

乌鲁木齐城市土壤粒度特征分析

张超^{1,2}, 陈学刚^{1,2}, 权晓燕^{1,2}, 董煜^{1,2}, 魏疆³

(1. 新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; 3. 新疆大学 资源与环境学院, 乌鲁木齐 830046)

摘要: 土壤粒度组成是土壤重要的物理特性之一, 对提高绿洲城市土壤抗风蚀能力、持水能力和土壤养分等有重要意义。研究选用乌鲁木齐城市不同区域的45个表土样品, 利用激光衍射粒度仪和扫描电镜分析土壤粒度特征。结果表明: 1) 研究区表层土壤颗粒中砂粒含量偏低, 粉粒含量最大, 不同采样区同粒级间含量差异性不大。2) 研究区土壤颗粒总体较细, 分选性差, 偏度为正偏态近对称型, 峰度为中等窄峰态。粒度参数的空间分布规律为城南平均粒径高于城北, 分选系数与平均粒径变化趋势类似, 样品多为正偏, 建设用地土样的偏度值从北部到南部呈下降趋势, 多数样地峰态值偏高。3) 研究区土壤粒度频率分布曲线由近似正态分布的单峰和非正态分布的多峰构成, 其中农用地样品为单峰曲线, 表明沉积物存在单成因组分, 而建设用地和未利用地为多峰, 说明存在多成因组分。同时发现典型样点的电镜图与粒级含量分布结果具有相似性和一致性。

关键词: 土壤粒度; 城市土壤; 乌鲁木齐市

中图分类号: S152.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)02-0213-06

Characteristics of Soil Particle Size in the Urumqi City

ZHANG Chao^{1,2}, CHEN Xuegang^{1,2}, QUAN Xiaoyan^{1,2}, DONG Yu^{1,2}, WEI Jiang³

(1. Xinjiang Laboratory of Lake Environmental Resources in Arid Zone, Urumqi, Xinjiang 830054,

China; 2. School of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China;

3. School of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China)

Abstract: The particle size distribution is one of the important physical properties of the soil. It is of great significance to improve soil anti-wind erosion, water retention and nutrients, etc., for oasis city. In this paper, forty-five soil samples were collected from different regions of Urumqi and analyzed by laser diffraction particle size analyzer and scanning electron microscope to exhibit their soil particle size features. The results are as follows. 1) The particles of topsoil in the study area are composed of a lower sand content and higher silt content. There is no significant difference of contents among the same content levels of different sampling regions. 2) The particles of the soil are fine and low sorting. The distribution is a type of nearly symmetric positive skewness and moderate narrow kurtosis. Moreover, the mean particle size of the south of the city is higher than that of the north of the city. Sorting coefficient and the mean particle size present the similar trend and the samples are a type of positive skewness. The skewness shows a decreasing trend from the construction land in the north to the south and the majority of the sampling soil has a higher kurtosis values. 3) The curves of soil particle size frequency distribution present the normal unimodal and multimodal non-normal distributions. The curves of particle frequency distribution in agricultural lands show a single peak, indicating that the sediment is mainly caused by a component. However, the curves of construction land and unused land show the multiple peaks, indicating the existence of multiple components from different sources. In addition, the result of typical samples analyzed by the scanning electron microscope is similar and consistent with the distribution of content levels.

Keywords: particle size; urban soil; Urumqi City

收稿日期: 2014-03-30

修回日期: 2014-05-20

资助项目: 国家自然科学基金(41161029, 41161074); 新疆维吾尔自治区重点实验室“新疆干旱区湖泊环境与资源实验室”基金(XJDX0909-2010-03)

