

渭干河－库车河三角洲绿洲农田表层土壤盐分特征分析

艾萨迪拉·玉苏甫,满苏尔·沙比提*,阿依图尔荪·哈力穆拉提
(新疆师范大学 地理科学与旅游学院,新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要:采用野外采样和室内试验相结合的方法,对渭干河－库车河三角洲绿洲不同作物类型农田表层土壤盐分离子含量进行分析,为干旱区绿洲农田土壤盐渍化的治理、合理利用及因地制宜的精准改良提供一定的理论依据。结果表明:土壤总盐含量为 3.43 g/kg,属于轻度盐渍化,其中棉田最高为 5.28 g/kg,谷物地最低为 1.60 g/kg;土壤呈微碱性。各盐分离子中 SO_4^{2-} 比重最大,表层土壤以硫酸盐类盐渍土为主。在阴离子中, SO_4^{2-} 比重最高,其中在果林地最高,在棉田最低;在阳离子中, $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 比重最高,其中在混合作物地最高,在棉田最低。农田表层土壤总盐分含量与 Ca^{2+} 含量呈极显著正相关; Mg^{2+} 含量与 pH 值呈显著正相关,与 Cl^- 含量呈极显著正相关,与 HCO_3^- 含量呈显著负相关。棉田表层土壤总盐分含量与 Ca^{2+} 含量呈极显著正相关, Mg^{2+} 含量与 Cl^- 含量呈极显著正相关。谷物地、混合作物地和果林地表层土壤总盐分含量与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 、 SO_4^{2-} 含量呈极显著正相关,与 Cl^- 含量呈极显著负相关,与 pH 值呈显著正相关; Ca^{2+} 含量与 Mg^{2+} 含量呈极显著正相关; SO_4^{2-} 含量与 pH 值呈显著正相关,与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 含量呈极显著正相关,与 Cl^- 含量呈极显著负相关; Cl^- 含量与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 含量、pH 值均呈极显著负相关。表层土壤总盐分在空间上从绿洲内部向外围及扇缘逐渐增多,非盐渍化与轻度盐渍化土壤主要分布于绿洲内部及东北部,中度盐渍化土壤主要分布于绿洲的南缘,重度盐渍化土壤主要分布于绿洲的西岸、外围与扇缘地带。

关键词:盐分离子;农田利用类型;表层土壤;渭干河－库车河三角洲绿洲

中图分类号: S153.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)08-0055-05

Salinity Characteristics of Farmland Surface Soil in Weigan-Kuqa River Delta Oasis

ASADILLA · Yusup, MANSUR · Sabit*, AYTURSUN · Halmurat
(School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Combining field sampling with laboratory experiments, farmland surface soil salt content from different land use types were analyzed in Weigan-Kuqa river delta oasis. The results showed that total soil salt content was 3.43 g/kg, belonging to mild salinization, the cotton field had the highest value of 5.28 g/kg, the grain field had the lowest value of 1.60 g/kg; the soil was slightly alkaline. SO_4^{2-} had the largest portion among all salt ions, surface soil consisted mainly of sulfates saline soil. Among anions, SO_4^{2-} had the largest portion, the fruit trees field had the highest value, and the cotton field had the lowest value; among cations, the portion of $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ were the largest, the mixed crop field had the highest value, and the cotton field had the lowest value. There was a extremely significant positive correlation between

收稿日期:2015-01-15
基金项目:国家自然科学基金项目(41261056,31260048)
作者简介:艾萨迪拉·玉苏甫(1990-),男,新疆乌鲁木齐人,在读硕士研究生,研究方向:干旱区环境演变与灾害防控。
E-mail:asadilla@126.com
* 通讯作者:满苏尔·沙比提(1963-),男,新疆阿克苏人,教授,主要从事干旱区环境演变与灾害防控研究。
E-mail:mansursa@163.com

