

112 2

五台山草地自然保护区土壤中 钴的含量分布及影响因素

112-112

樊文华 池宝亮* 张毓庄 王 斌

(山西农业大学土化系 太谷 030801)

摘要 研究五台山6种主要土壤类型中全钴的含量分布,并对影响其含量分布的一些主要因素进行了分析。结果表明:①五台山土壤中全钴含量范围为12.77~23.39mg/kg,平均含量为17.38mg/kg,高于全国及世界土壤中钴的平均含量。影响土壤全钴含量的主要因素是土壤母质。②相关分析表明,五台山土壤中全钴含量与全铁、全铜含量呈极显著正相关,且全钴含量与全铜含量关系更为密切;而与土壤有机质、pH、1~0.01mm、0.01~0.005mm、0.005~0.001mm、<0.001mm的土粒含量及全锰含量无明显的相关性。③五台山土壤中全钴含量高于土壤中钴的临界水平。

关键词 土壤,钴含量,五台山,草地保护区。

COBALT DISTRIBUTION IN SOILS OF WUTAI MOUNTAIN AND ITS INFLUENTIAL FACTORS

FAN Wen-Hua CHI Bao-Liang ZHANG Yu-Zhuang WANG Bin

(Department of Soil Science, Shanxi Agricultural University, Taigu, 030801, China)

Abstract Cobalt contents in the main soil types of Wutai Mountain were investigated. The results are summarised as follows: ① The total cobalt contents of the main soils in Wutai Mountain range from 12.77 to 23.39mg/kg, with an average of 17.38mg/kg, which is higher than the average level of China as well as the world. Parent material is the major factor to influence the total cobalt contents in the soils. ② Correlation analysis shows that the cobalt content is significantly and positively correlated with the amount of total iron and copper in the soil. However, cobalt contents in soils had no obvious correlations with organic matter content, pH, particle fraction and total manganese content in the soil.

Key words soil, cobalt content, Wutai Mountain, affecting factors.

钴是人和动物必需的营养元素。已发现的几种动物疾病(丛林病、滨海病、地方性消瘦症)都是由于牧草中缺钴所致,从而引起了人们的注意^[1]。尤其是反刍动物对钴有特殊的需要。动物机体通过植物性食物摄取钴,而植物体中的钴主要来源于土壤。钴作为维生素 B₁₂的重要组成部分,参与人和动物的造血过程,钴是多种酶的活化剂,参与多种生化反应。另外,钴还是豆科植物固氮作用所必需的元素。

* 现在山西省农业科学院工作。

收稿日期:1996-07-09,修改稿收到日期:1997-01-09。

五台山作为我国四大佛教名山之首,不仅是我国著名的旅游胜地,而且是山西省著名的夏季优质天然牧场和我国最早建立的两个草地自然保护区之一,因此对五台山土壤中钴含量分布及影响因素的研究,对发展当地畜牧业生产和维护人类健康都具有一定的意义。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集与处理

