

DOI: 10.5846/stxb201704250750

林佳, 宋戈, 张莹. 基于景观生态风险格局的盐碱地分区规划防治研究——以黑龙江省林甸县为例. 生态学报, 2018, 38(15): - .

Lin J, Song G, Zhang Y. Regionalization planning for prevention and control of saline-alkali land based on a landscape ecology risk pattern theory: A case study in Lindian County, Heilongjiang Province. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(15): - .

基于景观生态风险格局的盐碱地分区规划防治研究 ——以黑龙江省林甸县为例

林 佳, 宋 戈*, 张 莹

东北大学土地管理研究所, 沈阳 110169

摘要: 盐碱地分区规划防治是提高区域盐碱综合治理效果, 降低治理成本的有效途径, 对实现区域生态恢复、土地可持续利用和保障粮食安全具有重要实践价值。当前, 在区域景观生态风险分析基础上, 进行盐碱地规划防治研究的研究尚显不足。以大庆市林甸县为研究区, 以景观生态学理论为视角, 基于 RS 和 GIS 技术平台, 综合运用最小累积阻力模型和空间分析方法, 分析了生态流和生态阻力面, 构建了区域景观生态风险格局; 结合关键景观与盐碱地的生态廊道分析等方法, 确定盐碱地防治分区; 并进一步确定了防治分区中的核心防治区域。结果表明: 林甸县盐碱地面积为 263 km², 其景观生态风险格局呈现西部和南部的景观生态风险等级较高, 东北部、中部和西南部较低的特征, 其中, 高危区、重度危险区占地区总面积 41.24%, 集中分布在地区下游的沼泽湿地周围, 说明保护沼泽湿地迫在眉睫。林甸县的两条土地盐碱化防治景观生态廊道是以最低防治成本实现土地盐碱化预防和治理的最佳区域, 其主要分布在 15 个村(镇)上, 未来应将此地区作为规划防治的核心。基于景观生态风险格局的盐碱地分区规划防治研究, 为大尺度土地盐碱化综合防治提供了新的思路和方法, 研究结果对林甸县未来开展土地盐碱化预防和治理提供了科学依据。

关键词: 景观生态风险; 生态风险格局; 盐碱地; 分区防治

Regionalization planning for prevention and control of saline-alkali land based on a landscape ecology risk pattern theory: A case study in Lindian County, Heilongjiang Province

LIN Jia, SONG Ge*, ZHANG Ying

Institute of Land Management, Northeast University, Shenyang 110819, China

Abstract: The prevention and control of saline-alkali land is an effective way to improve the comprehensive treatment of saline-alkali land and reduce the cost of treatment for such regions. It is also an important way to ensure regional ecological restoration, sustainable land use, and food security. At present, studies on the prevention and control of saline-alkali land based on the analysis of regional landscape ecological risk are not sufficient. By considering the perspective of the theory of landscape ecology, this case study aimed to analyze the ecological flow and surface resistance in Lindian County located in Heilongjiang Province by using the minimum cumulative resistance and spatial analysis based on the remote sensing and geographic information system technology. A landscape ecology risk pattern was developed to determine the zones of prevention and control of saline-alkali land by using the ecology corridor analysis method considering the key landscape and saline-alkali land, and the core areas for the prevention and control plan of saline-alkali land were determined. The results showed that the area of saline-alkali land in Lindian was 263 km² and was characterized by higher landscape ecological risk

基金项目:

收稿日期: 2017-04-25; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: songgelaoshi@163.com

in the west and south, whereas lower risk in the northeast, central, and southwest regions. The area proportion of the high and severe risk zones was 41.24 % and was intensively distributed in the downstream region surrounding the marshes, indicating that the protection of marshes is very urgent. Two landscape and ecology corridors that were considered to be the best regions of realizing the prevention and control of saline-alkali land at the lowest cost were mainly distributed in 15 villages (towns); these regions should be considered the core of prevention and control plan in the future. Our findings based on the landscape ecological risk pattern can provide a novel strategy and method for the prevention and control of saline-alkali land at the large scale and could form a scientific basis for the prevention and control of saline-alkali land in Lindian in the future.

Key Words: landscape ecology risk; ecology risk pattern; saline-alkali land; regionalization planning prevention and control

土地盐碱化是阻碍区域生态和经济可持续发展的世界性环境问题之一,如何预防和治理土地盐碱化一直是国际学术界研究的热点^[1-2]。目前,全球盐碱化面积已达 9.6 亿 hm^2 ,其中,松嫩平原盐碱化土地面积约为 343 万 hm^2 ,是世界三大盐渍土集中分布地区之一^[1-3]。随着工业化和城市化进程的加速发展,人地矛盾不断加剧,不合理的土地利用方式促使土地盐碱化问题愈发严重。同时,松嫩平原地区作为我国重要的粮食生产基地,土地盐碱化问题直接影响其农牧业发展,进而威胁国家粮食安全。相对于对已经盐碱化的土地进行恢复治理而言,对盐碱化进行预防则更具有生态意义,其经济成本也更低。因此,如何对区域土地盐碱化进行有针对性的空间规划,实现以相对较低的经济成本对产生土地盐碱化的风险进行防控,是关系到区域生态经济可持续发展及维护国家粮食安全的重要科学问题。

