

太白山山地土壤中的 微量元素*

李香兰 乔岐峰**

摘 要

用化学方法测定了陕西省太白山山地土壤中氟、铜、锌、砷、钼、锑、钨、汞、铅和铋等元素的含量。结果如下：土壤中微量元素含量主要取决于成土母质；微量元素在剖面中的分布受成土过程影响；铜、锌、钼和汞的平均含量均低于世界土壤。

太白山位于陕西省中部，是秦岭最高峰，海拔3,767m，这里气候垂直变化悬殊，植被呈明显的带状分布，土壤亦呈规律性的变化，由山底到顶峰依次可见：淋溶褐土、山地棕壤、褐色土、棕壤、亚高山草甸土^[1]。太白山远离城市，又非农地，样品采集时间为1961年，可谓样品无污染。

本文的目的是探讨太白山地未受污染土壤中微量元素含量及其在剖面中的分布；同一元素在以不同母质发育的土壤中的含量；同一母质发育的土壤中10种元素丰度比值，同时测定了土壤有机质与土壤质地，试图寻找它们与微量元素之间的关系。

一、样品采集和测试方法

土样取自按野外观察划分的土壤自然发生层。土壤经风干、挑去植物根与石砾后，用木棒碾细，过80目尼龙筛，混合均匀，备用。

全量Cu、Zn、Pb用火焰法原子吸收分光光度计测定；全量As、Sb、Bi用无色散原子荧光计测定；全量W、Mo用JP—1A示波极谱仪测定；全量F用PXD—Z通用离子计测定。

二、微量元素含量及在剖面中的分布

（一）微量元素含量

在该区土壤微量元素背景值研究的基础上，选择了发育于凝灰岩坡积物、石英岩风

* 吴瑞受同志参加了绘制图表工作。

** 乔岐峰同志在西北有色地质勘探公司物探队工作。

化物、大理岩风化物、片麻岩残积物与花岗岩坡积物母质的土壤,分别测定了F、Cu、Zn、As、Mo、Sb、W、Hg、Pb及Bi 10种元素。不同母质土壤中的微量元素含量范围及其平均值见表1。由表1看出:Cu在5种母质发育的5种土壤中平均含量范围19—33 ppm,低于世界土壤平均含量(15—40 ppm),各剖面上下层次含量变化不大;Zn在石英岩风化物母质发育的山地棕壤中平均含量33 ppm,低于世界土壤平均含量(50—100

表1 不同母质土壤中的微量元素含量 $\left(\frac{\text{最低值}-\text{最高值}}{\text{平均值}}\right)$ (ppm)

