

玛纳斯河流域土壤盐渍化时空动态变化

张添佑, 王玲, 罗冲, 彭丽

(石河子大学 理学院, 新疆 石河子 832000)

摘要:土壤盐渍化是土地荒漠化的重要方式之一,研究土壤盐渍化时空动态变化对土地管理利用具有重要意义。以玛纳斯河流域为研究区,采用1975年、1990年、2000年、2014年4期遥感影像为数据源,结合野外调查分析,分别提取了玛纳斯河流域土壤盐渍化信息,运用统计和空间分析方法对研究区近40 a的土壤盐渍化时空动态变化进行研究,并对引起其变化的驱动因子进行了分析。结果表明:(1)近40年玛纳斯河流域土壤受不同程度盐渍化侵扰复杂变化,总体呈逐渐减轻的趋势,其中重度盐渍化减少了2 369.4 km²,中度盐渍化处于稳定波动状态,轻度盐渍化增加了1 408.0 km²,耕地面积增加了3 443.5 km²;(2)玛纳斯河流域土壤盐渍化在空间上分布具有明显的区域性,其中重度、中度盐渍化主要分布在中游水库周围以及下游与古尔班通古特沙漠的过渡带,轻度盐渍化与耕地镶嵌分布;(3)玛纳斯河流域土壤盐渍化1975—1990年在空间总体变化上呈加重的趋势;1990—2000年在空间分布上呈减轻的趋势;2000—2014年又出现大面积的恶化趋势;(4)政策实施以及经济刺激是推动土壤盐渍化治理的有效措施。随着全球气候变暖,耕地面积的不断扩大,水资源利用的不合理,这必将增加土壤盐渍化的不确定性。

关键词:土壤盐渍化;遥感;时空变化;玛纳斯河流域

中图分类号:S156.4⁺1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)01-0228-06

Spatiotemporal Change of Soil Salinization in Manasi River Basin

ZHANG Tianyou, WANG Ling, LUO Chong, PENG Li

(School of Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Soil salinization is one of the main forms of land desertification. Therefore, study on the dynamic changes of soil salinization is very important for land management and utilization. Soil salinization information in the Manas River basin was extracted from four sets of Landsat TM/ETM⁺ images in 1975, 1990, 2000 and 2014. Then spatiotemporal dynamic changes were analyzed using statistical and spatial analysis methods. The results show that: (1) the severe salinization area reduced by 2 369.4 km²; the moderate salinization area remained stable; the slight salinization area increased by 1 408.0 km²; and the cultivated land area increased by 3 443.5 km² from 1975 to 2014; (2) the distribution of soil salinization had the obvious spatial characteristics, with the severe and moderate salinization areas mainly distributing around the reservoir in the middle reaches and around the Gurbantunggut Desert in the downstream, mild salinization embedded in the cultivated land; (3) the degree of soil salinization had increased from 1975 to 1990, decreased from 1990 to 2000, and deteriorated from 2000 to 2014; (4) valid policy and economic measure are effective to improve the management of soil salinization. With the global climate warming, the continuous expansion of cultivated land area, and the unreasonable utilization of water resources, the uncertainty of soil salinization change will increase.

Keywords: soil salinization; remote sensing; spatiotemporal changes; Manas River Basin

随着全球气候变暖问题日益突出,土壤盐渍化问题已经成为各国所关切的全球性问题,全球约有7%的土地资源受到盐渍化的威胁,而且这个数字还在持续上升^[1]。土壤盐渍化以及由于灌溉引起的次生盐渍化成为我国干旱、半干旱区重要的生态环境问题之

一^[2-3]。我国是盐渍化影响严重的国家之一,土壤盐渍化问题非常突出^[4],是土地荒漠化的主要方式之一,造成土地资源的浪费,严重制约区域农业经济的发展,并严重影响区域生态环境的可持续发展^[5]。气候干旱,蒸发强度大、地下水位高是引起土壤盐渍化