farmland total salt content and Ca^{2+} content, significant positive correlation between Mg^{2+} content and pH value, extremely significant positive correlation between Mg^{2+} content and Cl^- content, and significant negative correlation between Mg^{2+} content and HCO_3^- content. There was a extremely significant positive correlation between surface soil total salt content and Ca^{2+} content, extremely significant positive correlation between Mg^{2+} content and Cl^- content in cotton field. The total surface soil salt content were extremely significant positively correlated with $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ content, SO_4^{2-} content, extremely significant negatively correlated with Cl^- content, and significantly positively correlated with pH value; there was a extremely significant positive correlation between Ca^{2+} content and Mg^{2+} content, significant positive correlation between SO_4^{2-} content and pH value, extremely significant positive correlation between SO_4^{2-} content and $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ content, and significant negative correlation between SO_4^{2-} content and Cl^- content; Cl^- content was extremely significant negatively correlated with $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ content and pH value in cereal field, mixed crops field and fruit field. The total salt content in surface soil gradually increased spatially from the interior oasis to the periphery and its fan edges. The soil with no salinization and mild salinization were mainly distributed in the central and northeast part of oasis, the soil with moderate salinization mainly distributed in the northern region of the oasis, and the soil with severe salinization was mainly distributed in the western, periphery and the fan edges of the delta oasis.

Key words: salt ions; farmland land use types; surface soil; Weigan-Kuqa river delta oasis

土壤盐渍化是在自然和人类活动共同作用下形成的。土壤盐渍化问题是全球广泛关注的环境问题之一,尤其在以绿洲农业为生存与发展命脉的干旱与半干旱地区,土壤盐渍化是威胁绿洲农业土地安全和影响区域稳定的一个重要因素^[1-4]。盐分在土壤中的积累会引起土地生产能力减弱,使农作物的新陈代谢能力及适应性受到抑制,造成土地资源荒废,作物生产力下降,植被大量死亡^[5-7]。阿迪力江·阿布来提等^[3]研究表明,人为因素在盐渍化影响因子中占主导地位;王玉刚等^[8]研究表明,在不同土地利用类型中农田土壤盐分最低,人为因素对盐分的集聚具有显著的影响,不合理灌溉加重土壤盐渍化;田长彦等^[9]研究表明,新疆土壤盐渍化问题始终存在,绿洲的稳定性外受过渡带影响,内受土壤盐渍化的威胁。但是绿洲不同作物类型农田盐渍化情况比较方面的研究较少。渭干河与库车河三角洲绿洲是山前平原区形成和发育较大的绿洲,是阿克苏地区最大的灌溉区、新疆主要的产棉区之一^[10]。为此,对渭干河-库车河三角洲绿洲不同作物类型农田表层土壤含盐量及各盐分离子的关系进行分析,为干旱区绿洲农田土壤盐渍化的治理、合理利用及因地制宜的精准改良提供一定的理论依据。

1 材料和方法

1.1 土壤样品采集

于 2012 年 9 月 26—30 日采集渭干河-库车河三角洲绿洲范围内种植不同作物的农田表层(0 ~

20 cm) 土壤,各采样点之间距离基本上不超过 2 km,共 79 个点,其中棉田 35 个、混合作物地 22 个、谷物地 11 个、果林地 11 个,样点分布见图 1。