土地盐碱化理论研究的较早,20 世纪 60 年代起就大量开展盐碱地理化性质实验^[4-6]、土壤水盐运动^[7-11]、盐碱地工程治理^[12-14]、盐碱地植物改良^[15-19]、盐碱化预测^[20-22]和盐碱化风险^[23-26]等研究。其中,对盐碱化风险的研究相对较少,而以盐碱化风险分析为基础进行区域规划防治的研究则更少。传统的研究方法以构建指标体系对盐碱化风险指数进行计算的研究居多,这降低了指导大尺度的土壤盐碱化综合治理的实践价值;随着遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术的广泛应用,使人们可以在较短时间内对盐碱地变化进行大范围的把握,这促使盐碱化研究从单纯的数量化研究转向空间化研究^[17,20,22,24-26],但利用土地盐碱化风险格局进行空间化的研究结果中,进行有重点性和阶段性的规划防控研究尚显不足。盐碱地作为一种特殊的生态景观,与区域其他景观要素均具有不同程度的相互作用和影响;同时,作为土地退化现象的一种,是各种不利因素综合作用的结果,体现了区域景观的生态风险性^[27-28]。依据景观生态学和景观生态规划原理,应用最小累积阻力模型(Minimal Cumulative Resistance, MCR)构建地区景观生态风险格局^[30-33],并在此基础上进行盐碱地防治规划,这为大尺度的土地盐碱化综合防治提供了新的思路和方法,对实现区域生态恢复、土地资源可持续利用和保障粮食安全具有重要意义。

林甸县是扎龙湿地自然保护区的重要组成部分,是具有全球性珍稀野生动物保护意义的关键区域之一,也是松嫩平原中部粮食主产区之一。由于该地区位于松辽盆地中央拗陷区北部,地势低洼、水资源丰富、土壤含盐量高,加之土地的不合理利用,极易发生土壤盐碱化现象,同时,该地区是黑龙江省重要的国营农林牧渔场所在地之一,因此,规划预防土壤盐碱化是保护区域生态安全和国家粮食安全的亟待解决的问题之一。本文以大庆市林甸县为例,基于景观生态学的理论和方法,从盐碱地形成的生态过程出发,通过对生态流分析和生态阻力面构建,构建研究区景观生态风险格局;结合关键景观与盐碱地的生态廊道分析等方法,对盐碱地防治的适宜程度进行分区;并进一步确定核心防治区域,对适宜采取措施进行防治的地区进行空间定位,确定能以最小的成本实现较佳的防治效果的区域,为下一步的土地整治规划和区域生态可持续发展研究提供基础和参考。

1 研究区概况

林甸县位于松辽盆地中央坳陷区北部,隶属于大庆市,是“哈大齐”工业走廊中心地带,距省会哈尔滨 230 km。林甸县幅员面积 3503 km²,下辖 4 镇 4 乡 3 个林牧苇场,83 个行政村,551 个自然屯。2015 年底,总人口 28 万人。林甸县属北温带大陆性季风气候,少雨大风,返盐季节(4、5、6 月)蒸发量是降水量的 5 倍,四季温差较大,年平均气温 4℃,年平均降水量 417.2 mm。林甸县土壤类型以碳酸盐草甸土、碳酸盐黑钙土为主,约占土地总面积的 86%。林甸县有湿地面积 820 km²,占总面积的 23.4%,扎龙自然保护区(世界八大湿地保护区之一)核心区位于林甸境内;有苇塘 233 km²,是黑龙江省第二大芦苇生产基地。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

本文以 Landsat 8 卫星 2016 年的 TM 遥感影像为基础数据,空间分辨率为 30 m。采用 ENVI 软件为技术平台,结合研究区土地利用现状图、规划图和 1:5 万地形图等图件为辅助图件数据,对研究区沼泽湿地、建设用地(包括居民点和公路)、耕地、盐碱地进行遥感解译。由于 RVI(比值植被指数)对绿色植物非常敏感,利用该指数的计算结果提取建设用地、盐碱地、裸地和水域,再进一步建立解译标志,分别提取盐碱地和建设用地,将不需要的用地从图像上掩膜掉。利用 TM 影像的热红外波段对水体敏感的特点,对研究区水域和沼泽湿地进行提取,并把水域提取并掩膜掉,得到沼泽湿地的分布。分类结果经过验证,分类精度符合要求。高程数据来源于地理空间数据云,空间分辨率为 30 m,坡度和坡向数据则利用 ArcGIS 10 软件的分析功能由 DEM 数据生成。以联合国粮农组织(FAO)的 1:100 万中国土壤数据为基础,结合研究区实地采样加密,获取研究区 1:5 万的土壤类型数据及土壤质地数据,其中包括表层土壤(0—30 cm)质地和深层土壤(30—100 cm)质地数据。研究区植被覆盖状态采用归一化植被覆盖指数 NDVI 来表示,利用 ENVI 软件从遥感影像上计算所得。

2.2 研究区景观生态风险格局构建

2.2.1 风险源的确定

多数学者认为景观生态风险指自然或人为因素影响下景观格局与生态过程相互作用可能产生的不利后果^[29-30]。因此,其内涵注重景观要素对内部风险源和外部干扰响应的生态过程及作用结果,在现实中表现为土地发生盐碱化等不利的后果。“风险源”是指在一定时空尺度下的景观生态过程中,对区域景观生态安全产生威胁的景观类型^[31],因此,盐碱地作是本区域的风险源。

2.2.2 景观生态风险阻力面的建立

根据岛屿生物地理学理论、复合种群理论和渗透理论^[29-30]可以知道生境斑块之间需要有一定的连续性才能保证斑块之间的过程和功能联系。根据扩散作用和景观重力原理^[28-32],可以假设研究区内任意风险源与任意斑块都存在相互作用和空间连通的可能;作用力的大小与两者间距离成反比,如果距离过远,其相互作用关系可以忽略不计;且空间连通会受到各种阻碍,需要付出一定的代价才能实现,当代价超出阈值时,便可以说两者不连通。这实质是表现风险源对其周围一定空间距离的生态环境造成影响的能力。盐碱地(风险源)地作为生境斑块的一种,与其他景观和生境都存在着不同程度的连接,在这些连接中产生物质流,从而使两个相连的生境相互影响,产生生态风险。

