

塔里木盆地典型盐渍土土壤成分分析

柴学平^{1,2}, 杨赵平^{3*} (1.塔里木大学机械与电气化工程学院, 新疆阿拉尔 843300; 2.塔里木大学现代农业工程重点实验室, 新疆阿拉尔 843300; 3.塔里木大学生命科学学院, 新疆阿拉尔 843300)

摘要 [目的]研究塔里木盆地盐渍土成分信息。[方法]跨塔里木盆地选取11处土壤盐碱化极度严重的区域,每个区域重复采集5份土样,共计采集55份土壤,测量土壤中的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 这8种离子的含量。[结果]每个区域内的5份土壤的盐成分信息一致,11个区域的土壤阴离子以 Cl^- 居多,占85.70%~97.90%, SO_4^{2-} 在9个区域占比在5.00%以下,只有6个区域检出 HCO_3^- ,但占比少(0.49%~4.85%), CO_3^{2-} 仅在一个区域检测到,且含量占比极低(0.19%);阳离子以 Na^+ 为主,占比47.13%~95.50%, K^+ 次之,占比1.92%~42.13%,这2种离子占阳离子总数的90%以上, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 占比很少。[结论]塔里木盆地的盐渍土组分在数百公里间隔的空间分布上具有较高的一致性,阴离子以 Cl^- 为主,阳离子以 Na^+ 和 K^+ 为主,与北疆及我国东部地区的盐渍土成分信息明显不同。

关键词 盐渍土;成分信息;塔里木盆地

中图分类号 S153.6 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)08-0183-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.08.048

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis of Soil Composition of Typical Saline Soil in Tarim Basin

CHAI Xue-ping^{1,2}, YANG Zhao-ping³ (1.College of Mechanical and Electronic Engineering, Tarim University, Arael, Xinjiang 843300; 2. Key Laboratory of Modern Agricultural Engineering, Tarim University, Arael, Xinjiang 843300; 3. College of Life Sciences, Tarim University, Arael, Xinjiang 843300)

Abstract [Objective] The research aimed to study the composition of saline soil in the Tarim Basin. [Method] Eleven saline-soil sites were sampled optionally in Tarim Basin, and five soil samples were collected in each site for a total of 55 soil samples. Eight ion contents, including K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- and SO_4^{2-} , were measured for each soil sample. [Result] The salt ion composition of five samples in the same site was consistent. The soil anions in 11 sites were mostly Cl^- , accounting for 85.70%~97.90%, and the anion SO_4^{2-} accounted for less than 5.00% in nine sites. The anion HCO_3^- had a small proportion (0.49%~4.85%) in six sites, and the anion only appeared in one site, with a quite low content (0.19%). The cation was mainly Na^+ (47.13%~95.50%), and K^+ was the second (1.92%~42.13%) in eleven sites. The two ions account for more than 90% of the total number of cations. The anion of Ca^{2+} and Mg^{2+} accounted for a small proportion. [Conclusion] The saline soil components in Tarim Basin had a high consistency in the spatial distribution of hundreds of kilometers. The anions are mainly Cl^- and the cations are mainly Na^+ and K^+ . It was different from the ion composition of saline soil in Northern Xinjiang and the eastern areas in China.

Key words Saline soil; Composition information; Tarim Basin

土壤是人类社会生存发展中极其重要的自然资源,其数量和质量对农业生产发展有着直接的关联。现代科技社会中,人类利用各种先进的农业技术可以提高开垦更多的耕地,提高土壤肥力,产出更多的产品支撑社会的发展。但是土壤盐渍化是一种典型常见的土壤被破坏的现象,导致土壤生产力降低。我国土壤盐渍化的原因主要是两类:东部沿海地区海咸水入侵以及区域蒸发量大于降雨量^[1-6]。