含 量 元 素	土 壤 母 质	淋溶褐土	山地棕壤	褐 色 土	棕 壤	亚高山草甸土	世界土壤
		凝灰岩坡积物	石英岩风化物	大理岩风化物	片麻岩残积物	花岗岩坡积物	含量范围
F		$\frac{0.049-0.057}{0.053}$	$\frac{0.050-0.070}{0.060}$	$\frac{0.048-0.059}{0.055}$	$\frac{0.032-0.044}{0.039}$	$\frac{0.046-0.059}{0.052}$	
Cu		$\frac{30.00-35.00}{32.14}$	$\frac{20.00-25.00}{22.50}$	$\frac{30.00-35.00}{33.00}$	$\frac{15.00-25.00}{21.66}$	$\frac{17.00-20.00}{19.25}$	15—40
Zn		$\frac{67.00-74.00}{71.00}$	$\frac{32.00-34.00}{33.00}$	$\frac{72.00-93.00}{81.00}$	$\frac{46.00-58.00}{50.67}$	$\frac{74.00-83.00}{79.25}$	50—100
As		$\frac{8.50-14.14}{11.49}$	$\frac{1.30-2.50}{1.90}$	$\frac{7.70-12.80}{10.00}$	$\frac{5.90-8.50}{7.17}$	$\frac{8.50-11.50}{9.71}$	5
Mo		$\frac{0.60-0.98}{0.74}$	$\frac{0.10-0.10}{0.10}$	$\frac{0.70-0.98}{0.81}$	$\frac{0.71-0.86}{0.79}$	$\frac{1.12-1.28}{1.16}$	1—2
Sb		$\frac{1.10-1.45}{1.31}$	$\frac{0.25-0.30}{0.28}$	$\frac{0.80-1.20}{1.00}$	$\frac{0.50-1.05}{0.82}$	$\frac{0.50-0.80}{0.63}$	
W		$\frac{1.30-2.50}{0.93}$	$\frac{0.50-0.50}{0.50}$	$\frac{1.80-2.20}{2.06}$	$\frac{2.20-2.50}{2.40}$	$\frac{1.80-2.50}{2.13}$	
Hg		$\frac{0.005-0.031}{0.012}$	$\frac{0.009-0.010}{0.010}$	$\frac{0.011-0.018}{0.013}$	$\frac{0.017-0.063}{0.021}$	$\frac{0.014-0.030}{0.020}$	0.03—0.10
Pb		$\frac{35.00-40.00}{37.86}$	$\frac{48.00-50.00}{49.00}$	$\frac{32.00-40.00}{36.40}$	$\frac{27.00-32.00}{29.67}$	$\frac{35.00-35.00}{35.00}$	15—25
Bi		$\frac{0.24-0.29}{0.27}$	$\frac{0.05-0.05}{0.05}$	$\frac{0.18-0.32}{0.27}$	$\frac{0.07-0.094}{0.59}$	$\frac{0.06-0.38}{0.20}$	

ppm),各剖面上下层含量变化不大;Zn在片麻岩残积物发育的棕壤中平均含量 50.67 ppm,与世界土壤平均含量低线相近,剖面上下层含量亦不大;其余3种母质发育的3种土壤中,Zn的平均含量范围71.00—81.00 ppm,在世界土壤平均含量之内;As除在石英岩风化物母质发育的山地棕壤平均含量(1.90 ppm)低于世界土壤平均含量(5 ppm)外,其余4种母质发育的4种土壤含量均高于世界土壤平均含量;Mo在5种母质发育的5种土壤中平均含量范围0.10—1.16 ppm,均低于世界土壤平均含量(1—2 ppm)

^[2], Hg在5种母质发育的5种土壤中平均含量范围0.010—0.021ppm, 均低于世界土壤平均值(0.03—0.10ppm)的下线; Pb在5种母质发育的5种土壤平均含量范围29.67—49.00ppm, 均高于世界土壤平均含量(15—25ppm) ^[3]。

