

《环境科学》编辑部 编

环境中 若干元素的 自然背景值 及其 研究方法

Fe

Hg
Se

Pb

Cr Mn
Mo As

科学出版社

环境中若干元素的自然背景值 及其研究方法

《环境科学》编辑部 编

科学出版社

1982 年

内 容 简 介

本论文集由中国科学院环境背景值学术交流会选出的有代表性的 33 篇论文组成。内容包括土壤、水体和生物等方面背景值研究的重要成果。基本上反映了当前我国这一领域的研究深度和广度。对于深入开展环境背景值研究,评价区域环境质量,进行环境污染趋势预测预报,制定环境标准以及合理布局工农业生产等提供了基本资料。

可供环境保护部门和有关单位的科技人员参考。

环境中若干元素的自然背景值 及其研究方法

《环境科学》编辑部 编

责任编辑 刘卓澄

科学出版社 出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店

*

1982 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1982 年 12 月第一次印刷 印张: 11

印数: 0001—3,400 字数: 252,000

统一书号: 13031·2083

本社书号: 2840·13—18

定 价: 1.75 元

序 言*

在工农业生产的不断发展中,不合理地利用自然资源和任意排放有害物质,导致生态破坏或环境污染而造成“公害”,已成为人们日益关注的问题。

随着我国四个现代化建设的迅速发展,及早地掌握我国环境中各种要素的背景值,以便制定环境对策,有效地保护和改善环境,创建和保持良好的生态系统,造福于人类,已是一项十分紧迫的任务。环境背景值,主要是指环境中诸因素,如大气、水体、土壤以及植物、动物和人体组织等在正常情况下化学元素的含量及其赋存态。研究环境背景值是环境科学中的一项基础工作,它为开展区域环境质量评价,进行环境污染趋势预测预报,制定环境标准,研究环境中元素的迁移、转化规律以及为工农业生产的合理布局提供科学数据。同时,对环境生态学、地球化学、土壤学、生物学以及地方病的环境病因研究等都有重要参考价值。

二十世纪五十年代,环境污染问题已开始引起重视。七十年代以来,国外有关环境背景值的研究工作也逐渐开展,美国、英国、加拿大、日本等国在这方面作了比较深入的研究。由于重视环境科学的研究,先进国家环境状况已有所改善。从 1973 年开始,我国不少单位结合各自的研究工作,做了一些土壤背景值的测定。1977 年初,在中国科学院的主持下,组成了中国科学院土壤背景值协作组,与有关科研单位、高等院校及环境保护机构合作,先后开展了北京、南京及广东等地区土壤、水体和生物等方面的背景值研究,并取得了一批有价值的成果。为了及时总结和交流,中国科学院于 1979 年底在昆明市召开了环境背景值学术讨论会,会议选出有代表性的论文汇集出版,以期进一步推动这项工作的深入开展。

土壤背景值方面:除进行城市的土壤背景值工作外,还开展了区域性的背景值研究。在研究环境背景值时,还采用国际上较先进的测试手段,使分析的元素达 40 种左右。对土壤中稀土元素及天然放射性元素也进行了分析,填补了我国土壤科学的空白。此外,对全国主要土类中砷和黄土中砷、汞的背景值,作了较详细的讨论,并论述了土壤背景值与成土母质及土壤类型的关系;绘制了部分城区土壤背景值图。在研究工作中,还采用了背景值判断和数理统计等方法。

水体背景值方面:将样品冷冻干燥浓缩后,进行中子活化分析,获得了我国热带地区地表水中 28 种元素的背景值。在湖泊水体、饮用水、海水以及海洋沉积物等背景值的研究工作中,也积累了不少科学资料。

生物背景值方面:开展了大量的工作,取得了我国粮食中硒的背景值,这些背景值具有地带性分布特点,从而提出了我国克山病病因与粮食缺硒有关的论点。此外,还获得了我国不同地区人发、粮食、植物体中多种化学元素的背景值。

环境科学是一个新的领域,有大量的工作要做,还有许多问题需要深入研究。我国环

* 本文集选题、审阅和编辑工作是在昆明会议学术小组的领导下进行的。南京土壤研究所的杨国治、唐诵六、杨学义等同志在文集的编辑过程中作了大量细致的工作,特此表示感谢。

境因素复杂,环境背景值研究又面广量大,因此,今后需要多学科、多部门开展协作,加强学术交流,促进环境背景值的研究迅速发展,为防治污染,保护和改善环境,提供更多更好的科学依据,发展我国的环境科学。

