

北京市不同土地利用方式下土壤铬和镍的积累

郑袁明,陈同斌,郑国砥,黄泽春,罗金发

(中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘 要:通过对北京市菜地、稻田、果园、绿化地、麦地以及自然土壤的调查分析,探讨了不同土地利用方式对土壤中铬、镍积累的影响。结果表明,在 6 种土地利用类型中,按从高到低的顺序土壤铬浓度依次为:菜地 > 稻田 > 麦地 > 绿化地 > 果园 > 自然土壤,土壤镍浓度依次为:菜地 > 稻田 > 绿化地 > 麦地 > 自然土壤 > 果园。与北京市土壤背景值比较,土壤中铬、镍的浓度并没有普遍增加,仅在菜地以及稻田中存在一定的积累趋势。不同土地利用类型中土壤铬、镍浓度的分布趋势较为一致,二者在土壤中的浓度仍主要受到成土母质的影响,受人类活动的影响仍不太大。

关键词:北京;铬;镍;土地利用;土壤;重金属

从环境污染的角度来看,铬、镍均为较重要的重金属元素^[1]。铬在土壤环境中一般分为三价和六价两种形态,其危害因化学价态的差异而明显不同,后者有明显的致癌致畸作用^[2]。镍在环境中超过一定浓度之后也容易产生毒害。因此,多年来铬、镍污染的研究受到了世界各国的关注^[3,4]。土壤中铬、镍的来源主要受成土母岩成分的制约^[5~7],但并不是唯一因素。有研究表明,冶炼厂以及金属加工(例如电镀等)会导致周围环境的铬、镍含量增加^[8~10]。Genoni 等^[11]研究以石油为燃料的火电厂周围的土壤及植物(苔藓)时发现,镍在植物体中的累积程度最高,土壤镍的浓度 3 倍于对照地区的土壤镍背景值。因此,人类活动有时也会在很大程度上影响土壤中的铬、镍浓度。

近些年,北京市的土地利用变化主要表现为工厂郊迁、卫星城建设等特点,农业经营模式也从粗放型向集约型转变^[12]。这些特征可能会造成污染的相应转移。并且由于不同利用类型土壤,其经营模式必然会产生较大差异。因此,本研究针对不同土地利用类型下土壤中的两种重金属的积累状况,分析不同人类活动影响下的土壤铬和镍浓度,为今后更有针对性的进行铬和镍污染控制和土地利用适宜

性评价提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样与分析

北京全市总面积 16 808 km²。根据土地利用类型,本研究中分别在菜地、稻田、果园、绿化地、麦地/玉米地(简称麦地)以及自然土壤进行采样(图 1),采集深度为 0 cm~20 cm。土样经风干,过 100 目筛后,用 HNO₃-H₂O₂ 消煮^[13],火焰-原子吸收光谱仪测定浓度。分析所用试剂均为优级纯,分析过程均加入国家标准土壤参比物质(GSS-1)进行分析质量控制。

1.2 数据处理

通过异常值剔除后得到 607 个有效数据。经统计检验发现,不同土地利用方式下的土壤 Cr、Ni 浓度均服从对数正态分布(Shapiro-wilk 检验, $P < 0.05$,表 1~表 4)。样点分布图的制作使用 ARCGIS 处理,正态分布统计检验用 Origin 软件、数据统计分析采用 SPSS 软件完成。

2 结果与讨论

2.1 铬

对于本研究所调查的 607 个样品而言,铬的平均浓度为 33.9 mg/kg(表 1),高于北京市土壤铬背景

收稿日期:2005-05-02;修订日期:2005-07-06

基金项目:国家杰出青年基金项目(编号:40325003);北京市自然科学基金重大项目(编号:6990002);中国科学院知识创新工程方向性项目(编号:KZCX2-04-01);领域前沿项目(编号:CX10G-C00-04)。

