

# 博尔塔拉河下游河岸带土壤盐分特征分析

王勇辉<sup>1,2</sup>, 王艳丽<sup>2</sup>, 海米提·依米提<sup>2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

**摘要:**为了给艾比湖地区防风治沙及生态恢复工作提供科学依据,以艾比湖主要供给河流——博尔塔拉河下游河岸带土壤为研究对象,对不同植被类型覆盖条件下土壤总盐含量、可溶性离子等指标进行定量测定,并进行相关性分析及主成分分析。结果显示:研究区土壤盐含量表聚性较强;土壤中的总盐含量与  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  +  $\text{Na}^+$  存在极显著的正相关关系; $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  +  $\text{Na}^+$  是研究区盐渍化状况的特征因子。研究区土壤次生盐渍化严重,经盐渍化分级为盐土。

**关键词:**博尔塔拉河; 土壤盐分; 相关性; 主成分分析

中图分类号:S156.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)05-0139-04

## Analysis of Soil Salinity Characteristics in Bohe River Riparian Zone

WANG Yong-hui<sup>1,2</sup>, WANG Yan-li<sup>2</sup>, HAMID · Yimit<sup>2</sup>

(1. School of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. School of Geography and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

**Abstract:** In order to provide a scientific basis to prevent dust and ecological restoration, as the research object of Bohe River riparian, the total salt content, contents of eight ions under the conditions in different types of vegetation were quantitative measured. According to the correlation analysis and principal component analysis, the results show that salt accumulation in surface is significant; the total salt content in the soil is significant positive correlation with the  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Na}^+$  are the characteristic factors of salinization; conclusion is that secondary soil salinization is serious in the study area. Soil is classified saline soil according to salinization classification standard in the study area.

**Key words:** Bohe River; soil salinity; correlation; principal component analysis

分析盐渍化区域盐分特征,对治理和预防土壤盐渍化至关重要<sup>[1]</sup>。盐碱地造林绿化是开发利用盐碱地的重要内容之一<sup>[2]</sup>。土壤含盐量是荒漠植被分异的重要因素之一<sup>[3-4]</sup>,尤其在新疆这样一个干旱、盐渍化土壤分布面积最广、土壤积盐最重的地区,开展土壤盐分特征的研究意义重大<sup>[5-6]</sup>。

前人对新疆不同地区土壤含盐量、土壤电导率及土壤离子之间的关系进行了大量研究,如麦麦提吐尔逊·艾则孜等运用半方差函数与克里格插值法,对伊犁河灌区灌溉期与非灌溉期土壤盐分含量变异特征进行了分析<sup>[7]</sup>;莫治新等对塔里木河中下游主要植物群系下的土壤盐分、地下水理化特征与群系最大盖度进行了相关分析和回归分析<sup>[8]</sup>;古丽格娜·哈力木拉

提等采用相关分析法与主成分分析法分析了喀什葛尔河流域盐渍化土壤盐分特征<sup>[1]</sup>;王雪梅等以野外调查和实地测点为基础,对新疆典型盐渍化区渭干河—库车河三角洲绿洲土壤盐分特征进行研究<sup>[9]</sup>。由于不同地区盐渍化成因不同,因此土壤总体盐分状况、盐离子组成与土壤含盐量的关系也不尽相同,而且随季节的变化而发生改变。

作为干旱区典型的内陆封闭盐湖,新疆艾比湖的环境退化问题成为近年来的研究热点。博尔塔拉河是艾比湖的主要补给河流之一,其变化直接影响着艾比湖流域乃至整个北疆地区的人居环境;此外,博尔塔拉河流域位于阿拉山口大风吹过的主通道上,常年受沙尘天气的影响,准确测定不同植被覆盖条件下的

收稿日期:2012-03-11

修回日期:2012-05-01

资助项目:国家自然科学基金(41171036);新疆师范大学优秀青年教师科研启动基金项目(XJNU1013)

