

新疆焉耆县土地盐渍化遥感监测^①

吴健生¹, 张玉清¹, 刘珍环¹, 彭建¹, 何佳锋²

(1 北京大学深圳研究生院, 城市人居环境科学与技术重点实验室, 深圳 518055)

2 广东省有色金属地质勘查局, 广州 510080)

摘要: 土地盐渍化不仅会造成地表土壤资源的破坏和农业生产的巨大损失, 而且对于干旱区绿洲的生态安全也构成了极大威胁, 已成为一个全球性的环境(土地)退化问题。研究土地盐渍化动态演化过程及其空间分布特征, 有助于了解土地盐渍化变化规律与发展趋势, 对于干旱区的粮食生产安全及经济发展无疑具有重要意义。利用遥感和 GIS 技术, 以新疆焉耆县为例, 基于土地利用现状图和 1976、1994 和 2009 年的 MSS TM ETM 遥感影像, 系统分析了区域土地盐渍化的动态演化过程和空间分布特征。研究结果表明, 1976—2009 年间, 尽管焉耆县的土地利用类型未发生显著变化, 但土地盐碱化的面积却呈现显著增长趋势, 并已达到研究区面积的 88.5%; 研究时段内, 盐碱化持续加重区域的面积比例相对较高, 盐碱沼泽和重度盐碱土地在研究区所占面积比例分别增加了 2.97% 和 1.31%, 这表明焉耆县土地盐碱化程度发展较快, 今后需改善灌溉及排水方式, 合理利用地下水。

关键词: 土地盐渍化; 遥感监测; 变化趋势; 焉耆县

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6060(2010)02-0251-07(251~257)

盐渍化 (Salinization) 又称“盐碱化”, 即各种营力使盐分在土壤中或地表集聚的过程, 是人类共同面临的一个全球性环境问题^[1-2]。土地盐渍化不同程度地影响作物生长, 有的地方甚至导致作物绝产, 土地荒弃, 给粮食生产造成重大的损失。因此, 有必要对土地盐渍化进行监测预报, 防患于未然, 减少土地盐渍化给农业生产带来的损失。而传统土地盐渍化的监测预报, 一是基于专家学者、实践经验等进行定性预报, 二是根据野外土壤观测调查的数据资料建立数学模型来进行定量预报, 这些技术手段相对落后, 费时费力, 且无法进行大面积的监测^[3-5]。随着“3S”技术的发展, 运用遥感与 GIS 技术进行大面积土地盐渍化动态监测有助于获取宏观、实时、动态的地表盐渍化信息, 因而受到研究者的普遍关注, 近年来已有部分学者开始运用于土地盐渍化监测中^[6-12]。

干旱区建设用地与开垦用地扩张迅速, 在土地开发利用过程中, 水资源浪费严重, 导致土地资源更趋恶化^[2]。因此, 研究干旱区的土地盐渍化动态演

化和空间分布特征, 探究土地盐渍化变化规律与发展趋势, 能为区域土地盐渍化防治与监测提供依据。在遥感和 GIS 技术支持下, 本文以新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州焉耆回族自治县 (以下简称焉耆县) 为研究区, 利用土地利用现状图和不同时期的 MSS TM ETM 遥感影像数据, 探讨该地区土地盐渍化变化规律与发展趋势。

1 研究区概况

焉耆县位于 85°13'~86°44'E, 41°45'~42°20'N 之间, 地处新疆维吾尔自治区中部, 西邻博斯腾湖。焉耆县四周多山, 主体位于焉耆盆地中心地带, 地形较平坦。在县境内部, 西北部突起, 高于东南部, 略呈倾斜状。全县拥有较丰富的水资源, 开都河流经全境。在气候上, 焉耆县属中温带干旱荒漠气候, 夏季聚热, 冬季寒潮, 日照时数较长, 热量丰富; 年均降水量 74.4 mm, 全年平均气温 8.2℃, 极端高温 38℃,

① 收稿日期: 2009-03-07 修订日期: 2010-01-21

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (40801066); 中国博士后科学基金资助项目 (20070420001; 200801017); 深圳市南山区科技局项目

作者简介: 吴健生 (1965-), 男, 湖南人, 博士, 副教授, 主要从事景观生态与土地利用、遥感与地理信息系统研究工作

E-mail: wujian@szpkj.edu.cn

极端低温 -35°C ; 风向则以偏西北风最多。

焉耆县境内土地盐渍化现象比较普遍, 而且在不同地方, 盐渍化程度有所不同。盐渍化分布具有水平分带和垂向地表聚集的特点, 由于地下水位较高、蒸发强烈, 盐分大量集中于表层。由表层往下, 含盐量开始迅速减少。

