 。

2.2.2 综合敏感性分析 根据各个因子的土壤风蚀敏感性空间分布数据,按照式(1)计算综合风蚀敏感性指数(表 6)。将利用 AHP 方法得到的各个因子的权重值在 ArcGIS 中进行叠加处理,即[风场强度] × 0.6158 + [植被覆盖度] × 0.1462 + [地形起伏度] × 0.0918 + [土壤干燥度] × 0.1462,得到综合性土壤风蚀敏感性的分值在 4.15 ~ 27.23,对综合风蚀敏感性图进行重新分类,得出 5 个敏感等级的分值分别为:极敏感 27.23、高度敏感 21.46、中度敏感 15.69、低度敏感 9.92、不敏感 4.15。最终得出准东地区土壤风蚀敏感性空间分布图(图 6)。

表 6 准东地区土壤风蚀综合敏感性分级

Table 6 Grades of comprehensive sensitivity of soil wind erosion in Zhundong area

分级 Classification	极敏感 Extremely sensitive	高度敏感 Highly sensitive	中度敏感 Moderately sensitive	低度敏感 Low sensitive	不敏感 Insensitive
面积 Area/km ²	3876.90	4366.91	5753.15	4948.32	6443.73
所占比例 Proportion/%	15.27	17.20	22.66	19.49	25.38

研究区风蚀敏感性程度总体偏高,大致呈现为“北高南低,西高东低”的分布态势,这与该地区的气候和地理分布相吻合。极敏感和高度敏感区面积为 8 243.81 km²,占研究区总面积的 31.47%,主要在准东地区东北部,该地区分布着古尔班通古特沙漠,地表干燥,植被覆盖率低,风场强度也较高,使得土壤风蚀敏感性极高;中度敏感区占研究区总面积的 22.66%,面积为 5 753.15 km²,主要是准东地区中部大面积的荒草地,地形起伏度较小,植被覆盖度在 20%左右;低度敏感区占研究区总面积的 19.49%,面积为 4 948.32 km²,主要集中在研究区中部及东部,紧邻中度敏感区;不敏感区占研究区总面积的 25.38%,面积为 6 443.73 km²,主要为研究区南部,虽然地形起伏度不高,但是由于该区土地利用类型多为耕地,植被覆盖度较高,能够高效阻挡风力侵蚀。

2.3 分区方案及保护措施

2.3.1 分区方案 根据以上土壤风蚀敏感性分级结果,遵循土壤风蚀敏感性程度的相似性和差异性原则,将准东地区分为 4 个大区,详见图 7 及表 7。

准东地区包含 5 大矿区,预测资源量 3 900 亿 t,占全疆储量(2.19 万亿 t)的 17.8%。矿区开采过程中造成的粉尘、裸露土壤和地面堆土在大风的作用下,以及矿区及周边土壤环境的破坏对土壤风蚀造

成极大的影响,大大制约了绿洲农业的可持续发展。根据准东地区土壤风蚀敏感性分区及五大矿区分布图(表 7 和图 7),五大矿区主要分布在Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区,自西向东分别为五彩湾矿区、大井矿区、将军庙矿区、西黑山矿区、老君庙矿区,总面积为 8 541.68 km²,占研究区总面积的 33.64%。

2.3.2 保护措施 根据区划结果,应当针对各区域的具体情况和特点,分别采取相应的、有所差别的沙漠化防治对策。Ⅰ区主要是极敏感和高度敏感的集中区,该区干旱少雨,大风频繁,风沙活动强烈,时有沙尘暴发生,防沙、治沙工作是该区的重点,应选择抗旱、根系发达的树种及草种进行治理,迅速增加地表覆盖,固定土壤,尽量减少人为干扰,恢复自然植被;Ⅱ区主要是中度敏感区,宜采取封沙育林育草和轮牧、休牧措施进一步加强自然植被保护力度,对局部破坏严重区域可采取人工辅助措施加以恢复或改善;Ⅲ区主要包括不同程度的土壤风蚀敏感性区,该区敏感性较强的区域是由于开发建设项目(如煤矿、化工园区等)的干扰,应实行客土换填、植被恢复、改进施工技术等措施,该区敏感性较弱的区域,应改变传统的对草地掠夺式的畜牧业经营方式,合理利用土地资源;Ⅳ区主要是不敏感区,位于研究区南部,根据该区土地利用类型,应实行农田保护措施,种植防护林,对沙化程度较高的土地实行保育种植,减少沙化土地的裸露面积。

表 7 准东地区土壤风蚀敏感性区划及各分区特点

Table 7 Regionalization of soil wind erosion sensitivity and each partition characteristics in Zhundong area

