

西安市表层土壤和地表灰尘理化性质分析

张文娟, 苏少林, 赵秋利, 朱海波

(杨凌职业技术学院生态环境工程分院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以西安城市表层土壤和地表灰尘为研究对象,分析其基本理化指标。结果表明,西安市表层土壤pH值的变化范围是7.65~8.54,属弱碱性。地表灰尘pH值的变化范围是6.59~11.19,属碱性。表层土壤的低频磁化率和高频磁化率均值分别为 $1.55 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ 和 $1.46 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$,频率磁化率均值为6.7%。地表灰尘的低频磁化率和高频磁化率均值分别为 $5.50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ 和 $4.84 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$,频率磁化率均值为1.88%。表层土壤和地表灰尘中总有机碳均值分别为1.31%和3.97%。西安城市表层土壤和地表灰尘均主要以粉粒为主,且二者各理化性质之间均有一定的相关性。

关键词:表层土壤;地表灰尘;理化指标;西安市

中图分类号:X833

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2020)01-0064-04

Physical and Chemical Properties of Surface Soil and Dust in Xi'an

ZHANG Wen-juan, SU Shao-lin, ZHAO Qiu-li, ZHU Hai-bo

(Ecological and Environmental Engineering Branch, Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The basic physical and chemical indexes of surface soil and dust in Xi'an were analyzed. The results showed that the variation range of pH value of surface soil were between 7.65 and 8.54, which belonged to weak alkalinity. The range of pH value of surface dust were between 6.59 and 11.19, which belonged to alkaline. The mean values of low-frequency and high-frequency susceptibility of surface soil were $1.55 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ and $1.46 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$, respectively, and the mean values of frequency susceptibility was 6.7%. The mean values of low-frequency and high-frequency susceptibility of surface dust were $5.50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ and $4.84 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$, respectively, and the mean values of frequency susceptibility was 1.88%. TOC in surface soil and dust were 1.31% and 3.97% respectively. The surface soil dust in Xi'an were mainly composed of silt particles, and there was a certain correlation between the physical and chemical properties of the surface soil and surface dust.

Key words: Surface soil; Surface dust; Physical and chemical indexes; Xi'an

城市土壤是城市发展的基础,是城市生态系统重要的组成部分,具有重要的经济和环境等功能,是城市污染物的源和汇^[1]。城市地表灰尘是指附着、淀积于铺地(桥面、广场、街道、路道)、地面的附着物,其粒径一般 $< 20 \mu\text{m}$ (0.840 mm),比表面积大、吸附能力强,是一种复杂的环境介质,地表灰尘很大一部分会沉积在地面上进入土壤中^[2]。难降解污染物的转移和降解等都会受到介质的理化性质等主要特征的影响。表层土壤和地表灰尘理化化学指标(电导率、pH值、磁化率、有机质和有机

碳等)能够指示土壤生境的变化,可作为评价土壤质量和土壤肥力变化的重要表征^[3]。不同的土壤理化性质改变土壤养分状况,反之又会作用于群落内的诸多生态过程^[4],间接影响到地上植物种多样性及演替进程^[5-7]。长时间、大规模环境污染

收稿日期:2018-09-11;修订日期:2019-09-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41271510);陕西省自然科学基金基础研究计划基金资助项目(2014JM5208)

作者简介:张文娟(1991—),女,陕西杨凌人,讲师,硕士,研究方向为环境污染修复技术。

会给城市的生态环境造成不可逆转的破坏,环境要素如土壤结构、景观生态和生物群落等产生的变化将严重制约当地的生产生活^[8]。因此,研究城市土壤理化性质,对评价土壤环境质量及控制土壤破坏和恢复城市土壤质量具有重要意义^[9-10]。今研究西安城市表层土壤和地表灰尘的理化性质,以期改善城市环境质量提供一定科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

西安市地理位置为 E107°40' ~ E109°49' 和 N33°39' ~ N34°45', 常住人口为 862.8 万。西安市占有秦岭南缘,北部是在渭河基础上形成的关中平原,南北高度相差悬殊,平均高度约为 400 m,地势为南高北低,主城区主要位于平原的阶地上。

