

基于 RS/GIS 的博斯腾湖湖滨绿洲土壤盐渍化敏感性研究

李新国^{1,2}, 古丽克孜·吐拉克^{1,2}, 赖宁³

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室, 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆农业科学院 土壤肥料与农业节水研究所, 乌鲁木齐 830091)

摘 要:土壤盐渍化敏感性评价可以评估可能发生的土壤盐渍化的类型、范围和程度。以博斯腾湖湖滨绿洲为研究区,以 2010 年 ALOS 遥感影像为基本数据源,结合野外调查和样品分析,采用监督分类法和试验数据统计分析方法,依据土壤盐渍化敏感性指数公式,计算不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数。研究结果表明:轻度、中度和重度盐渍地主要分布于博斯腾湖周边的湿地边缘和未利用地,总面积为 643.26 km²,占研究区总面积的 24.68%;未利用地土壤盐渍化敏感性指数为 0.25,属于重度敏感区;耕地和沙地的土壤盐渍化敏感性指数为 0.15,属于中度敏感区;湿地土壤盐渍化敏感性指数为 0.13,属于轻度敏感区;水体土壤盐渍化敏感性为 0.03,属于非敏感区。

关键词:土壤盐渍化; 敏感性指数; 监督分类法; 土地利用类型; 博斯腾湖湖滨绿洲

中图分类号:S156.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)01-0165-04

Study on the Sensitivity of Soil Salinization in the Lakeside Oasis of Bosten Lake Based on RS/GIS

LI Xinguo^{1,2}, Gulikezi · Tulake^{1,2}, LAI Ning³

(1. School of Geographic Sciences and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Urumqi 830054, China; 3. Institute of Soil & Fertilizer and Agricultural Water Conservation, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: Sensitivity evaluation of soil salinization was used to evaluate the type, scope and degree of soil salinization. Taking lakeside oasis of Bosten Lake as a study area, using the ALOS remote sensing image in 2010, combining the field survey and supervised classification method, the classification of saline in the study area, and different land use types of soil salinization sensitivity index were calculated. From the perspective of saline soil distribution type, mild, moderate and severe saline soils mainly distributed in the study area. The unused land area was 643.26 km², accounting for 24.68% of total areas. Unused land salinization of soil sensitivity index was 0.25, belonging to severe saline soil area. Soil salinization sensitivity index of arable land and sandy land were 0.15, belonging to moderate saline soil area. Soil salinization in the wetland sensitivity index was 0.13, belonging to mild saline soil area. Soil sensitivity index of the water was 0.03, belonging to non-saline soil area.

Keywords: soil salinization; sensitivity index; supervised classification; land use types; lakeside oasis of Bosten Lake

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,其敏感性评价主要是辨识容易形成土地盐渍化的区域,评价土地盐渍化对人类活动的敏感性,明确可能发生的土地盐渍化的类型、范围和可能程度^[1-3]。湖滨带是介于陆生生态系统与水生生态系统之间的生态交错类型之一,生产力高,生态边缘效应显著,是地球上多样性最丰

富、变化最快、最为复杂的生境之一^[4-5]。

目前众多学者在区域生态系统敏感性、脆弱性方面研究较多,而对土壤盐渍化敏感性的研究较少^[6-7]。国际上有关生态敏感性的研究,主要集中在湿地和湿地植物对于气候变化的敏感性、雨林对选择采伐的生态敏感性、水文系统对气候变化的敏感性、海岸带及大陆架生态敏感性等方面^[8-10]。国内对生态系统敏

收稿日期:2014-12-15

修回日期:2015-02-12

资助项目:新疆维吾尔自治区重点实验室专项资金项目(2014KL016);国家自然科学基金项目(41061025);新疆农业科学院青年科技基金项目(xjnkq-2014010)

