

85-90

9083(12)

第15卷 第1期
1995年3月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 15, No. 1
Mar., 1995五台山山地草甸自然保护区
11种化学元素生物积累的研究

樊文华 张毓庄

(山西农业大学土化系, 山西太谷, 030801)

Q948.158

S759.9

A

摘要 五台山山地草甸自然保护区可划分为亚高山草甸带、山地五花草甸带、常绿针叶林草甸带。本文研究了各生态带土壤和植被中11种化学元素的含量、分布及生物积累特征。研究表明:(1)各带土壤中化学元素含量均在全国同类型土壤含量范围之内,就平均含量而言,Co、Ni含量较高,其它元素含量较低,整体属清理想水平,合乎自然保护区土壤环境标准。(2)各带植被中营养元素含量较高,营养丰富。尤其是亚高山草甸带是饲用价值很高的富养优质牧草区,应很好地保护和利用。(3)各带植被的生物吸收系数均以Ca、K为最大,Co最小。

关键词: 五台山, 山地草甸, 元素, 生物积累。

自然保护区

我国四大佛教名山之一——五台山,位于山西省五台县东北,北台叶斗峰海拔3058m,素有“华北屋脊”之称。以高山嵩草、珠芽蓼为建群种的植物群落是华北地区山地特有的高山植物群落类型,基本上未遭到人为活动的破坏,是华北地区山地草甸生态系统较为完好和相对稳定的典型地区之一,也是山西优良的夏季天然牧场。在1984年9月城乡建设环境保护部环保局和农牧渔业部畜牧局联合召开的“全国草地类自然保护区调查规划会议”上被确定从1985年开始先建立的两个草地类自然保护区之一。五台山山地草甸垂直分异以上到下可划分为亚高山草甸带、山地五花草甸带及常绿针叶林草甸带。以往只着重于大气、水、牧草种类及土壤类型的考察,对其不同植被带中化学元素含量、分布和生物积累的研究尚属首次,这一研究对保护牧草资源、提高牧草质量,充分利用牧草资源,为建立区域性环境质量标准具有理论意义和实践意义。

1 样品的采集及分析方法

1.1 样品的采集 在各垂直带中,选择典型地段挖土壤剖面,按自然发生层次采集土样。在采集土样的同时,采集该带植被中的主要植物种类。

1.2 分析方法 样品经处理后,土壤中Mn、Cu、Zn、Ni、Cr、Pb用王水-高氯酸消化后,原子吸收分光光度计测定,Co用亚硝基R盐比色法^[1],K、Na、Ca、Mg用常规法^[2],植物样分析同土样。

2 结果与讨论

2.1 亚高山草甸带 亚高山草甸带分布在海拔2700—3058m的台顶及缓坡地带,年均温在-4.5℃,冬季严寒漫长,1月份平均气温-18.3℃,极端最低气温-44.3℃,夏季短促凉爽,7月平均气温<10℃,极端最高气温不超过20℃,台顶年积温($\geq 0^\circ\text{C}$)646.7℃,平均无霜期仅60d左右,冻土地貌发育,呈现出“石海”和“冻土草丘”。这里风大,降水多,年均降水量近

* 本文承蒙山西农业大学赵景逵教授指导,特此致谢。

收稿日期 1993 04 20,修改稿收到日期,1994 02 01。

1000mm,是山西省降水量最多的地区之一,年8级风天数在180d以上,最大风速可达40m/s。由于气候冷湿,风大,日照充足,太阳紫外线辐射强等生境条件,使得植物群落结构简单,草丛矮化,生长密实,盘根错结成厚达5—10cm的草毡层。构成亚高山草甸植被建群种主要有高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、苔草(*Carex* spp),珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、零零香(*Anaphalis hancockii*)、落草(*Koeleria cristata*)等。