1.2 样品采集与预处理

在实地调研的基础上,在西安市三环以内区域布设表层土壤采样点 62 个,分为混合区、文教区、交通区、公园、工业区及住宅区 6 大功能区,土壤在不同功能区的采样点数分别为 12 个、9 个、16 个、10 个、8 个和 7 个,见图 1(a)。同样,在西安市三环以内区域布设地表灰尘采样点 58 个,6 大功能区地表灰尘在不同功能区的采样点数分别为 10 个、8 个、19 个、9 个、4 个和 8 个,见图 1(b)。在至少连续 7 d 干燥无雨、天气良好的情况下,进行地表灰尘样品的采集。

1.3 测定方法

pH 值和电导率:水与灰尘、水与土壤的质量比均为 2.5:1, 试验用水为去 CO₂ 的蒸馏水,用玻璃棒搅拌均匀,静置 30 min。最后用 PHSJ-4A 型 pH 计和 DDSJ-308A 型电导率仪(上海雷磁)分别测定灰尘和土壤的 pH 值和电导率^[11]。

总有机碳(TOC):称取 3.0 g 样品,用蒸馏水稀释混匀后加入浓盐酸直至没有气泡产生,最后加入蒸馏水稀释直到为中性。将处理好的样品自然风干一二周,称取 30 mg(精确到 0.01 mg)用 Vario 型 TOC 测定仪(大昌华嘉有限公司)测定。

磁学指标:称取 10 g(精确到 0.001 g)样品置于样品盒,用 MS-2B 型磁化率仪(英国 Bartington 公司)分别测其低频磁化率(χ_{LF} , 0.477 kHz)和高频磁化率(χ_{HF} , 4.7 kHz),取 3 次测定的均值。频率磁化率 χ_{FD} 最后根据公式: $\chi_{FD} = (\chi_{LF} - \chi_{HF}) / \chi_{LF} \times 100\%$ 计算^[11]。

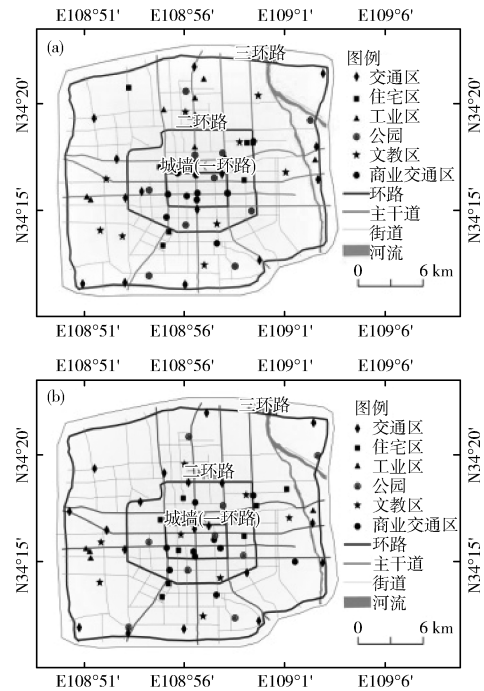


图 1 西安市表层土壤与灰尘采样点

Fig. 1 Sampling sites of surface soil in Xi'an

粒度:地表灰尘和土壤样品经盐酸和双氧水处理后,用 Master-sizer 2000 型激光粒度仪(Malvern 有限公司)测定,取 3 次测定的均值。

2 结果与讨论

2.1 表层土壤理化性质测定结果

城市土壤 pH 值的变化会对土壤中颗粒物及重金属的转移和降解产生一定影响。西安市表层土壤 pH 值的变化范围是 7.65 ~ 8.54, 变化范围较小,均值为 8.06,表明西安市表层土壤属于弱碱性。西安市表层土壤 pH 值的中位值是 8.05,与平均值接近,标准差为 0.16, RSD 为 0.02,表明西安城市表层土壤的 pH 值在空间上的变异很小。

