

文章编号: 1001-411X(2001)04-0026-03

城市土壤磁化率特征及其环境意义

卢 瑛^{1,2}, 龚子同², 张甘霖²

(1 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘要: 研究了南京城市土壤磁化率特征及其与土壤重金属全量、有效态含量及活化率的关系。结果表明, 城市土壤磁化率平均值大于非城区自然土壤, 而频率磁化率平均值小于非城区自然土壤。土壤磁化率测定可望为监测城市土壤 Cu、Zn、Pb 的污染状况提供一种简单、快速的手段。

关键词: 城市土壤; 磁化率; 环境意义

中图分类号: X833

文献标识码: A

土壤磁化率是土壤在外磁场中受感应产生的磁化强度与外加磁场强度的比值, 土壤磁化率反映土壤中磁性矿物的数量。频率磁化率则用于区分土壤中存在的超顺磁性颗粒($d < 0.03 \mu\text{m}$)与单畴颗粒($0.03 \sim 0.10 \mu\text{m}$), 反映磁性矿物颗粒大小分配和超顺磁颗粒的相对含量。土壤磁化率测定具有便宜、简便、快速、对样品无破坏等特点, 在地学领域应用日益广泛^[1]。有关自然土壤磁化率特征、与土壤性质的关系及其影响因素已有大量研究报道^[2], 且土壤磁化率已广泛应用于土壤发生分类、古气候和环境变化的研究^[2,3]。

随着城市化进程的不断加快, 城市土壤对城市环境质量和人类健康的影响日益受到关注^[4]。旺罗等^[5]报道了污染土壤的磁化率特征, 发现污染物质磁化率大, 频率磁化率小, 污染表土的频率磁化率与磁化率呈负相关。而有关城市土壤磁化率特征及其环境意义鲜见报道, 本文通过对城市土壤磁化率特征及其与土壤重金属之间关系的初步探讨, 试图为监测和识别城市土壤重金属污染状况提供快速、简便的新方法。

1 材料与方法

1.1 土壤样品

城市土壤主要分布在城市公园、居民住宅区、街道广场、各单位范围内(包括机关、团体、部队、企事业单位等)、城市周围菜园地等。其利用方式主要有公共绿地、住居区绿地、街道绿地、单位附属绿地、运动场、菜地、荒废地等。根据城市土壤主要分布区域和利用状况, 采集南京市不同区域 13 个土壤剖面的

不同层次的样品(79 个), 层次是依据土壤发生特性、填埋、堆积和混合物质的特性来划分的。另外, 根据土壤发生层采集南京市附近非城区 3 个自然土壤剖面样品(15 个)。

1.2 测定方法

土壤重金属元素全量: $\text{HNO}_3 - \text{HF} - \text{HClO}_4$ 混合酸溶解(至近干), 用适量 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 加热溶解, 冷却后定容; 土壤重金属元素有效态: $\text{DTPA} - \text{CaCl}_2 - \text{TEA}$ ($\text{pH} 7.3$) 浸提剂提取, 10 g 土 + 20 mL 浸提液, 振荡 2 h , 用 42 号 Whatman 滤纸过滤^[6]。全量和有效态用 JY38S 型单道扫描型等离子光谱仪(法国 JOINYNON 公司)测定。

土壤磁化率的测定采用 Bartington MS2 型磁化率仪, 土壤样品分别在低频(0.47 kHz)和高频(4.7 kHz)磁场中进行测定, 将所得值换算成质量磁化率($\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$), 并计算样品的频率磁化率(χ_{fd}), 公式为: $(\chi_{\text{fd}} = \chi_{\text{f}} - \chi_{\text{hf}}) \times 100 / \chi_{\text{f}}$, 式中 χ_{f} 、 χ_{hf} 分别表示低频磁化率和高频磁化率。

2 结果与讨论

2.1 城市土壤重金属含量与活化率

土壤中元素有效态含量与全量的比值称为活化率, 用活化率比元素全量或有效态含量能更清楚地指示环境污染对土壤的冲击。城市土壤各重金属含量和活化率的范围及平均值见表 1。分析表明, 城市土壤基本上未见 Fe、Ni、Co、V 明显污染, 但受到不同程度 Cr、Mn、Cu、Zn、Pb 污染, Pb 污染严重; 由于城市土壤 pH 较高, 各重金属的活化率不高^[7]。