第一作者:李新国(1971—),男,甘肃玉门人,教授,博士,主要从事干旱区水土资源变化及其遥感应用研究。E-mail:online1xg@sina.com

感性评价的研究多集中在土地敏感性评价、水环境敏感性评价、水土流失敏感性评价及城市敏感性评价等领域^[11-12]。朱志玲等^[13]基于宁夏主要生态敏感问题,选取土壤侵蚀、土地沙漠化、土壤盐渍化作为评价因子,运用 GIS 技术在单因子评价的基础上,采用多因子综合评价模型对研究区生态环境敏感性进行综合分析。罗先香等^[14]以松嫩平原西部为例,应用灰色关联分析及径向基函数网络等方法,分析了影响因子对土壤盐渍化的敏感程度,并通过土壤积盐动态预报模型的建立,为土壤盐渍化预测及防治工作提供了依据。张征云等^[15]依据蒸发量、降水量、地下水矿化度和地形等评价因子,采用地理信息系统技术对天津市的土壤进行了盐渍化敏感性评价。到目前为止,对土壤盐渍化敏感性评价方面的研究鲜有报道,土壤盐渍化敏感性研究无论是评价体系还是研究的技术方法都尚无统一标准,土壤盐渍化敏感性评价的精确定性、定量、定位等的研究还在探索中^[16]。因此,对博斯腾湖湖滨绿洲进行土壤盐渍化敏感性研究对于合理开发利用区域土地资源,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。

本文选择博斯腾湖湖滨绿洲为研究区,以 2010 年 9 月 24 日的 ALOS 影像为基本数据源,结合野外调查数据,采用监督分类法,对研究区进行盐渍地分类,通过 ArcGIS 的栅格计算功能,将土地利用类型图与土壤盐渍化分类图进行叠加分析,计算不同土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数,对研究区进行土壤盐渍化敏感性研究。

1 研究区概况

博斯腾湖湖滨绿洲是人工绿洲和自然绿洲混合的山前湖泊绿洲。博斯腾湖湖滨带绿洲是博斯腾湖水体和陆地之间的过渡区域,具有特殊的土壤、植被和水文特征;由于独特的地理位置、干旱的气候荒漠条件、活跃的地表与地下水补给,富含盐分的母质环境以及人类的经济活动,使博斯腾湖湖滨绿洲土壤盐渍化较为普遍^[17]。博斯腾湖位于我国新疆著名的焉耆盆地内(41°45′—42°15′N, 86°00′—87°26′E),地处封闭的山间盆地—焉耆盆地,地形总趋势是北高南低^[18]。博斯腾湖是开都河的归宿地,又是孔雀河的发源地。博斯腾湖为天山南麓山间断陷湖,由大湖、小湖群、苇湖 3 部分组成,水域面积约 1 300 km²^[19]。在湖泊水位下降、湖水矿化度上升和湖区有机污染不断加剧的多重作用影响下,博斯腾湖湖滨湿地生境持续退化。研究区内地下水资源较为丰富,地下水可开采量为 9.05×10^8 m³/a,地下水埋深 0.5~7.0 m,矿化度 0.1~10 g/L^[19]。

2 数据来源与处理

2.1 数据处理

本文在前人研究的基础上,利用监督分类和目视解译相结合的方法对研究区 ALOS 遥感影像进行分类,将土地利用类型分为耕地、湿地、水体、沙地和未利用地 5 大类,盐渍地类型分为非盐渍地、轻度盐渍地、中度盐渍地和重度盐渍地 4 大类。运用 ENVI 软件里面的 Majority/Minority Analysis 功能,处理分类结果图中的细小图斑,以提高监督分类的准确性。由于“同物异谱”、“异物同谱”及空间分辨率等限制,对监督分类结果进行后处理,利用典型样区野外调查数据对误分地类进行人机交互修正。对分类结果,随机选取 100 个样点进行地面验证,精度达到 0.89,符合数据处理的要求。

