

新疆艾比湖地区不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性评价

王 宏^{1,2},塔西甫拉提·特依拜^{1,2},谢 霞^{1,2},樊亚辉^{1,2},张 飞^{1,2},买买提·沙吾提^{1,2}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

摘 要:本文选择生态环境脆弱的艾比湖地区为研究对象,以2007年Landsat TM影像资料为基础,采用SVM分类方法,进行土地利用类型分类和土壤盐渍化分类。在ArcGIS下计算不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数,通过盐渍化敏感性指数与各土地利用类型面积的比重建立了区域土壤盐渍化敏感度模型,利用克里格插值法得出区域土壤盐渍化敏感性程度的空间分布图,使研究区土壤盐渍化敏感性指数面状化、连续化、可视化。结果表明:①研究区不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数大小依次为:未利用地>城乡建设用地>水域>草地>林地>耕地。②极度敏感区域主要分布在艾比湖西北方向的沼泽地带及艾比湖湿地自然保护区部分区域;高度敏感区域主要分布在艾比湖湖周及东北方向的裸地和东南方向靠近湖的木特塔尔沙漠外围,这些区域大部分是未利用地,植被覆盖率极低;中度敏感区域主要分布在湖面、绿洲与荒漠的过度地带以及绿洲内部的未利用地,多以较低植被覆盖的草地和未利用地为主;轻度敏感区域主要分布于湖心外围、绿洲与湖滨过渡带,是土壤盐渍化敏感区域和不敏感区域的过渡地带;研究区其余地区均为不敏感区域,分布面积最广,主要分布在艾比湖西侧以耕地为主的绿洲内部。

关 键 词:土壤盐渍化敏感性;SVM;克里格插值;艾比湖地区;新疆

1 引言

土壤盐渍化不但造成了资源的破坏、农业生产的巨大损失,还对生物圈和生态环境构成威胁^[1]。因此,在今后相当长的时期内,盐渍化将受人类活动直接或间接的影响。许多学者对于土壤的盐渍化研究主要集中在盐渍化土壤的生态环境效应、土壤盐分积累及运移模型、生态地质环境及水化学环境、盐渍化土壤的改良等方面^[2-5]。艾比湖是准噶尔盆地西南缘最低洼地和水盐汇集中心,是新疆最大的咸水湖^[6-7]。研究区的土壤盐渍化是干旱蒸发和地下水、地表水相互作用的结果。因此开展区域土壤盐渍化敏感性研究,了解艾比湖地区土壤盐渍化敏感程度和空间分布,是进行艾比湖地区生态脆弱性研究的一个重要基础,对于合理开发利用土地资源,控制盐渍化的发生、发展,以及区域的可持续发展具有重要意义^[8]。

土壤盐渍化敏感性指自然状况和人为因素共同作用下土壤发生盐渍化的可能性大小。土壤盐

渍化是艾比湖地区生态退化的关键因素,盐渍化过程常常与荒漠化过程相伴生,同步发展,甚至相互促进相互转化。众多学者在区域生态系统敏感性、脆弱性方面研究较多^[9-15],而对土壤盐渍化敏感性的研究较少。通过对研究区土壤盐渍化敏感性研究,可以充分了解其空间分布格局,并且不同的土地利用方式会使土壤中物质的聚积作用发生改变,土壤中盐分分布也具有明显的聚积特点^[16-17]。

基于此,本文利用盐渍化敏感性指数与各土地利用类型面积的比重构造了区域土壤盐渍化敏感度模型,从而得到区域土壤盐渍化敏感性程度的空间分布图,使研究区土壤盐渍化敏感性指数面状化、连续化、可视化,为研究区土壤盐渍化治理及生态环境的保护提供直观的依据。

2 研究区概况

艾比湖流域位于新疆维吾尔自治区的西北部,准噶尔盆地西南方向,界于43°38'~45°52' N、79°

收稿日期:2010-07; 修订日期:2011-01.