熊 毅
1980年5月

目 录

序言·····	熊 毅 (iii)
北京附近土壤中微量元素背景系数与高背景区·····	王景华 (1)
北京地区褐色土中微量元素含量及其分布特征·····	邹琪陶 (5)
南京地区土壤中重金属浓度的概率分布·····	唐诵六 (9)
南京地区土壤背景值与母质的关系·····	杨学义 (16)
南京东郊土壤中九种元素的环境背景图研究·····	
·····中国科学院南京土壤研究所环境保护研究室本底组	(21)
广州地区土壤背景值研究·····	中国科学院土壤背景值协作组等 (27)
广州附近土壤中元素背景值的估测·····	戎捷等 (35)
仪器中子活化分析方法测定广州地区土壤中各种常量与微量元素·····	屠树德等 (40)
X 射线荧光法测定广州地区土壤中锌、镉、铅、铁、钛的含量·····	姜兆春等 (47)
乌鲁木齐地区土壤中若干元素的自然背景值·····	袁国映等 (52)
广东省区域土壤中某些元素的自然背景值·····	中国科学院土壤背景值协作组等 (56)
广东省土壤化学元素自然背景值检验方法·····	刘付强 (60)
华南热带和南亚热带地区土壤中汞的含量水平·····	潘树荣等 (64)
西北黄土地区土壤汞背景值的研究·····	李香兰 (69)
黄土中砷背景值的初步研究·····	姜永清等 (74)
我国一些土类中砷自然背景值的初步分析·····	许嘉琳等 (79)
土壤环境背景值统计方法的探讨·····	杨国治 (82)
土壤本底值判断方法之一——元素相关分析法·····	梁 伟 (88)
土壤中铬的形态与转化·····	朱月珍 (92)
广州市一些植物中某些元素背景值的初步研究·····	孔令韶等 (96)
秦岭太白山植被垂直带建群种元素背景值的初步探讨·····	栗德永等 (102)
我国粮食硒背景含量与地理环境·····	中国科学院地理研究所生态化学地理组 (106)
我国某些地区粮食中矿质元素背景值的综合分析·····	陈代中等 (110)
人发中某些化学元素背景值的研究·····	成延鳌等 (115)
用中子活化法测定我国华南热带和亚热带地表水地球化学背景值·····	李岫霞等 (119)
长白山北麓水化学背景值分布模式·····	杨秉赓等 (123)
湖泊、水库自然背景值的初步探讨·····	顾丁锡等 (129)
我国某些地区饮用水中若干微量元素含量·····	张学林等 (131)
海洋和河口的海水及底质中有害元素背景值的初步研究·····	林植青 (136)
南黄海北部沉积物中重金属的分布及背景值·····	吴景阳等 (142)
长白山地区环境背景值研究·····	黄锡畴等 (149)
我国东北地区岩石、土壤和粮食中微量元素硒的地球化学背景值·····	程伯容等 (159)
天山托木尔峰地区环境背景值的研究·····	彭朴拙等 (165)

CONTENTS

Preface	Xiong Yi (iii)
Coefficient of Background Value and High Background Value Region of Trace Elements in Soils nearby Beijing	Wang Jinghua (1)
Content and Distribution of Trace Elements in Ortho Drab Soil in Beijing Area	Zhou Qitao (5)
Probability Distribution of Content of Heavy Metals in Soils in Nanjing Area	Tang Yongliu (9)
Relationship between Soil Background Values and Their Parent Materials in Nanjing	Yang Xueyi (16)
Environmental Background Maps of Nine Elements in Soils in Eastern Suburb of Nanjing	Institute of Soil, Nanjing (21)
Study on Soil Background Values in Guangzhou Area	(27)
Evaluation on Background Values of Some Elements in Soils nearby Guangzhou	Rong Jie <i>et al.</i> (35)
Determination of Normal and Trace Elements in Soils in Guangzhou Area by INAA	Tu Shude <i>et al.</i> (40)
X-ray Fluorescence Spectroscopic Study on Some Elements in Soils from Guangzhou	Jiang Zhaochun <i>et al.</i> (47)
Natural Background Values of Some Elements in Soils in Wulumuqi Area	Yuan Guoying <i>et al.</i> (52)
Natural Background Values of Some Elements in Zonal Soils in Guangdong Province	(56)
Natural Background Values of Chemical Elements in Soils in Guangdong Province	Liu Fuqiang (60)
Mercury Level in Soils of Tropical and Subtropical Area in South China	Pan Shurong <i>et al.</i> (64)
Study on Mercury Background Value of Loess Region in Northwestern China	Li Xianglan (69)
A Preliminary Study of Arsenic Background in Loess	Jiang Yong Qing <i>et al.</i> (74)
A Preliminary Study of Arsenic Background in Some Soils of China	Xu Jialin <i>et al.</i> (79)
Discussion on Statistic Method of Soil Background Values	Yang Guozhi (82)
Study on Soil Background Values—Elements Correlation Analysis	Liang Wei (88)
State and Transformation of Chromium in Soil	Zhu Yuezhen (92)
A Preliminary Study on Background Values of Some Elements in Plants in Gangzhou	Kong Lingshao <i>et al.</i> (96)
A Preliminary Study on Background Values of Vegetation Edificator Element along Vertical Distribution Zones in the Taibai Mountain of Qenlin	Li Deyong <i>et al.</i> (102)
Background Value of Selenium in Grain for Various Geographical Environment in China	Institute of Geography, Beijing (106)
A Comprehensive Study on Background Values of Mineral Elements in Grains of Some Regions in China	Chen Daishong <i>et al.</i> (110)
Background Values of Some Chemical Elements in Human Hair	Cheng Yianao <i>et al.</i> (115)
Geochemical Background Values of Tropical and Subtropical Surface-Water in South China by NAA	Li Youxia <i>et al.</i> (119)
Distribution Model of Aqua-chemical Background Values on Northern Slope of Changbai Mountains	Yang Binggeng <i>et al.</i> (123)
A Preliminary Study of Natural Background for Lakes and Reservoirs	Gu Dingxi <i>et al.</i> (129)
Content of Some Micro-elements in Drinking Water in Certain Regions of China	Zhang Xuelin <i>et al.</i> (131)
A Preliminary Study on Background Level of Toxic Elements in Marine and Estuarine Sediment and Sea Water	Lin Zhiqing (136)
Distribution and Background Values of Heavy Metals in Sediments in Northern Part of South Yellow Sea	Wu Jingyang <i>et al.</i> (142)
Research on Environmental Background Values in Changbai Mountain Area	Huang Xichou <i>et al.</i> (149)
Geochemical Background Values of Selenium in Rocks, Soils, and Grains in Northeastern China	Cheng Borong <i>et al.</i> (159)
Study on Environmental Background Values in Tuomuer Peak of Tianshan Mountain	Peng Puzhuo <i>et al.</i> (165)