截至 2009 年末, 焉耆县下辖 4 个镇、4 个乡, 总人口约 13 万人, 包括回、汉、维、蒙等 23 个民族。农作物有小麦、玉米、水稻、蚕豆、油菜、啤酒花等, 畜牧以马、羊、牛为主, 工业有水泥、电力、制糖等。南疆铁路横贯县境, 为南北疆交通要冲; 还有公路干线和支线通往各地。

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

本研究采用 MSS TM ETM 影像等不同时期的遥感数据, 土地利用现状图及区域水文地质普查报告、土地规划报告以及野外实际调查等相关数据 (表 1)。

表 1 数据来源及说明

Tab 1 Data sources and explanations

图像数据	数据说明
MSS 影像	1976.12.05 分辨率 79 m 美国资源卫星
TM 影像	1994.09.25 分辨率 30 m 中科院卫星地面站
ETM 影像	2009.08.25 分辨率 30 m 中科院卫星地面站
1:25 万地形图 (基础地理信息数据)	1996 年发布, ARC/INFO 格式, 国家基础地理信息中心
1:5 万焉耆县土地利用图	1988 年, 纸图数字化 (利用居民点等不变信息) 新疆国土厅

基于 ERDAS MAGNE 及 ArcGIS 等数据处理软件, 本研究的具体数据处理主要包括以下几个步骤:

(1) 几何纠正和图像配准。采用 1:25 万地形图 (基础地理信息数据) 选取地面控制点 (GCP), 进行几何纠正。用双线性内插法对图像进行重采

样, 按照最邻近规则, 校正到高斯-克吕格坐标系, 要求误差小于 30 m。MSS TM ETM 影像均重采样至 30 m。

(2) 监督分类。参照盐渍土分类标准设计遥感影像分类标准, 在野外调查和影像特征的基础上选取典型区训练区, 采用监督分类方法对研究区的三期 (1976、1994 和 2009 年) MSS TM 和 ETM 影像分别进行分类; 采用最大似然判别法进行确定像元分类; 采用概率松弛法反复多次进行调不确定象元, 再用最大似然判别法进行分类;

(3) 分类评价。利用遥感影像数据目视判读结果和野外调查数据作为真实数据, 结合焉耆县土地利用现状图中居民点信息, 评价分类结果的精度, 得到总体分类精度为 84.78%, Kappa 指数值为 0.8360 数据精度可信;

(4) 土地利用类型转变。利用遥感分类结果统计焉耆县内各类土地利用类型的面积。利用不同时期土地利用类型图, 在 GIS 系统中采用转移矩阵方法分析土地盐碱化变化趋势。

2.2 土地盐渍化遥感分类

参照相关学者的盐渍土分类标准^[7, 10, 13-15], 根据焉耆县的实际情况, 建立研究区土地盐渍化遥感分类标准 (表 2)。将土地利用类型划分为耕地、草地、沼泽、盐碱地、居民点、水体、戈壁、山体、沙地等 9 大类。按照盐碱化程度的强弱, 将盐碱地细分为轻度盐渍地、中度盐渍地、重度盐渍地、盐壳和盐渍沼泽 5 小类。其中, 轻度盐渍土, 土壤含盐量较低, 植物生长受到抑制, 覆盖率大于 70%; 中度盐渍土, 土壤含盐量中等, 植物生长稀疏, 覆盖率 30% ~ 70%; 重度盐渍土, 土壤含盐量较高, 只能生长耐盐植物, 覆盖率 20% ~ 30%; 盐壳, 土壤含盐量很高, 植物完全无法生长; 盐碱沼泽, 指含盐量很高的沼泽, 植物完全无法生长。

表 2 研究区盐渍土分类标准

Tab 2 Salina classification criterion for Yanqi County

分类指标	非盐渍土 / m	轻度盐渍土 / m	中度盐渍土 / m	重度盐渍土 / m	盐壳 / m
土层深度 / m	0 ~ 15	< 0.624	0.624 ~ 0.751	0.751 ~ 0.816	0.816 ~ 1.570
	0 ~ 30	< 0.554	0.554 ~ 0.727	0.727 ~ 0.866	0.866 ~ 1.345
	0 ~ 60	< 0.425	0.425 ~ 0.649	0.649 ~ 0.815	0.815 ~ 1.216
	0 ~ 100	< 0.391	0.391 ~ 0.491	0.491 ~ 0.597	0.597 ~ 0.895
缺苗面积比例	< 1/10	1/10 ~ 1/3	1/3 ~ 1/2	> 1/2	个别成活
作物生长	正常	稍受抑制	中等抑制	严重受抑制	大部分死亡
作物减产百分比	0	10% ~ 20%	20% ~ 50%	50% ~ 80%	100%

