

渭干河—库车河三角洲绿洲盐渍化土壤特征研究

张 飞¹, 塔西甫拉提·特依拜¹, 丁建丽^{1,2}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学理论经济学博士后流动站, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 在野外考察、GPS 定点和土壤采样分析的基础上, 借助 Statistics、Excel 等软件对盐离子含量、电导率与离子含量的关系、土壤总碱度与离子含量的关系、土壤水溶液中总溶解固体(TDS)与离子之间的关系、土壤含盐量与电导率的关系、盐离子间相关性以及土壤含盐量与农业产量的关系作了探讨。得出: 该绿洲土壤 pH 值的平均值为 7.86, 属于碱性土壤。土壤含盐量较高, 0~10 cm 土层中的含盐量最大, 平均值达到 4.68%。土壤阳离子主要以 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 为主, 各阴离子在土体中的含量为 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$, 而 CO_3^{2-} 离子在实验中未检测到。 Na^+ 与 Cl^- 呈正相关, K^+ 与 HCO_3^- 呈正相关, Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 呈正相关。从而进一步说明, 该绿洲盐渍化土壤为氯化物盐化土。

关键词: 渭干河—库车河三角洲; 盐渍化; 土壤特征

中图分类号: S153.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)02-0146-06

土壤盐渍化是目前世界农业面临的主要环境问题之一。因此, 世界各国都在积极研究和探讨土壤盐渍化的形成原因和改良措施。我国盐渍土资源面积之大, 分布之广, 是世界之最^[1]。盐渍土的发生受区域性因素的制约和影响, 其盐分组成及离子比例呈现地域性特点, 积盐、脱盐过程存在差异^[2]。不同的盐渍区土壤中的水溶性盐类, 如 NaCl 、 Na_2SO_4 、 $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$ 等, 由 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 K^+ 以不同形式组合而成, 对植物和农作物生长发育的影响也不尽相同。干旱区土壤盐碱化是一个严肃而广泛的问题^[3]。本文借助 Statistics、Excel 等软件对土壤中可溶性盐离子作出了分析, 并指出影响渭干河—库车河三角洲绿洲盐渍化土壤特征的因子。

1 研究区概况

渭干河—库车河三角洲绿洲(以下简称渭库绿洲)位于新疆维吾尔自治区南部的塔里木盆地, 属渭干河—库车河流域, 在行政上隶属阿克苏地区管辖。范围包括库车、沙雅和新和等三个县, 这三个县的土地总面积为 523.76 万 hm^2 。年均降水量在 46.4~64.5 mm, 其中, 沙雅地区最低, 库车地区最高, 年均蒸发量为 1 992~2 863.4 mm, 干燥度系数为 44.37, 属于干旱与极端干旱地区。年平均气温为

10.5℃~14.4℃, 极端最高气温为 40.1℃~41.5℃, 极端最低气温 -26.8℃~-28.7℃^[4]。

渭干河—库车河三角洲绿洲气候干旱, 蒸发强烈, 透水性差, 为典型的绿洲农业, 农作物生长全靠灌溉。在平原区中下部由于地势平坦, 地下水位较高, 在强烈的蒸发作用下, 盐分随水运动积累于地表造成土壤盐渍化。在平坦地段地表都有盐斑聚集, 开垦后由于灌溉不科学, 造成地下水位普遍上升, 盐渍化加重, 平原下部的沙雅县尤甚, 沙雅县每年因盐碱危害造成失收面积达 2 667 hm^2 , 最高年份失收面积达 8 000 hm^2 , 占播种面积的 29%, 因盐碱化弃草地已达 4.56 万 hm^2 ; 新和、库车两县也在 3.72 万 hm^2 左右。因而土壤盐渍化是目前该地区阻碍绿洲农业生产发展的最大问题之一。据土壤普查资料显示, 在现有耕地中, 盐渍化面积已达 50% 以上, 其中严重盐渍化面积达 30%。

2 研究方法

2.1 样品采集

本研究采用 GPS 定位技术, 以 2001 年陆地卫星 ETM+ 遥感影像数据为参考图, 使采样点尽可能遍及渭库绿洲范围内主要的土地利用类型, 而且尽可能使样点分布规则, 利于进行统计分析。采样时间为 2006 年 3 月 10~15 日, 取样层为 0~10 cm 和 10~50 cm, 共计 28 个点, 样点分布见图 1。