北京附近土壤中微量元素背景系数与高背景区

王 景 华

(中国科学院地理研究所)

北京附近土壤受海洋季风气候条件的影响,属于我国暖温带华北半干旱森林草原褐色土地带,主要的地带性土壤有淋溶褐色土和褐色土。受地形影响,在北京山地形成了明显的土壤垂直带谱。主要土壤有亚高山草甸土(1900米以上)、山地棕色森林土(海拔1000—1900米的阴坡)、山地淋溶褐色土、山地碳酸盐褐色土;在山前冲积洪积平原还有草甸褐色土、浅色草甸土(又称黄潮土)以及盐渍土等。

土壤中化学元素的形成除受土壤类型的影响外,成土母质的影响也是十分深刻的。根据北京附近山地岩石的组成类型,我们在以下七种成土母质上采集样品:花岗岩,凝灰岩,石灰岩,黑色页岩,石英岩,黄土性堆积物,洪积冲积物。

北京附近土壤中某些元素的地球化学背景值变化与土壤类型和成土母质有密切关系,而成土母质的影响又是重要的。虽然是同一土壤类型,但由于成土母质的差异,化学元素的含量也有较大差别。

为了比较不同土壤类型中元素的含量,选择同时都发育在凝灰岩上的亚高山草甸土、山地棕色森林土、山地淋溶褐色土为例,来说明元素含量(全剖面的平均值)的不同(表1)。结果可以看出,以亚高山草甸土和山地棕色森林土的元素含量为高,特别是生物易累积元素 Mn, Cu, Ni, Zn 等,最为明显。如亚高山草甸土 Mn 的含量为 725ppm,山地棕色森林土为 816ppm,山地淋溶褐色土为 523ppm,草甸褐色土为 364ppm。造成这种情况的原因是与土壤中腐殖质含量有关。土壤的主要腐殖质层,也是这些元素含量较高的层次。

不同成土母质上发育的土壤,元素含量相差悬殊,是北京附近土壤中化学元素含量差异的主要原因。例如,Cu 在酸性喷出岩中(花岗岩、流纹岩)的含量为 10—20ppm,在沉积岩(页岩、粘土)中的含量为 30—40ppm。由于岩石中 Cu 含量的不同,使得北京附近在花岗岩上发育的土壤含 Cu 量为 15.6ppm,在页岩上发育的土壤为 27.8ppm。

试比较 Cu, Zn, Pb, As, Mn, Ni, Cr, Co, Be, Cd, Se, Hg 这十二种元素在北京七种成土母质土壤中含量顺序基本相同:

发育在花岗岩上的土壤: $Mn > Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > Co > As > Be > Se > Cd > Hg$;

发育在凝灰岩上的土壤: $Mn > Cr > Zn > Ni > Cu > Pb > Co > As > Be > Se > Cd > Hg$;

发育在石灰岩上的土壤: $Mn > Cr > Zn > Ni > Pb > Cu > As > Co > Be > Se > Cd > Hg$;

发育在页岩上的土壤: $Mn > Cr > Zn > Ni > Cu > Co > Pb > As > Be > Se > Cd > Hg$;

表 1 发育在凝灰岩上的三种土壤类型中的微量元素(ppm)

元 素	亚高山草甸土	山地棕色森林土	山地淋溶褐色土
Cu	26.1	21.1	21.3
Be	1.4	1.5	1.3
Zn	66.7	70.7	61.6
Cd	0.112	0.09	0.07
Hg	0.06	0.04	0.029
Pb	17.7	19.1	11.6
As	8.5	11.7	6.9
Se	0.19	0.18	0.20
Cr	74.3	68.9	72.9
Mn	725	816	523
Co	14.2	15.5	14.3
Ni	44.1	40.4	37.7
土壤腐殖值(%)	8.2	8.9	4.8