作者简介:郑袁明(1977~),男,山西临汾人,博士,主要从事区域土壤环境质量评价的理论与方法研究。

E-mail:zhengym@igsnrr.ac.cn。

通讯作者:陈同斌,E-mail:chentb@igsnrr.ac.cn

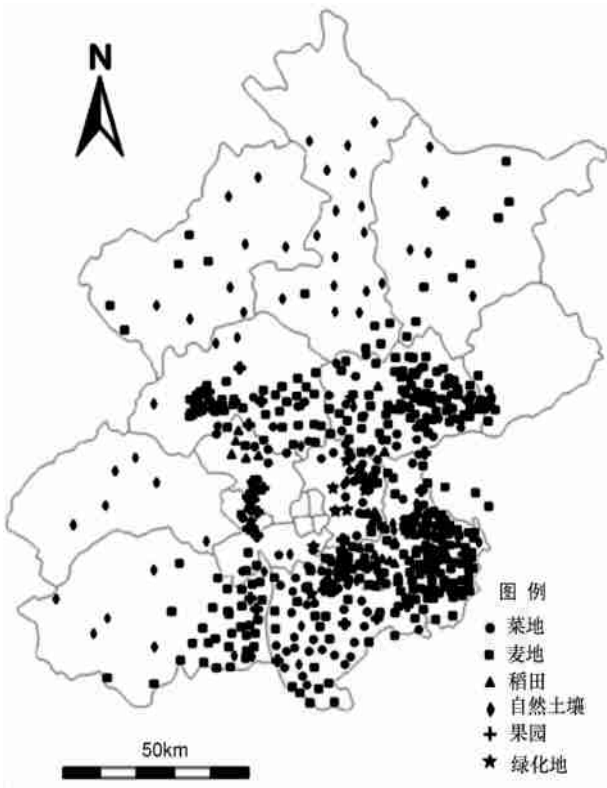


图 1 土壤铬、镍浓度调查样点分布

Fig. 1 A sketch map showing the sampling sites of Cr and Ni

值(29.8mg/kg)^[13],两者达到 0.01 水平的显著性差异。6 种利用类型中,菜地的铬平均浓度最高,达到 40.9mg/kg;其次为稻田土壤;自然土壤的铬浓度最低。统计分析表明,果园、绿地、自然土壤的铬与其背景值没有显著差异,其他 3 种土地利用类型的土壤铬浓度则显著高于背景值。不同土地利用方式对土壤铬浓度有较为明显的影响,在菜地土壤表现得尤为突出。不同土地利用类型土壤铬浓度频数分布如图 2 所示。

从表 1 可以看出,在自然土壤、绿化地和果园这 3 种铬平均浓度相对较低的土壤中,同一土地利用类型的不同样品之间铬的标准差都小于浓度较高的土地利用类型(菜地、稻田以及麦地)。表明在 3 种低浓度的土地类型下,土壤铬浓度的差异较小;而在 3 种高浓度的土地类型中,铬浓度的分布差别较大,变异明显。菜地土壤的铬浓度较高,显著高于除稻田之外的其他土地利用类型。以当地土壤铬的基线值^[6]为标准进行比较,菜地土壤的样品超标率最高。其余土地类型的土壤铬超标现象不明显。

根据以前的研究,影响北京市土壤铬浓度的最重要因素是土壤母质^[6,7]。在本研究中出现的高铬样点,可能也是由于土壤母质影响的结果^[14]。

表 1 不同土地利用方式土壤铬浓度统计

Table 1 Statistical results of Cr concentration in the soils under different land use

土地利用类型	样点数(个)	分布类型	浓度(mg/kg)		超出背景值		超出基线值	
			几何平均值	几何标准差	样本数(个)	百分率(%)	样本数(个)	百分率(%)
			几何平均值	几何标准差	样本数(个)	百分率(%)	样本数(个)	百分率(%)
菜地	106	对数正态	40.90	1.38	92	86.80	15	14.20
稻田	24	对数正态	35.50	1.38	18	75.00	1	4.20
果园	42	对数正态	30.90	1.33	21	50.00	1	2.40
绿化地	13	对数正态	31.10	1.27	7	53.80	0	0.00
麦地	351	对数正态	33.50	1.39	218	62.10	27	7.70
自然土壤	71	对数正态	28.90	1.31	30	42.30	0	0.00
全部	607	对数正态	33.90	1.39	386	63.60	44	7.20

