

环境调查 与评价

北京土壤的地球化学过程与元素背景含量的关系

李 廷 芳

(北京师范学院地理系)

从地球化学的观点看:土壤正处于地质大循环与生物小循环的接合点上.因此,土壤中元素含量一方面决定于成土母质的化学组成;另一方面,取决于成土诸因素(气候、生物、地貌、时间)在综合作用下元素的地球化学过程,即元素的淋溶、迁移、沉淀与累积.

不同土类,表明它们在成土诸因素综合作用下,主要成土过程是不相同的,因而分析不同土类的地球化学过程与元素含量的关系,对于自然条件较复杂的北京地区尤为重要.

一、环境概况与主要成土过程

北京地区总的地势是西北高,向东南倾斜,全区地形可分成山地与平原两部分.西部山地统称西山,隶属于太行山脉;北部为军都山,隶属于燕山山脉,地势由南向北呈“阶梯”状逐级上升.平原,由西北向东南微微倾斜,与一望无垠的华北平原相连.本区自然环境物质基础的基岩:北部山区是花岗岩、角闪斜长石片麻岩、白云质灰岩和凝灰岩;西部山区以沉积岩类的灰岩、砂页岩为主,其次是凝灰岩和零星分布的花岗岩.平原地区的物质,主要由洹河、潮白河、温榆河、永定河、拒马河等河流的洪积、冲积物所组成.

本区地理景观为暖温带半湿润地区半旱生落叶阔叶林与森林草原褐色土地带向温带半干旱地区干草原栗钙土地带过渡区.土壤

分布具有明显的垂直带谱结构,海拔由高至低有山地草甸土、山地棕壤、褐土和潮土.

山地草甸土处于海拔 1900m 林线以上的中山山地顶部的平台缓坡上,植被为中生杂草草甸,气候凉爽,土体湿润,有机质累积强烈而分解缓慢,成土过程以有机质累积过程为主.土壤碳酸钙全部淋溶,呈弱酸性反应, pH 值 6.0—6.5,盐基饱和度 84—94%.

山地棕壤分布在海拔 800 米以上的中山区,夏秋温暖多雨,土壤粘化过程强烈,有明显的淋溶作用.易溶性盐和碳酸盐淋失殆尽,盐基饱和度 68—85%,粘粒沿剖面下移,在心土层淀积.植被为森林与中生灌丛,有机质累积过程次于山地草甸土,较褐土、潮土要强.

褐土,其成土过程以粘化为主,有一定的淋溶,并伴随着钙化过程,有机质累积强度不及棕壤强烈.褐土根据碳酸盐的淋溶与淀积状况,可分为淋溶褐土、普通褐土、碳酸盐褐土以及向潮土过渡的潮褐土等主要土壤亚类.土壤呈中性、微碱性反应, pH 值为 7.0—8.2.

潮土,除受沉积物性质和人为作用影响外,还深受地下水影响,造成土壤一底土氧化还原交互作用的潜育化过程以及碳酸钙的水成累积.

二、山地草甸土、山地棕壤、 褐土、潮土中若干元素含量的差异

通过方差分析和多重比较,将山地草甸土、山地棕壤、褐土、潮土若干元素含量的差异列于表1、表2。从表中可明显地看出,除汞的含量潮土明显地高于褐土、山地棕壤、山地草甸土外,其它十一种元素都是山地草甸

土>山地棕壤>褐土>潮土。其中镉、砷、铅、镍、锌、氟、锰、钴达到显著性水平($\alpha = 0.05$)。铬、铜潮土中的含量显著低于山地草甸土、山地棕壤和褐土,而这三种土类之间的含量差异,没有达到显著性水平。在褐土中各亚类之间相比,除汞潮褐土、碳酸盐褐土高于普通褐土和淋溶褐土外,其它所测的十一种元素在土壤中的含量总的趋势是淋溶褐土>普通褐土>碳酸盐褐土。

