

# 艾比湖干涸湖底盐漠土壤环境特征分析

邓怀敏<sup>1</sup>, 吉力力·阿不都外力<sup>2</sup>, 葛拥晓<sup>2,3</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 中国科学院

新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘 要:**在艾比湖东南部历史时期干涸湖底上选择一块长1 500 m,宽1 000 m的植被类型较丰富的采样带,用土钻分别采集深度为0—30 cm和30—60 cm的土壤样品,研究了新疆准噶尔盆地西部艾比湖干涸湖底沉积土壤的盐分、主要离子和有机质的季节性变化和空间分布特征。结果表明:(1)干涸湖底表层(0—30 cm)沉积物盐分平均值占整个采样层(0—60 cm)沉积物盐分平均值的73.3%,沉积物盐分垂直分布呈现出强烈的表聚性。(2)5—10月份土壤盐分的空间分布发生了很大的变化,在垂直剖面上自下向上盐分增加,在水平剖面上秋季盐分大于春季,蒸发作用对干涸湖底的土壤盐分分布有很大的作用。(3)艾比湖干涸湖底不同离子空间变异的一般规律是除了 $\text{Ca}^{2+}$ 离子以外,表层土壤比深层土壤的变异系数大。(4)土壤的有机碳和有机质含量10月份较5月份略有升高,盐漠植物在生命活动中对其地表有机碳和有机质的调节作用使其分布格局发生了一定的变化。

**关键词:**干涸湖底;盐漠土壤环境;时空变异特征

中图分类号:S151.9

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)06-0014-05

## Analysis on the Characteristics of Dry Lakebed Sedimentary Soil in Ebinur, Xinjiang Uygur Autonomous Region

DENG Huai-min<sup>1</sup>, Jilili · Abuduwaili<sup>2</sup>, GE Yong-xiao<sup>2,3</sup>

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In historical period of dry lake bed of Ebinur Lake Southeast, a sampling belt with abundant vegetation type of length of 1 500 m and wide 1 000 m was chosen to study the seasonal variation and distribution characteristics of the major ions, salinity and organic matter of dry lakebed sedimentary soil in the Ebinur region of Western Dzungaria, Xinjiang Province, China. Soil samples of 0—30 cm depth and 30—60 cm were collected with auger boring. The results indicated that the average value of salt content of surface soil (0—30 cm) accounts for 73.3% of the whole sampling layer (0—60 cm) in dry lakebed sediment. The vertical distribution of salinity sediments shows strong surface accumulation. The spatial distribution of soil salinity has undergone great changes from May to October. Soil salinity shows the increasing trend from bottom to top in the vertical profile, soil salinity in autumn is greater than that in summer in the horizontal section. Evaporation plays a significant role in spatial distribution of soil salinity in the dry lakebed. The general rule of spatial variation of different ion in Ebinur Lake dry lakebed is that the coefficient of variation of surface soil is greater than deep soil except  $\text{Ca}^{2+}$ . The contents of soil organic carbon and organic matter are slightly higher in October than in May. Regulating effect of salt desert plant makes distribution pattern of the surface organic carbon and organic matter change in the process of its life activity.

**Key words:** dry lakebed; salt desert soil; seasonal variation distribution characteristics

收稿日期:2013-03-15

修回日期:2013-05-16

资助项目:国家自然科学基金(41071139);国家重点基础研究发展计划(2009CB825101)