2.2 野外调研与室内分析

以研究区 1:10 万地形图和 1:50 万土壤类型图为基础地图,在研究区域内土壤表层选取样点 100 个,表层土壤分 0—10, 10—30, 30—50 cm 3 层进行取样,土壤表层共取 300 份样品。野外调查尽可能使采样点遍及研究区范围内主要的盐渍地类型,而且尽可能使样点分布典型的土地利用类型,每个样点用 GPS 精确定位,获取点位经纬度与高程数据,并实地记录样点植被、地形、地貌类型。将采集的所有土壤样品风干粉碎,取 40 g 风干土与 200 ml 蒸馏水混合,经过浸泡和振动使土壤盐分充分溶解后,取过滤溶液进行土壤盐分及其组分的测定。CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻ 采用双指示剂中和法测定;Cl⁻ 采用 AgNO₃ 滴定法测定;SO₄²⁻ 采用 EDTA 间接滴定法测定;Ca²⁺, Mg²⁺ 采用 EDTA 络合滴定法测定;Na⁺, K⁺ 采用差减法,土壤含盐总量是 8 大离子含量之和。

2.3 土壤盐渍化敏感性指数

不同土地利用类型土壤盐渍化敏感性指数公式如下^[9,20]:

$$LS_i = \sum_{j=1}^n \frac{A_{ij}}{A_i} S_j \quad (1)$$

式中:LS_{*i*}——*i* 土地利用类型的土壤盐渍化敏感性指数;A_{*ij*}——*i* 土地利用类型分布在 *j* 盐渍化敏感级上的面积;A_{*i*}——*i* 土地利用类型总面积;S_{*j*}——*i* 土地利用类型相对于 *j* 盐渍化敏感级的权重;*i*——土地利用类型;*j*——土地盐渍化敏感级;*n*——土地利用类型总数。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^[21-23]。根据公式(1)计算得出,研究区非盐渍地、轻度盐渍地、

中度盐渍地和重度盐渍地 4 个权重向量分别为 0.13, 0.21, 0.29, 0.37。

3 结果与分析

3.1 遥感影像分类及面积统计

对研究区遥感影像进行预处理,采用监督分类的最大似然法,进行土地利用类型和盐渍地类型分类,结合野外调查和试验分析数据,确定了 5 种土地利用类型(耕地、湿地、水体、沙地和未利用地)和 4 种盐渍地类型(非盐渍地、轻度盐渍地、中度盐渍地和重度盐渍地)(表 1),并统计出土地利用类型和盐渍地类型的面积。

表 1 研究区盐渍地类型含义及分类标准		g/kg
类别	土壤含盐总量	
非盐渍地	<3	
轻度盐渍地	3~5	
中度盐渍地	5~10	
重度盐渍地	10~22	

由表 2 可知,耕地主要分布在研究区的西部,湿地分布在博斯腾湖和耕地之间,这两类的面积分别为 459.81,201.14 km²,在整个土地利用类型中所占比例为 17.65%,7.72%。从不同土地利用类型面积和所占比例来看,水体面积最大,为 968.44 km²,所占比例为 37.17%,水域主要包括博斯腾湖大湖区和小湖区的水。沙地和未利用地分布在湖泊的南部和东北部,面积分别为 968.44,386.73 km²,在整个研究区内所占比例为 14.84%,22.62%。

表 2 不同土地利用类型面积					
项目	耕地	湿地	水体	沙地	未利用地
面积/km ²	459.81	201.14	968.44	386.73	589.41
百分比/%	17.65	7.72	37.17	14.84	22.62

近 30 年来,在研究区内由于不合理的用水和灌溉方式导致湖面持续干缩,造成水盐运动发生变化,地下水水位下降,土壤盐分增加。从表 3 可知,轻度、中度和重度盐渍地主要分布与博斯腾湖周边的湿地内和未利用地上,总面积是 643.26 km²,占总面积的 24.68%,其中轻度盐渍地所占比例较大,占总面积的

表 4 不同土地利用类型上的盐渍地面积									
叠加类型	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	A ₃₁	A ₃₂
面积/km ²	351.27	103.97	4.48	0.02	198.86	2.22	0.01	967.79	0.06
叠加类型	A ₃₃	A ₄₁	A ₄₂	A ₄₃	A ₄₄	A ₅₁	A ₅₂	A ₅₃	A ₅₄
面积/km ²	0.43	344.19	19.69	13.05	9.81	99.62	223.85	157.08	108.59