土壤类型为亚高山草甸土,成土母质多为变质砾岩、花岗片麻岩的残—坡积物。

亚高山草甸带土壤和植物中化学元素含量列于表1。与全国同类型土壤的背景值^[3]相比,各元素均在其含量范围之内。就平均含量而言,Co、Ni较高,Ca相近,其它Mn、Cu、Zn、Cr、Pb、K、Na、Mg均偏低,这主要是成土母质多为变质岩的缘故。与我国著名的高山牧场天山同类型土壤平均含量^[4]相比,Mn、Co、Cu、Zn、Cr、Ni显著低于天山土壤。按全国土壤背景值研究中所建议的土壤环境标准^{*},该带土壤环境属清洁理想水平,故确定五台山为山地草甸自然保护区是合适的。

表1 五台山亚高山草甸带土壤和植物中化学元素的含量

Table 1 The contents of chemical elements in subalpine meadow zone of Wutai Mountain

类型 Type	样品数 No. of sample	常量元素(g/kg) Macro-elements				微量元素(mg/kg) Trace-elements						
		K	Na	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Cr	Co	Ni	Pb
植物 Plant	5	9.4	1.2	12	2.25	123.64	12.66	29.30	10.49	0.80	9.88	9.18
土壤 Soil	7	5.6	0.9	6.8	6.0	567.06	22.63	58.54	21.05	17.51	48.39	8.90

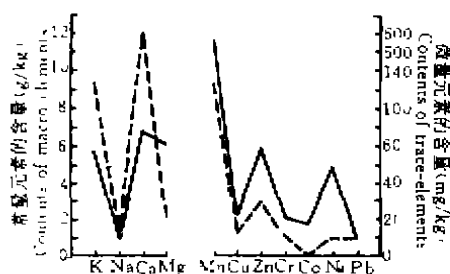


图1 五台山亚高山草甸带土壤和植物中化学元素含量的相关特征

Fig. 1 Relations of chemical element contents in the soil and plant of subalpine meadow zone of Wutai Mountain

注:实线为土壤中的含量,虚线为植物中的含量

Note: The line is contents of soil, the dash line is contents of plant

植物与土壤之间化学元素含量具有一定的关系。从图1可看出,植物的化学成分在很大程度上取决于土壤的成分,主要通过植物选择性吸收而富集,通常用生物吸收系数(A_r)来表示。本文应用各带植被的平均含量(以烘干重计)与其下土壤的平均含量之比表示。从生物吸收系数序列(表2)可看出,本带Ca、K、Na的生物吸收系数最大,分别为1.76、1.68和1.33,Co最小,生物吸收系数为0.046,其余元素介于 $n \times 10^0 \times 10^{-1}$ 之间,属弱累积和中等摄取的元素,植被中未发现微量营养元素的亏缺现象。本带植被中元素含量与天山同类植被中含量相比,Mn、Cu、Co、Cr、Ni较高,Zn较低,表明此类植被具有较高营养水平。这些元素是人和动物生长和维持生命所必需的,是激素或酶的组成部分或作为酶的激活剂^[5]。按动物

对微量元素的需要量和中毒量来看,该带植被元素含量高于需要量而又远远小于最大安全量

* 中国环境监测总站,北京大学、中国科学院沈阳应用生态研究所,中国土壤环境背景值研究,120—124

和中毒量^[6],加上海拔高,气候湿润凉爽,牧草含干物质和脂肪量高,属饲用价值很高的富营养优质牧草区,家畜夏牧,极易上膘,习称“油草”,本带是最好的夏季天然牧场之一。

表 2 五台山亚高山草甸带生物吸收系数序列

Table 2 An order of biological absorption coefficients in sub-alpine meadow zone of Wutai Mountain

生物吸收系数											
Biological absorption coefficients											
$n \times 10^0$				$n \times 10^{-1}$				$n \times 10^{-2}$			
Ca	K	Na	Pb	Cu	Zn	Cr	Mg	Mn	Ni	Co	

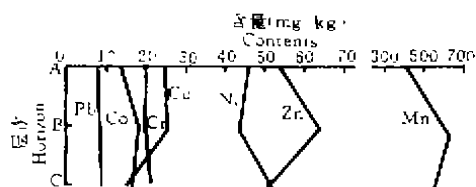


图 2 五台山亚高山草甸带土壤剖面微量元素分布特征

Fig. 2 Soil profile distribution features of chemical elements in subalpine meadow zone of Wutai Mountain