电导率用来表示土壤的导电能力,可用来反映其盐类物质的情况。西安城市土壤电导率的均值是 4 987 $\mu\text{S}/\text{m}$, 中位值是 3 985 $\mu\text{S}/\text{m}$, 标准差为 4 074 $\mu\text{S}/\text{m}$, 其 RSD 为 0.82, 可见西安城市土壤电导率在空间区域上的变异较小。

西安市表层土壤低频和高频磁化率的均值分别为 $1.55 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ 和 $1.46 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$, 均大于其中位值。频率磁化率的均值为 6.7%, 略低于其中位值 7.05%。其低频、高频和频率磁化率三者的变异程度分别是 0.39、0.41 和 0.32, 三者的

值均较小,可以看出其在空间上的差异不大。

TOC 在全球碳循环及土壤质量变化中起着极其重要的作用^[12]。西安市表层土壤中 TOC 的质量分数变化范围为 0.16% ~ 8.32%, 均值为 1.31%, 中位值为 0.9%, 标准差为 1.2%, RSD 为 0.92。

参照中国土壤质地的划分标准^[13]对西安市表层土壤的质地进行划分,结果西安城市各采样点的土壤中黏粒平均质量分数为 22.27%;粉粒的变化范围是 55.84% ~ 76.44%, 平均质量分数为 70.05%;砂粒的最小值和最大值分别为 1.04% 和 27.62%, 其平均质量分数为 7.68%。说明西安城市土壤中主要以粉粒为主,其次是黏粒,相比砂粒含量较少。

2.2 土壤理化性质的相关关系

计算西安市表层土壤样品的电导率(EC), pH 值, TOC, 低频、高频和频率磁化率, 以及黏粒、粉粒和砂粒的含量之间的相关系数, 结果表明在显著性水平为 0.01 呈显著正相关的理化性质有: 低频磁化率 - 高频磁化率(0.999)、低频磁化率 - 砂粒(0.382)、高频磁化率 - 砂粒(0.412)、频率磁化率 - 黏粒(0.494)、频率磁化率 - 粉粒(0.456); 呈显著负相关的有: 低频磁化率 - 频率磁化率(-0.546)、低频磁化率 - pH 值(-0.385)、低频磁化率 - 粉粒(-0.355)、高频磁化率 - 频率磁化率(-0.583)、高频磁化率 - pH 值(-0.383)、高频磁化率 - 粉粒(-0.373)、频率磁化率 - 砂粒(-0.676)、黏粒 - 砂粒(-0.693)、粉粒 - 砂粒(-0.712)。显著性水平在 0.05 下各理化性质之间均不存在显著相关性。

2.3 地表灰尘理化性质测定结果

地表灰尘中 pH 值的变化范围是 6.59 ~ 11.19, 其均值为 9.45, 属于碱性, pH 值有较大的变化范围, 这说明西安城市地表灰尘的 pH 值存在一定的区域差异。pH 值的中位值是 9.58, 标准差为 0.88, RSD 为 0.1, 表明西安城市地表灰尘的 pH 值在空间上的变异较小。

西安城市地表灰尘电导率的均值为 $2.94 \times 10^5 \mu\text{S}/\text{m}$, 中位值是 $2.98 \times 10^5 \mu\text{S}/\text{m}$, 标准差 $1.08 \times 10^5 \mu\text{S}/\text{m}$, 其 RSD 为 0.37, 可见西安城市地表灰尘电导率在空间区域上的变异较小。

西安城市地表灰尘中高频和低频磁化率的变化范围分别为: $2.59 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg} \sim 3.82 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{kg}$

和 $2.51 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg} \sim 3.60 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{kg}$ 。平均值是 $5.50 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$ 和 $4.84 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{kg}$, 均大于其中位值; 频率磁化率的平均值为 1.88%, 略大于其中位值 1.67%, 其最小值和最大值分别为 0.13% 和 5.58%。低频、高频和频率磁化率三者的变异程度是 1.01、0.70 和 0.48, 三者的值均较小, 可以看出其在空间上的差异不大。

