

于田绿洲土壤盐分特征分析^{*}

刘国华^{1,2}, 海米提·依米提¹, 王庆峰^{1,2}, 张丽娜^{1,2}, 吕云海^{1,2}

(1. 绿洲生态安全教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 于田绿洲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。本文选取于田绿洲中不同土地类型的土壤垂直剖面, 对土壤盐分、可溶性离子及其相应地下水各个离子、矿化度进行测定; 运用统计特征值、趋势面等方法进行分析。结果表明, 于田地区盐渍化程度较为严重, 可用耕地较少。农田盐渍化程度远低于其它土地类型区。盐渍化区土壤盐分垂直剖面上表现为漏斗型, 表聚现象明显; 农田、交错带盐分垂直剖面上表现为上下剖面盐分含量大, 中部含量小, 表明这片区域排碱能力较好。并且盐渍地相对于农田, 含盐量及一些主要离子的空间变异性远远超出农田变异, 并且不同土壤的盐分特征明显不同。上述研究为于田绿洲生态环境改善提供了一定的理论基础。

关键词: 不同土地类型; 土壤盐分特征; 于田绿洲

中图分类号: S156.41

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0260-04

Study on the Characteristics of Soil Salinity on Yutian Oasis

LIU Guo-hua^{1,2}, Hemit·Yimita¹, WANG Qing-feng^{1,2}, ZHANG Li-na^{1,2}, LÜ Yun-hai^{1,2}

(1. Key Lab of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumuqi 830046, China; 2. College of Resources & Environment Science, XinJiang University, Urumuqi 830046, China)

Abstract: In Yutian Oasis more and more serious soil salinity is a major problem that directly affects the development of local agriculture and ecological environment. Selecting different types of soil profiles on Yutian Oasis, the soil salt content, soluble salt ion content and the various ions and salinity in corresponding groundwater were measured and analyzed using statistical character value and the trend surface. Results show that the salinity level of Yutian Oasis is quite serious and less arable land is available. The salinity level of farmland is far lower than the salinity level of other types. Soil salinity of the saline land shows a funnel-shaped type, and it cumulates strongly toward the surface. Soil salinity on the vertical soil profile of farmland and Oasis-Desert ecotone show that salt content of upper and lower sections are large, but the soil salinity of the central section is small. Compared with the farmland, the space variability of salt and some other major ions on saline land is far beyond the space variability of farmland. Different soil salinity has significantly different characteristics. The study has provided a theoretical basis for improving the ecological environment to improve the ecological environment of Yutian Oasis.

Key words: different land type; salinity characteristics of soil; Yutian Oasis

土壤是植物生长的基质, 土壤盐分又是影响植物生长的重要因素。在自然条件下, 土壤的形成是一个漫长的过程, 在此过程中由于人为活动影响的加强, 对土壤的形成、演变和生产力的作用越来越深

刻^[1]。人口的不断增加, 耕地面积不断扩大和水资源严重短缺, 盐渍化问题一直日益突出, 对绿洲农业的可持续发展已构成严重威胁。据统计, 全国约有 3.7 万 km² 现代(活化)盐渍土, 盐渍土广泛分布^[2]。

* 收稿日期: 2008-11-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40661002); 新疆教育厅自然科学基金重点项目(XJEDU2006109); 新疆绿洲生态重点实验室开放课题(XJDX0201-2008-05)

作者简介: 刘国华(1980-), 男, 新疆阿克苏人, 在读研究生, 研究方向: 干旱区水资源与环境。E-mail: liuguohua_111@126.com

通信作者: 海米提·依米提(1960-), 男, 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

新疆占土地总面积 4.27 % 的绿洲承载着全疆 95 % 以上的人口,新疆盐渍土面积 1.05 万 km²,占现有耕地中 33.4 % 的面积,且土壤盐渍化有继续恶化的趋势^[3]。干旱气候条件造就了新疆土壤盐渍化严重,盐碱土种类多,被称为“世界盐碱土的博物馆”^[4]。因此进行新疆地区土壤盐渍化特征研究十分必要。新疆盐渍化研究在 20 世纪 60 - 70 年代取得了一定成绩,但近 10 a 来处于停止状态,在理论和方法上未有突破^[5]。于田绿洲是新疆大灌区之一,土壤盐渍化问题比较典型^[6],开展该区土壤盐渍化特征研究有利于干旱区盐渍化的特征分析。