分区 Partition	面积 Area/km ²	主要特征 Main characteristics
Ⅰ区Ⅰ area	6846.85	包括极敏感区和高度敏感区,风场强度较高,地表干燥且沙地面积较大,植被覆盖率低,土壤环境破坏较为严重。 Including extremely sensitive area and highly sensitive area, with high wind intensity, dry surface and large sand area, low vegetation coverage, and serious soil environmental damage.
Ⅱ区Ⅱ area	3435.12	包括中度敏感区,地形起伏度较小,植被覆盖度在 20%左右,该区由于矿区的开发,地表受到较大破坏。 Including the moderately sensitive area, the relief of the terrain is small, the vegetation coverage is around 20%, the area is greatly damaged due to the development of the mining area.
Ⅲ区Ⅲ area	8859.00	包括不同程度的土壤风蚀敏感性,主要是低度敏感区,北部地形起伏度相对较大,地表裸露面积也较大,土质疏松。 The soil erosion sensitivity of different degrees is mainly the low sensitive area, the northern terrain has relatively large fluctuation degree, the surface area is larger and the soil is loose.
Ⅳ区Ⅳ area	6248.03	包括不敏感区,植被状况较好,降雨量相对充沛,土壤风蚀危害程度小。 Including the insensitive area, the vegetation condition is better, the rainfall is relatively abundant, the soil wind erosion is less harmful.