收稿日期: 2001-02-13

作者简介: 卢 瑛(1966-), 男, 副教授, 博士。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(49831004)

1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 城市土壤重金属含量及活化率

Tab. 1 The content and activity index of heavy metals in urban soils

元 素 element	全 量 total/(mg·kg ⁻¹)	DTPA 提取量 DTPA-extractable/(mg·kg ⁻¹)	活化率 activity index/ %
Fe	40. 66 (31. 49~ 57. 27)	31. 37 (5. 71~ 114. 20)	0. 08 (0. 01~ 0. 27)
Mn	835. 67 (482. 01~ 1216. 2)	14. 59 (3. 30~ 71. 14)	1. 89 (0. 35~ 10. 39)
Cr	87. 19 (48. 13~ 139. 65)		
Ni	42. 48 (33. 26~ 68. 01)	0. 29 (0. 06~ 1. 06)	0. 70 (0. 12~ 2. 66)
Co	16. 47 (12. 85~ 21. 46)	0. 05 (0. 02~ 0. 14)	0. 31 (0. 10~ 1. 00)
V	121. 43 (100. 95~ 163. 82)		
Cu	75. 72 (27. 00~ 869. 42)	9. 21 (0. 67~ 122. 80)	10. 46 (2. 05~ 20. 40)
Zn	183. 61 (80. 45~ 851. 68)	9. 58 (0. 58~ 70. 77)	3. 86 (0. 58~ 15. 59)
Pb	123. 20 (57. 84~ 472. 63)	6. 13 (0. 73~ 37. 03)	4. 40 (0. 97~ 9. 23)

2.2 土壤磁化率特征

城市土壤磁化率(低频质量磁化率)变幅为(11.6~506.4)×10⁻⁸ m³/kg, 平均为 118.6×10⁻⁸ m³/kg; 频率磁化率变幅为 0.2%~12.9%, 平均为 6.3%。非城区的自然土壤磁化率变幅为(8.3~124.9)×10⁻⁸ m³/kg, 平均为 36.3×10⁻⁸ m³/kg。非城区自然土壤频率磁化率变幅为 4.7%~15.5%, 平均为 10.2%。土壤磁化率平均值是城市土壤较非城区自然土壤大, 频率磁化率平均值则是非城区自然土壤大于城市土壤。这表明城市土壤中磁性物质含量多, 但超顺磁颗粒很少。城市土壤的磁化率与频率磁化率之间呈负效应, 但相关未达到显著水平($r=-0.143$)。

2.3 城市土壤磁化率的环境意义

相关分析表明(表 2), 城市土壤的磁化率与土壤全 Cu、全 Zn、全 Pb、全 Cr 含量具有极显著的正相关性。频率磁化率与全 Mn 的含量具有极显著的正相关性, 与全 Zn 的含量具有极显著的负相关性。这表明城市土壤 Cr、Cu、Zn、Pb 含量增加, 土壤磁化率也伴随增加, 因此, 城市土壤磁化率大小可指示土壤污染状况。

城市土壤磁化率与 DTPA 提取的 Ni、Cu、Zn、Pb 量呈显著或极显著的正相关; 随着频率磁化率增高, DTPA 提取的重金属量呈降低的趋势, 但频率磁化率与 DTPA 提取的 Zn、Co 量呈显著的负相关(表 3)。

表 2 城市土壤磁化率、频率磁化率与重金属含量的相关系数¹⁾

Tab. 2 Correlation coefficients for magnetic susceptibility, frequency—dependent susceptibility versus heavy metal content of urban soils

项目 item	Fe	Mn	Cr	Ni	Co	V	Cu	Zn	Pb
磁化率 magnetic susceptibility	-0.095	0.032	0.310 **	-0.090	-0.040	-0.071	0.619 **	0.729 **	0.713 **
频率磁化率 frequency—dependent susceptibility	-0.141	0.541 **	-0.220	-0.049	-0.007	-0.191	-0.144	-0.303 **	-0.065