这些连接是通过生态流克服阻力来实现,其阻力面反映了生态用地空间连通的趋势^[28-32]。因此,要先分析对风险源(盐碱地)造成影响的主要物质流,确定对物质流迁移造成主要影响的因素,采用理论地理学中的表面模型——最小累积阻力模型来建立阻力面。阻力面模型计算后的累积阻力面图(图 1)是以风险源分布为核心,表现风险源到空间任意一点的累积阻力值,离“风险源”越近阻力值越小,反之阻力值越大。计算公式如下^[19-20]:

$$MCR = f \min \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i)$$

式中, MCR 为物种由源扩散到空间某一点的最小累计阻力; D_{ij} 为物种从源 j 到景观类型 i 的空间距离; R_i 为景观类型 i 对物种迁移运动阻力值, 由景观基质的基本特征和物种本身的扩散能力决定; n, m 为源与景观类型的数目。

水无疑是对其盐碱地(风险源)的形成影响的物质流^[4-15], 在考虑研究区阻力因素的时候, 主要考虑对水分迁移造成影响的因素, 这包括了地上和地下两个部分的因素: 根据研究区的实际情况可知, 该地区的水源主要来自于降水和地下水, 河流位于研究区的下游, 并不是主要的水源。在研究区范围内, 降水可以看成是均匀分布的, 此外, 土壤中的水分主要来源于浅层地下水补给和承压水的人工灌溉, 因而此部分所考虑的阻力因素是具有全局性的因素, 本文选取高程、坡度、植被覆盖和土壤质地(表层、深层)这 5 种因素作为全局因素。而沼泽湿地、水域、沟渠等用地类型即可成为水分来源, 也可以成为排水的途径, 其作用不具有全局性, 因此将其作为关键景观来分析其具体作用。另外, 根据实地考察和相关研究^[33-34]表明, 研究区地下水中潜水深度为 3—5 m, 且流动缓慢, 这是造成研究区土地易发生盐碱化的因素之一, 但其深度变化符合高程变化规律, 且能否产生盐碱化主要取决于土壤质地和植被覆盖率的影响, 以及距排水途径(如河流、沟渠)的距离远近的影响, 因此, 未将其列为单独的因素进行分析。

高程因素决定了地表径流和地下径流的方向, 相对高程越高, 水的重力势能越大, 对水的阻力值 R_i 越低。坡度则是影响水分流动的速度, 坡度越陡峭, 对水的阻力值 R_i 越低。植被对水的阻力体现在植株对水分的吸收和蒸发作用上, 因此植物覆盖度(NDVI)越高, 其阻力值 R_i 越高, 同时, 这一因素也表现了不同的地表土地利用类型对水分迁移的阻力大小, 例如建设用地和裸地对水分迁移的阻碍程度较低, 而耕地和林地对水分迁移的阻碍程度较高。土壤具有固水的作用, 水分在土壤中的形态包括了气态水、液态水和固态水, 其中对水分迁移的作用主要体现在液态水的地表入渗水和地下上升水两种形式; 对这两种形式产生作用的是土壤的质地, 土壤的质地越偏向于砂土, 固水能力越差, 既其阻力值 R_i 越小, 越偏向于粘土, 固水能力越强, 既其阻力值 R_i 越大; 土壤表层土和深层土质地略有不同, 表层土的质地决定了其入渗能力大小, 深层土决定了其对上升水作用的大小, 本文将其作为两个因素予以分别计算。研究区土壤类型主要有典型黑土、石灰性黑钙土、石灰性黑土、浅育黑钙土、浅育黑土和松软浅育土。按照《国际制土壤质地分级标准》, 根据土壤的粘粒比和砂粒比, 将研究区浅层土壤分为粘土、壤质粘土和粉砂质粘壤土, 将深层土壤分为壤质粘土、粉砂质粘土和粉砂质粘壤土, 分别对应赋予相对阻力值。阻力值实际是对其影响水流动的作用大小的相对差异, 只需要表现出各因素内部的相对差异即可, 因此只需对每类因子分为 5 级, 并依次赋予 1—5 分。本文采用 ArcGIS 10 软件分类工具中自然断裂法(Natural Breaks(Jenks))分别对各阻力值进行分级(C1—C5)(表 1), 该方法可使各个类之间的差异最大化, 最终叠加出阻力面分布图。

表 1 阻力值分级

Table 1 Resistance value rating

分级 Class	数字高程模型 DEM Digital elevation model	归一化植 被指数 NDVI Normalized difference vegetation index	坡度 Slope	浅层土壤 Shallow soil	深层土壤 Deep soil
C1 Class1	[162.59, 176]	[0, 37)	[0, 0.389]	粉砂质粘壤土	粉砂质粘壤土
C2 Class2	[154.77, 162.59)	[37, 95)	[0.389, 1.430)	壤质粘土	壤质粘土
C3 Class3	[150.21, 154.77)	[95, 149)	[1.430, 2.331)	粘土	粉砂质粘土
C4 Class4	[147.55, 150.21)	[149, 205)	[2.331, 3.285)	—	—
C5 Class5	[143, 147.55)	[205, 255]	[3.285, 4.521]	—	—

