

# 河套平原盐渍化土地时空动态变化及影响因子

郭 娇, 王 伟, 叶 浩, 石迎春

(中国地质科学院 水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061)

**摘要:** 以河套平原 2000 年和 2006 年遥感影像为数据源, 应用遥感和 GIS 手段, 通过统计和空间分析, 研究了该地区盐渍化土地动态变化, 并对其变化的影响因素进行了分析。结果表明: 从 2000 年到 2006 年, 研究区盐渍化土地面积明显减少, 年平均降低率为 5.34%; 轻度 and 中度盐渍化土地程度均有减轻, 轻度盐渍化土地占总土地比例由 10.35% 减少到 6.82%, 中度盐渍化土地由 4.67% 减少到 1.94%, 重度盐渍化土地程度变化不明显, 由 5.15% 变为 4.96%。综合分析认为, 土地盐渍化是多种自然环境条件(包括区域蒸降比、地下水埋深、包气带岩性)和人类活动共同作用下的综合产物, 但与地下水矿化度没有明显的相关关系。

**关键词:** 土地盐渍化; 动态变化; 影响因子; 河套平原; 蒸降比; 地下水埋深; 地下水矿化度

**中图分类号:** S156.4<sup>+</sup>1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-1683(2014)03-0059-06

## Analysis on Spatial and Temporal Dynamic Variations and Their Impact Factors of Salinization Land in Hetao Plain

GUO Jiao, WANG Wei, YE Hao, SHI Yingchun

(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang 050061, China)

**Abstract:** Based on the remote sensing images of Hetao Plain in 2000 and 2006, the dynamic variation of salinization land was analyzed using the combination of remote sensing and GIS technology and statistics and spatial analysis. The results showed that the salinization land area has reduced significantly in the study area from 2000 to 2006 with an average annual decreasing rate of 5.34%. The levels of light and medium salinization land have reduced. The ratio of light salinization land to the total land decreased from 10.35% to 6.82%, and the ratio of medium salinization land to the total land decreased from 4.67% down to 1.94%. However, the heavy salinization land level has not changed significantly with the ratio varying from 5.15% to 4.96%. Soil salinization is affected by the natural environment (regional evaporation to precipitation ratio, groundwater depth, and vadose zone lithology) and human activities, but it does not have an obvious relationship with groundwater salinity.

**Key words:** soil salinization; dynamic change; impact factor; Hetao Plain; evaporation to precipitation ratio; groundwater depth; groundwater salinity

土地盐渍化是指干旱、半干旱地区由于不合理的人类活动和脆弱的生态环境相互影响引起表土层易溶盐含量过高而造成绝大多数植物难以生长和土地贫瘠的土地退化<sup>[1-2]</sup>。全球近 100 个国家和地区的广大干旱、半干旱地带分布有 1 000 多万 km<sup>2</sup> 的盐渍化土地<sup>[3]</sup>, 而在我国, 各种类型的盐渍化土地面积总和约 100 万 km<sup>2</sup>, 土地盐渍化已成为当今干旱区发展中面临的重要问题之一, 也是影响干旱半干旱区农业生产的第一障碍性问题<sup>[4]</sup>。

河套平原是内蒙古政治、经济、文化最发达的地区, 也是

内蒙人口密度最大的地区, 包括了省会呼和浩特和重要工业城市包头。由于特殊的自然地理条件、地形地貌、气候条件、地层岩性、地表物质组成、地下水位埋深等, 河套平原土地盐渍化问题较为严重。土地盐渍化严重破坏了生态平衡, 改变了自然环境, 导致大面积土地资源的丧失, 直接影响了当地经济的持续发展<sup>[5]</sup>。本文以河套平原 2000 年和 2006 年遥感影像为数据源, 应用遥感和 GIS 手段, 分析该地区的土地盐渍化时空动态变化及其影响因素, 为区域土地退化的防治、农业可持续发展及生态环境建设提供支持。

收稿日期: 2013-10-15      修回日期: 2014-04-01      网络出版时间: 2014-05-07

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2014.03.013.html>

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010913010)

作者简介: 郭 娇(1981-), 女, 山西高平人, 助理研究员, 硕士, 从事环境地质与地质工程方面的研究。E-mail: guojiao1220@sina.com

通讯作者: 王 伟(1981-), 男, 山西高平人, 助理研究员, 硕士, 从事计算机与 ArcGIS 应用方面的研究。E-mail: wangwe2000@163.com