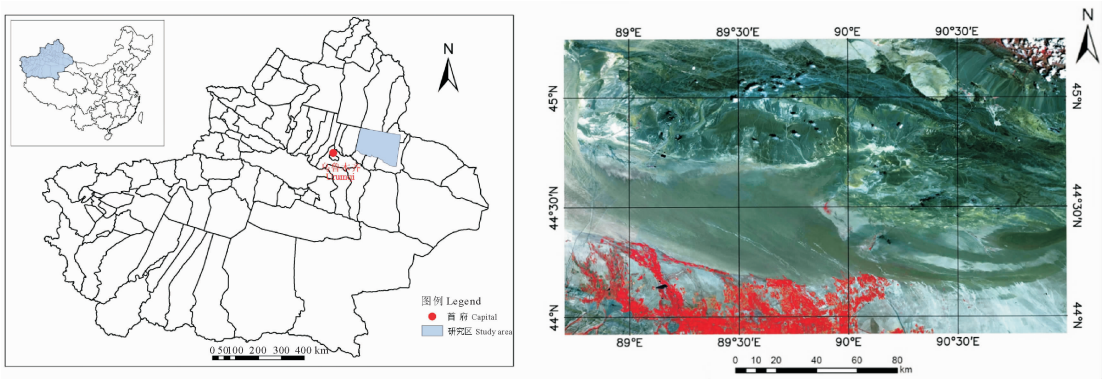


图 1 研究区方位及遥感影像

Fig.1 Location and remote sensing of study area

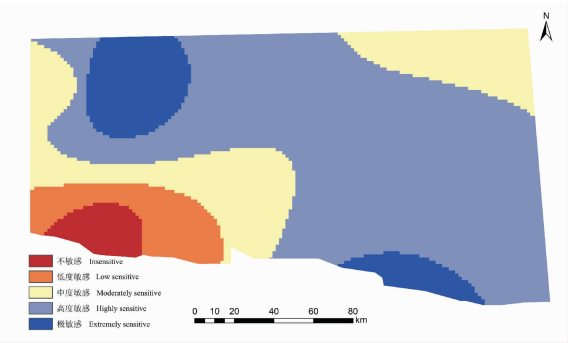


图 2 风场强度敏感性空间分布

Fig.2 Spatial distribution of sensitivity of the wind energy intensity

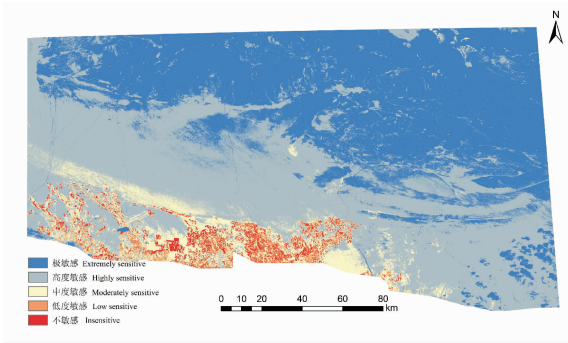


图 3 植被覆盖度敏感性空间分布

Fig.3 Spatial distribution of sensitivity of the vegetation coverage

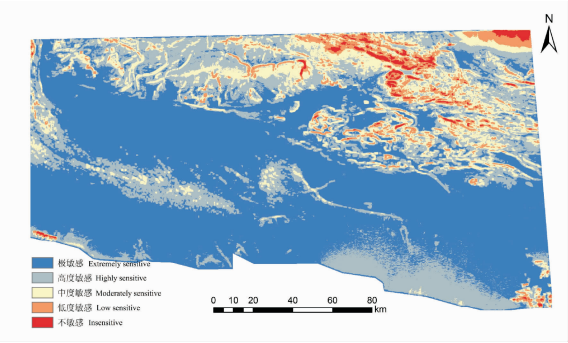


图 4 地形起伏度敏感性空间分布

Fig.4 Spatial distribution of sensitivity of relif degree of land surface

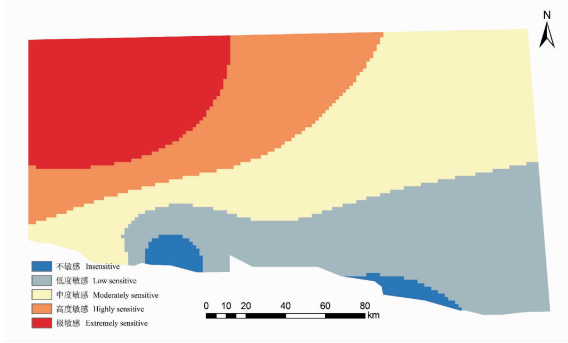


图 5 土壤干燥度敏感性空间分布

Fig.5 Spatial distribution of sensitivity of the soil dryness degree

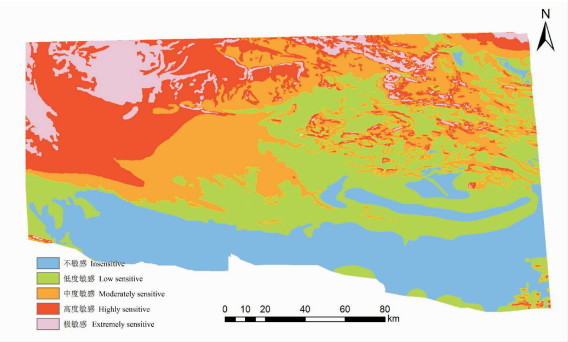


图 6 准东地区土壤风蚀综合敏感性空间分布

Fig.6 Spatial distribution of comprehensive sensitivity of soil wind erosion in Zhundong area

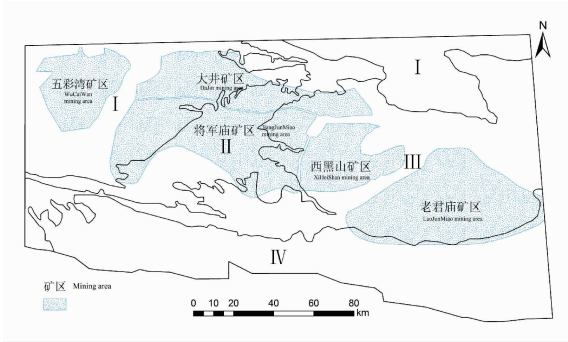


图 7 准东地区土壤风蚀敏感性区划及五大矿区分布

Fig.7 Regionalization of soil wind erosion sensitivity and distribution of five mining area in Zhundong area

3 结 论

本研究以准东地区为例,选取 4 个有代表性的土壤风蚀敏感因子,在 GIS 空间分析技术的支持下,依据 AHP 方法构建土壤风蚀敏感性指标体系,计算出准东地区极敏感、高度敏感、中度敏感、低度敏感、不敏感区占研究区总面积的比例分别为 15.27%、17.20%、22.66%、19.49% 和 25.38%。根据准东地区土壤风蚀综合敏感性分级及其分布规律,遵循土壤风蚀敏感性程度的相似性和差异性原则,将研究区分为 4 个大区,并提出分区保护措施。

本研究尚存在一些不足,首先所选取的影响因子如风场强度、地形起伏度、土壤干燥度三项因子所需的原始数据考虑了多年的平均状况,而植被覆盖度数据是由 2014 年获取的遥感影像提取,时间尺度上没有进行统一。其次,在因子选取上过多考虑了获取性原则,不够全面。在今后研究中,应将这几项因子按照不同的季节(春、夏、秋、冬)来考虑,研究它们在不同时段、植被状况、风速和降水情况下的土壤风蚀状况,从而全面反映土壤风蚀敏感性。

参 考 文 献:

[1] 张正 偲,董治宝.土壤风蚀对表层土壤粒度特征的影响[J].干旱区资源与环境,2012,26(12):86-89.

[2] Zou X Y, Zhang C L, Cheng H, et al. Cogitation on developing a dynamic model of soil wind erosion[J]. Science China Earth Sciences, 2015,58(3):462-473.