根据五台山土壤垂直分布特点,在阳坡及阴坡不同海拔高度的6个土壤带中,选择典型地段,挖土壤剖面,按发生层用竹剖面刀采集土样,共采集24个剖面。

土样经自然风干,去除土壤侵入物,全部过20目尼龙筛后混匀,取少部分再过100目尼龙筛装瓶备用。土壤基本性质见表1。

表1 土样的基本理化性质

Table 1 Some properities of the soil samples

土壤类型 Soil types	母质类型 Parent material	pH	有机质 Org. M. (g/kg)	CEC (cmol/kg)	机械组成(%) Mechanical composition				全钴 Total Co (mg/kg)	全铜 Total Cu (mg/kg)	全锰 Total Mn (mg/kg)	全铁 Total Fe (g/kg)
					1~0.05mm	0.01~0.005mm	0.005~0.001mm	<0.001mm				
亚高山 草甸土	变质砾岩 ^①	6.6	58.57	20.16	64.80	10.30	13.35	11.55	23.39	21.19	562.86	35.30
Subalpine meadow soil	花岗岩片麻岩 ^②	6.4	129.43	31.59	72.84	9.12	10.11	7.93	12.77	20.42	548.91	26.41
山地草甸土	石英砂岩 ^③	6.6	70.20	22.75	71.56	9.20	9.72	9.52	17.57	26.33	421.02	25.73
Mountain meadow soil	石英砂岩 Quartzite sandstone	6.1	55.57	25.08	66.76	9.51	14.23	9.50	19.81	16.53	580.78	35.72
(山地)棕壤 Mountain brown soil	千枚岩 Phyllite	6.8	91.03	31.89	69.50	10.50	9.01	10.99	16.41	17.53	517.64	31.13
淋溶褐土 Leached cinnamon soil	千枚岩 Phyllite	7.3	42.33	22.14	64.02	10.07	11.95	13.96	17.39	13.89	379.50	28.23
(山地)褐土 Mountain cinnamon soil	黄土质 Loess	8.2	18.18	10.58	80.01	3.18	7.98	8.83	15.81	14.92	391.37	25.90
石灰性褐土 Calcareous cinnamon soil	黄土状沉积物 ^④	8.5	8.865	5.35	71.11	3.50	12.16	13.23	17.13	19.68	462.98	24.19
	黄土状沉积物 ^④	8.2	9.136	12.27	71.66	3.63	8.43	16.25	18.57	21.37	515.82	30.85

①Metamorphic conglomerate;②Granitized-gneiss;③Quartzite sandstone;④Loess-like sediment.

1.2 分析方法

土壤有机质用重铬酸钾法,FeSO₄溶液滴定;pH测定用29型酸度计分析,水:土=1:1;机械组成分析用吸管法;土壤中Fe、Cu、Mn全量分析用王水-高氯酸消化,AA-650型原子吸收分光光度计测定;土壤全Co含量分析经消化后,用亚硝基R盐比色法测定^[8]。

2 结果与讨论

2.1 土壤中钴的含量与分布

根据现有报道资料,土壤中全钴含量范围变动很大,从0.05mg/kg(原苏联的灰壤)到300mg/kg(中非共和国的变性土),平均含量约10~15mg/kg^[3]。但世界上绝大部分土壤的钴含量在2~40mg/kg或1~40mg/kg^[4]。从我国最近发表的一些资料来看,土壤全钴含量从0.01mg/kg到93.9mg/kg,平均含量为12.7mg/kg^[5]。五台山土壤中全钴含量从12.77mg/kg到23.39mg/kg,平均含量为17.38mg/kg(见表2),高

于中国和世界土壤^[6]全钴的平均含量,但低于地壳丰度^[7]。与天山^[8]、秦岭^[1]山地土壤中全钴的平均含量相比,五台山的低于天山的而与秦岭的相近。从所分析的6种土壤类型的24个剖面全钴含量来看,变幅不是很大,变异系数为16.65%。而母质类型为黄土的(山地)褐土和发育在混有黄土的干枚岩风化物上的棕壤,全钴含量的变异系数<10%。各土类全钴平均含量以淋溶褐土为最高,依次为亚高山草甸土>(山地)棕壤>石灰性褐土>山地草甸土>(山地)褐土。

表2 五台山区主要土类中钴元素的含量(mg/kg)

