

新疆开都河流域下游绿洲盐渍化土壤特征

吐尔逊·艾山^{1,2}, 吐热尼古丽·阿木提^{3*} (1. 新疆维吾尔自治区农业资源区划办公室, 新疆乌鲁木齐 830004; 2. 农业部遥感应用中心乌鲁木齐分中心, 新疆乌鲁木齐 830004; 3. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆乌鲁木齐 830054)

摘要 [目的]探究新疆开都河流域下游绿洲盐渍化土壤特征。[方法]采用传统统计学方法,分析开都河流域下游绿洲的土壤含盐量及主要盐基离子的特征值。[结果]研究区0~10 cm 土层土壤属于重度盐渍化土壤,10~30 和 30~50 cm 土层土壤属于中度盐渍化土壤,土壤盐分具有一定的表聚性。各层的盐渍化类型主要是以氯化物-硫酸盐型盐渍化土为主,其次是硫酸盐渍土,其他类型盐渍土比例极小。不同采样深度内,各层盐基离子含量呈自上而下变小趋势。[结论]该研究可为精细农业研究提供基础数据。

关键词 开都河流域下游绿洲;土壤特征;传统统计学

中图分类号 S156.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)05-0099-03

The Characteristics of Soil Salinization in the Downstream Oasis of Kaidu River Basin in Xinjiang

Tursun · Hasan^{1,2}, Turangul · Hamut^{3*} (1. Xinjiang Agricultural Resources and Regional Planning Office, Urumqi, Xinjiang 830004; 2. Urumqi Branch Remote Sensing Application Center Ministry of Agriculture, Urumqi, Xinjiang 830004; 3. College of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054)

Abstract [Objective] The characteristics of soil salinization in downstream oasis of Kaidu River Basin in Xinjiang was explored. [Method] The soil salt content and the characteristic values of the main base cations in the downstream oasis of Kaidu River were analyzed by using the methods of traditional statistics. [Result] The results showed that the surface soil type in study area was serious salinization, and soils with 10-30 cm depth and 30-50 cm depth were moderately saline soil, the distribution of soil salinity had certain cohesion property. The main salinity type of each layer soil was chloride-sulfuric acid saline soil, and the second salinity type was sulfuric acid saline soil, the proportion of other types of saline soil was very small. The main base cations content of soils with different sampling depths showed decreasing trend from top to bottom. [Conclusion] This study provides basic data for the study of precision agriculture.

Key words The downstream oasis of Kaidu River Basin; Soil property; Traditional statistics

土壤盐渍化是全世界普遍存在的问题。表层土壤所聚的盐分是限制作物生长、制约农业生产及发展的障碍因素之一^[1]。某区域的土地退化(如盐渍化等)及演变会导致该区域及周边土壤特性的空间变异^[1-2]。区域性因素影响和制约盐渍土的发生,使盐分离子比例及组成呈现出地域性特点^[3]。对典型区域土壤的盐渍化情况及盐分特征的分析具有重要意义^[2-4]。地统计学是研究土壤盐分空间分布和变异最有效的方法之一,能反映出区域盐渍化程度,了解其空间分异规律,从而有助于人们更好地管理和防治土壤盐渍化,保护土地资源,提高农业生产量^[5]。笔者通过野外采集土壤样本及室内分析所得的土壤特性数据,对新疆开都河流域下游绿洲土壤盐渍化类型、程度及特征值进行分析,以期为准了解该地区土壤特性的变化情况,有效利用及保护土地资源和生态环境提供科学依据。

1 材料与与方法

1.1 研究区概况 新疆开都河流域下游绿洲位于天山南部的开都河、清水河的冲积平原,包括和硕县、焉耆县、博湖县、和静县(图1)。流域下游的地势从北到南、从西到东呈下降趋势,地形基本上平坦。主要地貌类型有冲积倾斜平原、洪积、开都河三角洲,海拔1 050~1 200 m^[6]。研究区冬季最低

