

# 新疆焉耆盆地土壤盐渍化特征分析

刘延锋<sup>1</sup>, 靳孟贵<sup>1</sup>, 金英春<sup>2</sup>, 曹英兰<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学 环境学院, 湖北 武汉 430074; 2. 新疆水利水电勘测设计研究院 地质勘察研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:** 焉耆盆地土壤盐渍化日趋严重, 直接影响当地农业发展和生态环境建设。作者运用统计特征值、趋势面分析等方法, 探讨了焉耆盆地土壤含盐量、盐分化学组成及其空间分布特征。结果发现: (1) 除戈壁砾石带外, 区内有近 60% 的土地处于强盐渍化和盐土状态, 且主要为氯化物—硫酸盐型盐渍化; (2) 荒地土壤的含盐量远大于农田区土壤; (3) 表层土壤盐分具有从扇缘到湖滨逐渐增加的趋势, 在灌区内土壤盐分随灌溉和排水而呈现季节性变化, 但整体上处于脱盐状态。区内土壤盐渍化是在自然和人类活动共同作用下形成的, 通过节水灌溉、合理开发地下水、完善灌排系统等措施可有效地改良盐渍土。

**关键词:** 焉耆盆地; 土壤盐渍化; 趋势面分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2004)01-0049-04

中图分类号: S155.293

## Characteristics Analysis of Soil Salinization in Yanqi Basin of Xinjiang Wei Autonomous Region

LIU Yan-feng<sup>1</sup>, JIN Meng-gui<sup>1</sup>, JIN Ying-chun<sup>2</sup>, CAO Ying-lan<sup>1</sup>

(1. School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei Province, China; 2. Xinjiang Water Resource and Hydropower Investigation and Design Institute, Urumqi 830000, Xinjiang Wei Autonomous Region, China)

**Abstract:** Soil salinization is a serious problem in Yanqi basin, Xinjiang Wei Autonomous Region, and the agricultural development and the ecological environment are threatened. Based on analysis of the chemical composition of salt-affected soil and statistical analysis of its spatial distribution, it is concluded that: (1) the salt type involved in soil salinization is chlorinate-sulfate and about 60% of land is strong salinized and saltier; (2) soil salinity is greater in natural areas than in farmland areas; (3) soil salinity increases from the fringe of the torrential fan to the shore of salted lake. In irrigated areas, soil salinity changes seasonally and decreases as a whole because of irrigation and drainage. The reasons for soil salinization include natural factors and human activity. Water-saving irrigation, rational groundwater exploitation and improved irrigation and drainage systems are effective measures to control soil salinization.

**Keywords:** Yanqi basin; soil salinization; trend surface analysis

焉耆盆地是南天山褶皱断块山系中的一个半封闭的大型山间盆地。区内水土资源丰富, 是巴音郭楞蒙古自治州农牧业的主要基地。但是由于长期大量引用地表水进行不合理灌溉, 致使区内地下水位普遍升高, 约 62% 的灌区地下水位埋深小于 2 m, 不少耕地因次生盐渍化而荒废<sup>[1]</sup>。日趋严重的土壤盐渍化将不利于该区的农业和经济可持续发展。

### 1 盆地自然地理条件

焉耆盆地位于新疆巴音郭楞蒙古自治州境内, 面积 13 612 km<sup>2</sup>。地理坐标东经 86°15′—87°00′, 北纬 41°45′—42°15′, 包括焉耆、和静、和硕、博湖 4 个县。

盆地略呈菱形, 长轴方向为北西西, 地势从西北向东南倾斜, 最低处为我国最大的内陆淡水湖——博斯腾湖(以下简称博湖), 湖水位约 1 048.50 m(2000 年)。博湖不仅是盆地的水盐汇集中心, 又是孔雀河的源头, 是一座天然调节水库, 蕴含着丰富的水生生物资源和旅游资源。焉耆盆地主要河流有开都河、黄水沟、清水河等, 其多年平均径流量 3.88×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>, 其中开都河为 3.34×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>, 其余为各小河流流量。开都河水体矿化度为 0.20~0.30 g/L, 为 HCO<sub>3</sub>-Ca 型水。