在新疆,特别是南疆环塔里木盆地农业区,降雨量极少,平均年降雨量为平原区10~80 mm、山区250~500 mm^[2]。地下水补充主要是由于河流流水渗透,蒸发量远远大于降雨量,这造成了蒸发水分将土壤深处的盐碱成分大量地带到地表,使地表盐碱化日趋严重^[7-10]。对土壤的盐渍化水平进行监测及治理,是科学界的一大难题。现有的观测技术基本上能够识别出区域内是否有盐碱分布,但是却无法快速识别具体的盐碱种类及含量。目前量化测试手段主要有光谱检测、化学分析、物理分析等方法^[11-15],但是这些方法都要依托于对研究区域盐碱成分的了解。在现有文献中,对于塔里木

盆地土壤盐碱成分的报道非常少见,所以在较大范围内检测塔里木盆地西地区域盐碱成分的空间分布差异就很有必要。笔者在塔里木盆地西侧南疆阿克苏地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州、喀什地区、和田地区等四地州进行土壤采样,获得区域盐分组成信息,以期为其他的盐碱土壤研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 土样采集与处理 南疆四地州所具面积非常大,农业区域分布非常广。此次土样采集由于经费时间等限制,不可能将取样数目设置的非常大。研究目标是确定土壤盐碱组分种类及其占比,所以需要寻找到在种类上有代表性的地点进行采样。在环塔里木盆地的戈壁上,发生降雨时,地表的盐壳使水分很难渗透进土壤下层,多在地表流动而在地势较低处汇成许多较大的水坑,这些水坑中的积水是周边几平方公里范围内的流水汇集而来,雨水汇集的过程中,会溶解地表盐分,所以其中的盐碱成分能代表周围很大范围的土壤可溶盐分信息。每年9—10月份之后,由于降雨量降低^[16],水坑中的水分蒸发殆尽,在坑底留下较厚的结晶层。

根据这一分析,2016年10月进行了土样采集,在塔里木盆地西侧四地州共确定了11个采样点,其中戈壁滩干涸水坑9个、农田排碱渠周边2个,具体位置见表1。每个样点中,采用五点交叉取样法,以样点正中心为第一个采样位置,沿东南西北4个方向间隔50 m再采样4处,采样深度0~

基金项目 塔里木大学现代农业工程重点实验室开放课题(TDNG20160504)。

作者简介 柴学平(1975—),男,安徽芜湖人,副教授,硕士,从事农业环境与农产品光学检测研究。*通信作者,副教授,博士,硕士生导师,从事荒漠区植物系统进化研究。

收稿日期 2018-12-05

20 cm,每个土样 1 kg 左右。采集回来的土样,放置在通风干燥处,使其自然风干。然后破碎,剔除石子等杂物,使用碾钵

碾碎,用 1 mm 筛子过滤后放入自封袋预备后期检测。

表 1 土壤采样地点
Table 1 Soil sampling sites

采样点 Sampling point	地点 Place	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔 Altitude//m	地点备注 Place notes
1	阿瓦提县	80°41'29.3" E	40°21'57.3" N	1 030	S309,72 km
2	阿瓦提县	80°09'18.2" E	40°22'41.2" N	1 032	S309,127.5 km
3	阿瓦提县	79°39'05.5" E	40°16'13.9" N	1 062	S309,176 km
4	图木舒克市	79°19'29.3" E	39°56'29.4" N	1 087	
5	图木舒克市	78°58'48.7" E	39°59'29.2" N	1 109	S218, 25 km
6	伽师县	77°03'46.8" E	39°49'46.9" N	1 176	G3012,大山口入口
7	叶城县	77°45'51.8" E	37°44'48.9" N	1 396	315 国道 2 667 km
8	昆玉市	79°16'41.1" E	37°16'02.7" N	1 322	14 师 224 团 1 连
9	昆玉市	79°18'05.3" E	37°15'06.6" N	1 321	14 师 224 团
10	阿拉尔	81°05'31.3" E	40°47'54.7" N	1 025	S215,63.5 km
11	阿拉	81°12'08.7" E	40°40'52.8" N	1 004	S215,76 km

