

太白山自然保护区土壤重金属含量及其分布特征研究

杜俊平¹, 廖超英^{1*}, 田联会², 刘莉丽¹, 李智军²,
李学林², 马 勇²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西太白山国家级自然保护区管理局, 陕西 眉县 722300)

摘 要:在太白山自然保护区, 依据土壤类型选择典型样地取样, 在室内分析的基础上, 研究了太白山自然保护区土壤中 6 种重金属元素的含量及其分布特征。结果表明: 太白山自然保护区土壤 6 种重金属平均含量大小顺序为: $Zn > Cr > Pb > Cu > As > Cd$ 。与国家《土壤环境质量标准》(GB15618-1995) 一级标准相比较, 保护区土壤质量总体上保持着自然背景水平; 随着海拔的升高, Zn 、 Cr 、 Pb 含量呈升高趋势, Cu 、 Cd 含量呈下降趋势, As 含量变化不大, 分布较均匀; 重金属元素在各类型土壤剖面中分布不同, 在褐土剖面中主要表现为表层富集和淋溶, 棕壤、暗棕壤和森林草甸土剖面下层元素富集现象较明显, 而高山草甸土剖面中元素的垂直分布不明显, 分布较均匀。

关键词:太白山自然保护区; 土壤; 重金属; 分布

中图分类号: S714.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-7461(2007)03-0084-04

Distribution and Contents of Heavy Metals in Soils of Taibaishan Nature Reserve

万方数据 DU Jun-ping¹, LIAO Chao-ying¹, TIAN Lian-hui², LIU Li-li¹,
LI Zhi-jun², LI Xue-lin², MA Yong²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Taibaishan Nature Reserve Administrative Bureau, Meixian, Shaanxi 722300, China)

Abstract: Based on field sampling and indoor analysis, the contents of 6 heavy metals in soils of Taibaishan Nature Reserve were studied. The results showed that the contents of the heavy metals were $Zn > Cr > Pb > Cu > As > Cd$. Compared with the first class standard of National Environmental Quality Standard for Soil, contents of 6 heavy metal elements are normal, the soil quality in Taibaishan Nature Reserve was good. Along the altitudes from foot to top of the mountain, the contents of Zn , Cr , Pb , Cr increased, the contents of Cu and Cd decreased, the variation of As content was the lowest. The distribution of the heavy metals in soil profiles was different. In cinnamon soil, the heavy metals mainly accumulated on the upper horizon and there was eluviation. In the profiles of brown earth, dark brown earth and forest meadow soil, the heavy metals were mainly accumulating below the surface layer. In alpine meadow soil, the vertical variation of the heavy metal contents was not significant.

Key words: Taibaishan Nature Reserve; soils; heavy metal; distribution

土壤是人类赖以生存和发展的基础。随着社会和科技的进步, 土壤环境问题越来越多的受到人们的关注^[1]。作为陆地生态系统食物链上重要的环节,

土壤是重金属元素迁移、转化和累积的重要场所^[2]。重金属可以在土壤中累积, 通过各种途径转移到生态系统(如水体)中。土壤中重金属含量及分布主要

收稿日期: 2006-10-10 修回日期: 2006-11-10

基金项目: 财政部国家级自然保护区专项资金项目“陕西太白山国家级自然保护区综合科学考察”项目

作者简介: 杜俊平(1981-), 女, 河南博爱人, 硕士研究生, 主要从事环境生物学方面的研究。

* 通讯作者: 廖超英, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: chaoying95@163.com

受自然因素的影响,人为干扰也是一个不可忽视的因素。

太白山自然保护区是以保护自然环境、自然资源及珍稀濒危野生动植物为目的的国家级自然保护区。随着生态旅游业的兴起,保护区以其独特的自然景观,吸引了众多游客,同时,自然生态环境质量问题也引起了人们的重视。为了解保护区的土壤环境特征,实现保护区的可持续发展,笔者对保护区的土壤环境特征进行调查,分析了土壤重金属元素的含量和分布特征,对保护区合理经营管理具有重要的意义。

1 保护区自然概况

太白山国家级自然保护区位于秦岭中段,总面积 56 325 hm²。其主峰拔仙海拔 3 767.2 m,是秦岭的最高峰。保护区处在我国暖温带和北亚热带分界线上,气候垂直分异明显。山顶局部地区终年积雪,夏短冬长,雨量充沛。由于水热条件随地势高低变化,土壤呈现垂直带谱分布,由山底到山顶,北坡土壤带^[3]依次为:褐土(海拔 1 300 m 以下)、棕壤(海拔 1 300~2 300 m)、暗棕壤(海拔 2 300~3 200 m)、森林草甸土(海拔 3 100~3 400 m)和高山草甸土(海拔 3 300~3 760 m)。母岩以中生代花岗岩类和结晶变质岩系为主,常见有黑云母花岗岩、角闪花岗岩、花岗片麻岩、伟晶岩等。