发育在石英岩上的土壤: $Mn > Cr > Zn > Ni > Pb > Cu > Co > As > Be > Se > Cd > Hg$;

发育在黄土性堆积物上的土壤: $Mn > Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > Co > As > Be > Cd > Se > Hg$;

发育在洪积、冲积物上的土壤: $Mn > Cr > Zn > Ni > Cu > Pb > Co > As > Be > Se > Cd > Hg$ 。

从上述结果可以看到,十二种化学元素在不同成土母质中含量差异很大,但是它们在七种成土母质中的含量顺序却基本一致。为我们建立北京附近土壤背景系数提供基础。

北京附近土壤中某些元素的地球化学背景值的分布是不一致的。从分析土壤背景值的结果可以认为:北京附近土壤存在高背景区。所谓高背景区,是指在研究区域范围内,由于土壤类型和成土母质的关系,元素的地球化学背景数值比较高的区域。为了寻找北京的土壤高背景区,试提出背景系数的概念。背景系数就是以本地区元素的背景值与该元素的实测数值的比值。

研究了 Cu, Zn, Pb, As, Mn, Ni 六种元素的背景系数,作为比较北京高背景区的主要元素,这六种元素在北京附近土壤中的地球化学背景值是: Cu28.9ppm, Zn60.1ppm, Pb20ppm, As9.4ppm, Mn434ppm, Ni47.3ppm。利用上述地球化学背景值(根据北京土壤背景值协作组资料计算)分别计算了北京 20 个剖面点的背景系数,结果见表 2。

建立背景系数可以使各剖面点元素的实测数字有一个共同比较的基础,可以知道各剖面点元素超过本地区土壤背景值的情况,从而可以进一步确定该地区的土壤高背景区。

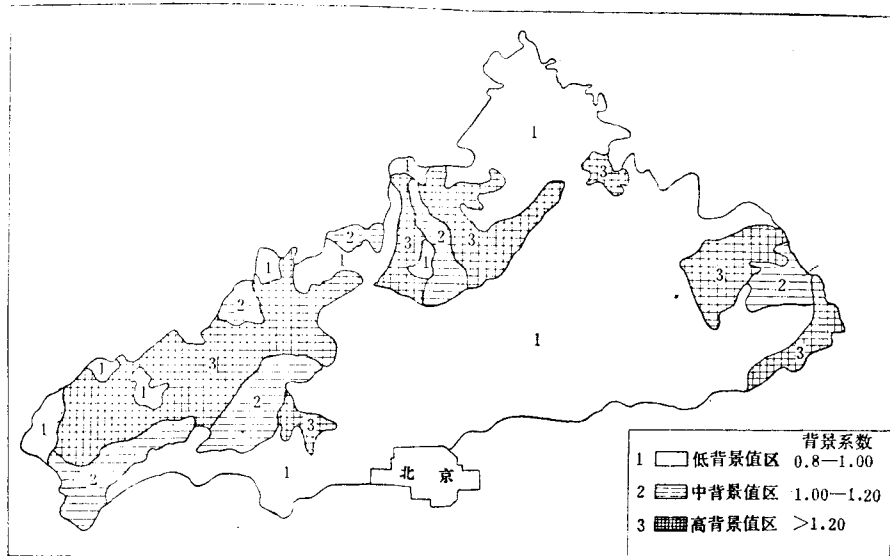
由剖面点背景系数的计算可以看到,北京土壤的背景系数是从 0.63—1.23。从分布频率的计算得知,0.8—1.0 的背景系数出现的频率为 50%,1.0—1.2 出现的频率为 40%,大于 1.2 的为 10%。根据上述结果,划分了三级背景区,把大于 1.2 的背景系数确定为高背景区(见图)。

北京附近土壤中某些元素的地球化学背景分布图是根据北京成土母质、土壤类型和剖面点背景系数完成的。从图中可以看到,北京附近土壤某些元素的高背景区占研究区域面积的三分之一左右,而低背景区主要分布在山前洪积、冲积平原和大量积花岗岩分布

表 2 北京土壤的背景系数 (f_i)