研究区位于塔里木盆地的南缘。南靠雄伟的昆仑山,北临浩瀚的塔克拉玛干大沙漠。其内部克里雅河发源于昆仑山脉,由南向北流经该区域,最后消失在世界第二大流动性沙漠塔克拉玛干沙漠的腹地。该区地势南高北低,具有鲜明的垂直地带差异。属暖温带大陆性干旱气候,光照充足,降水稀少,蒸发量大,春夏多风沙和浮尘等灾害天气,年均气温 11.6 ℃,年均降水 44 mm,气候严重干旱。全区南北长约 466 km²,东西宽 30 ~ 120 km 的长带牛腿形状,土地面积 3.95 万 km²。绿洲面积 1 773 km²,占全县面积的 6.02 %。现有耕地 2.53 hm²,人均占有耕地 0.12 hm²;从遥感影像中得到盐渍地面积 139.31 km²,约占于田绿洲面积(预避免统计精度将居民地面积予以扣除)3.11 %^[7]。本区盐渍化研究只基于表象研究,为了更微观地研究于田绿洲的土壤盐渍化问题,本文做了进一步的阐述。

1 数据来源

沿于田绿洲南部山区边缘根据土壤的发生学特征,在不同类型土地上选取剖面,并采集不同层次土壤样品。采样方式为 0 - 100 cm 土层,每 20 cm 采集一个样品,一个样点一般选取 6 个土层样品。2007 年 9 月期间,共采集 26 个潜水水样,在 26 个剖面采集 182 个土壤样品。采集后立即密封送往实验室,进行对土壤样品全盐、pH 值、有机质、HCO₃⁻、SO₄²⁻、Cl⁻、CO₃²⁻、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺ 等的测定;水样分析了 pH 值、HCO₃⁻、SO₄²⁻、Cl⁻、CO₃²⁻、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、矿化度、电导率等。

在实验室采用 pH S-3C 型酸度计测定 pH 值,用双指示剂中和滴定法测定 CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻ 含量;用铬酸钾为指示剂和硝酸汞容量法滴定测定 Cl⁻ 含量,用 EDTA 间接滴定法测定 SO₄²⁻ 含量;采用钙指示剂和 EDTA (乙二胺四乙酸二钠) 滴定测定 Ca²⁺ 含量,以 EDTA 滴定和铬蓝黑为指示剂测定 Mg²⁺

含量,钾钠含量用差减法求得。用 WP - 84 手持式 Waterproof Conductivity-Salinity-Temperature Meter 现场测定电导率 (EC),单位为 mS/cm,再进行温度校正^[8]。

2 结果分析与讨论

2.1 土壤盐分的分布

在于田地区盐渍土分布范围较广,土地类型复杂。其中主要包括次生胡杨林,高丛芦苇带(苇高可达 1 ~ 3 m),盐碱滩,荒漠农田之间过渡带,沼泽地及农田,更远可到生长稀少芦苇的荒漠带。根据盐渍化程度不同,把流域分成 5 个等级区域^[9]。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,本文采用的土壤盐渍化类型划分表(表 1)和土壤盐渍化程度分级标准(表 2),根据 0 - 40 cm 土壤盐分中 Cl⁻ / (2SO₄²⁻) 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^[10]。

表 1 盐渍化类型划分表

$\frac{C(Cl^{-})}{2C(SO_4^{2-})}$	盐渍化类型	备注
> 2	氯盐渍土	C(Cl ⁻) 指 1 kg
1 ~ 2	亚氯盐渍土	土中含该离子
0.2 ~ 1	亚硫酸盐渍土	的物质的量
< 0.2	硫酸盐	(mmol)

表 2 盐渍化程度划分表

含盐量(盐分质量/kg 土)	盐渍化程度
< 5.0	非盐渍化
5.0 ~ 10.0	轻度盐渍化
10.0 ~ 15.0	中度盐渍化
15.0 ~ 20.0	重度盐渍化
> 20.0	盐土