的主要因素^[6-7]。以传统的方式对土壤盐渍化进行动态监测,不仅难度大、周期长,而且耗费大量的人力、财力、物力^[8]。然而,遥感的手段具有监测范围大、周期短、信息量大、成本低、快速的特征,因此使得在区域尺度上对盐渍土分布状况监测成为可能^[9-10]。

玛纳斯河流域是天山北麓中段重要的发展区域,随着城市人口的不断扩张,农业生产压力在不断增加,由于在土地开发利用过程中,对区域生态环境了解不全面,水资源管理利用不合理,造成大面积土地次生盐渍化^[11]。土壤盐渍化的时空动态监测是对区域盐渍化发展过程全面了解的重要方法,这将为区域盐渍化治理、土地退化防治、生态环境的可持续发展提供基础理论^[12-13]。已有学者针对新疆干旱区土壤盐渍化的特征对盐渍化土壤的类型划分、形成、治理及遥感信息提取等进行了大量研究^[14-15],同时对我国受土壤盐渍化影响明显的区域进行动态监测^[16-17]。本文将采用 3S 技术,以 4 期遥感影像数据,并结合土地利用覆被、地形、地貌等数据对玛纳斯河流域近 40 a 来土壤盐渍化信息进行提取,利用重要性指数和面积变化率指数揭示土壤盐渍化在不同时期的变化强度,依据转移矩阵模型对玛纳斯河流域时空演变特征及动态变化规律进行分析,为区域土地资源的合理开发、管理提供技术支持,保障区域经济、生态、农业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

玛纳斯河流域研究区地理位置为 43°27′—45°21′N, 85°01′—86°32′E。玛纳斯河流域位于新疆天山北麓中段,准噶尔盆地南缘,南起依连哈比尔尕山北坡分水岭,北接古尔班通古特沙漠,东起塔西河,西至巴音沟河,玛纳斯河是流量最大的河流。玛纳斯河流域地势由东南向西北倾斜,由南向北依次为高山区、山区、冲积扇、绿洲灌区、荒漠区 5 种地貌单元;年平均气温 4.7~5.7℃,冬季长且严寒,夏季短且炎热,气候干燥,日温差较大;降水主要集中在受西风影响的夏季,年降水量由山地的≥500 mm,减少到河流末端的 100 mm;年平均蒸发量 1 500~2 100 mm^[18]。研究区主要以农业生产为主,自 20 世纪 60 年代开荒以来,由于对水资源管理认识不足,大面积的冲盐、洗盐,抬高地下水位,导致产生土壤次生盐渍化,再加上传统灌溉方式主要是漫灌为主,过量的漫灌加剧地下水位的上升,使得土壤盐渍化进一步加剧,导致土地荒漠化加重,造成土地资源的流失,对地区农业生产、经济、社会以及生态环境的可持续发展带来负面影响^[11]。

1.2 数据来源

本文采用 1975—2014 年四期美国陆地卫星遥感影像为基本数据源,数据来源于美国地质调查局网站(<http://glovis.usgs.gov/>)和地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>),空间分辨率为 30 m,信息如表 1 所示。同时结合 1:50 000 地形图、行政区划图、土地利用现状图、DEM 数字高程图、土壤类型图等基础数据,统计资料(气象、水文、人口、土壤、社会经济等)以及野外调查数据。对遥感影像数据进行预处理,采用 Flaash 模型对影像进行辐射校正,通过行政边界进行拼接裁剪。

表 1 研究区遥感数据源基本情况

年份	传感器	Path/row	时相选择
1975	MSS	155/28,29,30	1975 年 7 月 26 日
1990	TM	144/28,29,30	1995 年 7 月 27 日
2000	ETM+	144/28,29,30	2000 年 8 月 27 日
2014	OLI	144/28,29,30	2013 年 8 月 22 日