2 研究方法

2.1 样品采集

2005 年 7 月,采用 GPS 定位,综合考察太白山自然保护区的地形、地貌、土壤、植被等条件后,依土壤类型选择典型的具有代表性的样点,按土壤自然发生层次分层取样,同一层次采集 3~5 个样品进行充分混合,共 37 个样品。采集过程中,去除与金属器皿接触的土壤。

2.2 样品处理

土壤样品经自然风干、研磨,过 100 目筛。主要测定项目有 pH 值、金属元素铜(Cu)、锌(Zn)、镉(Cd)、铬(Cr)、铅(Pb)和砷(As)。pH 值采用电位法测定;土壤样品采用《土壤环境质量标准详解》^[4]中规定的分析方法进行消煮,使用 ICP-AES 等离子发射光谱法测定 Cu、Zn、Cd、Cr、Pb,使用 AFS-930 双道原子荧光光度计测定 As。

2.3 数据处理

采用 DPS3.01 软件,计算土壤重金属元素的平均含量(采用剖面加权法)、标准差和变异系数。

3 结果与分析

3.1 土壤中 6 种重金属元素的含量

从表 1 可知,太白山自然保护区土壤中 6 种重金属元素平均含量的大小顺序为:Zn>Cr>Pb>Cu>As>Cd,其中 Zn 的含量最高(91.5 mg·kg⁻¹),Cd 的含量最低(0.1 mg·kg⁻¹)。Cd 的变异系数最大(52.6%),这与该元素本身性质及其在基岩和风化壳中的分布特征、植物的吸收积累有关。

表 1 太白山自然保护区土壤重金属元素含量
Table 1 Contents of the heavy metals in soils of Taibaishan Nature Reserve

重金属元素	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	As
含量范围/(mg·kg ⁻¹)	62.9~112.3	12.5~24.7	17.7~33.0	0.1~0.2	42.8~81.5	5.4~11.1
平均值/(mg·kg ⁻¹)	91.5	19.7	27.8	0.1	63.0	8.16
标准差	21.9	4.3	7.0	0.1	14.9	1.96
变异系数/%	23.9	21.7	25.4	52.6	23.7	24.0

与国家《土壤环境质量标准》^[5](GB15618—1995)一级标准(Cu≤35 mg·kg⁻¹、Pb≤35 mg·kg⁻¹、Cr≤90 mg·kg⁻¹、Cd≤0.20 mg·kg⁻¹、As≤15 mg·kg⁻¹)相比较,元素 Cu、Pb、Cr、Cd、As 的含量均低于一级标准值,处于自然背景含量水平。

保护区土壤中 Zn 含量范围为 62.9~112.3 mg·kg⁻¹,在森林草甸土和高山草甸土中 Zn 含量高

于其他土类,原因可能是土壤表层有机质残体在湿润而寒冷的环境中分解较弱,累积了较多的腐殖质,与刘全友等^[6]的研究结果一致。总的来说,保护区的土壤环境处于自然背景水平。

3.2 土壤中各元素的分布

3.2.1 不同类型土壤中各元素的分布 随着水热条件、海拔高度和土壤类型的变化,不同类型的土壤中各元素含量有差异(表 2)。

表 2 不同类型土壤中重金属含量
Table 2 Contents of the heavy metals in different soils

土壤类型	海拔/m	元素含量/(mg·kg ⁻¹)					
		Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	As
褐土	1 300	65.0	23.4	24.4	0.076	45.7	9.00
棕壤	1 300~2 300	89.4	19.2	30.2	0.178	50.6	8.41
暗棕壤	2 300~3 200	92.3	22.3	20.5	0.128	75.2	8.82
森林草甸土	3 100~3 400	106.5	18.0	32.6	0.064	70.9	8.83
高山草甸土	3 300~3 760	111.6	12.8	31.8	0.048	80.1	8.70

由表 2 可知,随着土壤类型的变化和海拔的升高,Zn、Cr、Pb 含量增加。其中,Zn 在高山草甸土中的含量最高,为 111.6 mg·kg⁻¹,Cr 含量的最大值出现在高山草甸土中,为 80.1mg·kg⁻¹,Pb 含量在各类型土壤中的波动范围相对较小,为 20.5~32.6 mg·kg⁻¹,在暗棕壤中的含量最低。高山草甸土位于寒冷的高山区,成土母质均一,化学淋溶作用弱,元素迁移相对较少,故 Zn、Cr 和 Pb 含量较高。