(1) 非盐渍化区。在克里雅河流域内广泛分布于山前冲洪积平原和冲积平原区,其主体为绿洲中、上部的农业区。含盐量 1 ~ 2.8 g/kg。在农业区地下水埋深一般在 5 m 左右,该区实验数据显示地下水类型主要有 HCO₃⁻ · SO₄²⁻ - Ca²⁺ Mg²⁺、SO₄²⁻ · Cl⁻ - Ca²⁺ Na⁺ Mg²⁺ 型,地下水矿化度一般 < 1 g/L,适宜农作物生长。

(2) 轻度盐渍化区。在绿洲边缘地区呈岛状零星分布,主要分布于胡杨林带及农田与荒漠之间的交错带。含盐量 6.2 ~ 7.6 g/kg,盐渍土类型以亚硫酸盐渍土为主,该区内地下水埋深一般 < 5 m,地下水盐类型以 SO₄²⁻ · Cl⁻ - Na⁺ Ca²⁺ 型为主,地下水矿化度一般 < 2 g/L,较适宜农作物生长。伴随着部分次生胡杨林生长,缺水情况下转变成沙地。

(3) 中度盐渍化区. 零星分布于绿洲中部, 土地类型以稀疏芦苇的荒漠区, 及拥有低矮芦苇的盐碱地构成。含盐量 $10.0 \sim 12.0 \text{ g/kg}$, 以氯盐渍土和亚氯盐为主。该区内地下水埋深一般 $< 3 \text{ m}$, 地下水以 $\text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+ \text{Mg}^{2+}$ 型为主, 地下水矿化度一般 $< 3 \text{ g/L}$; 荒漠地区地下水矿化度可达 5.5 g/L 。该区对农作物生长有一定危害。

(4) 重盐渍化区. 零星分布于绿洲中下部区域, 由于地势低洼, 形成了天然的沼泽地域。土壤含盐量 $15.0 \sim 20.0 \text{ g/kg}$, 盐渍土类型以亚氯盐为主。该区内地下水埋深一般在 1 m 左右, 地下水类型以 $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+ \text{Mg}^{2+}$ 型为主, 地下水矿化度一般 $3.5 \sim 5 \text{ g/L}$, 该区对农作物生长有极大损害。分布了部分的低矮芦苇, 并有较长时间的季节性积水。

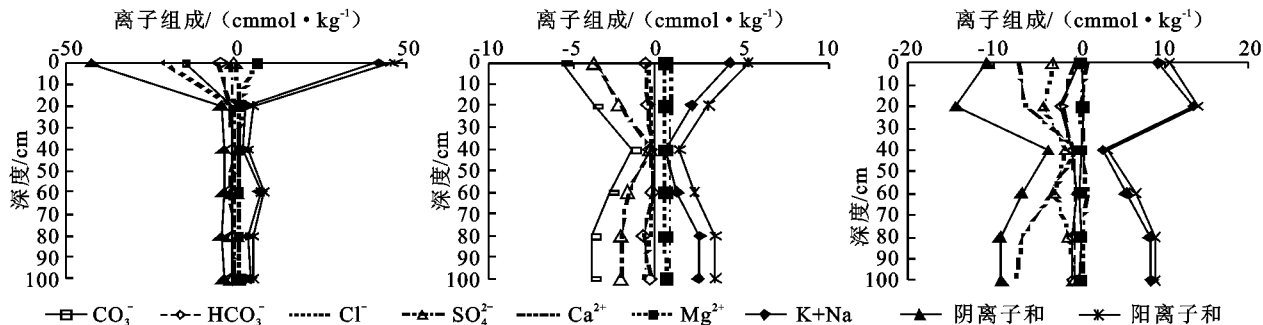


图 1 盐渍地农田、交错带盐分组成剖面图

(5) 盐土区. 在绿洲中部及中下部零星分布, 地域主要表现为严重的盐碱土板或是部分的高丛芦苇地。盐碱度过强地域是寸草不生, 有较厚的盐碱壳。芦苇区其芦苇高度均在 1 m 以上, 最高者可达 3 m 。盐土区土壤含盐量一般都 $> 20.0 \text{ g/kg}$, 盐渍土类型以氯盐渍土和亚硫酸盐为主, 该区内地下水埋深 $< 1.5 \text{ m}$, 地下水类型以 $\text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+ \text{Mg}^{2+}$ 型为主, 地下水矿化度一般 $> 3.5 \text{ g/L}$, 该区农作物不能生长。