作者简介:邓怀敏(1987—),男,甘肃省庆阳市人,硕士,主要从事气候与环境的研究。E-mail:dhumin2008@126.com

通信作者:吉力力·阿不都外力(1964—),男(维吾尔族),新疆拜城县人,研究员,主要从事干旱区资源环境、生态安全和景观变化研究。

E-mail:jilil@ms.xjb.ac.cn

干涸湖底是干旱、半干旱地区尾间盐湖或积水洼地水面退缩后裸露出来的、曾被水面覆盖的部分及其滨岸地带,高矿化度浅层地下水蒸发聚盐形成的次生盐漠景观,其物质组成主要是湖相松散富盐细粒沉积物,当表层盐碱含量较高时,又称之为盐漠(salt pans 或 salt flats)<sup>[1]</sup>,干旱区干涸湖底在强烈的风蚀作用下成为盐碱尘暴的重要来源之一,大面积干涸湖底疏松富盐沉积物的风蚀扩散能形成严重的盐尘暴灾害。土壤风蚀、风蚀物的运移和沉积发生在超过 1/3 的地球陆地表面<sup>[2]</sup>,是引起土壤退化最广泛的形式和原因之一<sup>[3]</sup>。因此对干涸湖底的土壤环境进行研究具有重要意义。艾比湖在区域气候波动和人类活动的双重干预下,使得注入湖的水量减少,湖面萎缩,干涸湖底的面积超过了 2 000 km<sup>2</sup>,当风吹向这一片干涸湖底的盐漠时,大量的盐尘随风飘起,进入到下风向的天山北坡经济带,影响整个流域的生态安全。近年来,关于艾比湖的研究主要集中在盐尘暴的影响<sup>[4-6]</sup>、驱动因素及控制对策<sup>[7-10]</sup>和水资源和湿地植被研究<sup>[11-15]</sup>等方面,但对土壤的理化特征研究较少。由此,本文主要讨论艾比湖干涸湖底盐漠地带的土壤盐分、酸碱度、电导率、主要离子和有机物质的季节性变化和空间分布特征。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

选择位于新疆准噶尔盆地西南缘的最低汇水中心,博尔塔拉蒙古自治州行政区域内的艾比湖历史干涸湖底为研究区,地理坐标为 82. 30°—83. 50°E, 44. 37°—45. 10°N。研究区三面环山,仅东北部与古尔班通古特大沙漠相连,湖滨地带由山前洪积—冲积—湖积平原组成,广泛分布有石漠、砾漠、沙漠、土漠、盐漠、沼泽和滩涂,南面是天山支脉婆罗科努山,西面是阿拉套山,北面是玛依力山,西北是著名的风区阿拉山口。该地区受西风环流以及蒙古高压和西伯利亚冷空气的影响,再加上特殊的地形条件,使得艾比湖流域表现为典型的中温带干旱大陆气候,以干旱降水稀少、蒸发强烈、常年多风、气温变化剧烈为特征。该区域多年平均气温 8. 6℃、多年平均降水量为 100~150 mm,多年平均蒸发量为 2 000~3 000 mm,发育着具有典型温带特征的戈壁荒漠植被,主要植被类型有胡杨(*Populus euphratica*);罗布麻(*Apocynum venetum*);怪柳(*Tamarix*);琵琶柴(*Reaumuria soongorica*);白刺(*Nitraria schoberi*);盐爪爪(*Kalidium foliatum*);芦苇(*Phragmites australis*);梭梭(*Haloxylon ammodendron*);骆驼刺(*Alhagi*

*sparsifolia* Shap);盐节木(*Halocnemum strobilaceum*)等。

### 1.2 实验方案与数据收集

在艾比湖东南部历史时期干涸湖底上选择一块长 1 500 m,宽 1 000 m 的植被类型较丰富的采样带,该采样带的植被包括了胡杨林、乔木—草本过渡带、草本混合带、芦苇荒漠、梭梭荒漠和无植被覆盖等类型,于 2011 年 5 月和 10 月,采用 GPS 定位技术进行定点取样,取样时兼顾代表性和均匀性原则,按边长 200 m 的网格取点,用土钻采集土壤样品(深度为 0—30 cm 和 30—60 cm),5 月份和 10 月份的 54 个采样点一一对应。