基金项目:国家自然科学基金项目(40861020,40961025,40901163);新疆自然科学基金项目(200821128)。

作者简介:王宏(1985-),女,新疆昌吉市,硕士,主要从事干旱区资源环境与遥感应用研究。

E-mail: wanghong198569@sohu.com

通讯作者:塔西甫拉提·特依拜(1958-),男,维吾尔族,教授。E-mail: tash@xju.edu.cn

53'~85°02' E之间,地跨新疆维吾尔自治区博尔塔拉蒙古自治州、奎屯市和克拉玛依市的独山子区。本文选取位于艾比湖流域生态系统中的博乐和精河两个绿洲作为研究对象(图1),地处艾比湖中部偏西,位于44°22'~45°07' N,82°07'~83°55' E。艾比湖呈浅蝶状,具典型干旱区湖泊形态特征,它的西北部是著名的风口——阿拉山口。本区夏季降水稀少,冬季异常干燥寒冷,年平均气温6.6~7.8℃,多年平均降水量116.0~169.2 mm。受西风环流以及蒙古高压和西伯利亚冷空气的影响,艾比湖地区表现为典型的中温带干旱大陆气候,以干旱少雨、气温变化剧烈为特征。该区是一个典型干旱区内陆封闭绿洲子系统,是一个集湿地、水文、强气流和人类活动过程于一体的综合区域。

3 材料及方法

3.1 数据来源

根据研究需要,选取了遥感数据及相关地面资料,基本数据包括:①研究区2007年9月18日的TM影像(美国地质勘探局United States Geological Survey提供);②1:10万地形图及其矢量化数据(新疆维吾尔自治区测绘局提供);③土地利用图(新疆维吾尔自治区土地管理局提供);④研究区历年的气象、水文地质、土壤、人口、社会经济等统计资料(博尔塔拉蒙古自治州气象局及统计局提供);⑤野外考察资料与GPS点相对应的实地土地利用照片数据库等。

3.2 研究方法

3.2.1 SVM分类模型^[18-21]

20世纪90年代,Vapnik等提出了支持向量机方法,它是一种实现结构风险最小化准则的机器学习方法。支持向量机是从线性可分情况下的最优分类超平面(OHP, Optimal Hyperplane)提出的,其基本思想是通过非线性变换将输入空间变换到一个高维的特征空间,然后在这个新的高维特征空间中求取最优分类超平面,该分类超平面不但能够将所有训练样本正确分类,而且使训练样本中离分类面最近的点到分类面的距离最大,即分类间隔最大。

使用SVM(Support Vector Machine)模型对遥感图像进行分类时,首先要考虑SVM模型参数的设置,它包括核函数类型的选择以及核函数参数的选择。通过Vapnik等的研究得知,SVM的性能与



图1 研究区示意图

Fig.1 Map of the study area

所选用的核函数的类型关系并不大,而核函数的参数以及误差惩罚因子C是影响SVM性能最主要的因素。本文选择径向基(RBF, Radial Basis Function)函数作为核函数,它可将样本非线性地规划到更高维的空间中,从而解决类标签和属性间非线性的关系问题,且分类精度高于其它核函数^[22]。惩罚因子C和核参数γ的取值用LIBSVM-2.83软件提供的参数选择模型Grid.py来搜索。

3.2.2 土壤盐渍化敏感性指数

不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数的计算公式如下:

$$LS_i = \sum_{j=1}^n \frac{A_{ij}}{A_i} \cdot S_{ij} \tag{1}$$

式中:LS_i为i土地利用类型的土地盐渍化敏感性指数;A_{ij}表示i土地利用类型分布在j盐渍化敏感级上的面积;A_i为i土地利用类型总面积;S_{ij}为i土地利用类型相对于j盐渍化敏感级的权重;i为土地利用类型;j为土地盐渍化敏感级;n为土地利用类型总数。其中,不同敏感级的权重是根据土壤盐渍化敏感级别的划分先按1、3、5、7、9确定相对权重级别,之后按各级权重总和为1的原则进行计算,得到非盐渍地、轻度盐渍地、中度盐渍地、重度盐渍地和极重度盐渍地5个权重向量依次为0.04、0.12、0.2、0.28、0.36。

3.2.3 区域土壤盐渍化敏感度模型——RLSi

土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数只反映了不同土地利用类型的盐渍化敏感性特征,并不能从空间上反映整个区域的土壤盐渍化敏感性特征。为此,需要构建模型使基于不同土地利用类型

