

# 北京市不同土地利用方式下土壤锌的 积累及其污染风险

郑袁明<sup>1</sup>, 宋 波<sup>1,2</sup>, 陈同斌<sup>1\*</sup>, 郑国砥<sup>1</sup>, 黄泽春<sup>1</sup>

(1.中国科学院 地理科学与资源研究所环境修复中心,北京 100101;2.中国科学院 研究生院,北京 100049)

**摘要:**通过对北京市菜地、稻田、果园、绿化地、麦地、自然土壤以及公园等 7 种土地利用方式共 630 个土壤样品的调查分析,探讨了不同土地利用方式对土壤锌积累的影响。结果发现,不同土地利用方式下锌含量存在较大差异,在 7 种土地利用方式中,土壤锌的平均含量从高到低依次为:公园>果园>稻田>绿化地>菜地>自然土壤>麦地。占样点大多数的麦地和自然土壤的锌含量与背景值没有显著差别,而公园、果园、稻田和菜地土壤锌含量则显著高于背景值。与土壤锌含量基线值相比,公园、果园、菜地土壤超标率分别为 25.8%、23.8%、9.7%,其它利用方式的土壤超标率并不严重。石景山、昌平、朝阳、丰台 4 个区是超标样点集中分布的地区。金属冶炼、交通以及垃圾填埋可能是导致土壤锌含量增加的重要因素。

**关 键 词:**土地利用;积累;锌;北京;土壤;重金属

**中图分类号:** X53

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3037(2006)01-0064-09

## 1 引言

土壤重金属与人类健康密切相关<sup>[1]</sup>。锌是动、植物生长发育所必须的微量营养元素<sup>[2]</sup>,但是,当锌过量时会对环境和人体造成危害<sup>[3]</sup>。因此,它是农业科学和环境科学研究中广泛关注的金属元素之一<sup>[4,5]</sup>。环境中锌增加的因素主要与采矿、金属冶炼、交通等人类活动有关<sup>[6-9]</sup>。在农业领域中,一般都将锌看作动、植物生长所必需的有益元素,主要重视其正面效应;从环境保护领域来看,通常却将其视为污染元素(重金属),主要关心的是其负面效应。但在不同土地利用条件下,究竟其利弊如何,则有待深入研究。

据联合国粮农组织(1967 年)的报告,世界范围内土壤缺锌现象十分普遍,除卢森堡等少数国家外<sup>[10]</sup>,大部分欧洲国家、美国大部分的州都缺锌<sup>[11]</sup>,全世界作物因土壤缺锌而造成减产面积最为广泛。我国土壤缺锌也比较普遍,根据第二次全国土壤普查的资料,我国有  $0.49 \times 10^8 \text{ hm}^2$  耕地缺锌,占总耕地面积的 51.1%<sup>[12]</sup>。低锌和缺锌土壤主要为石灰性土壤,据报道,缺锌土壤的分布与石灰性土壤的分布模式基本相同<sup>[13]</sup>。

土地利用研究是近年来全球变化、地理科学、农业资源利用等领域中的研究热点。不同土地利用的影响要素以及变化驱动力都有较大差别。笔者曾对北京市不同土地利用方式下土壤镍、铬、铅、镉、铜和砷等重金属<sup>[14-19]</sup>的积累进行过研究,但是对于不同土地利用方式下土壤锌的积累问题仍不清楚。本研究则是在北京市土壤背景值和土壤污染调查的基础上<sup>[4,20]</sup>,进

收稿日期:2005-06-01;修订日期:2005-09-25。

基金项目:国家杰出青年基金项目(40325003);北京市自然科学基金重大项目(6990002)。

第一作者简介:郑袁明(1977-),男,山西省临汾市人,博士,副研究员,主要从事区域土壤污染评价理论与方法研究。

E-mail:zhengym@mail.rcees.ac.cn

\* 通讯作者,E-mail: chentb@igsnrr.ac.cn

一步开展不同土地利用方式下土壤锌含量的研究,以探索不同土地利用方式下土壤锌含量的差异与积累规律,并从农业生产和环境保护的角度初步分析其可能的来源和环境风险。

2 材料与方法

2.1 研究区域基本情况

北京市位于华北平原的北端,北以燕山山地与内蒙古高原接壤,西以太行山与山西高原毗邻,东北与松辽大平原相通,东南距渤海约 150km,往南与黄淮海平原连片。年平均降水量为 500~700mm,年际变化与年内分配差别较大。地势西北高东南低,从西北向东南呈现山地、低地、丘陵、山前洪积扇以及平原的有序排列,平原面积约占 38%。全市总面积 16 808km<sup>2</sup>,其中市区面积 1 040km<sup>2</sup>。成土母质为各类岩石风化物 and 第四纪疏松沉积物两大类,土壤类型包括山地棕壤、褐土、潮土、水稻土以及菜园土等。土地利用可以分为耕地、园地、林地、牧草地、城市土地利用、农村居民点、水域及未利用土地等 8 个一级类<sup>[2]</sup>,其中城市土地利用面积约 1 000km<sup>2</sup><sup>[2]</sup>,耕地、园地、草地、林地面积约 3 000km<sup>2</sup><sup>[4]</sup>。

