1985－2014 年新疆玛纳斯灌区土壤盐渍化时空变化及成因

李 夏[1,2]，乔 木[1]，周生斌[1]

（1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011；2. 中国科学院大学，北京 100049）

摘 要：[目的] 分析玛纳斯灌区进行盐碱地空间分布格局，清楚认识当地盐碱地类型和时空变化规律，找出因地制宜的盐碱地改良措施。[方法] 以 1985 年玛纳斯灌区土壤普查数据，1998 年 Landsat TM，2006 和 2014 年 CBERS(China-Brazil earth resource satellite)影像为数据源，运用 RS 和 GIS 技术提取研究区 4 个时期土壤盐渍化信息，利用土地转移矩阵和盐渍化动态度模型分析 30 a 来玛纳斯灌区土壤盐渍化时空动态变化，并探讨灌区盐渍化的驱动因素。[结果] (1) 1985—2014 年，盐渍化土地总面积增加，从 1985 年的 4.27×10^4 hm^2 增加到 2014 年的 7.90×10^4 hm^2。(2) 灌区土壤盐渍化主要分布在灌区内部，呈块状分布。[结论] 自然因素是土壤盐渍化形成与变化的内因，人为影响则是促进土壤盐渍化尤其是绿洲次生盐渍化发展的驱动因素之一。

关键词：玛纳斯灌区；时空变化；土壤盐渍化

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2016)03-0152-07 **中图分类号**：S156.4

文献参数：李夏，乔木，周生斌. 1985—2014 年新疆玛纳斯灌区土壤盐渍化时空变化及成因[J]. 水土保持通报，2016，36(3)：152-158. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2016.03.028

Causes and Spatial-temporal Changes of Soil Salinization in Manasi Irrigation Region of Xinjiang Region During 1985－2014

LI Xia[1,2], QIAO Mu[1], ZHOU Shengbin[1]

(1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang* 830011, *China*; 2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: [Objective] To investigate the spatial distribution of saline alkali land in Manasi irrigation area, in order to understand the type and the spatial and temporal changes of local saline alkali land, and find out appropriate improvement measures. [Methods] Based on the soil data in 1985, Landsat TM images in 1998 and CBERS(China-Brazil earth resource satellite) images in 2006 and 2014, the RS and GIS technology was used to extract the information of soil salinization during four periods. The land transfer matrix was used to analyze the spatial-temporal changes of salt-affected land in Manasi irrigation region during the past 30 years. [Results] (1) The area of soil salinization land in Manasi irrigation region had increased from 4.27×10^4 to 7.90×10^4 hm^2 during the past 30 years. (2) Soil salinization was mainly distributed in the inner area of Manasi irrigation region, represented as a block pattern. [Conclusion] Nature factors are the internal causes of the formation and change of the soil salinization, and anthropogenic influence is one of the driving factors that promoting the development of soil salinization, especially for the secondary salinization of oasis.

Keywords: **Manasi irrigation region; spatio-temporal variation; soil salinization**

土壤盐渍化现象通常发生在气候干旱、水分蒸发强度大、地下水位高且含有较多可溶性盐类的干旱、半干旱地区，目前已成为世界性的资源和生态问题，而新疆是世界的盐碱土博物馆，盐渍化种类繁多，土壤退

收稿日期：2015-06-30 **修回日期**：2015-07-27

资助项目：新疆维吾尔族自治区水利科技专项“玛纳斯绿洲棉花磁化水滴灌丰产技术应用示范”(Y542061001)

第一作者：李夏(1989—)，女(汉族)，河南省开封市人，硕士研究生，研究方向为干旱、半干旱区环境遥感和生态恢复。E-mail：461854951@qq.com。

通信作者：乔木(1957—)，男(汉族)，新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人，学士，研究员，硕士生导师，主要从事资源遥感应用和恢复生态学以及土壤质量管理研究。E-mail：qiaomu@ms.xjb.ac.cn。

化及盐碱化现象突出,严重威胁到新疆农业生产安全[1-5]。据统计,新疆盐渍化总面积达 8.48×10^6 hm^2,现有耕地中 31.1%的面积受到盐渍化的危害[6]。近年来由于温度的持续升高,进一步加剧了干旱区土壤的盐渍化状况。同时,由于在农业发展过程中存在排水系统不健全,土地不平整,灌水技术粗放等问题,导致土地次生盐渍化面积不断扩大,良田被迫弃耕,严重制约了新疆农业的可持续发展[7-8]。因此,及时地监测土壤盐渍化的现状和掌握其时空变化规律是治理盐渍化和防治其进一步恶化的必要前提。