2.2 土壤盐分基本特征

于田绿洲属于典型暖温带大陆性干旱气候, 全年降水量很少, 从当地气象实测资料发现, 2007 - 2008 年该区域最大降水量是 2007 年 6 月的 26.4 mm , 降水主要集中在冬季和夏季, 其余时间降水量一般不会超过 10 mm 。但蒸发量却长时间较大(除了冬季气温较低时例外)(如图 2), 最大值可达 198.8 mm 。因而在气温和蒸发量较高、降水量几乎为 0 的 9 月, 土壤积盐就比较严重, 主要表现为聚盐型和混合型, 脱盐型在这片区域比较少见。其中聚盐型主要在盐碱滩, 高丛芦苇区中最为明显, 其次聚盐型还存在于次生胡杨林带、沼泽及荒漠地带(内部有稀疏芦苇)。这一类型土壤盐分, 由于受蒸发作用影响, 盐分大量集中于表层。在土壤盐分垂直剖面表现为上部土壤盐分含量高, 下部盐分低的特点, 形状类似漏斗(如图 1), 聚盐型土壤盐分剖面出现在地下水埋深较浅($< 5 \text{ m}$), 地层中有较多亚砂土 - 亚黏土等细颗粒的地区^[11]。它们的盐分表层含量大, 局部地区有较厚的盐结壳(厚度可达 $3 \sim 10 \text{ cm}$)。土壤盐分基本上从表层到 20 cm 处, 随着深

度增加盐分递减速度很快。最大减少量可达 50 g/kg (表层到 20 cm 处), 最小减少量也为 6.5 g/kg 。从 20 cm 以下土壤盐分随着深度增加, 盐分递减速度明显变缓。盐分随深度每增加 20 cm , 盐分最大减少量为 4.8 g/kg 。

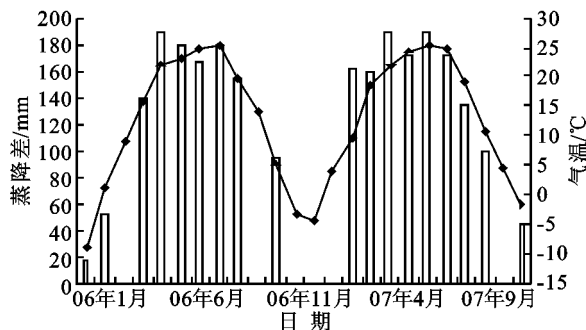


图 2 于田绿洲气候图

在农田和荒漠与农田交错带区域土壤盐分垂直剖面上就表现为混合型。由于灌溉和大气降水入渗, 盐分由地表向下运移聚集。同时, 在土壤毛细作用及地下水蒸发作用下, 盐分又向地表运移, 在土壤盐分剖面上表现为上部和下部盐分低, 中部含盐量最高的特点。若排水系统完善, 中部含量最高的盐分被淋滤携带向下运移, 并有部分随毛细水上升到上部, 在土壤剖面上表现为上部和下部盐分含量高, 中部含盐量低的特点^[11]。而农田和交错带正是体现为中间盐度低, 上下盐度高的类型, 样点中盐分最低值都出现在 40 cm 处。在农田 40 cm 处最大含盐量只有 1.24 g/kg , 交错带最大值也只有 2.2 g/kg 。而上部和下部盐分最大值可达 7.2 g/kg (图 1)。在交错带土壤盐分 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 有一个递增过程, 主要是由于表层土壤为沙质土, 土壤孔隙较大, 水分主要来

源于地下水,地表水几乎为零,土壤表层缺乏有机质。而且沙质土难以形成团粒结构,缺乏毛管孔以保存水分,内部排水快,蓄水少而蒸发失水强烈,水汽由大孔隙扩散至表层而损失。因此土壤性态本身决定了荒漠土壤的持水能力小^[12]。土壤难以保持团粒结构,使得表层盐分容易缺失。常学向等的研究结果证明 0 - 20 cm 土层以内有干沙层存在,对下层沙土的蒸发具有明显抑制作用,即对 20 cm 以下土壤水分具有保持作用^[13]。所以盐分在 20 cm 又保持一个峰值,20 cm 以下就为明显的中间盐度低,上下盐度高的类型(如图 1)。

2.3 土壤盐分离子特征

由表 3 看出,区内离子类型多样,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 值均大于 8.3,变化幅度