C1—C5(Class1—Class5)是对各阻力值进行的分级

2.2.3 景观生态风险等级划分

因为景观生态风险阻力是在空间上连续的函数,要得到景观生态风险格局就需要进行风险等级划分。拟将研究区景观生态风险等级分为高危区、重度危险区、中度危险区、轻度危险区和安全区 5 个等级。通过对比划分景观生态风险等级的区间值的方法的表现结果,本文确定采用 ArcGIS 10 软件分类工具中的几何间隔法 (Geometrical interval) 对计算结果确定分类分级值,该方法可确保每个所拥有的值的数量大致相等。

2.3 研究区盐碱地防治分区的建立

2.3.1 关键景观的确定与生态廊道的识别

本文根据景观生态风险格局进一步将处于景观生态高危区或者重度危险区,对研究区盐碱地的形成起到了至关重要的作用,又或者需要重点保护的景观类型做为关键景观。分析关键景观与盐碱地之间的连通关系,进而在空间上进行定位,将更有利于对盐碱地进行防治。理论上,两点间的累积路径成本与距离成正比,且两点之间线段最短。但在实际中,由地面上一点到另一点的最短成本路径要考虑实地的可达性和表面的粗糙度,因此,最短成本路径是一条有方向的曲线。在计算两个景观类型之间的最短成本路径是还要考虑两个斑块自身的面积大小。任意一个景观都有若干个起点,而另一个景观都有若干个终点,有且只有一对点的成本路径最短。而其他的路径虽然不是最短,但是仍然可以有效连通两个景观,对研究区盐碱地的防治依然具有重要意义,这些有效路径的集合就形成了两个景观间的生态廊道。其计算方法为:

假设 CR_{AB} 是由 A 景观中任意一点 a 出发到 B 景观中任意一点 b 的累积阻力, CR_{BA} 是由 B 景观中任意一点 b' 出发到 A 景观中任意一点 a' 的累积阻力,则有:

$$CR_{AB} = \sum_{j=n}^m (\bar{D}_{ab} \times R_i) = \bar{D}_{ab} \times \sum_{j=n}^m R_i, (a \subseteq A, b \subseteq B)$$

$$CR_{AB} = \sum_{j=n}^m (\bar{D}_{b'a'} \times R_j) = \bar{D}_{b'a'} \times \sum_{j=n}^m R_j, (a' \subseteq A, b' \subseteq B)$$

当 $\sum_{i=n}^m R_i = \sum_{j=n}^m R_j$, 且 $|\bar{D}_{ab}| = -|\bar{D}_{b'a'}|$ 时, $\bar{D}_{ab}$ 与 $\bar{D}_{b'a'}$ 共线, 且 $a=a', b=b'$ 。

此时, $(a' \subseteq A, b' \subseteq B)$, 式中, MCR_{AB} 是景观 A 到景观 B 的最小累积阻力值, MCR_{BA} 是景观类型 B 到景观类型 A 的最小累积阻力值, D_{AB} 为物种从景观类型 A 到景观类型 B 的空间距离 R_i 为景观类型 i 对物种迁移运动阻力值, n, m 为源与景观类型的数目。

2.3.2 盐碱地防治分区

对盐碱地进行分区防治的主要目的是判断哪些地区最易产生盐碱化问题,对预防、治理盐碱地和保护生态景观至关重要。到达不同关键景观的生态廊道的交叉重叠部分是从风险源到关键景观阻力最低的区域,也就是最关键的部位,本文将这些地区作为重点防治地区。本文采用 ArcGIS 10 软件的空间分析功能,将景观生态廊道进行叠加,并根据数值的高低,采用几何间隔法 (Geometrical interval) 的进行分类,分别确定重点治理地区、一般防治区、风险监督区、风险预防区和无措施区。

2.3.3 防治核心的建立

盐碱地防治分区实际是针对盐碱化防治的紧迫程度进行的划分。在实际的盐碱化防治过程中,除了按紧迫程度以外,更需要分主次安排治理。本文将重点防治地区与景观生态风险格局进行叠加分析,采用重点防治区中处于高风险的地区作为防治的核心。同理,在每个防治分区,均可以采用同样的方法确定该区域的“防治核心”,但是每个“防治核心”间仍然按照分区的主次有所偏重,最终实现有主次的盐碱地分区防治。

3 研究结果

3.1 风险源和生态流阻力面结果分析

2016 年林甸县的风险源 (盐碱地) 面积有 263 km^2 , 主要分布在研究区东部和南部。对比其他用地类型,发现风险源主要分布在研究区的下游。根据阻力值叠加图 (图 1) 可知,阻力叠加值总体上呈现东北高、西南

和南部低的趋势。其中,高阻力值(阻力值为 17—20)地区呈两个条带状分布,该区域形成的阻力面在空间上呈现以风险源为核心的“孤岛”形态(图 1),说明风险源与周围环境的连通性很差;中阻力值(阻力值为 14—16)地区在中部地区均匀分布,该区域形成的以风险源为核心的阻力面变化减缓,说明风险源与周围环境的连通性虽然增强,但仍相对较低;低阻力值(阻力值为 8—13)地区,该区域形成的以风险源为核心的阻力面集中连片,说明在这些区域风险源与周围环境的连通性很强。