目前,已有多位学者对干旱区土壤盐渍化进行研究,如吕真真等[9]应用相关分析和主成分分析方法分析了玛纳斯河流域各盐基离子之间及与土壤盐分含量的相关关系和该区土壤盐渍化主要的特征因子;李娜等[10]利用便携式光谱仪测量土壤光谱反射率,结合土壤盐分因子数据进行统计分析,探讨玛纳斯河流域土壤盐渍化现状特征及其与土壤光谱之间的关系;李宏等[11]对新疆塔里木河流域进行土地盐渍化专题信息提取,建立该地区土地盐渍化分类系统,提高土地盐渍化分类精度,对于建立生态环境监测系统有非常实用的价值。然而大部分土壤盐渍化研究都是基于流域尺度,对构成流域的灌区土壤盐渍化时空变化以及成因仍缺乏足够的研究。因此,本文选取具有代表性的玛纳斯灌区,运用遥感和 GIS 技术以及统计学方法,拟通过 4 期遥感数据,分析玛纳斯县近 30 a 来土壤盐渍化在时间和空间尺度上的变化规律,并探讨研究区土壤盐渍化的驱动力因素,以期为该区土地资源可持续利用以及生态环境的管理和决策提供科学依据。

1　研究区概况

玛纳斯县地处天山北麓、准噶尔盆地南缘,介于东经 85°34′—86°43′,北纬 43°28′—45°38′。玛纳斯河和塔西河是玛纳斯县主要的 2 大河系,其中,玛纳斯河全长 324 km,年径流量 1.26×10^9 m^3,流域面积 10 744 km^2。该区域年平均降雨量为 197 mm,降水年内分布主要集中在春、夏两季,占到全年降水的 70%左右,区域蒸发量为 1 600 mm 左右,年均气温 7.2 ℃,光热条件丰富,属于典型的温带大陆性干旱半干旱气候[12]。地势自东南向西北缓缓倾斜,地貌可分为 3 大类型:南部为天山山区和丘陵地,是优良的夏牧场;中部为冲积平原区,是该县主要产粮区;北部为沙漠区,是古尔班通古特沙漠的一部分,境内的山脉属天山依连哈比尔尕山中段。土壤主要由灌淤土、潮土、二潮灰潮土、硫酸盐化潮土、硫盐化草甸盐土组成,土壤盐渍化危害比严重,成为阻碍该灌区农业的可持续发展主要因素。

玛纳斯灌区地处玛纳斯河流域(简称玛河)的东南部。玛河是新疆水资源利用率较高的灌区,也是中国第 4 大灌溉农业区[13]。玛纳斯灌区气候干旱,旱季土壤在蒸发作用下积盐,雨季聚集在表层的土壤脱盐,因此区域地下水主要依靠蒸发维持平衡,使土壤常处于积盐状态[14]。不合理的灌溉方式又加剧了土壤次生盐渍化程度,严重阻碍了绿洲农业的健康可持续发展。

2　数据来源与研究方法

2.1　数据来源

本文的研究数据为 1985 年玛纳斯灌区土壤普查图(1∶100 000),1998 年 Landsat TM 遥感影像(分辨率 30 m,轨道号 144/30),2006 和 2014 年中巴资源卫星 CBERS 遥感影像(CBERS-02,分辨率 19.5 m)为主要信息源,辅以研究区地貌、土地利用图、历年气温、降水量分析和探讨玛纳斯灌区土壤盐渍化时空变化及成因。

不同时期、不同来源的 3 期遥感数据在盐渍化信息提取前,均进行了预处理,包括假彩色合成、几何校正和重采样等,以便增强卫星影像的可识别性。

2.2　基于土壤普查图的盐渍化信息提取

利用 ArcGIS 10.0 将 1985 年的玛纳斯流域土壤图件进行矢量化处理,完成图层的数字化,然后对各类土壤的盐渍化类型进行分类赋值,即提取出灌区内外盐渍化土壤和非盐渍化土壤图斑并合并,删除其他无关的土壤类型,提取生成 1985 年玛纳斯灌区土壤盐渍化数据。

2.3　基于遥感影像的盐碱地信息提取

按照新疆第二次土壤普查耕地土壤盐渍化盐分含量划分指标[14],依据 0—30 cm 土层厚度土壤盐分含量,划分为:轻、中、重盐渍化 3 个等级的盐渍化程度。

本文借助于 RS/GIS 软件,结合野外实地调查、盐碱地影像特征,划分出轻,中和非盐渍化土壤 3 个等级,并进一步基于前人研究和专家知识库建立相应的解译标志(表 1)。通过人机交互,对遥感影像进行解译、数字化,然后建立拓扑关系,并利用多次野外实地调查和与当地农民访谈数据,验证核实分类结果,反复对结果进行校正,分类精度可达 85%以上,该过程前人已做了大量工作,李义玲的文章有详细阐述[15],最终生成 1985,1998,2006 和 2014 年玛纳斯灌区土壤盐渍化数据(附图 8)。