Table 2 Total cobalt contents in different soils in Wutai Mountain

土壤类型 Soil type	剖面数 No. of profile	海拔高度(m) Altitude	层次 Horizon	含量范围 Range	平均值 Average	标准差 S. D.	变异系数 C. V. (%)
亚高山草甸土 Subalpine meadow soil	7	2700m 以上	A WAP*	10.60~19.40 12.77~23.39	14.05 17.51	3.07 3.80	21.84 21.71
山地草甸土 Mountain meadow soil	6	2200~2700	A WAP	10.19~24.50 13.68~21.04	16.87 16.88	4.72 3.17	27.97 18.75
(山地)棕壤 Mountain Brown soil	3	1800~2400	A WAP	17.26~18.42 16.41~18.61	17.70 17.33	0.63 1.14	3.54 6.58
淋溶褐土 Leached cinnamon soil	2	1500~1900	A WAP	14.47~18.09 17.39~22.45	16.28 19.92	2.58 3.58	15.72 17.97
(山地)褐土 Mountain cinnamon soil	2	1300~1600	A WAP	16.44~18.17 15.81~16.66	17.31 16.23	1.22 0.60	7.07 3.68
石灰性褐土 Calcareous cinnamon soil	4	600~900	A WAP	12.41~22.20 13.37~19.51	17.55 17.23	4.44 2.75	25.30 15.98
合计 Total	24		WAP	12.77~23.39	17.38	2.89	16.65

* WAP:剖面加权平均值 weighted average of profile.

各土类与全国同类土壤中钴的平均含量^[5]相比,亚高山草甸土中钴的平均含量高于全国同类土壤中的平均含量,棕壤中的钴的平均含量与全国同类土壤的相近。与秦岭山地同类土壤(表层)平均含量^[1]相比,五台山(山地)棕壤的全钴高于秦岭(15.42mg/kg)的全钴,五台山石灰性褐土表层钴平均含量低于秦岭(18.92mg/kg)的全钴,五台山淋溶褐土表层的钴平均含量与秦岭(16.32mg/kg)的全钴相近。

世界粮农组织提出,在下列土壤中植物有效钴一般低,并可能出现缺钴:pH 接近中性或微碱性或高度石灰质土壤;过度淋溶的土壤;由酸性火山岩形成的土壤;全钴含量低于5mg/kg 的土壤^[9]。五台山区域土壤全钴含量高于5mg/kg,亚高山草甸土、山地草甸土、(山地)棕壤为酸性、微酸性土壤,淋溶褐土、(山地)褐土、石灰性褐土为近于中性或微碱性土壤,是否会出现植物有效钴缺乏现象呢?研究证明,牧草中钴的含量是土壤中钴含量的良好指示剂。在贫钴土壤上生长的牧草含钴0.02~0.07mg/kg,正常土壤牧草中含钴0.03~0.43mg/kg^[7]。根据本文对五台山植物中含钴量分析^[10],含钴范围从0.09~0.90mg/kg,平均为0.556mg/kg。五台山不同土壤植被中钴的含量

表3 五台山不同土壤植被中钴的含量

(平均值,干重,mg/kg)

Table 3 Cobalt contents in different vegetation covers in Wutai Mountain

(average, D. W.)

植被类型 Vegetation	样品数 No. of sample	钴含量 Co content
亚高山草甸植被 ^①	5	0.802
山地五花草甸植被 ^②	18	0.592
常绿针叶林植被 ^③	6	0.648
夏绿阔叶林草灌植被 ^④	11	0.438
旱生草灌植被 ^⑤	8	0.424

①Subalpine meadow、②Mountain five-flowered meadow、
③Evergreen coniferous forest meadow、④Broad-leaf forest
grass-shrub、⑤Xerophytic grass-shrub

[1] 中国科学院地理研究所,等. 土壤背景值地域分异课题组. 我国山地土壤背景值垂直分异规律的研究. 1990. 55

见表3。从表3可知,就是生长在中性及微碱性土壤上的夏绿阔叶林草灌植被和旱生草灌植被中钴的含量分别为0.438mg/kg和0.424mg/kg,高于反刍动物饲料干物质需要的钴含量^[1],故五台山土壤中不缺乏植物有效钴,或者说五台山土壤中钴含量高于土壤中钴的临界水平。这里土壤中钴临界水平的意义与植物必需元素的土壤临界水平的意义有所不同。土壤中钴的临界水平是指土壤钴含量低于此水平时,生长于该土壤上的植物中钴含量不能满足反刍动物的需要^[4]。

钴在五台山土壤剖面中的分布无一固定模式。从钴在五台山土壤剖面中含量分布(见表4)可看出,钴在亚高山草甸土和山地草甸土剖面中的分布相似,在土壤B层有轻微的累积,棕壤和淋溶褐土的C层中有钴的累积,而(山地)褐土和石灰性褐土的上下层中钴的分布比较均一。