收稿日期: 2006-09-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(40261006); 新疆自治区高校科研计划项目(XJEDU2004I06); 教育厅创新研究群体基金项目(XJEDU2004G04); 中国科学院西部之光项目; 新疆维吾尔自治区高校科研计划重点项目(XJEDU2005I07)

作者简介: 张 飞(1980—), 男, 陕西省凤翔人, 硕士, 主要从事遥感技术的理论和应用研究。E-mail: zhangfei3s@yahoo.com.cn。

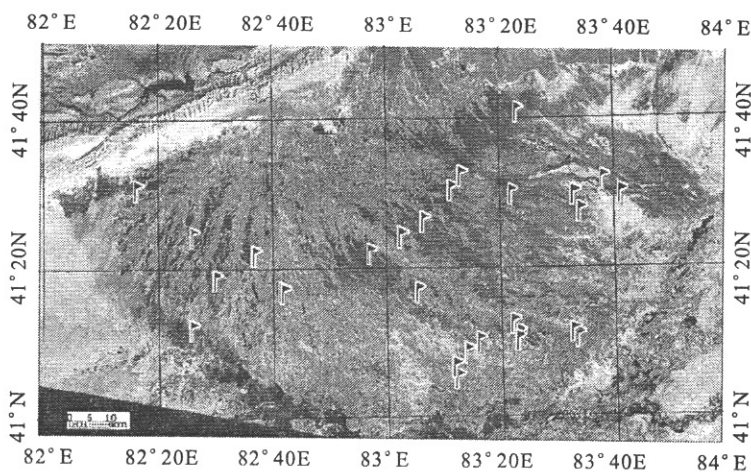


图 1 采样点分布图

Fig. 1 The distribution map of sampling points

2.2 分析测试

对所有采集的样品风干,碾碎,过 1 mm 筛,取 50 g 风干土与 250 ml 蒸馏水混合,经过浸泡和振动使土壤盐分充分溶解后,进行土壤盐分及其组分、pH 值等的测定,其中,pH 值(水土比 2.5:1)采用 LP115PHMeter 酸度计法测定; CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 采用双指示剂中和法测定; Cl^- 采用 AgNO_3 滴定法测定; SO_4^{2-} 采用 EDTA 间接滴定法测定; Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 采用 EDTA 络合滴定法测定; Na^+ 和 K^+ 采用差减法;电导率、含盐量、总溶解固体(TDS)采用 Orion 115A+ 仪器测定。

3 结果与分析

3.1 盐离子含量分析

从表 1 中可知,土壤 pH 值平均值为 7.86,根据酸碱分级标准^[5]。呈碱性。0~50 cm 土层盐分含量平均值为 2.63%,呈 T 型分布,0~10 cm>10~50 cm,盐分表聚强烈。依据 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 离子毫克当量比值大于 2 时为氯化物盐土的分类方法^[6],该地 0~10 cm、10~50 cm 土层中 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 离子毫克当量比值依次为 15.97、2.42,可知土壤中盐类主要为氯化物。仅阴离子而言,各层中 Cl^- 和 SO_4^{2-} 的

含量均高于 HCO_3^- 的含量,而 CO_3^{2-} 的含量在实验中未检出,说明碳酸氢盐是该土壤类型盐分的次要成分。根据盐分上下运动的规律,以氯化物最为活跃,硫酸盐次之,碳酸盐较稳定。由此可推出,在易溶性盐类上行过程中,氯化物表聚性最为强烈,硫酸盐次之。这是因为在土壤表层,在干旱气候条件下,重碳酸盐通过蒸发作用失去 CO_2 转变为碳酸盐,从而使表层土中碳酸盐类含量相对增高。土壤溶液中高浓度的 Cl^- 、 SO_4^{2-} 是盐土的特征,而高含量的 HCO_3^- 则是碱土的特点。当土壤中含较高的盐浓度,在一定程度上也影响盐基交换,对土壤碱化起一定的抑制作用。土壤中盐分随土壤中水分的强烈蒸发而向上积聚,表层中氯化物占优势。