# 1 研究区概况

河套平原是指内蒙古高原中部黄河沿岸的平原,由内蒙古狼山、大青山以南的后套平原、呼包平原和土默特川平原(又称前套平原)组成,西到贺兰山,东至呼和浩特市以东,北靠狼山和大青山,南界鄂尔多斯高原,总面积约 28 729 km<sup>2</sup>,介于北纬 40° 10′ - 41° 20′,东经 106° 10′ - 112° 15′ 之间。本区属于温带大陆性干旱半干旱气候带,年降水量 130~ 220 mm,年蒸发量 1 900~ 2 500 mm,年平均气温 5.6 ℃~ 7.8 ℃,无霜期 120~ 130 d,全年日照期 3 100~ 3 300 h。

# 2 数据来源与研究方法

## 2.1 数据资料

在我国,受季风气候影响,土壤盐渍化现象季节性很强,遥感影像最佳时相的选择对盐碱地的调查非常重要。春季,气温逐渐升高,蒸发量逐渐加大,降雨量很少,土层冻土融化,潜水位随之升高,是一年中土壤积盐最强烈的时期,但这种盐渍化往往只是表层泛盐,属于暂时性盐渍化;而夏季降雨集中,土壤产生季节性脱盐,秋季,蒸发量小于降水量,引起土壤积盐。因此,在该区进行土壤盐渍化遥感制图时,选择 8 月- 9 月份的卫星数据为宜,该时期正值秋季返盐期,有利于盐渍化信息的提取。

本研究使用的资料包括河套平原 2000 年 9 月 15 m 分辨率的 ETM 遥感影像、2006 年 9 月 30 m 分辨率的 TM 遥感影像,以及地下水埋深图、地下水矿化度图、包气带岩性结构图,还包括野外调查结果,气象、水文监测站生态监测数据等。

## 2.2 土地利用分类

### 2.2.1 盐渍化土地分级标准

在划分土地盐渍化程度的级别时,考虑应用遥感技术对

盐渍化监测的可行性,参照《联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约(CCD)》<sup>[6]</sup>以及河套平原盐渍化土地的实际情况,根据盐渍化土地占该地面积百分比和表层土地含盐量及其地貌景观特征,将盐渍化土地划分为非盐渍化、轻度盐渍化、中度盐渍化、重度盐渍化和沙漠化土地,这些土地包括了基岩、中小型城镇用地、水体、沼泽、其它(耕草地村落等)、沙漠、砂砾石裸地、轻度沙化地、中度沙化地、重度沙化地、轻度盐渍化土地、中度盐渍化土地和重度盐渍化土地等 13 种土地利用类型。

### 2.2.2 土地利用类型遥感解译结果

本次解译工作以人机交互式解译为主。根据野外建立的土地利用类型解译标志,首先运用 ERDAS IMAGINE 软件对卫星影像进行几何纠正,之后进行融合、裁切、图像增强等,最后通过图像转换导入 MAPGIS 软件完成了图斑的提取工作。影像解译时以 741 波段组合为主,以 432 波段组合为辅,并对过小的图斑进行了适当的取舍。在 ArcGIS 软件中,将矢量的土地利用类型进行合并,得到两个时期研究区各类土地利用现状分布图(图 1 和图 2)。

### 2.2.3 分类精度评价

为了保证数据的可靠性,利用 ERDAS 提供的给予误差矩阵的精度评估方法,参照外业调查资料,对分类后的影像进行精度评价。它是基于误差矩阵(Error Matrix)的评价方法,即将专题分类影像中的特定像元与已知分类的参考像元进行比较,得到分类结果的精度。在分类图像上选取 126 个野外考察的 GPS 定位点进行精度评价,分类结果的误差矩阵和精度见表 1。

通过计算,2000 年和 2006 年分类总精度分别为 87.53% 和 91.0%。其中,3 种盐渍地的分类精度较低,容易发生混分,但总体上精度符合研究要求。

表 1 河套平原 2000 年和 2006 年分类评估精度

Table 1 Classification accuracy of land salinization in Hetao Plain in 2000 and 2006

土地类型	2000 年						2006 年					
	非盐渍化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化	沙漠化	合计	非盐渍化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化	沙漠化	合计
非盐渍化	20	2	1	0	0	23	24	2	0	0	0	26
轻度盐渍化	0	25	2	1	1	29	0	28	2	0	1	31
中度盐渍化	0	2	26	2	1	31	0	2	25	1	0	28
重度盐渍化	0	2	2	25	1	30	0	1	3	24	0	28
沙漠化	0	2	0	0	11	13	0	1	0	0	12	13
合计	20	33	31	28	14	126	24	34	30	25	13	126
总分类精度(%)	87.53						91.20					