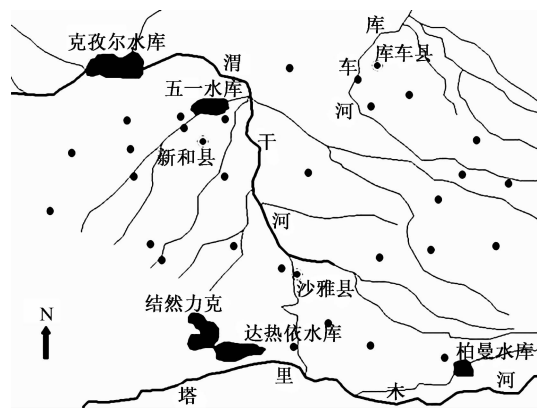


图 1 渭干河-库车河三角洲绿洲农田土壤采样点分布

1.2 测定项目及方法

土壤样品带回实验室摊开阴干,过 2 mm 筛,编号,装入样品袋备用。取 40 g 样品与 200 mL 蒸馏水混合,经过浸泡和振荡使土壤盐分充分溶解后,进行土壤盐分含量和 pH 值测定。采用双指示剂中和法测定 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 含量,采用 AgNO_3 滴定法测定 Cl^- 含量,采用 EDTA 间接滴定法测定 SO_4^{2-} 含量,采用 EDTA 络合滴定法测定 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量,采用差减法测定 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 含量,采用残渣烘干法测定土壤可溶性总盐分含量。

1.3 数据处理

利用 Excel 与 SPSS 17.0 对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 农田表层土壤盐分含量总体特征

由表 1 可知,农田表层土壤总盐分含量平均为 3.43 g/kg,属于轻度盐渍化^[11]。其中,棉田表层土壤最高,为 5.28 g/kg,属于中度盐渍化^[11];果园地次之,为 4.24 g/kg,也属于中度盐渍化^[11];混合作物地较轻,为 2.58 g/kg,属于轻度盐渍化^[11];谷物地最低,为 1.60 g/kg,属于非盐渍化^[11]。土壤 pH 值介于 7.55 ~ 8.33,平均为 8.02,整体呈微碱性(表 1)。

表 1 农田表层土壤盐分含量总体特征

试验地	总盐分含量/(g/kg)			盐渍化程度	pH
	最小值	最大值	平均值		
棉田	0.79	16.65	5.28	中度盐渍化	8.33
谷物地	1.60	1.60	1.60	非盐渍化	7.55
混合作物地	0.75	6.35	2.58	轻度盐渍化	8.05
果园地	4.24	4.24	4.24	中度盐渍化	8.15
总体	1.85	7.21	3.43	轻度盐渍化	8.02

由表 2 可知,在阴离子中,SO₄²⁻ 的比重最高,为 47.25%;其次为 Cl⁻,占 1.47%;HCO₃⁻ 最低,为 0.94%,而 CO₃²⁻ 不存在,即比重大小表现为 SO₄²⁻ > Cl⁻ > HCO₃⁻,说明表层土壤硫酸盐相对表聚。进一步分析发现,Cl⁻/2(SO₄²⁻) 比值为 0.016,说明表层土壤以硫酸盐类盐渍土为主;HCO₃⁻/(Cl⁻ + SO₄²⁻) 比值小于 1,说明碳酸盐和重碳酸盐不是表层土壤盐分的主要成分。在阳离子中,K⁺ + Na⁺ 比重最高,为 45.89%,其次是 Ca²⁺,而 Mg²⁺ 比重最低。总体上看,主要水溶性盐分离子为 SO₄²⁻、K⁺ + Na⁺,占总盐分的比重超过 90%。各盐分离子含量变异系数的大小表现为 Ca²⁺ > Mg²⁺ > Cl⁻ > HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > K⁺ + Na⁺,除 Ca²⁺ 含量属强变异外,其他盐分离子含量均属中等变异。

表 2 农田表层土壤各盐分离子所占比重 %

项目	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺
最小值	0.05	0.06	2.89	0.45	0.01	2.90
最大值	3.72	5.04	64.85	94.08	1.83	49.55
平均值	0.94	1.47	47.25	4.01	0.44	45.89
CV	57.77	88.00	18.12	370.80	88.71	17.86

2.2 不同利用类型农田表层土壤盐分含量特征

由表 3 可知,HCO₃⁻ 含量在棉田和混合作物地表层土壤最高,均为 0.06 g/kg,谷物地和果园地表层土壤最低,均为 0.05 g/kg;Cl⁻ 含量在棉田表层土壤最高,为 0.12 g/kg,混合作物地和果园地最低,为