1.3 基于遥感影像的土壤盐渍化信息提取

利用最大似然法的监督分类方法与决策树相结合的方法进行土壤盐渍化信息提取。通过资料查询以及已有的影像解译先验知识,结合玛纳斯河流域盐碱地影像特征及野外实地考察验证,在研究区将地类分为 6 类:重度盐渍化、中度盐渍化、轻度盐渍化、耕地、水体、其他,并建立影像解译标志^[17](表 2),利用 Kappa 系数对四期分类结果进行精度验证:85.70%,87.39%,87.41%,90.02%,精度满足研究需求。

1.4 土壤盐渍化时空演变分析方法

不同盐渍化土壤类型变化的空间位置、类型、剧烈程度是研究的重要内容,将有助于评估变化的后果,预测变化的趋势^[19]。

(1) 重要性指数

$$C_i = \frac{A_i}{A} \times 100\% \tag{1}$$

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \tag{2}$$

式中: C_i ——第 i 种变化类型的土地利用变化重要性指数,取值 0~1; A_i ——第 i 类土地类型变化面积(km^2); A ——该区域各类土地变化面积之和(km^2), C_i 值越大,说明第 i 类土壤类型变化越占主导。

(2) 变化面积比重

$$D = \frac{A_i}{S} \times 100\% \tag{3}$$

式中: D ——土地利用变化面积的比重,取值 0~1,百分数; A_i ——区域各类土地类型变化面积之和(km^2),计算公式见式(2); S ——区域面积(km^2), D 值越大,说明该区域土地利用变化越剧烈。

表 2 玛纳斯河流域土壤盐渍化分类及遥感影像解译标志

类别	分布特点	影像特征
重度盐渍化	分布在洪积扇边缘、平原、三角洲地区以及玛纳斯湖周围、古尔班通古特沙漠边缘	作物严重受到抑制,白色片状,土壤含盐量 $\geq 10\%$,有明显的盐结皮,植被总覆盖度 $0\%\sim 1\%$
中度盐渍化	分布在洪积扇边缘,地势平坦,玛纳斯湖周围以及新开耕地、绿洲内,重度盐渍化的边缘	浅灰色、白色图斑混杂,土壤含盐量 $5\%\sim 10\%$,片状分布,植被总覆盖度 $1\%\sim 5\%$
轻度盐渍化	分布在地势较为平缓、洪积扇中下部,耕地边缘	作物长势稍受抑制,呈现不均匀红色,土壤含盐量 $0\%\sim 5\%$,植被总覆盖度较高 $5\%\sim 15\%$
耕地	分布在平原研究区中部,呈片状分布	色调鲜亮均一,植被长势旺盛,有明显的规则几何形状。
水体	零星分布在绿洲中间	呈黑色,水库、坑塘、湖泊
其它	分布于洪积扇上部,区域北部	戈壁滩,沙漠,海拔大于 $1\,200\text{ m}$ 的山地

(3) 转移矩阵。转移矩阵常用来具体刻画区域不同土地类型的结构变化特征与变化方向,可以对系统的状态转移进行定量描述,其数学形式为^[20]:

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{vmatrix} \quad (4)$$

式中: S ——面积; n ——不同盐渍化土壤类型数; i , j ——研究初期与研究末期的盐渍化土壤类型,在具体的表现中以表格的形式表示(表 3,4,5)。

(4) 重心转移模型。重心转移模型可以定性定量地对盐渍地空间变化进行分析,坐标计算公式如下:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (5)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (6)$$

式中: X , Y ——某个盐渍地类型的重心坐标; C_i ——该类型盐渍地的第 i 类型的面积,通过计算重心坐标的变化研究不同时期盐渍地的空间变化规律^[21]。

2 结果与分析

2.1 盐渍化土壤分类面积统计分析

研究区四期遥感影像盐渍化土壤面积统计结果见

表 3 1975—2014 年七期影像盐渍化土壤分类面积统计

盐渍化 土壤类型	1975 年		1990 年		2010 年		2014 年	
	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/%
其他	20264.6	59.5	21723.8	63.8	22249.1	65.4	17950.1	52.7
水体	51.3	0.2	164.7	0.5	332.8	1.0	174.6	0.5
耕地	2080.7	6.1	1093.1	3.2	2310.0	6.8	5524.2	16.2
重度盐渍化	3763.8	11.1	3256.7	9.6	1046.8	3.1	1394.4	4.1
中度盐渍化	5794.1	17.0	4496.3	13.2	4698.6	13.8	5500.8	16.2
轻度盐渍化	2081.6	6.1	3316.7	9.7	3395.7	10.0	3489.6	10.3