2.2 土样采集和分析方法

根据土地利用方式将样品分为公园、菜地、稻田、果园、绿化地、麦地/玉米地(简称麦地)以及自然土壤等 7 种主要类型,样点分布见图 1。

公园土壤采样方法为每个公园采取 6~10 个点的表层(0~5cm)土壤,经混合后组成混合样品。其余类别的土壤,每个样品从 10m×10m 的正方形 4 个顶点和中心 5 个点各采 1kg 表土(0~20cm)样品,均匀混合后用四分法从中选取 1kg 土壤作为混合样品。为防止采样过程中的污染,样品的混合、装袋、粉碎、研磨等处理过程中均使用木头、塑料或玛瑙等用具,从样品采集到处理的整个过程中始终都没有直接接触到金属工具。

土样在室内风干,过 100 目尼龙网筛。土壤样品采用美国国家环保局(USEPA)推荐的 HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮<sup>[20]</sup>,火焰原子吸收光谱仪测定 Zn。分析过程均加入国家标准土壤样品(GSS-1)进行分析质量控制,Zn 的回收率为 95%~104%,均优于国家标准参比物质 GSS-1 所给定的数值。

2.3 数据处理

通过异常值剔除后得到 630 个有效数据。经统计检验,不同土地利用方式下的土壤锌含量均服从对数正态分布(Shapiro-wilk 检验,  $p < 0.05$ ),因而经过对数转换后即可进行方差分析等统计检验。样点分布图的制作使用 Arc GIS 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。

3 结果

全部 630 个土壤样品锌含量的几何平均值为 60.8mg/kg(表 1)。不同土地利用方式下土壤锌含量对数频数分布如图 2 所示。通过统计分析表明,其平均值显著( $p < 0.01$ )高于北京市

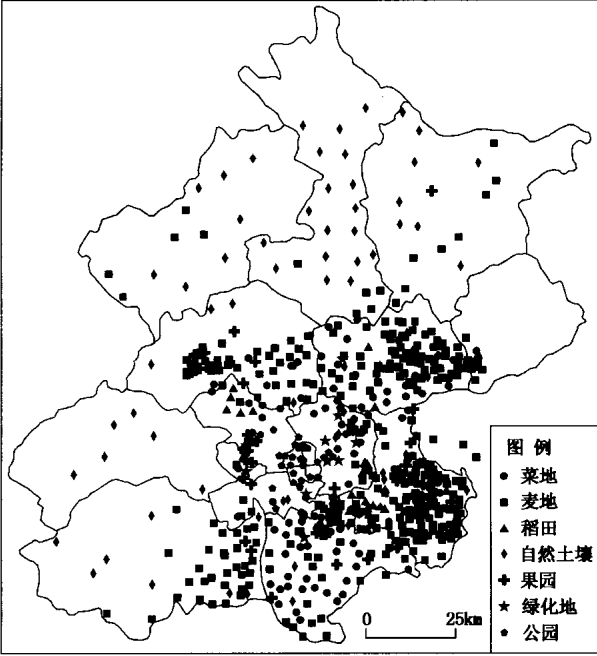


图 1 土壤锌含量调查样点分布图  
Fig.1 Distribution map of soil Zn sampling sites

表 1 北京市不同土地利用方式下土壤锌含量统计

Table 1 Statistical results of Zn concentration in the soils under different land use types in Beijing

		样本数	分布类型	Zn 含量/(mg/kg)						超出背景值比	超出基线值比
				范围	中位值	算术		几何		例/%	例/%
						平均值	标准差	平均值	标准差		
本研究	菜地	103	对数正态	22.3~166	63.8	67.0	23.2	63.6	1.38	62.1	9.7
	稻田	24	正态	47.7~97.0	69.9	69.8	13.4	68.6	1.22	79.2	0.0
	果园	42	对数正态	34.6~220	70.0	77.8	40.4	70.0	1.56	64.3	23.8
	绿化地	13	对数正态	37.5~156	63.0	70.9	29.9	66.3	1.44	69.2	7.7
	麦地	344	对数正态	29.6~119	56.6	58.4	14.0	56.9	1.25	47.7	2.6
	自然土壤	73	对数正态	27.9~124	59.7	62.0	17.3	59.7	1.32	54.8	0.0
	公园	31	对数正态	25.7~197	84.2	88.4	31.0	83.3	1.43	90.3	25.8
	全部土壤	630	对数正态	22.3~220	59.6	63.7	21.6	60.8	1.34	55.4	6.4
前人研究	北京市 <sup>[20]</sup>	117	正态	27.9~120	57.0	59.6	16.3	57.5	—	—	—
	中国 <sup>[4]</sup>	4 095	对数正态	2.6~593.0	68.0	74.2	32.8	67.7	1.54	—	—
	美国 <sup>[4]</sup>	1 239	—	5.0~2 500	—	60.0	—	48.0	2.0	—	—
数据	佛罗里达 <sup>[11]</sup>	448	偏态分布	0.9~169	4.6	8.4	13.8	5.12	2.4	—	—