该区深居我国西北内陆腹地, 为典型的大陆性干旱气候, 降水稀少, 蒸发强烈, 夏季炎热, 冬季寒冷。年平均气温 8.0℃~8.9℃, 年降水量 50~80 mm, 集中

收稿日期: 2003-04-03

修回日期: 2003-06-15

资助项目: 高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20020491011)

作者简介: 刘延锋(1975—), 男(汉族), 山东人, 在读博士, 主要从事水资源评价、水盐运移模拟研究。电话: 13554289391, E-mail: liuyf@cug.edu.cn。

在 5--9 月,年蒸发量达 2 000~2 450 mm,蒸降比在 30~40 以上。焉耆盆地的土壤盐渍化与水文、地貌和水文地质条件密切相关。本文选取开都河北岸冲洪积平原和清水河冲积平原区作为研究区域,面积约 1 213.4 km<sup>2</sup>。区内土壤沼泽化和盐渍化严重,常见的盐土类型有:草甸盐土、普通盐土和沼泽盐土等<sup>[2]</sup>。

## 2 土壤盐分的组成及分布特征

### 2.1 土壤盐分的组成

在研究区不同位置、不同深度取土样(2002 年),利用水质简分析方法测定 1:5 土壤浸出液中易溶盐的含量、pH 值和主要离子(K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>,Ca<sup>2+</sup>,Mg<sup>2+</sup>,Cl<sup>-</sup>,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>和 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)含量。分农田和荒地分别对土壤中各离子的含量进行统计分析,由其统计特

征值(表 1)可以看出,区内离子类型多样,且各离子的含量空间变异显著,反映了盐分来源和影响因素的多样性。本区土壤呈碱性,pH 值大于 8,变化幅度小;盐渍化严重,不论荒地还是农田,表层土壤含盐量均超过了 0.1%,荒地内土壤盐分普遍高于农田区,其 2 m 内土壤平均含盐量是农田区的 8.1 倍。土壤盐分的空间变异性大,荒地的土壤盐分变异系数达到了 177%,而农田区也达到了 130%。荒地土壤盐分组成主要为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,Cl<sup>-</sup>和 K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>,占土壤含盐总量的 88.9%,且含量变化幅度大,而 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>和 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>的含量低,且空间分布比较均匀。农田土壤盐分组成主要为 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,相对于荒地土壤,其 Cl<sup>-</sup>和 K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>的含量明显降低,分别减少了 92.9%和 92.3%,其次是 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和 Mg<sup>2+</sup>,分别减少了 87.4%和 84.1%。

表 1 土壤盐分组分统计特征值

	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	含盐量	pH
平均值	0.813	0.141	0.215	1.056	1.586	0.068	0.008	3.886	8.016
最大值	11.339	0.398	2.062	14.120	16.029	0.410	0.035	43.679	9.430
荒地	最小值	0.017	0.007	0.003	0.015	0.020	0.000	0.110	7.130
极差	11.322	0.391	2.059	14.105	16.009	0.410	0.035	43.569	2.300
标准差	1.737	0.119	0.372	2.140	2.668	0.073	0.008	6.780	0.457
变异系数	213.800	84.400	173.200	202.600	168.200	106.500	97.000	177.200	5.700
所占比例	20.910	3.620	5.530	27.170	40.810	1.760	0.210	--	--
平均值	0.063	0.043	0.034	0.075	0.199	0.057	0.007	0.479	8.361
最大值	0.442	0.266	0.702	0.976	1.909	0.338	0.090	4.405	10.030
农田	最小值	0.002	0.007	0.002	0.010	0.004	0.000	0.076	7.300
极差	0.440	0.259	0.700	0.966	1.905	0.329	0.090	4.330	2.730
标准差	0.083	0.051	0.076	0.131	0.302	0.041	0.010	0.598	0.599
变异系数	132.500	116.600	223.000	174.600	151.600	70.900	138.200	133.100	7.200
所占比例	13.140	9.070	7.140	15.660	41.560	11.920	1.510	--	--