### 1.3 数据处理与分析方法

土壤样品的处理与分析在中国科学院新疆生态与地理研究所土壤理化测试实验室完成。按水土比 5:1 的比例测定样品中  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  等可溶性盐分离子含量、电导率、pH 值、全盐量。 $\text{CO}_3^{2-}$  和  $\text{HCO}_3^-$  的测定用双指示剂中和法; $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  的测定用 EDTA 络合滴定法; $\text{Cl}^-$  的测定用  $\text{AgNO}_3$  滴定法; $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  的测定用火焰光度法; $\text{SO}_4^{2-}$  的测定用 EDTA 间接滴定法;pH 值用电位测定法。采用 SPSS 软件计算土壤样品盐分、有机质、有机碳含量的统计特征值,比较其时空分布状况和变异程度,利用 Kolmogorov-Smirnov (K-S)方法进行数据正态性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤盐度

按照经典统计学方法分析不同时间和不同深度下土壤 pH 值、电导率、总盐和全盐量的统计特征值,将 5 月份和 10 月份的 54 个采样点的统计特征值分别列于表 1。

艾比湖干涸湖底盐漠地的土壤盐分远高于一般地区,且时空分布变化很大,5 月份表层土壤(0—30 cm)的总盐变化范围为 10. 5~168. 5 g/kg,平均值在 47 g/kg 左右,深层土壤(30—60 cm)的总盐变化范围在 2. 5~51. 7 g/kg 之间,平均值在 17. 5 g/kg 左右。10 月份表层土壤的总盐变化范围在 12. 5~218. 5 g/kg 之间,平均值在 60. 2 g/kg 左右,深层土壤的总盐变化范围在 2. 3~77. 7 g/kg 之间,平均值在 20. 3 g/kg。5 月份和 10 月份表层土壤总盐量平均值分别高出深层土壤总盐量平均值 29. 88 g/kg 和 39. 88 g/kg,5 月份表层土壤含盐量约占深层土壤含盐量的 73. 07%,10 月份 0—30 cm 层土壤含盐量约占 0—60 cm 层沉积物含盐量的 74. 76%,沉积物盐

分垂直剖面分布呈现出强表聚性。从 5 月份到 10 月份,土壤盐分明显增大,表层土壤总盐含量 10 月份是 5 月份的 1.273 倍,深层土壤总盐含量 10 月份是 5 月份的 1.166 倍。在 5 月份,地表电导率、总盐和全盐分布类型符合正态分布,而深层比表层更趋近标准正态分布。10 月份统计值在 0.05 显著水平下已经不符合正态分布,在 0.01 显著水平下总盐也不符合

正态分布,而深层更接近标准正态分布,这说明从 5 月份到 10 月份,土壤盐分的分布发生了很大的变化,而表层比深层变化更大,这也说明了在春季冰雪融化和土壤解冻后,土壤盐分随着水分向下移动和水平流动,使地表盐分含量下降,同时使地表盐分趋于均匀化,而在蒸发作用下使土壤盐分表聚并且部分区域受地形因素影响在水平剖面也向某一方向聚积。

表 1 不同采样时间和土层深度土壤 pH 值、电导率、总盐和全盐量统计特征值

采样时间	采样深度/cm	指标	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数	偏度	峰度	K-S 值	分布类型
5 月	0—30	pH 值	7.81	9.13	8.4026	0.32045	0.038137	0.255	−0.749	0.708	N1
		电导率	2.17	46.30	10.0669	10.10437	1.003722	2.446	5.939	0.012	N2
		总盐	10.56	168.50	47.3152	38.40007	0.81158	1.487	1.941	0.052	N1
		全盐	9.81	160.49	45.9437	36.99487	0.805222	1.453	1.787	0.071	N1
	30—60	pH 值	7.08	9.37	8.3233	0.4254	0.05111	−0.598	0.979	0.545	N1
		电导率	0.80	10.24	3.9146	2.31402	0.591126	1.376	1.250	0.012	N2
		总盐	2.51	51.70	17.4395	11.5894	0.664549	1.420	1.425	0.018	N2
		全盐	2.42	48.92	16.8838	11.00151	0.651602	1.366	1.223	0.015	N2
	0—30	pH 值	7.12	9.09	8.5006	0.36841	0.043339	−0.887	2.329	0.698	N1
		电导率	2.39	55.10	13.3204	14.66443	1.1009	1.754	1.781	0.005	NN
		总盐	12.55	218.5	60.2061	57.38699	0.953176	1.372	0.780	0.003	NN
		全盐	11.54	204.22	57.1497	54.16548	0.947782	1.385	0.836	0.003	NN
10 月	30—60	pH 值	7.48	9.32	8.3908	0.42255	0.050359	−0.313	−0.625	0.546	N1
		电导率	0.70	13.84	4.3668	2.78237	0.637165	1.480	2.010	0.039	N2
		总盐	2.33	77.70	20.3283	15.28909	0.752109	1.840	3.624	0.008	NN
		全盐	2.33	71.93	19.3738	14.18695	0.732275	1.784	3.401	0.014	N2