土壤锌污染临界浓度:350mg/kg<sup>[20]</sup>(基于河北山前平原褐土类-春小麦而提出);200mg/kg<sup>[24]</sup>(基于南京栖霞山地区土壤提出)。  
土壤环境质量标准(GB 15618-1995):二级 pH 6.5~7.5 Zn≤250mg/kg,pH>7.5 Zn≤300mg/kg;三级 pH>6.5 Zn≤500mg/kg。

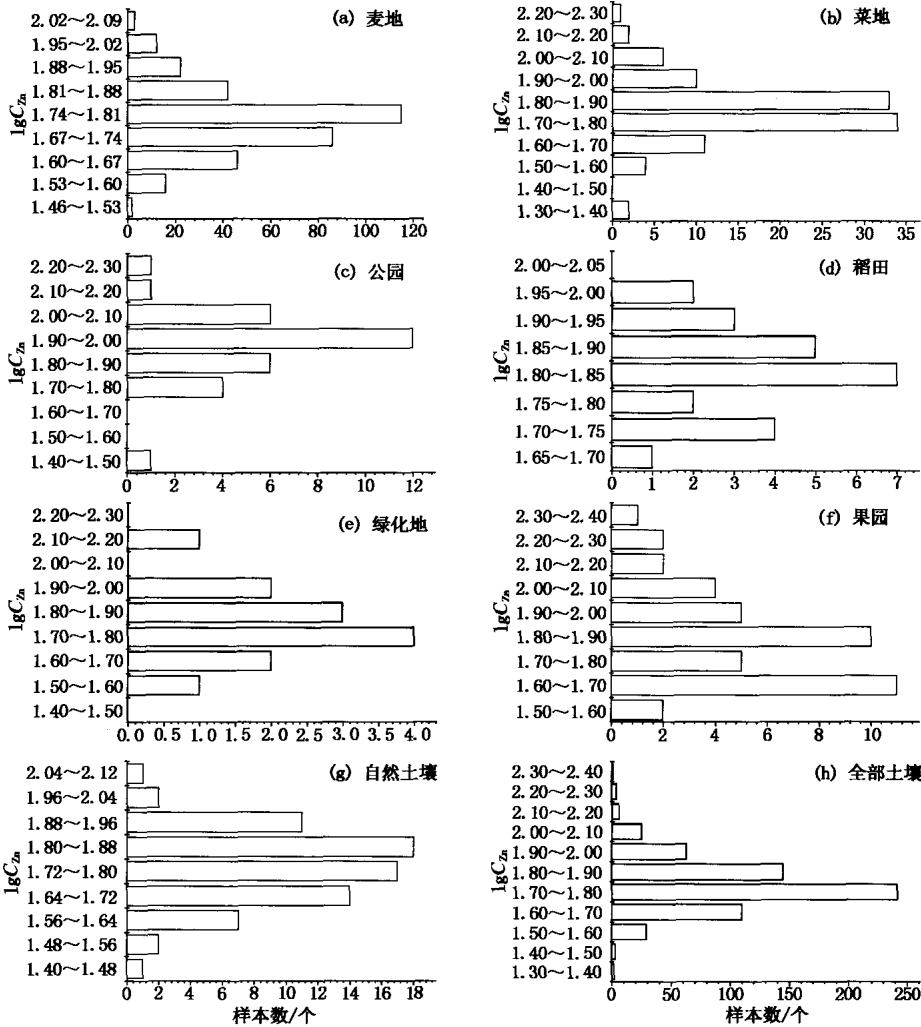


图 2 不同土地利用方式土壤下锌含量的对数频数分布

Fig.2 Frequencies of Zn concentrations under different land use types

土壤锌的背景值(57.5mg/kg)<sup>[20]</sup>。

3.1 不同土地利用方式下土壤锌含量的差异

与北京市土壤锌背景值相比,公园、菜地、稻田和果园 4 种土地利用方式的土壤显著高于背景值,而绿化地、麦地、自然土壤的锌积累不显著,值得注意的是,绿化地样本数较少,尽管几何平均值较高,超标率达到 69.2%,但由于组内差异较大,与土壤锌背景值相比差异并不显著。在各种利用方式的土壤中,公园土壤的平均锌含量最高,达到 83.3mg/kg;次之为果园土壤,锌平均含量为 70.0mg/kg,其含量分布在 7 种土地利用方式中最不均匀。再次为稻田和绿化地,平均含量分别为 68.6mg/kg 和 66.3mg/kg; 平均含量最小值为麦地土壤, 仅为 56.9mg/kg;自然土壤的锌含量也较低。由此可以初步推断,人类活动是造成土壤中锌含量升高的一个影响因素。

方差分析表明(表 2),公园土壤中锌的积累现象最为严重,其锌含量显著高于其它各种土壤利用方式,除稻田和绿化地外,与其它利用方式下差异甚至达到极显著水平;麦地、自然土壤的锌含量显著低于果园、稻田;麦地土壤锌含量也显著低于菜地土壤。而麦地、自然土壤之间没有显著差别。可见,不同土地利用方式对土壤中锌的积累有相当明显的影响。在耕作强度较高(如菜地、果园)或者人类活动较强(如公园、绿化地)的土地利用方式中,土壤锌平均含量明显偏高。