注:个位数字 1—4 依次代表非盐渍地、轻度盐渍地、中度盐渍地、重度盐渍地;十位数字 1—5 依次代表耕地、湿地、水体、沙地、未利用地。

3.3 土壤盐渍化敏感性指数分析

根据统计出的不同土地利用类型中的盐渍地分布面积,利用公式(1)计算出研究区内 5 种土地利用类型

13.42%,主要分布于博斯腾湖周围和未利用地上,在耕地和湿地内部分布少量的轻度盐渍地;中度和重度盐渍地所占比例较少,分别为 6.72%,4.54%,主要分布在博斯腾湖的东北方向和周围的未利用地上,其余分布在博斯腾湖与未利用地的过渡带,表明研究区内的土壤盐渍化类型基本上属于轻度盐渍化,中度和重度盐渍化类型所占比例较少,非盐渍地分布较广,面积为 1 961.74 km²,比例为 75.29%。

表 3 4 种盐渍地类型面积				
项目	非盐渍地	轻度盐渍地	中度盐渍地	重度盐渍地
面积/km ²	1961.74	349.79	175.06	118.41
百分比/%	75.29	13.42	6.72	4.54

3.2 土地利用类型图与盐渍化分类图叠加分析

通过表 4 可知,未利用地上分布的轻度、中度和重度盐渍地面积总和是 489.52 km²,所占比例为 83.91%,非盐渍地的面积为 99.62 km²,所占比例为 16.909%,非盐渍地所占比例小于轻度、中度和重度盐渍地所占的比例,表明研究区内该类型分布的大部分地区都属于土壤盐渍化中度和重度敏感区。沙地上轻度盐渍地所占比例较大为 5.091%,中度和重度盐渍地面积所占比例为 3.374%,2.537%,表示该土地利用类型上盐渍化类型属于轻度盐渍化,中度和重度盐渍化现象较少,土壤盐渍化敏感性等级属于轻度敏感。水体上非盐渍地的分布最广,比例为 99.949%,少量分布轻度和中度盐渍地。湿地上非盐渍地分布面积最广,比例为 98.866%,轻度盐渍地比例为 2.22%,中度和重度盐渍地比例为 0.01%,0.05%,表示湿地对土壤盐渍化的敏感性不太显著。耕地上非盐渍地所占面积较大为 531.27 km²,比例为 76.406%;轻度、中度、重度盐渍地的面积分别为 103.97,4.48,0.02 km²,比例为 22.615%,0.974%,0.004%,耕地上发生轻度土壤盐渍化的可能性大。研究区内除非盐渍地外,土壤盐渍化类型中轻度盐渍化所占比例较大,表明研究区内轻度土壤盐渍化发生的可能性较大,土壤盐渍化敏感性属于轻度敏感。

的敏感性指数。由表 5 可知,未利用地的敏感性指数最高,其值为 0.25,耕地和沙地的敏感性指数为 0.15,湿地的敏感性指数为 0.13,水体的最低为 0.03。由表

4 可知,未利用地上轻度,中度和重度盐渍地所占比例大,水体和湿地中非盐渍地的所占比例较大,表明未利用地上发生的土地盐渍化的类型、范围和可能程度比其他类型明显,对土壤盐渍化的敏感性高。水体和湿地对土壤盐渍化的敏感性不明显,该种土地利用类型上难以形成土壤盐渍化现象。耕地和沙地的敏感性指数较高为 0.15,主要是由于近 30 年来研究区内绿洲人口增多,耕地面积持续扩大,人类的不合理用水和灌溉造成地下水水位升高,导致土壤盐渍化的发生。沙地分布的区域植被覆盖率低,积盐作用较强,土壤盐渍化敏感性指数较高。

表 5 不同土地利用类型土壤盐渍化敏感性指数

土地利用类型	耕地	湿地	水体	沙地	未利用地
土壤盐渍化敏感性指数	0.15	0.13	0.03	0.15	0.25

4 结 论

(1) 研究区内土壤盐渍化程度基本属于轻度盐渍化,其面积占总面积的 13.42%,中度盐渍化面积和重度盐渍化面积分别占总面积的 6.72%和 4.54%。

(2) 轻度、中度和重度盐渍地主要分布于博斯腾湖的东北方向湿地边缘和周围的未利用地上,总面积为643.26 km²,占总面积的 24.68%;其中未利用地上分布的轻度、中度和重度盐渍地面积总和是489.52 km²,占未利用地面积的 83.91%。