表1 玛纳斯灌区土壤盐渍化分类及遥感影像解译标志

类 型	分布特点	影像特征
非盐渍化	分布于地势较高的洪积扇上部，老绿洲，河流两岸高处。排灌渠系完善，条田、林带、道路规则、整齐。地下水埋深>3 m，地下水矿化度<1 g/L	作物长势不受抑制，影像色调鲜艳，红色连片，色调均一
轻度盐渍化	分布地势较为平缓，洪积扇中下部，老绿洲边缘。排灌渠系较完善，条田、林带、道路比较规则、整齐。地下水埋深2.0～3 m，矿化度为1～3 g/L	作物长势稍受抑制，缺苗面积1/10～1/3，呈现出淡色或淡红色，色调深浅稍有不均匀。少量白色或者淡灰色的亮斑夹杂在红色地块，占到5%～10%
中度盐渍化	分布地势平洼，洪积扇下部，新绿洲内，新开耕地。地下水埋深1～2 m，矿化度为3～10 g/L	作物长势受到中度抑制，缺苗面积1/3～1/2。色调呈红色或浅红色不均匀图斑。浅色调、白色图斑混杂，占到红色面积的10%～25%
重度盐渍化	分布地势低洼，洪积扇下部，河流下游尾闾，新绿洲周边，多为新开耕地。地下水埋深<1.5 m，地下水矿化度10～30 g/L，周围非耕地的土壤盐分重及环境条件差	作物长势受严重抑制，缺苗面积>1/2，浅红色不均匀状，纹理参差不齐，质地粗糙。白色、灰白色图斑带状、面状夹杂在红色斑块中，占到50%以上

3 土壤盐渍化时空变化分析

3.1 土壤盐渍化数量的时序分析

根据4期遥感影像提取出的土壤盐渍化属性数据，统计出不同年份土壤盐渍化的面积(表2)，并制作不同年份的土壤盐渍化面积直方图和变化图(图1—3)。

采用动态度SSDI来描述研究区不同时期不同盐渍化类型面积的变化速率R_t(表3)，通过分析土壤盐渍化类型的总量的变化，可了解盐渍化的总态势和变化程度，其公式表示如下[16]：

$$R_t=\frac{(U_a-U_b)/U_b}{T}\times 100\%$$

式中：U_a，U_b——研究初期、末期某盐渍化类型的面积；T——研究时段长；当T为年时，R_t为研究时段内某盐渍化类型的年变化率。$R_t>0$时表示盐渍化土地面积减少，$R_t<0$时表示土壤盐渍化面积增加。

据表2—3，结合图1—2可知，近30 a来玛纳斯灌区土壤盐渍化面积发生了明显的变化，盐渍化程度总体上减弱，各类盐渍化类型在不同时间段表现出不同的变化速率。总趋势是：随着耕地面积的扩大，盐渍化土地面积相应增加；灌区盐土面积不断减少，且减少较快，中度盐渍化耕地与其他土壤类型面积有所减少；非盐渍化耕地与轻度盐渍化耕地面积明显增加。

在1985—2014年内，灌区盐土面积的变化最为明显，其次为非盐渍化耕地，再者是轻度盐渍化与中度盐渍化耕地。盐土面积呈持续减少趋势，近30 a共减少了9.45×10^4 hm^2，1998—2006年减少速度较快，R_t高达13；中度盐渍化耕地面积呈现先减少后增加再减少趋势，近30 a共减少1.32×10^4 hm^2，1985—1998年减少1.65×10^4 hm^2，1998—2006年增加速度较快，R_t为-8.80，2006—2014年减少1.60×10^4 hm^2，R_t达17.37；轻度盐渍化耕地面积呈先增加后减少变化，1985—2006年呈增加变化，面积增加7.14×10^4 hm^2，2006—2014年面积减少2.19×10^4 hm^2，R_t为4.06；非盐渍化耕地面积呈不断增加变化，1985—2014年共增加7.3×10^4 hm^2。