研究首先将自然用地(盐渍土和非盐渍土)从水体和城建区中分离出来;其次根据表层土所含盐分是否对作物产生抑制作用,再次区分盐渍土和非盐渍土;考虑生态环境中表层土壤含盐量对作物生长的危害程度,以及盐分组成和积盐层厚度等因素,划分为不同程度的盐渍化土地。

2.3 土地盐渍化变化信息提取

利用三个时期的盐碱化分类图,进行叠加运算得到土地盐碱化变化趋势分析。为了更准确反映盐碱化的变化趋势,将分类结果进行类型合并,归并为非盐碱化区、中轻度盐碱化区和重度盐碱化区三类。非盐碱化区(代码1)包括城镇用地、戈壁、沙地、山体和耕地、草地、水体;中轻度盐碱化区(代码2)包括轻度盐碱地和中度盐碱地;重度盐碱化区(代码3)包括重度盐碱地、盐壳和盐碱沼泽。利用公式(1)进行地图代数运算,得到土地盐碱化变化图斑和统计结果。

$$T_{K \times j} = A_{K \times j}^1 \times 100 + A_{K \times j}^{K+1} \times 10 + A_{K \times j}^{K+2} \quad (1)$$

(分类图类型 < 10 时适用) 式中: $T_{K \times j}$ 表示由 K 时期到 K+1、K+2 时期土地盐碱化的变化类型及其空间分布; $A_{K \times j}^k$ 表示 K 时期的盐碱化程度; $A_{K \times j}^{K+1}$ 表示 K+1 时期的盐碱化程度; $A_{K \times j}^{K+2}$ 表示 K+2 时期的盐碱化程度;

从 K 到 K+1、K+2 时期的代码值变大,反映盐碱化程度加深;代码值变小,反映盐碱化程度减弱,如 $T_{K \times j} = 123$ 表示从 1976—1994—2009 年,土地盐碱化从非盐碱化区—中轻度盐碱化区—重度盐碱化区。

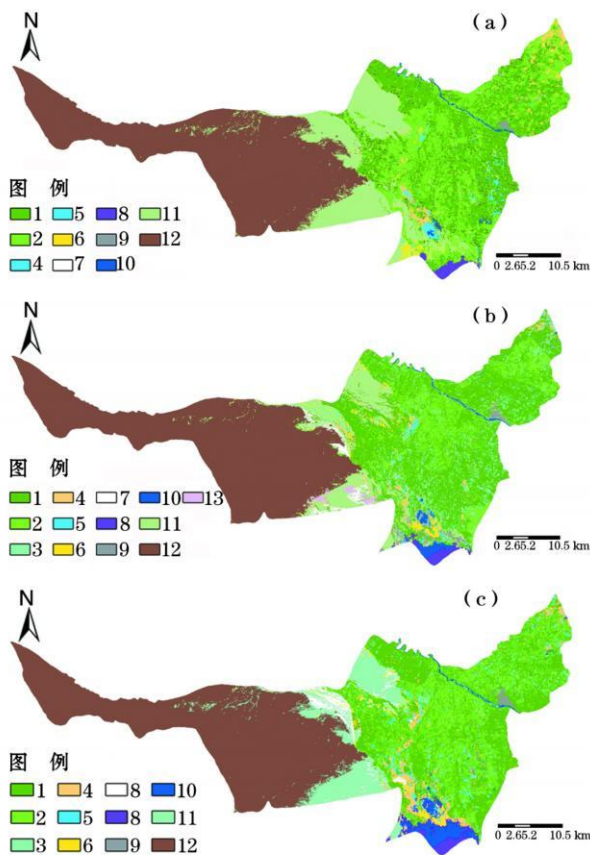
合并土地盐碱化变化趋势 $T_{K \times j}$ 的各种变化类型,将盐碱化的变化趋势分为 7 类:非盐碱化区、盐碱化程度加重、盐碱化程度前期加重,后期又减弱、盐碱化程度减弱、盐碱化程度前期减弱,后期又加重、中轻度盐碱化区、重度盐碱化区。

3 结果分析

3.1 盐渍化总体特征

2009 年的焉耆县土地利用情况,从图 1(c) 可以看出:山体和戈壁占全县面积的 35.7%,土地综合利用程度相对较高;耕地和草地占总面积的 45.86%,主要分布于焉耆县东部。各类盐碱化地区占总面积的 8.54%,主要分布于湖滨沼泽边缘及细土平原海拔较低处,其中轻度盐碱地占 1.33%,中