在试验地的土壤表面也可明显观察到一层约 0.5~1.0 cm 的盐霜,甚至有 2~5 cm 左右的盐壳。而对于土壤脱盐过程,硫酸盐类较氯化物的淋溶速度慢。各类可溶性盐按其溶解度大小在土壤剖面中自上而下的地球化学垂直分异特点, Cl^- 在表层(0~10 cm)的含量明显高于 SO_4^{2-} 的含量,可初步得出,该地盐分离子的运动趋势以聚积为主,很少淋洗脱盐过程,这与该地特殊的气候如降水稀少、蒸发强烈等条件因子有密切的关系。

表 1 盐离子含量的平均值(mg/100g)

Table 1 The mean value of salt ion content

土壤层次(cm) Soil layer	含盐量(%) Salt content	pH	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
0~10	4.68	7.93	13894.8	870.18	114.37	未检出	456.42	435.5	8575.56	6.27
10~50	0.58	7.79	1376.3	568.71	76.73	未检出	258.81	38.76	870.00	1.58
0~50	2.63	7.86	7635.55	719.45	95.55	未检出	357.62	237.13	4722.78	3.925

3.2 电导率与离子含量的关系

以土壤水溶液中钾离子和钠离子为例,经分析与电导率存在线性关系,其相关关系曲线如图 2~图 5 所示:在 0~10 cm 土壤中钾、钠离子和氯离子

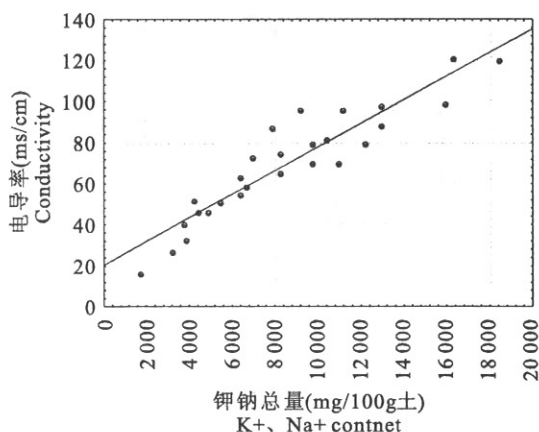


图 2 0~10 cm 土壤中钾钠离子与电导率的关系

Fig.2 Relationship between K^+ , Na^+ content and conductivity in 0~10 cm soil

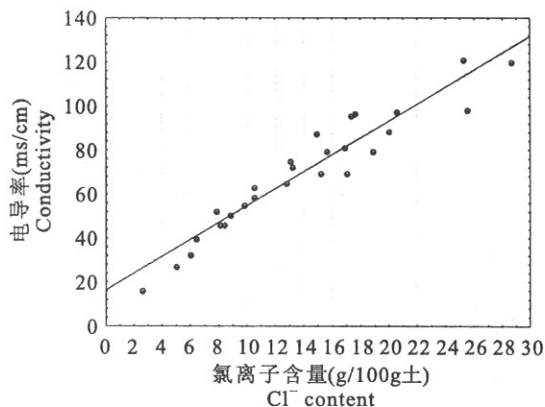


图 4 0~10 cm 土壤中氯离子与电导率的关系

Fig.4 Relationship between Cl^- content and conductivity in 0~10 cm soil

3.3 土壤总碱度与离子含量的关系

土壤的总碱度主要与其中弱酸根离子含量有关,即 $CO_3^{2-} + HCO_3^-$ 的含量代表土壤的总碱度^[7],在本次分析中主要涉及碳酸根离子(CO_3^{2-})和重碳酸根离子(HCO_3^-)。分析表明,重碳酸根离子与总碱度之间有相当好的线性相关关系,但是碳酸根离子在所取土样中的含量未检出,所以对于总碱度没有影响。造成这种情况的主要原因可能是重碳酸根离子在地下水中的稳定性较好,而碳酸根离子的稳定性较差,与水中氢离子结合形成了重碳酸根离子,这就增加了地下水中氢氧根离子的含量,从而增加了地下水的碱性。在蒸发的过程中,离子就

都与电导率有较好的相关性,其 R^2 分别为 0.8602, 0.913。而 10~50 cm 土壤中钾、钠离子和氯离子都与电导率的相关性不是很好。 R^2 仅达到 0.4837 和 0.5152。