表2 玛纳斯灌区不同年份盐渍化面积统计

年 份	面积统计	非盐渍化耕地	轻度盐渍化耕地	中度盐渍化耕地	灌区盐土	湖泊水库	城镇	其他土壤类型
1985	面积/10^3 hm^2	91.26	17.97	24.67	143.77	2.73	1.46	635.42
	百分/%	9.95	1.96	2.69	15.67	0.30	0.16	69.27
1998	面积/10^3 hm^2	105.91	57.11	8.15	111.64	4.11	1.79	628.59
	百分/%	11.55	6.23	0.89	12.17	0.45	0.20	68.53
2006	面积/10^3 hm^2	126.40	89.33	27.50	54.63	7.32	3.33	608.74
	百分/%	13.78	9.74	3.00	5.96	0.80	0.36	66.36
2014	面积/10^3 hm^2	164.26	67.44	11.51	49.26	3.58	4.03	617.18
	百分/%	17.91	7.35	1.25	5.37	0.39	0.44	67.29
1985—2014	面积/10^3 hm^2	73.00	49.47	−13.16	−94.51	0.85	2.57	−18.24

表 3　玛纳斯灌区盐渍化动态度分段统计　　%

时 间	非盐渍化耕地	轻度盐渍化耕地	中度盐渍化耕地	灌区盐土	湖泊水库	城镇	其他土壤类型
1985—1998	−1.06	−5.27	15.59	2.21	−2.58	−1.42	0.08
1998—2006	−2.03	−4.51	−8.80	13.04	−5.48	−5.78	0.41
2006—2014	−2.88	4.06	17.37	1.36	13.06	−2.17	−0.17

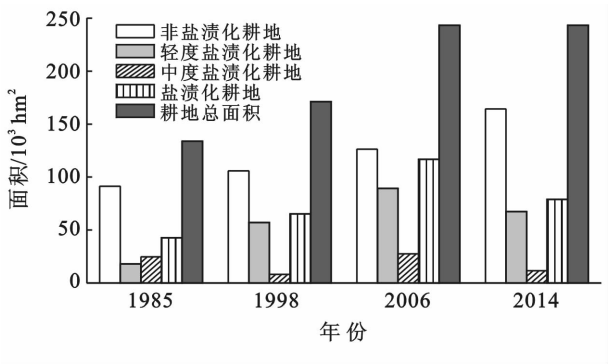
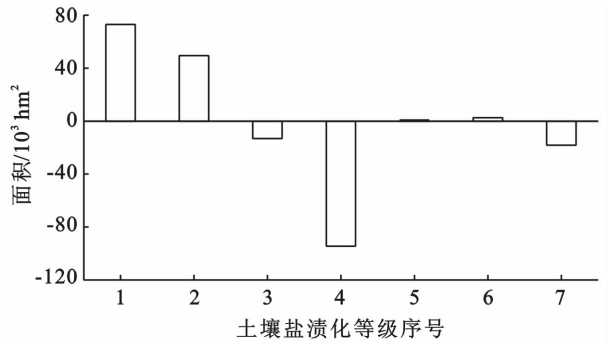


图 1　不同年份土壤盐渍化耕地面积



注:1. 非盐渍化耕地; 2. 轻度盐渍化耕地; 3. 中度盐渍化耕地; 4. 灌区盐土; 5. 湖泊、水库; 6. 城镇; 7. 其他土壤类型。

图 2　近 30 a 玛纳斯灌区土壤盐渍化面积增减情况

3.2　土壤盐渍化转移矩阵分析

转移矩阵可以深刻而全面的刻画研究区土壤盐渍化变化的特征、结构与各土壤盐渍化类型变化的方向。本文根据上述分类结果,利用 ArcGIS 10.0 的 intersect 功能和 Excel 软件的数理统计功能,将 1985,1989,2006,2014 年的土地利用分类图进行叠加和统计,分别获得 1985—1998,1998—2006,2006—2014 年的土壤盐渍化转移矩阵数据(表 4—6)。

对转移矩阵分析发现,研究区 30 a 间土壤盐渍化等级之间转换复杂,耕地(非盐渍化耕地、盐渍化耕地)与灌区盐土两种类型转移量较大。1985—1998 年,盐土转化为非盐渍化耕地与轻度盐渍化耕地是主要的转换方式,转换面积分别为 3.25×10^4 hm²,2.92×10^4 hm²,究其原因为随着人口和经济的发展,人们对耕地的需求强烈增加,开垦的土地面积较大;中度盐渍化耕地转化为轻度盐渍化耕地面积达 1.05×10^4 hm²,说明纳斯灌区加大力度进行盐碱地改良,采用大水漫灌的方式迅速洗盐,盐随水走,通过排水沟排出灌区,洗盐效果明显。1998—2006 年,轻度盐渍化耕地转为非盐渍化耕地面积为 1.79×10^4 hm²,表明该区随着灌溉措施的健全,盐碱地改良效果明显;盐土是轻度盐渍化耕地与中度盐渍化耕地转入面积的主要部分,转入面积分别为 3.36×10^4,1.96×10^4 hm²,暗示了该地区在盐土、盐化土上开垦的耕地较多,耕地盐渍化程度有所增加。2006—2014 年,轻度盐渍化耕地转为非盐渍化耕地成为主要的转移方式,转换面积为 2.61×10^4 hm²;有 100 hm² 的中度盐渍化耕地向轻度盐渍化耕地转移,与 2006 年相比,转入速度明显降低,先进的滴灌技术具有显著的压盐作用,但它不是把土壤层的盐碱排除掉,而是迁移到土壤深处,来年深翻土地的时候深处的盐分又会重新翻到地表,排盐效果缓慢;3 600 hm²,1.54×10^4 hm² 的盐土分别向非盐渍化耕地和轻度盐渍化耕地转移,开垦耕地面积减少。