较小;农田 pH 值明显小于盐渍地。于田绿洲盐渍化严重,不论荒地还是农田,土壤含盐量均超过 0.1%,盐渍地内土壤盐分普遍高于农田区,其 1 m 内土壤平均含盐量是农田区的 2.9 倍。盐渍地的土壤盐分变异系数达到 142.9,而农田区只有 46.9。盐渍土壤盐分的空间变异性大的阴离子主要有 CO_3^{2-} 和 Cl^- ,而农田的为 SO_4^{2-} 和 Cl^- 及 HCO_3^- 。土壤盐分组成也存在一定差异,其中盐渍地土壤主要为 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ 和 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$,占土壤含盐总量的 78.24%,是典型的苏打化土(用土层中的总碱度 HCO_3^- 与 Cl^- 和 SO_4^{2-} 之和的当量比来确定),且含量变化幅度大。而其它的 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的含量较低,且空间分布较其它离子均匀。农田土壤盐分组成主要为 SO_4^{2-} 和 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$,相对于盐渍地土壤, Cl^- 占全盐的比例明显减小,减小幅度为 15.97%。

表 3 盐渍地土壤盐分统计特征参数

类型	项目	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	含盐量	pH
盐渍土	平均值	0.9033	1.2958	1.6708	0.3111	0.0892	0.1750	2.3512	6.7964	9.01
	标准差	1.90806	1.07953	2.91964	0.25917	0.05035	0.18935	3.61741	9.71211	0.42
	最小值	0.11	0.37	0.13	0.09	0.05	0.03	0.28	1.46	8.57
	最大值	6.74	4.54	8.50	1.09	0.24	0.62	12.58	34.12	9.89
	极差	6.63	4.17	8.37	1	0.19	0.59	12.3	32.66	1.32
	变异系数	211.232	83.310	174.745	83.308	56.446	108.200	153.854	142.901	4.6
	百分含量	13.291	19.066	24.584	4.576	1.312	2.575	34.594		
农田	平均值	0.0850	0.3767	0.2025	1.0383	0.1242	0.0427	0.4811	2.3507	8.57
	标准差	0.02663	0.16588	0.09206	0.65515	0.03397	0.01946	0.34478	1.10225	0.15
	最小值	0.04	0.17	0.09	0.22	0.06	0.01	0.07	0.81	8.35
	最大值	0.15	0.67	0.42	1.97	0.18	0.08	1.00	3.93	8.86
	极差	0.11	0.5	0.33	1.75	0.12	0.07	0.93	3.12	0.51
	变异系数	31.329	44.035	45.462	63.098	27.351	45.574	71.665	46.890	1.8
	百分含量	3.616	16.024	8.615	44.172	5.282	1.817	20.466		

3 结论

于田绿洲土地类型复杂,土壤含盐量高,非盐渍区覆盖范围较少。在不同的地貌部位上,土壤含盐量、盐分类型差异很大。农田土壤含盐量较低,比较稳定,较适宜农业生产。其它土地类型含盐量较大,具有较明显的盐渍化现象,严重影响了农业生产。土壤盐分类型及积盐状况和地下水矿化度、离子类型相关性较强。地下水埋深决定了盐渍化的强弱状况。在 9 月,于田地区积盐状况比较严重,主要受本地高温、干旱的气候和周围沙漠环境造成。土壤盐分垂直剖面展现的两个最明显的形态为漏斗型,和上、下部盐分高中部盐分低的结构型。聚盐类型的盐土主要表现为漏斗状。混合型则体现在稳定的农

业区和过渡带。

研究还表明盐分含量越大的地域,各个可溶性离子的变异就越明显。这其中相对比较活跃的 Cl^- 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 离子的含量变化,与盐渍化强弱程度息息相关。这三种离子含量高说明该区域有较严重的盐渍化,并且它们的空间变异很明显,可以把它们作为盐渍化程度的指标。

参考文献:

[1] 刘蔚,王涛,苏永红,等.黑河下游土壤和地下水盐分特征分析[J].冰川冻土,2005,27(6):890-896.
[2] 王遵亲.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.
[3] 王少丽,杨继富,李杰,等.新疆盐渍化区水盐平衡现状及对策[J].中国农村水利水电,2006(4):12-15.