编号	Cu	Zn	Pb	As	Mn	Ni	Σf_i 平均
京 ₁	1.78	1.65	0.51	0.48	0.55	1.30	1.04
京 ₂	1.04	0.94	1.10	1.05	1.08	1.12	1.05
京 ₃	0.70	0.46	0.47	0.65	0.63	0.91	0.63
京 ₄	1.24	0.97	1.96	2.16	0.62	1.22	1.36
京 ₅	1.01	1.13	1.70	1.64	0.76	1.17	1.23
京 ₆	1.10	1.08	0.82	1.27	1.06	0.84	1.03
京 ₇	0.91	0.87	0.78	0.84	0.79	0.63	0.80
京 ₈	1.10	0.97	2.01	1.04	0.84	1.11	1.17
京 ₉	1.09	1.07	0.91	1.07	0.79	1.00	0.98
京 ₁₀	0.63	0.92	0.86	0.76	0.96	0.89	0.83
京 ₁₁	0.84	0.83	0.64	0.67	0.89	0.78	0.77
京 ₁₂	0.96	0.94	0.75	0.91	0.91	1.11	0.93
京 ₁₃	0.89	1.10	0.88	0.90	1.67	0.93	1.06
京 ₁₄	0.98	1.15	0.95	1.15	1.85	0.85	1.15
京 ₁₅	1.13	1.19	1.14	0.73	1.20	0.79	1.03
京 ₁₆	1.25	1.13	0.75	1.16	1.48	1.09	1.14
京 ₁₇	0.93	1.00	0.69	0.78	1.15	1.00	0.92
京 ₁₈	0.93	0.88	0.76	0.90	1.05	1.22	0.95
京 ₁₉	0.90	0.80	1.28	0.66	0.69	0.90	0.87
京 ₂₀	0.83	0.98	0.64	0.92	1.05	1.15	0.93

地区,其分布面积大约占研究区域面积的二分之一左右。



北京附近土壤某些元素自然背景分布图

参 考 文 献

- [1] 中国科学院土壤背景值协作组: 北京、南京地区土壤若干元素的自然背景值, 土壤学报, **16**, 319(1979)。
- [2] 中国科学院西北水土保持研究所: 华北平原土壤, 科学出版社, 1961 年。

- [3] 柯夫达, B. A. (陈恩健等译): 中国之土壤与自然条件概论, 科学出版社, 1960 年。
- [4] Connor, J. J., Background Geochemistry of Some Rocks, Soils, Plants and Vegetables in the Conterminous United States, Washington, U. S. Government Printing Office, 1975.
- [5] Aubert, H. et al., Trace Elements in Soils, Elsevier Scientific Publishing Company, 1977.

北京地区褐色土中微量元素含量及其分布特征*

邹 琪 陶

(中国科学院地理研究所)

本文就北京地区褐色土中微量元素在土壤剖面中的迁移和累积,试说明土壤的成土过程与地球化学特性之间的关系、土壤剖面中微量元素的含量和成土母质以及其它参数之间的关系。

本区地带性的土壤为褐色土。作者根据相同土类不同亚类及其不同的成土母质进行布点,按土壤发生层次采样。

样品处理和分析方法与文献[2]相同,经自然风干,挑去石块。有机质含量用重铬酸钾法;pH 值用电位测定法;机械组成用比重法。

一、本区褐色土各亚类中微量元素的含量

本区褐色土在山坡及阶地形成淋溶褐土,部分形成碳酸盐褐土,另一部分由于地下水位高,形成草甸褐色土等亚类。下面分别叙述各亚类微量元素的含量(表 1)。

1. 淋溶褐土

本亚类成土母质大部为酸性花岗岩,其次为石灰岩、页岩以及凝灰岩等;pH 值为中性或微酸性;有机质含量丰富,一般为 1—3%,最高为 5.27%。

该土中的碳酸钙大部已被淋洗,表层已无石灰性反应,在心土及底土中可见少量假菌丝体及石灰性反应。

微量元素含量与世界正常土壤的平均含量相比,Cu, Zn, Ni 高于世界正常土壤的水平,而 Cr 的含量则比世界正常土壤中的平均含量低得多。

从淋溶褐土中微量元素的分配情况来看,C 层(底层)中的 Cu, Zn, Cr, Ni 的含量普遍高于 A 层(表层)中的含量。这是由于易溶盐类和碳酸盐向下淋溶,土壤粘粒由表层向下移动,在土壤剖面出现明显的淋溶沉淀现象,形成淀积粘化层,所以微量元素也多聚积于此层。

2. 碳酸盐褐土

此亚类土壤主要分布于河流冲积扇的两侧,成土年龄较短,发育较差,全剖面呈石灰性反应,pH 为微碱性,表现为碳酸钙仍在土壤剖面中随水分及可能的生物活动作升降运行,假菌丝体较多,可溶性盐类未遭到强烈淋洗。成土母质均为洪积、冲积物,质地较为一致,大部为轻壤土,一般结构较差,有机质含量较少,约 1—2%。

* 本文部分材料来自中国科学院土壤背景值协作组。

微量元素的含量与世界正常土壤平均含量相比, Cu, Zn, Ni 在世界正常土壤平均含量范围内, Cr 的含量相对比较低。

表 1 褐土中不同亚类微量元素含量表 $\left(\frac{\text{最低值—最高值}}{\text{平均值}}\right)$ (ppm)