TOC 常用于表示灰尘中有机质的占比, 西安市地表灰尘 TOC 的最小值和最大值分别为 1.36% 和 13.64%, 均值为 3.97%, 中位值为 3.89%, 标准差为 1.87%, RSD 为 0.47, 属于较低程度的空间变异。

由于还没有灰尘质地的划分标准, 依据我国土壤的标准, 分出地表灰尘粒度的不同范围区间: 西安城市各采样点的地表灰尘中黏粒的变化范围是 3.92% ~ 17.88%; 粉粒的变化范围是 25.39% ~ 75.92%; 砂粒的最小值和最大值分别为 9.82% 和 70.68%。说明西安城市地表灰尘中以粉粒为主, 其次是黏粒, 相比砂粒含量较少。

2.4 地表灰尘理化性质的相关关系

利用 SPSS 软件对西安市地表灰尘样品的电导率, pH 值, TOC, 低频、高频和频率磁化率及黏粒、粉粒和砂粒的含量做相关分析, 结果表明在显著性水平为 0.01 呈显著正相关的理化性质有: 低频磁化率 - 高频磁化率(1.000)、pH 值 - 砂粒(0.367), 黏粒 - 粉粒(0.814); 呈现显著负相关的理化性质为: pH 值 - 黏粒(-0.368)、pH 值 - 粉粒(-0.357)、黏粒 - 砂粒(-0.880), 粉粒 - 砂粒(-0.991)。显著性水平在 0.05 下, 呈显著正相关的有: 低频磁化率 - 高频磁化率(0.296)、高频磁化率 - 频率磁化率(0.279)、电导率 - 粉粒(0.300); 电导率 - 砂粒(-0.296)呈显著负相关。

2.5 表层土壤与地表灰尘理化性质比较

表层土壤和地表灰尘理化性质比较见表 1。由表 1 可知, 地表灰尘中低频磁化率、高频磁化率、pH 值、电导率、TOC 和砂粒的平均值分别是表层土壤的 4 倍、3 倍、1 倍、59 倍、3 倍和 4 倍, 且其变化范围均大于表层土壤。频率磁化率、黏粒和粉粒在表层土壤中的平均值分别是地表灰尘的 4 倍、2 倍和 1 倍, 其变化范围均大于地表灰尘。西安市表层土壤为弱碱性, 地表灰尘为碱性。

地表灰尘中无机盐和有机质的含量高于表层土壤。其中表层土壤电导率比地表灰尘低, 可能是

随着年限的增加,原本积累在表层土壤的土壤盐分向下层运移使其电导率显著降低。电导率在土壤盐渍化、土地利用方式、土壤肥力质量特征、土壤污染等研究中具有重要意义^[14]。表层土壤 TOC 比较低,可能是由于外源植物残留物进入土壤后,优先积聚于大粒径组分的有机碳中,随着植物残体分解程度增加,逐渐向小粒径土壤有机质组分转移,随着团聚体粒径减小,烷氧碳和芳香碳所占比例降

低。地表灰尘中的磁化率相比表层土壤较高,可能是由于汽车尾气、工业活动、交通路面摩擦、燃料燃烧等活动过程中产生的亚铁磁性矿物的影响。当磁化率比较高时应该控制和改善以上活动,磁化率对西安城市环境保护、环境监测和管理方面有重要意义。表层土壤中小颗粒(黏粒和粉粒)的比例高于地表灰尘,可能是由于土壤微生物活动活化土壤结构的作用,从而细化土壤颗粒组成。

表 1 表层土壤和地表灰尘理化性质比较

Table 1 Comparison of the physical and chemical properties of surface soil and surface dust