气温达到-35℃,夏季最高气温39℃,日温差较大,年均气温8.0~8.9℃,年蒸发量2 000~2 450 mm,年降雨量50~80 mm,相对湿度51.4%~60.0%,蒸发量可达到降水量的30~40倍,属于典型的中温带干旱荒漠气候^[7-9]。研究区东南部以草甸土、潮土为主,盐土、沼泽土次之,棕漠土主要分布在研究区边缘的洪积平原。研究区内土壤有以下特点:地下水位较高,土壤干湿交替作用周期性进行;土壤中速效养分分布不均,有机质含量低;由于不合理的灌溉和灌渠渗漏,致使部分农田区域产生次生盐渍化。开都河流域气候条件较好,两岸土地肥沃,是新疆的主要棉、甜菜、粮生产基地之一。

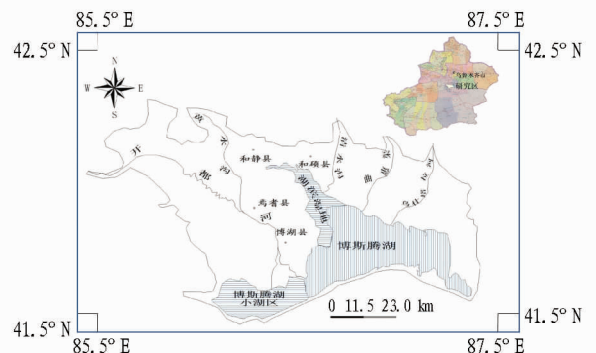


图1 开都河流域下游绿洲地理区位

Fig. 1 The downstream oasis of Kaidu River Basin

基金项目 国家自然科学基金项目(41461023);新疆师范大学博士科研启动基金项目(XJNBS1526);新疆大学绿洲生态教育部重点实验室开放课题(XJDX0201-2013-03)。

作者简介 吐尔逊·艾山(1981—),男,新疆阿克苏人,高级农艺师,博士,从事干旱区生态环境及农业遥感应用研究。* 通讯作者,讲师,博士,从事生态系统模拟和遥感与地理信息系统应用研究。

收稿日期 2016-12-26

1.2 土壤样本采集及实验室测定 数据来源于野外调查、土壤采集及化验分析所获得的研究区景观信息及土壤特性(含盐量、电导率、矿化度、八大离子、pH等)数据。考察中,每采样点周围辐射性约10 m选取3个点,并分3层(0~10、

10~30、30~50 cm)取样,每层取500 g,进行GPS定位,同时,用铝盒取土样40~50 g,现场称重。

采集的土壤样本在实验室自然风干后,磨细,过1 mm孔径筛,充分混匀,备用。土壤样本的测定方法及土壤特性数据的获得参照《土壤农业化学常规分析方法》(中国土壤学会,1983)。土壤特性的具体测定方法参考文献[10]。

1.3 研究方法 针对研究区土壤含盐量及主要盐基离子测定数据,首先利用Excel软件对所测定数据进行初步处理和筛选,然后采用传统统计学方法对研究区土壤盐渍化程度、盐渍化类型及主要盐基离子特征值进行分析。

2 结果与分析

2.1 土壤特征 利用研究区2011年6月的考察数据,定量分析研究区不同深度土壤含盐量及盐基离子的分布特征。

2.1.1 盐渍化程度。土壤盐渍化程度划分时,主要考虑土壤含盐量、盐分组成、碱性、积盐深度及厚度^[11-13]。因此,笔者以各土壤剖面中的平均含盐量作为划分各土层盐渍化程度的指标,参考文献[14]中的土壤盐渍化程度分级标准及按照第二次农业土壤普查盐渍化分级标准^[15](表1),分别计算研究区不同深度土壤的平均含盐量,然后对采样点不同空间的土壤盐渍化程度进行分级划分。

表1 第二次农业土壤普查盐渍化分级标准

Table 1 Grading standards of salinity survey for second agricultural soil

序号 Serial No.	类型 Types	含盐量 Salt content//%
1	非盐渍土	<0.20
2	轻度盐渍化土	≥0.20~0.40
3	中度盐渍化土	>0.40~0.60
4	重度盐渍化土	>0.60~2.00
5	盐土	>2.00

根据表1的分级标准,通过分析研究区的土壤含盐量得到如下结果:0~10 cm土层土壤平均含盐量达到0.87%,属于重度盐渍化;10~30和30~50 cm土层土壤平均含盐量分别为0.51%和0.56%,属中度盐渍化;0~50 cm土层土壤平均含盐量达到0.64%,属重度盐渍化。可见,研究区土壤盐分的垂直分布具有一定的表聚性特征。