第一作者: 张超(1989—), 女, 四川西充人, 硕士研究生, 主要从事城市地理与规划方向研究。E-mail: xjnuczh@126.com

通信作者: 陈学刚(1977—), 男, 四川内江人, 副教授, 博士, 主要从事城市地理与环境研究。E-mail: caschxg@126.com

土壤在陆地生态系统中处于各环境要素紧密交接的地带,是连接各环境要素的枢纽^[1]。人为活动对土壤环境有着重要的影响,不断改变着土壤的理化性质。近年有关农业发展、工业活动、不同土壤利用方向和方式对土壤理化特性的改变已成为学者和管理部门关注的热点^[2]。胡克林等对土壤 PH 值和重金属进行深入研究^[3-5];王奇瑞等研究了不同土地利用方式下土壤水分和土壤养分的时空变异特征^[6-7];于婧等则对土壤全氮、全磷进行了探索^[8-9]。许文强等探讨了干旱区绿洲不同土地利用方式和强度对土壤粒度分布的影响^[10];吴美榕等研究了河谷新垦荒地的粒度特征^[11]。桂东伟等基于分形特征对新疆绿洲农田耕作对土壤粒径分形特征的影响进行了研究^[12]。上述研究对进一步厘清不同人为活动对土壤理化性质影响的问题十分必要,但现有成果多以农田、山地、干旱区绿洲为研究对象展开研究,对城市土壤理化特征的研究还比较缺乏。

土壤中各固体组分的大小、数量、形状及其结合方式决定着土壤的质地与结构,进而影响土壤的物理性质。要确定土壤质地的类型,首先就要测定出土壤中各粒级的百分含量(粒度组成)。粒度组成是土壤重要物理属性之一,土壤颗粒的粗细与土壤的物理、化学和生物性质密切相关,对土壤抗风蚀能力、持水能力、土壤养分等有显著影响^[13]。城市土壤是分布在城区和城郊、受人为活动强烈影响、原有继承特性为之改变的土壤总称^[14]。它是城市生态系统的重要组成部分,是城市绿色植物的生长介质和养分的供应者,是土壤微生物的栖息地和能量的来源,是城市污染物的汇集地和净化器,对城市的可持续发展有着重要意义。因此,本文通过激光粒度仪获得土壤粒径分布数据,分析乌鲁木齐市市区、郊区表层不同用地类型土壤样品的粒度组成,研究土壤粒度参数变化特征及典型土样的粒径分布规律和颗粒形状结构,为进一步认识干旱区绿洲城市水土资源、提高城市土壤肥力、改善城市绿化景观,创建良好城市生态环境提供定量参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

乌鲁木齐市位于亚欧大陆腹地,是新疆维吾尔自治区的首府,地处东经 $86^{\circ}37'33''$ — $88^{\circ}58'24''$,北纬 $42^{\circ}45'32''$ — $44^{\circ}08'00''$,市辖七区一县,全市面积按新区划调整后面积为 $14\,216\text{ km}^2$,其中建成区面积 365.88 km^2 ,属于典型的冲洪积扇绿洲城市。全市三面环山,北部平原开阔,城区北部郊区有大量耕地,南部郊区分布广泛的未利用裸地。城市化程度较

高^[15]。乌鲁木齐属于中温带大陆干旱气候,春秋两季较短,冬夏两季较长。乌鲁木齐市是典型的西北干旱区城市。土壤的形成类型与分布受区域气候条件、植被发育程度和地貌与水文条件的影响,随海拔高度变化,山地土壤类型由低到高呈现灰钙土→黑钙土→灰褐土→高山草甸土→寒漠土的分布带谱^[7]。

1.2 样品采集

为了更好的观测城市不同区域土壤粒度的差异性,本次调查选取乌鲁木齐市建成区建设用地和临近郊区农用地和未利用地的表土作为采样区域,样点的选取主要考虑空间分布的均匀性与实际土壤分布情况。建成区建设用地(U 采样区)24 个采样点主要分布在工业、商业、居住、公园和交通运输区内的表土;郊区农用地(A 采样区)8 个采样点主要位于城市北边的耕地;郊区未利用地(B 采样区)13 个采样点主要来自城东、西南和南部区域的裸地。在 2012 年 11 月 7—14 日采集研究区表层 0—10 cm 样品,每个样品均由 5 个按对角线法采取的小样混合而成 1 kg 左右的样品,将其装入聚乙烯采样袋中编号。采样过程中对采样点进行 GPS 定位,最终获取表层土壤样品共 45 件供试验分析。