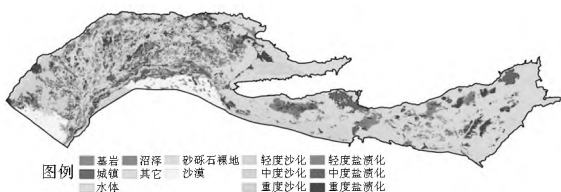


图 1 2000 年河套平原土地利用类型分布

Fig. 1 Distribution of land use types of Hetao Plain in 2000

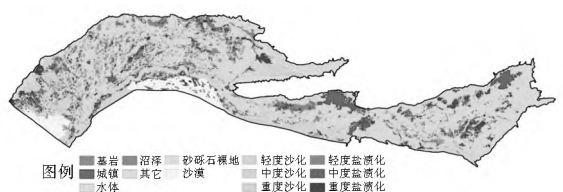


图 2 2006 年河套平原土地利用类型分布

Fig. 2 Distribution of land use types of Hetao Plain in 2006

### 3 空间结果分析

#### 3.1 土地盐渍化现状分析

对 2000 和 2006 年遥感解译结果进行统计后得到研究区两期土地盐渍化现状数据见表 2。由表 2 可知如下结果。

2000 年盐渍化土地面积合计 5 794 83 km<sup>2</sup>, 占研究区总面积的 20 17%。其中, 轻度盐渍化土地面积最大, 为 2 973 13 km<sup>2</sup>, 占总土地面积的 10 35%; 其次是重度盐渍化土地, 面积为 1 478 81 km<sup>2</sup>, 占总土地面积的 5 15%; 再次是中度盐渍化土地, 面积是 1 342 89 km<sup>2</sup>, 占总土地面积的 4 67%。盐渍化土地空间分布特点是: 分布广泛且比较零散, 后套平原的盐渍化土地面积较多, 但分布相对零散, 呼包平原上的盐渍化土地面积较少, 但其分布区域相对集中, 主要分布在达拉特旗、土右旗和土左旗之间地区。

2006 年盐渍化土地面积合计 3 938 75 km<sup>2</sup>, 占研究区总面积的 13 71%。其中, 轻度盐渍化土地为 1 958 32 km<sup>2</sup>, 重度盐渍化土地为 1 424 19 km<sup>2</sup>, 中度盐渍化土地为 556 25 km<sup>2</sup>, 分别占研究区总土地面积的 6 82%、4 96% 和 1 94%。盐渍化土地空间分布特点是: 盐渍化土地分布广泛, 在整个区域上都有分布, 其中后套平原的盐渍化土地面积较多且比较零散, 呼包平原上的盐渍化土地主要分布在达拉特旗、土右旗和土左旗之间地区以及托县东北部地区。

表 2 河套平原 2000 和 2006 年盐渍化土地面积统计

Table 2 Salinization land area of Hetao Plain in 2000 and 2006

土地类型	2000 年		2006 年	
	面积 / km <sup>2</sup>	占总面积比例 (%)	面积 / km <sup>2</sup>	占总面积比例 (%)
非盐渍化	15 839.64	55.13	18 704.53	65.11
轻度盐渍化	2 973.13	10.35	1 958.32	6.82
中度盐渍化	1 342.89	4.67	556.25	1.94
重度盐渍化	1 478.81	5.15	1 424.19	4.96
沙漠化	7 094.40	24.69	6 085.18	21.18

#### 3.2 土地盐渍化动态分析

##### 3.2.1 时间变化分析

利用 2000 年和 2006 年各类盐渍化土地的面积, 根据式 (1) 计算得到 6 年的各类盐渍化土地的年变化率<sup>[7]</sup>。表 3 表示不同程度的盐渍化土地在研究时段年变化率, 正值表示该等级盐渍化土地面积在增加, 负值表示减少。分析发现, 在 2000 年-2006 年间, 中度盐渍化土地变化最快, 达到 9.76% 的平均年变化率, 其次是轻度盐渍化土地, 年均变化率为 5.69%, 最后是重度盐渍化土地, 年均变化率为 0.62%, 并且表现为轻度盐渍化、中度盐渍化和重度盐渍化土地面积减少, 非盐渍化土地面积增大。

$$K = \frac{(U_b - U_a)}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $K$  为某种土地利用类型的年变化率;  $U_a$ 、 $U_b$  分别指研究期初和研究期末该土地利用类型的面积;  $T$  为  $a$  时刻到  $b$  时刻的研究时段长度。