表 2 不同土地利用方式下土壤锌含量差异的方差分析

Table 2 ANOVA statistical results of Zn concentration in the soils under

	different land use types					
	lgC <sub>Zn</sub> 平均数之差					
	稻田	果园	绿化地	麦地	自然土壤	公园
菜地	-0.032	-0.041	-0.018	0.049**	0.028	-0.117**
稻田		-0.009	0.014	0.081**	0.060*	-0.085*
果园			0.023	0.090**	0.069**	-0.076**
绿化地				0.067	0.046	-0.099*
麦地					-0.021	-0.166**
自然土壤						-0.145**

注:\* 显著性差异水平  $p=0.05$ ; \*\* 显著性差异水平  $p=0.01$ 。

3.2 土壤锌的积累情况及其地区分布

北京市土壤锌的背景值为 57.5mg/kg<sup>[20]</sup>,相应的土壤锌基线值(几何平均值与方差平方的乘积)为 97.2mg/kg<sup>[20]</sup>。以此为标准进行比较(表 1),公园土壤的超标率最高,达到 25.8%;果园土壤次之,其超标率为 23.8%;菜地和绿化地超标率约为 10%;麦地超标率较低,其余 2 种类型的土壤没有高于基线值的样品。

从地区分布看,共有 9 个区县包含超标样点,其中石景山和城区两个区域的样品超标率较高,丰台、朝阳、海淀和昌平 4 个区次之,显示这些地区锌的积累较明显。超标样点主要集中在人类活动较为密集 的公园、昌平区的垃圾填埋场周围、石景山区及其与附近的交界处(表 3)。

表 3 北京市含锌超标样点数区域统计

Table 3 Statistics of the number of samples exceeding the set standard of Zn

concentration based on district

地区	样本数	含量/ (mg/kg)	超过土壤锌背 景值的比率/%	土地利用方式
昌平	64	70.1	12.5	菜地、麦地、果园
朝阳	45	84.1	17.8	菜地、麦地、果园、绿化地、公园
大兴	89	56.9	3.4	菜地、麦地
丰台	13	72.9	15.4	麦地、果园
海淀	25	74.8	12.0	果园、公园
石景山	7	114.6	42.9	菜地、果园
顺义	105	55.3	1.9	麦地
通州	146	61.5	2.1	麦地、果园
中心城区*	17	251.3	35.3	公园

注:中心城区指宣武区、崇文区、东城区和西城区。

4 讨论

4.1 土壤锌含量升高的原因

公园土壤中锌在 7 种土地利用方式中含量最高,果园土壤次之。这与公园土壤<sup>[23]</sup>、果园土壤<sup>[24]</sup>铅含量较高这一规律相符,因为环境中铅、锌的来源十分类似,且存在显著正相关关系<sup>[25]</sup>。值得关注的是,铅、锌在人体内却存在显著颞颞关系<sup>[26,27]</sup>。另

外,果园、稻田土壤可能会施用锌肥和含锌农药,这也是导致其土壤中锌含量升高的原因。禽畜粪便等被认为是土壤锌的良好给源,其锌含量为 100~207mg/kg,长期施用有机肥可使土壤锌提高 5%~30%<sup>[28]</sup>;而施用过磷酸钙、复合肥等含锌化肥和含锌农药(如代森锌)也会使土壤锌升高<sup>[29]</sup>。

公园土壤中锌含量显著高于其它各种土地利用方式。一般认为,汽车尾气是城市土壤中锌的主要来源之一<sup>[30,31]</sup>。将中心城区内外的公园土壤锌含量进行比较,方差分析结果表明,二者差异显著( $p=0.039$ )。这是由于地处城市中心的公园,交通密度大,汽车尾气排放量也大;城市街道的尘土中锌含量一般都较高<sup>[32]</sup>,尘土可能借助风力,以大气为传播途径导致了污染的重新分配,尤其在北京这样一个降尘量较高的城市(2000 年北京月降尘量为 15t/km<sup>2</sup><sup>[23]</sup>,而 2002 年 3 月 20 日 9 时之后的 39h 内,其降尘量高达 12.5t/km<sup>2</sup><sup>[33]</sup>)。另外,锌盐广泛用于壁画、彩陶、漆器和装饰等古颜料(如锌白、锌铁尖晶石<sup>[34]</sup>)以及建筑材料中,常作为防腐剂、阻燃剂等。北京古老的皇家园林历史悠久,在建筑中会使用油漆和涂料,在长期的风化作用下,油漆和涂料中的锌不可避免地会进入环境,并可能导致土壤锌含量的增加。