度盐碱地占 1.1%,重度盐碱地和盐碱沼泽占 4.09%,盐壳占 1.65%,沼泽占 0.63%。



图中: 1. 耕地; 2. 草地; 3. 轻度盐渍地; 4. 中度盐渍地; 5. 盐渍沼泽; 6. 重度盐渍地; 7. 盐壳; 8. 沼泽; 9. 居民点; 10. 水体; 11. 戈壁; 12. 山体; 13. 沙地

图 1 焉耆县土地盐渍化分类结果图

Fig 1 Classification map of land salinization in Yanqi County
 (a) Classification of land salinization in Yanqi County (1976);
 (b) Classification of land salinization in Yanqi County (1994);
 (c) Classification of land salinization in Yanqi County (2000)

焉耆县三期的类型统计结果(图 1 a b c 和表 3)表明, 1976—2009 年间, 焉耆县的土地利用类型变化不显著, 而各类型的面积比例不同程度的变化明显。农业用地(耕地和草地)的面积仅略有波动, 耕地面积有所增加, 而草地面积则减少。土地盐碱化的总面积呈现不断增长趋势, 达到研究区总面积的 8.85%; 与 1976 年相比, 盐碱化加重区的面积比例增加, 盐碱沼泽和重度盐碱土地在研究区所占面积比例分别增加了 2.97% 和 1.31%; 这表明焉耆县盐碱化程度发展较快。

表 3 焉耆县土地利用遥感分类统计结果 /km²
 Tab 3 Land salinization classification of Yanqi County / km²

类型	1976年 (MSS)			1994年 (TM)			2000年 (ETM)		
	像元数	面积	百分比 /%	像元数	面积	百分比 /%	像元数	面积	百分比 /%
1耕地	386 636	347.97	23.96	618 462	556.62	38.33	604 562	544.11	37.47
2草地	281 361	253.22	17.44	25 355	22.82	1.57	135 366	121.83	8.39
3轻度盐渍地	0	0.00	0.00	48 015	43.21	2.98	21 521	19.37	1.33
4中度盐渍地	31 754	28.58	1.97	37 768	33.99	2.34	17 689	15.92	1.10
5盐渍沼泽	17 989	16.19	1.11	11 175	10.06	0.69	65 923	59.33	4.09
6重度盐渍地	11 403	10.26	0.71	20 710	18.64	1.28	32 530	29.28	2.02
7盐壳	73	0.07	0.00	4 598	4.14	0.28	26 646	23.98	1.65
8沼泽	10 282	9.25	0.64	11 154	10.04	0.69	10 109	9.10	0.63
9居民点	2 135	1.92	0.13	14 530	13.08	0.90	34 301	30.87	2.13
10水体	7 904	7.11	0.49	18 024	16.22	1.12	1 777	1.60	0.11
11戈壁	253 044	227.74	15.68	188 053	169.25	11.66	162 421	146.18	10.07
12山体	610 783	549.70	37.86	607 018	546.32	37.62	413 449	372.10	25.63
13沙地	0	0.00	0.00	8 502	7.65	0.53	87 070	78.36	5.40
合计	1 613 364	1452.03	100.00	1 613 364	1452.03	100.00	1 613 364	1 452.03	100.00

3.2 土地利用结构变化动态

3.2.1 农业用地结构变化动态 1976—2009年期间,全县耕地面积新增 303.15 km², 占用 107.01 km², 净增 196.14 km², 占 1976耕地总面积的 56.37%, 平均每年净增 5.94 km²。期间,占用的耕地面积占 1976年耕地总面积的 30.75%, 主要转变为草地和盐碱沼泽。然而,同期有更多其它类型复垦为耕地,复垦耕地面积占 2009年耕地总面积的 55.71%, 主要来源为草地(表 4)。

1976—2009年,全县草地面积新增 79.48 km², 占用 210.87 km², 净减 131.39 km², 占 1976草地总面积的 51.89%, 平均每年减少 3.98 km²。期间,占用的草地面积占 1976年草地总面积的 83.28%, 主要转变为耕地和戈壁。同期较少的其它类型转变为草地,新增草地面积占 2009年草地总面积的 65.24%, 主要来源是耕地、中度盐碱地和戈壁(表 4)。

3.2.2 盐碱地结构变化动态 1994—2009年期间,全县轻度盐碱地面积新增 18.49 km², 占用 42.33 km², 净减 23.84 km², 占 1994轻度盐碱地总面积的 55.17%, 平均每年占用 1.59 km²。期间,占用的轻度盐碱地面积占 1994年轻度盐碱地总面积的 97.96%, 主要转变为耕地和草地。同期较少的其它类型转变为轻度盐碱地,新增轻度盐碱地面积占 2009年的 95.46%, 主要来源是耕地和草地(表 5)。

1976—2009年期间,全县中度盐碱地面积新增 14.18 km², 占用 26.84 km², 净减 12.66 km², 占 1976中度盐碱地总面积的 44.30%, 平均每年占用