##### 3.2.2 空间分布的动态变化

利用研究区 2000 年和 2006 年的盐渍化土地分布图, 计

表 3 河套平原 2000 年-2006 年盐渍化土地发展速率

Table 3 The development speed of salinification land in Hetao Plain from 2000 to 2006

盐渍化等级	非盐渍化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化	沙漠化土地	盐渍化土地合计
年变化率 / (% a <sup>-1</sup> )	3.01	-5.69	-9.76	-0.62	-2.37	-5.34

算研究期始末盐渍化土地变化图(图 3)。从图 3 可以看出, 土地盐渍化的空间分布变化存在明显的区域差异性, 后套平原中部土地盐渍化以逆转为主, 局部有所恶化; 呼包平原土地盐渍化以恶化为主; 黄河南岸地区土地盐渍化局部呈恶化状态。整体上看, 土地盐渍化面积有所缩小。



图 3 河套平原 2000-2006 年盐渍化土地变化

Fig. 3 Variation of salinization land in Hetao Plain from 2000 to 2006

##### 3.2.3 盐渍化土地的相互转换

利用空间叠加法将 2000 年-2006 年土地类型栅格图叠加, 获得盐渍化土地相互转换的具体动态数据, 以转移矩阵<sup>[8]</sup>表示(表 4)。矩阵元素表示某一种盐渍化土地转移成另一种盐渍化土地的面积比例, 矩阵对角线数值代表研究时段不同类型不同程度盐渍化土地的继承面积比例。从表 4 可以看出以下结果。

在非盐渍化土地类型中, 沼泽地向重度、轻度和中度盐渍化土地的转化率分别是 17.47%、10.70% 和 3.89%; 水体向重度、轻度和中度盐渍化土地的转化率分别是 2.52%、2.02% 和 0.99%; 其它(耕草地村落等)土地向轻度、重度和中度盐渍化土地的转化率分别是 3.74%、0.99% 和 0.62%; 基岩和城镇用地基本上没有转化; 沙漠化土地中的砂砾石裸地、沙漠、轻度沙化、中度沙化和重度沙化土地向盐渍化土地的转移率分别为 0.12%、2.27%、6.90%、9.04% 和 5.63%;

在盐渍化土地类型中, 轻度盐渍化土地向非盐渍化土地、重度盐渍化和中度盐渍化土地的转移率分别为 61.45%、5.87%、3.98%; 中度盐渍化土地向轻度、重度盐渍化和非盐渍化土地的转移率分别为 23.05%、13.68%、50.23%; 重度盐渍化土地向轻度、中度盐渍化和非盐渍化土地的转移率分别为 14.74%、8.36%、23.79%。

2000 年-2006 年, 盐渍化土地总体变化特点是: 一部分水体和沼泽有变为盐渍化土地, 其它(耕草地村落等)土地变为盐渍化土地的比例不大, 沙漠化土地有小部分比例转移为盐渍化土地, 盐渍化土地以逆转为主, 局部有些恶化。

### 4 土地盐渍化动态演变成因分析

#### 4.1 影响土地盐渍化的气候因素

影响土地盐渍化变化的气候因素包括降雨量和蒸发量<sup>[9]</sup>。从河套平原区内 11 个气象站点 1951 年-2008 年的

表 4 2000 年 2006 年河套平原各土地类型转移矩阵

Table 4 Transition matrix of all land types in Hetao Plain from 2000 to 2006

(%)