的土壤盐渍化敏感性指数空间化,从而建立起不同土地利用类型土壤盐渍化敏感性与区域综合土壤盐渍化敏感性之间的联系。本研究利用土地利用类型盐渍化敏感性指数与不同土地利用类型面积的比重构造了区域土壤盐渍化敏感度模型—— $RLSi$,它能够反映出区域土壤盐渍化敏感性程度的空间格局特征,计算公式如下:

$$RLSi = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{TA} \times LS_i \quad (2)$$

式中: $RLSi$ 为区域土壤盐渍化敏感度(式中的*i*未体现出来); A_i 为样地中土地利用类型*i*的面积; TA 为样地总面积; LS_i 为土地利用类型*i*的盐渍化敏感性指数。

3.2.4 空间分析方法

区域土壤盐渍化的敏感程度是土壤盐渍化敏感性指数的空间化,它可以反映研究区土壤盐渍化敏感程度的空间变化及其分布特征。本文利用覆盖整个研究区的网格进行系统采样,确定每个采样网格的大小为36 km²,以每个网格的区域综合盐渍化敏感指数的计算结果作为样地中心点的土壤盐渍化的敏感度。目前应用比较广泛的网格是正方形和六边形两种。正方形网格有它的局限性:从每个网格的中心到相邻网格的中心点距离不尽相等,沿线和列的方向上相同,但不同于对角线方向上的距离。于是产生了六边形网格:网格的中心点到6个方向上的相邻网格中心点的距离都相等^[23]。因此,本研究采用六边形网格对研究区影像图进行采样。在网格系统采样的基础上,运用ArcGIS 9.3地统计模块中的普通克里格法(Ordinary Kriging)对区域土壤盐渍化敏感性指数进行插值,使区域土壤盐渍化敏感性指数面状化、连续化,同时以栅格图形的方式使区域土壤盐渍化敏感性可视化。

4 结果与分析

4.1 遥感影像分类及面积统计

4.1.1 土地利用类型分类及分析

本文对影像进行几何精校正和辐射校正等预处理,以LIBSVM-2.83作为基础,通过实地调查并结合土地利用图,确定了6种土地利用类型:耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地和未利用地,选择SVM最佳参数*C*=8, γ =8的训练样本集进行分类,得到土地利用分类图(图2),分类图*Kappa*系数是

0.9050,符合分类精度的要求^[24]。各土地类型的面积统计见表1。

通过统计,研究区土地利用总面积为10927.25 km²。从图2和表1中可以看到,未利用地主要分布在绿洲和艾比湖外围(包括艾比湖周围的湿地沼泽、裸地、木特塔尔沙漠等),面积较大,为6185.25 km²,占有土地利用类型面积总和的56.6%,充分说明研究区生态环境较为脆弱。耕地主要分布在艾比湖西南方向的绿洲内(包括博乐市和精河县部分地区、达勒特镇、贝林哈日莫墩乡以及81、82、83、84、85、86、89、90团场),林地镶嵌在耕地内以及河流沿岸的地方和周边高山上(如艾比湖东北方向的甘家湖梭梭林国家自然保护区),草地主要分布于农田间、河岸旁以及绿洲和荒漠的交错带,这3类绿地的总面积为4072.05 km²,占研究区总面积的37.26%,绿地面积对生态环境的改良和蓄水能力起着举足轻重的作用。水域主要包括艾比湖、精河、博尔塔拉河等,总面积为600.95 km²,仅为未利用地面积的0.1倍,可以看出研究区水资源的短缺性和重要性。城乡建设用地包括城乡居民用地和工矿建设用地以及艾比湖周边的盐场,主要分布在绿洲内以及艾比湖东南角,其面积是68.86 km²,占总面积的0.63%。

4.1.2 盐渍地分类及分析

野外选取研究区80个采样点,采用GPS定位,同时根据原有土壤图、地形图和土地利用等差异进行布点,布点时兼顾了代表性和均匀性,使采样点尽可能遍及研究区主要的土地利用类型,以便进行

表 1 不同土地类型面积统计表
Tab.1 The statistical data of different types of land use

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
面积/km ²	2046.98	310.50	1714.66	600.95	68.90	6185.26
百分比/%	18.73	2.84	15.69	5.50	0.63	56.60