注:表中电导率(最大值、最小值、均值)的单位为 ms/cm,总盐和全盐(最大值、最小值、均值)的单位为 g/kg。N1 表示在显著水平 0.05 下为正态分布,N2 表示在显著水平 0.01 下为正态分布,NN 表示在给定的显著水平下为非正态分布。样本数为 54 个,下表同。

2.2 土壤中主要离子变化

从表 2 可以看出,艾比湖干涸湖底的主要阴离子是  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Cl}^-$ ,主要阳离子是  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$ ,而  $\text{CO}_3^{2-}$  浓度普遍低,部分样品用双指示剂中和法未检测出。

由变异系数可知土壤离子的空间分布特征,变异系数越小,表明研究区土壤离子的空间变异性小,各样点之间的差异小,土壤变化的波动越稳定。一般认为: $C_v \leq 0.1$  为弱变异性; $0.1 < C_v < 1.0$  为中等变异性; $C_v \geq 1.0$  为强变异性<sup>[2]</sup>。由表 2 中各离子的变异系数作图(图 1)可知,研究区各层土壤离子空间变异性多数都属于中等变异性,其中  $\text{CO}_3^{2-}$  的离子变异系数大是因为其含量较小,存在实验误差所造成的,故不考虑  $\text{CO}_3^{2-}$ 。由其它离子的统计变异系数可知,艾比湖干涸湖底离子时空间变异的一般规律是秋季大于春季,表层大于深层,除了一个比较特殊的  $\text{Ca}^{2+}$  离子表现为深层土壤变异性大于表层也就是  $\text{Ca}^{2+}$  在干涸湖底的表层分布比深层更均匀,深层表现出较大的变异性,其分布的离散规律不同于一般离子的原因有

待进一步研究。10 月份比 5 月份的统计变异系数大,也就是 10 月份土壤的离子不均匀性更大,说明蒸发作用对干涸湖底的土壤离子分布有很大的影响。

对 54 个不同时期不同深度的土壤样品主要离子的平均值进行绘图(图 2),可以清楚地看到土壤样品 10 月份的离子浓度在整个研究剖面的垂直分布都大于 5 月份,这主要是因为春季地面的积雪融化,水分下渗,引起土壤中离子向地下运动,土壤离子浓度下降,但夏季艾比湖流域降水稀少,在高温且强烈阳光照射下,加之艾比湖干涸湖底地下水位比较高,形成强烈的蒸发,使得土壤水分从地下向上运动,土壤离子浓度升高,表层比深层变化的幅度更大,土壤盐分表聚,尤其以  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$  表现最明显。从图 2 还可知,10 月份和 5 月份 0—30 cm 层土壤的  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等主要离子平均含量均高于 30—60 cm 层。由此可得:艾比湖干涸湖底土壤盐分在垂直剖面上自下向上盐分增加,在水平剖面上秋季大于春季。