作者简介:王勇辉(1977—),男,新疆奎屯人,讲师,博士研究生,主要从事干旱区资源利用与环境演变的研究。E-mail:wyhsd\_3011@163.com

通信作者:海米提·依米提(1960—),男(维吾尔族),新疆喀什人,教授,博士生导师,从事干旱区水资源开发利用及其环境效应研究。

E-mail:hyimit@yahoo.com.cn

土壤盐分含量,可以定量了解沙尘天气对下游地区土壤盐渍化的影响程度,从而为该地区土壤恢复及防沙抗沙提供科学参考。关于干旱区湖泊湿地不同植被覆盖条件下土壤盐分特征的研究相对较少,因此,本研究从微观的视角入手,综合土壤地理学、分析化学、统计学等研究手段,对博尔塔拉河下游河岸带的土壤盐分特征进行分析,为合理利用资源和生态环境建设提供理论依据。

## 1 研究区概况

博尔塔拉河流域位于新疆天山北麓准噶尔盆地西南缘,西、北、南三面环山,向东呈喇叭口状敞开,介于东经  $79^{\circ}53'$ — $83^{\circ}53'$ ,北纬  $44^{\circ}02'$ — $45^{\circ}23'$ ,流域总面积  $11\,367\text{ km}^2$ 。年均降水量  $90.9\text{ mm}$ ,年均蒸发量高达  $3\,790\text{ mm}$ ,属典型的大陆性干旱气候。博尔塔拉河水通过冰雪、降雨和地下水混合补给,以地下水为主,由西向东流经温泉、博乐市,在精河与大河沿子河汇合后,以北偏东流入艾比湖。

本研究样地位于博河东段,东经  $82^{\circ}38'07''$ — $82^{\circ}44'32''$ ,北纬  $44^{\circ}45'14''$ — $44^{\circ}51'55''$ 。地表植被沿博河入湖口呈条带状分布,靠近入湖口地段植被茂密,远河道处生长稀疏,盐生或盐化的植被呈斑块状分布于

该地区。研究区内主要植被有怪柳(*Tamarix ramosissima* Ledeb)、碱蓬(*Suaeda glauca* Bunge)、盐节木(*Chenopodiaceae*)、芦苇(*Phragmites australis*)、黑果枸杞(*Lycium ruthenicum* Murr)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)。博尔塔拉河是温泉、博乐市、兵团农五师灌溉网的主要河流,同时又是艾比湖的重要补给水源之一,在地区农业生产及生态环境保护等方面发挥着重要的作用。

## 2 材料与方法

### 2.1 土壤样品采集

土壤样品采集时间为 2011 年 11 月 1—2 日,利用 GPS 野外定位,采用均匀网格法( $1\text{ km}\times 1\text{ km}$ ),自艾比湖博河的入湖口开始,沿河岸带约每隔  $1\text{ km}$ ,根据不同植被类型、土壤类型进行分层采集。采样层次为  $0$ — $10$ ,  $20$ ,  $40$ ,  $60$ ,  $80\text{ cm}$ ,采集土壤样品时以网格交点为中心,在半径  $100\sim 150\text{ m}$  处随机采集重复样品 2 份,然后将其等量均匀混合,将土壤样品装入密封袋密封。带回到实验室后,剔除土壤中植物根系及残体、石块等杂物,在通风良好的地点将样品风干后过筛,用于土壤养分指标的测定,采样点情况详见表 1。

表 1 采样点及地表植被

序号	纬度	经度	海拔/m	地表植被状况
1 号	$44^{\circ}51'55''$	$82^{\circ}44'32''$	197	湖口淤泥地,少量盐角草(盖度不足 10%)
2 号	$44^{\circ}51'33''$	$82^{\circ}44'20''$	195	芦苇地(高度 $1.5\text{ m}$ ,密度较大)
3 号	$44^{\circ}50'46''$	$82^{\circ}45'25''$	191	碱蓬、盐节木(红色,密度大,盖度约 60%)
4 号	$44^{\circ}48'30''$	$82^{\circ}42'00''$	206	芦苇、怪柳(盖度约 30%,高度 $1.5\text{ m}$ )
5 号	$44^{\circ}45'56''$	$82^{\circ}39'13''$	200	芨芨草、怪柳(盖度约 35%,高度 $1.2\text{ m}$ )
6 号	$44^{\circ}45'14''$	$82^{\circ}38'07''$	207	芦苇地、怪柳(盖度约 30%,高度 $1.5\text{ m}$ )
7 号	$44^{\circ}51'14''$	$82^{\circ}44'16''$	194	怪柳灌丛(盖度约 25%,高度 $1.2\text{ m}$ )
8 号	$44^{\circ}50'52''$	$82^{\circ}44'08''$	197	怪柳灌丛(盖度约 25%,高度 $1.2\text{ m}$ )
9 号	$44^{\circ}51'35''$	$82^{\circ}41'46''$	194	黑果枸杞(盖度约 30%,高度 $0.3\text{ m}$ )
10 号	$44^{\circ}49'32''$	$82^{\circ}43'47''$	191	梭梭(盖度约 30%,高度 $1.2\text{ m}$ )
11 号	$44^{\circ}45'14''$	$82^{\circ}38'07''$	207	芦苇地(盖度约 25%,高度 $1.8\text{ m}$ )