表4 土壤不同发育层次钴元素的含量(mg/kg)

Table 4 Total cobalt contents in different soil horizons in Wutai Mountain

层 次 Horizon	亚高山草甸土 Subalpine meadow soil	山地草甸土 Mountain meadow soil	(山地)棕壤 Mountain brown soil	淋溶褐土 Leached cinnamon soil	(山地)褐土 Mountain soil cinnamon	石灰性褐土 Calcareous cinnamon soil
A	14.05	16.87	17.70	16.28	17.31	17.55
B	18.76	18.24	15.17	18.41	15.98	16.15
C	16.86	14.76	22.44	24.30	15.17	18.19

2.2 影响五台山土壤中钴含量的因素

2.2.1 成土母质的影响 土壤中的全钴含量虽受诸多因素的影响,但成土母质仍是最主要的因素。表5反映了不同成土母质对土壤全钴含量的影响。从表5可见,发育于不同母质上的亚高山草甸土中全钴含量有比较大的差异,一般是变质砾岩>石英>砂岩>花岗片麻岩,而发育于相同母质类型上的棕壤和淋溶褐土的全钴含量差异不大,说明母质类型对全钴量具有决定性的影响。

2.2.2 成土过程的影响 五台山主体由古老的前寒武纪变质岩系组成,在寒武纪之前是一个地槽,活动性很强,经历了多次地壳运动变迁,形成了一系列褶皱与断裂。特别是新生代构造运动,使五台山大面积抬升,形成了今日高耸的地势。其特点是:切割强烈,高差悬殊,岩性复杂,变质程度深。随着海拔高度和生物气候条件的变化,土壤经历了不同的成土过程。这些成土过程影响着微量元素在土壤中的累积和再分配。处于海拔2200m以上的山地草甸土、亚高山草甸土系在高中山和亚高山冰冻、冷湿气候下,在成土母质多为混合花岗片麻岩、石英砂岩、变质砾岩的寒冻风化物上,经垫状高草、苔草草甸和五花草甸植被及滞水冻融作用下,使土体上部进行草毡泥炭状的腐殖质累积过程,下部进行滞水冻融的氧化还原过程,底部流水下渗冻融风化过程的共同作用而形成的,本区降水量较高,但由于气候较冷,淋洗作用不深,使钴元素在剖面B层有轻微的累积;分布于海拔1700~2400m的(山地)棕壤、淋溶褐土,经温凉湿润的针叶林、针阔林灌草植被,弱酸性中性淋溶作用下,进行粘化脱钙过程所形成,全钴含量出现底层

表5 五台山不同成土母质土壤中全钴的含量(平均值,mg/kg)

Table 5 Total cobalt contents in soils derived from different parent materials

土壤类型 Soil type	母质类型 Parent material	样品数 No. of sample	Co 含量 Co content
	花岗片麻岩 Granitized-gneiss	2	14.15
亚高山草甸土 Subalpine meadow soil	变质砾岩 Metamorphic conglomerate	1	23.39
	石英砂岩 Quartz sandstone	4	17.73
(山地)棕壤 (Mountain) Brown soil	千枚岩 Phyllite	2	16.69
淋溶褐土 Leached cinnamon soil	千枚岩 Phyllite	1	17.38

富集特征;分布在海拔600~1600m的(山地)褐土和石灰性褐土,受暖温半干旱草灌和森林草原中性、微碱性淋溶作用下进行粘化钙积过程形成,全钴含量在土壤剖面中变化不大。

2.2.3 土壤理化性质的影响 将土壤有机质、pH、机械组成(1~0.01mm, 0.01~0.005mm, 0.005~0.001mm及<0.001mm)与土壤中全钴含量进行了简单的相关分析(见表6)。结果表明这些性质与土壤全钴含量无显著的相关性。