0.04 g/kg;SO₄²⁻ 含量在棉田表层土壤最高,为 2.97 g/kg,谷物地表层土壤最低,为 1.72 g/kg;Ca²⁺ 含量在棉田表层土壤最高,为 4.00 g/kg,混合作物地表层土壤最低,为 0.08 g/kg;Mg²⁺ 含量在果园地表层土壤最高,为 0.05 g/kg,谷物地和混合作物地表层土壤最低,为 0.02 g/kg;K⁺ + Na⁺ 含量在果园地表层土壤最高,为 3.06 g/kg,谷物地表层土壤最低,为 2.41 g/kg。Cl⁻/2(SO₄²⁻) 比值以棉田最高,为 0.020;果园地最小,为 0.008;谷物地与混合作物地居中,说明各类农田表层土壤均以硫酸盐类盐渍土为主。HCO₃⁻/(Cl⁻ + SO₄²⁻) 比值最大的是谷物地,为 0.028;最小的是果园地,为 0.019,比值均小于 1,说明碳酸盐与重碳酸盐不是各类农田表层土壤盐分的主要组成部分。

表 3 不同利用类型农田表层土壤各盐分离子含量

试验地	g/kg					
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺
棉田	0.06	0.12	2.97	4.00	0.03	2.75
谷物地	0.05	0.09	1.72	0.09	0.02	2.41
混合作物地	0.06	0.04	2.13	0.08	0.02	3.13
果园地	0.05	0.04	2.61	0.14	0.05	3.06

由表 4 可知,在阴离子中,SO₄²⁻ 比重最高的是果园地,为 48.66%,最低的是棉田,为 46.64%;Cl⁻ 比重在棉田最高,为 1.90%,果园地最低,为 0.57%;HCO₃⁻ 比重在谷物地最高,为 1.06%,其次是棉田(0.95%),果园地最低(0.77%)。在阳离子中,K⁺ + Na⁺ 所占比重在混合作物地最高,为 48.50%,在棉田最低,为 44.52%,谷物地与果园地居中,分别为 47.96% 和 47.02%。

表 4 不同利用类型农田表层土壤各盐分离子所占比重 %

试验地	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺
棉田	0.95	1.90	46.64	5.49	0.50	44.52
谷物地	1.06	1.84	47.10	1.73	0.31	47.96
混合作物地	0.94	0.61	48.40	1.26	0.29	48.50
果园地	0.77	0.57	48.66	2.22	0.76	47.02

2.3 农田表层土壤盐分离子含量间的相关性分析

由表 5 可知,农田表层土壤总盐分含量与 Ca²⁺ 含量呈极显著正相关,与其余离子含量的相关性均较低,未达到显著水平;Mg²⁺ 含量与 pH 值呈显著正相关,与 Cl⁻ 含量呈极显著正相关,与 HCO₃⁻ 含量呈显著负相关;其余离子含量之间及与 pH 值之间的相关性均未达到显著水平。

表 5 农田表层土壤各盐分离子含量之间的相关系数

项目	总盐分	pH	Ca ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
pH	-0.067	1					
Ca ²⁺	0.998 **	-0.052	1				
K ⁺ + Na ⁺	0.090	-0.175	0.084	1			
Mg ²⁺	0.114	0.327 *	-0.139	-0.162	1		
SO ₄ ²⁻	0.051	-0.279	-0.002	0.302	0.035	1	
Cl ⁻	-0.059	0.289	-0.063	-0.273	0.573 **	0.069	1
HCO ₃ ⁻	-0.024	-0.168	-0.017	-0.131	-0.381 *	-0.103	-0.241

注：*、** 分别表示相关性显著 ($P < 0.05$)、极显著 ($P < 0.01$)，下同。

2.4 不同类型农田表层土壤盐分离子含量间的相关性分析

由表 6 可知,棉田表层土壤总盐分含量与 Ca²⁺ 含量呈极显著正相关,Mg²⁺ 含量与 Cl⁻ 含量呈极显著正相关,其余离子含量之间及与 pH 值之间的相关性均未达到显著水平。谷物地、混合作物地和果林地表