### 2.2 土壤样品分析与数据处理

土壤总盐采用质量法测定; $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  采用双指示剂中和法; $\text{Cl}^-$  采用硝酸银滴定法; $\text{SO}_4^{2-}$  采用 EDTA 滴定法; $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  采用 EDTA 络合滴定法; $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  用差减法计算求得;pH 用酸度计测定;土壤水分采用烘干法测定<sup>[10]</sup>;采用 Excel 及 SPSS 17.0 进行数据处理。

## 3 结果与分析

### 3.1 博尔塔拉和下游河岸带土壤总盐特征分析

土壤盐渍化程度的高低主要由土壤溶液中盐基离子含量的多少决定。通常将土壤溶液中各盐基离

子(八大离子)之和称为土壤总盐量,用以表示土壤含盐量的大小及盐渍化水平的高低<sup>[11]</sup>。通过对各个采样点不同土层深度土壤化学分析结果进行描述性统计分析,如图 1 所示:表层( $0$ — $10\text{ cm}$ ),  $20$ ,  $40$ ,  $60$ ,  $80$ ,  $100\text{ cm}$  土层盐分平均含量分别为  $78.25$ ,  $54.49$ ,  $27.26$ ,  $36.47$ ,  $14.00$ ,  $26.29\text{ g/kg}$ 。土壤全盐含量由表层( $0$ — $10\text{ cm}$ )— $20\text{ cm}$ — $40\text{ cm}$ — $60\text{ cm}$ — $80\text{ cm}$ — $100\text{ cm}$  基本呈递减趋势,土壤盐分表层堆积最多,其次为  $20\text{ cm}$  处,在  $80\text{ cm}$  处达到最低。

根据采样点土壤盐分总量点绘出图 2,结果显示:距博尔塔拉河入湖口  $5\text{ km}$  观鸟亭附近的黑果枸杞灌丛植被耐盐碱性最强;其次为博河大桥——距湖

口约 2 km 的碱蓬、盐节木漠区植被;博河上游距湖约 8 km 处的芦苇地、柽柳丛处耐盐碱性最弱。

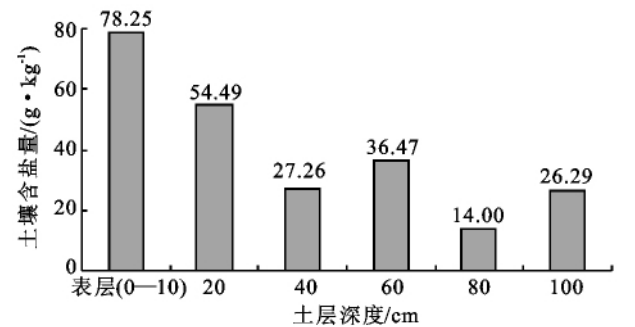


图 1 不同层次土壤盐分含量

3.2 博尔塔拉和下游河岸带土壤总盐与各离子相关性分析

在盐渍化土壤中,不同离子与总盐的关联性不同,为了解盐分在土壤中的存在形态及积累的特点,需要分析土壤总盐与主要离子之间的内在关系。通过对土壤中的总盐与盐基离子进行了相关性分析,结

果表明(表 2),土壤中的总盐含量与  $\text{HCO}_3^-$  的相关系数达到了 0.85 以上,呈高度相关;总盐含量与  $\text{Cl}^-$  和  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  的相关系数超过了 0.98,存在显著性相关关系;同时, $\text{Cl}^-$  与  $\text{HCO}_3^-$  的相关系数超过了 0.80,呈高度相关;并且  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  与  $\text{HCO}_3^-$  的相关系数超过了 0.85 以上,也呈高度相关; $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  的相关系数超过了 0.99,呈显著性相关;总盐含量与  $\text{SO}_4^{2-}$  相关性较低。