表 2 不同土地利用方式土壤铬浓度差异方差分析

Table 2 ANOVA statistical results of Cr concentration in the soils under different land use

	菜地	稻田	果园	绿化地	麦地	自然土壤
菜地	—	1.926	4.943 **	2.982 **	5.556 **	7.578 **
稻田		—	1.818	1.300	0.879	3.122 **
果园			—	0.077	1.157	1.268
绿化地				—	0.799	0.940
麦地					—	4.086 **
自然土壤						—

*, P < 0.05; **, P < 0.01。

表 3 不同土地利用方式土壤镍浓度统计

Table 3 Statistical results of Ni concentration in the soils under different land use

土地利用类型	样点数(个)	分布类型	浓度:mg/kg		超出背景值		超出基线值	
			几何平均值	几何标准差	样本数(个)	百分率(%)	样本数(个)	百分率(%)
			几何平均值	几何标准差	样本数(个)	百分率(%)	样本数(个)	百分率(%)
菜地	106	对数正态	28.40	1.26	62	58.50	0	0.00
稻田	24	对数正态	28.10	1.27	16	66.70	0	0.00
果园	42	对数正态	24.30	1.27	16	38.10	0	0.00
绿化地	13	对数正态	27.80	1.19	8	61.50	0	0.00
麦地	351	对数正态	26.60	1.31	181	51.60	4	1.10
自然土壤	71	对数正态	26.40	1.30	36	50.70	0	0.00
全部	607	对数正态	26.80	1.30	319	52.60	4	0.70

表 4 不同土地利用方式土壤镍浓度差异的方差分析

Table 4 ANOVA statistical results of Ni concentration in the soils under different land use

	菜地	稻田	果园	绿化地	麦地	自然土壤
菜地	—	0.201	3.675 **	0.340	2.271 *	1.902
稻田		—	2.393 *	0.156	0.969	0.994
果园			—	1.876	2.080 *	1.710
绿化地				—	0.573	0.641
麦地					—	0.162
自然土壤						—