1975—1990 年各盐渍化土壤类型相互转化复杂,其中耕地转出为重度盐渍化、中度盐渍化、轻度盐渍化面积分别为 $25.1,71.8,868.8\text{ km}^2$,耕地受轻度盐渍化侵扰严重;重度盐渍化转出为耕地、中度盐渍

表 3,重度土壤盐渍化面积在 1975 年、1990 年、2010 年、2014 年分别为 $3\,763.8,3\,256.7,1\,046.8,1\,394\text{ km}^2$,对比 2000 年前后有明显的下降趋势;四期中度盐渍化面积分别为 $5\,794.1,4\,496.3,4\,698.6,5\,500.6\text{ km}^2$;四期轻度盐渍化面积分别为 $2\,081.6,3\,316.7,3\,395.7,3\,489.6\text{ km}^2$,呈增加趋势;同样耕地面积从 1975 年的 $2\,080.7\text{ km}^2$ 变化到 2014 年的 $5\,524.2\text{ km}^2$,增长了 2.65 倍(表 3)。盐渍化土壤主要分布在冲积扇边缘、平原、三角洲等地势平坦的区域;重度盐渍化主要分布在在 149 团、150 团、142 团、144 团、沙湾县的中部地区;中度盐渍化土壤主要分布在古尔班通古特沙漠的南缘及灌区;轻度盐渍化主要分布在耕地与其它用地的交错带。

2.2 不同盐渍化土壤类型时空动态分析

为了更深入地分析在不同时间段不同土壤盐渍化类型变化特征,根据分类结果,采用转移矩阵模型,利用 ENVI 5.2 软件 Change Detaction Statistic 模块、ArcGIS 软件、Excel 的数理统计功能,将 1975 年、1990 年、2000 年、2014 年的土地盐渍化分布结果图进行统计分析,获得 1975—1990 年,1990—2000 年,2000—2014 年的土壤盐渍化转移矩阵数据(表 4—6),以及变化趋势的空间分布(图 1)。

化、轻度盐渍化分别为 $40.7,1\,106.7,221.1\text{ km}^2$;中度盐渍化转出为耕地、重度盐渍化、轻度盐渍化分别为 $102.68,892.4,536.5\text{ km}^2$;轻度盐渍化转出为耕地、重度盐渍化、中度盐渍化分别为 $280.7\text{ km}^2,80.2$

km², 179.1 km²(表 4);在空间分布上(图 1A),灌区的土壤盐渍化整体趋势在不断加重,在古尔班通古特北部及玛纳斯湖周围土壤盐渍化有好转的趋势。

$C_{\text{中度盐渍化}}$ 指数为 0.33,重度盐渍化 D 指数为 0.1,表明中度盐渍化类型在变化中占主导地位,且变化最为剧烈(表 7)。

表 4 玛纳斯河流域 1975—1990 年盐渍化土壤变化转移矩阵 km²

土地利用类型		1975 年					
		其他	耕地	重度盐渍化	水体	中度盐渍化	轻度盐渍化
1990 年	耕地	226.6	441.5	40.7	0.8	102.68	280.7
	重度盐渍化	296.2	25.1	1958.2	0.9	892.4	80.2
	水体	37.7	42.9	7.1	39.0	17.85	19.5
	中度盐渍化	722.02	71.8	1106.7	1.1	2412.15	179.1
	轻度盐渍化	821.8	868.2	221.1	5.1	536.5	861.0