表 2 不同时间和深度下土壤主要离子统计特征值

采样时间	采样深度/cm	指标	最小值/ (g·kg <sup>-1</sup> )	最大值/ (g·kg <sup>-1</sup> )	均值/ (g·kg <sup>-1</sup> )	标准差	变异系数	偏度	峰度	K-S 值	分布类型
5 月	0—30	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.00	0.08	0.0122	0.01791	1.468033	1.881	3.911	0.001	NN
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.03	0.25	0.1522	0.03924	0.257819	0.355	1.417	0.224	N1
		Cl <sup>-</sup>	0.39	45.26	9.9727	10.93123	1.096115	1.625	1.944	0.020	N2
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.64	69.44	20.3055	15.42107	0.759453	1.681	2.500	0.048	N2
		Ca <sup>2+</sup>	0.75	3.80	2.6707	0.48736	0.182484	-0.95	3.652	0.562	N1
		Mg <sup>2+</sup>	0.04	2.29	0.4771	0.50378	1.055921	1.822	3.066	0.160	N1
		Na <sup>+</sup>	0.68	50.00	12.2004	12.14278	0.995277	1.461	1.791	0.07	N1
		K <sup>+</sup>	0.05	0.45	0.1568	0.09963	0.635395	1.338	0.980	0.006	NN
	30—60	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.00	0.07	0.0067	0.01234	1.841791	3.446	14.030	0.00	NN
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.09	0.27	0.1462	0.04079	0.279001	1.265	1.324	0.069	N1
		Cl <sup>-</sup>	0.42	15.18	3.0741	3.27197	1.064367	1.981	3.698	0.002	NN
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.91	22.58	8.0911	4.76115	0.588443	1.068	0.856	0.222	N1
		Ca <sup>2+</sup>	0.06	3.03	1.7103	0.9388	0.54891	-0.360	-1.096	0.412	N1
		Mg <sup>2+</sup>	0.02	0.46	0.1579	0.10571	0.669474	1.119	1.073	0.322	N1
		Na <sup>+</sup>	0.57	13.59	3.6165	3.37105	0.932131	1.608	1.847	0.014	N2
		K <sup>+</sup>	0.03	0.20	0.0819	0.03829	0.467521	1.085	1.094	0.319	N1
10 月	0—30	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.00	0.05	0.0116	0.01519	1.309483	1.377	0.579	0.00	NN
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.07	0.33	0.1447	0.05106	0.352868	1.444	2.490	0.107	N1
		Cl <sup>-</sup>	0.57	50.14	11.005	12.26181	1.114204	1.619	1.876	0.005	NN
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	6.25	114.56	26.8804	25.60844	0.952681	1.649	2.128	0.008	N2
		Ca <sup>2+</sup>	1.08	4.50	2.6624	0.58848	0.221034	0.623	3.497	0.178	N1
		Mg <sup>2+</sup>	0.03	3.97	0.6876	0.90441	1.315314	1.778	2.806	0	NN
		Na <sup>+</sup>	0.93	63.13	15.6533	17.07052	1.090538	1.381	0.876	0.003	NN
		K <sup>+</sup>	0.04	0.43	0.106	0.06579	0.62066	2.690	10.134	0.065	N1
	30—60	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.00	0.03	0.0043	0.00498	1.15814	2.224	7.688	0.014	N2
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.06	0.25	0.1312	0.03673	0.279954	1.401	2.719	0.381	N1
		Cl <sup>-</sup>	0.32	12.78	3.3199	3.30123	0.994376	1.562	1.445	0.009	NN
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.09	38.98	9.5439	6.65363	0.69716	2.049	6.509	0.085	N1
		Ca <sup>2+</sup>	0.05	2.80	1.6396	0.88033	0.536918	-0.340	-1.363	0.235	N1
		Mg <sup>2+</sup>	0.01	0.76	0.2036	0.17818	0.875147	1.672	2.567	0.022	N2
		Na <sup>+</sup>	0.49	21.09	4.4707	4.35871	0.97495	1.886	3.724	0.026	N2
		K <sup>+</sup>	0.02	0.27	0.0621	0.04046	0.65153	3.232	13.412	0.015	N2