瓷器、陶器、橡胶生产、煤燃烧、垃圾焚化和金属冶炼等工业活动以及机动车辆(例如汽车尾气<sup>[31]</sup>、轮胎磨损<sup>[35]</sup>等)会释放出锌,使其进入环境<sup>[7-9]</sup>。在本研究中,绿化地土壤的锌含量较高,由于该类型的土壤样点都位于公路附近,位置特殊,受到机动车辆以及大气降尘的影响较大,使土壤中的锌含量升高。此外,石景山及其周边地区的土壤锌含量也较高,超标的样点较多,其原因可能与该区的产业类型有关。石景山区过去以钢铁冶炼为主,冶炼本身就容易导致环境中的锌增加<sup>[36,37]</sup>。有报道指出,冶炼和矿山开采导致包括锌在内的重金属在土壤和溪流沉积物等环境介质中的积累,其积累程度与排放方式、积累时间以及环境介质本身的物理化学参数有关<sup>[36]</sup>。同时,由于运输量较大等原因,该地的交通也相对密集,因而其土壤锌含量普遍较高。另外,污水灌溉可能也是该地区部分土壤锌积累的原因之一<sup>[38]</sup>。

#### 4.2 北京市土壤锌的亏缺与污染风险

土壤锌对植物的毒性在很大程度上受土壤类型及地域性制约,其污染临界值随土壤类型和地域不同而存在较大差别<sup>[2,22]</sup>。同时,锌又是动植物生长所必需的营养元素,因此,关于土壤锌含量水平对环境的污染风险评估,不仅要从其客观角度来分析,而且要具有实用性和科学性。

从北京市不同土地利用方式下土壤锌含量统计(表 1)可以看出,相对土壤背景值而言,除麦地外,北京市其它土壤中锌均存在不同程度的积累,但其平均值远低于土壤环境质量的二级标准(pH 值为 6.5~7.5 时,  $Zn \leq 250\text{mg/kg}$ ; pH 值 > 7.5 时,  $Zn \leq 300\text{mg/kg}$ ),甚至低于作为自然背景而设定的一级标准(100mg/kg);本研究土壤中锌含量的最高值(220mg/kg)仍然低于国家二级标准和华北碱性土壤中春小麦的污染临界值(350mg/kg<sup>[18]</sup>)。值得注意的是,目前有关土壤重金属污染的研究,大多是以重金属通过植物从土壤中吸收,进而通过食物链进入人体为研究基础和前提的。毫无疑问,通过食物链进入人体的重金属是人体内重金属的一个重要来源。但是,除此之外,无意的经口摄入(手-口直接接触活动,特别是儿童)和皮肤接触被污染的土壤,以及吸入污染的扬尘这 3 种途径也是重金属进入人体的重要途径。其中对于儿童而言,通常以经口摄入的重金属总量最大<sup>[39]</sup>。本研究中锌含量积累最为显著的是公园土壤,尤其故宫、北京游乐园、北海公园和北京动物园,因其客流量大,污染途径广,对于儿童的健康是否会产生威胁,仍值得进一步关注。建议对上述土壤锌含量较高的公园进行适当的土壤污染治理,减少暴露在空气中的土地面积,避免产生扬尘。

在调查中还发现,麦地和菜地土壤的锌含量并不高,与土壤锌背景值相当。在中国北方的碱性土壤中,作物缺锌问题比较突出,水稻、豆类、小麦和玉米等都需要施用锌肥<sup>[2,40]</sup>,合理施用锌肥能使水稻、玉米、大豆增产约 10%,蔬菜平均增产 15%~25%,而且还能改善水果和蔬菜的品质<sup>[40]</sup>。北京市儿童缺锌比例较大<sup>[41,42]</sup>,尤其是 4 岁以下儿童缺锌比例大约占 65%~86%<sup>[42]</sup>。因此,从农业生产和人体健康的角度来看,北京市农业土壤主要表现为缺锌,而土壤

的锌污染问题并不明显。

## 5 结论

对北京市 7 种土地利用方式的调查发现,不同土地利用方式下土壤锌含量存在较大差异。土壤锌平均含量从高到低的顺序依次为:公园>果园>稻田>绿化地>菜地>自然土壤>麦地。占样点大多数的麦地以及自然土壤的锌含量与背景值没有显著差别,而公园、果园、稻田和菜地土壤锌含量则显著高于北京市土壤锌背景值。以北京市土壤锌的基线值为标准,各种土地利用方式下土壤锌含量均显著低于基线值,但公园、果园、菜地土壤超标率稍高,分别为 25.8%、23.8%和 9.7%,其它利用方式的土壤超标并不严重。总体来看,北京市土壤锌污染的风险不大,农业土壤主要表现为缺锌。