表 5 玛纳斯河流域 1990—2000 年盐渍化土壤变化转移矩阵 km²

土地利用类型		1990 年					
		其他	耕地	重度盐渍化	水体	中度盐渍化	轻度盐渍化
2000 年	耕地	492.3	691.1	52.1	6.1	135.7	933.4
	重度盐渍化	93.2	2.5	405.0	3.3	457.5	8.6
	水体	6.9	0.6	211.8	67.4	36.7	9.5
	中度盐渍化	743.4	1.6	1842.1	3.1	2070.2	39.5
	轻度盐渍化	797.1	334.8	190.2	67.0	452.1	1555.3

表 6 玛纳斯河流域 2000—2014 年盐渍化土壤变化转移矩阵 km²

土地利用类型		2000 年					
		其他	耕地	重度盐渍化	水体	中度盐渍化	轻度盐渍化
2014 年	耕地	1230.6	1852	260.0	4.7	507.3	1669.4
	重度盐渍化	337.0	3.7	346.6	181.4	410.0	115.6
	水体	23.1	1.0	15.7	91.0	11.4	32.3
	中度盐渍化	1870.8	29.7	206.8	21.1	3156.0	215.4
	轻度盐渍化	1437.8	386.3	181.6	24.1	286.0	1173.8

表 7 玛纳斯河流域 1975—1990 年、1990—2000 年、2000—2014 年变化的主要盐渍化土壤类型

盐渍化土壤类型	1975—1990		1900—2000		2000—2014	
	C_i	D	C_i	D	C_i	D
其他	0.21	0.06	0.22	0.06	0.49	0.14
耕地	0.16	0.05	0.04	0.01	0.05	0.01
重度盐渍化	0.18	0.05	0.29	0.08	0.07	0.02
水体	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01
中度盐渍化	0.33	0.10	0.25	0.07	0.15	0.05
轻度盐渍化	0.12	0.04	0.17	0.05	0.22	0.07

1990—2000 年耕地转出为重度盐渍土、中度盐渍土、轻度盐渍土分别为 93.21,743.41,797.11 km²;重度盐渍化转出为耕地、中度盐渍化、轻度盐渍化分别为 52.11,1 842.11,190.21 km²;中度盐渍化转出为耕地、重度盐渍化、轻度盐渍化分别为 135.71,457.51,452.11 km²;轻度盐渍化转出为耕地、重度盐渍化、中度盐渍化分别为 933.41,8.61,39.51 km²(表 5);在空间分布上(图 1B),盐渍化在荒漠区及灌区土壤盐渍化变化呈减缓趋势。1990—2000 年的 $C_{\text{重度盐渍化}}$ 指数为 0.29, $C_{\text{中度盐渍化}}$ 为 0.25,重度盐渍化 D 指数为

0.08,中度盐渍化 D 指数为 0.07(表 7),因此,1990—2000 年中度盐渍化与重度盐渍化类型的变化最为剧烈,主导区域土壤盐渍化类型的变动。

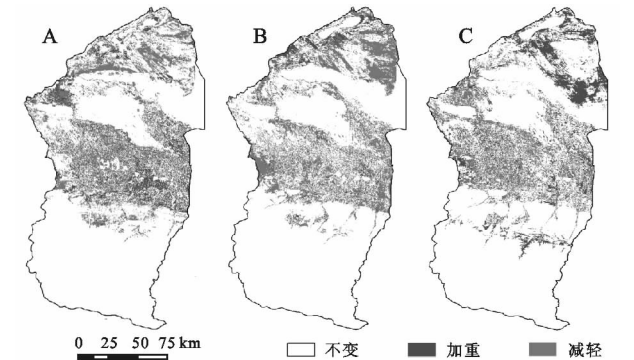


图 1 1975—2014 年各时期玛纳斯流域土壤盐渍化时空变化分布

2000—2014 年耕地转出为重度盐渍土、中度盐渍土、轻度盐渍土分别为 3.7,29.7,386.3 km²;重度盐渍化转出为耕地、中度盐渍化、轻度盐渍化分别为 260.0,206.8,181.6 km²;中度盐渍化转出为耕地、重度盐渍化、轻度盐渍化分别为 507.3 km²,410.0 km²,286 km²;轻度盐渍化转出为耕地、重度盐渍化、中度盐渍化分别为 1 669.4,115.6,215.4 km²(表