(二) 微量元素剖面分布

微量元素在剖面中的分布见图1—5。由图1看出, 母质为凝灰岩坡积物的淋溶褐

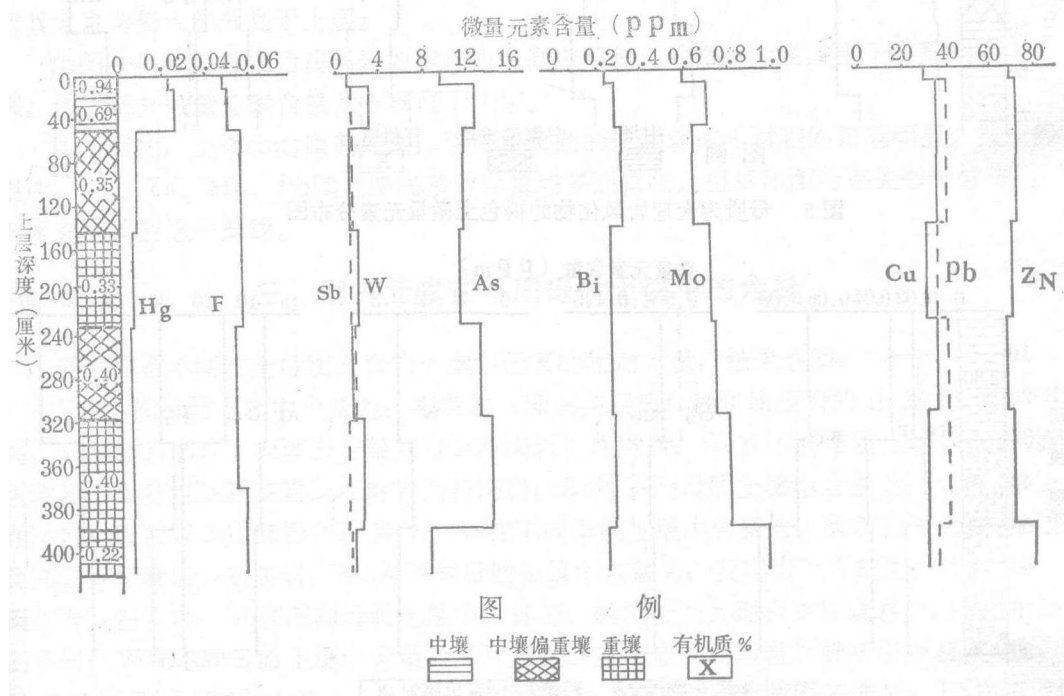


图1 母质为凝灰岩坡积物的淋溶褐土微量元素分布图

土中的微量元素, 0—14cm土层含量均减少, 14—40cm土层, 都增加, 有的甚至超过底层。这是由于植被吸收了这些元素, 枯枝落叶及死亡的根系中的元素又回到土壤表层, 年复一年, 加之淋溶作用, 元素下移而形成。有些元素在母质中含量少的情况