同时,随着土壤类型的变化和海拔的升高,元素 Cu、Cd 含量呈下降趋势,其中 Cu 在褐土和暗棕壤中含量最高,分别为 23.4 mg·kg⁻¹和 22.3 mg·kg⁻¹。暗棕壤中有机质含量较高,pH 值较低,在此环境下,Cu 具有较强的形成络合物的能力,与土壤有机物结合形成稳定的螯合物,从而大大降低了 Cu 的有效性,使植物难以吸收^[7];Cd 随土壤类型的变化波动幅度较大,其中在棕壤和暗棕壤中富集现象明显,可能是由于棕壤和暗棕壤呈弱酸性,且处于气候温暖湿润的中山地带,水热资源丰富,植被旺盛,有利于土壤有机质积累,从而促进生物对 Cd 富集;As 在各类型土壤中含量差异不大,分布较均匀。

3.2.2 各元素在土壤剖面中的分布 元素在土壤剖面中的分布受多种因子的影响而表现出多样性。不同土壤在其形成过程中具有各自的发生特征,表现在剖面的成层现象和元素在剖面中的纵向迁移规律。根据有关资料^[8~10],元素在土壤剖面中的分布类型大致可以归纳为:(1)均匀分布型;(2)表层富集型,即元素含量随着土壤深度的增加而降低;(3)某一层位富集型;(4)底层富集型,即元素含量随着土壤深度的增加而增加;(5)不规则分布型。

在褐土剖面中(图 1),土壤表层 Cu 和 Zn 的含量较低,且随着土层深度的增加而增大;Zn 在 40~60 cm 处富集;Pb 和 Cr 的分布属于表层富集型,由表层至深层含量减少。褐土处于低山段,来往车辆排放的尾气及各种生产活动产生的灰尘可能会造成表层土壤 Pb 含量增加;元素 Cd 和 As 含量随土层深度的增加不发生显著变化,各土层的含量比较均一。

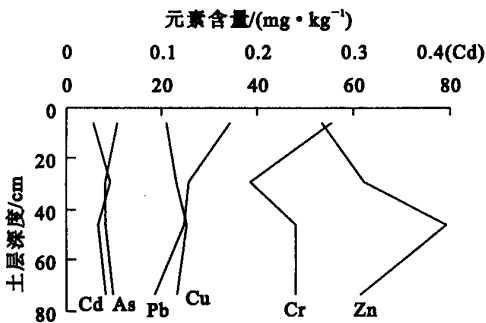


图 1 褐土中各元素的含量
Fig. 1 Contents of elements in cinnamon soil profile

在棕壤剖面中(图 2),Pb 和 Cr 的分布属于底层富集型,以 Pb 分布最为明显,自表层向下逐渐增加;Zn 含量的变化幅度最大,最小值出现在表层,在土层 60 cm 处富集;Cu 则表现为表层富集型;As 和 Cd 的纵向分布变化不大,属于均匀分布型。

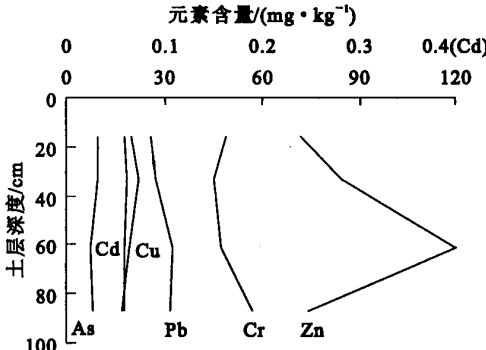


图 2 棕壤中各元素的含量
Fig. 2 Contents of elements in brown soil profile

从图 3 可看出,在暗棕壤中,Cr 和 Pb 的分布规律相同,为底层富集型;As 的含量随土层深度的增加而逐渐增大,但变化幅度较小;Cu 和 Zn 含量则表现为自表层到深层逐渐下降的趋势;Cd 在剖面表层富集现象明显。

从图 4 可看出,在 6 种元素中,As、Cr 和 Zn 在剖面中的分布规律一致,均在土层 20~30 cm 处富集,而 Cd 则与之相反,在土层 20~30 cm 处的含量最低,可能是表层生物积累和淋溶共同作用的结果;Pb 和 Cu 的含量变化幅度较小,自表层到深层 Pb

含量减少。

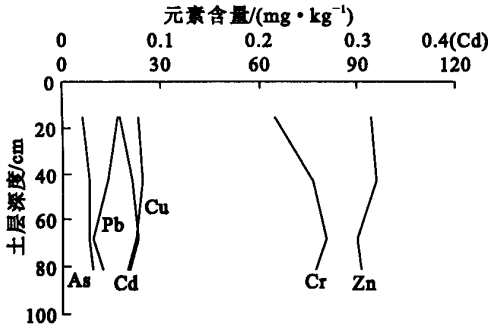


图3 暗棕壤中各元素的含量
Fig.3 Contents of elements in dark brown soil profile

在高山草甸土剖面中(图5),随着土层深度的增加,Zn含量逐渐减少,Zn属于表层富集型;元素Cr含量逐渐增大,且在底层富集;其他各元素含量变化不大,纵向分布较均匀,其中As和Cu在30cm处有富集现象。