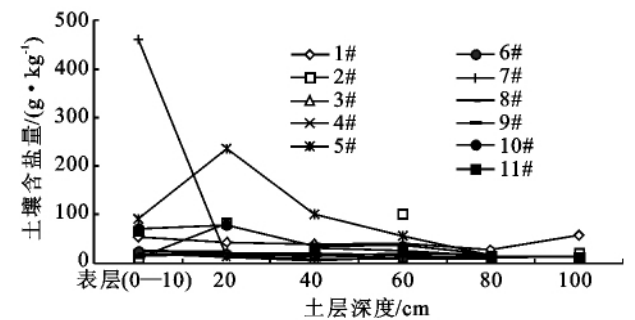


图 2 土壤剖面不同深度总盐含量变化

表 2 土壤盐分及组成离子之间的相关关系矩阵

项目	总盐含量	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$
总盐含量	1.000							
$\text{CO}_3^{2-}$	-0.135	1.000						
$\text{HCO}_3^-$	0.858**	-0.396	1.000					
$\text{Cl}^-$	0.989**	-0.100	0.801**	1.000				
$\text{SO}_4^{2-}$	0.194	-0.195	0.436	0.050	1.000			
$\text{Ca}^{2+}$	-0.355	-0.324	-0.150	-0.397	0.226	1.000		
$\text{Mg}^{2+}$	-0.136	-0.119	-0.265	-0.155	0.170	0.288	1.000	
$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	1.000**	-0.127	0.855**	0.990**	0.188	-0.373	-0.146	1.000

注: \*\* 表示在 0.01 水平上显著相关。

3.3 博尔塔拉河下游河岸带土壤离子主成分分析

各主成分中指标系数、特征值及贡献率,按照累计贡献率达到 80% 确定为主成分,并计算主成分与各项指标的相关系数。对水溶性盐基离子  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  进行主成分分析。通过分析各主成分因子的方差贡献率及其累积贡献率(表 3),发现主成分一具有最大的方差贡献率,即意味着主成分一能够代表所有盐基离子的大部分信息。主成分二则是次于主成分一以外最能反映盐基离子信息的因子。

表 3 主成分因子的方差矩阵

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/ %	累积/ %	合计	方差/ %	累积/ %
1	3.063	43.756	43.756	3.063	43.756	43.756
2	1.736	24.794	68.550	1.736	24.794	68.550
3	0.889	12.697	81.247	0.889	12.697	81.247

据此类推,其它主成分对盐基离子信息的表达依

次减弱。通过分析主成分因子的方差累积贡献率,发现前三个主成分的方差累积贡献率已达到 81.25%,保持了原变量信息的绝大部分,能够代替原始变量因子来表达因子所代表的主要信息,也基本包含了以上 8 个指标的大部分信息。其中,第一主成分是最重要的,包含的信息最多,其对土壤盐渍化影响最大。

表 4 主成份的因子载荷矩阵

项目	主成分一	主成分二	主成分三	公因子方差
$\text{CO}_3^{2-}$	-0.231	-0.687	0.431	-0.486
$\text{HCO}_3^-$	0.934	0.261	-0.137	1.058
$\text{Cl}^-$	0.944	-0.121	0.150	0.778
$\text{SO}_4^{2-}$	0.263	0.652	0.214	1.129
$\text{Ca}^{2+}$	-0.399	0.722	-0.196	0.127
$\text{Mg}^{2+}$	-0.281	0.483	0.742	0.582
$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	0.970	-0.037	0.164	1.097
方差贡献	2.1999	1.2741	1.3678	4.285
特征根	2.1999	1.2741	1.3678	4.285