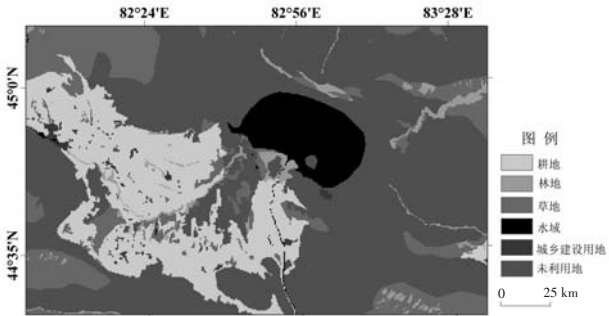


图2 2007年新疆艾比湖地区土地利用类型图
Fig.2 Land use types in Ebinur Lake of Xinjiang in 2007

统计分析。采集 0~10 cm 的表层土样带回试验室,自然风干、磨碎、过 1 mm 筛、将其配制成 1:5 的溶液进行含盐量的测定,样点土壤表层含盐量和其他指标统计如表 2。

根据样点的含盐量以及参照相关文献^[25]制定遥感图像盐渍化土壤信息提取方案如表 3 所示。按照分类标准将采样点数据划分到所在的类别,然后利用采样点的坐标将每一类样点输到遥感未分类的图像上,在以样点为中心的附近 3×3 像元范围内选择颜色、光谱曲线特征和植被指数相近的像元作为分类样本,通过样本集的训练,选择 SVM 最佳参数 $C=32$, $\gamma=8$ 训练样本进行分类(图 3)面积统计见表 4。盐渍地分类图的 $kappa$ 系数是 0.9024,符合分类精度的要求^[24]。

由于近年绿洲面积不断扩大,需水量持续增长,同时不合理的用水造成水资源浪费和紧缺,使得艾比湖湖面近几年持续干缩,造成艾比湖水盐运动发生变化,地下水位下降,土壤盐分增加。从图 3 和表 4 中可以看出极重度、重度、中度、轻度盐渍地主要分布于艾比湖周边的沼泽内,总面积是 1649.87 km²,占研究区总面积的 15.11%。其中极重度盐渍地主要分布于艾比湖西北方向上,呈片状分布,面积为 224.38 km²。重度和中度盐渍地主要分布在极重度盐渍地周围和艾比湖湖周,在绿洲内部分布少量的中度盐渍地,这两类盐渍地面积总和为 623.42 km²,是研究区总面积的 5.72%。轻度盐渍地主要分布在艾比湖湖区的东南部,其余分布于绿洲与湖边过渡地带,其面积是 802.07 km²。研究区其余部分均为非盐渍地,分布面积最广,为 9277.38 km²,非盐渍地是其余盐渍地类型面积总和 5.62 倍。

4.1.3 土地利用图和盐渍化分类图叠加与分析
在 ArcGIS 9.3 的栅格计算器(Raster Calculator)中,将土地利用图和盐渍化分类图叠加(图 4),利用 ArcGIS 9.3 中属性表的统计功能计算得到不同土地利用类型中各盐渍地分布的面积(表 5)。

通过表 5 可以看出不同土地利用类型中分布的各种类型盐渍地面积。其中未利用地上分布的极重度、重度、中度、轻度盐渍地的

表 2 野外实测样本含盐量统计

Tab.2 Salt content statistics of field samples

样品数	土地利用类型	最大值/(g/kg)	最小值/(g/kg)	均值/(g/kg)	均差	标准偏差
22	耕地	35.70	0.02	6.07	1.92	0.49
15	林地	22.40	0.01	3.70	1.56	0.58
18	草地	68.20	0.03	11.40	3.86	0.54
25	未利用地	324.00	0.01	18.50	12.83	0.46

表 3 研究区盐渍地类型含义及分类标准

Tab.3 The classification criteria of saline soil

类别	含 义
非盐渍地	表层土壤含盐量 0~20 g/kg
轻度盐渍地	表层土壤含盐量 20~40 g/kg, 植被总盖度约 8%~15%
中度盐渍地	表层土壤含盐量 40~80 g/kg, 植被总盖度约 1%~8%
重度盐渍地	表层土壤含盐量 80~280 g/kg, 植被总盖度约 0~1%
极重度盐渍地	表层土壤含盐量 ≥280 g/kg