1.2 土壤盐分指标测定 每一份样品称取 50 g,与 250 g 蒸馏水混合,浸泡振动后使土壤中盐分完全充分溶解。对水溶液进行可溶性盐的测定,共测定 8 种离子:K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻、CO₃²⁻、Cl⁻、SO₄²⁻。其中 CO₃²⁻和 HCO₃⁻采用双指示剂中和法测定;Cl⁻采用 AgNO₃滴定法测定;SO₄²⁻采用 EDTA 间接滴定法测定;Ca²⁺和 Mg²⁺采用 EDTA 络合滴定法测定;Na⁺和 K⁺采用火焰光度计法测定^[14-15]。每一个采样点的 5 份数据取平均值,可得离子含量的质量比例信息(g/kg)。为了更好地分析其中的盐分组成,将质量含量换算成摩尔含量(mol/kg)。

2 结果与分析

由于测定的土样含有地表结晶盐层,所以测定结果中盐含量数值比较大。塔里木盆地 11 个区域的盐渍土阴离子中(图 1),Cl⁻占绝对多数,含量为 0.233 8~1.225 0 mol/kg;CO₃²⁻仅在 9 号区域检测到,且含量很低(0.030 0 mol/kg),其余区域检测值均为 0。在偏碱性土壤中,CO₃²⁻大多与 Mg²⁺、Ca²⁺等离子结合成不溶于水的盐,所以在水分蒸发后形成的结晶盐层中未检测到。在其余的 2 种阴离子中,在 6 个区域 HCO₃⁻可检出但含量极少,含量在 0.005 7~0.017 2 mol/kg,还有 5 个区域没有检出,所以 HCO₃⁻基本上可以忽略不计;SO₄²⁻稍多,含量在 0.017 5~0.033 5 mol/kg,但无法与 Cl⁻相比,含量比 Cl⁻少一个数量级。从数据中可以看出,在不同地区的盐碱土壤中,SO₄²⁻含量变化不大。

由图 2 可知,阳离子中 Na⁺含量最高,为 0.381~0.816 mol/kg;其次是 K⁺,含量为 0.013~0.507 mol/kg,K⁺含量差异很大,最高含量 0.507 mol/kg 出现在昆玉市,最低的 0.013 mol/kg 出现在阿拉尔垦区;除昆玉市 2 个采样区域(0.089/0.079 mol/kg)外,其余 9 个采样区域 Mg²⁺含量在 0.002~0.021 mol/kg,远小于 K⁺、Na⁺这 2 种离子;在大多数区域中 Ca²⁺含量远少于 Na⁺、K⁺,为 0.014~0.095 mol/kg。