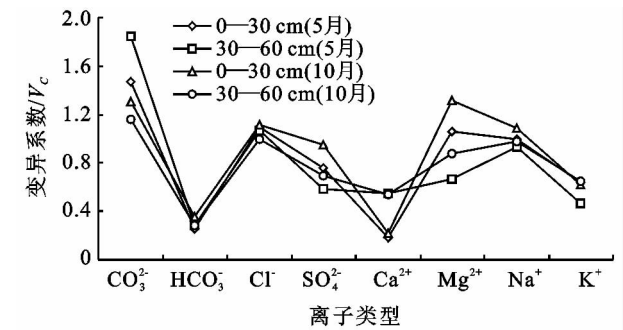


图 1 不同月份不同采样深度主要离子变异系数对比

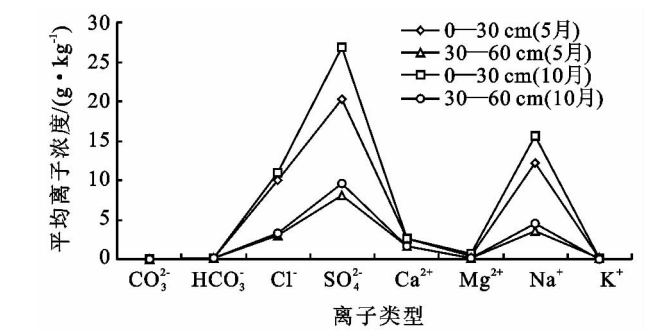


图 2 土壤主要离子时空变化规律

由图 2 还可知,沉积物盐分离子按其含量大小在沉积物剖面中基本上呈自下而上增加的垂直分异特点,各阴离子在沉积物表层中的含量为  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{2-}$ ,各阳离子在沉积物表层中的含量为  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ 。根据沉积物盐分上下运动的规律,以硫酸盐最为活跃,氯化物次之,碳酸盐较稳定。因此,在沉积物内易溶性盐类上行过程中,硫酸盐上行表聚性最为强烈,氯化物次之。在研究区降水量少,蒸发强烈,多风的气候背景下,很少有淋洗脱盐过程,盐分以聚积为主,各类可溶性盐按其溶解度大小在土壤剖面中自上而下具有地球化学垂直分异特点,沉积物表层中硫化物、氯化物占优势。

### 2.3 土壤有机质

土壤的有机质指土壤中所有的有机物质,不同土壤中有有机质的含量不一,组成成分比较复杂,但是,有机质未必都是含碳物质。腐殖质是土壤有机质中比较重要的组成部分,是由土壤中的有机物分解而成,

土壤有机质还包含新鲜的有机物,部分分解的有机物。因此,土壤中的碳含量与有机质只是存在一定关系,土壤含碳量高说明土壤腐殖质一定多,但并不能说明土壤有机质多。土壤风蚀引起土壤退化使土壤生产力下降,相应地归还土壤的有机物质降低,POC 形成量减少;与细颗粒结合的有机碳直接被吹蚀而移出系统是风蚀过程中有机碳损失的主要机制。这也是艾比湖干涸湖底土壤有机物质较低的原因之一<sup>[16]</sup>。

艾比湖干涸湖底的有机碳与有机质统计结果十分相似(表 3),他们的变异系数、偏度和峰度都很接近,说明盐漠中有机质主要贡献物是有机碳,有机质水平比较低。干涸湖底土壤的有机碳和有机质含量 10 月份比 5 月份略有升高,但差别不大,有机质比有机碳升高的稍微明显一点。10 月份和 5 月份相比,0—30 cm 有机质和有机碳分布的正态性变弱,这是由于盐漠植物对地表有机碳和有机质的调节作用,使干涸湖底的有机碳和有机质分布格局发生了一定的变化。