表1 北京山地草甸土、山地棕壤、褐土、潮土中

土 壤	Hg			Cd			As			Pb			Cr			Ni		
	样点数	平均值	差异显著性*	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性
山地草甸土	6	0.032	b	6	0.146	a	6	9.38	a	6	16.2	a	5	61.3	a	6	24.8	b
山地棕壤	34	0.031	b	34	0.130	b	34	8.72	b	34	15.9	ab	34	57.7	a	34	25.9	a
褐 土	117	0.04	b	114	0.118	b	118	3.13	bc	118	14.4	b	114	58.1	a	117	23.6	c
潮 土	116	0.060	a	117	0.117	b	121	7.95	c	120	11.5	c	116	51.8	b	120	20.5	d

* 差异显著性,凡标有同一英文字母的差异为不显著;字母不同为差异显著。

表2 北京淋溶褐土、普通褐土、潮褐土、碳酸盐褐土中

土 壤	Hg			Cd			As			Pb			Cr			Ni		
	样点数	平均值	差异显著性*	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性	样点数	平均值	差异显著性
淋溶褐土	31	0.039	b	30	0.13	a	31	8.0	ab	31	15.6	a	25	59.4	a	32	27.9	a
普通褐土	34	0.041	b	34	0.10	b	34	8.6	ab	34	14.1	ab	34	57.2	ab	33	23.4	b
潮 褐 土	16	0.074	a	16	0.13	a	16	7.7	b	16	14.5	ab	16	54.9	b	16	20.6	b
碳酸盐褐土	13	0.104	a	13	0.11	ab	10	9.1	a	14	12.4	b	12	54.1	b	12	22.8	b

* 差异显著性,凡标有同一英文字母的差异为不显著;字母不同为差异显著。

三、引起土壤元素背景含量差异 的土壤地球化学过程的分析

1. 风化壳的不同地球化学类型

风化壳是土壤发育的物质基础。在环境因素的综合作用下,风化壳形成过程中物质平衡及其地球化学过程的不同阶段,可以把

北京地区的风化壳,分为下列几种类型:在北部、西部山区为淋溶性的硅铝风化壳。此风化壳发育在花岗岩、片麻岩、凝灰岩等基岩上,淋溶作用强烈,可溶性盐类和碳酸盐基本淋失,其含量一般低于0.5%以下。风化壳呈中性,微酸性反应。在该风化壳上发育成为山地草甸土、山地棕壤、淋溶褐土。在低山、

丘陵或山前倾斜平原稍高的地方。为淋溶性碳酸盐风化壳。该风化壳大部分易溶盐遭受淋失,风化壳中以难溶的碳酸钙为主,含量一般在 1—5% 之间,发育有普通褐土和碳酸盐褐土等。在平原上广泛分布的是堆积性碳酸盐风化壳,一般受地下水的影响,其上发育的土壤主要是潮土。

无论是硅铝风化壳或碳酸盐风化壳,都是中性、微碱性或微酸性反应,因而在风化过

程中大多数金属元素表现为不活泼、不易迁移的特点。硅铝风化壳形成过程中,在碳酸盐的强烈淋洗下,原生硅铝酸盐形成次生硅铝酸盐,进入粘化过程,使其粘粒(粒径 <0.001 mm)含量增高,一般可达 20% 左右,个别可达 26%。而碳酸盐风化壳,粘化过程弱,粘粒含量偏低,尤其是近代河流冲积物,风化作用时间短,机械组成以砂质为主。正由于粘粒含量的不同,发育在硅铝风化壳上的山地

若干元素背景含量(ppm)的差异显著性($\alpha = 0.05$)

Cu			Zn			F			Mn			Mo			Co		
样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性
6	21.2	a	6	83.5	a	6	379	a	5	713	a	6	1.09	a	6	11.7	a
34	19.8	a	34	69	b	34	357	b	30	571	b	30	0.86	b	30	10.9	b
117	19.9	a	117	56.7	c	119	336	c	70	514	c	69	0.73	c	69	10.4	b
120	14.3	b	120	43.7	d	118	335	c	41	513	c	43	0.59	d	43	8.2	c

若干元素背景含量(ppm)的差异显著性($\alpha = 0.05$)