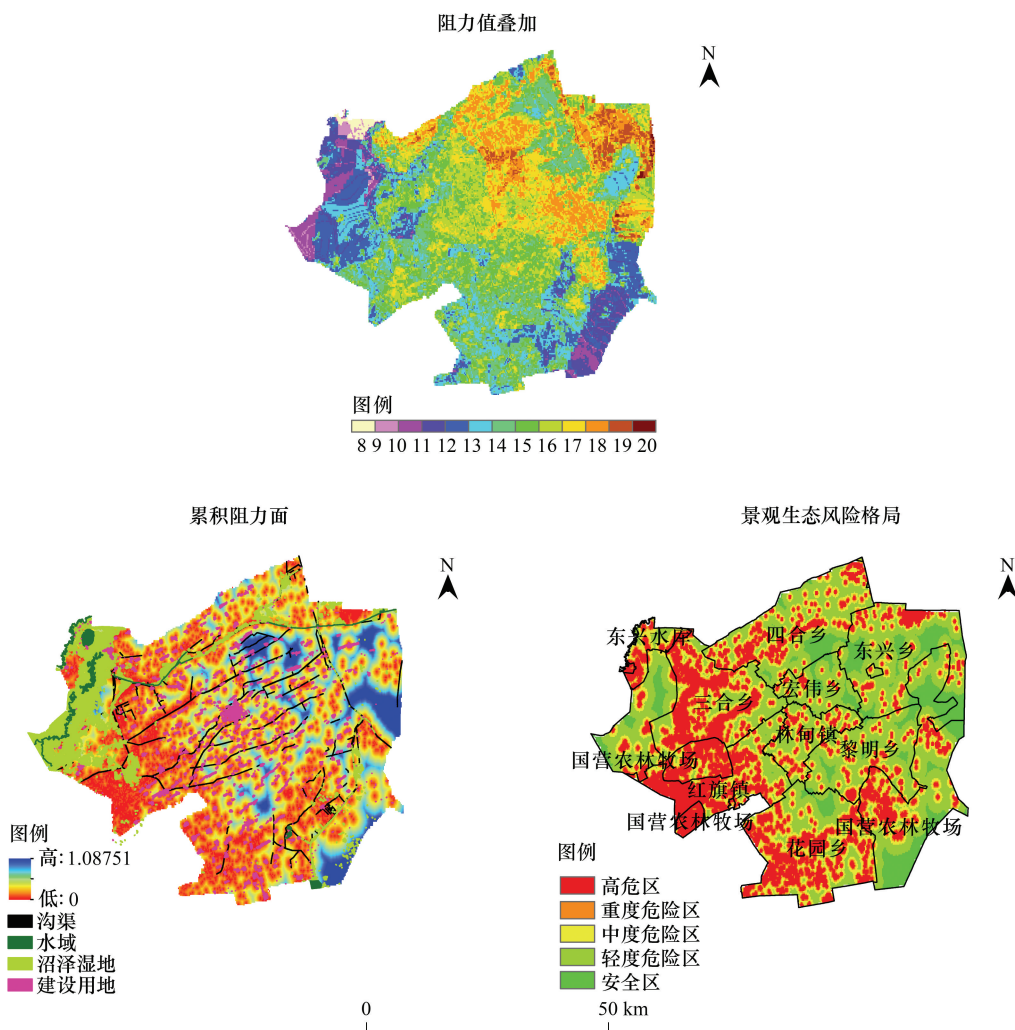


图 1 累积阻力面和土地退化风险格局

Fig.1 The cumulative resistance surface and the land degradation risk pattern

3.2 研究区景观生态风险格局特征分析

采用几何间隔法分级结果显示:高危区、重度危险区、中度危险区面积分别占总面积的 30.95%、10.29% 和 22.42%,面积最少的是安全区,仅占 7.46%。总体呈现西部和南部的景观生态风险等级较高,东北部、中部和西南部较为安全的格局特征(图 1)。其中,高危区和重度危险区主要分布在地区下游的红旗镇、三合乡、四合乡和国营农林牧场;轻度危险区和安全区主要分布在四合乡、花园乡、东兴乡和国营农林牧场(表 2)。

3.3 研究区盐碱地防治分区及结果分析

对沟渠和水域的廊道进行分析表明阻力值为 1 的地区是沟渠或水域到风险源阻力最低的地区(图 2),因此应该在这些地区加大力度进行排水工程。并根据阻力值的高低,尽量通过低阻力的地区将沟渠间廊道、沟渠和水域间廊道进行人工连通,以最大限度的保证多余水分的快速排出、上游灌溉用水的及时补充和利于进

行土壤去盐处理,进而以最低的成本达到最有效的预防土壤盐碱化和降低土壤盐碱度的目的。

表 2 风险等级分布/km ²					
Table 2 Risk grade distribution					
镇(乡)名称 Name of town (township)	高危区 High risk zone	重度危险区 Serious risk zone	中度危险区 Moderate risk zone	轻度危险区 Slight risk zone	安全区 Safety zone
林甸镇	38.21	22.68	54.94	36.27	—
红旗镇	147.35	30.23	52.36	32.71	—
花园乡	13.7	60.59	110.2	78.87	10.48
三合乡	192.16	45.61	86.82	56.35	—
四合乡	106.41	43.66	116.89	135.34	26.31
黎明乡	43.15	25.85	80.85	80.85	13.7
宏伟乡	10.9	5.75	28.15	76.68	13.5
东兴乡	61.76	23.89	87.76	177.76	75.34
东兴水库	34.77	10.58	18.15	8.49	—
国营农林牧场	234.9	57.75	154.08	259.35	117.79