注:植被总盖度为各样方盖度平均值。

表 4 盐渍地类型面积统计表

Tab.4 The statistical areas of different types of soil area

盐渍地类型	非盐渍地	轻度盐渍地	中度盐渍地	重度盐渍地	极重度盐渍地
面积/km ²	9277.38	802.07	370.52	252.90	224.38
百分比/%	84.90	7.34	3.39	2.31	2.05

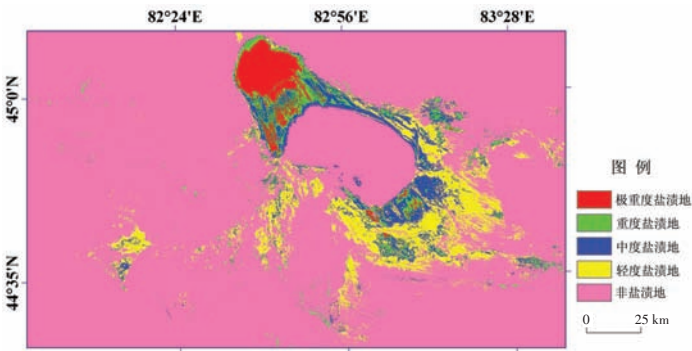


图 3 2007 年新疆艾比湖地区盐渍地分类图

Fig.3 The classification of saline soils in Ebinur Lake of Xinjiang in 2007

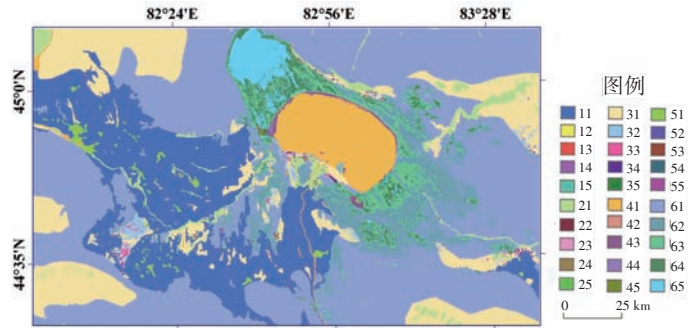


图 4 不同盐渍地类型在不同土地利用类型中的叠加

Fig.4 The overlay of saline soil classification map with land use classification map

注:图例中,个位数字 1~5 依次代表非盐渍地、轻度盐渍地、中度盐渍地、重度盐渍地、极重度盐渍地;十位数字 1~6 依次代表耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地、未利用地。

表 5 不同盐渍地类型在不同土地利用类型中的分布

	耕地		林地		草地		水域		城乡建设用地		未利用地	
	面积 /km ²	百分 比/%	面积 /km ²	百分 比/%	面积 /km ²	百分 比/%	面积 /km ²	百分 比/%	面积 /km ²	百分 比/%	面积 /km ²	百分 比/%
非盐渍地	2028.80	99.11	298.69	96.22	1605.81	93.65	553.12	92.04	62.96	91.43	4728.13	76.44
轻度盐渍地	9.51	0.46	6.22	2.00	83.20	4.85	4.20	0.70	0.00	0.00	698.94	11.30
中度盐渍地	1.77	0.09	3.40	1.10	16.96	0.99	29.79	4.96	0.00	0.00	318.62	5.15
重度盐渍地	7.07	0.35	2.14	0.69	8.82	0.51	9.77	1.63	2.18	3.17	222.92	3.60
极重度盐渍地	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	0.68	3.70	5.37	216.56	3.50

面积总和是 1457.02 km², 占未利用地的 23.56%。

沙漠、戈壁、极重度和重度盐渍地占城乡建设用地的 8.54%, 主要是艾比湖东南角分布的盐场(如巴彥塔拉盐场)。中度盐渍地主要分布于未利用地和艾比湖周围的沼泽地, 主要是湖面萎缩, 艾比湖最外围的湖水水位上升, 带动盐分上升。耕地中极重度、重度、中度、轻度盐渍地分布面积都较少, 占耕地面积的 0.90%。同理, 林地中的极重度、重度、中度、轻度盐渍地面积总和为 11.78 km², 占林地总面积的 3.79%。从统计表中明显看出除非盐渍地外, 草地中轻度盐渍地的面积最多, 主要分布在艾比湖与绿洲中间的过渡地带, 面积是 83.19 km², 占草地面积的 4.85%。