1) $n=79$, $r_{0.05}=0.232$, $r_{0.01}=0.302$

表 3 城市土壤磁化率、频率磁化率与重金属 DTPA 提取量的相关系数¹⁾

Tab. 3 Correlation coefficients for magnetic susceptibility, frequency—dependent susceptibility versus DTPA extractable heavy metal of urban soils

项目 item	Fe	Mn	Ni	Co	Cu	Zn	Pb
磁化率 magnetic susceptibility	-0.171	-0.218	0.435 **	0.026	0.655 **	0.608 **	0.673 **
频率磁化率 frequency—dependent susceptibility	-0.199	-0.203	-0.123	-0.295 *	-0.184	-0.295 *	-0.197

1) $n=79$, $r_{0.05}=0.232$, $r_{0.01}=0.302$

因此城市土壤磁化率越大, DTPA 提取的 Ni、Cu、Zn、Pb 量越高。城市土壤磁化率与 Ni、Cu、Zn、Pb 活化率具有极显著的正相关性; 频率磁化率与 Mn、Co、Cu、Pb 活化率呈显著或极显著的负相关(表 4)。因此, 城市土壤的磁化率越大, Ni、Cu、Zn、Pb 活化率越高。

表 4 城市土壤磁化率、频率磁化率与重金属活化率的相关系数¹⁾
Tab. 4 Correlation coefficients for magnetic susceptibility, frequency—dependent susceptibility versus activity index of heavy metal of urban soils

项目 item	Fe	Mn	Ni	Co	Cu	Zn	Pb
磁化率 magnetic susceptibility	— 0. 168	— 0. 216	0. 392 * *	0. 060	0. 372 * *	0. 517 * *	0. 448 * *
频率磁化率 frequency—dependent susceptibility	— 0. 182	— 0. 299 *	— 0. 123	— 0. 296 *	— 0. 344 * *	— 0. 225	— 0. 345 * *

1) $n=79$ $r_{0.05}=0.232$ $r_{0.01}=0.302$

3 结论

城市土壤磁化率特征与非城区自然土壤有一定的差别, 城市土壤磁化率平均值大于非城区自然土壤, 而频率磁化率平均值小于非城区自然土壤。城市土壤磁化率与 Cu、Zn、Pb 元素的全量、DTPA 提取量、活化率具有极显著的正相关。土壤磁化率测定为监测城市土壤 Cu、Zn、Pb 的污染状况提供了一种简单、快速的手段。

参考文献:

[1] OLDFIELD F. Environment magnetism— A personal perspective[J] . Quat Sci Rev, 1991, 10: 73— 85.

[2] MULLINS C E. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science— A review[J] . J Soil Sci, 1977, 28: 223— 246.

[3] THOPMSON R, BLOEMENDAL J, DEARING J A, et al, Environmental applications of magnetic measurements[J] . Science, 1980, 207: 481— 486.

[4] DE KIMPLE C R, MOREL J L. Urban soil management: a growing concern[J] . Soil Sci, 2000, 165(1): 31— 40.

[5] 旺 罗, 刘东生, 吕厚远. 污染土壤的磁化率特征[J] . 科学通报, 2000, 45(10): 1 091— 1 094.

[6] 中国环境监测站. 土壤元素的近代分析方法[M] . 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 64— 65.

[7] 卢 瑛. 城市土壤的特性及其环境意义—— 以南京市为例[D] . 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2000.

The Magnetic Susceptibility Characteristic of Urban Soil and Its Environmental Significance

LU Ying^{1, 2}, GONG Zi—tong², ZHANG Gan—lin²

(1 College of Resources and Environmental Sciences, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;
2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: The magnetic susceptibility and its relationship with the total content, DTPA extractable content and activity index of heavy metals of urban soils in Nanjing city were studied. The results showed that the magnetic susceptibility of urban soil was higher, and the frequency—dependent susceptibility was lower as compared with those of natural soil. The measurement of magnetic susceptibility provided a simple, quick means for monitoring the pollution status of Cu, Zn, Pb in urban soils.

Key words: urban soil; magnetic susceptibility; environmental significance

【责任编辑 周志红】