(3) 未利用地土壤盐渍化敏感性指数为 0.25,未利用地处于重度敏感区;耕地和沙地土壤盐渍化敏感性指数为 0.15,属于中度敏感区;湿地土壤盐渍化敏感性指数为 0.13,湿地属于轻度敏感区;水体土壤盐渍化敏感性指数为 0.03,水体属于非敏感区。

参考文献:

[1] 康蕾,张红旗.新疆伊犁新垦区土地荒漠化敏感性评价[J].资源科学,2012,34(5):896-902.

[2] 潘峰,田长彦,邵峰,等.新疆克拉玛依市生态敏感性研究[J].地理学报,2011,66(11):1497-1507.

[3] 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[J].生态学报,2007,27(4):1257-1264.

[4] 冯育青,陈月琴,阮宏华,等.苏州太湖湖滨带不同水分梯度土壤氮的时空变异特征[J].华东森林经理,2010,24(1):7-14.

[5] 王莹,冯育青,阮宏华.太湖东岸湖滨带土壤微生物生物量碳及主要化学特性[J].南京林业大学学报:自然科学

版,2010,34(4):13-16.

[6] 马彪,衣俊国.黑龙江省土壤盐渍化敏感性分析[J].环境科学与管理,2011,36(5):133-146.

[7] 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[J].地理科学进展,2005,24(1):61-69.

[8] Carrington D P, Gallimore R G, Kutzbach J E. Climate sensitivity to wetlands and wetland vegetation in mid-Holocene North Africa[J]. Climate Dynamics,2001,17(2):151-157.

[9] Horne R, Hickey J. Ecological sensitivity of Australian rainforests to selective logging [J]. Australian Journal of Ecology,1991,16(1):119-129.

[10] Muzik I. Sensitivity of hydrologic systems to climate change [J]. Canadian Water Resources Journal,2001,26(2):233-252.

[11] Yang Y Y, Wang J L, Yang B F. Eco-sensitivity assessment of land in Yunnan Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008,28(5):2253-2260.

[12] Yang Z F, Xu Q, He M C, et al. Analysis of city eco-sensitivity[J]. China Environmental Science,2002,22(4):360-364.

[13] 朱志玲,吴咏梅,张敏.基于 GIS 的宁夏生态环境敏感性综合评价[J].水土保持学报,2012,19(4):101-111.

[14] 罗先香,邓伟.松嫩平原西部土壤盐渍化动态敏感性分析与预测[J].水土保持学报,2000,14(3):36-40.

[15] 张征云,孙贻超,孙静,等.天津市土壤盐渍化现状与敏感性评价[J].农业环境科学学报,2006,25(4):954-957.

[16] 黄开顺.基于遥感和 GIS 的桂西南地区岩溶石漠化敏感性评价与监测[D].南宁:广西大学,2008.

[17] 周成虎,罗格平,李策.博斯腾湖环境变化及其与焉耆盆地绿洲开发关系研究[J].地理研究,2001,20(1):14-23.

[18] 李新国,樊自立,李会志,等.开都河下游灌区土壤盐渍化动态变化研究[J].水土保持研究,2011,18(3):64-72.

[19] 阿斯耶姆·图尔迪,李新国,靳万贵,等.开都河下游绿洲土壤盐渍化影响因子分析[J].水土保持研究,2014,21(2):82-86.

[20] 赵玉国,张甘霖,龚子同.SOTER 支持下海南岛土壤侵蚀模拟与影响因子分析[J].土壤通报,2003,34(3):219-224.

[21] 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[J].地理科学进展,2011,30(5):593-599.

[22] 王介勇,赵庚星,杜春先.基于景观空间结构信息的区域生态脆弱性分析:以黄河三角洲垦利县为例[J].干旱区研究,2005,22(3):317-320.

[23] 王宏.基于土地利用/覆盖类型的土壤盐渍化敏感性研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2011.