6);在空间分布上(图 1C),荒漠区域盐渍化变化趋势呈增长趋势,在灌区有增加的区域,也有较少的区域。 $C_{其他}$ 为 0.49, $C_{轻度盐渍化}$ 为 0.22, $C_{中度盐渍化}$ 为 0.15, $C_{重度盐渍化}$ 为 0.07, 其中 $C_{其他}$ 最大, 表明其他用地类型在这一时期变化中占据主导, $C_{轻度盐渍化}$ 为 0.22, D 指数反映与 C_i 指数一致, 表明这一时期变化最为剧烈的类型是其它, 结合(表 3), 轻度盐渍化与耕地的转化也表现明显, 耕地变化最为剧烈(表 7)。

2.3 不同土壤盐渍化类型重心转移分析

以重心转移理论为依据, 对区域土壤盐渍化类型空间转移进行分析。利用 ArcGIS 软件获取各盐渍化土壤类型的重心经纬度坐标, 在 Excel 中制做图表分析空间转移情况(图 2)。1975—2014 年耕地的转移方向持续向东南方向迁移; 1975—2014 年轻度盐渍化土壤的转移方向是向东迁移; 1975—2014 年中度盐渍化向东偏北的方向迁移; 重度盐渍化先向西南方向迁移, 2000 年之后又向东迁移。近 40 a 来耕地的不断扩张, 盐渍化分布发展也在不断变化, 土壤盐渍化重心也在不断转移。

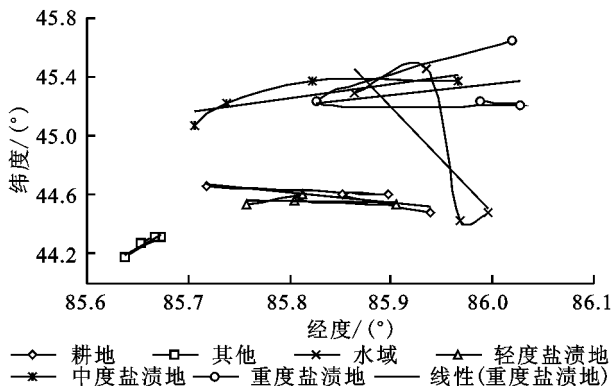


图 2 过去 40 年不同盐渍化土壤类型重心转移

2.4 土壤盐渍化演变的成因分析

2.4.1 地下水位变化影响 水库以及灌溉支流下渗是引起地下水位上升的重要因素之一, 2012 年乔木等^[17]对渭干河流域河道水库等水网系统渗透率进行分析, 得出水库储水除了地表蒸发耗散外, 渗漏是造成水库水耗散的重要部分, 也是引起水库周围盐渍化重要因素^[23]。在中游的水库周围重度盐渍化以及中度盐渍化分布明显。在中游区域水库水不仅对其自身周围造成土壤盐渍化, 同时由于下渗造成地下水位上升, 对受影响的地下水区域同样造成土壤盐渍化。

在下游的荒漠区域, 地下水位 1998—2004 年有下降的趋势, 石河子市自 20 世纪 60 年代以来, 地下水位累计下降 13~20 m^[24], 地下水位的下降与 2000 年前后在荒漠区重度盐渍化与中度盐渍化过渡明显相对应。