2000 年	2006 年												
	基岩	城镇	水体	沼泽	其它	砂砾石裸地	沙漠	轻度沙化	中度沙化	重度沙化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化
基岩	99.65	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
城镇	0.00	91.72	0.41	0.00	7.58	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.18	0.00
水体	0.01	0.68	70.04	0.88	19.50	0.01	0.15	1.63	0.67	0.92	2.02	0.99	2.52
沼泽	0.00	0.59	8.76	7.70	40.88	0.00	0.82	2.36	3.06	3.76	10.70	3.89	17.47
其它	0.00	1.43	1.29	0.65	89.85	0.04	0.00	1.21	0.15	0.02	3.74	0.62	0.99
砂砾石裸地	0.00	1.03	0.02	0.00	17.42	81.35	0.00	0.05	0.00	0.02	0.05	0.06	0.01
沙漠	0.00	0.00	0.04	0.61	0.10	0.03	86.01	1.83	2.30	6.80	0.37	1.30	0.60
轻度沙化	0.03	0.27	2.04	0.24	29.45	0.09	0.48	44.54	14.05	1.90	3.42	1.62	1.86
中度沙化	0.00	0.02	7.52	0.26	21.66	0.16	0.31	32.01	23.27	5.76	3.14	2.02	3.88
重度沙化	0.00	0.04	0.54	0.17	3.12	0.45	0.06	14.43	21.72	53.85	0.88	0.46	4.29
轻度盐渍化	0.00	0.15	1.83	0.89	58.58	0.00	0.37	1.89	0.34	0.09	26.02	3.98	5.87
中度盐渍化	0.00	0.69	3.67	0.64	45.23	0.06	0.16	2.01	0.32	0.13	23.05	10.37	13.68
重度盐渍化	0.00	0.04	2.95	0.84	19.96	0.04	0.08	1.63	0.78	0.18	14.74	8.36	50.40

蒸降比变化图上可以看出(图 4), 相对于降水量来说, 呼和浩特市、乌前旗和五原县的蒸发量有一定的增加, 多年的平均蒸降比分别为 0.010 3、0.003 7 和 0.000 9; 而在其余各站点(包头、临河、达拉特、磴口、杭锦后旗、土右旗、土左旗和托

县) 则有一定的减少, 多年的平均蒸降比分别为 -0.03、-0.078 2、-0.034 8、-0.052 5、-0.108 8、-0.023 2、-0.002 7和 -0.019 8。研究区整体上的蒸降比降低对盐渍化程度减弱或逆转起到一定的促进作用。