0.38 km²。期间,减少的中度盐碱地面积占 1976年中度盐碱地总面积的 93.91%, 主要转变为耕地、草地和盐碱沼泽。同期较少的其它类型转变为中度盐碱地,新增加的面积占 2009年中度盐碱地总面积的 89.07%, 主要来源是耕地、草地和戈壁(表 4)。

1976—2009年期间,全县重度盐碱地面积新增 28.82 km², 占用 9.80 km², 净增 19.02 km², 占 2009重度盐碱地总面积的 64.96%, 平均每年增加 0.58 km²。期间,占用的重度盐碱地面积占 1976年重度盐碱地总面积的 95.52%, 主要转变为耕地、草地和盐碱沼泽。然而,同期更多的其它类型转变为重度盐碱地,新增加的面积占 2009年重度盐碱地总面积的 98.43%, 主要来源是耕地、草地和戈壁(表 4)。

1976—2009年期间,全县盐碱沼泽面积新增 58.08 km², 占用 14.94 km², 净增 43.14 km², 占 2009盐碱沼泽总面积的 72.71%, 平均每年增加 1.31 km²。期间,占用的盐碱沼泽面积占 1976年盐碱沼泽总面积的 92.28%, 主要转变为耕地、草地和中度盐碱地。然而,同期较多的其它类型转变为盐碱沼泽,新增加的面积占 2009年盐碱沼泽总面积的 97.89%, 主要来源是耕地、草地和戈壁(表 4)。

1976—2009年期间,全县盐壳面积新增 23.97 km², 占用 0.06 km², 净增 23.91 km², 占 2009年盐壳总面积的 99.71%, 平均每年增加 0.72 km²。期间,占用的盐壳面积占 1976年盐壳总面积的 85.71%, 主要转变为山地。然而,同期较多的其它类型转变为盐壳,新增加的面积占 2009年盐壳总面积的 99.96%, 主要来源是戈壁(表 4)。

表 4 1976—2009年焉耆县土地利用转移矩阵 / km²
Tab 4 Conversion of landuse from 1976 to 2009 in Yanqi County / km²

1976年	2009年												合计	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
A	240.96	58.94	8.62	2.88	13.24	1.45	0.33	2.42	7.19	0.29	10.89	0.00	0.76	347.97
B	168.99	42.35	5.88	3.13	13.40	1.89	0.53	2.28	4.91	0.11	8.70	0.28	0.76	253.22
D	14.51	5.15	0.59	1.74	2.05	0.43	0.18	0.06	1.15	0.06	0.11	2.32	0.21	28.58
E	7.67	2.33	0.27	0.43	1.25	0.17	0.03	0.03	0.53	0.43	0.04	2.98	0.04	16.19
F	3.82	1.23	0.14	0.79	1.55	0.46	0.07	0.05	0.58	0.01	0.22	1.26	0.09	10.26
G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07
H	5.40	0.05	0.01	0.00	0.14	0.00	0.01	3.36	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	9.25
I	0.25	0.06	0.01	0.31	0.16	0.01	0.02	0.00	0.92	0.00	0.00	0.14	0.03	1.92
J	2.73	0.40	0.09	0.12	0.34	0.02	0.01	0.10	0.21	0.37	2.57	0.00	0.15	7.11
K	66.01	7.60	0.95	6.00	6.34	23.30	15.53	0.30	6.80	0.11	71.39	15.18	8.22	227.74
L	33.76	3.73	2.81	0.52	20.84	1.55	7.26	0.50	8.56	0.22	52.26	349.63	68.09	549.70
合计	544.11	121.83	19.37	15.92	59.33	29.28	23.98	9.10	30.87	1.60	146.18	372.10	78.36	1452.03

表 5 1994—2009年焉耆县土地利用转移矩阵 / km²
Tab 5 Conversion of landuse from 1994 to 2009 in Yanqi county / km²