化学元素生物积累和淋溶程度在土壤剖面中可反映出来。如图 2 所示,亚高山草甸土土壤剖面中微量元素分布为:Fe、Mn、Cu、Zn、Co 在 B 层含

量较高,而 Ni 为 C 层含量较高,Cr、Pb 则变化不大。这和元素本身迁移活性及气候有很大关系。亚高山草甸土地处雨量充沛区,在微酸性条件下发生淋溶作用,但由于气候寒冷时间长,土壤冻层较深,制约了土壤淋溶作用与元素活性强度,使这些元素不能被淋移到深层,别外土壤有机质的吸附作用和生物向上富集作用。

2.2 山地五花草甸带 山地五花草甸带分布在海拔 2200—2700m,年均气温 $-4-0^{\circ}\text{C}$,年降水量 700—900mm,生境条件较亚高山草甸带稍暖,地面无明显的“冻土草丘”,植物种类丰富,主要由菊科、蔷薇科和豆科等植物组成五花草甸,植株生长繁茂,草类层次不明显,叶丛高 40cm 以上,盖度达 95%。主要植物有花苜蓿(*Trigonella ruthenica*)、兰花棘豆(*Oxytropis caerulea*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、中国马先蒿(*Pedicularis chinensis*)、蓝色早熟禾(*Poa ianthina*)等。

土壤为山地草甸土,成土母质为片麻岩、千枚岩、石英砂岩的残一坡积物,在较低处混有黄土。

山地五花草甸带土壤和植被中化学元素含量列于表 3。土壤中大多数元素的含量高于本区亚高山草甸土,这主要由于成土母质多为坡积物,与全国其它临近的亚高山草甸土,亚高山草原土和棕壤中元素平均含量^[3]相比,Co 略高,Ni 偏高,其余元素偏低,其中 Cu、Zn 含量与棕壤相近,Mn 含量与亚高山草原土相近,土壤环境达到了自然保护区的标准。

表 3 五台山山地五花草甸带土壤和植物中化学元素的含量

Table 3 The contents of chemical elements in mountain five-flowered meadow zone of Wutai Mountain

类型 Type	样品数 No. of sample	常量元素(g/kg) Macro-elements				微量元素(mg/kg) Trace-elements						
		K	Na	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Cr	Co	Ni	Pb
植物 Plant	18	7.9	1.1	11.8	2.48	57.12	11.46	32.57	16.17	0.59	4.73	6.21
土壤 Soil	6	7.7	1.3	9.6	6.9	619.06	18.38	64.59	25.24	16.88	44.56	7.93

植被中各化学元素含量同我国著名的高山牧场天山同类植被^[4]相比,Cu、Cr、Ni 较高,Mn、Co、Zn 略低。各元素含量与动物需要量相近而远小于最大安全量^[6]。此带牧草种类多,各

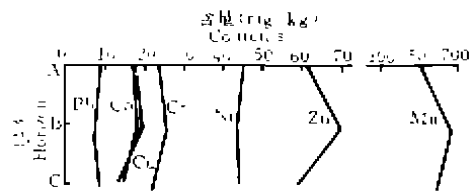


图 3 五台山地五花草甸带土壤剖面微量元素分布特征
Fig. 3 Soil profile distribution features of chemical elements in mountain five-flowered meadow zone of Wutai Mountain

具不同的适口性和营养成分,加之物候期不一,可供放牧以更多的选择。但在海拔高处,间有鬼见愁、金露梅灌丛,对放牧不利。

各元素在山地五花草甸带土壤剖面中的分布不同,从图 3 中可看出,Cu、Co、Zn、Mn 在土壤剖面中的分布趋势与亚高山草甸土相同,这说明山地草甸土和亚高山草甸土具有相似的成土条件和成土过程。

从图 4 及表 4 中可看出,本带主要富集 Ca、K,其生物吸收系数分别为 1.33 和 1.03,而 Mn、Co 的生物吸收系数最小,分别为 0.092 和 0.035。