按照表1所示的分级标准,分别计算了各层土壤含盐量百分比,进一步解开都河流域下游绿洲土壤含盐量在各个空间的变化情况,结果见表2。由表2可知,0~10 cm土层77.57%的土壤属于轻度盐渍化和重度盐渍化;10~30、30~50 cm土层土壤属于非盐渍化的比例分别为6.45%、6.78%,属于轻度盐渍化土壤的比例分别为51.61%、49.15%,这表明10~30、30~50 cm土层中,盐渍化土壤占全部土壤样品的50.00%以上。

2.1.2 盐渍化类型。根据《新疆农业技术手册》中的土壤盐渍化类型区分表^[16-17](表3),利用土壤盐分中的 $Cl^-/(2SO_4^{2-})$ 当量比值对研究区土壤类型进行分类。由表4可知,研究区内氯化物-硫酸盐型盐渍土在各层土壤中占主导

地位,其次是硫酸盐渍土,其他盐渍化类型土壤的比例很小。

表2 研究区各类型盐分土壤在不同剖面上的分布(n=62)

Table 2 Different soil salt types distribution in different depth

土层 Soil layer//cm	盐分类型 Salt type	比例 Proportion//%
0~10	非盐渍土	5.36
	轻度盐渍化土	46.21
	中度盐渍化土	13.50
	重度盐渍化土	31.36
	盐土	3.57
10~30	非盐渍土	6.45
	轻度盐渍化土	51.61
	中度盐渍化土	9.68
	重度盐渍化土	30.65
30~50	盐土	1.61
	非盐渍土	6.78
	轻度盐渍化土	49.15
	中度盐渍化土	13.56
	重度盐渍化土	25.42
	盐土	5.08

表3 土壤盐渍化类型分类标准

Table 3 Grading standards of salinity soil

序号 Serial No.	$Cl^-/(2SO_4^{2-})$	盐渍化类型 Salinization type
1	≥2.0	氯化物型
2	1.0~<2.0	硫酸盐-氯化物型
3	0.2~<1.0	氯化物-硫酸盐型
4	<0.2	硫酸盐型

表4 研究区土壤盐渍化分类统计特征

Table 4 Statistical feature values of soil salt

土层 Soil layer//cm	盐渍化类型 Salinization type	比例 Proportion//%
0~10	硫酸盐型	11.86
	氯化物-硫酸盐型	76.27
	硫酸盐-氯化物型	10.17
	氯化物型	1.69
10~30	硫酸盐型	30.19
	氯化物-硫酸盐型	66.66
	硫酸盐-氯化物型	1.59
30~50	氯化物型	1.59
	硫酸盐型	33.33
	氯化物-硫酸盐型	63.33
	硫酸盐-氯化物型	3.33
	氯化物型	—

2.2 主要盐基离子特征描述 通过盐基离子特征值分析,可以了解土壤离子在土壤剖面中的分布特点。研究区各层土壤盐基离子的特征值见表5。由表5可知,0~10 cm土层各离子的含量明显大于10~30和30~50 cm土层土壤离子含量,10~30和30~50 cm土层土壤离子含量差异不大,但

总体上,各层土壤盐基离子含量呈自上而下变小的分布特征,盐分分布呈较强的表聚性。阴离子中,在表层,离子含量从小到大依次为 HCO_3^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 。在 10~30 和 30~50 cm 土层中从小到大依次为 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 。阳离子中,各土层, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 含量比其他阳离子含量高。总之,在表层, SO_4^{2-} 、 Cl^- 的含量最高,其次是 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 。在 10~30 和 30~50 cm 土层 SO_4^{2-} 含量最大。从上述分析中可以看出,研究区内,氯化物-硫酸盐型盐渍的表聚性最为强烈,碳酸盐较稳定。从不同土层土壤盐基离子的空

间变异性可以看出,绝大多数情况下, SO_4^{2-} 、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 离子的空间变异性较强;其他离子基本上有中等变异性。 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 是组成研究区土壤盐分含量的主要盐基离子,这些离子的空间变异程度和土壤含盐量的空间变异程度具有一致性。不同土层的土壤特征值的中位数与平均值的分析中发现,不同土层各个盐基离子的中位数基本上小于平均值,这表明盐基离子的分布具有正偏态特征。各层土壤盐基离子的峰度系数和变幅的变化无明显规律。