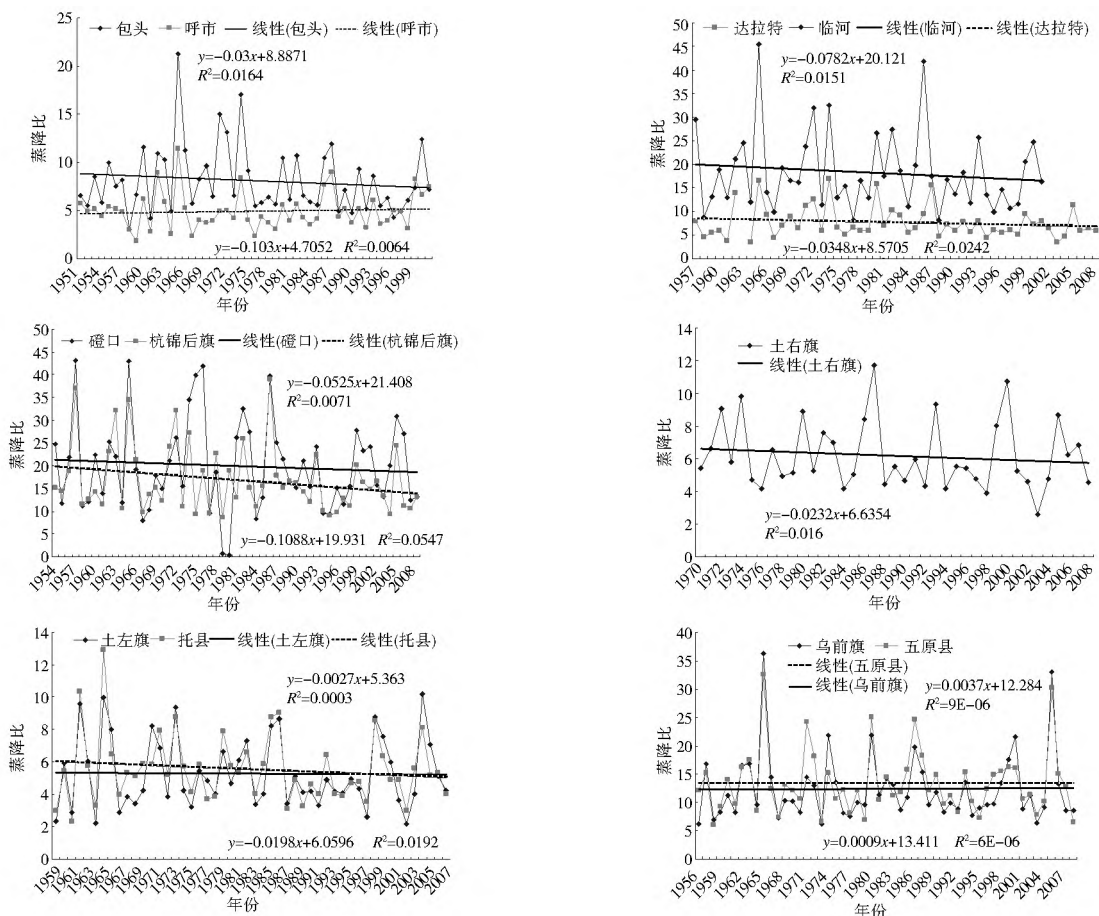


图 4 研究区各站点年蒸降比变化

Fig. 4 Variation of the evaporation to precipitation ratio at each meteorological station in the study area

4.2 影响土地盐渍化的水文地质因素

4.2.1 地下水矿化度

将地下水矿化度按照 < 1 g/L、1~ 3 g/L、3~ 5 g/L、5~

10 g/L、10~ 50 g/L 和 > 50 g/L 六个级别对河套平原浅层地下水矿化度进行分类, 再将其分布图与河套平原 2006 年土地利用遥感解译图层进行叠置分析, 求得研究区 2006 年各

表5 2006年河套平原不同地下水矿化度级别的土地盐渍化面积

Table 5 The salinization land area with different degrees of groundwater mineralization of Hetao Plain in 2006

地下水矿化度	土地盐渍化面积/km <sup>2</sup>			地下水矿化度	土地盐渍化面积/km <sup>2</sup>		
	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化		轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化
< 1 g/L	278.82	123.80	292.50	5~10 g/L	78.79	10.86	37.94
1~3 g/L	1310.66	352.89	884.54	10~50 g/L	27.40	4.89	8.41
3~5 g/L	260.21	62.78	200.80	> 50 g/L	2.45	1.03	-

级地下水矿化度的土地盐渍化面积,见表5。

从表5可看出,轻度、中度和重度盐渍化土地在不同地下水矿化度区域均有分布,但不同程度盐渍化面积分布不等。从不同矿化度土地上发生的土地盐渍化分布面积来看,土地盐渍化主要发生在地下水矿化度<5 g/L的区域,其中最容易发生盐渍化的区域地下水矿化度为1~3 g/L,其次为≤1 g/L,再次为3~5 g/L。可见,土地盐渍化与地下水矿化

度没有明显的相关关系。

#### 4.2.2 地下水埋深

将地下水埋深按照1~2 m、2~3 m、3~5 m、5~7 m、7~10 m、10~20 m、20~30 m、30~50 m和>50 m九个级别对河套平原浅层地下水埋深进行分类,再将其分布图与河套平原2006年土地利用遥感解译图层进行叠置分析,求得研究区2006年各级地下水埋深发生的土地盐渍化面积,见表6。

表6 2006年河套平原不同地下水埋深级别的土地盐渍化面积

Table 6 The salinization land area with different ground water depths of Hetao Plain in 2006

地下水埋深/m	土地盐渍化面积/km <sup>2</sup>			地下水埋深/m	土地盐渍化面积/km <sup>2</sup>		
	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化		轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化
1~2	266.55	115.61	181.01	10~20	20.65	9.77	30.80
2~3	1054.42	293.95	723.05	20~30	8.13	-	10.62
3~5	393.14	93.23	318.77	30~50	0.27	1.38	6.49
5~7	108.39	28.05	93.44	> 50	-	-	0.04
7~10	106.65	14.25	59.48				

从表6可看出,土地盐渍化主要发生在地下水埋深<5 m的区域,发生轻度盐渍化、中度盐渍化和重度盐渍化分别占其总面积的87.53%、90.39%和85.89%,其中地下水埋深2~3 m的区域发生盐渍化的面积最大,地下水埋深大于20 m的区域则基本上不发生土地盐渍化。可见,地下水埋深与土地盐渍化关系较密切。

此外,研究区地下潜水动态属灌溉降水入渗蒸发型,地下潜水的主要补给源是引黄灌溉入渗和各级渠道渗漏,其次是大气降水<sup>[10]</sup>。灌溉入渗和土壤蒸发在水盐运动中

起主导作用,因此,灌排水量和降水的多少,直接影响研究区地下水水盐动态的变化。随着研究区近些年节水改造工程的实施和引黄水量的控制,地下水位得到控制,高矿化度地下水通过土壤毛细管向地面蒸发产生次生盐渍化的可能性减小。