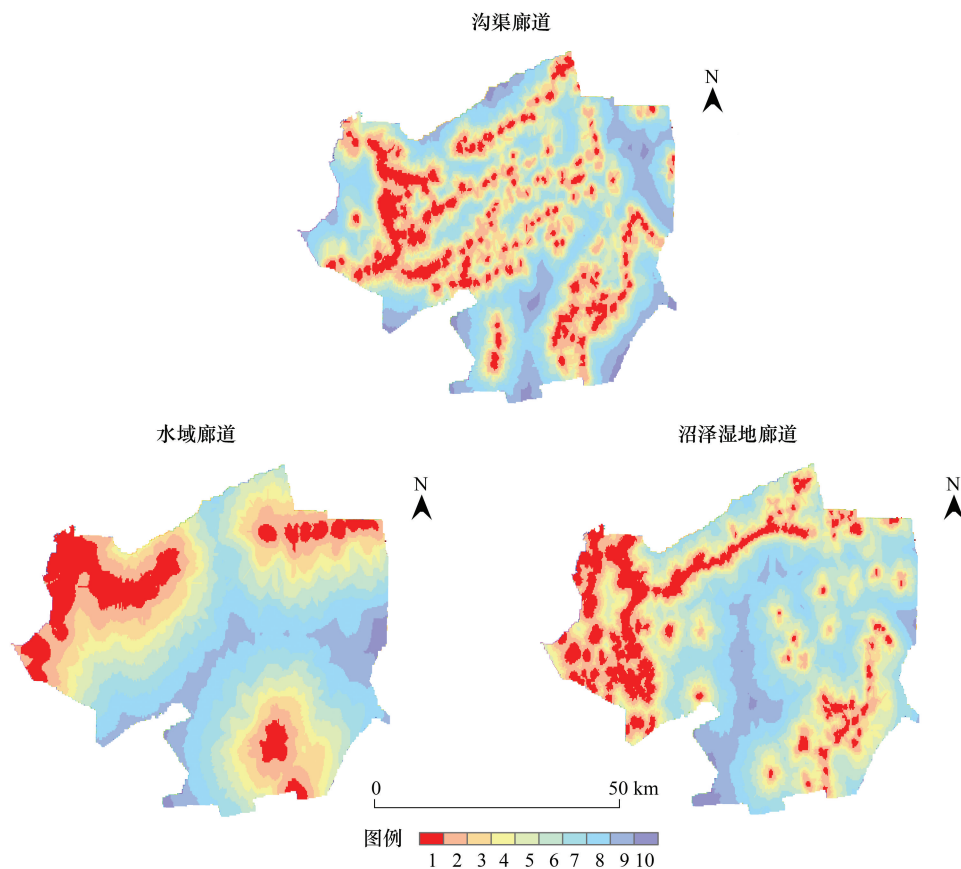


图 2 林甸县各关键景观的生态廊道空间分布图

Fig.2 The landscape ecological corridors spatial distribution

对于降低区域景观生态风险的重要目的之一是保护生态用地,提高区域生态安全。因此,对于沼泽湿地与盐碱地之间阻力值较低的地区,既沼泽湿地生态廊道(图 2),应采取措施对水分迁移加以阻隔,以减少盐分流入沼泽湿地,同时保证降雨和地下水等淡水的流入。从而在实现在防治盐碱地的同时,在一定程度上调节

区域气候、预防洪涝灾害。

根据对这些生态廊道的叠加分析可分为重点防治区、一般防治区、风险监督区、风险预防区和无措施区(图3)。且按照不同区域的特点,应采取不同的防治措施,进而确定治理目标的优先顺序,以实现分阶段、分主次进行治理。

重点防治地区是多重廊道组合的最关键地区,通过分析每个防治分区中的景观生态风险程度,应优先对重点防治区进行规划治理(图3),因此,对该区域进行进一步的分析规划发现:该地区景观生态风险等级处于高危级别的土地面积占62.24%,重度危险区占12.95%,中度危险区占19.88%,轻度危险区仅占4.93%,并没有安全区;一般防治地区作为重点防治地区与风险监督地区的缓冲地带,是降低区域景观生态风险和保护生态景观的重要地区,与重点防治区一起,组成“东北-西南”和“东北-西南”两个防治景观生态廊道,呈现“人”字形分布,分别为“东北-西南”沿四合乡政府-合胜村-南岗村-胜利村-建国村-林甸县农副业基地-东升水库-国营苇场一线为第一生态廊道,“东北-西南”沿丰产村-福兴村-长青林场-发展村-向前村-花园镇-国有草原一线为第二生态廊道。风险监督区和风险预防区是既存在潜在盐碱化风险又对盐碱化具有一定抗性的区域,这个区域的景观相对稳定,占地面积较大,且易于改良。