土 类	含量 层次	元素	Cu	Zn	Cr	Ni
淋溶褐土	表		$\frac{3.7-26.4}{14.85}$	$\frac{33.5-81.6}{58.77}$	$\frac{51.7-98.7}{64.22}$	$\frac{32.6-39.5}{36.07}$
	底		$\frac{20.2-38.8}{24.85}$	$\frac{69.4-119.0}{86.65}$	$\frac{61.2-98.0}{78.25}$	$\frac{37.8-57.5}{46.65}$
碳酸盐褐土	表		$\frac{14.5-20.9}{18.52}$	$\frac{18.8-58.9}{46.65}$	$\frac{44.6-58.2}{52.37}$	$\frac{26.8-33.9}{30.17}$
	底		$\frac{15.8-27.9}{20.12}$	$\frac{25.7-61.7}{48.30}$	$\frac{50.0-83.0}{63.7}$	$\frac{31.3-42.6}{32.55}$
草甸褐土	表		$\frac{7.5-31.9}{22.08}$	$\frac{40.0-62.0}{57.93}$	$\frac{31.0-52.5}{45.67}$	$\frac{45.7-60.3}{53.0}$
	底		$\frac{7.5-22.5}{17.27}$	$\frac{45.0-62.0}{53.78}$	$\frac{12.0-64.0}{45.41}$	$\frac{39.8-55.6}{47.7}$
世界正常土壤平均值			20	50	200	40
苏联黑钙土平均值			30	72	—	49
我国东北地区黑钙土平均值			20	88	125	48
本区土壤平均值	表		27.2	58.9	59.2	45.5
	底		30.5	61.3	64.5	49.1

注: (1) 淋溶褐土为 4 个剖面;碳酸盐褐土为 4 个剖面,草甸褐土为 6 个剖面。

(2) 草甸褐土中的 Ni 仅为 2 个剖面。

再从土壤剖面来看, 表层及底层中微量元素 Cu, Zn, Cr, Ni 的含量差异比淋溶褐土小, 似与无淋溶作用的成土过程有关。

3. 草甸褐色土

草甸褐土的地势比碳酸盐褐土坡度较缓, 但由于地下水位较高 (约在 2—3 米间), 地下水可经毛细管上升参加成土作用, 使土壤发生草甸过程。表土具有石灰性反应; 底土土色较暗; 其母质均系洪积、冲积物。

土壤中 Cu, Zn, Ni 的平均含量均在世界正常土壤平均含量范围之内。Cr 的平均含量低于淋溶褐土和碳酸盐褐土。

土壤剖面中微量元素的分布与上面两种土壤中微量元素的分布情况相反, 表层 (A 层) 中的 Cu, Zn, Cr, Ni 含量较高, 而底层中的微量元素含量则较低。

从以上的情况来看, 不同亚类土壤剖面中各发生层微量元素的分配情况与土壤的粘化程度、淋溶强度以及草甸过程比较一致的, 见图 1。它说明微量元素在土体中的分配是受土壤的成土过程所控制的。

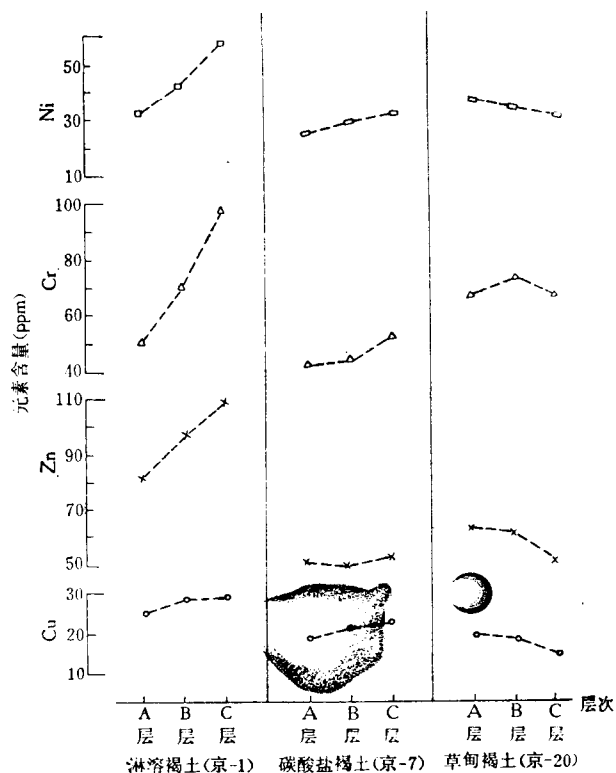


图 1 几种土壤类型的土壤剖面中微量元素含量与分布示意图

二、土壤中微量元素含量和成土母质以及有机质含量之间的关系

土壤中微量元素的含量,除了受生物、气候、地形、成土年龄以及人为活动的影响外,尤以受成土母质的影响较大。Cu, Zn, Cr, Ni 四种微量元素,主要在基性和超基性岩石中含量较高,其次为中性岩,再次为酸性岩。本区成土母质中大部为酸性花岗岩以及中性火山喷出岩如凝灰岩和石灰岩、砾岩等,所以总的情况是,微量元素含量都是不高的,见表 2。