表 4　玛纳斯灌区 1985−1998 年盐渍化土壤面积转移矩阵　　10^3 hm²

类 型	非盐渍化耕地	轻度盐渍化耕地	中度盐渍化耕地	灌区盐土	湖泊水库	城镇	其他土壤类型	1998 年转入面积
非盐渍化耕地	40.26	5.24	3.98	32.47	0.01	0.02	23.93	65.65
轻度盐渍化耕地	10.47	5.29	10.50	29.23	0.00	0.00	1.62	51.82
中度盐渍化耕地	1.41	0.37	0.24	5.80	0.00	0.00	0.32	7.91
灌区盐土	20.79	4.74	8.44	48.84	0.00	0.00	28.88	62.80
湖泊水库	0.21	0.04	0.04	1.13	2.68	0.00	0.00	1.43
城 镇	0.03	0.00	0.03	0.19	0.00	1.45	0.09	0.34
其他土壤类型	18.10	2.29	1.44	26.10	0.03	0.00	580.63	47.96
1985 年转出面积	51.01	12.68	24.43	94.93	0.04	0.02	54.79	—

表5 玛纳斯灌区1998—2006年盐渍化土壤面积转移矩阵 10^3 hm^2

类型	非盐渍化耕地	轻度盐渍化耕地	中度盐渍化耕地	灌区盐土	湖泊水库	城镇	其他土壤类型	2006年转入面积
非盐渍化耕地	78.82	17.85	0.70	17.16	0.07	0.04	11.79	47.58
轻度盐渍化耕地	13.82	30.04	3.65	33.64	0.02	0.00	8.16	59.29
中度盐渍化耕地	2.69	1.59	2.47	19.62	0.04	0.00	1.10	25.03
灌区盐土	2.25	7.31	1.25	40.08	0.04	0.00	3.70	14.55
湖泊水库	0.38	0.09	0.07	0.17	3.78	0.00	2.83	3.54
城镇	0.73	0.18	0.00	0.00	0.00	1.76	0.66	1.57
其他土壤类型	7.21	0.04	0.01	0.97	0.17	0.00	600.34	8.40
1998年转出面积	27.09	27.07	5.68	71.56	0.33	0.04	28.25	—

表6 玛纳斯灌区2006—2014年盐渍化土壤面积转移矩阵 10^3 hm^2

类型	非盐渍化耕地	轻度盐渍化耕地	中度盐渍化耕地	灌区盐土	湖泊水库	城镇	其他土壤类型	2014年转入面积
非盐渍化耕地	119.32	26.05	4.15	3.63	0.17	0.22	10.72	44.94
轻度盐渍化耕地	0.57	49.97	0.10	15.42	0.15	0.03	1.20	17.47
中度盐渍化耕地	0.16	0.15	11.10	0.08	0.02	0.00	0.00	0.41
灌区盐土	0.01	6.64	9.18	33.42	0.00	0.00	0.02	15.84
湖泊水库	0.03	0.41	0.24	0.05	2.05	0.00	0.80	1.53
城镇	0.70	0.34	0.01	0.03	0.00	2.72	0.22	1.31
其他土壤类型	5.62	5.76	2.73	2.00	4.93	0.36	595.77	21.41
2006年转出面积	7.08	39.36	16.40	21.21	5.27	0.61	12.97	—