1.3 样品测试与试验方法

将采回样品在实验室风干,去除残留物后过 2 mm 筛,每种样品取土样 5 g,加水浸泡,加入 100 mg/g 双氧水 5~10 ml 消毒,去除有机质;再加 5~10 ml 的 100 mg/g 的盐酸消毒,去除钙质,至无气泡产生;然后再往烧杯中注满蒸馏水,静置不少于 24 h,缓慢抽出上面的液体(抽取时避免底部的样品被扰动);再加入 5 ml 浓度 0.05 mol/L 六偏磷酸钠(Na_2PO_3)₆ 作为分散剂;最后采用马尔文激光粒度仪(Mastersizer 2000)测定样品粒度,其粒度范围为 $0.2\sim2\,000\text{ }\mu\text{m}$,重复测量误差小于 2%^[16]。扫描电子显微镜(SEM)用于分析气溶胶粒子的大小、几何形状、颜色和光学性质,通过单个粒子的这些形态学参数可以定性地鉴别气溶胶的来源,甚至可以分辨出来源^[17-18]。本文利用 HITACHI-S570 扫描电镜对典型土壤分析,其结果与激光粒度得到的粒度分布结果进行对比。

2 结果与分析

2.1 土壤粒度组成特征

研究区表土样品的粒径分布统计结果见表 1,土壤粒级按张卫国等人研究中的标准划分土粒分级^[19]。土壤粒径分级标准分为 3 级:黏粒($<4\text{ }\mu\text{m}$),粉粒($4\sim63\text{ }\mu\text{m}$)和砂粒($>63\text{ }\mu\text{m}$)。3 个采样区不同粒级百分含量统计如表 1 所示,从中可看出粉粒

(4~63 μm)含量最高(均值为 68.7%,变幅是 58.2%~82.9%),黏粒($<4\ \mu\text{m}$)次之(均值为 25.1%,变幅是 15.5%~40.2%),砂粒($>63\ \mu\text{m}$)最少(均值为 6.2%,变幅是 0.3%~20.6%)。城市不同采样区土壤粒度变化为:A 区黏粒的平均含量是 29.4%,粉粒

为 66.2%,砂粒是 4.5%,U 区黏粒、粉粒、砂粒平均含量分别是 23.8%,69.4%,6.8%,B 区则是 24.1%,67.0%,8.9%。可以看出研究区土壤主要由粉粒,其次是黏粒,含量最少的砂粒组成,不同采样区同粒级间含量差异性不显著。

表 1 城市土壤粒径分布的描述性统计

粒级/ μm	全部土样($n=45$)			A 区土样($n=8$)			U 区土样($n=24$)			B 区土样($n=13$)		
	极小值	极大值	均值	极小值	极大值	均值	极小值	极大值	均值	极小值	极大值	均值
<4	15.5	40.2	25.1	15.1	40.2	29.4	15.5	31.6	23.8	18.3	30.1	24.1
4~63	58.2	82.9	68.7	58.9	81.5	66.2	58.2	75.8	69.4	60.6	76.3	67.0
>63	0.3	20.6	6.2	0.3	11.5	4.4	0.6	20.6	6.8	3.6	18.7	8.9

2.2 土壤粒度参数

粒度参数是综合反映土壤特征和环境的量化指标,本文分析采用 Fork 和 Ward 提出的平均粒径(Mz)、分选系数(So)、偏度(SK)、峰态(KG)4 项粒度参数^[20-21]。土壤粒度参数统计如表 2,平均粒径变化范围为 6.20~17.55 μm ,均值为 10.76 μm ,说明土壤中粉粒多,反映出沉积物来源及沉积环境属于低能环境的变化^[22]。分选系数变化范围为 2.57~5.39,均值为 3.43,分选性差,土壤的分选程度与沉积环境有密切关系,研究区为冲积扇沉积环境,这与乌鲁木齐绿洲城市环境地质基础相一致。偏度为-0.21~0.27,均值为 0.03,表明粒径分布曲线总体呈正偏态近对称型,说明沉积物粒径大小相对较细。峰度变化范围为 0.86~1.49,平均值为 1.02,属于中等峰态,说明样品频率曲线从宽平到极窄尖均有分布。

表 2 城市土壤粒度参数的描述性统计($n=45$)