理化指标	表层土壤		地表灰尘	
	平均值	变化范围	平均值	变化范围
$\chi_{LF}/(10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1})$	155.42	64.9 ~ 383.4	549.52	259.2 ~ 3 816
$\chi_{HF}/(10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1})$	145.69	59.7 ~ 370.5	483.98	250.9 ~ 3 603
$\chi_{FD}/\%$	6.70	1.09 ~ 9.88	1.88	0.13 ~ 5.58
pH 值	8.06	7.65 ~ 8.54	9.45	6.59 ~ 11.19
$\sigma/(\mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1})$	4 987	218 ~ 21 500	294 200	17 000 ~ 601 000
TOC/%	1.31	0.16 ~ 8.32	3.97	1.36 ~ 13.64
黏粒/%	22.27	15.19 ~ 34.26	10.01	3.92 ~ 17.88
粉粒/%	70.05	55.84 ~ 76.44	59.59	25.39 ~ 75.92
砂粒/%	7.68	1.04 ~ 27.62	30.33	9.82 ~ 70.68

3 结语

西安市表层土壤和地表灰尘 pH 平均值为 8.06 和 9.45;表层土壤和地表灰尘频率磁化率(χ_{FD})的平均值均分别为 6.70% 和 1.88%。表层土壤和地表灰尘中 TOC 的平均值为 1.31% 和 3.97%,都主要以粉粒为主。地表灰尘低频磁化率、高频磁化率、pH 值、电导率、TOC 和砂粒均大于表层土壤;表层土壤频率磁化率、黏粒和粉粒均高于地表灰尘。此外,表层土壤和地表灰尘各理化性质之间均有一定的相关性。该研究提供的数据和结论对评价西安市表层土壤和地表灰尘环境质量,以及控制土壤破坏和恢复城市土壤质量提供了一定的科学依据。

[参考文献]

[1] 徐福银,胡艳燕.重庆市不同功能区城市绿地土壤重金属分布特征与评价[J].土壤通报,2014,45(1):227-231.
 [2] 张文娟,王利军,王丽,等.西安市地表灰尘中重金属污染水平与健康风险评价[J].土壤通报,2017,48(2):481-487.
 [3] ZHANG X Y, DONG W Y, DAI X Q, et al. Responses of absolute and specific soil enzyme activities to long term additions of organic and mineral fertilizer[J]. Science of the Total Environment, 2015, 536:59-67.
 [4] 魏强,凌雷,柴春山,等.甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤

理化性质[J].生态学报,2012,32(15):4700-4713.
 [5] 刘道锟,孙海龙,甘秋妹,等.大兴安岭干旱阳坡不同植被退化阶段土壤理化性质与物种多样性研究[J].森林工程,2016,32(2):1-6.
 [6] 李瑞,王霖娇,盛茂银,等.喀斯特石漠化演替中植物多样性及其与土壤理化性质的关系[J].水土保持研究,2016,23(5):111-119.
 [7] 吕刚,王婷,李叶鑫,等.樟子松固沙林更新迹地草本植物多样性及其对土壤理化性质的影响[J].生态学报,2017,37(24):1-11.
 [8] 徐玉霞,汪庆华,彭固凯,等.煤矿周边土壤重金属影响评价及来源分析[J].环境监测管理与技术,2018,30(3):32-36.
 [9] 陈朝,李妍均,邓南荣,等.西南山区采煤塌陷对水田土壤物理性质的影响[J].农业工程学报,2014,30(18):276-285.
 [10] 王炎强,毕如田,张吴平,等.黄土丘陵区煤矿开采对土壤理化性质的影响——以晋城市长河流域为例[J].中国农学通报,2017,33(36):1-8.
 [11] 徐雪.咸阳市郊菜地土壤中重金属及邻苯二甲酸酯的污染特征研究[D].西安:陕西师范大学,2015.
 [12] 李云鹏,李致春,余宝宝,等.宿州市沱河沉积物氮磷和有机碳分布及评价[J].环境监测管理与技术,2017,29(5):25-28.
 [13] 邓时琴.关于修改和补充我国土壤质地分类系统的建议[J].土壤,1986(6):304-311.
 [14] 赵维俊,孟好军,马剑,等.祁连山哈溪林区森林土壤电导率剖面变化特征[J].林业科技通讯,2018(11):7-10.