*, P < 0.05; **, P < 0.01。

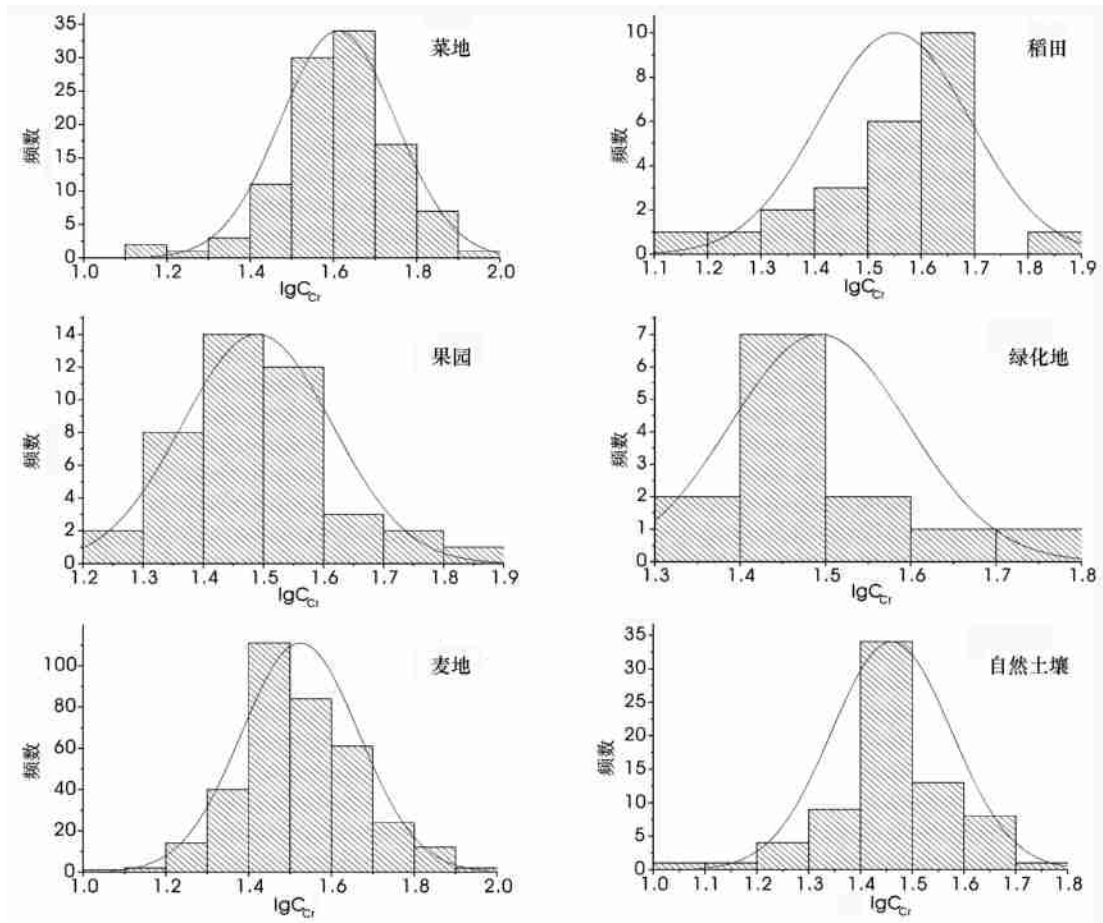


图 2 不同土地利用方式土壤铜浓度的频数分布

Fig. 2 Histogram of frequency of Cu concentrations under different land use

铬的主要用途为制造合金以及电镀^[8]。在这些工业活动中容易产生含铬的废气或者废水^[8]。铬一旦被排放进入环境,就有可能通过污水灌溉等环节造成农业土壤的铬污染^[2]。本研究中,菜地、稻田及麦地 3 种农业土壤均属于较为传统的种植业,本次调查的部分农田曾进行过污水灌溉,使用污水进行灌溉的农业用地以菜地和稻田居多。因此,过去采用含铬浓度较高的污水进行灌溉可能是导致农业土壤中铬浓度升高的原因之一。另外,含铬的废气对于污染源附近的土壤铬升高的贡献也不可忽视。Nicholson 等^[9]对英格兰及威尔士农业土壤的污染调查表明,大气沉降是土壤铬不可忽视的重要来源。

2.2 镍

在调查的全部 607 个样点中,镍的平均浓度为 26.8mg/kg (表 3),与北京市土壤镍的背景值 (26.8mg/kg)^[13] 差异不显著。但是在 6 种土地利用中,菜地土壤的镍浓度显著高于北京市土壤镍的背景值,与土壤铬的情况较为类似。研究表明^[6,14],土

壤中铬、镍具有高度的相关性,土壤中铬、镍的来源比较相似。平均镍浓度的最低值为果园土壤,仅为 24.3mg/kg。不同土地利用类型土壤镍浓度频数分布如图 3 所示。

绿化地的土壤镍浓度为 27.8mg/kg,属于 6 种类型中较高的土地类型,但并没有表现出与土壤铬浓度完全一致的规律。其原因可能是由于绿化地位于公路附近,容易受到汽车尾气的影响,从而使其镍浓度会受到石油燃烧 (例如汽油、柴油) 等影响的缘故^[8,12]。如果以北京市土壤镍的基线值为标准,则各土地利用方式下土壤镍超标的样品不到 1%,表明北京市土壤中的镍仍处于正常范围 (表 3)。

本文和以前的调查结果均表明,北京市土壤中的铬、镍浓度仍然主要受到成土母岩的制约^[14]。但是,人类活动也在一定程度上影响到二者在某些农业土地利用类型中的浓度 (例如菜地和稻田)。