表 2 北京地区几种风化物中微量元素含量

元 素	Cu	Zn	Cr	Ni
风化壳名称				
凝灰岩风化物	17.3	80.5	20	32.0
花岗岩风化物	17.5	43.5	75	24.0
石灰岩风化物	15.4	28.1	8.0	6.0
石英岩风化物	13.7	49.5	14	38.0
页岩风化物	16.3	80.5	38	25.0
岩石圈平均含量(维诺格拉多夫)	100	50	200	80.0
地壳平均含量(费尔斯曼1933—1939)	100	200	300	200
地壳平均含量(戈尔德施密特)	70	80	200	100
黄土及黄土性风化物(东北地区)	19	60	86	39

土壤中的有机质是土壤的重要组成部分,它的含量一般不多,但对环境中金属元素的迁移有一定影响。

以本区的碳酸盐褐土为例,相同地区相同土类,相同母质(均为洪积、冲积母质),由于土壤中有机质含量不同,所以表现出微量元素的含量也随有机质含量的增加而增高的趋势,见图 2。

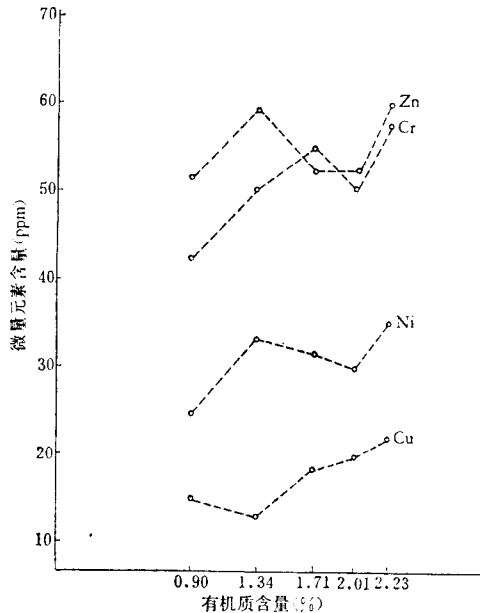


图 2 北京地区碳酸盐褐土中有机质含量与微量元素含量关系示意图

三、结 论

(1) 北京地区褐色土中的微量元素以淋溶褐土中含量最高,其次为碳酸盐褐土,再次为草甸褐土。微量元素含量范围均在世界正常土壤含量范围之内,但铬的含量普遍低于正常土壤含量范围值。

(2) 淋溶褐土、碳酸盐褐土、草甸褐土中的 Cu, Zn, Cr, Ni 的含量及其在土壤全剖面中的分布特点与该土的成土过程是一致的。

(3) 土壤中微量元素的含量与成土母质中微量元素的含量是比较一致的。

(4) 土壤中微量元素含量在相同土类、相同地区和相同母质中,随着有机质含量的增加似有增高的趋势。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所: 中国土壤, 科学出版社, 1978 年。
- [2] 中国科学院土壤背景值协作组: 北京、南京地区土壤中若干元素的自然背景值, 土壤学报, **16**, 319, (1979)。
- [3] 李庆远、崔激主编: 中国科学院微量元素研究工作会议汇刊, 科学出版社, 1964。
- [4] 方肇伦、宋达泉、叶炳: 东北及内蒙东部的土壤微量元素, 土壤学报, **11**, No. 2, 1963。
- [5] 中国科学院土壤及水土保持研究所水利电力部北京勘测设计院土壤研究总队编著: 华北平原土壤, 科学出版社, 1961。

南京地区土壤中重金属浓度的概率分布*

唐 诵 六

(中国科学院南京土壤研究所)

土壤中重金属元素的分布情况以及它们所起的重要作用,现在已日益为人们所了解。土壤中的微量重金属,在没有外来污染的情况下,直接来自成土母质。虽然在风化和成土过程中,这些元素会产生浓度变化,但它们在土壤中的浓度与母质之间的关系还是比较密切。土壤中微量金属元素的浓度分布与常量元素不同,其特点是浓度低、浓度分布的范围广。这就和岩石中微量金属元素的分布特点相同。至于岩石中微量金属元素的浓度分布, Ahrens (1954) 根据大量的实际材料,提出了著名的地球化学基本规律:“特定火成岩中的元素浓度呈对数正态分布。”他并指出,一种火成岩中的一种元素的丰度常大于它的最常见浓度。嗣后, Ahrens (1963, 1964, 1966) 指出,岩石中的主要成分——元素与微量元素不同,它们可能呈正态或负偏分布。例如岩石中的二氧化硅和钾的浓度分布便是如此。而对数正态分布都是正偏的分布。 Vistelius (1960) 经过精密的计算发现,原先 Ahrens 所举的例子中,有些并不符合对数正态分布。因而他提出了描述岩石中元素浓度分布的新的地球化学基本规律:“微量元素的浓度的概率分布函数呈大的正偏分布。”他认为,这种正偏说明微量元素的低浓度较之该元素的高浓度更为稳定。稍后, Tolstoy (1965) 根据北哈萨克斯坦 111 个花岗岩中 14 种金属元素的分析结果,认为它们的浓度分布更符合 Pearson 1 型曲线。然而,从他所提供的唯一例子钒来看,符合 Pearson 1 型分布的概率只不过是 0.3。