层土壤总盐分含量与 K⁺ + Na⁺、SO₄²⁻ 含量呈极显著正相关,与 Cl⁻ 含量呈极显著负相关,与 pH 值呈显著正相关;Ca²⁺ 含量与 Mg²⁺ 含量呈极显著正相关;SO₄²⁻ 含量与 pH 值呈显著正相关,与 K⁺ + Na⁺ 含量呈极显著正相关,与 Cl⁻ 含量呈极显著负相关;Cl⁻ 含量与 K⁺ + Na⁺ 含量、pH 值均呈极显著负相关。

表 6 不同类型农田表层土壤盐分离子含量之间的相关系数

试验地	项目	总盐分	pH	Ca ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
棉田	pH	0.092	1					
	Ca ²⁺	0.999 **	-0.076	1				
	K ⁺ + Na ⁺	0.260	-0.248	0.237	1			
	Mg ²⁺	-0.174	0.327	-0.180	-0.030	1		
	SO ₄ ²⁻	0.057	-0.324	0.007	0.277	0.050	1	
	Cl ⁻	-0.126	0.314	-0.140	0.111	0.601 **	0.153	1
	HCO ₃ ⁻	-0.022	-0.171	-0.013	-0.305	-0.369	-0.123	-0.259
其他作物地	pH	0.559 *	1					
	Ca ²⁺	-0.097	0.063	1				
	K ⁺ + Na ⁺	0.983 **	0.519	-0.275	1			
	Mg ²⁺	0.041	0.083	0.705 **	-0.114	1		
	SO ₄ ²⁻	0.995 **	0.613 *	-0.067	0.969 **	0.098	1	
	Cl ⁻	-0.788 **	-0.730 **	0.028	-0.748 **	-0.193	-0.835 **	1
	HCO ₃ ⁻	0.252	-0.103	-0.249	0.307	-0.528	0.192	-0.185

2.5 农田表层土壤盐分空间分布特征

经分析发现,研究区盐渍化表层土壤主要分布于渭干河、库车河下游,塔里木河两岸,三角洲绿洲的西部、南部及东南部。非盐渍化与轻度盐渍化土壤主要分布于绿洲内部及东北部,其他区域有点状零星分布;中度盐渍化土壤主要分布于绿洲的南缘,其他区域有小片分布;重度盐渍化土壤主要分布于绿洲的西岸、外围与扇缘地带。在人为灌溉作用下农田的氯化物被淋洗到土壤中下部,表层土壤残留

较少,因此,硫酸盐类表聚性较强。

从表层土壤盐分含量的半方差函数分析(表 7)来看,块金系数为 32.4%,在总体空间异质性中随机部分占 67.6%,说明表层土壤盐分含量具有中等空间自相关,随机因子对表层土壤盐分空间异质性贡献率较大。采样点间的距离(500 m)大于变程 50.466 m,说明表层土壤盐分含量空间相关性差,这可能主要是由于地形、植被、农田利用类型和人类活动的强弱等因素的影响较大所致。

表 7 农田表层土壤盐分含量的半方差分析及拟合结果

项目	模型类型	块金值(C ₀)	基台值(C ₀ + C)	结构性方差	基底效应	变程/m	决定系数/%	残差平方和
盐分	线性模型	159.008	235.199	76.191	0.676	50.466	32.4	1.30E + 06

3 结论

本研究结果表明,农田表层土壤总盐分含量为 3.43 g/kg,Cl⁻/2(SO₄²⁻) 比值为 0.016,说明表层土

壤以硫酸盐类盐渍土为主;HCO₃⁻/(Cl⁻ + SO₄²⁻) 比值小于 1,表明碳酸盐和重碳酸盐不是农田表层土壤盐分的主要成分。土壤 pH 值为 8.02,整体呈微碱性。各盐分离子中 SO₄²⁻ 所占比重最高,硫酸盐