3 结论

大规模调查研究表明,在多数土地利用方式下,

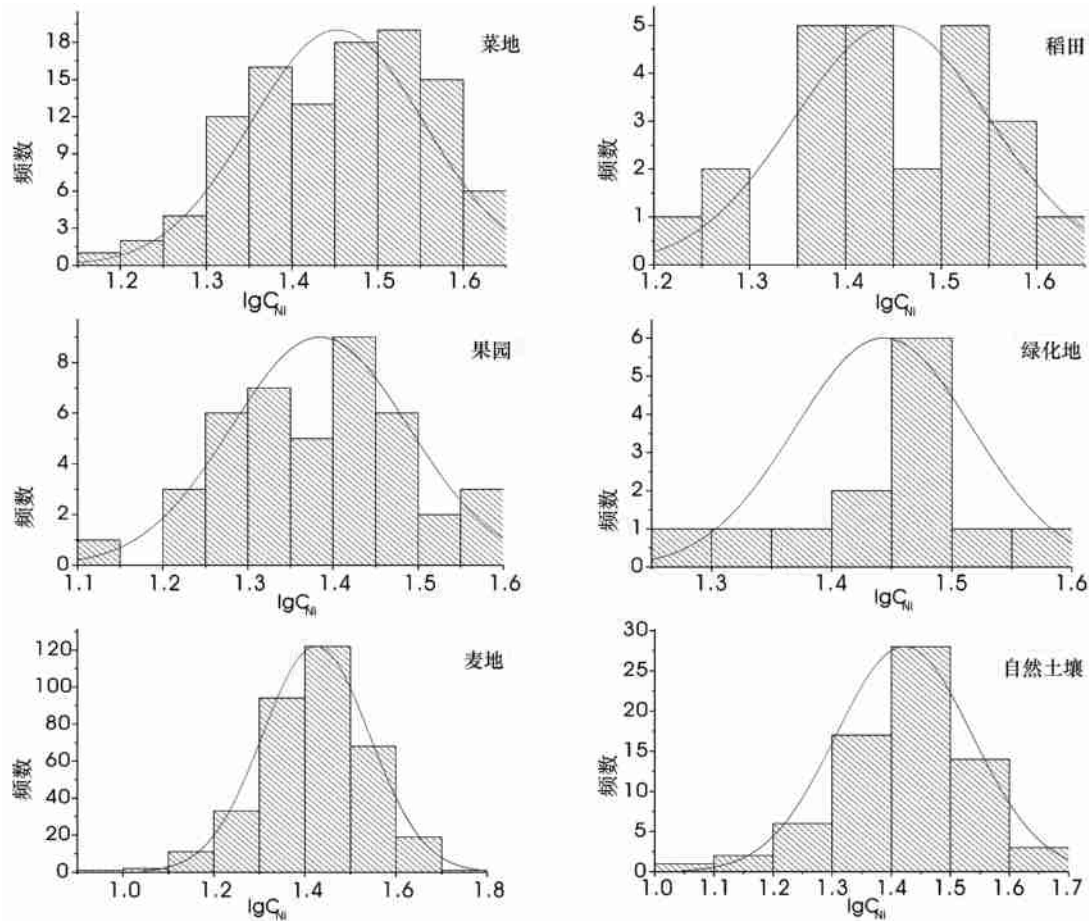


图 3 不同土地利用方式下土壤镍浓度的频数分布

Fig.3 Histogram of frequency of Ni concentrations under different land use

北京市土壤铬和镍浓度与其土壤背景值没有显著差异,尤其是镍。因此,不同利用方式对土壤中铬和镍浓度的影响并不十分明显。但在菜地以及稻田中存在一定的积累趋势。不同土地利用类型的土壤中,铬、镍的分布趋势较为一致,二者在土壤中的浓度仍主要受到成土母质的影响,受人类活动的影响仍不大。

参考文献 (References):