表 5 研究区土壤盐基离子特征值统计 ($n=62$)Table 5 Statistical eigen values of main ion component of soil in study area ($n=62$)

土层 Soil layer cm	CO_3^{2-}						HCO_3^-					
	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %
0~10	1.186	0	0.043	0	44.782	3.749	0.088	0	0.036	0.034	2.325	0.476
10~30	0.250	0	0.026	0	6.407	2.233	0.061	0	0.034	0.034	1.924	0.363
30~50	0.437	0	0.043	0	7.064	2.328	0.061	0	0.036	0.035	2.390	0
土层 Soil layer cm	Cl^-						SO_4^{2-}					
	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %
0~10	5.375	0.032	0.319	0.061	25.206	2.612	1.764	0.030	0.231	0.102	11.725	1.394
10~30	0.665	0.002	0.073	0.046	18.484	1.466	0.651	0.024	0.114	0.084	22.149	0.777
30~50	0.544	0.019	0.082	0.046	9.664	0	0.282	0.042	0.116	0.090	1.056	0
土层 Soil layer cm	Ca^{2+}						Mg^{2+}					
	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %
0~10	0.375	0.004	0.058	0.022	5.613	1.268	0.378	0	0.033	0.010	16.854	1.873
10~30	0.222	0.006	0.041	0.014	2.759	1.278	0.474	0	0.054	0.004	4.905	1.845
30~50	0.186	0.006	0.035	0.012	2.158	0	0.083	0.001	0.010	0.004	12.136	0
土层 Soil layer cm	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$						总含盐量 Total salt content					
	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %	最大值 Maximum g/kg	最小值 Minimum g/kg	平均值 Average g/kg	中位数 Median g/kg	峰度系数 Coefficient of kurtosis	变异系数 Variation coefficient %
0~10	4.498	0.018	0.374	0.115	18.181	2.362	11.894	0.106	0.867	0.337	32.970	1.977
10~30	1.235	0.013	0.226	0.106	4.367	1.227	2.041	0.154	0.506	0.317	4.450	0.717
30~50	1.720	0	0.257	0.103	7.003	0	2.339	0	0.549	0.352	4.761	0

3 结论

利用新疆开都河流域下游绿洲土壤特性数据,采用传统统计学方法进行了土壤盐渍化程度、类型及特征值分析,得出以下结论:

(1) 分级标准所划分的研究区土壤类型分级结果显示,研究区 0~10 cm 土层土壤属于重度盐渍化土壤;10~30、30~50 cm 土层土壤属于中度盐渍化土壤;0~50 cm 土层土壤属于重度盐渍化土壤。土壤盐分的垂直分布具有一定的表聚性特征。

(2) 对不同土层土壤含盐量百分比的分析结果表明,0~10 cm 土层土壤含盐量相对高,10~30、30~50 cm 土层盐渍化土壤占全部土壤样品的 50.00% 以上。

(3) $\text{Cl}^-/(2\text{SO}_4^{2-})$ 当量比值的土壤盐渍化类型分析结果表明,研究区内,氯化物-硫酸盐型盐渍土在各层土壤中占主导地位,其次是硫酸盐渍土,其他盐渍化类型土壤的比例很小。

(4) 从主要盐基离子特征值中得出,0~10 cm 土层土壤各离子的含量明显大于 10~30、30~50 cm 土层土壤离子含量,各层土壤盐基离子含量具有自上而下变小的趋势,盐分分布具有较强的表聚性。研究区内,硫酸盐的表聚性最为强烈,之后是氯化物,碳酸盐是比较稳定的。

(5) 不同深度土壤特征值的中位数与平均值的分析发现,不同深度各盐基离子的中位数基本上小于平均值,这表

60℃干燥115 min,40℃与50℃的百秋李醇和挥发油含量相近,但40℃干燥时间太长,而60℃的百秋李醇和挥发油含量较干燥前下降更多。故最终选择干燥温度为50℃,干燥时间135 min。

2.4 工艺验证 根据上述试验结果,分别确定广藿香茎和叶的最佳炮制工艺:茎抢水清洗1次,置真空汽相置换润药中50℃润制2.0 h,取出后,切制成段(4 mm左右),再于50℃干燥1.5 h;叶抢水清洗1次,置50℃干燥135 min。按照此工艺各验证3批,测定相应的指标含量,结果发现(表7),不同批次的各指标成分含量无明显变化,表明该工艺稳定可靠,可应用于生产。