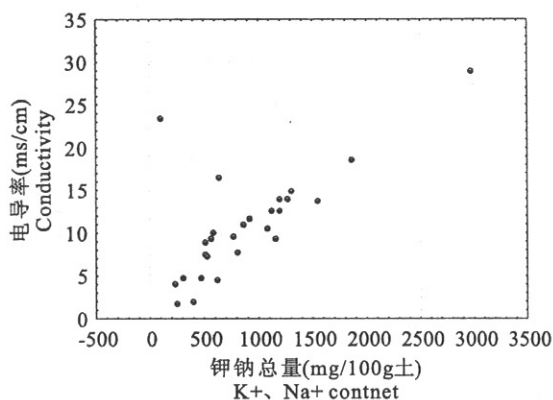


图 3 10~50 cm 土壤中钾钠离子与电导率的关系

Fig.3 Relationship between K^+ , Na^+ content and conductivity in 10~50 cm soil

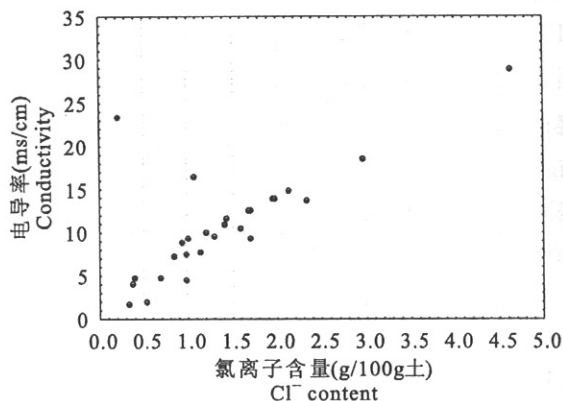


图 5 10~50 cm 土壤中氯离子与电导率的关系

Fig.5 Relationship between Cl^- content and conductivity in 10~50 cm soil

被带到了土壤中,所以重碳酸根离子含量与土壤总碱度之间有很好的相关关系。

3.4 土壤水溶液中总溶解固体(TDS)与离子之间的关系

总溶解固体含量与土壤盐渍化的形成和发展关系十分密切^[8]。TDS 愈大,土壤盐渍化愈重,反之愈轻^[9]。总溶解固体和各离子含量它们之间存在很密切的关系。以钠离子为例,它们之间的相关关系如图 6、图 7 所示,可见它们之间线性关系良好。 R^2 分别为 0.8279, 0.8303。

3.5 土壤含盐量与电导率的关系

研究土壤含盐量的变化及其与电导率的关系,旨在为了解该绿洲土壤盐渍化程度。根据实验所得

数据,对不同采样点土壤可溶性盐分总量和电导率的变化进行分析(图 8,图 9)所示。 R^2 分别为 0.9532,0.6085,可知 0~10 cm 土壤中含盐量与电导率有较好的相关性。

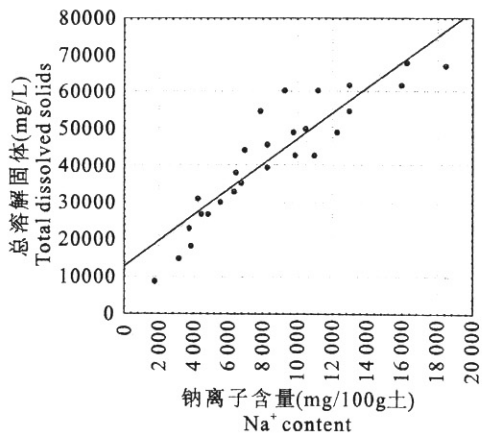


图 6 0~10 cm 土壤中钠离子含量与总溶解固体的关系
Fig.6 Relationship between Na^+ content and TDS in 0~10 cm soil

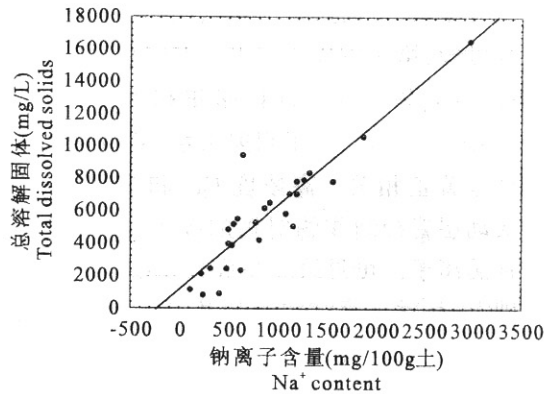


图 7 10~50 cm 土壤中钠离子含量与总溶解固体的关系
Fig.7 Relationship between Na^+ content and TDS in 10~50 cm soil