### 2.2 土壤盐分组成的深度分布

绘制区内土壤含盐量及其主要组成离子随深度的变化曲线(图 1)。由图 1 可见,土壤盐剖面分布呈现典型的漏斗状。荒地表层土壤含盐量最高,尤其是荒地,其表层 30 cm 内土壤含盐量约占 200 cm 土壤总含盐量的 45%,向下层迅速减低,并趋于稳定。土壤盐分中各组分的变化也出现同样的规律,Na<sup>+</sup>和 Cl<sup>-</sup>的含量随深度变化显著,而其它成分随深度变化不大,这是由于 Na 盐和氯化物的溶解度大,而且运移活跃,在强烈蒸发作用下在土壤表层聚集。盐分含量分布呈典型的漏斗型,反映盐分分布首先是受区域自然地理条件即地带性因素的影响<sup>[3]</sup>。

### 2.3 土壤盐渍化类型

目前,土壤盐渍化的分类标准多种多样,不同地区的分类标准不同,本文采用《新疆农业技术手册》<sup>[1]</sup>

的土壤盐渍化类型区分表(按阴离子毫克当量百分数比值)和土壤盐渍化程度分级标准(表 2),根据表层 0~30 cm 土壤盐分中 Cl<sup>-</sup>/(2SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)mmol 比值及土壤含盐量进行分类和分级,并分类别和级别进行统计(表 3)。由统计结果可知,盆地土壤盐渍化主要为氯化物—硫酸盐型,占 69.44%,其次为硫酸盐—氯化物型,占 15.74%。区内土壤盐渍化严重,近 60%的样点已处于强盐渍化程度,其中 48.15%为盐土,10.19%为强盐渍化。荒地区,盐渍土主要为氯化物—硫酸盐型,约占 61.8%,其次是硫酸盐—氯化物型,约占 25.5%;盐土约占 74.5%,强盐渍化土各占 14.5%。耕地区盐渍土大多为氯化物—硫酸盐型,约占 77.35%,其余 3 类则相差不大;盐土约占 20.8%,强盐渍化土占 5.6%,中度盐渍化占 22.6%,轻盐渍化占 26.4%,极轻盐渍化占 24.5%。

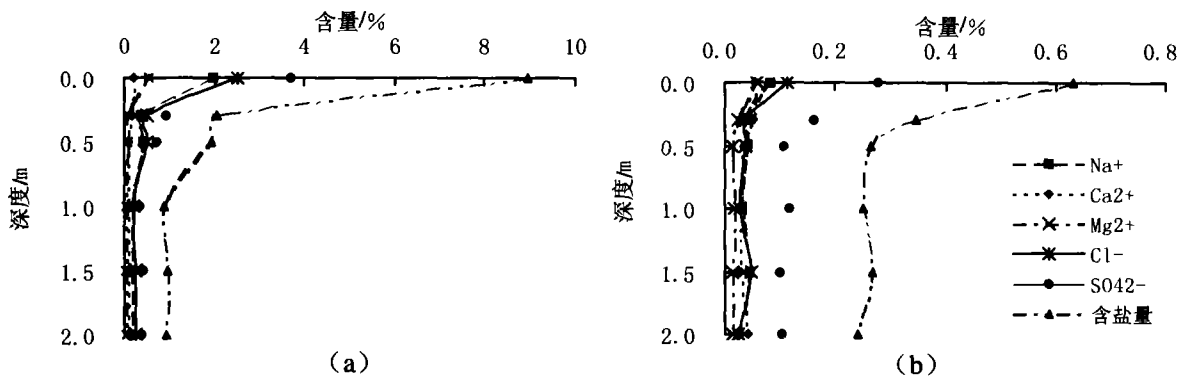


图 1 土壤含盐量及其化学组成剖面

表 2 新疆盐渍化分类和分级标准

Cl <sup>-</sup> /(2SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	盐渍化类型	极轻盐渍化	轻盐渍化	中度盐渍化	强盐渍化	盐土
>2.00	氯化物型	<0.15	0.15~0.30	0.30~0.50	0.50~0.80	>0.80
1.00~2.00	硫酸盐—氯化物型	<0.20	0.20~0.30	0.30~0.60	0.60~1.00	>1.00
0.20~1.00	氯化物—硫酸盐型	<0.25	0.25~0.40	0.40~0.70	0.70~1.20	>1.20
<0.20	硫酸盐型	<0.30	0.30~0.60	0.60~1.00	1.00~2.00	>2.00