表 3 不同采样时间和深度土壤有机碳和有机质统计特征值

采样时间	采样深度/cm	指标	最小值/ (g · kg <sup>-1</sup> )	最大值/ (g · kg <sup>-1</sup> )	均值/ (g · kg <sup>-1</sup> )	标准差	变异系数	偏度	峰度	K-S 值	分布类型
5 月	0—30	有机碳	0.64	3.75	1.2924	0.62655	0.484796	1.513	3.218	0.126	N1
		有机质	1.10	6.46	2.2281	1.0801	0.484763	1.514	3.218	0.125	N1
	30—60	有机碳	0.45	1.62	0.9312	0.32897	0.353275	0.541	—0.95	0.272	N1
		有机质	0.78	2.80	1.6053	0.56703	0.353224	0.541	—0.95	0.269	N1
10 月	0—30	有机碳	0.75	3.91	1.4282	0.6149	0.430542	1.632	3.752	0.03	N2
		有机质	1.29	6.74	2.4624	1.05999	0.430466	1.632	3.752	0.03	N2
	30—60	有机碳	0.60	2.39	1.0779	0.35957	0.333751	1.224	2.003	0.361	N1
		有机质	1.03	4.12	1.8583	0.61993	0.39031	1.224	2	0.366	N1

## 3 结 论

(1) 艾比湖干涸湖底沉积物盐分离子含量大小在剖面中时间分布表现为秋季土壤盐分大于春季,空间分布呈自下而上增加的垂直分异特点;各阴离子在沉积物表层中的含量为  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{2-}$ ,各阳离子在沉积物表层中的含量为  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ 。以硫酸盐最为活跃,氯化物次之,碳酸盐较稳定,沉积物表层中硫化物、氯化物占优势。

(2) 艾比湖干涸湖底离子时空间变异的一般规律表现为秋季大于春季,表层大于深层,除了一个比较特殊的  $\text{Ca}^{2+}$  离子表现为深层土壤大于表层,也就是  $\text{Ca}^{2+}$  在干涸湖底的表层比深层分布较均匀,深层表现较大的变异性,其分布的离散规律不同于一般离子的原因有待进一步研究。

(3) 从 5 月份到 10 月份,土壤盐分的分布发生了很大的变化,而表层分布比深层分布变化大,这说

明了在春季冰雪融化和土壤解冻后土壤盐分随着水分向下移动和水平流动,使地表盐分含量下降,同时使地表盐分趋于均匀化,而在蒸发作用下使土壤盐分表聚并且部分区域受地形因素影响在水平剖面也向某一方向聚积,蒸发和冰雪融化作用对干涸湖底的土壤离子分布有很大的作用。

(4) 有机碳与有机质分布十分相似,他们的变异系数、偏度和峰度都很接近,说明盐漠中有机质主要贡献物是有机碳,有机质水平比较低。盐漠植物对地表有机碳和有机质的调节作用,使干涸湖底的有机碳和有机质分布格局发生了一定的变化。

#### 参考文献:

[1] Briere P R. Playa, Playa Lake, sabkha: proposed definitions for old terms[J]. Journal of Arid Environments, 2000,45(1):1-7.