2.4.2 土地利用类型变化的影响 在流域范围内农业政策以及水土资源方面的优势使得 1975—2014 年

耕地面积不断扩大, 同时由于耕地经营方式不同, 轻度盐渍化与耕地转化频繁, 但是总体趋势是耕地增加明显^[25]。

野外调查与访谈农户得出, 在 2000 年之前由于大面积的漫灌造成区域盐渍化严重, 在 2000 年之后随着滴管技术的不断应用, 耕地内土壤盐渍化受到明显的抑制; 通过不断改良治理, 在 2000 年之后耕地内盐渍化面积逐渐缩减, 但是耕地面积不断扩大, 管理上的缺陷滋生次生盐渍化出现。在受影响的耕地内, 出苗率虽然很低, 但是生产者坚持种植农作物, 通过 3~5 a 的耕作使得耕地得到改良。

2.4.3 气候变化的影响 玛纳斯河流域位于西北干旱区, 远离海洋, 属于典型的大陆性暖温带干旱气候, 区域降水少, 蒸发量大。干旱气候条件决定区域水分主要以蒸发为主的方式进行输出, 这是造成土壤盐渍化的重要动力因素。随着全球变暖的趋势发展, 西北干旱区气温和降水在过去 50 a 出现过“突变型”升高, 进入 21 世纪, 降水与气温均处于高位震荡, 1993 年西北干旱区蒸发潜力增加^[26]。蒸散强度的增强, 将又是加剧土壤受盐渍化侵蚀的重要推力。

3 结论与讨论

(1) 盐渍化土壤总体数量有减少的趋势, 玛纳斯河流域耕地面积增加了 3 442.6 km², 重度盐渍化面积减少了 2 369.4 km², 轻度盐渍化面积增加了 1 408.0 km², 中度盐渍化面积减少了 293.3 km², 玛纳斯河流域土壤盐渍化整体呈减弱趋势; 在不同的时间段内, 主导变化的土壤盐渍化类型不同, 在 1975—1990 年主导盐渍化变化的是中度盐渍化类型, 也是变化最为剧烈的类型, 1990—2000 年主导面积变化的是重度盐渍化类型, 变化最为剧烈的是重度盐渍化类型, 2000—2014 年主导的面积变化类型是其他用地类型, 变化最为剧烈的是耕地类型。

(2) 重度盐渍化在古尔班通古特沙漠边缘和玛纳斯湖周围的荒漠区域分布突出, 在受人类活动影响大的灌区地下水自溢的部分区域, 在 149 团、150 团、142 团、144 团、沙湾县都分布有大面积的重度盐渍化; 中度盐渍化土壤主要分布在流域下游荒漠区域以及绿洲内部, 与重度盐渍化分布相邻; 轻度盐渍化主要分布在绿洲内部, 在耕地与其他用地镶嵌分布。

(3) 1975—1990 年盐渍化空间变化复杂, 整体呈恶化的趋势, 尤其在灌区中部; 在荒漠区域呈减轻的趋势; 1990—2000 年整体变化趋势呈良性发展, 在灌区以及荒漠区盐渍化都呈现出减轻的趋势; 2000—2014 年流域下游的荒漠区盐渍化加重明显, 在灌区

有恶化的态势。(4)近40a重度盐渍化先向西南迁移,再向东北转移;中度盐渍化向东北方向转移变化;轻度盐渍化向东转移;耕地持续向东南方向转移,水域的变化较为复杂,先向东北转移,再向东南方向转移,最后向东北方向迁移。

土壤盐渍化的形成蔓延受多方面复杂因素影响,人类活动是影响土壤盐渍化的主导因素,在土地利用开发过程中,人类盲目地开垦扩张,加上灌溉的不合理,最终导致土壤盐渍化面积不断蔓延。近40a来,玛纳斯河流域土壤盐渍化受区位条件和人类活动的共同作用发生复杂变化,在受人类活动频繁的灌区,盐渍化出现好转也出现恶化,这与人类利用土地资源的合理性有直接的关系。随着全球变暖的趋势,将深刻影响区域生态系统的稳定性,水资源的分布、土地资源的变化以及人类活动的发展方向,这都将直接或间接影响土壤盐渍化的变化。

参考文献:

- [1] 李建国,濮励杰,朱明,等.土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J].地理学报,2012,67(9):1233-1245.
- [2] Muyen Z, Moore G A, Wrigley R J. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia[J]. Agricultural Water Management,2011,99(1):33-41.
- [3] Wang H, Jia G. Satellite-based monitoring of decadal soil salinization and climate effects in a semi-arid region of China[J]. Advances in Atmospheric Sciences,2012,29(5):1089-1099.
- [4] 杨劲松.中国盐渍土研究的发展历程与展望[J].土壤学报,2008,45(5):837-845.
- [5] 王佳丽,黄贤金,钟太洋,等.盐碱地可持续利用研究综述[J].地理学报,2011,66(5):673-684.
- [6] Bouksila F, Bahri A, Berndtsson R, et al. Assessment of soil salinization risks under irrigation with brackish water in semiarid Tunisia[J]. Environmental and Experimental Botany,2012,92:176-185.
- [7] 单奇华,张建锋,唐华军,等.质量指数法表征不同处理模式对滨海盐碱地土壤质量的影响[J].土壤学报,2012,49(6):1094-1102.
- [8] 吕真真,刘广明,杨劲松.新疆玛纳斯河流域土壤盐分特征研究[J].土壤学报,2013,50(2):289-295.
- [9] Metternicht G I, Zinck J A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints[J]. Remote Sense Environment,2003,85(1):1-20.
- [10] 李艳华,丁建丽,孙永猛,等.基于三维特征空间的土壤盐渍化遥感模型[J].水土保持研究,2015,22(4):113-117,121.
- [11] 封玲.玛纳斯河流域农业开发与生态环境变迁研究[D].南京:南京师范大学,2005.
- [12] 李会志,李新国,王影.基于遥感技术的开都河下游绿洲区土壤盐渍化动态监测研究[J].国土资源遥感,2010(1):85-88.
- [13] 王宏,塔西甫拉提·特依拜,谢霞,等.艾比湖区域土壤盐渍化时空演变研究[J].干旱区资源与环境,2011,25(12):137-144.
- [14] 王海江.玛纳斯河流域土壤盐渍化过程和格局特征及盐渍土改良模式探讨[D].北京:中国农业大学,2014.
- [15] 李新国,李会志,王影,等.开都河下游灌区土壤盐渍化研究[J].水土保持研究,2010,17(6):111-114.
- [16] 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):64-67,72.
- [17] 乔木,周生斌,卢磊,等.新疆渭干河流域土壤盐渍化时空变化及成因分析[J].地理科学进展,2012,31(7):904-910.
- [18] 凌红波,徐海量,张青青,等.1956—2007年新疆玛纳斯河流域气候变化趋势分析[J].冰川冻土,2011,33(1):64-71.
- [19] 罗娅,杨胜天,刘晓燕,等.黄河河口镇—潼关区间1998—2010年土地利用变化特征[J].地理学报,2014,69(1):42-53.
- [20] 朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003,58(5):643-650.
- [21] 王宏卫,塔西甫拉提·特依拜.干旱区盐渍地遥感动态监测及其驱动力研究:以渭干河—库车河三角洲绿洲为例[J].干旱区地理,2009,32(3):445-453.
- [22] 姚远,丁建丽,王刚,等.土库曼斯坦穆尔加布:捷詹绿洲生态系统服务价值对土地利用变化的响应[J].干旱区地理,2014,37(1):134-143.
- [23] 谢晓勇,侍克斌.干旱区平原水库渗流及下游土壤盐渍化分析[J].水资源与水工程学报,2014,25(2):180-183.
- [24] 文力.西北典型内陆河流域地下水开发利用与生态环境保护模式:以玛纳斯河流域为例[D].北京:中国地质科学院,2006.
- [25] 李均力,姜亮亮,包安明,等.1962—2010年玛纳斯流域耕地景观的时空变化分析[J].农业工程学报,2015,31(4):277-285.
- [26] 陈亚宁,李稚,范煜婷,等.西北干旱区气候变化对水文水资源影响研究进展[J].地理学报,2014,69(9):1295-1301.