表 3 焉耆盆地盐渍化分类分级统计特征

盐渍化类型	样点数/个					占总样点比例/%
	极轻盐渍化	轻盐渍化	中度盐渍化	强盐渍化	盐土	
氯化物型	3	2	4	1	3	8.33
硫酸盐—氯化物型	2	1	1	2	11	15.74
氯化物—硫酸盐型	11	9	12	5	38	69.44
硫酸盐型	0	3	1	3	0	6.48
占样点总数的%	14.81	13.89	12.96	10.19	48.15	—

2.4 土壤盐渍化的分布特征

由于地貌形态(特别是微地貌)、人类活动等局部因素的影响,焉耆盆地土壤盐渍化的类型和程度的分布规律并不明显。

趋势面分析是一种应用较广的数学方法,它的主要功能是发现系统趋势和圈定局部异常。利用实测的各样点地表处的积盐量进行趋势面分析,可以削弱局部因素的影响,从而揭示研究区土壤积盐量的空间发展趋势。趋势面方程采用 3 次拟合,其方程为:

$$Z = 156.956 - 7.5214X - 13.6834Y + 0.1017X^2 + 0.4602XY + 0.3830Y^2 - 0.0002X^3 - 0.0037X^2Y - 0.0061XY^2 - 0.0035Y^3$$

利用 F 检验进行显著性检验:

$$F = \frac{U/p}{Q/(n-p-1)} = 4.939$$

$F > F_{0.05}(10, 97) = 1.933$ , 说明趋势面方程是显著的。

利用趋势面方程计算出的数值绘制土壤积盐量的等值线图(图 2)。尽管各取样点处的土壤含盐量趋

势值与实测值相差较大,但是它反映了该区土壤盐分的整体趋势。

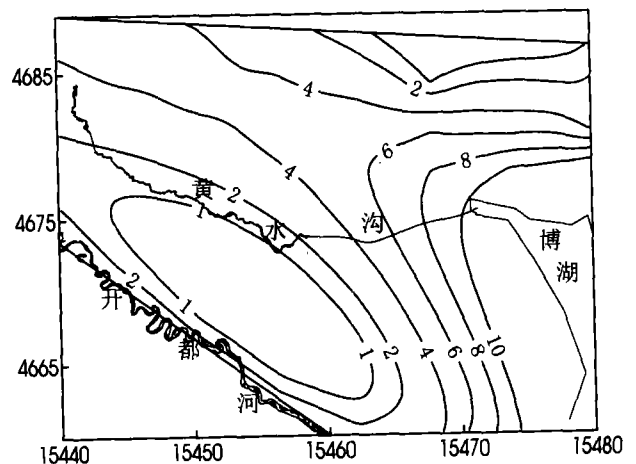


图 2 焉耆盆地土壤含盐量趋势面等值线图

由图 2 可以看出,在盆地四周戈壁砾石带,由于地下水位埋藏深,土壤含盐量小;自山前向湖滨区,地下水位埋深逐渐变浅,在蒸发作用下土壤盐分含量增

加,至湖滨区达到最大,这与盆地地下水流向相符合。在黄水沟和开都河之间,土壤含盐量很低,主要原因是该区大多为农田,区内排水渠纵横,而且此段开都河和黄水沟都排泄地下水。

### 3 土壤盐分的时间变化规律

研究区降水稀少,荒地区的土壤盐分一直处于累积状态,土壤盐分不断增加。而在耕地区,由于灌溉和排水的影响,土壤含盐量呈现季节性波动。研究区农田土壤含盐量的季节变化如图3所示。由图3可以看出,在灌排条件下的农田土壤盐分动态可以分为以下几个阶段:(1)灌溉—脱盐—积盐阶段(3—6月)。灌溉后,盐分随水分下渗,并随地下水从排水渠中排出农田,之后由于地下水位上升,地下水蒸发增强,土壤开始积盐,每次灌溉均出现脱盐和积盐过程。(2)盐分相对稳定期(7—9月)。该阶段地下水位埋深大,地下水蒸发较弱,土壤盐分相对稳定,并出现缓慢脱盐;(3)冬灌脱盐阶段(10—11月)。冬灌水量大(433 mm),表层80 cm内的土壤脱盐比较明显;(4)冬季相对稳定期(12—翌年3月)。冬季降水极少,蒸发量小,土壤冻结,水分以气态形式向上运动,盐分缓慢增加,土壤深部盐分有所增加。可见,土壤含盐量总体上是减小的。