#### 4.3 影响土地盐渍化的地质因素

将河套平原2006年土地利用遥感解译图层与包气带岩性图层做叠置分析,求得研究区2006年不同岩性土地上发生的土地盐渍化面积,见表7。

表7 2006年河套平原不同岩性土地的土地盐渍化面积

Table 7 The salinization land area with different lithology of Hetao Plain in 2006

包气带岩性	土地盐渍化面积/km <sup>2</sup>			包气带岩性	土地盐渍化面积/km <sup>2</sup>		
	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化		轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化
亚黏土	500.83	95.03	266.64	中粗砂	68.40	25.59	93.53
砂卵砾石	12.08	6.67	27.43	中细砂	152.08	119.81	165.98
粉细砂	237.31	59.78	283.81	粉砂	36.95	19.48	41.88
亚砂土	561.70	132.38	332.61	细粉砂	2.54	0.67	9.09
黏土	386.34	96.85	202.71				

从表7可看出,轻度盐渍化发生在亚砂土上的面积变化率最大(28.68%),其次为亚黏土(25.58%),黏土和粉细砂分别为19.73%和12.12%;中度盐渍化发生在亚砂土上的面积变化率最大(23.80%),其次为中细砂(21.54%),黏土和亚黏土分别为17.41%和17.08%;重度盐渍化发生在亚砂土上的面积变化率最大(23.36%),其次为粉细砂(19.93%),亚黏土和黏土分别为18.73%和14.24%。可见,包气带岩性为亚砂土、亚黏土、黏土、粉细砂和中细砂的

土地更容易发生盐渍化。

#### 4.4 影响土地盐渍化的人为因素

农业技术落后和过度开发利用水、土、生物资源等不合理的人类活动,会使生态环境受到极大破坏,大大加剧盐渍化的进程<sup>[11-14]</sup>。另一方面,控制人口密度,疏通河道,加强土地管理,因地制宜开发利用,采取有效措施降低地下水位,恢复植被,合理地进行洗盐和灌溉,能有效的降低土地盐渍化程度,控制土地盐渍化进程<sup>[15-16]</sup>。

## 5 结论

(1) 从2000年到2006年,研究区盐渍化土地面积明显减少,净减少1 856.08 km<sup>2</sup>,年平均降低率为5.34%,盐渍化土地面积占研究区总土地面积的比例由20.17%降低到13.71%。

(2) 在研究期内研究区轻度和中度盐渍化土地程度减轻,重度盐渍化土地程度变化不明显。轻度盐渍化土地占总土地比例由10.35%减少到6.82%,中度盐渍化土地占总土地比例由4.67%减少到1.94%,重度盐渍化土地由5.15%减少到4.96%。整体上土地盐渍化以逆转为主,局部地区有所恶化。