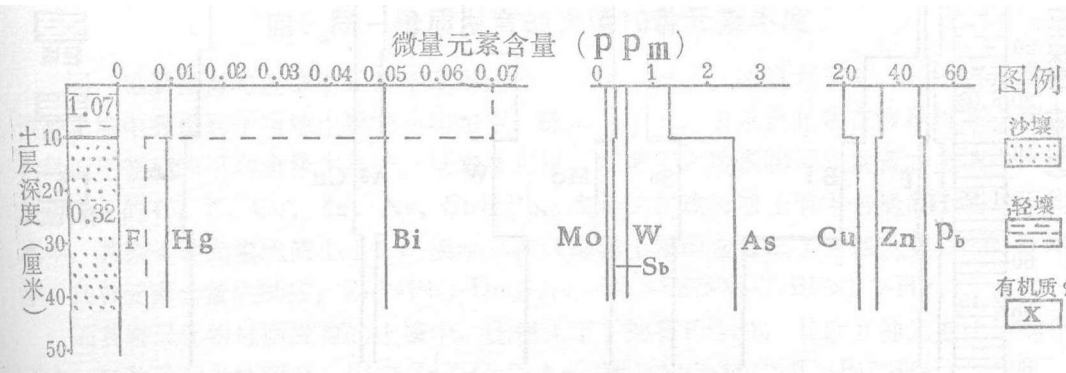


图2 母质为石英岩风化物的山地棕壤微量元素分布图

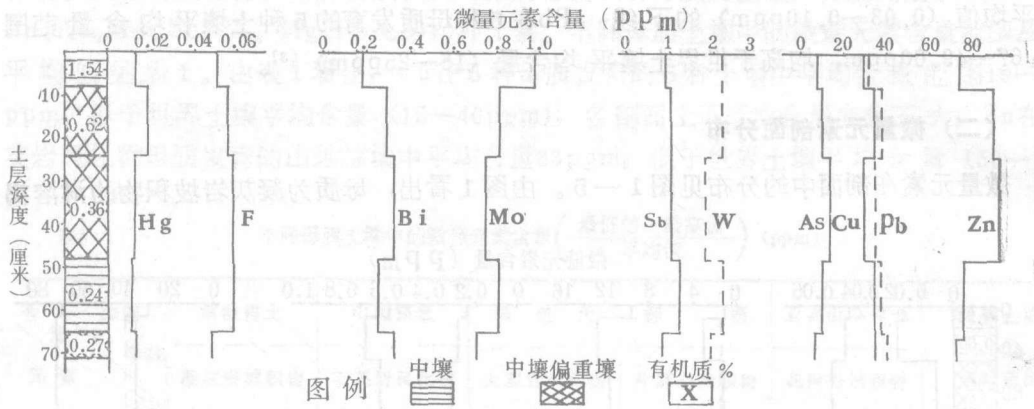


图3 母质为大理岩风化物的褐色土微量元素分布图

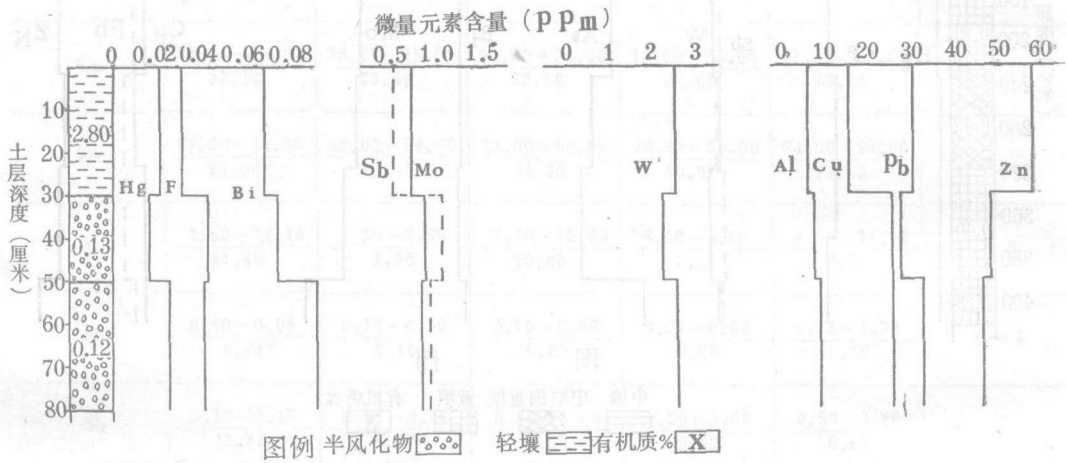


图4 母质为片麻岩残积物的棕壤微量元素分布图

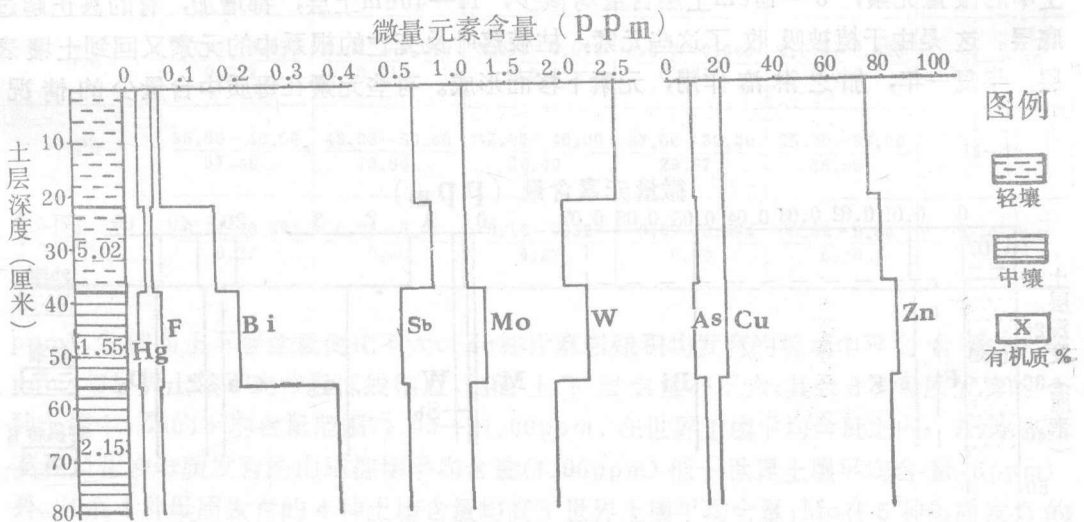


图5 母质为花岗岩坡积物的亚高山草甸土微量元素分布图

下,还会出现由上而下逐渐降低的情况,例如Hg元素.W在剖面中随质地变粘而增加。

由图2看出,母质为石英岩风化物的山地棕壤Bi、Mo、W在全剖面无变化,Hg、As、Cu、Pb随剖面加深含量增加,F、Sb、Zn则减少。

由图3看出,母质为大理岩风化物的褐色土微量元素中的Hg、Bi、Pb、Zn含量,基本上随质地变粘而增加,与有机含量无关。

由图4知,母质为片麻岩残积物的棕壤,30cm土层以下为母质层(半风化物),故其元素含量大部分高于上层。

由图5得知,母质为花岗岩坡积物的亚高山草甸土的微量元素,由于特殊的成土过程,使大部分微量元素含量为下层高于上层。

由上看出,土壤中的微量元素,受成土母质的影响较成土过程的影响明显。按一般规律,Cu、Zn、Mo、Pb随土壤腐殖质含量增多而富化,但从作图与相关数理分析,均未充分反应这一规律。

三、同一元素在不同母质土壤中的含量

通过测定不同成土母质发育的土壤中元素的相对含量,结果表明:

F在不同母质土壤中含量为:石英岩(即石英岩风化物母质发育的山地棕壤,下同,只写岩石名)>大理岩>凝灰岩>花岗岩>片麻岩;Cu在不同母质土壤中含量为:大理岩>凝灰岩>石英岩>片麻岩>花岗岩;Zn在不同母质土壤中含量为:大理岩>花岗岩>凝灰岩>片麻岩>石英岩;As在不同母质土壤中含量为:凝灰岩>大理岩>花岗岩>片麻岩>石英岩;Mo在不同母质土壤中含量为:花岗岩>大理岩>片麻岩>凝灰岩>石英岩;Sb在不同母质土壤中含量为:凝灰岩>大理岩>片麻岩>花岗岩>石英岩;W在不同母质土壤中含量为:片麻岩>花岗岩>大理岩>凝灰岩>石英岩;Hg在不同母质土壤中含量为:片麻岩>花岗岩>大理岩>凝灰岩>石英岩;Pb在不同母质土壤中含量为:石英岩>凝灰岩>大理岩>花岗岩>片麻岩;Bi在不同母质土壤中含量为:片麻岩>大理岩>凝灰岩>花岗岩>石英岩;Bi在石英岩风化物母质发育的山地棕壤中含量,较在片麻岩残积物母质发育的棕壤中含量低10倍,与其它四种母质发育的土壤相比,含F、Pb量最高,含Cu次之,其余7种元素含量最低,这很可能与原来母质含量有关。

四、同一母质发育的土壤10种元素丰度

同一母质发育的土壤中元素丰度用比值*(表2)表示。比值大于1,表示该元素在该种土壤中含量高于当地土壤的平均水平;比值小于1,表示该元素在该种母质土壤中含量低于当地的平均含量水平^[4]。从表2可见,在凝灰岩坡积物母质发育的土壤中,比值大于1的有:F、Cu、Zn、As、Sb及Pb,表示其在该母质土壤中含量高于当地平均水平;其余4种元素比值小于1,表示其在该母质土壤中含量低于当地土壤的平均水平,10种元素含量的顺序:Zn>Pb>Cu>As>W>Sb>Mo>Bi>F>Hg。