[3] 刘 红.基于风蚀模型的河北省土壤风蚀评价[D].河北师范大学,2015.

[4] Fu C F, Zhao J B, Mei F M, et al. Vertical distribution of soil moisture and surface sandy soil wind erosion for different types of sand dune on the southeastern margin of the Mu Us Sandy Land, China[J]. Sciences in Cold and Arid Regions, 2015,7(6):675-686.

[5] 廖超英,李 靖,郑粉莉,等.国外土壤风蚀预报的研究历史与动向[J].水土保持研究,2004,11(4):50-53.

[6] 邹学勇,张春来,程 宏,等.土壤风蚀模型中的影响因子分类与表达[J].地球科学进展,2014,29(8):875-889.

[7] Zamani S, Mahmoodabadi M. Effect of particle-size distribution on wind erosion rate and soil erodibility[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2013,59(12):1743-1753.

[8] 何 清,杨兴华,艾力·买买提明,等.塔中地区土壤风蚀的影响因子分析[J].干旱区地理,2010,33(4):502-508.

[9] 邹春霞,申向东,李春娥.土壤风蚀影响因子分布规律研究的最大熵方法[J].农业环境科学学报,2007,26(6):2095-2098.

[10] Iturri L A, Avecilla F, Hevia G G, et al. Comparing adjacent cultivated and “virgin” soils in wind erosion affected environments can

lead to errors in measuring soil degradation[J]. Geoderma, 2016, (264):42-53.

[11] He Q, Yang X H, Mamtimin A. Impact factors of soil wind erosion in the center of Taklimakan Desert[J]. Journal of Arid Land, 2011, 3(1):9-14.

[12] Riksen M J P M, Visser S M. Predicting the effect of tilling practices on wind erosion activity: application of the Wind Erosion Prediction System in a sand drift area in The Netherlands[J]. Earth Surf. Process. Landforms, 2010,33(12):1864-1874.

[13] 蒙仲举,高 永,王淮亮,等.基于土壤粒度和大风日数的风蚀风险预报[J].农业工程学报,2015,31(6):186-192.

[14] 任志远,刘焱序.西北地区植被保持土壤效应评估[J].资源科学,2013,35(3):610-617.

[15] Zhou Y, Guo B, Wang S X, et al. An estimation method of soil wind erosion in Inner Mongolia of China based on geographic information system and remote sensing[J]. Journal of Arid Land, 2015,7(3):304-317.

[16] Afrasiab P, Delbari M. Assessing the risk of soil vulnerability to wind erosion through conditional simulation of soil water content in Sistan plain, Iran[J]. Environmental Earth Sciences, 2013,70(6):2895-2905.

[17] Chen L, Han T T, Li T, et al. Estimation of the effect derived from wind erosion of soil and dust emission in Tianjin suburbs on the central district based on WEPS model[J]. Huanjing Kexue, 2012, 33(7):2197-2203.

[18] 马月存,陈源泉,隋 鹏,等.土壤风蚀影响因子与防治技术[J].生态学杂志,2006,25(11):1390-1394.

[19] 景国臣,李英杰,刘艳辉,等.黑龙江省土壤风蚀研究现状与方向[J].中国水土保持,2014,(9):37-40.

[20] Afrasiab P, Delbari M. Assessing the risk of soil vulnerability to wind erosion through conditional simulation of soil water content in Sistan plain, Iran[J]. Environmental Earth Sciences, 2013,70(6):2895-2905.

[21] Négyesi G, Lóki J, Buró B, et al. The potential wind erosion map of an area covered by sandy and loamy soils based on wind tunnel measurements[J]. Zeitschrift für Geomorphologie, 2015,58(1):59-77.

[22] 陈 智,麻硕士,赵永来,等.保护性耕作农田地表风沙流特性[J].农业工程学报,2010,26(1):118-122.

[23] 阿力木江·牙生,蓝 利,程红梅,等.新疆沙漠化防治区划及分区防治技术与模式[J].干旱区地理,2010,33(3):353-362.

[24] 杨光华,包安明,陈 曦,等.基于 RBFN 模型的新疆土壤风蚀危险度评价[J].中国沙漠,2010,30(5):1137-1145.

[25] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):153-159.

[26] 黄富祥,王明星,王跃思.植被覆盖对风蚀地表保护作用研究的某些新进展[J].植物生态学报,2002,26(5):627-633.

[27] 何文清,高旺盛,妥德宝,等.北方农牧交错带土壤风蚀沙化影响因子的风洞试验研究[J].水土保持学报,2004,18(3):1-4.

[28] 周尧治,王 旭,杨桂霞,等.不同利用方式对草甸草原抗风蚀能力的影响[J].环境科学,2008,29(5):1394-1399.