## 参考文献(References):

- [1] Abrahams P W. Soils: their implications to human health [J]. *The Science of the Total Environment*, 2002, 291: 1–32.
- [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 Yu-suo, HAN Feng-xiang, et al. Heavy Metal Pollution in Soil-plant System. Beijing: Science Press, 1996.]
- [3] Tyler G, Balsberg Pahlsson A M, Bengtsson G, Baath E, Tranvik L. Heavy metal ecology of terrestrial plants, microorganisms and invertebrates: A review [J]. *Water, Air and Soil Pollution*, 1989, 47: 189–225.
- [4] 中国环境监测总站. 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. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1990.]
- [5] LIN Yu-pin, TENG Tung-po, CHANG Tsun-kuo. Multivariate analysis of soil heavy metal pollution and landscape pattern in Changhua county in Taiwan [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 62(1): 19–35.
- [6] 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.
- [7] Ritter C J, Rinefield S M. Natural background and pollution levels of some heavy metals in soils from the area of Dayton, Ohio [J]. *Environmental Geology*, 1983, 5: 73–78.
- [8] Martin A C, Rivero V C, Marin M T L. Contamination by heavy metals in soils in the neighborhood of a scrapyard of discarded vehicles [J]. *The Science of the Total Environment*, 1998, 212: 142–152.
- [9] 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.
- [10] Horekmans L, Swennen R, Deckers J, et al. Local background concentrations of trace elements in soils: a case study in the Grand Duchy of Luxembourg [J]. *CATENA*, 2005, 59(3): 279–304.
- [11] Chen M, Ma L Q, Harris W G. Baseline concentrations of 15 trace elements in Florida surface soils [J]. *Journal of Environmental Quality*, 1999, 28: 1173–1181.
- [12] 陈同斌, 黄启飞, 高定, 等. 中国城市污泥的重金属含量及其变化趋势[J]. 环境科学学报, 2003, 23(5): 561–569. [CHEN Tong-bin, HUANG Qi-fei, GAO Ding, et al. Heavy metal concentrations and their decreasing trends in sewage sludge of China. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2003, 23(5): 561–569.]
- [13] 刘铮. 我国土壤中锌含量的分布规律[J]. 中国农业科学, 1994, 27(1): 30–37. [LIU Zheng. Regularities of content and distribution of Zn in soils of China. *Scientia Agricultura Sinica*, 1994, 27(1): 30–37.]
- [14] 郑袁明, 陈同斌, 郑国砥, 等. 北京市不同土地利用方式下土壤铬和镍的积累[J]. 资源科学, 2005, 27(6): 162–166. [ZHENG Yuan-ming, CHEN Tong-bin, ZHENG Guo-di, et al. Chromium and nickel accumulations in soils under different land use. *Resources Science*, 2005, 27(6): 162–166.]
- [15] 郑袁明, 陈同斌, 陈煌, 等. 北京市不同土地利用方式下土壤铅的积累[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 791–797. [ZHENG Yuan-ming, CHEN Tong-bin, CHEN Huang, et al. Lead accumulation in soils under different land use in Beijing City. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(5): 791–797.]

- [16] 郑袁明,罗金发,陈同斌,等.不同土地利用方式对土壤镉积累的影响[J].地理研究,2005,24(4):542-548.[ZHENG Yuan-ming,LUO Jin-fa,CHEN Tong-bin,*et al.*Cadmium accumulation in soils under differential land use in Beijing.*Geographical Research*,2005,24(4):542-548.]
- [17] 郑袁明,陈同斌,郑国砥,等.不同土地利用方式对土壤铜积累的影响——以北京市为例[J].自然资源学报,2005,20(5):690-696.[ZHENG Yuan-ming,CHEN Tong-bin,ZHENG Guo-di,*et al.*Copper accumulation in soils under differential land use in Beijing.*Journal of Natural Resources*,2005,20(5):690-696.]
- [18] 陈同斌,郑袁明,陈煌,等.北京市不同土地利用类型的土壤砷含量特征[J].地理研究,2005,24(2):229-235.[CHEN Tong-bin,ZHENG Yuan-ming,CHEN Huang,*et al.*Arsenic accumulation in soils for different land use types in Beijing.*Geographical Research*,2005,24(2):229-235.]
- [19] CHEN Tong-bin,ZHENG Yuan-ming,LEI Mei,*et al.*Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing,China [J].*Chemosphere*,2005,60(4):542-551.
- [20] 陈同斌,郑袁明,陈煌,等.北京市土壤重金属含量背景值的系统研究[J].环境科学,2004,24(1):117-122.[CHEN Tong-bin,ZHENG Yuan-ming,CHEN Huang,*et al.*Background concentrations of soil heavy metals in Beijing.*Chinese Journal of Environmental Science*,2004,24(1):117-122.]
- [21] 李惠英,陈素英,王骞.铜、锌对土壤-植物系统的生态效应及临界含量[J].农村生态环境,1994,10(2):22-24.[LI Hui-ying,CHEN Su-ying,WANG Huo.Study on the fates of Cu and Zn in soil-plant system as well as their critical contents.*Rural Eco-Environment*,1994,10(2):22-24.]
- [22] 项长兴,董雅文,钱君龙,等.南京栖霞山铅锌矿区土壤环境质量评价[J].土壤,1993,25(6):319-322.[XIANG Chang-xing,DONG Ya-wen,QIAN Jun-long,*et al.*Evaluation of Pb-Zn mining area soil environmental quality in Xixia mountain of Nanjing. *Soils*,1993,25(6):319-322.]
- [23] 郑袁明,余轲,吴泓涛,等.北京城市公园土壤铅含量及其污染评价[J].地理研究,2002,21(4):418-424.[ZHENG Yuan-ming,YU Ke,WU Hong-tao,*et al.*Lead concentrations of soils in Beijing urban parks and their pollution assessment.*Geographical Research*,2002,21(4):418-424.]
- [24] 陈同斌,黄铭洪,黄焕忠,等.香港土壤中的重金属含量及其污染现状[J].地理学报,1997,52(3):228-236.[CHEN Tong-bin,Wong M H,Wong J W C,*et al.*A study on heavy metal pollution in soils in Hong Kong.*Acta Geographica Sinica*,1997,52(3):228-236.]
- [25] CHEN Ming,Ma L Q,Hoogeweg C G,*et al.*Arsenic background concentrations in Florida,U.S.A.surface soils:determination and interpretation [J].*Environmental Forensics*,2001,2:117-126.
- [26] 张梅,柳玉秀,赵玉娟.儿童血液锌原卟啉与铁、铅和其它必需元素(钙、锌、镁、铜)的相关性研究[J].中华实用中西医杂志,2004,4(17):3645-3649.[ZHANG Mei,LIU Yu-xiu,ZHAO Yu-juan.Study on pertinence of zinc porphyrin and else essential element (Ca, Zn, Mg, Cu).*Chinese Journal of the Practical Chinese with Modern Medicine*,2004,4(17):3645-3649.]
- [27] 耿忠厚,何平,江红梅,等.人发铅锌含量变化趋势及其相关性分析[J].中国公共卫生,2002,18(9):1098-1099.[GENG Zhong-hou,HE Ping,JIANG Hong-mei,*et al.*Analysis on variable tendency of human hair lead and zinc and correlation.*China Public Health*,2002,18(9):1098-1099.]
- [28] 高明,车福才,魏朝富,等.长期施用有机肥对紫色水稻土铁锰铜锌形态的影响[J].植物营养与肥料学报,2000,6(1):11-17.[GAO Ming,CHE Fu-cai,WEI Chao-fu,*et al.*Effect of long-term application of manures on forms of Fe,Mn,Cu,and Zn in purple paddy soil.*Journal of Plant Nutrition and Fertilizer Science*,2000,6(1):11-17.]
- [29] 郭观林,周启星.中国东北北部黑土重金属污染趋势分析[J].中国科学院研究生院学报,2004,21(3):386-392.[GUO Guan-lin,ZHOU Qi-xing.Contaminative trends of heavy metals in chernozem soil of northeast China.*Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences*,2004,21(3):386-392.]
- [30] Michael D K.Assessment of Gross Accumulation and Leaching Characteristics of Heavy Metals in Contaminated Urban Soil [D]. Illinois:University of Illinois at Urbana-Champaign,1998.
- [31] 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.