表 4 五台山地五花草甸带生物吸收系数序列
Table 4 An order of biological absorption coefficients in mountain five flowered meadow zone of Wutai Mountain

生物吸收系数(Ax)										
Biological absorption coefficients										
$n \times 10^0$		$n \times 10^{-1}M$							$n \times 10^{-2}$	
Ca	K	Na	Pb	Cr	Cu	Zn	Mg	Ni	Mn	Co

2.3 常绿针叶林草甸带 常绿针叶林草甸带分布在海拔 1800—2300m(阴坡),1800—2400m(阳坡),还属山地草甸的保护带。气候为温凉湿润型,年均温 $-2 \sim -2^{\circ}C$,年降水量 500—800mm,雨量充沛。

常绿针叶林主要由白杉(*Picea meyeri*)、青杉(*Picea wilsonii*)组成的云杉林,混生有臭冷杉(*Abies nephrolepis*),在阳坡或半阴坡生长有华北落叶松(*Larix principis-ruprechtii*),林相发育良好,郁闭度 50%—80%,林中有连翘、丁香、胡榛子、黄刺玫等灌木和唐松草、大叶龙胆等草本植物。

表 5 五台山常绿针叶林草甸带土壤和植物中化学元素的含量

Table 5 The contents of chemical elements in evergreen coniferous forest meadow zone of Wutai Mountain

类型 Type	样品数 No. of sample	常量元素(g/kg) Macro-elements				微量元素(mg/kg) Trace-elements						
		K	Na	Cu	Mg	Mn	Cu	Zn	Cr	Co	Ni	Pb
植物 Plant	6	6.7	0.72	11.8	2.2	66.89	12.43	43.01	19.14	0.62	4.07	3.50
土壤 Soil	3	6.5	0.66	8.0	9.3	512.51	18.81	52.86	28.40	17.33	49.03	7.90

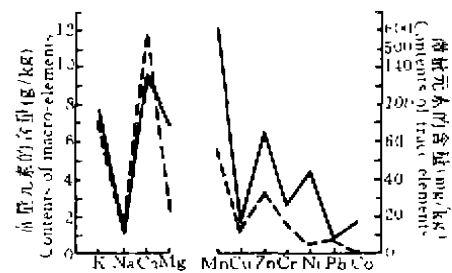


图 4 五台山地五花草甸带土壤和植物中化学元素含量的相关特征
Fig. 4 Relations of chemical element contents in the soil and plant of mountain five-flowered meadow zone of Wutai Mountain

注:实线为土壤中的含量,虚线为植物中的含量
The line is contents of soil, the dash line is contents of plant

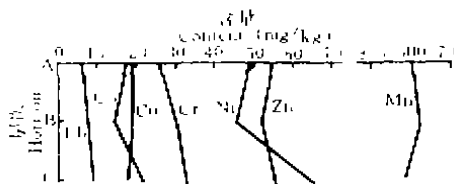


图 5 五台山常绿针叶林草甸带土壤剖面微量元素分布特征

Fig. 5 Soil profile distribution features of chemical elements in evergreen coniferous forest meadow zone of Wutai Mountain

该带成土母质多为混有黄土的千枚岩、花岗岩片麻岩等残一坡积物。土壤为棕壤。

本带土壤和植物中化学元素含量列于表 5。与全国同类土壤^[3]相比,各元素均在其含量范围,就平均含量而言,五台山棕壤 Ni 偏高,K、Na、Mn、Zn、Cr、Pb 偏低,Ca、Mg、Cu、Co 相近,土壤环境合乎自然保护区的标准。植被中 Cu、Cr、Zn、Ni 的平均含量比天山同类植被高,而 Mn、Co 较低,但均未发现亏缺症状。

从图 5 中可看出,大多数微量元素在土壤剖面中的分布趋势同亚高山草甸土和山地草甸土有很大不同,Pb、Co、Ni、Cr 在 C 层中含量最高,Cu、Zn 在土体中则变化不大,这主要是在弱酸性淋溶条件下,淋溶作用强于生物富集作用的结果。