为了能够反映出不同地区盐碱土壤成分对比,分别计算

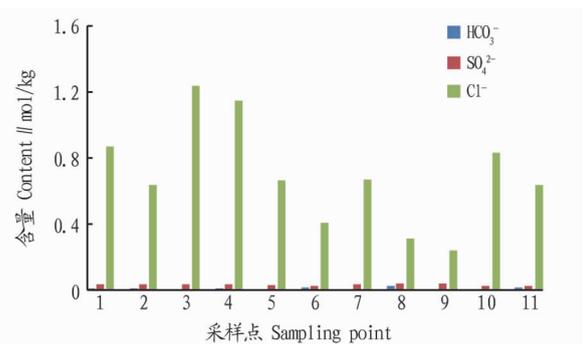


图 1 阴离子含量

Fig.1 Anion content

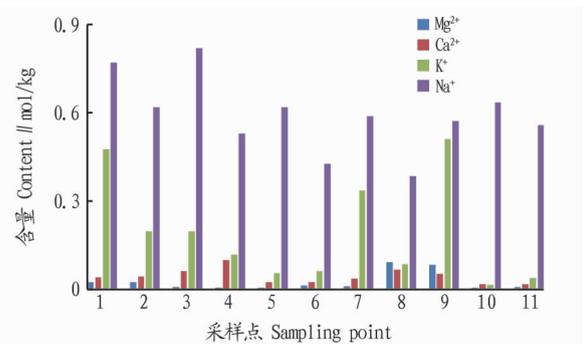


图 2 阳离子含量

Fig.2 Cation content

阴离子中各离子的占比,以及阳离子中 4 种离子的占比,见表 2。将获得的盐渍土中各离子含量按照《岩土工程勘察规范》分类标准,对盐渍土进行分类^[17]。根据规范要求计算所有样品的 C(Cl⁻)/2C(SO₄²⁻)的值,其中 C(Cl⁻)与 C(SO₄²⁻)为 2 种离子在 100 g 土中所含毫摩尔数。经计算,11 个区域盐渍土的 C(Cl⁻)/2C(SO₄²⁻)比值分别为 14.57、10.65、20.07、20.68、13.88、9.75、10.84、4.54、3.60、23.43 和 15.31,可见该比值在所有样品中均远大于 2,根据规范,所有样品全部都属于氯盐渍土。

表 2 各阴离子和阳离子的占比
Table 2 Proportion of each anions and cations

采样点 Sampling point	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
1	96.06	0.64	3.30	0	59.09	36.45	1.62	2.89
2	94.69	0.86	4.44	0	70.86	22.22	2.32	4.71
3	97.57	0	2.43	0	76.10	18.02	0.38	5.52
4	97.16	0.49	2.35	0	71.21	15.64	0.28	12.90
5	96.52	0	3.48	0	89.15	7.37	0.30	3.19
6	92.59	2.66	4.75	0	82.49	11.61	1.61	4.37
7	95.59	0	4.41	0	61.06	34.86	0.73	3.37
8	85.70	4.85	9.45	0	61.72	13.43	14.48	12.13
9	87.63	0	12.18	0.19	47.13	42.13	6.59	4.44
10	97.91	0	2.09	0	95.50	1.92	0.31	2.27
11	95.15	1.74	3.11	0	90.98	5.92	0.81	2.31

由上述数据可知,排除 8、9 号区域(昆玉市)异常外,各样地中 Cl⁻ 占阴离子比重均超过 90%,SO₄²⁻ 在所有区域中均有检出,但含量很少,均在 5%以下。阳离子中,K⁺、Na⁺ 含量有较大起伏,但是总体 Na⁺ 含量高于 K⁺,两者共同占阳离子总量的 90%左右。在不同区域中,Ca²⁺ 占比起伏较大,但多数含量在 5%以下。

除去 8、9 号样品(昆玉市)外,其他区域中 Mg²⁺ 含量均远远小于其他阳离子。昆玉市这 2 个样品在 Cl⁻ 占比、Mg²⁺ 含量 2 个方面均出现反常情况,经分析初步判断为工业污染所致。在这 2 个采样点 5 km 范围内有一座大型的水泥厂以及与之配套的厂用发电机组,其排放的污染物应该是导致 2 个采样点 Mg²⁺ 含量异常的原因。这 2 个样点之间离子含量也存在较大差异,原因应该是取样点选取时样地 8 就在大型的排碱渠旁边,其离子含量会受到水流影响;样地 9 远离任何流水,其沉积的盐分基本保持不变。

由以上分析可知,虽然各个土壤样品采集地点相隔数百公里,但是盐碱土壤中主要的盐成分具有较高的一致性,含量最高的均为 Na 盐,第二位的是 K 盐;还有一些极少的钙盐,阴离子部分基本为 Cl⁻,还有极少量的 SO₄²⁻;其他成分基本可以忽略不计。

3 结论

通过对南疆四地州塔里木盆地西侧 11 个典型盐碱土采样点的土样 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、HCO₃⁻、CO₃²⁻、Cl⁻、SO₄²⁻ 这 8 个离子含量测试,获得了这些地区盐碱成分种类信息。塔里木盆地盐碱土壤中主要可溶性成分为 NaCl 和 KCl 以及极少量的 Ca 盐;Na⁺、K⁺ 占阳离子总数 90%以上;Cl⁻ 在阴离子中占比 95%以上。大多数地区土壤呈弱碱性,也有少数为弱酸性。土壤中硫酸盐含量极低,这一点与内地大多数盐碱区域具有较多的硫酸盐情况有很大不同^[18-22]。在进行南疆盐碱土成分定量化检测方面的研究中,应该可以以 NaCl 和 KCl 为主。此次研究采样土壤为自然土壤,与经常进行施肥、排碱操作的耕作土壤应该会有较大差异。