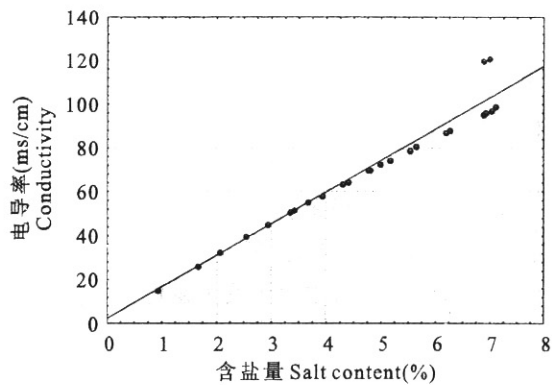


图 8 0~10 cm 土壤含盐量与电导率的关系
Fig.8 Relationship between salt content and conductivity in 0~10 cm soil

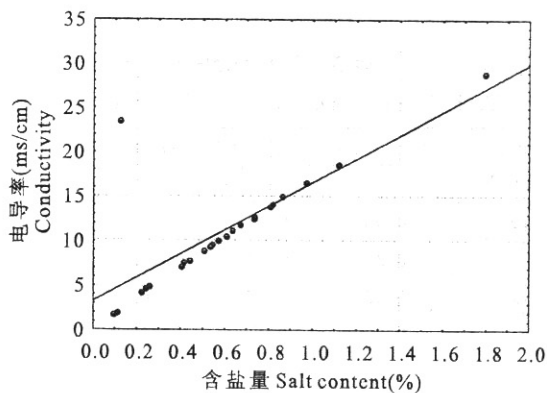


图 9 10~50 cm 土壤含盐量与电导率的关系
Fig.9 Relationship between salt content and conductivity in 10~50 cm soil

3.6 盐离子间相关性分析

通过对各离子之间的相关性,揭示盐分在土体中的存在形态,可在一定程度上反映出盐分的运动趋势,以 0~10 cm 土层为例,结果表明(表 2), K^+

与 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 有较显著的正相关。 Na^+ 与 Cl^- 达显著正相关。 Mg^{2+} 与 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 有较显著的正相关,尤其是 Na^+ 与 Cl^- 的相关性,达到 0.99,说明氯化物在表层土积聚强烈,盐分以向上运行为主。

表 2 0~10 cm 土层盐离子相关分析矩阵

Table 2 Matrix of the correlation coefficients of salt ion for 0~10 cm soil layer

变量 Variable	pH	K^+	Na^+	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	HCO_3^-	含盐量 Salt content
pH	1.00								
K^+	0.06	1.00							
Na^+	-0.09	0.01	1.00						
Cl^-	-0.07	0.11	0.99	1.00					
Ca^{2+}	0.12	-0.12	0.26	0.29	1.00				
Mg^{2+}	0.20	0.74	-0.13	-0.00	0.05	1.00			
SO_4^{2-}	0.35	0.37	-0.06	0.03	0.26	0.75	1.00		
HCO_3^-	0.24	0.79	-0.10	-0.01	-0.15	0.69	0.27	1.00	
含盐量 Salt content	0.10	-0.02	-0.03	-0.02	-0.08	0.09	-0.03	-0.13	1.00

再应用因子分析,对土壤特性及盐离子分布可作定量的描述,找出具有代表性的主导因子,在不损失或少损失信息的条件下从多个变量中构建相互独立的综合变量,从而对盐渍化状况作出正确的评价。由表 3 可知:第一主成分与 K^+ 、 HCO_3^- 呈正相关关系,第二主成分与 Na^+ 、 Cl^- 呈正相关关系,第三主成分与 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 呈正相关关系,第四主成分与含盐量呈显著正相关。高浓度 Cl^- 和 HCO_3^- 在作物根系活动层皆抑制作物对钙的吸收,毒害作用高于后两种阴离子。可见第二主成分在第一主成分一致的基础上,是对土壤结构和盐基离子毒害作用的反映,第二主成分越大,土壤结构越恶化,有害离子浓度越高。由主成分 1 和主成分 2 构成的二维判别平面图(图 10)可知:图中每个点都有原来 9 维空间的样本点降维映射而来,土壤样品的离子成分有明显的“类聚”现象,钠离子和氯离子聚成一簇,碳酸氢根离子、镁离子、钾离子以及硫酸根离子聚成一簇。