参数	$Mz/\mu\text{m}$	So	SK	KG
极小值	6.20	2.57	-0.21	0.86
极大值	17.55	5.39	0.27	1.49
均值	10.76	3.43	0.03	1.02

各个样品粒度参数的空间变化见图 1。样品的 Mz 值均大于 4 μm ,在 A 区 Mz 最大值位于 A17 点,其次是 A3 和 A5,最小的 A2。B 区 Mz 粒径最大值位于点 B29,最小值位于城南的 B43。U 区粒径最大值位于点 U7,结合采样点位置发现平均粒径的高值主要位于城南,A 区粒度平均值最小。通过观察发现 So 值均大于 2,与 Mz 变化趋势相类似,存在一定相关性。其中 A 区的变幅是 2.59~3.46,属于很差,B 区的 So 范围是 2.86~4.38,U 区 So 的范围是 2.57~5.39,B,U 区均属于很差和极差的范围,建设用地大于其他用地。研究区内样地多为正偏,A 区、B 区的少数土样负偏,同时从 U 区北部到南部 SK 值呈下降趋势。研究区多数样地峰态值偏高,属窄峰态, KG 变化范围为 0.86~1.49。

采用 Pearson 相关分析计算相关系数(表 3)。可以看出,平均粒径与分选系数存在显著正相关性,与峰度和偏度呈不显著低负相关性。分选系数与偏度、峰度的相关性有相似性,不同之处是与偏度的正相关性大于峰度。偏度与峰度间呈显著正相关性。上述结果说明,平均粒径越小,分选性越好,偏度值愈大,峰态愈趋向窄峰态。分选越好,偏度值越大,峰态愈趋向窄峰态。

表 3 粒度参数的相关性

指标	平均粒径	分选系数	偏度	峰度
平均粒径	1			
分选系数	0.649**	1		
偏度	-0.108	0.539**	1	
峰度	-0.264	0.201	0.556**	1

注: ** . 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

2.3 粒度频率分布曲线

粒度频率分布曲线在很大程度上反映了沉积作用形式及其沉积物的来源^[23-24]。图 2 给出了三个采样区典型土样的粒度频率分布曲线。A 类区选择 3 个土样,从图 2a 可知土壤粒度峰值在 3~6 μm 之间,峰值偏向均值,呈现对称的正态单峰形态,曲线形状十分相似。U 类区选择 6 个典型样点,土壤粒度频率分布曲线形态相对复杂,表现为近对称的正态多峰曲线(图 2b),样品主峰值在 3~10 μm 之间,以粉粒为主,次峰由粒径 $>200\ \mu\text{m}$ 的少量砂粒组成。B 类区选择 5 个典型样点,频率频率分布曲线表现出多峰形态(图 2c),两个主峰的峰值主要集中在 3~6 μm 和 11~14 μm 之间,1 个次峰由在 300 μm 处,土壤主要以粉粒为主,砂粒含量低。从上述结果看,农用地粒度频率分布的单峰曲线表明沉积物存在单成因组分,建设用地和未利用地为多峰的分布特征,说明存在多成因组分,推测土壤粒度可能是远距离搬运的细颗粒混合了近距离搬运的粗颗粒,以及人为源和自然源混合作用的结果。