参考文献

- [1] NORTHEY J E,CHRISTEN E W,AYARS J E,et al.Occurrence and measurement of salinity stratification in shallow groundwater in the Murrumbidgee Irrigation Area,south-eastern Australia[J].Agricultural water management,2006,81(1/2):23-40.
- [2] 高善明,李元芳,安凤桐,等.黄河三角洲形成和沉积环境[M].北京:科学出版社,1989:7-112.
- [3] 姚秀菊,王洪德,张福存,等.黄河三角洲地区地下水(微咸水)的形成与演化[J].地球学报,2002,23(4):375-378.
- [4] 安永会,张福存,潘世兵.黄河三角洲浅层地下水三维数值模型与咸水入侵分析预测[J].工程勘察,2002(5):19-21.
- [5] 杨劲松,姚荣江.黄河三角洲地区土壤水盐空间变异特征研究[J].地理科学,2007,27(3):348-353.
- [6] 付腾飞,张颖,高金尉,等.黄河三角洲土壤盐分时空变异特征研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2017,47(10):50-60.
- [7] 胡明芳,田长彦,赵振勇,等.新疆盐碱地成因及改良措施研究进展[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(10):111-117.
- [8] 樊自立,乔木,徐海量,等.合理开发利用地下水是新疆盐渍化耕地改良的重要途径[J].干旱区研究,2011,28(5):737-743.
- [9] 乔木,田长彦,王新平.新疆灌区土壤盐渍化及改良治理模式[M].乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2008:17-30.
- [10] 木合塔尔·吐尔洪,木尼热·阿不都克里木,西崎·泰,等.新疆南部地区盐渍化土壤的分布及性质特征[J].环境科学与技术,2008,31(4):22-26.
- [11] 曹文涛.基于野外实测光谱监测的淮北地区土壤盐分含量研究[D].济南:山东师范大学,2017:8-10.
- [12] 秦艳,周跃志,师庆东.基于气温、降水变化的南疆气候变化分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(8):54-57.
- [13] 赵振亮,塔西南拉提·特依拜,孙倩,等.土壤光谱特征分析及盐渍化信息提取:以新疆渭干河/库车河绿洲为例[J].地理科学进展,2014,33(2):280-288.
- [14] 彭杰,王家强,向红英,等.土壤含盐量与电导率的高光谱反演精度对比研究[J].光谱学与光谱分析,2014,34(2):510-514.
- [15] 刘亚秋.黄河三角洲盐渍土盐分及组分定量光谱估测研究:以山东省垦利区为例[D].泰安:山东农业大学,2017:10-11.
- [16] 凌正洲.南疆盆地降水、气温天气气候特征的聚类分区[J].沙漠与绿洲气象,1994(4):30-34.
- [17] 南京水利科学研究所.土工试验方法标准:GB/T 50123—1999[S].北京:中国计划出版社,1999.
- [18] 陈广泉,刘文全,于洪军,等.基于 GIS 的莱州湾南岸土壤盐渍化特征分析研究[J].海洋科学进展,2012,30(4):501-507.
- [19] 付腾飞,张颖,徐兴永,等.山东滨海低平原区盐渍土盐分的时空变异研究[J].海洋开发与管理,2017(12):38-45.
- [20] 贺强,崔保山,赵欣胜,等.黄河河口盐沼植被分布多样性与土壤化学因子的相关关系[J].生态学报,2009,29(2):676-687.
- [21] 刘文全,于洪军,徐兴永,等.基于地统计学的莱州湾南岸土壤盐分离子的空间变异性研究[J].安徽农业科学,2012,40(8):4802-4805.
- [22] 王颖,刘会珍,崔江慧,等.环渤海地区盐渍土养分及盐分离子分布特征[J].江苏农业科学,2016,44(1):344-348,356.