表 3 因子得分阵

Table 3 Component score coefficient Matrix

变量 Variable	主成分 Component			
	1	2	3	4
pH	-0.06	-0.08	0.43	0.19
Ka^+	0.39	0.07	-0.15	0.01
Na^+	0.02	0.47	-0.05	0.04
Cl^-	0.05	0.48	-0.03	0.05
Ca^{2+}	-0.19	0.12	0.49	-0.22
Mg^{2+}	0.28	-0.01	0.15	0.07
SO_4^{2-}	0.07	-0.03	0.44	-0.05
HCO_3^-	0.36	-0.01	-0.12	-0.09
含盐量 Salt content	-0.02	0.05	0.02	0.92

4 结论

通过对土壤盐分状况分析结果表明,渭一库绿洲的土壤盐渍化的情况还是比较突出。

1) 在 0~10 cm 土壤中钾、钠离子,氯离子以及含盐量都与电导率有较好的相关性,而 10~50 cm 土壤中钾、钠离子,氯离子以及含盐量都与电导率的相关性不是很好。另外,总碱度与 HCO_3^- 离子也有很好的相关性。

2) 该绿洲土壤 pH 值的平均值为 7.86,属于碱性土壤。土壤含盐量较高,0~10 cm 土层中的含盐

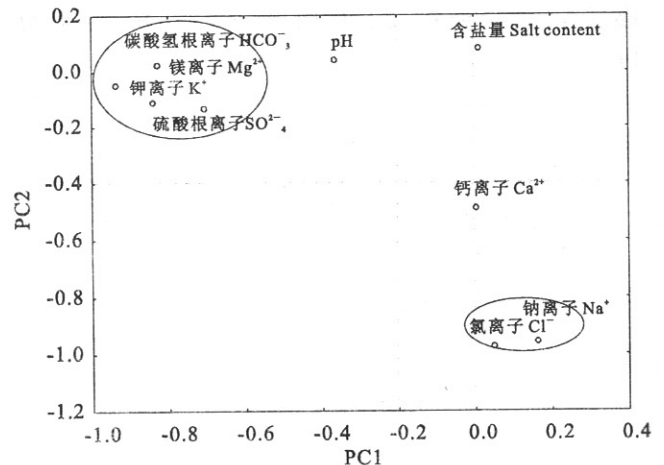


图 10 主成分 1 与主成分 2 关系图

Fig. 10 The relationship of principal component 1 and principal component 2

量最大,平均值达到 4.68%。土壤阳离子主要以 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 为主,各阴离子在土体中的含量为 $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$,而 CO_3^{2-} 离子在实验中未检测到。 Na^+ 与 Cl^- 呈正相关, K^+ 与 HCO_3^- 呈正相关, Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 呈正相关。从而进一步说明,土壤中起控制作用的阴离子是氯离子、硫酸根离子和重碳酸根离子,阳离子是钠、钙、镁、钾离子。从分析中可以知道该绿洲的盐渍化土壤为氯化物盐化土。

参考文献:

- [1] 俞仁培.对盐渍土资源开发利用的思考[J].土壤通报,2001,32(专辑):138—140.
- [2] 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,(6):326—330.
- [3] 罗廷彬,任 巍,李 彦,等.咸水灌溉条件下干旱区盐渍土壤盐分变化研究[J].土壤,2006,38(2):166—170.
- [4] 钱 云,郝毓灵.新疆绿洲[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000.358—359.
- [5] 新疆农业厅,新疆土壤普查办公室.新疆土壤[M].北京:科学出版社,1996.458—464.
- [6] 中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所.新疆土壤与改良利用[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1980.166.
- [7] 牛东玲,彭红春,王启基,等.柴达木盆地弃耕地盐渍状态的主分量分析[J].草业学报,2001,10(2):39—46.
- [8] 章光新.洮儿河流域地下水环境演变与安全调控研究[D].长春:中国科学院东北地理与农业生态研究所,2004.
- [9] 李加宏,俞仁培.水—土壤—植物系统中盐分的迁移和植物耐盐性研究[J].土壤学进展,1995,23(6):9—20.