- [32] 韩东昱,岑况,龚庆杰.北京市公园道路粉尘 Cu、Pb、Zn 含量及其污染评价[J].环境科学研究,2004,17(2):10~14.[HAN Dong-yu,CEN Kuang,GONG Qing-jie.Cu,Pb,Zn contents in road dusts in parks and their pollution assessment in Beijing. *Research of Environmental Sciences*,2004,17(2):10~14.]
- [33] 王赞红,夏正楷.北京 2002 年 3 月 20~21 日尘暴过程的降尘量与降尘粒度特征[J].第四纪研究,2004,24(1):95~99.[WANG Zan-hong,XIA Zheng-kai.Dust flux and particle size of dustfall of the duststorm on March 20~21,2002 in Beijing. *Quaternary Sciences*,2004,24(1):95~99.]
- [34] 周国信,程怀文.丝绸之路古颜料考[J].现代涂料与涂装,1995,(1):35~38.[ZHOU Guo-xin,CHENG Huai-wen.Research on ancient color of the Silk Road. *Modern Paint and Finishing*,1995,(1):35~38.]
- [35] LI X D,Poon C S,Pui S L.Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong [J].*Applied Geochemistry*,2001,16:1361~1368.
- [36] 杨元根,刘丛强,张国平,等.铅锌矿山开发导致的重金属在环境介质中的积累[J].矿物岩石地球化学通报,2003,22(4):305~309.[YANG Yuan-gen,LIU Cong-qiang,ZHANG Guo-ping,et al.Heavy metal accumulations in environmental media induced by lead and zinc mine development in northwestern Guizhou province,China. *Bulletin of Mineralogy,Petrology and Geochemistry*, 2003,22(4):305~309.]
- [37] 吴双桃,吴晓芙,胡日利,等.铅锌冶炼厂土壤污染及重金属富集植物的研究[J].生态环境,2004,13(2):156~157,160.[WU Shuang-tao,WU Xiao-fu,HU Yue-li,et al.Studies on soil pollution around Pb-Zn smelting factory and heavy metals hyperaccumulators. *Ecology and Environment*,2004, 13(2):156~157,160.]
- [38] 胡克林,张凤荣,吕貽忠,等.北京市大兴区土壤重金属含量的空间分布特征[J].环境科学学报,2004,24(3):463~468.[HU Ke-lin,ZHANG Feng-rong,LÜ Yi-zhong,et al.Spatial distribution of concentrations of soil heavy metals in Daxing county, Beijing. *Acta Scientiae Circumstantiae*,2004,24(3):463~468.]
- [39] 唐翔宇,朱永官.土壤中重金属对人体生物有效性的体外试验评估[J].环境与健康杂志,2004,21(3):183~185.[TANG Xiang-yu,ZHU Yong-guan.Advances in in vitro tests in evaluating bioavailability of heavy metals in soil via oral intake. *Journal of Environment Health*,2004,21(3):183~185.]
- [40] 汪洪,刘新保,褚天铎,等.锌肥对作物产量、子粒锌及土壤有效锌含量的后效[J].土壤肥料.2003(1):3~6,9.[WANG Hong, LIU Xin-bao,CHU Tian-duo,et al.Residual effect of Zn application on crop yield,Zn concentration in crop grain and soil available Zn. *Soil and Fertilizer*,2003(1):3~6,9.]
- [41] 林晓明,田伟,郭燕梅,等.北京山区学龄儿童机体锌状况及血清锌水平分析[J].中国儿童保健杂志,2002,10(4):227~229.[LIN Xiao-ming,TIAN Wei,GUO Yan-mei,et al.Zn status and analyze the level of serum Zn in rural school-age children of Beijing mountain area. *Chinese Journal of Child Health Care*,2002,10(4).227~229.]
- [42] 张完白,王彤文,李赛君,等.700 例儿童发中锌钙镁铁铜的测定结果及统计分析[J].广东微量元素科学,1997,4(11):23~28.[ZHANG Wan-bai,WANG Tong-wen,LI Sai-jun,et al.Statistical analysis on the content of Zn,Ca,Mg,Fe,Cu in hair of 700 children. *Guangdong Trace Element Science*,1997,4(11):23~28.]