- 28.
- [5] 张荣,孙国钧,张大勇. 干旱、半干旱地区作物育种的困惑与出路[J]. 西北植物学报, 2000, 20(6): 930-935.
- [6] Siddique K H M, Belford R K, Tennant D. Root : Shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment[J]. Plant and Soil, 1990, 121(1): 89-98.
- [7] 张岁岐, 山仑, 邓西平. 小麦进化中水分利用效率的变化及其与根系生长的关系[J]. 科学通报, 2002, 47(17): 1327-1331.
- [8] 张荣, 孙国钧, 李凤民, 等. 两春小麦品种竞争能力、水分利用效率及产量关系的研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 235-242.
- [9] 李话, 张大勇. 半干旱地区春小麦根系形态特征与生长冗余的初步研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 26-30.
- [10] Guberac V, Martincic J, Maric S, et al. Grain yield components of winter wheat new cultivars in correlation with sowing rate [J]. Cereal Research Communications, 2000, 28(3): 307-314.
- [11] Patrick M C, Richard D H, Woodrow W P. Tillage and seeding rate effects on wheat cultivars[J]. Crop Science, 2003, 43(1): 210-218.
- [12] Gooding M J, Pinyosinwat A, Ellis R H. Responses of wheat grain yield and quality to seed rate[J]. Journal of Agricultural Science, 2002, 138(3): 317-331.
- [13] 刘立生, 张岁岐, 王征宏. 不同倍性小麦材料对水分和密度条件的响应[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 203-209.
- [14] Palta J A, Chen X, Milroy S P, et al. Large root systems: Are they useful in adapting wheat to dry environments[J]. Functional Plant Biology, 2011, 38(5): 347-354.
- [15] Jackson R B, Sperry J S, Dawson T E. Root water uptake and transport: Using physiological processes in global predictions[J]. Trends in Plant Science, 2000, 5(11): 482-488.
- [16] Hurd E A. Phenotype and drought tolerance in wheat [J]. Agricultural Meteorology, 1974, 14(1/2): 39-55.
- [17] Passioura J B. Roots and drought resistance[J]. Agricultural Water Management, 1983, 7(1/3): 265-280.
- [18] O'Brien L. Genetic variability of root growth in wheat (*T. aestivum* L.) [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1979, 30(4): 587-595.
- [19] Manske G G B, Vlek P L G. Root Architecture-Wheat as a Model Plant[M]//Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U. Plant roots: the hidden half, 2002: 49-259.
- [20] 陶毓汾, 王立祥, 韩仕峰, 等. 中国北方旱农地区水分生产潜力及开发[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 41-47.

(上接第18页)

- [2] Chen W, Fryrear D W. Grain-size distributions of wind-eroded material above a flat bare soil[J]. Physical Geography, 1996, 17(6): 554-584.
- [3] Lal R. Soil erosion and the global carbon budget[J]. Environment International, 2003, 29(4): 437-450.
- [4] 刘东伟, 吉力力·阿不都外力, 雷加强, 等. 盐尘暴及其生态效应[J]. 中国沙漠, 2011, 31(1): 168-173.
- [5] 吉力力·阿不都外力, 徐俊荣, 穆桂金, 等. 艾比湖盐尘对周边地区土壤盐分及景观变化的影响[J]. 冰川冻土, 2007, 29(6): 928-939.
- [6] 吉力力·阿不都外力, 穆桂金. 艾比湖干涸湖底尘暴及其灾害分析[J]. 干旱区地理, 2002, 25(2): 149-154.
- [7] 吉力力·阿不都外力, 刘东伟, 徐俊荣. 艾比湖干涸湖底不同地表类型风蚀强度及粉尘输移通量的风洞试验研究[J]. 中国沙漠, 2009, 29(1): 63-67.
- [8] 毋兆鹏. 干旱区绿洲稳定性驱动机制研究: 以艾比湖流域为例[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 92-98.
- [9] 刘东伟, 吉力力·阿不都外力, 穆桂金, 等. 艾比湖干涸湖底化学组成及盐尘的风运堆积[J]. 中国环境科学, 2009, 29(2): 157-162.
- [10] 王勇辉, 王艳丽, 海米提·依米提. 博尔塔拉河下游河岸带土壤盐分特征分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 139-142.
- [11] 包安明, 穆桂金, 章毅, 等. 控制艾比湖干涸湖底风蚀的合理水面估算与效果监测[J]. 科学通报, 2006, 51(1): 56-60.
- [12] 张小龙. 艾比湖流域气候变化及其径流响应[J]. 盐湖研究, 2011, 19(2): 11-14.
- [13] 王银山, 于恩涛, 何雪芬, 等. 艾比湖湿地主要盐生植物叶片稳定碳同位素组成研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 243-250.
- [14] 何学敏, 吕光辉, 秦璐, 等. 艾比湖地区典型乔灌群落水盐胁迫下土壤重金属对酶活性的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 91-99.
- [15] 王前进, 巴音查汗, 马道典, 等. 艾比湖水面积近50a变化成因分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 224-227.
- [16] 苏永中, 赵文智. 土壤有机碳动态: 风蚀效应[J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2049-2052.