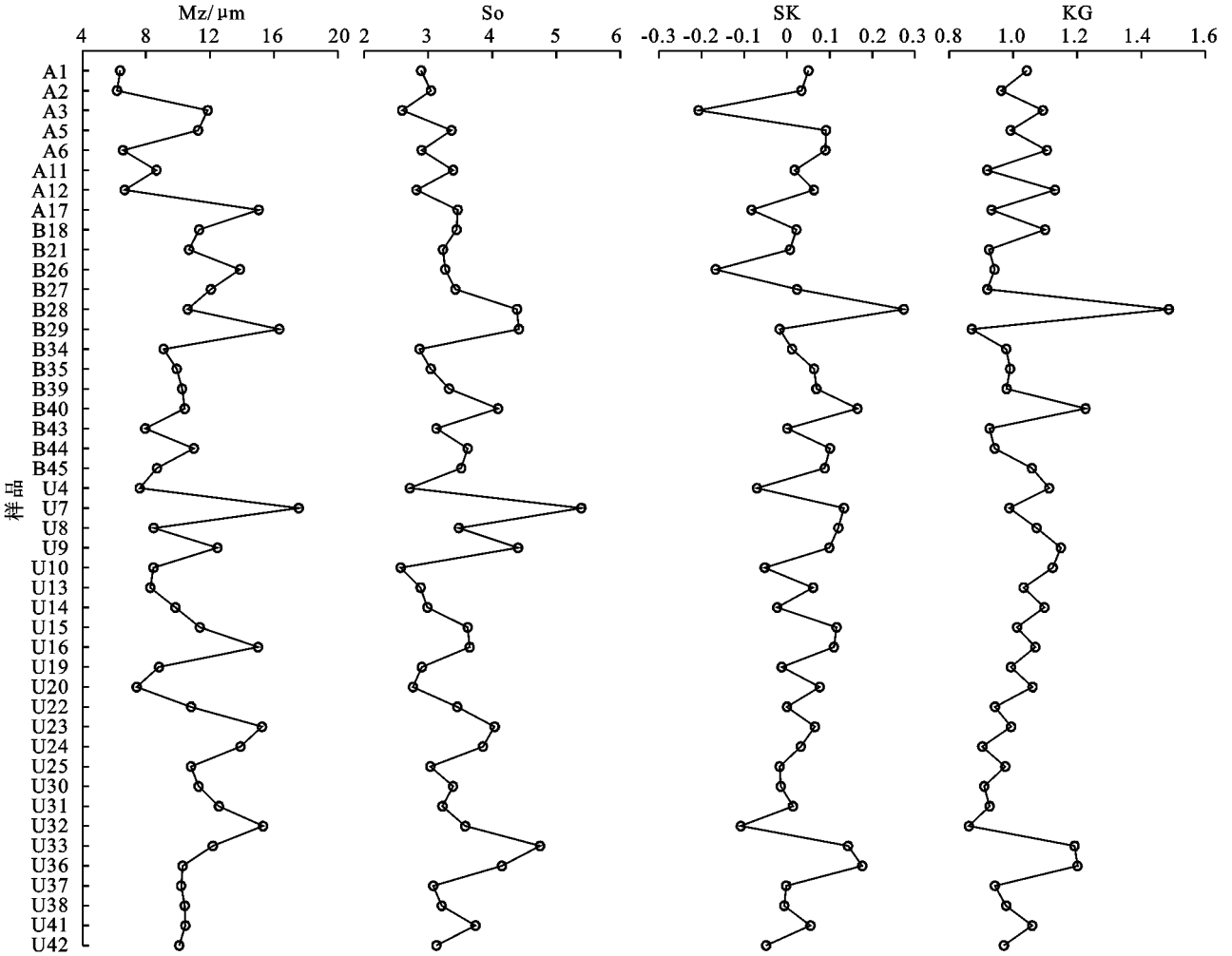


图 1 乌鲁木齐市不同土地利用类型粒度参数

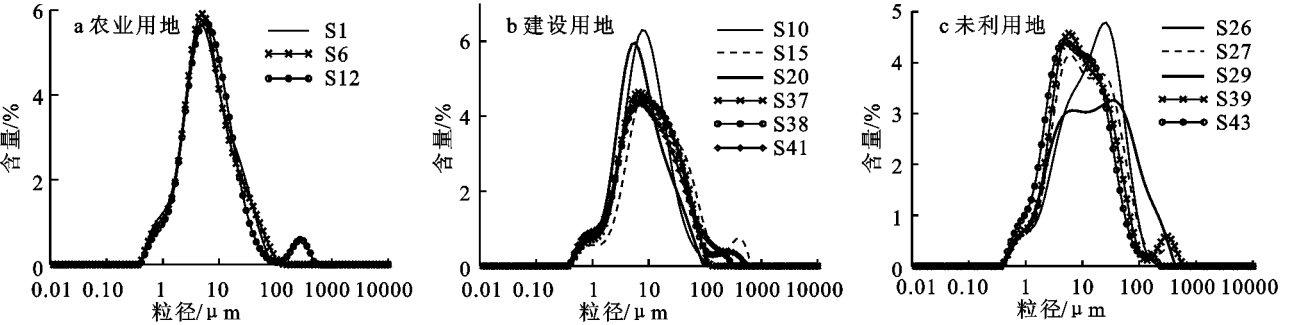


图 2 不同采样区典型土样粒度分布频率曲线

2.4 电镜分析

在各功能区选择典型样点,其编号分别为 A1, U24, B44,采用 HITACHI-S570 扫描电镜分析均匀散布的样品。如图 3 所示,A1 土样在比例尺 10 μm 的电镜图中表现为颗粒物小、形态各异、大小悬殊,多数直径在 2~20 μm 之间。而从 A1 的粒级含量分布图也可看出黏粒(<8 μm)含量多,印证了农田多属黏粒和粉粒的特点。U24 土样在比例尺 10 μm 的电镜图中的颗粒物呈多边多角形,较平滑,颗粒多聚合粘着紧密,直径较大。颗粒粒径在 8~63 μm 之间,

大于 60 μm 的粒级占到百分之十几,颗粒较大。B44 土样在比例尺 10 μm 的电镜图中分离状态的颗粒物大小不一,黏粒含量相对很少。在对应的粒级含量分布图中,粉粒(4~63 μm)和砂粒(>63 μm)含量较多,但低于 U24。

由此可知,城市不同功能区土壤的电镜扫描结果与对应的粒级含量结果具有良好的对应关系,进一步验证了前文结论。由于不同功能区的存在形式和人类对土地开发利用的程度不同,使得土壤粒级分布存在空间差异。