4.2 土壤盐渍化敏感性指数计算

结合统计出的不同土地利用类型中的各盐渍地分布的面积, 利用公式(1)计算得出不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数(表 6)。其中, 未利用地的敏感性指数最高为 0.0771, 从表 5 中的数据可以看出极重度、重度、中度、轻度 4 类盐渍地大部分分布在未利用地上。其次是城乡建设用地, 主要原因是艾比湖湖区东南角下有盐场分布。水域的盐渍化敏感性指数也较高, 艾比湖湖周多为中度盐渍地聚集区。而耕地、林地、草地的盐渍化敏感性指数均<0.5。

4.3 土壤盐渍化敏感性空间分布分析

将土壤盐渍化敏感性指数带入公式(2)计算得到区域土壤盐渍化敏感度, 运用 ArcGIS 9.3 中地统计模块中的普通克里格法(Ordinary Kriging)对区域土壤盐渍化敏感性指数进行空间插值, 通过 ArcGIS 9.3 空间分析模块中数据分级的自然分位法(Natural Breaks), 将研究区土壤盐渍地敏感性空间分布图划分为 5 个等级, 即不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感、极度敏感(图 5), 各等级相应的面积和百分比见表 7。

极度敏感区域主要分布在艾比湖西北方向的沼泽地带及艾比湖湿地自然保护区部分区域, 面积

表 6 不同土地利用类型盐渍化敏感性指数表

Tab.6 Soil salinization sensitivity index of different land use types

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
盐渍化敏感性指数	0.0413	0.0450	0.0467	0.0546	0.0644	0.0771

表 7 土壤盐渍化敏感性不同等级面积及比例统计表

Tab.7 Area and proportion of different soil salinization sensitivity grades

敏感度	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极度敏感
面积/km ²	4094.28	1738.71	1705.80	2021.42	1367.04
百分比/%	37.47	15.91	15.61	18.50	12.51

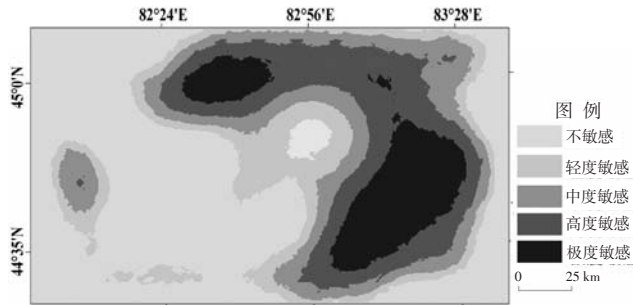


图 5 2007 年新疆艾比湖地区土壤盐渍化敏感性空间分布

Fig.5 Spatial distribution of soil salinization sensitivity in Ebir Lake of Xinjiang in 2007

为 1367.04 km², 占研究区总面积的 12.51%。由于近年来绿洲人口不断增加, 耕地面积逐年扩大, 大量用水造成湖周围地下水位升高, 加重地表盐分积累; 同时研究区干旱少雨, 地表蒸发强烈, 常会出现数厘米厚的盐结皮, 从而造成这些区域土壤盐渍化敏感度很高。高度敏感区域主要分布在艾比湖湖周及东北方向的裸地和东南方向靠近湖的木特塔尔沙漠外围, 面积为 2021.42 km², 占研究区总面积的 18.50%。这些区域大部分是未利用地, 植被覆盖率极低, 并且位于阿拉山口的下风向, 常年大风使得盐尘移动和积累, 造成这些区域土壤盐渍化敏感度较高。中度敏感区域和轻度敏感区域面积分别为 1705.80 km² 和 1738.71 km², 分别占研究区总面积的 15.61% 和 15.91%。中度敏感区域主要分布在湖面、绿洲与荒漠的过度地带以及绿洲内部的未利用地, 这些区域生态环境较为脆弱, 多为低植被覆