创新点,以提高论文的影响力。

(3) 关键词和参考文献尽量列全。现在大多数人都通过网络查找文献,准确的关键词和引证节点就尤其重要,因此在网络中更多的参考文献使该文章在网络中拥有更多节点,有利于被他人发现引用。

(4) 依靠主办单位的优势,办出特色。《研究》的主办单位是国家级的水土保持研究单位,拥有其深厚的科研积淀和人才优势,充分利用这一资源,将《研究》办成国家级的优秀刊物。

参考文献:

[1] 邱均平. 文献信息引证规律和引文分析法[J]. 情报理论与实践,2001(3):236-240.

[2] 杨华,邱菊.《中华医学科研管理杂志》被引分析研究[J]. 中华医学科研管理杂志,2005,16(1):48-50.

[3] 中国学术期刊(光盘版)电子杂志社,中国科学文献计量平价研究中心. 中国学术期刊综合引证年度报告(2007)[M]. 北京:科学出版社,2007.

[4] 刘东维. 我国情报学基础文献和核心著者[J]. 情报科学,1986,7(4):9-16.

[5] 丁学东. 文献计量学基础[M]. 北京:北京大学出版社,1992.

[6] 陈立新,梁立明,刘则渊. 力学文献老化速度 50 年(1954 - 2003)的变化趋势[J]. 现代情报,2006(10):12-16.

[7] 刘银华,陶蕾. 试用 h 指数评价科技期刊[J]. 大学图书馆情报学刊,2008,26(2):94-96.

(上接第 263 页)

[4] 关欣,张风荣,李巧云,等. 南疆平原典型荒漠样区耕种土壤基层分类的探讨[J]. 土壤,2003,35(1):53-57.

[5] 约瑟夫·沙赫维特. 中国新疆塔里木河流域的可持续灌溉农业[J]. 干旱区地理,2000,4(2):174-176.

[6] 古丽格娜·哈力木拉提,阿布都沙拉木·加拉力丁,海米提·依米提,等. 新疆于田绿洲盐渍化土壤盐分动态变化特征研究[J]. 水土保持研究,2008,15(3):100-104.

[7] 江红南,塔西甫拉提·依拜,徐佑成,等. 于田绿洲土壤盐渍化遥感监测研究[J]. 干旱区研究,2007,24(2):168-173.

[8] 中科院南京土壤研究所土壤系统分类课题组. 土壤实验室分析项目及方法规范(中国土壤系统分类用)[M]. 北京:科学出版社,1991.

[9] 夏卫生,雷廷武,刘贤赵,等. 土壤水分特征曲线的推算[J]. 土壤学报,2003,40(2):311-315.

[10] 罗家雄,刘子义,高玉瑞,等. 新疆垦区盐碱地改良[M]. 北京:水利电力出版社,1985.

[11] 任加国,郑西来,许模,等. 新疆叶尔羌河流域土壤盐渍化特征研究[J]. 土壤,2005,37(6):635-639.

[12] 张勃,张华,张凯,等. 黑河中游绿洲及绿洲 - 荒漠生态脆弱带土壤含水量空间分异研究[J]. 地理研究,2007,26(2):321-327.

[13] 常学向,赵爱芬,赵文智,等. 黑河中游荒漠绿洲区免灌植被土壤水分状况[J]. 水土保持学报,2003,17(2):126-129.

[14] 王水献,董新光,杜卫东. 新疆阿瓦提灌区土壤盐渍化现状及特征分析[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(5):170-175.

[15] 刘延锋,靳孟贵,金英春. 焉耆盆地土壤盐渍化状况的主成分分析[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(1):165-171.

[16] 赵鸿斌,何长德. 论竖井排灌工程在塔里木河流域治理中的作用[J]. 地质灾害与环境保护,2001,12(4):89-121.

[17] 刘延锋,靳孟贵,金英春,等. 新疆焉耆盆地土壤盐渍化特征分析[J]. 水土保持通报,2004,24(1):49-52.

[18] 李彬,王志春,梁正伟,等. 苏打碱化土壤盐分离子与相关性分析[J]. 土壤通报,2007,38(4):653-656.

[19] 顾峰雪,张远东,刘永强,等. 阜康绿洲土壤盐渍化特征及其与肥力的相关性分析[J]. 干旱区资源与环境,2003,17(2):78-82.