从图 6 及表 6 中可见,本带植被主要富集 Ca、K、Na,生物吸收系数分别为 1.48,1.03 和 1.01,Ni、Co 的生物吸收系数最小,分别为 0.083 和 0.036。

表 6 五台山常绿针叶林草甸带生物吸收系数序列

Table 6 An order of biological absorption coefficients in evergreen coniferous forest meadow zone of Wutai Mountain

生物吸收系数(A _x)										
Biological absorption coefficients										
$n \times 10^0$			$n \times 10^{-1}$					$n \times 10^{-2}$		
Ca	K	Na	Zn	Cr	Cu	Pb	Mg	Mn	Ni	Co

3 结论

综上所述,可知五台山山地草甸自然保护区各生态带中土壤和植被化学元素含量及生物积累的特点。

3.1 各带土壤中化学元素含量具有 Co、Ni 较高,其它元素偏低的特点,整体属清洁理想水平,确立为山地草甸自然保护区是合适的,其土壤中元素含量可作为此类保护区的标准。

3.2 各带植被中化学元素含量较高,营养丰富,符合饲用标准,尤其是亚高山草甸带,是饲用价值很高的富营养优质牧草区,应很好的保护和利用。

3.3 各带植被的生物吸收系数均以 Ca、K、Na 最大;Co 的生物吸收系数最小为亚高山草甸植被的累积特征,Mn、Co 的生物吸收系数为最小是山地五花草甸带植被的累积特征;Ni、Co 的生物吸收系数最小为常绿针叶林草甸植被的累积特征。其余元素属弱累积和中等提取的元素。

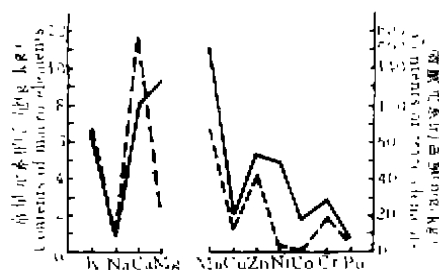


图 6 五台山常绿针叶林草甸带土壤和植物中化学元素含量的相关特征

Fig. 6 Relations of chemical element contents in the soil and plant of evergreen coniferous forest meadow zone of Wutai Mountain

注:实线为土壤中的含量,虚线为植物中的含量
The line is contents of soil,the dash line is contents of plant

参 考 文 献

- 1 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
- 2 南京农学院主编. 土壤农化分析. 北京: 科学出版社, 1980
- 3 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
- 4 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
- 5 中国农业科学院土壤肥料研究所编译. 农业中的微量营养元素. 北京: 农业出版社, 1984
- 6 胡坚主编. 动物饲养学. 长春: 吉林科学技术出版社, 1990

STUDY ON THE BIOLOGICAL ACCUMULATIONS OF
ELEVEN CHEMICAL ELEMENTS IN THE MOUNTAIN
MEADOW NATURAL RESERVE IN MT. WUTAI

Fan Wenhua Zhang Yuzhuang

(Dept. of Soil Science, Shanxi University of Agriculture, Taigu, 030801)

A study on the features of the contents, distributions and accumulations of 11 chemical elements in soils and vegetations was carried out in each of the subalpine meadow zone, the mountain five-flowered herbosa meadow zone and the evergreen coniferous forest meadow of the Mountain Meadow Natural Reserve in Mt. Wutai. It was found that the contents of chemical elements in the soils in each of these zones are within the ranges of their own national averages in the same kind of soils, with both Co and Ni at a higher level, other elements at a lower level, and the overall at a clean and desirable level in compliance with the environmental standards for soils in a natural reserve. The vegetations in each of these zones had higher contents of nutrient element such as Mn, Co, Ni, K and Ca. Particularly, the vegetations in the subalpine meadow zone are the herbages of high quality which are highly valuable to feed animal. In the vegetations in each of these zones, both K and Ca had the highest bioavailability and Co had the lowest bioavailability.

Key words: Mt. Wutai, mountain meadow, chemical elements, bioaccumulation.