石英岩风化物母质发育的土壤中,比值大于1的有F与Pb,其余8种元素比值均小于1。10种元素含量顺序:Pb>Zn>Cu>As>W>Sb>Mo>F>Bi>Hg。

* 比值(a/\bar{a}), a —某元素在同一母质土壤中平均含量。 \bar{a} —某元素在5种不同母质土壤中平均含量。

表2

不同母质土壤中的元素比值

比值 元素	母质 土壤	凝灰岩坡积物	石英岩风化物	大理岩风化物	片麻岩残积物	花岗岩坡积物
		淋溶褐土	山地棕壤	褐色土	棕壤	亚高山草甸土
F		1.027	1.154	1.050	0.756	1.006
Cu		1.17	0.82	1.20	0.79	0.70
Zn		1.04	0.48	1.18	0.74	1.16
As		1.24	0.21	1.08	0.77	1.05
Mo		0.95	0.13	1.03	1.01	1.48
Sb		1.40	0.29	1.07	0.87	0.67
W		0.94	0.27	1.10	1.29	1.14
Hg		0.821	0.629	0.887	1.391	1.344
Pb		1.03	1.33	0.99	0.81	0.95
Bi		0.95	0.18	0.97	2.09	0.70

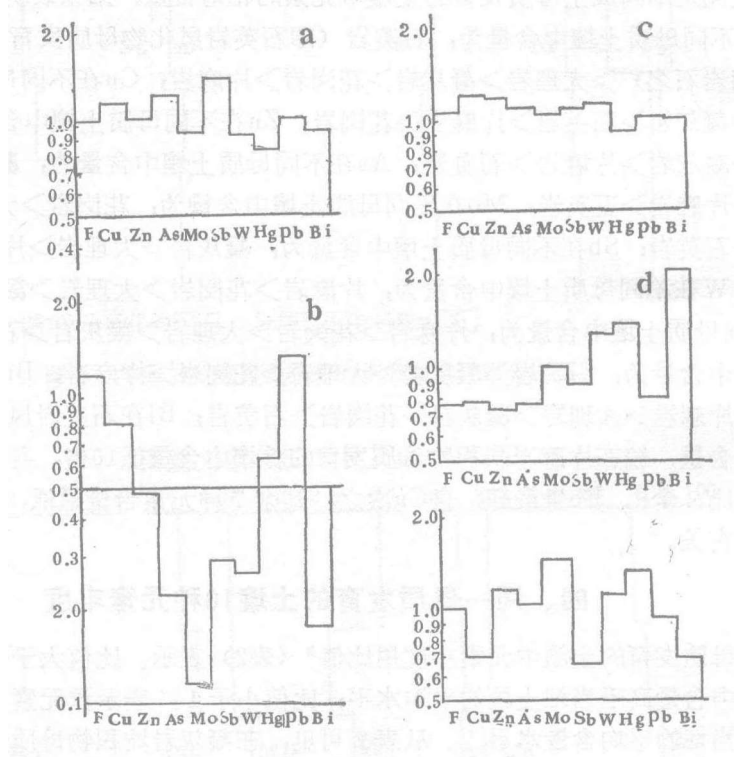


图6 不同土壤的元素比值曲线

- a. 凝灰岩坡积物发育的淋溶褐土; b. 石英岩风化物发育的山地棕壤;
c. 大理岩风化物发育的褐色土; d. 片麻岩残积物发育的棕壤;
e. 花岗岩坡积物发育的亚高山草甸土

大理岩风化物发育的土壤中, 比值小于1的只有Hg、Pb及Bi, 其余7种元素比值均大于1。10种元素含量顺序: $Zn > Pb > Cu > As > W > Sb > Mo > Bi > F > Hg$ 。