[1] 夏增禄,李森照,李廷芳,等. 土壤元素背景值及其研究方法[M]. 北京: 气象出版社,1987. [XIA Zeng-lu, LI Sen-zhao, LI Ting-fang, et al. Soil Elements Background Values and Its Research Methods[M]. Beijing: Meteorology Press, 1987.]
[2] 陈怀满,林玉锁,韩凤祥,等. 土壤—植物系统中的重金属污染[M]. 北京: 科学出版社. 1996. [CHEN Huai-man, LIN Yir-suo, HAN Feng-xiang, et al. The Heavy Metal Pollution in Soil-Plant System[M]. Beijing: Science Press, 1996.]
[3] 中国环境监测总站(主编). 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. [China National Environmental Monitoring Center. The Background Concentrations of Soil Elements

in China[M]. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1990.]
[4] Nriagu J O, Pacyna J M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals[J]. *Nature*, 1988, 333: 134~139.
[5] Baize D. Total levels of “heavy metals” in French soils: general results of the ASPITET programme[J]. *Courrier de l'Environnement de l'INRA.*, 2000, 39:39~54.
[6] Chen M, Ma L Q and Harris W G. Baseline concentrations of 15 trace elements in Florida surface soils[J]. *Journal of Environmental Quality*, 1999,28:1 173~1 181.
[7] Facchinelli A, Sacchi E, Mallen L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils [J]. *Environmental Pollution*, 2001, 114: 313~324.
[8] Lindstrom M. Urban land use influences on heavy metal fluxes and surface sediment concentrations of small lakes[J]. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2001, 126:363~383.
[9] Nicholson F A, Smith S R, Alloway B J, et al. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales[J]. *The Science of the Total Environment*, 2003, 311: 205~219.
[10] Brit L S, Tome A, Eirik F et al. Heavy metal surveys in Nordic Lakes: concentrations, geographic patterns and relation to critical limits[J]. *AMBIO*, 2001, 30: 2~10.

- [11] Genoni P, Parco V, Santagostino A. Metal biomonitoring with mosses in the surroundings of an oil-fired power plant in Italy [J]. *Chemosphere*, 2000, 41: 729~733.
- [12] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14 (4): 307~312. [GU Chao-lin. Study on phenomena and mechanism of land use/cover change in Beijing[J]. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(4): 307~312.]
- [13] 陈同斌, 郑袁明, 陈煌, 等. 北京市土壤重金属背景值的系统研究 [J]. 环境科学, 2004, 25 (1): 117~122. [CHEN Tong-bin, ZHENG Yuan-ming, CHEN Huang, et al. Background concentrations of soil heavy metals in Beijing[J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2004, 25(1): 117~122.]
- [14] 郑袁明, 陈煌, 陈同斌, 等. 北京市土壤中 Cr、Ni 含量的空间结构与分布特征[J]. 第四纪研究, 2003, 23 (4): 496~445. [ZHENG Yuan-ming, CHEN Huang, CHEN Tong-bin, et al. Spatial distribution patterns of Cr and Ni in soils of Beijing[J]. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(4): 496~445.]

Chromium and Nickel Accumulations in Soils under Different Land Uses in Beijing Municipality

ZHENG Yuan-ming, CHEN Tong-bin, ZHENG Guo-di, HUANG Ze-chun, LUO Jin-fa

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Soil pollution from heavy metals has been concerned by scientists for decades. The mobilization of heavy metals into the biosphere by human activity has become an important process in the geochemical cycling of these metals. Since the human activities vary greatly with the different land use type, it is important to assess the soil environmental quality under the different land use type. Beijing, a city developing with high speed, is suffering the huge changes in land use. Unfortunately, the effects of such changes on the environment still remain unknown. Through the investigation on 6 land-use types, which include the vegetable field, paddy field, orchard, greenbelt, cornfield and natural soil, 607 concentrations for Cr and Ni were obtained. Using background concentration as criterion, the concentrations of Cr and Ni in the soils from vegetable field and paddy field showed obvious increase, especially the concentrations of Cr in the soils. In addition, the concentrations of Cr in the vegetable field soils were significantly higher than those in other land use type soils except paddy field. So it could be concluded that land use showed great effects on the accumulation of Cr and Ni in the soils of vegetable field. In general, Cr and Ni showed the similar distribution in the soil, which might indicate that two elements had the similar source, i. e., parent material. But in greenbelt the concentrations of Cr and Ni were not consistent since the tail gas of automobile affected the concentrations of Ni. So parent rock played quite important roles on the concentrations of Cr and Ni in the soils.

Key words: Beijing; Cr; Land use type; Ni; Soil