3.3 土壤盐渍化空间变化

玛纳斯灌区土壤盐渍化的空间分布具有明显的空间差异性(附图8)。各类盐渍化耕地主要分布在灌区内部。1985年灌区中部和南部盐土呈聚集分布,灌区外围靠近沙漠边缘也有细条条状分布,轻度盐渍化耕地呈零星片状分布。与1985年相比,1998年轻盐渍化耕地面积在灌区内部有所扩大,中部尤为明显,2006和2014年轻度盐渍化耕地均呈片状分布,且2006年轻度盐渍化耕地空间分布明显增多。1985年中度盐渍化耕地在灌区西部呈带状分布,1998年中度盐渍化耕地呈条状分布,与1985年相比,1998年中度盐渍化耕地空间分布表现在灌区内部明显减少,2006年则在灌区西北部呈片状分布,耕地面积明显增加,2014年空间分布变化较少。

3.4 土壤盐渍化驱动力分析

土壤盐渍化是脆弱的生态环境和强烈的人类活动共同作用下的一种土地退化方式[17],其影响因素很多,主要来源于自然因素和人为因素。自然因素是土壤盐渍化形成与变化的内因,人为影响则是促进土壤盐渍化尤其是绿洲次生盐渍化发展的驱动因素之一。

3.4.1 自然因素

(1) 干旱的气候条件是灌区土壤盐渍化形成的重要驱动因子。研究区位于中纬度地区,远离海洋,属于典型的温带大陆性气候,降水少,蒸发大。土壤盐渍化的形成与当地的气候有着直接的联系,其中降水、气温和地面蒸发强度对盐渍化的关系最为密切,它们综合显示了当地气候的干湿状态[18]。根据新疆气象局编整的气象实测资料,区域内年均降水量为197 mm,年均蒸发量为1 600 mm,蒸发量接近降水的8倍。据图3可知,近30 a来玛纳斯灌区的气候呈变干趋势变化:年平均气温逐渐升高,气候倾向率达0.4 ℃/10 a。在温度、蒸降比较高的情况下,土壤及地下水中的可溶性盐离子会随着土壤的毛细管作用不断上升至土壤表层,富积并使得盐渍化土壤呈大面积分布。

(2) 母质含盐是灌区土壤盐渍化形成的先决条件。玛纳斯灌区盐碱地是在干旱区脆弱的背景下产生的。灌区依赖发源于山前的径流而存在,但构成前山的中山带第三纪地层大部分由含90%以上的氯化物或硫化物等易溶性盐的盐岩组成,因而径流含有大量盐分[19]。由于区域地处内陆盆地,盐分无外泄条件,造成盐分积聚,使土壤基质中可溶性盐分含量升高,加重灌区内部土壤的盐渍化。

(3) 地形地貌为灌区土壤盐渍化形成提供了基础。研究区地处中国干旱区最具有代表性的“山盆系统”中,地貌格局分为3大类型:南部为天山山区和丘

陵地,中部为冲积平原区,北部为沙漠区,是古尔班通古特沙漠的一部分。受地貌格局的影响,冲击平原前缘溢出带多为中度盐渍化土壤,加上封闭的地形,排水不畅,为次生盐渍化的发生提供了便利。

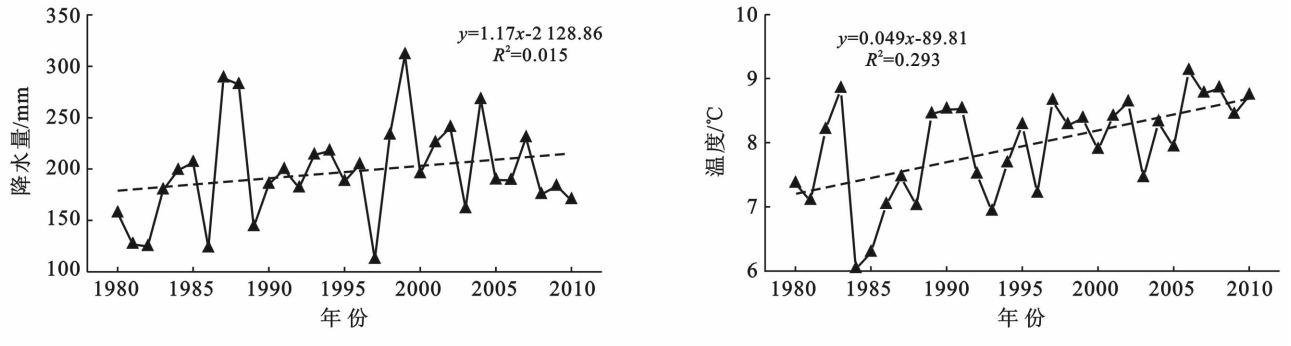


图 3　玛纳斯灌区平均气温、降水量变化趋势

(4) 水是形成灌区土壤盐渍化的动力。地表水、地下水和土壤水相互作用共同影响着土壤盐渍化过程,水文过程改变和影响着水热平衡、水盐平衡过程,对流域土壤盐渍化过程具有明显调控作用[20]。含盐类的地表径流转换为地下水后,在干旱少雨自然淋溶困难的条件下,强烈的蒸发加速了地下水不断向地表蒸发聚集,加大了土壤基质中可溶性盐分含量,导致次生盐渍化。