## Zinc Accumulation and Pollution Risk in Soils Under Different Land Use Types in Beijing

ZHENG Yuan-ming<sup>1</sup>, SONG Bo<sup>1,2</sup>, CHEN Tong-bin<sup>1</sup>, ZHENG Guo-di<sup>1</sup>, HUANG Ze-chun<sup>1</sup>

(1. Center for Environmental Remediation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences Beijing 100049, China)

**Abstract:** Zinc is an essential element for animals and plants, and is of widely concern in agricultural sciences and environmental sciences, but the point to be concerned by the two fields above



is not always the same. Zn is commonly considered as a beneficial element by agricultural scientists who pay more attention to its positive effects on plant, while environmental scientists always take Zn as one of the heavy metals and give more attention to its negative effects on environment. According to a report by FAO in 1967, it's very common for Zn deficiency for the soil in the world, such as most of the countries in Europe, and a majority of states in USA. According to the data of the Second National Soil Survey of China, the area of Zn deficiency soil reached to  $0.49 \times 10^8$  ha, accounting for 51.1% of the total cultivated land.

Beijing, capital of China, is located between  $116^\circ 20' E$  and  $39^\circ 56' N$  and surrounded by mountains on the west, the north and the northeast. Lying in the northern part of North China Plain, Beijing covers a total area of  $16\,808\text{ km}^2$ . Of which  $10\,418\text{ km}^2$  are mountainous areas, or 62% of the total area of Beijing, while plain area covers  $6\,390\text{ km}^2$ , or 38% of the city's total.

Information on the environmental effects of different land uses is lacking, especially in Beijing. Such information is important for the understanding of the sustainable development and regional agricultural planning. To identify the effects of land use on the accumulation of Zn in the soils, 630 samples were obtained from 7 land-use types of Beijing, including park, vegetable field, paddy field, orchard, greenbelt, cornfield and natural soil, and their zinc was determined with Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS). It was found that there was a rather large difference of the accumulation of soil Zn under different land use types. Compared with background concentration ( $GM=57.5\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) of zinc in soil of Beijing, the accumulation of Zn in the park soils ( $GM=83.3\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), orchard ( $GM=70.0\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), paddy fields ( $GM=68.6\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), greenbelt ( $GM=66.3\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) and vegetable fields ( $GM=63.6\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) was significant, while that of cornfields ( $GM=56.9\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) and natural soils ( $GM=59.7\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), accounted for the majority of the total samples, were not significantly different from background concentration. Using the Zn baseline concentration, product of geometrical mean (GM) and square of geometrical standard deviation (GSD), of soil in Beijing ( $97.2\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) as background, the ratios of soil samples exceeding the set standard in park, orchard, vegetable field, cornfield, and greenbelt were 25.8%, 23.8%, 9.7%, 2.6% and 7.7%, respectively, while the overall ratio for the study was 6.4%. According to this investigation, some anthropogenic factors such as metal smelt, traffic, application of zinc-contained fertilizers and pesticides, sewage irrigation, and incineration of waste and landfill of waste, played quite important roles in the accumulation of soil sample Zn. According to the geometrical mean of Zn in the soil, the order of the 7 land-use types, from the highest to the lowest in Zn concentration, was park soil > orchard > paddy fields > greenbelt > vegetable fields > natural soils > cornfields.

In general, from the viewpoint of agricultural production and human health, there is a zinc deficiency on the whole in soils of Beijing, and zinc pollution is not obvious.

**Key words:** land use; accumulation; zinc; Beijing; soil; heavy metal