表7 广藿香茎和叶工艺验证

Table 7 Process validation of patchouli stems and leaves

批次 Batch	茎 Stem			叶 Leaf		
	含水量 Moisture	百秋李醇含量 Patchouli alc- ohol content	浸出物 Extract	含水量 Moisture	百秋李醇含量 Patchouli alc- ohol content	浸出物 Extract
1	11.59	0.087 1	2.08	10.29	0.331 6	1.377 6
2	11.46	0.085 4	2.02	10.68	0.340 5	1.378 0
3	11.64	0.086 0	2.05	10.06	0.330 1	1.371 9

3 结论与讨论

挥发油是广藿香的主要药效成分,其对热敏感^[6],且茎、叶的质地差异大,因此将茎和叶分开处理,能较好地保留不同部位的药效成分。通过广藿香不同软化方式对比、机润方式考察和优化等,最终确定广藿香茎和叶的最佳炮制工艺:茎抢水清洗1次,置真空汽相置换润药中50℃润制2.0 h,取出后,切制成段(4 mm左右),再于50℃干燥1.5 h;叶抢水清洗1次,置50℃干燥135 min。经验证,广藿香茎与叶的炮制工艺均较稳定,可用于实际生产。

传统广藿香的加工大部分是浸泡或淋润,且软化效果较差,也造成了有效成分的流失,该研究经较全面的考察,选择了汽相置换式润药机,其效率高,饮片成型效果好,还能减少成分的损失。该试验考察了影响广藿香各项指标的工艺参

表6 广藿香叶不同干燥温度和时间含量测定
Table 6 Content determination of patchouli leaf under different drying temperature and time

干燥条件 Drying conditions	含水量 Moisture	百秋李醇含量 Patchouli alc- ohol content	挥发油含量 Volatile oil content
干燥前 Before drying	70.55	0.790 9	4.199 0
40℃,140 min	36.78	0.379 6	1.896 3
40℃,160 min	11.65	0.351 7	1.386 0
40℃,180 min	8.86	0.280 1	1.349 7
50℃,110 min	32.28	0.367 6	1.826 2
50℃,135 min	10.19	0.331 4	1.377 0
50℃,155 min	7.82	0.279 1	1.341 7
60℃,90 min	28.64	0.350 3	1.733 2
60℃,115 min	7.65	0.263 9	1.339 3
60℃,130 min	6.98	0.254 1	1.329 5