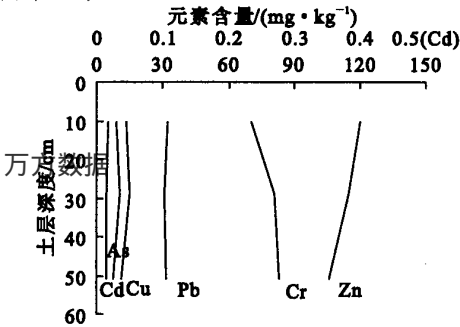


图5 高山草甸土中各元素的含量
Fig.5 Contents of elements in alpine meadow soil profile

总的来说,重金属元素在不同类型土壤剖面中的分布规律不同。在褐土剖面中,元素多表现为表层富集和淋溶。在棕壤、暗棕壤和森林草甸土中,元素在剖面下层富集现象较明显,而高山草甸土剖面中元素分布较均匀。形成上述现象的原因可能是褐土分布于低山段,具有高温高湿的环境条件,导致化学风化作用和淋溶现象强烈。另外,低山区人类活动较频繁,其表层富集现象也可能与人类活动干扰有关。棕壤、暗棕壤和森林草甸土所处地段的植被覆盖率高,温度适宜,元素的活性增强,降水量较大,淋溶作用增强,致使元素在剖面下层富集。高山草甸土处于海拔3300m以上,虽降水量大,但终年温度较低,元素活性弱,因而元素分布较均匀。

4 结论

太白山自然保护区土壤中,6种重金属元素的平均含量为:Zn>Cr>Pb>Cu>As>Cd,与国家《土壤环境质量标准》(GB15618—1995)一级标准相

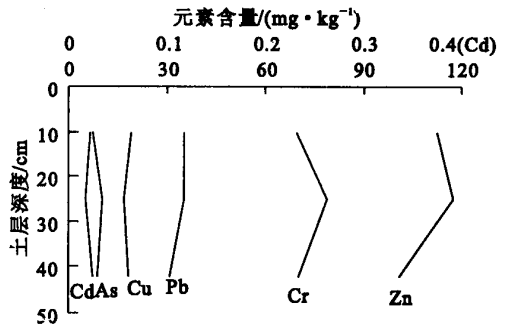


图4 森林草甸土中各元素的含量
Fig.4 Contents of elements in forest meadow soil profile

比较,保护区土壤环境总体上保持着自然背景水平。

太白山自然保护区土壤中元素分布具有一定的规律。随着土壤类型的变化和海拔的升高,Zn、Cr、Pb含量呈升高趋势,Cu、Cd含量呈下降趋势,As在各类型土壤中含量差异不大,分布较均匀。

受成土过程和水热条件的影响,保护区各类型土壤剖面中元素的分布特征不同。元素在褐土中多表现为表层富集和淋溶,在棕壤、暗棕壤和森林草甸土中,元素在剖面下层富集现象明显,高山草甸土中元素分布较均匀。

另外,在保护区的低山地带,人类活动比较频繁,周边居民的日常生活、生产活动及各种车辆排放的尾气都可能对环境造成影响。建议加强和重视保护区边缘区的管理和建设,增强人们的环保意识,采取有效措施防止污染物进入保护区内,确保保护区生态环境免遭破坏,保持保护区内良好的自然景观,实现保护区的持续发展。

参考文献:

[1] 熊东红,贺秀斌,周红艺. 土壤质量评价研究进展[J]. 世界科技研究与发展,2005,27(1):71-75.
[2] 许嘉琳,杨居荣. 陆地生态系统中的重金属[M]. 北京:中国环境科学出版社,1995.
[3] 朱显谟. 陕西太白山岩生植物和原始成土过程[J]. 土壤学报,1963,11(1):1-9.
[4] 夏家洪. 土壤环境质量标准详解[M]. 北京:中国环境科学出版社,1996.
[5] GB15618—1995. 土壤环境质量标准[S].
[6] 刘全友,黄衍初,张力,等. 西藏南迦巴瓦峰地区土壤环境背景值研究[J]. 环境科学学报,1985,5(4):448-458.
[7] 陈怀满. 土壤—植物系统中的重金属污染[M]. 北京:科学出版社,1996.
[8] 章海波,骆永明,吴龙华,等. 香港土壤研究Ⅱ. 土壤硒的含量、分布及其影响因素[J]. 土壤学报,2005,42(3):404-410.
[9] 樊文华,陈政民. 五台山草地自然保护区土壤中铬含量分布及影响因素的研究[J]. 土壤,1999(4):217-219.
[10] 刘铮. 中国土壤微量元素[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1996.