1994年	2009年													合计
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
A	381.21	96.14	13.64	4.79	22.67	4.43	1.37	1.03	9.61	0.15	20.01	0.00	1.57	556.62
B	17.93	2.27	0.35	0.07	1.54	0.07	0.02	0.05	0.19	0.00	0.03	0.28	0.01	22.82
C	26.16	6.26	0.88	1.22	2.13	0.98	0.35	0.70	1.20	0.07	1.07	2.07	0.13	43.21
D	8.58	1.47	0.14	2.20	1.56	0.97	5.25	0.12	1.53	0.04	8.49	2.39	1.25	33.99
E	4.36	1.25	0.08	0.62	1.82	0.12	0.03	0.12	0.51	0.02	0.00	1.07	0.05	10.06
F	8.61	1.44	0.16	0.68	1.10	2.97	0.52	0.00	1.12	0.01	0.94	0.88	0.22	18.64
G	1.60	0.37	0.05	0.32	0.27	0.12	0.24	0.03	0.23	0.00	0.49	0.31	0.12	4.14
H	5.74	0.10	0.01	0.03	0.53	0.03	0.01	3.15	0.02	0.00	0.02	0.41	0.00	10.04
I	3.81	1.00	0.18	1.24	1.35	0.50	0.11	0.14	1.90	0.12	0.23	2.35	0.14	13.08
J	6.08	0.46	0.07	0.16	0.69	0.03	0.01	2.87	0.21	0.84	4.65	0.00	0.15	16.22
K	56.64	10.06	1.34	4.19	5.38	17.28	7.65	0.48	6.05	0.18	46.46	10.60	2.94	169.25
L	22.74	0.97	2.46	0.36	20.27	1.77	7.98	0.41	8.28	0.15	60.56	350.61	69.75	546.32
M	0.64	0.05	0.01	0.04	0.02	0.03	0.44	0.00	0.03	0.01	3.23	1.13	2.03	7.65
合计	544.11	121.83	19.37	15.92	59.33	29.28	23.98	9.10	30.87	1.60	146.18	372.10	78.36	1452.03

注: A耕地 B草地 C轻度盐渍地 D中度盐渍地 E盐渍沼泽 F重度盐渍地 G盐壳 H沼泽 居民点 I水体 K戈壁 L山体 M沙地。

3.3 盐渍化变化趋势分析

焉耆县的盐碱化变化趋势图与统计表(图 2和表 6)表明,全县的非盐碱化区域(研究时段一直为非盐碱化或极轻度盐碱化)占县域面积的 87.99%;而盐碱化加重区域(包括由非盐碱化变为盐碱化和盐碱化程度加深)占 8.25%;盐碱化减弱区域(包括由盐碱化变为非盐碱化和盐碱化程度减弱)占 3.16%。一直保持中度盐碱化和重度盐碱化区域的面积分别占总面积的 0.12%和 0.25%。从近年来的变化趋势看,盐碱化加重区域的面积比例增大,表明焉耆县近年来的盐碱化程度发展较快。

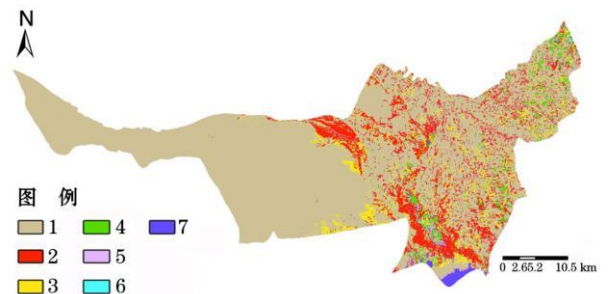


图 2 焉耆县盐碱化变化趋势图
1. 非盐碱化区; 2. 盐碱化加重区; 3. 盐碱化前期加重, 后期又减弱区; 4. 盐碱化减弱区; 5. 盐碱化前期减弱, 后期又加重区; 6. 中轻度盐碱化区; 7. 重度盐碱化区

图 2 焉耆县盐碱化变化趋势图

Fig 2 Transformed trend of salinization in Yanqi County

表6 焉耆县盐渍化变化趋势统计 / km²; %

Tab 6 Statistics for transformed trend of salinization in Yanqi county / km²; %

变化类型	像元数	面积	百分比
非盐碱化区	1 419 571	1 277. 61	87. 99
盐碱化加重区	133 052	119. 75	8. 25
盐碱化前期加重, 后期又减弱区	1 354	1. 22	0. 08
盐碱化减弱区	51 005	45. 90	3. 16
盐碱化前期减弱, 后期又加重区	2 487	2. 24	0. 15
中轻度盐碱化区	1 934	1. 74	0. 12
重度盐碱化区	3 961	3. 56	0. 25
合计	1 613 364	1 452. 03	100. 00

4 结 语

焉耆县的土地利用遥感分类统计结果表明, 各类盐碱化地区占总面积的 13%左右, 主要分布在湖滨沼泽边缘以及细土平原海拔较低处。利用转移矩阵分析与变化趋势分析得出, 焉耆县的土地利用类型变化不显著。总体而言, 农业用地(耕地和草地)的面积仅略有波动: 耕地面积有所增加, 而草地面积则减少。盐碱化地区的总面积呈现增长趋势, 而且增长比例较大的主要是中度和重度盐碱地。这表明, 焉耆县近年来的盐碱化程度发展较快, 受地下水位上升影响, 使土地产生不同程度的盐渍化。