(3) 研究区土地盐渍化动态受区域蒸降比、地下水埋深、包气带岩性及人类活动等因素影响,而与地下水矿化度没有明显的相关关系。

### 参考文献(References):

- [1] 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损害评估[J]. 自然灾害学报, 2001, (1): 99-102. (LU Chunxia, YU Yunjiang, GUAN Youzhi. Soil Salinization in Gansu Province and Its Economic Loss Evaluation of Ecological Damages[J]. Journal of Natural Disasters, 2001, (1): 99-102. (in Chinese))
- [2] 李金霞,王萨仁娜,包玉海,等. 基于遥感和GIS的扎鲁特旗土地盐渍化动态监测[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(12): 57-63. (LI Jinxia, WANG Sarrena, BAO Yuhai, et al. Monitoring Salinification of Land in Zhalot Banner Using Remote Sensing and GIS[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(12): 57-63. (in Chinese))
- [3] 陈康,金晓娟,万力,等. 应用MODIS数据进行土壤盐渍化评价方法研究[J]. 科技导报, 2009, 27(14): 59-63. (CHEN Kang, JIN Xiaomei, WAN Li, et al. Assessment of Soil Salinization Using MODIS Data[J]. Science & Technology Review, 2009, 27(14): 59-63. (in Chinese))
- [4] 姜凌,李佩成,胡安焱,等. 干旱区绿洲土壤盐渍化分析评价[J]. 干旱区地理, 2009, 32(2): 234-239. (JIANG Ling, LI Peicheng, HU Anyan, et al. Analysis and Evaluation of Soil Salinization in Oasis of Arid Region[J]. Arid Land Geography, 2009, 32(2): 234-239. (in Chinese))
- [5] 吉别克·哈力克巴义,丁建丽,谢力扎提·哈布尔. 干旱区土地盐渍化时空动态变化及影响因子分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 112-116. (JIBIEKE Halikebayi, DING Jianli, XIELIZAT Habul. Analysis on Temporal Dynamic Change and Driving Factors on Soil Salinification in Arid Area[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2011, 18(4): 112-116. (in Chinese))
- [6] 联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约[S]. 巴黎, 1994. (The Preventing Desertification Convention of the United Nations about the Serious Drought and/or Desertification Countries Especially in Africa [S]. Paris, 1994.)
- [7] 郭振华. 基于RS和GIS的艾比湖流域土壤盐渍化研究[D]. 长安大学, 2006. (GUO Zhenhua. The Research of Soil Salinization Based on RS and GIS in Ebinur Lake Area[D]. Chang'an University, 2006. (in Chinese))
- [8] 佟喜梅. 正镶白旗土地荒漠化动态变化及原因分析[D]. 内蒙古师范大学, 2008. (TONG Ximei. Dynamic Change and Reason Analysis of Land Desertification in Zhengxiangbai Banner[D]. Inner Mongolia Normal University, 2008. (in Chinese))
- [9] 刘强,何岩,邓伟,等. 变化环境中土壤盐渍化过程研究—以洮儿河中下游地区为例[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(6): 113-117. (LIU Qiang, HE Yan, DENG Wei, et al. Study on the Soil Salinization Process in the Changeable Environment—A Case Study in the Middle and Lower Reaches of Taoer River [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(6): 113-117. (in Chinese))
- [10] 李淑静. 内蒙古河套灌区地下水盐动态探析[J]. 内蒙古水利, 2010, (2): 5-6. (LI Shujing. The Dynamic Analysis of Ground Water Level and Salt in Hetao Irrigation Area of Inner Mongolia [J]. Inner Mongolia Water Resources, 2010, (2): 5-6. (in Chinese))
- [11] 裘善文. 吉林霍洮两河中下游地区土地盐渍化的特征、成因及治理使用技术研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(S0): 18-22. (QIU Shanyan. Characteristics, Causes, and Improvement of Salinized Soil in the Middle and Low Reaches of Huo and Tao Rivers of Jilin Province[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(S0): 18-22. (in Chinese))
- [12] 王嵩,冯平,李建柱. 地下水生态环境控制指标问题的研究现状[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(4): 99-103. (WANG Song, FENG Ping, LI Jianzhu. The Studying Situation of Ecological environmental Control Index for Groundwater[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(4): 99-103. (in Chinese))
- [13] 何祺胜,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等. 塔里木盆地北缘盐渍地遥感调查及成因分析: 以渭干河-库车河三角洲绿洲为例[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(5): 24-29. (HE Qisheng, TASHPOLAT Tiyp, DING Jianli, et al. Remote Sensing Investigation and Cause Analysis of Saline Soils in North of Tarim Basin: Taking Delta Oasis of Weigan and Kuqa Rivers for Example[J]. Journal of Natural Disasters, 2007, 16(5): 24-29. (in Chinese))
- [14] 董新光,邓铭江,周金龙,等. 论新疆平原灌区土壤盐碱化与水资源开发[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(5): 14-17. (DONG Xinguan, DENG Mingjiang, ZHOU Jionglong, et al. On Exploitation of Water Resources and Soil Salinization in Irrigation Area of Xinjiang Plain[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2005, 24(5): 14-17. (in Chinese))
- [15] 刘文新,张平宇,马延吉. 东北地区生态环境态势及其可持续发展对策[J]. 生态环境, 2007, 16(2): 709-713. (LIU Wenxin, ZHANG Pingyu, MA Yanji. Situation of and Countermeasures for Ecological environment in Northeast China[J]. Ecology and Environment, 2007, 16(2): 709-713. (in Chinese))
- [16] 郭然,王效科,欧阳志云,等. 中国土地沙漠化、水土流失和盐渍化的原因和驱动力总体分析[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 119-127. (GUO Ran, WANG Xiaoke, OU YAN Zhiyun, et al. Causes and Drivers of Desertification, Soil Erosion and Salinization in China: A Meta-analysis[J]. Journal of Natural Resources, 2004, 19(1): 119-127. (in Chinese))