盖的草地和未利用地,具有一定的土壤盐渍化敏感性。轻度敏感区域主要分布于湖心外围、绿洲与湖滨的过渡带,这些区域大部分是中高植被覆盖的草地和林地,是土壤盐渍化敏感区域和不敏感区域的过渡地带。研究区其余地区均为不敏感区域,主要分布在艾比湖西侧以耕地为主的博乐市、达勒特镇、贝林哈日莫墩乡和精河县等组成的绿洲内部及研究区四周末利用的裸岩,分布面积最大,为4094.28 km²,是研究区总面积的37.47%。

5 结论

本文通过计算艾比湖地区不同土地利用类型土壤盐渍化敏感性指数,及最后得到土壤盐渍化敏感性空间分布图,对艾比湖地区不同土地利用类型土壤盐渍化敏感性及其研究区土壤盐渍化空间分布现状进行评价分析。结论如下:

(1) 研究区不同土地利用类型土壤盐渍化敏感性指数未利用地>城乡建设用地>水域>草地>林地>耕地,其中耕地、林地、草地的盐渍化敏感性指数<0.5,相反其余3类的盐渍化敏感性指数均>0.5。

(2) 极度敏感区域主要分布在艾比湖西北方向的沼泽地带及艾比湖湿地自然保护区部分区域;高度敏感区域主要分布在艾比湖湖周及东北方向的裸地和东南方向靠近湖的木特塔尔沙漠外围,这些区域大部分是未利用地,植被覆盖率极低;中度敏感区域主要分布在湖面、绿洲与荒漠的过度地带以及绿洲内部的未利用地,多为较低植被覆盖的草地和未利用地;轻度敏感区域主要分布于湖心外围、绿洲与湖滨的过渡带,是土壤盐渍化敏感区域和不敏感区域的过渡地带;研究区其余地区均为不敏感区域,面积分布最广,大部分分布在艾比湖西侧以耕地为主的绿洲内部。

(3) 艾比湖湖周及外围的盐渍化敏感区域要搞好水土保持建设,林草结合,全面的控制水土流失;大量的植树造林,改善未利用地;加强艾比湖湿地自然保护区防护林的建设,合理利用水资源,稳定湖水面积,加强环境保护;在干涸湖滨人工飞播盐生植物草籽,减轻大风对湖底的吹蚀作用。绿洲内的盐渍化敏感区域要科学灌溉和排水,增施有机肥,改善土壤的理化状态,防止次生盐渍化发生。

参考文献

- [1] 张飞,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等.干旱区土壤盐渍化及其对生态环境的损害评估:以新疆沙雅县为例.自然灾害学报,2009,18(4):55-62.
- [2] 马传明,靳孟贵.西北地区盐渍化土地开发中存在问题及防治对策.水文,2007,27(1):78-81.
- [3] 刘春卿,杨劲松,陈小兵,等.滴灌流量对土壤水盐运移及再分布的作用规律研究.土壤学报,2007,44(6):1016-1021.
- [4] 刘强,何岩,邓伟,等.变化环境中土壤盐渍化过程研究:以洮儿河中下游地区为例.干旱区资源与环境,2005,11(6):113-117.
- [5] 刘金荣,谢晓蓉,金自学,等.河西走廊干旱荒漠区盐碱化土地修复与调控研究:以黑河灌区为例.中国地质灾害与防治学报,2005,16(3):79-89.
- [6] 塔西买买提·阿布拉.新疆艾比湖湿地自然保护区建设及效益分析.干旱环境监测,2007,21(6):114-115.
- [7] 刘月兰.新疆艾比湖干缩的生态响应.资源调查与环境,2008,29(3):128-129.
- [8] 江红南,丁建丽,塔西甫拉提·特依拜,等.基于ETM+数据的干旱区盐渍化土壤信息提取研究.土壤学报,2008,45(2):222-228.
- [9] Chazal J D, Quetier F, Lavorel S. Including multiple differing stakeholder values into vulnerability assessments of socio-ecological systems. Global Environmental change, 2008, 18(3): 508-520.
- [10] 万忠成,王治江,董丽新,等.辽宁省生态系统敏感性评价.生态学报,2006,25(6):677-681.
- [11] Brandley M P, Smith E R. Using science to assess environmental vulnerabilities. Environmental Monitoring and Assessment, 2004, 94: 1-7.
- [12] 於琰,曹明奎,李克让.全球气候变化背景下生态系统的脆弱性评价.地理科学进展,2005,24(1):61-69.
- [13] 邱彭华,徐颂军,谢跟踪,等.基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析.生态学报,2007,27(4):1257-1264.
- [14] 王瑞燕,赵庚星,周伟,等.县域生态环境脆弱性评价及其动态分析:以黄河三角洲垦利县为例.生态学报,2009,29(7):3790-3799.
- [15] 李阳兵,邵景安,王世杰,等.岩溶生态系统脆弱性研究.地理科学进展,2006,25(5):2-9.
- [16] Sinha P C, Guliani P, Jena G K, et al. A breadth averaged numerical model for suspended sediment transport in Hooghly Estuary east coast of India. Natural Hazards, 2004, 32: 239-255.
- [17] Verchot L V, Davidson E A, Cattaneo J H, et al. Land-use change and biogeochemical controls of methane fluxes in