对盐渍化驱动力已有较多深入研究^[2, 14, 16-17]。一般意义上的盐渍化主要由自然条件变化所致, 但是次生盐渍化与人类的灌溉活动有着密切的联系。灌溉水的质量、灌溉频率尤其是灌溉水数量对土地盐渍化程度影响很大^[18-20]。

焉耆县灌溉粗放, 灌溉渠系不够完善, 多采用大水灌溉。大水灌溉不仅浪费了水资源, 而且因水位上升, 使土地产生不同程度的盐渍化。建议今后改善灌溉及排水方式, 合理利用地下水, 并利用遥感技术进行动态监测, 防止盐渍化程度恶化。

从案例的研究结果看, 通过多期遥感影像处理, 结合 GIS工具, 可以对土地盐渍化的范围和程度进行识别和监测。

参考文献 (References)

- [1] 翁永玲, 宫鹏. 土壤盐渍化遥感应用研究进展 [J]. 地理科学, 2006 26(3): 369-375. [Weng Yongling, Gong Peng. A review on remote sensing technique for salt affected soils [J]. Scientia Geographica Sinica 2006 26(3): 369-375.]
- [2] 陈小兵, 杨劲松, 胡顺军, 等. 焉耆盆地水资源开发与土壤次生盐碱化防控研究 [J]. 土壤通报, 2007 38(2): 233-237. [Chen Xiaobing, Yang Jinsong, Hu Shunjun, et al. Water resources development and control of soil secondary salinization in Yanqi Basin [J]. Chinese Journal of Soil Science 2007 38(2): 233-237.]
- [3] 陈亚新, 史海滨, 田存旺. 地下水与土壤盐渍化关系的动态模拟 [J]. 水利学报, 1997 (5): 77-83. [Chen Yaxin, Shi Hai-bin, Tian Cunwang. Dynamic simulation of the relationship between water table and salinization of soil [J]. Journal of Hydraulic Engineering 1997 (5): 77-83.]
- [4] Darjng W G, Allen D J, Armannson H. Indirect detection of subsurface outflow from a rift valley lake [J]. Journal of Hydrology 1990 113: 297-305.
- [5] 关元秀, 刘高焕. 区域土壤盐渍化遥感监测研究综述 [J]. 遥感技术与应用, 2001, 16(1): 40-44. [Guan Yuanxiu, Liu Gao-huan. A review of regional soil salinization monitoring by remote sensing [J]. Remote Sensing Technology and Application 2001 16(1): 40-44.]
- [6] Dwivedi R S, Sreenivas K. Image transforms as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics [J]. International Journal of Remote Sensing 1998b 19(4): 605-619.
- [7] 关元秀, 刘高焕, 刘庆生, 等. 黄河三角洲盐碱地遥感调查研究 [J]. 遥感学报, 2001 5(1): 46-53. [Guan Yuanxiu, Liu Gao-huan, Liu Qingsheng, et al. The study of salt affected soils in the Yellow River Delta based on remote sensing [J]. Journal of Remote Sensing 2001 5(1): 46-53.]
- [8] 李晓军, 李取生. 松嫩平原西部土地利用变化及其盐渍化效应研究——以大安市为例 [J]. 干旱区资源与环境, 2005 19(3): 88-92. [Li Xiaojun, Li Qusheng. Studies on land use change and the land salinization of the western Songnen Plain—a case study on Da'an City [J]. Journal of Arid Land Resources & Environment 2005 19(3): 88-92.]
- [9] 亢庆, 于嵘, 张增祥, 等. 基于 ASTER图像的干旱区土壤盐碱化遥感应用研究 [J]. 干旱区地理, 2005 28(5): 675-680. [Kang Qing, Yu Rong, Zhang Zengxiang, et al. Remote sensing application in studying soil salinization in arid areas based on ASTER images [J]. Arid Land Geography 2005 28(5): 675-680.]
- [10] 韩惠, 冯兆东, 俄有浩, 等. 利用 TM系列影像监测盐碱化土地变化——以民勤绿洲为例 [J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2006 42(4): 1-6. [Han Hui, Feng Zhaodong, E Youhao, et al. Study on the saline soil changes using TM in Minqin Oasis Northwest China [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2006 42(4): 1-6.]
- [11] 塔西甫拉提·特依拜, 张飞. 干旱区典型绿洲盐渍化土壤空间信息研究 [J]. 干旱区地理, 2007 30(4): 545-551. [Tashipolati Tiyip, Zhang Fei. Spatial information on salinization of typical oases in arid areas [J]. Arid Land Geography 2007 30(4): 545-551.]
- [12] Versace V L, Leodjacobou D, Stagnitti F, et al. Appraisal of random and systematic land cover transitions for regional water balance