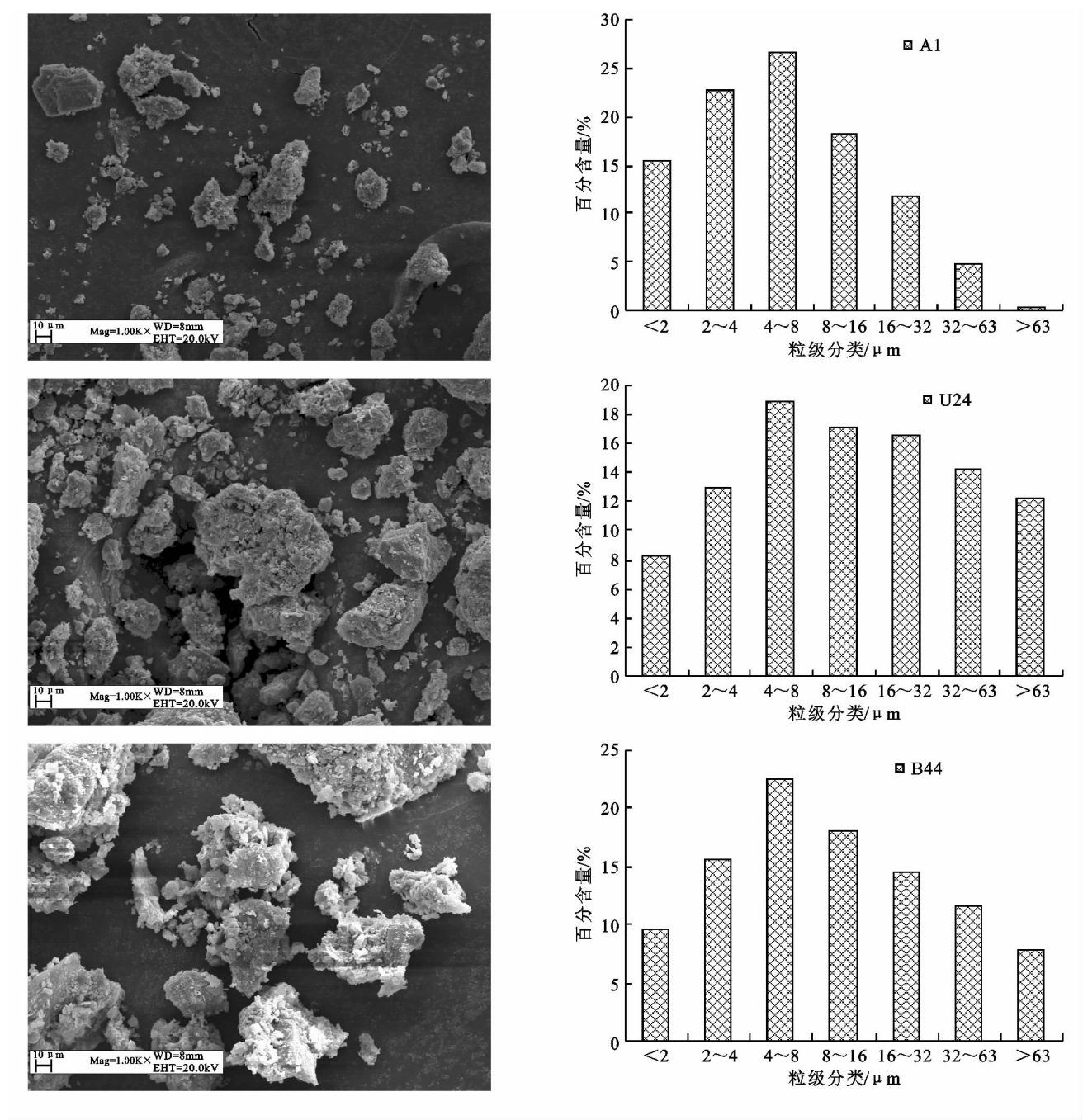


图 3 不同采样区典型土样的电镜图及粒级含量

3 结论

1) 乌鲁木齐城市土壤粒度组成特征是粒度较细,以粉粒为主,黏粒次之,最低的是砂粒。农用地黏粒含量高于未利用地和建设用地,粉粒含量最高的是建设用地,未利用地的砂粒含量高于建设用地和农用地,总体而言,不同采样区同粒级间含量差异性不大。

2) 对研究区样品的粒度参数计算可知,土壤中粉粒多,沉积物来源及沉积环境属于低能环境变化,分选性差说明研究区为冲积扇沉积环境,偏度多为正偏态近对称型,峰度为中等峰态。粒度参数的空间分

布规律为城南平均粒径高于城北,分选系数与中值粒径变化趋势相类似,存在一定相关性。研究区内样地多为正偏,同时从建成区北部到南部偏度值呈下降趋势。研究区多数样地峰态值偏高。

3) 研究区典型土壤粒度频率分布曲线主要呈单峰和多峰分布形态,农用地粒度频率分布曲线为单峰正态分布曲线,表明沉积物存在单成因组分,建设用地和未利用地为多峰的分布特征,说明存在多成因组分,推测土壤粒度可能是远距离搬运的细颗粒混合了近距离搬运的粗颗粒,以及人为源和自然源混合作用的结果。典型样点的电镜图与粒度频率分布曲线的结果具有相似性和一致性。

参考文献:

- [1] 胡宏昌,田富强,胡和平.新疆膜下滴灌土壤粒径分布及与水盐含量的关系[J].中国科学:技术科学,2011,41(8):1035-1042.
- [2] 张彩云,庞奖励,常美蓉,等.农业耕作土壤与人工经济林地土壤磁化率和质地特征对比[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(1):91-94.
- [3] 胡克林,李保国,林启美,等.农田土壤养分的空间变异性特征[J].农业工程学报,1999,15(3):33-38.
- [4] 赵庚星,李秀娟,李涛,等.耕地不同利用方式下的土壤养分状况分析[J].农业工程学报,2006,21(10):55-58.
- [5] 连纲,郭旭东,傅伯杰,等.黄土高原县域土壤养分空间变异特征及预测—以陕西省横山县为例[J].土壤学报,2008,45(4):577-584.
- [6] 王齐瑞,谭晓风,高峻.太行山山前坡地不同土地利用方式下土壤水分的时空变异特征[J].水土保持学报,2008,22(4):100-103.
- [7] 成都地质学院陕北队.沉积岩(物)粒度分析及其应用[M].北京:地质出版社,1978.
- [8] 于婧,聂艳,周勇,等.江汉平原典型区农田土壤全氮空间变异的多尺度套合[J].土壤学报,2009(5):938-944.
- [9] 苑小勇,黄元仿,高如泰,等.北京市平谷区农用地土壤有机质空间变异特征[J].农业工程学报,2008,24(2):70-76.
- [10] 许文强,罗格平,陈曦,等.干旱区绿洲不同土地利用方式和强度对土壤粒度分布的影响[J].干旱区地理,2005,28(6):800-804.
- [11] 吴美榕,李志忠,靳建辉,等.新疆伊犁河谷新垦荒地土壤粒度特征[J].河北师范大学学报:自然科学版,2011,35(2):211-216.
- [12] 桂东伟,雷加强,曾凡江,等.绿洲农田土壤粒径分布特征及其影响因素分析:以策勒绿洲为例[J].土壤,2011,43(3):411-417.
- [13] 胡广录,樊立娟,王德金,等.荒漠—绿洲过渡带斑块植被表层土壤颗粒的空间异质性[J].兰州交通大学学报,2013,32(6):159-164.
- [14] 林啸,刘敏,侯立军,等.上海城市土壤和地表灰尘重金属污染现状及评价[J].中国环境科学,2007,27(5):613-618.
- [15] 王根绪,程国栋.西北干旱区土壤资源特征与可持续发展[J].地球科学进展,1999,14(5):492-497.
- [16] 刘涛,高晓飞.激光粒度仪与沉降—吸管法测定褐土颗粒组成的比较[J].水土保持研究,2012,19(1):16-22.
- [17] 董树屏,刘涛.用扫描电镜技术识别广州市大气颗粒物主要种类[J].岩矿测试,2001,20(3):202-207.
- [18] 杨德刚,韩剑萍.新疆城市化过程及机制分析[J].干旱区地理,2003,26(1):50-56.
- [19] 张卫国,俞立中.长江口潮流沉积物的磁学性质及其与粒度的关系[J].中国科学:D辑,2002,32(9):783-792.
- [20] Folk R L, Ward W C. Brazos Riverbar: a study in the significance of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Research,1957,27(1):3-26.
- [21] 高亚军,王玉明,赫晓慧.黄河中游严重水土流失区土壤粒径分布规律研究[J].水土保持研究,2006,13(5):27-29.
- [22] 端木合顺.西安市降尘粒度空间分布特征及环境意义[J].西安科技大学学报,2005,25(2):160-163.
- [23] 王冠.兰州市街道尘埃磁学特征研究[D].兰州:兰州大学自然地理研究所,2008.
- [24] Stojanović Z, Marković S. Determination of particle size distributions by laser diffraction[J]. Technics-New Materials,2012,21(1):11-20.

~~~~~

(上接第212页)

- [6] 杜子涛,占玉林,王长耀.基于NDVI序列影像的植被覆盖变化研究[J].遥感技术与应用,2008,23(1):47-50.
- [7] 李杭燕,颜耀文,马明国.时序NDVI数据集重建方法评价与实例研究[J].遥感技术与应用,2009,24(5):596-602.
- [8] 王桂钢,周可法,孙莉,等.近10a新疆地区植被动态与R/S分析[J].遥感技术与应用,2010,25(1):84-90.
- [9] 王灿,任志远,张翀.陕北地区NDVI对水热条件年内变化的响应及其空间特征[J].水土保持研究,2014,21(1):173-177.
- [10] 韦振锋,任志远,张翀.近12a广西植被覆盖与降水和气温的时空响应特征[J].水土保持研究,2013,20(5):33-38.
- [11] 付新峰,杨胜天,刘昌明.雅鲁藏布江流域NDVI变化与主要气候因子的关系[J].地理研究,2007,26(1):60-66.
- [12] Rencher A C. Methods of multivariate analysis[M]. New York: John Wiley&Sons, INC. Publication, 2002.
- [13] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007.
- [14] 付新峰,杨胜天,刘昌明.雅鲁藏布江流域NDVI时空分布及与降水量的关系[J].北京师范大学学报:自然科学版,2006,42(5):539-542.
- [15] 刘江伟.拉萨市土地利用结构变化及其生态服务功能价值响应[D].南京:南京农业大学,2010.