《集刊》出版与征订信息

《中国科学院西北水土保持研究所集刊》是公开发行的学术性刊物，每期均以专集形式编辑出版，其内容系统性强，具有长期参考价值。本刊自创刊以来的出版计划是：

现已出版的专集有：	计划陆续出版的有：
第1集 黄土高原综合治理专集	△同位素农业应用研究专集
第2集 土壤水分与土壤肥力研究专集	△旱作农业与作物生态生理研究专集
第3集 飞播种草造林试验研究专集	△土壤侵蚀规律研究专集
第4集 长江流域水土保持综合考察专集	△土地资源开发利用研究专集
第5集 土壤地理研究专集	△微计算机应用成果专集
	△黄土高原综合考察报告专集

本刊编辑部自办发行手续，每册定价0.80元，全年1.60元，免费寄送。欲订阅者请填写好下列订单，将款直接邮至本刊编辑部，地址：陕西省咸阳市杨陵区。若需信汇请填写帐号8801001，开户：工商银行咸阳市支行杨陵区办事处。

第二联

报 销 凭 证

年 月 日

订阅单位				收件人	
书 名	《中国科学院西北水土保持研究所集刊》			期 数	
单 价	0.80元	全年价	1.60元	份 数	册
合计金额	(大写) 佰 拾 元 角 分			(小 写)	¥ 元
收款单位	中国科学院西北水土保持研究所			备 注	

(此联由汇款人收执)

第一联

发 行 凭 证

年 月 日

订阅单位				收件人	
书 名	《中国科学院西北水土保持研究所集刊》			期 数	
单 价	0.80元	全年价	1.60元	份 数	册
合计金额	(大写) 佰 拾 元 角 分			(小 写)	¥ 元
收款单位	中国科学院西北水土保持研究所			备 注	

(此联请寄回)

联系标签 (供订者使用)

邮寄标签 (请寄回)

陕西省咸阳市杨陵区
中国科学院西北水土保持研究所
集刊编辑部

印刷品	
挂号	
(册)	

收

片麻岩残积物母质发育的土壤, 比值大于1的有Mo、W、Hg及Bi, 其余6种元素比值均小于1。10种元素含量顺序: $Zn > Pb > Cu > As > W > Sb > Mo > Bi > Hg$ 。

花岗岩坡积物发育的土壤, 比值小于1的有: Cu、Sb、Pb及Bi, 其余6种元素大于1。10种元素含量顺序: $Zn > Pb > Cu > As > W > Mo > Sb > Bi > F > Hg$ 。

以化学元素周期表中原子序数排列的元素为横坐标, 比值为纵坐标, 在对数纸上划比值曲线图(图6)。从图6看出, 只有石英岩风化物母质发育的山地棕壤, Zn、As、Mo、Sb、W及Bi的比值小于0.5。特别是Mo与Bi, 比值低于0.2。但在花岗岩坡积物母质发育的亚高山草甸土中, Mo的比值最大, 为1.48, 在片麻岩残积物母质发育的棕壤中, Bi的比值最大, 为2.09; 它们分别为石英岩风化物母质发育的山地棕壤中Mo与Bi的8倍和12倍。可见, 10种元素在不同母质土壤中的比值差异很大, 但它们在土壤中含量的高低顺序基本上是一致的。

参 考 文 献

- [1] 罗贤安、李香兰: 太白山山地土壤腐殖质研究, 《土壤学报》, 1979年第16卷4期。
- [2] Aubert, H. and M. Pinta, 1977年: Trace Elements in Soils. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- [3] 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》, 1979年第16卷4期。
- [4] 杨学义: 南京地区土壤背景值与母质的关系, 《环境中若干元素的自然背景值及其研究法》, 1982年。

THE TRACE ELEMENTS IN SOIL OF THE TAIBAI MOUNTAINS

Li Xianglan Qiao Qifeng

Abstract

The content was measured of F, Cu, Zn, As, Mo, Sb, W, Hg, Pb and Bi in soil of the Taibai mountains in Shaanxi Province by chemical methods. Results obtained might be summarized as follows:

The contents of trace elements in soil were largely dependent on their parent materials; The distribution of the trace elements in the profile was affected by soil forming process; The mean content of Cu, Zn, Mo and Hg in the soil is lower than that in the world.