数,综合分析最终优选的炮制工艺,经验证,稳定可靠,可用于实际生产,并且为同一类岭南中药的炮制工艺提供技术支持及生产中的质量控制提供信息参考。

参考文献

- [1] 程雪宁. 广藿香质量标准 and 制备工艺研究[D]. 北京:北京化工大学,2010.
- [2] 李薇,潘超美,徐良,等. 不同产地广藿香特征的观测和比较[J]. 中药材,2002,25(7):463-465.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:化学工业出版社,2015:45.
- [4] 中国医学科学院药用植物资源开发研究所. 中药志:第4册[M]. 2版:北京:人民卫生出版社,1998:128.
- [5] 李薇,魏刚,潘超美,等. 广藿香药材挥发油及主要成分含量影响因素的考察[J]. 中国中药杂志,2004,29(1):28-31.
- [6] 陈文光. 越南与中国产广藿香质量比较及产地加工研究[D]. 广州:广州中医药大学,2011.
- [7] 刘淑瑶,谢惠民. 近代黄河三角洲盐渍土分类分级主要依据的探讨[C]//中国土壤学会盐渍土专业委员会. 中国盐渍土分类分级文集. 南京:江苏科学技术出版社,1989:135-139.
- [8] 李述刚,王周琼. 荒漠土壤碱化分级的初步研究[C]//中国土壤学会盐渍土专业委员会. 中国盐渍土分类分级文集. 南京:江苏科学技术出版社,1989:135-139.
- [9] 刘淑瑶,谢惠民. 近代黄河三角洲盐渍土分类分级主要依据的探讨[C]//中国土壤学会盐渍土专业委员会. 中国盐渍土分类分级文集. 南京:江苏科学技术出版社,1989:40-47.
- [10] 顾峰雪,张远东,潘晓玲,等. 阜康绿洲土壤盐渍化与植物群落多样性的相关性分析[J]. 资源科学,2002,24(3):42-48.
- [11] 李海东. 苏南丘陵区小流域土壤特性空间变异及其植被影响的研究[D]. 南京:南京林业大学,2008:34-35.
- [12] 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.
- [13] 任云霞. 基于RS/GIS的绿洲土壤盐渍化特征分析:以开都河流域下游绿洲为例[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学,2011:27-28.
- [14] 关元秀,刘高焕,王劲峰. 基于GIS的黄河三角洲盐碱地改良分区[J]. 地理学报,2001,56(2):198-205.
- [15] 程雪宁. 广藿香质量标准 and 制备工艺研究[D]. 北京:北京化工大学,2010.
- [16] 李薇,潘超美,徐良,等. 不同产地广藿香特征的观测和比较[J]. 中药材,2002,25(7):463-465.
- [17] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:化学工业出版社,2015:45.
- [18] 中国医学科学院药用植物资源开发研究所. 中药志:第4册[M]. 2版:北京:人民卫生出版社,1998:128.
- [19] 李薇,魏刚,潘超美,等. 广藿香药材挥发油及主要成分含量影响因素的考察[J]. 中国中药杂志,2004,29(1):28-31.
- [20] 陈文光. 越南与中国产广藿香质量比较及产地加工研究[D]. 广州:广州中医药大学,2011.
- [21] 刘淑瑶,谢惠民. 近代黄河三角洲盐渍土分类分级主要依据的探讨[C]//中国土壤学会盐渍土专业委员会. 中国盐渍土分类分级文集. 南京:江苏科学技术出版社,1989:135-139.
- [22] 李述刚,王周琼. 荒漠土壤碱化分级的初步研究[C]//中国土壤学会盐渍土专业委员会. 中国盐渍土分类分级文集. 南京:江苏科学技术出版社,1989:135-139.
- [23] 刘淑瑶,谢惠民. 近代黄河三角洲盐渍土分类分级主要依据的探讨[C]//中国土壤学会盐渍土专业委员会. 中国盐渍土分类分级文集. 南京:江苏科学技术出版社,1989:40-47.
- [24] 顾峰雪,张远东,潘晓玲,等. 阜康绿洲土壤盐渍化与植物群落多样性的相关性分析[J]. 资源科学,2002,24(3):42-48.
- [25] 李海东. 苏南丘陵区小流域土壤特性空间变异及其植被影响的研究[D]. 南京:南京林业大学,2008:34-35.
- [26] 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.
- [27] 任云霞. 基于RS/GIS的绿洲土壤盐渍化特征分析:以开都河流域下游绿洲为例[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学,2011:27-28.
- [28] 关元秀,刘高焕,王劲峰. 基于GIS的黄河三角洲盐碱地改良分区[J]. 地理学报,2001,56(2):198-205.

(上接第101页)

明盐基离子的分布具有正偏态特征。各层土壤盐基离子的峰度系数和变异系数的变化无明显规律。

参考文献

- [1] 袁泽,丁建丽. 干旱区耕地土壤盐渍化信息提取研究[J]. 中国农村水利水电,2015(11):92-97.
- [2] 王传瑁,吴英超,王玉广,等. 辽东滨海地区土壤盐渍化分布及盐分特征分析[J]. 海洋环境科学,2015,34(6):938-942.
- [3] 张鸣,李昂,刘芳,等. 民勤绿洲盐生草周围土壤盐渍化类型及其盐分离子相关性研究[J]. 水土保持研究,2015,22(3):56-61.
- [4] 陈赛赛,孙艳玲,杨艳丽,等. 三北防护林工程区植被景观格局变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(12):85-90.
- [5] 宋玉,塔西甫拉提·特依拜,吴雪梅,等. 于田绿洲不同季节表层土壤盐渍化程度的空间变异特征[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(6):171-176.
- [6] 周丰超. 新疆河流水文水资源[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999:108-109.
- [7] 孙鸿烈,刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京:中国标准出版社,1996:45.
- [8] 孔德庸. 新疆焉耆盆地土壤盐分空间变异特征分析及盐渍化土壤制图