表聚性强,且其在表层土壤中相对稳定。

棉田表层土壤总盐分含量最高为 5.28 g/kg,谷物地最低为 1.60 g/kg。在阴离子中, SO_4^{2-} 比重最高,其中在果林地最高为 48.66%,在棉田最低为 46.64%;在阳离子中, $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 比重最高,其中在混合作物地最高为 48.50%,在棉田最低为 44.52%。pH 值表现为棉田 > 果林地 > 混合作物地 > 谷物地,土壤均呈微碱性。

农田表层土壤总盐分含量与 Ca^{2+} 含量呈极显著正相关; Mg^{2+} 含量与 pH 值呈显著正相关,与 Cl^- 含量呈极显著正相关,与 HCO_3^- 含量呈显著负相关。棉田表层土壤总盐分含量与 Ca^{2+} 含量呈极显著正相关, Mg^{2+} 含量与 Cl^- 含量呈极显著正相关。谷物地、混合作物地和果林地表层土壤总盐分含量与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 、 SO_4^{2-} 含量呈极显著正相关,与 Cl^- 含量呈极显著负相关,与 pH 值呈显著正相关; Ca^{2+} 含量与 Mg^{2+} 含量呈极显著正相关; SO_4^{2-} 含量与 pH 值呈显著正相关,与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 含量呈极显著正相关,与 Cl^- 含量呈极显著负相关; Cl^- 含量与 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 含量、pH 值均呈极显著负相关。

表层土壤总盐分含量在空间上从绿洲内部向外围及扇缘逐渐增多。非盐渍化与轻度盐渍化土壤主要分布于绿洲内部及东北部;中度盐渍化土壤主要分布于绿洲的南缘;重度盐渍化土壤主要分布于绿洲的西岸、外围与扇缘地带。在人为灌溉作用下农田的氯化物被淋洗到土壤中下部,表层土壤残留较少,因此,硫酸盐类表聚性较强。

参考文献:

- [1] 张飞,丁建丽,塔西甫拉提·特依拜,等.干旱区典型绿洲土壤盐渍化特征分析——以渭干河-库车河三角洲为例[J].草业学报,2007,16(4):34-40.
- [2] 李新国,樊自立,李会志,等.开都河下游灌区土壤盐渍化特征分析[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):147-151,158.
- [3] 阿迪力江·阿布拉提,塔西甫拉提·特依拜,阿不都拉·阿不力孜,等.干旱区绿洲土壤盐渍化动态变化及其影响因子分析研究——以渭干河-库车河三角洲绿洲为例[J].新疆农业科学,2010,47(9):1858-1863.
- [4] 麦麦提·吐尔逊·艾则孜,海米提·依米提,艾尼瓦尔·买买提,等.天山西部伊犁河流域土壤盐分特征[J].环境科学,2010,23(6):774-781.
- [5] 吕真真,刘广明,杨劲松.新疆玛纳斯河流域土壤盐分特征研究[J].土壤学报,2013,50(2):289-295.
- [6] 张国新,王秀萍,鲁雪林,等.自然盐分胁迫下棉花耐盐性评价[J].河南农业科学,2011,40(8):95-97.
- [7] 高方胜,王明友.盐胁迫对茴香生理特性的影响[J].河南农业科学,2011,40(12):126-128,132.
- [8] 王玉刚,李彦,肖笃宁.土地利用对天山北麓土壤盐渍化的影响[J].水土保持学报,2009,23(5):179-183.
- [9] 田长彦,周宏飞,刘国庆.21世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J].干旱区地理,2000,23(2):177-181.
- [10] 满苏尔·沙比提,海鹰,阿布拉江·苏来曼.近50年来渭干河-库车河三角洲绿洲耕地变化及其成因[J].地理研究,2004,23(4):487-494.
- [11] 李会志.基于RS/GIS的开都河流域下游绿洲土壤盐渍化动态变化研究[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2010:22-23.