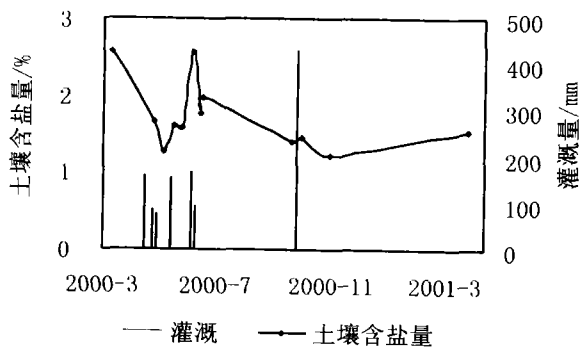


图3 农田土壤含盐量的季节变化

### 4 土壤盐渍化成因分析及防治措施

焉耆盆地外围山区分布大量的花岗岩体,其中长石等矿物含有大量的钠,且山前带的第三系和侏罗系岩层中富含石膏等可溶盐类。这些岩石的风化产物随地表水进入盆地,易溶盐类随地表水和地下水进入盆地中部,经蒸发浓缩而聚集于土壤中,形成原生土壤盐渍化。

不合理的灌溉方式以及不完善的排水系统导致了严重的土壤次生盐渍化。焉耆盆地气候干旱,无灌溉就无农业,灌溉多采用地表水漫灌形式。自20世纪50—60年代以来,由于大量开垦荒地,区内耕地面积由50年代初的 $6.67 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 扩大到目前的 $1.13 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ,年灌溉量也由50年代初的 $2.00 \times 10^8 \sim 3.00 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到 $1.20 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,农田毛灌溉定额最高达 $20610 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,目前仍为 $11115 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,导致大量地表水入渗补给地下水,使地下水位不断抬升,加速了土壤的次生盐渍化。同时,灌区排水系统不完善,灌排比逐年上升,而且引水渠很多没有防渗,导致渠道两侧地下水位大幅上升,土壤盐渍化严重。由此可见,自然和人类活动的双重作用导致了研究区严重的土壤盐渍化问题。

土壤盐渍化的治理必须从系统的观点出发,将研究区地表引水—地下水开采—灌溉排水—环境保护作为一个统一的整体来对待,所采取的措施既要能治理盐渍化,又不会产生荒漠化和博斯腾湖水水质咸化等一系列环境问题。在系统分析盆地内地表水、地下水资源量及其相互转化关系的基础上,联合调度地表水、土壤水和地下水,减少地表水的引水量,合理开采地下水,适当降低地下水位(既能显著地减少潜水的蒸发,又不致于产生土壤的沙化)。大力推广节水灌溉,减少灌溉定额,采用小畦灌溉、沟灌、滴灌等节水灌溉方式,从而减小因灌溉水大量入渗造成潜水位上升及肥料流失。合理开采地下水,并灌渠排结合,优化调控灌区水盐动态,使盐分不在灌区累积。开展生物排盐,在盐渍土区种植适宜的耐盐作物或饲料,在沼泽化盐渍土区种植耐碱芦苇。

#### [参考文献]

- [1] 靳孟贵,刘延锋,董新光,等.节水灌溉与农业面源污染控制研究——以新疆焉耆盆地为例[J].地质科技情报,2002,21(1):51—54.
- [2] 黎立群,董汉章,石万普,等.新疆焉耆盆地土壤积盐特征及其改良利用分区[J].土壤学报,1983(1):43—52.
- [3] 闫琳,胡春元,董智,等.额济纳绿洲土壤盐分特征的初步研究[J].干旱区资源与环境,2000,14(5):25—30.
- [4] 新疆农科院.新疆农业技术手册[S].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1976.
- [5] 陈模,杨绍斌.焉耆盆地盐渍化土壤的形成与改良[J].国土与自然资源研究,1992(3):46—49.
- [6] 董新光,江涛,姜卉芳.新疆焉耆盆地水资源利用与环境保护模式研究[J].灌溉排水,2000,20(2):61—65.