方差贡献反映对应主成分的重要程度。从主成

分载荷矩阵(表 4)可以看出, $\text{CO}_3^{2-}$  的公因子方差最小,这表示提取 3 个主成分时, $\text{CO}_3^{2-}$  方面的信息有较多的损失。与第一主成分密切相关的是  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ ,它们与第一主成分的相关系数分别为 0.934,0.944,0.970;在第二主成分中, $\text{Ca}^{2+}$  的贡献较高,呈正相关,说明该主成分是在第一主成分的基础上进一步反映了土壤盐渍化在一定程度上受到  $\text{Ca}^{2+}$  的影响;在第三主成分中, $\text{Mg}^{2+}$  的贡献较高,呈正相关;根据各指标与第一主成分间的相关性显著程

度,可将  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  作为研究区盐渍化状况的特征因子。

### 3.4 博尔塔拉河下游河岸带土壤盐渍化评价

以博尔塔拉河下游河岸带土壤不同层次总盐数据为基础,结合表 5 中新疆盐渍化分级标准可以得出,博尔塔拉河下游河岸带土壤盐渍化水平:0—30 cm 的总盐含量已经超过了 5.34%,远远大于 1.345%;0—100 cm 总盐含量 2.56%,大于 0.895%,因此可以将博尔塔拉河下游河岸带土壤定义为盐土。

表 5 新疆盐渍化分级标准(总盐)

土层厚度/cm	非盐渍化/%	轻度盐渍化/%	中度盐渍化/%	强度盐渍化/%	盐土/%
0—30	<0.554	0.554~0.727	0.727~0.866	0.866~1.345	>1.345
0—100	<0.391	0.391~0.491	0.491~0.597	0.597~0.895	>0.895

注:新疆盐渍化分级标准引自生态功能区划暂行规程。

## 4 结论

(1) 通过分析研究区不同土层的盐分数据,得出土壤全盐含量由表层(0—10 cm)—20 cm—40 cm—60 cm—80 cm—100 cm 基本呈递减趋势,土壤盐分表层堆积最多,其次为 20 cm 处,在 80 cm 处达到最低。土壤水溶性离子含量中, $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  含量较高。

(2) 从研究区土壤表层的相关性分析中可以得出,总盐含量与  $\text{Cl}^-$  和  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  呈极显著正相关关系;与  $\text{HCO}_3^-$  有一定的正相关;同时  $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  与  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$  与  $\text{HCO}_3^-$  存在一定的正相关;此外, $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  正相关关系极显著;总盐含量与  $\text{SO}_4^{2-}$  相关性较低;

(3) 与第一主成分密切相关的是  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ ,相关系数分别为 0.934,0.944,0.970,故可将  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$  作为研究区盐渍化状况的特征因子。博尔塔拉河下游河岸带土壤盐渍化评价结果为盐土。

### 参考文献:

[1] 古丽格娜·哈力木拉提,木合塔尔·吐尔洪,于坤,等.喀什葛尔河流域盐渍化土壤盐分特征分析[J].干旱区资源与环境,2012,26(1):169-173.

[2] 孔红岭,孙明高,孔艳菊,等.盐分、干旱及其交叉胁迫对皂角幼苗生长性状的影响[J].中南林业科技大学学报:自然科学版,2007,27(1):55-59.

[3] 毋兆鹏.博尔塔拉河、精河流域绿洲土壤异质性及其驱动力研究[J].土壤通报,2010,41(1):81-86.

[4] 张勃,孟宝,郝建秀,等.干旱区绿洲荒漠带土壤水盐异质性及生态环境效应研究[J].中国沙漠,2006,26(1):81-84.

[5] 张丙乾.新疆土壤盐碱化及其防治[J].干旱区研究,1993,10(1):66-71.

[6] 周三,韩军丽,赵可夫.泌盐盐生植物研究进展[J].应用与环境生物学报,2001,7(5):496-501.

[7] 麦麦提吐尔逊·艾则孜,海米提·依米提,古丽娜尔·托合提.西天山伊犁河灌区土壤盐分时空变异特征[J].干旱区资源与环境,2011,25(4):176-183.

[8] 莫治新,尹林克.塔里木河中下游不同植被群系下土壤盐分及地下水特征[J].干旱区资源与环境,2005,19(1):163-166.

[9] 王雪梅,塔西甫拉提·特依拜,柴仲平,等.新疆典型盐渍化区离子特征分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(12):183-187.

[10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.

[11] 毛任钊,田魁祥,松本聪,等.盐渍土盐分指标及其与化学组成的关系[J].土壤,1997,29(6):326-331.