对土壤中金属元素的浓度分布的研究,远比岩石矿物为少。Oertel (1960) 根据澳大利亚昆士兰 118 个由各种母质发育的土壤中 14 种金属元素的浓度,发现只有两种(钛、锆)呈对数正态分布,一种(镍)呈 Beta 分布,八种(钴、铜、锌、锰、钙、镁、钠、铁)呈 Gamma 分布。Gamma 分布是一种分布曲线外形和对数正态曲线相似的正偏分布。Oertel 根据理论推导证明,元素的对数正态分布不可能在新鲜的岩石中产生,但是,由于风化作用引起的元素浓度改变,对数正态分布可以在土壤中产生。最近,若月利之等(1979)根据日本 155 个水稻土中铜、锌、铅、铬、钒和镍六种重金属元素的分析结果,认为其中铜、锌、铅、铬的浓度呈对数正态分布,而钒的分布类型介于正态和对数正态之间。

关于土壤中元素的浓度符合何种概率分布的研究,在理论上可能有助于了解成土过程中元素的某些演化规律;在实际上,可以将土壤中元素的含量表达得更加确切。本文的目的,在于对南京地区土壤中若干重金属元素的浓度的概率分布作一初步探讨。

* 本文根据中国科学院土壤背景值协作组及中国科学院南京土壤研究所环境保护室本底组的材料写成。文成后承中国科学院计算中心张建中先生审阅,谨致谢意。

一、土壤样品及元素的测定方法

五十一个土壤剖面采自南京市郊区。土壤类型包括发育在花岗岩、玄武岩、辉长岩、橄榄辉长岩、砾岩、砂岩、页岩和石灰岩母质上的黄棕壤；发育在下蜀系粘土母质上的黄刚土；发育在长江近代冲积物上的灰潮土，以及部分水稻土。它们包括了南京地区大部分主要土壤类型和成土母质类型。测定了砷、汞、镉、铬、铅、铜、锌、钴、镍、锰、钼、镧、钪、硒等 14 种元素的含量。其中，砷用银盐比色法测定，汞用冷蒸气原子吸收法测定，镉、铬、铅、铜、锌、钴、镍、锰用火焰原子吸收法测定，钼、镧、钪由中国科学院高能物理研究所用中子活化法测定，硒由中国科学院环境化学研究所用逆向伏安法测定。

二、结 果

根据测定结果，表 1 列出了 14 种元素的基本数据。根据元素浓度的频数分布直方图及表 1 中的中数对算术平均数的偏离来看，14 种元素中除了元素镧略呈负偏分布外，其它 13 种元素都呈不同程度的正偏态。为了进一步辨明元素浓度符合何种分布，对 14 种元素逐个进行了正态和对数正态的假设检验。兹分述于后。

表 1 南京地区土壤中 14 种元素浓度的基本数值

元 素	样 品 数	原 始 值*				自 然 对 数 值**			几何 平均数
		全 距	算术 平均数	中数	标准差	全 距	平均数	标准差	
Pb	51	4.20—125	25.9	22.0	21.0	1.435—4.828	3.005	0.716	20.2
Co	51	1.00—136	21.3	16.5	23.0	0—4.913	2.704	0.857	14.9
Cu	51	6.50—185	37.3	31.1	37.4	1.872—5.220	3.339	0.754	28.2
Ni	51	2.50—248	40.7	32.0	39.6	0.916—5.513	3.417	0.784	30.5
Zn	51	8.00—245	82.5	76.0	47.1	2.079—5.501	4.228	0.684	68.6
Hg	50	19—492	91	58.5	92	2.944—6.198	4.179	0.783	65.3
As	50	2.10—25.9	10.0	9.35	5.82	0.742—3.254	2.132	0.605	8.43
Cr	49	9.00—131	60.7	60.0	24.7	2.197—4.875	3.997	0.536	54.5
Mn	48	30.0—4925	805	607	957	3.401—8.502	6.231	1.007	508
Cd	26	0.10—2.09	0.59	0.50	0.47	2.303—5.342	3.776	0.842	0.44
Se	26	0.09—0.54	0.18	0.15	0.098	2.197—3.989	2.778	0.450	0.16
Mo	22	1.4—4.6	2.58	2.50	0.823	0.336—1.526	0.903	0.307	2.47
La	22	22.6—65.4	48.8	51.1	9.58	3.118—4.180	3.866	0.228	47.7
Sc	22	3.4—22.9	13.6	13.4	4.21	1.224—3.131	2.546	0.405	12.8

* Hg 为 ppb, 其它元素为 ppm。

** Hg 由 ppb, Cd 与 Se 由 100×ppm, 其它元素由 ppm 数取自然对数。