- soils of eastern Amazonia. *Ecosystems*, 2000, 3: 41-56.
- [18] Vapnik V N. The Nature of Statistical Learning Theory. 2 Edition, New York: Springer, 2000: 15-20.
- [19] Cortes C, Vapnik V N. Support Vector Networks. *Machine Learning*, 1995, 20: 273-297.
- [20] Vapnik V N. Statistical learning theory. New York: Wiley Publishers Science, 1998, 16: 60-68.
- [21] Muller K R. An Introduction to Kernel-Based Learning Algorithms. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2001, 12(2): 181-201.
- [22] Kerrthi S S, Lin C J. Asymptotic behaviors of support vector machines with gaussian kernel. *Neural Computation*, 2003, 15(7): 1667-1689.
- [23] 徐建华. 现代地理学中的数学方法. 北京: 高等教育出版社, 1996: 224-229.
- [24] Lucas I F, Frans J M, Wei V D. Accuracy assessment of satellite derived landcover data: A review. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1994, 60(4): 410-432.
- [25] 江红南, 丁建丽, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 基于ETM+数据的干旱区盐渍化土壤信息提取研究. *土壤学报*, 2008, 45(2): 222-228.

Assessment of Soil Salinization Sensitivity for Different Types of Land Use in the Ebinur Lake Region in Xinjiang

WANG Hong^{1,2}, TASHPOLAT Tiyp^{1,2}, XIE Xia^{1,2}, FAN Yahui^{1,2}, ZHANG Fei^{1,2}, MAMAT Sawut^{1,2}

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: This paper chose the Ebinur lake region as the study area, and used the Landsat TM remote sensing data in 2007 and support vector machine (SVM) to classify land use types and saline soils. Then, we used the ArcGIS to calculate sensitivity index of soil salinization and built the sensitivity model of regional soil salinization by using sensitivity index of soil salinization and proportion of different land use types. We also used the Ordinary Kriging to get a spatial distribution map of sensitivity degree of regional soil salinization. The following results are obtained. (1) The sensitivity index of soil salinization for different types of land use: unused land > urban and rural construction sites > water > grassland > forest land > farmland. (2) Extremely sensitive lands are mainly distributed in the northwest and the southeast of the Ebinur lake swampland and part of the Ebinur Lake Wetland Nature Reserve. Highly sensitive lands are distributed around the Ebinur Lake and the northeastern and southeastern parts of the desert near the edge of the Ebinur Lake, and most of these areas are unused with the extremely sparse vegetation cover. Moderately sensitive lands are mainly distributed in the Ebinur Lake surface, oasis - desert ecotone and unused areas land of the inner oasis with mostly sparse grasses and unused lands. Slightly sensitive lands are distributed near the lake center and the transitional zone between the oasis and the Ebinur Lake, which is a transitional zone between the soil salinization sensitive areas and non-sensitive areas. The rests of the study areas, which are mainly distributed on the west side of the inner oasis of the Ebinur Lake, are not sensitive in general.

Key words: soil salinization sensitivity; SVM; ordinary kriging; Ebinur Lake region; Xinjiang

本文引用格式:

王宏, 塔西甫拉提·特依拜, 谢霞, 等. 新疆艾比湖地区不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性评价. *地理科学进展*, 2011, 30 (5): 593-599.