3.4.2　人为因素　人类对新疆干旱区生态环境的改造,一方面大大加速了绿洲开发和经济的建设,另一方面同时也影响着土地资源的可持续利用性。人为因素是影响研究区土壤盐渍化演变的主要因素之一。

(1) 水利方面的影响。玛纳斯河流域是新疆最大的人工绿洲,绿洲农业最大的特点是人工灌溉。大型水利设施的修建,极大地提高了水土资源利用率,但平原水库和渠系渗漏造成的田间大量灌水渗漏逐步抬升地下水位,在排水系统不健全的情况下,引发次生盐渍化[21],加上还没有改良好盐渍土,使盐渍化耕地面积仍然很大。玛纳斯灌区先后修建了 9 座小型水库,受当时技术条件限制,水库的坝体为土质坝,库水渗漏严重,引起库区周围 3～5 km 范围内地下水位迅速抬升,进而导致农田土壤的次生盐渍化。

灌区 1980 年以前修建的灌溉渠系防渗率很低,渠系渗漏严重,引起两侧地下水位升高,次生盐渍化快速发展,土地大量积盐后被弃耕,形成盐渠的白色盐带;1990 年代以后,随着技术的提高与防渗材料的改进,渠系防渗率大大增加,但之前农田残留的次生盐渍化问题仍需要时间来缓解[21]。

20 世纪之前,传统的灌溉模式如大水漫灌应用于盐碱地的改良,洗盐速度较快,盐渍化土壤面积迅速减少,但过量灌溉不仅能抬升地下水位,超过临界深度,还将表土盐分淋洗至地下水,导致灌区土壤盐分的增加;2000 年以后,滴灌技术在新疆玛纳斯灌区得到广泛的应用,具有显著的压盐与节水作用,为解决绿洲农田次生盐渍化提供了一条极为有效的新途径,但改良速度较慢。

(2) 农业方面的影响。自新中国成立以来,玛纳斯灌区由于人口的不断增加,平原草地开始被大量开垦,破坏原有的生态环境,造成草地退化。此外,玛纳斯灌区主要由玛纳斯等河冲积扇下部扇缘溢出带连接而成,扇缘地过去全都是沼泽盐碱地,农田主要由沼泽土、盐化草甸土及草甸盐土开垦而来,开垦后逐渐形成的灰潮土、潮土,大都具有轻重不同的盐渍化,初期由于排水不畅,次生盐渍化严重[21]。

灌区内土地不平整,特别是新开垦地,土地未精平细整,导致灌水不均匀,造成低处积水,高处积盐的格局。灌区内种植作物单一,除了粮食作物外,大部分为棉花,而养地作物很少,使土地用养失调。农田内部化肥施用量过大,改变了土壤物理性质、土壤结构,降低了土壤肥力,导致农田土壤盐渍化加重。

4　讨论与结论

(1) 1985—2014 年,随着耕地面积的增加,盐渍化土地面积也相应增加,从 1985 年的 4.27×10^4 hm^2 增加到 2014 年的 7.90×10^4 hm^2。其中:盐土面积减少剧烈,主要向非盐渍化、轻度盐渍化耕地转化,中度盐渍化耕地与其他土壤类型面积有所减少;非盐渍化耕地与轻度盐渍化耕地面积不断增加。

(2) 灌区盐渍化现象普遍,主要分布在绿洲内部,呈片状分布,在灌区外围呈条状分布。1985—2014 年灌区内部和外围土壤盐渍化面积都发生了较大的变化,主要以盐土和非盐渍化耕地变化为主。

(3) 自然因素和人为因素共同作用于灌区土壤盐渍化时空演变。自然因素如气候变化、水库渗漏、

耕作制度不合理等是内因，促进了土壤盐渍化的发生发展，而人类进行的大规模的土地开发利用以及不合理的灌溉模式，是土壤盐渍化发生演变的外因。

本文充分利用RS和GIS手段，提高了土壤盐渍化信息提取以及分析的效率和准确性，为今后制定土壤盐渍化的改良措施，实现土地资源的可持续利用提供保障。但在目视解译的过程中，受传感器空间分辨率、光谱分辨率等的制约，会不可避免的影响分类结果。因此提高遥感影像的分辨率，改进图像处理手段，可为盐渍化遥感监测研究理论和实践的进一步深入提供保障。

[参 考 文 献]

[1] 赵芸晨，秦嘉海. 几种牧草对河西走廊盐渍化土壤改土培肥的效应研究[J]. 草业学报，2006，14(6)：63-66.