- and revegetation strategies[J]. Agriculture Ecosystems and Environment 2008, 123: 328—336
- [13] 庞治国, 吕宪国, 李取生. 3S技术支持下的盐碱化土地现状评价与发展对策——以吉林省西部大安为例[J]. 国土与自然资源研究, 2000 (4): 42—45. [Pan Zhiguo, Lu Xianguo, Li Qusheng. Study on saline alkalized land status quo appraising and developing countermeasures supported by 3S techniques[J]. Territory & Natural Resources Study 2000 (4): 42—45.]
- [14] 鲁春霞, 于云江, 关有志. 甘肃省土壤盐渍化及其对生态环境的危害评估[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(1): 99—102 [Lu Chunxia, Yu Yunjiang, Guan Youzhi. Soil salinization in Gansu Province and its economic loss evaluation of eco-environmental damages[J]. Journal of Natural Disasters 2001, 10(1): 99—102.]
- [15] 张俊, 周成虎, 李建新. 新疆焉耆盆地绿洲景观的空间格局及其变化[J]. 地理研究, 2006 25(2): 350—358 [Zhang Jun, Zhou Chenghu, Li Jianxin. Spatial pattern and evolution of oases in the Yanqi Basin Xinjiang[J]. Geographical Research 2006 25(2): 350—358.]
- [16] 何艳芬, 张柏, 马超群. 松嫩平原土地盐碱化动态研究——以农安县为例[J]. 水土保持学报, 2004 18(3): 146—153 [He Yanfen, Zhang Bai, Ma Chaoqun. Study on dynamic change of land salinization in Songnen Plain—a case study in Nong'an County [J]. Journal of Soil Water Conservation 2004 18(3): 146—153.]
- [17] 王水献, 董新光, 刘丰. 层次分析法在新疆平原灌区土壤盐渍化研究中的应用[J]. 干旱区资源与环境, 2007 21(4): 111—116 [Wang Shuxian, Dong Xin Guang, Liu Feng. Application of analytic hierarchy process on the soil salinization in irrigation areas of Xinjiang Plain [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment 2007 21(4): 111—116.]
- [18] 王学全, 高前兆, 卢琦. 内蒙古河套灌区水资源高效利用与盐渍化调控[J]. 干旱区资源与环境 2005 19(6): 146—153 [Wang Xuequan, Gao Qianzhao, Lu Qi. Effective use of water resources and salinity and waterlogging control in the Heiao Irrigation Area of Inner Mongolia [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment 2005 19(6): 146—153.]
- [19] 李取生. 苏打盐碱土地区不同土地利用类型的地表水分蒸腾特征[J]. 干旱区地理, 2006 29(1): 9—13 [Li Qusheng. Evapotranspiration and infiltration under different land use patterns in the regions with sodic saline soil [J]. Arid Land Geography 2006 29(1): 9—13.]
- [20] Qureshi A S, McComick P G, Qadir M et al. Managing salinity and waterlogging in the Indus Basin of Pakistan [J]. Agricultural Water Management 2007 95: 328—336.

Land salinization monitoring with remote sensing on Yanqi County Xinjiang

WU Jian-sheng, ZHANG Yu-qing, LU Zhen-huan, PENG Jian, HE Jia-feng

(1 The Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, Guangdong, China;
2 Nonferrous Metals Geological Bureau of Guangdong Province, Guangzhou 510080, Guangdong, China)

Abstract: As land salinization can lead to the degradation of physical and chemical features of soil resources, it is a great threat for agricultural production and regional ecological security especially in arid environments. It can be seen as one of the key issues in global environmental or land degradation. With the application of remote sensing and geographical information system, the dynamics of land salinization can be monitored and predicted, which is of great importance to the ecological security and economic development in the arid oasis. Taking Yanqi County Xinjiang, China, as a case, based on the land-use maps and remote sensing images in 1976, 1994 and 2009, the paper analyzed the temporal-spatial process of land use change and land salinization dynamics. The results showed that from 1976 to 2009, there was not significant change of land use patterns in the study area with a little increase of cultivated land and decrease of grassland. However, the total area of salinized land was growing continuously, which is about 8.85% in 2009. Furthermore, the area proportion of salinized land in the moderate and severe levels grew excessively. The results also showed that the area proportion of intensifying salinized land in Yanqi County was also growing, which indicated the serious threat of land salinization to arid environment. In 1976—2009, non-salinization land accounted for 87.99% of the whole county, the salinized land keeping the same degree of moderate or severe was 0.3%. And intensifying and weakening salinized land was 8.25% and 3.16%, respectively. The case study showed that both remote sensing and GIS technology are a great help to the monitoring of land salinization in regional scale.

Key Words: land salinization, remote sensing monitoring, trends, Yanqi County