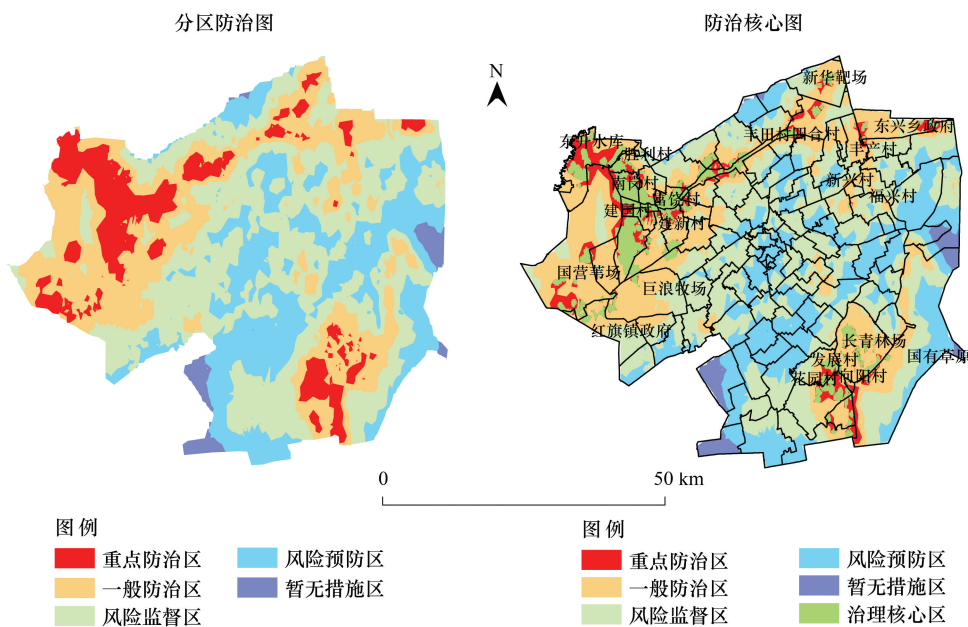


图3 林甸县盐碱地分区防治图
Fig.3 The regionalization of the land degradation prevention

4 讨论

从阻力值叠加和景观生态风险格局特征上看,林甸县盐碱地总体上是受到高程和坡度阻力值的影响,从而呈现沿等高线逐渐向高程低的地区集聚的总体特征,但局部地区盐碱化程度主要受地表植被覆盖、人工地物类型和地下土壤理化性质的影响,呈现不规则分布。本研究将这些因素对土壤盐碱化的综合作用结果进行了空间化分析,其中,高阻力值地区呈现两个条带状分布,这主要是由高程快速变化导致的,该地区地势相对较高,且植被生长茂盛;中阻力值主要因为其植被覆盖度高,中高阻力值地区均以耕地、林地和牧草地为主要用地类型;低阻力值地区地势相对低洼,或植被覆盖水平低,具体表现为沿建设用地、沟渠、沼泽湿地和水域等景观类型的外围分布,说明除自然条件使该地区土壤易于盐碱化以外,人为因素也对其土壤盐碱化具有关键性作用。建设用地、耕地和牧草地等人工和半人工景观,与自然景观相比透水能力较弱,且本文获取数据的时间正值7月末,是植物茂盛的时期,符合高阻力面分布规律。

与累积阻力面相对应的景观生态风险格局特征表明,易于盐碱化的地区(风险高危区和风险重度危险区)已占林甸县面积的 41.24%,且林甸县自然生境脆弱,对该区域进行土壤盐碱化防治迫在眉睫。人为作用主要表现为改变土地利用/覆被和土壤结构,进而对地表水和地下水进行大面积影响,而不能在大范围内对盐碱地进行直接的影响。林甸县自 2002 年起在三合乡由省农委投资的重点盐碱地改良水田种植实验区,到 2012 年已经能实现水稻平均亩产 4625.37 kg/hm²。但这些方法仍只关注某一局部地区的盐碱地治理,尚缺乏全区域的长远规划,这往往导致对上游进行盐碱化治理可能会加重下游盐碱化,治理不分主次,不利于降低治理成本。根据生态廊道分析表明,四合乡处于三合乡的上游,处于同一生态廊道的两端,二者的盐碱地治理具有紧密的联系,对四合乡盐碱地的治理可以提高三合乡盐碱地治理效率,但对四合乡盐碱地的开发利用也可能加重三合乡的盐碱化,而目前的盐碱地治理或者开发均较少考虑这些相关作用。

2017 年的“十九大”报告中阐述了加快生态文明体制改革的重要内容,盐碱地开发与治理将产生巨大的经济效益和社会效益,促进林甸县走绿色发展的道路,而科学的盐碱地规划防治是保障其合理开发的重要前提。因此,建议重点对治理核心区和治理次核心区分期进行防治,在该区域应该加强水利设施建设,沿生态廊道采用灌排洗盐法相结合的方法洗盐排碱,并禁止进行大规模建设用地建设,对适合开发的盐碱地进行优先开发。同时,第一生态廊道的下游是扎龙珍稀野生动物保护区,因此,该区域不仅要保证排水通道畅通,还要将区域盐分的排入口与沼泽湿地的水源相分离,防止过多的盐分流入沼泽湿地而加重盐碱化。一般防治地区应该重点维护景观稳定,种植耐盐作物或者发展改良水稻种植,在实现盐碱化防治的同时提高经济效益。风险监督区和风险预防区应重点降低土壤盐碱度对人类的开发和干扰的敏感程度,适度的进行开发,优化土地资源配置。

5 结论

本文以景观生态学理论和方法为基础,基于最小阻力模型分析了区域景观生态风险,实现充分利用已有自然和人工条件,以保护沼泽湿地(关键景观)为目标的土地盐碱化分区规划防治,主要的结论如下:

(1) 林甸县景观风险等级分布总体特征主要受高程影响,但人为因素对其景观生态风险格局的形成起到决定性的作用;

(2) 沟渠、沼泽湿地、水域与盐碱地构成了生态廊道,处于廊道内的地区具有最高的连通性,连通性的高低变化决定了盐碱地防治分区的划分;

(3) 重点防治区中的核心区所在地是可以实现以最低成本实现最大防治效益的地区,应在此地采取措施进行盐碱化的防治,需从区域整体角度,充分考虑上游对下游的影响,坚持预防与治理相结合的原则。

参考文献(References):