表6 五台山土壤中 Co 含量与土壤理化性质相关系数

Table 6 Correlation coefficients between Co contents and some properties of soils

项目 Item	O.M	pH	粒级 Particle size				全 Fe Totale Fe	全 Mn Totale Mn	全 Cu Totale Cu
			1~0.01mm	0.01~0.005mm	0.005~0.001mm	<0.001mm			
Co	0.1360	0.0756	-0.1200	-0.1930	0.2152	-0.1427	0.5428	0.2708	0.5990

$$r=0.515^{**} \quad r=0.404^{*} \quad n=24$$

2.2.4 土壤中铁、锰、铜全量含量的影响 钴属于铁系元素,钴不仅离子半径与铁、锰很相近,而且其它地球化学性质都很相似。早期的研究资料表明,土壤中钴含量常与铁、锰含量呈正相关。不同研究者对土壤中钴主要是与铁的氧化物结合在一起还是与锰的氧化物结合在一起,看法不一。经相关分析(见表6),五台山土壤中全钴含量与全铁、全锰含量呈正相关,其中与铁的相关系数为0.5428,达到了极显著水平($P<0.01$),而与锰的相关系数未达到显著水平($P>0.05$),这说明五台山土壤中钴主要与铁氧化物结合在一起。这与它们在周期表中的位置相近,性质相似,是一致的。

五台山土壤中全钴含量与全铜含量之间相关分析结果表明,五台山土壤中全钴含量与全铜含量呈正相关,其相关系数为0.5990,大于钴与铁的相关系数,达到了极显著水平($P<0.01$)。这说明五台山土壤中钴与铜的关系也极为密切。钴具有亲铁亲硫的双重性,但以亲硫性为最强;铜具有强的亲硫性,是亲硫元素的典型代表,且 Co^{2+} 与 Cu 两者的地球化学特征都很相似。经电价、半径、配位数和电子构型的综合计算得到 Co^{2+} 的“离子交换指数”与 Cu 十分近似,钴与铜元素能够类质同象^[7]。加上五台山岩性变质程度深,所以五台山土壤中全钴含量与全铜含量的关系也极为密切。

3 结论

1) 五台山土壤中全钴含量范围为12.77~23.39mg/kg,平均含量17.38mg/kg,高于我国及世界土壤中的平均含量。影响土壤全钴含量的主要因素是土壤母质。

2) 相关分析表明,五台山土壤中全钴含量与全铁、全铜含量呈极显著正相关,且全钴含量与全铜含量关系更为密切;而土壤有机质、pH、粘粒、全锰含量对土壤全钴含量无显著相关性。

3) 五台山土壤中钴含量高于土壤中钴的临界含量。

参 考 文 献

- 1 德罗布柯夫 AA 著. 刘钟钰译. 动植物生活中的微量元素和天然放射性元素. 北京: 科学出版社, 1959. 32~37
- 2 中国科学院南京土壤研究所微量元素组编著. 土壤和植物中微量元素分析方法. 北京: 科学出版社, 1976
- 3 奥贝尔 H, 潘塔 M 著. 刘 铮, 朱其清, 唐丽华等译. 土壤中的微量元素. 北京: 科学出版社, 1982. 65~73
- 4 刘 铮等编著. 微量元素的农业化学. 北京: 农业出版社, 1991. 273~295
- 5 中国环境监测总站主编. 中国土壤元素背景值. 北京: 中国环境科学出版社, 1990
- 6 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, 16(4): 319~327
- 7 刘英俊等编著. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1986. 101~102
- 8 孙继坤等. 天山山地土壤中微量元素的含量与分布. 土壤学报, 1987, 24(4): 335~341
- 9 联合国粮农组织. 粮农组织——肥料及营养丛书7: 微量养分. 北京: 中国农业科技出版社, 1988. 49~50
- 10 樊文华等. 五台山草地自然保护区不同植物化学元素含量的研究. 草地学报, 1996, 4(1): 55~62
- 11 胡 坚主编. 动物饲养学. 长春: 吉林科学技术出版社, 1990. 90~91