[2] 翁永玲，宫鹏. 土壤盐渍化遥感应用研究进展[J]. 地理科学，2006，6(3)：369-375.

[3] 张小由，龚家栋，周茂先. 额济纳三角洲土壤盐分特征分析[J]. 中国沙漠，2004，24(4)：442-447.

[4] 王玉刚，肖笃宁，李彦. 三工河流域中上游绿洲土壤盐化的时空动态[J]. 中国沙漠，2008，28(3)：478-484.

[5] 张树文，杨久春，李颖，等. 1950s中期以来东北地区盐碱地时空变化及成因分析[J]. 自然资源学报，2010，25(3)：435-442.

[6] 任加国，郑西来，许模，等. 新疆叶尔羌河流域土壤盐渍化特征研究[J]. 土壤，2006，37(6)：635-639.

[7] 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.

[8] 杨发相. 新疆玛纳斯河流域的土地利用与退化问题[J]. 新疆环境保护，2002，24(1)：8-12.

[9] 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.

[10] 李娜，吴玲，杨劲松，等. 玛纳斯河流域土壤盐渍化现状及其与光谱关系研究[J]. 江西农业大学学报，2011，36(6)：1242-1247.

[11] 李宏，于宏伟. 对新疆塔里木河流域土壤盐渍化进行专题信息提取的应用研究[J]. 测绘与空间地理信息，2007，30(4)：65-70.

[12] 樊自立，马英杰. 中国西部地区的盐渍土及其改良利用[J]. 干旱区研究，2001，18(3)：1-6.

[13] 冯异星，罗格平，周德成，等. 近50 a土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响：以新疆玛纳斯河流域为例[J]. 生态学报，2010，30(16)：4295-4305.

[14] 乔木，田长彦，王新平. 新疆灌区土壤盐渍化及改良治理模式[M]. 乌鲁木齐：新疆科学技术出版社，2008：119.

[15] 李义玲，乔木，杨小林，等. 干旱区典型流域近30 a土地利用/土地覆被变化的分形特征分析：以玛纳斯河流域为例[J]. 干旱区地理，2008，31(1)：75-81.

[16] 罗格平，周成虎，陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程[J]. 地理学报，2003，58(1)：63-72.

[17] 闫正龙，王晓国，高凡，等. 塔里木河干流上游地区土壤盐渍化时空变化监测分析[J]. 干旱区资源与环境，2010，24(10)：105-110.

[18] 卢磊，乔木，周生斌，等. 新疆渭干河流域土壤盐渍化及其驱动力分析[J]. 现代农业研究，2011，32(3)：357-361.

[19] 封玲. 玛纳斯河流域盐渍化土地的发生发展及其生态重建[J]. 中国农史，2009(3)：94-99.

[20] 赖宁，李新国，阿斯耶姆·图尔迪，等. 开都河流域下游绿洲土壤盐渍化时空变化及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境，2013，27(12)：66-73.

[21] 樊自立，叶茂，徐海量，等. 新疆玛纳斯河流域生态经济功能区划研究[J]. 干旱区地理，2010，33(4)：493-501.

(上接第151页)

[7] 刘淼，秦大庸，刘家宏，等. 基于NDVI的山西省植被覆盖度变化研究[J]. 人民黄河，2009(5)：17-18.

[8] 程红芳，章文波，陈锋. 植被覆盖度遥感估算方法研究进展[J]. 国土资源遥感，2008，1(1)：16-21.

[9] 廖春华，张显峰，孙权，等. 基于HJ-1高光谱数据的植被覆盖度估测方法研究[J]. 遥感信息，2011(5)：13.

[10] 武正丽，贾文雄，刘亚荣，等. 近10 a来祁连山植被覆盖变化研究[J]. 干旱区研究，2014，31(1)：80-87.

[11] 唐志光，马金辉，李成六，等. 三江源自然保护区植被覆盖度遥感估算[J]. 兰州大学学报：自然科学版，2010，46(2)：11-16.

[12] 刘广峰，吴波，范文义，等. 基于像元二分模型的沙漠化地区植被覆盖度提取：以毛乌素沙地为例[J]. 水土保持研究，2007，14(2)：268-271.

[13] Chen Qiao, Chen Yongfu. A study on estimation of vegetation fraction by using QuickBird imagery[J]. Forest Research, 2004, 18(4): 375-380.

[14] Ma Junhai, Liu Dandan. On the application of Dimidiate Pixel Model to inversion of vegetation coverage in Land-use investigation[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2006(4): 7.