- [1] 杨帆,王志春,马红媛,杨福,田春杰,安丰华. 东北苏打盐碱地生态治理关键技术研发与集成示范. 生态学报, 2016, 36(22): 7054-7058.
- [2] 田长彦,买文选,赵振勇. 新疆干旱区盐碱地生态治理关键技术研究. 生态学报, 2016, 36(22): 7064-7068.
- [3] Terry R E, Nelson S D. Effects of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. Soil Science, 1986, 141(5): 317-320.
- [4] 李昌华,何万云. 松嫩平原盐渍土主要类型、性质及其形成过程. 土壤学报, 1963, 11(2): 196-209.
- [5] 陈恩凤,王汝镛,王春裕. 有机质改良盐碱土的作用. 土壤通报, 1984, 15(5): 193-196.
- [6] Corwin D L, Werle J W, Rhoades J D. The use of computer-assisted mapping techniques to delineate potential areas of salinity development in soils. I. A conceptual introduction. Hilgardia A Journal of Agricultural Science, 1988, 56(2): 1-17.
- [7] 陈丽湘,刘伟. 土壤次生盐渍化之水盐运动规律研究. 工程热物理学报, 2006, 27(3): 466-468.
- [8] 赵永敢,逢焕成,李玉义,胡小龙,王婧,高鸿永. 秸秆隔层对盐碱土水盐运移及食葵光合特性的影响. 生态学报, 2013, 33(17): 5153-5161.
- [9] 王全九,王文焰,吕殿青,汪志荣,张建丰. 膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究. 农业工程学报, 2000, 16(4): 54-57.
- [10] 李宝富,熊黑钢,张建兵,栾福明,张芳,鲁魁锋. 干旱区不同灌溉量下后备耕地土壤水盐动态变化规律研究. 地理科学, 2013, 33(6):

763-768.

- [11] 王琳琳, 李素艳, 孙向阳, 张涛, 付颖, 张红蕾. 不同隔盐措施对滨海盐碱地土壤水盐运移及刺槐光合特性的影响. 生态学报, 2015, 35(5): 1388-1398.
- [12] 陈章琛, 于铜钢. 黄淮海平原盐碱地综合治理工程规划设计方案的探讨. 农业工程学报, 1985, (1): 29-39.
- [13] 韩霁昌, 解建仓, 成生权, 黄茹. 以蓄为主盐碱地综合治理工程设计的合理性研究. 水利学报, 2009, 40(12): 1512-1516.
- [14] 潘延鑫, 罗纨, 贾忠华, 刘文龙, 李山, 武迪. 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测. 生态学报, 2014, 34(3): 597-604.
- [15] 杨劲松, 姚荣江, 王相平, 谢文萍. 河套平原盐碱地生态治理和生态产业发展模式. 生态学报, 2016, 36(22): 7059-7063.
- [16] 张晓光, 黄标, 梁正伟, 赵永存, 孙维侠, 胡文友. 松嫩平原西部土壤盐碱化特征研究. 土壤, 2013, 45(2): 332-338.
- [17] 关元秀, 刘高焕, 王劲峰. 基于 GIS 的黄河三角洲盐碱地改良分区. 地理学报, 2001, 56(2): 198-205.
- [18] 王善仙, 刘宛, 李培军, 吴海燕. 盐碱土植物改良研究进展. 中国农学通报, 2011, 27(24): 1-7.
- [19] 孙在金, 黄占斌, 陆兆华. 不同环境材料对黄河三角洲滨海盐碱化土壤的改良效应. 水土保持学报, 2013, 27(4): 186-190.
- [20] 杨越, 杜会石, 哈斯, 张萍, 吴霞, 杨一, 安晶, 任本超, 李元. 马尔柯夫模型在预测吉林省西部土地盐碱化发展趋势中的应用. 湖南农业科学, 2012, (9): 60-64.
- [21] 邹滨, 董明辉, 杨令宾, 佟志军. 松嫩平原西部土地盐碱化预测研究. 自然资源学报, 2009, 24(6): 1022-1029.
- [22] 李建平, 赵江洪, 张柏, 王宗明, 宋开山, 郑树峰. 基于 Markov 模型的松嫩平原南部土地盐碱化预测研究. 农业系统科学与综合研究, 2006, 22(4): 264-267.
- [23] 谷洪彪, 迟宝明, 姜纪沂. 灾害学定义之下的土壤盐碱化风险评价. 吉林大学学报: 地球科学版, 2013, 43(5): 1623-1629.
- [24] Castrignanò A, Buttafuoco G, Puddu R. Multi-scale assessment of the risk of soil salinization in an area of South-Eastern Sardinia (Italy). Precision Agriculture, 2008, 9(1/2): 17-31.
- [25] Cramer V A, Hobbs R J. Assessing the ecological risk from secondary salinity: a framework addressing questions of scale and threshold responses. Austral Ecology, 2005, 30(5): 537-545.
- [26] El-Gammal M I, Ali R R, Abou Samra R M. GIS-based land degradation risk assessment of Damietta governorate, Egypt. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 2015, 2(3): 183-189.
- [27] 李晖, 易娜, 姚文璟, 王思琪, 李志英, 杨树华. 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划. 生态学报, 2011, 31(20): 5928-5936.
- [28] 吴昌广, 周志翔, 王鹏程, 肖文发, 滕明君. 景观连接度的概念、度量及其应用. 生态学报, 2010, 30(7): 1903-1910.
- [29] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟. 景观生态学原理及应用. 2 版. 北京: 科学出版社, 2014: 36-44.
- [30] 张娜. 景观生态学. 北京: 科学出版社, 2014: 1-84.
- [31] 杜悦悦, 胡熠娜, 杨旸, 彭建. 基于生态重要性和敏感性的西南山地生态安全格局构建——以云南省大理白族自治州为例. 生态学报, 2017, 37(24): 8241-8253.
- [32] 王旭熙, 彭立, 苏春江, 徐定德, 陈田田. 基于景观生态安全格局的低丘缓坡土地资源开发利用——以四川省泸县为例. 生态学报, 2016, 36(12): 3646-3654.
- [33] 徐淑清, 梁晓红, 宋丽. 林甸县地下水动态研究分析. 黑龙江水利科技, 2010, 38(2): 185-186.
- [34] 吴丹, 靳和平, 王晨光. 林甸县地下水可开采资源量评价. 黑龙江水利科技, 2010, 38(2): 38-39.