Cu			Zn			F			Mo			Co			Mn		
样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性	样点 数	平均 值	差异 显著 性
31	22.8	a	31	70.2	a	31	326	b	24	0.83	a	24	11.1	a	25	547	a
33	21.2	a	34	60.9	ab	34	360	a	24	0.70	ab	25	9.7	ab	24	491	c
16	15.2	b	16	52.1	b	16	328	ab	8	0.62	b	8	7.0	c	8	473	c
12	18.8	ab	12	51.2	b	12	357	ab	7	0.60	b	7	8.9	d	7	518	bc

草甸土、山地棕壤、淋溶褐土,其所测元素含量高于发育在碳酸盐风化壳上的普通褐土、碳酸盐褐土、潮土。

2. 生物地球化学小循环的差异

生物因素是影响土壤发育发展的最活跃因素,没有生物作用就没有土壤形成过程。所有类型土壤均有生物作用,但强度不同,即有

机质累积和腐殖质化过程有明显的差别。山地草甸土上生长着茂密的草甸植被,地表草根盘结密集,加上气候寒冷湿润,有利于有机质的累积,含量可达 9—16%。林下的棕壤,地表有 1—3 厘米厚的枯枝落叶层,有机质含量达 4—9%。淋溶褐土,地表枯枝落叶层较薄,有机质含量为 2.3—6%。植被条件较好

的褐土,有机质含量可达3—4%。被辟为农田的褐土,其表层有机质含量,一般在1—2%之间。潮褐土,一般为良好的农田,熟化程度高,有机质含量平均为1.29%。

腐殖质具有较强的化学活性和胶体性,常与粘土矿物发生一系列的变化,形成矿质有机胶体复合体。这些胶体,对于金属元素具有较强的吸附性,或者同离子态的金属元素形成螯合物,使之固定于土壤中。因此,土壤中有些元素含量往往与土壤中有机质含量有一定的正相关性。由于这样的正相关,土壤中所测元素含量表现为山地草甸土>棕壤>褐土>潮土的规律性。特别是山地草甸土,元素含量一般居于首位,有机质含量多起了主要作用。因为山地草甸土与棕壤相比,它的粘化强度不及棕壤,粘粒含量是偏低的。

3. 土壤剖面形态的差别

各土类的剖面,都有它特殊的形态,这是它们所处的地形部位、成土母质、水文地质条件等成土因素所决定的。不同的土壤剖面形态,当然会影响到元素在土壤中的地球化学过程及其纵向分布。

山地草甸土土层多为中厚层,全剖面层次过渡不明显,表层为黑褐色到暗棕色,团粒状结构。心土层土色略淡,有机质含量由表层的15%左右明显地降到4—6%。土壤碳酸钙全部淋溶,呈弱酸性反应,粘化强度较

弱,各层次的粘粒含量变化不大。大多数元素在微酸性条件下,活性虽然较碱性、中性、微碱性要强,但由于表层大量有机质的存在,使其所测诸元素富集在表层,而随着深度的增加,有机质含量的减少而使元素含量降低。因此,山地草甸土中大多数所测元素在剖面上的分布表现为上高下低的趋势(图1),其中铜、锌、镉更为显著。山地棕壤,由于淋溶、粘化过程比山地草甸土、褐土、潮土都要强烈,因而亚表层、心土层粘粒含量要高于表层。土壤盐基饱和度为60—80%,呈微酸性反应。正由于这样的剖面特点,一般元素在微酸性条件下较易迁移,随着粘粒的下移,在亚表层积聚,使它们在剖面上的分布除汞、铅外镉、砷、镍、铜、锌、铬、氟含量均具有从表层向底层递增的现象(图2)。潮土受地下水的影响,通体碳酸钙含量较高,约2—7%不等。土壤呈微碱性、碱性反应,pH值8.0—8.5。在碱性条件下,一般金属元素不易迁移。再加上潮土具有多年的耕作历史,耕作、施肥等人为活动的影响在表层相对富集,形成所测元素呈上高下低的纵向分布,与山地草甸土相似。淋溶褐土、普通褐土淋溶强度较大,仅次于棕壤,碳酸钙有明显的淋溶,但无钙积层,粘化层紧实而质地较粘重。因此,所测元素含量在纵向上的分布接近棕壤,表层低于底层,但不及棕壤上低下高趋势那样明显。碳

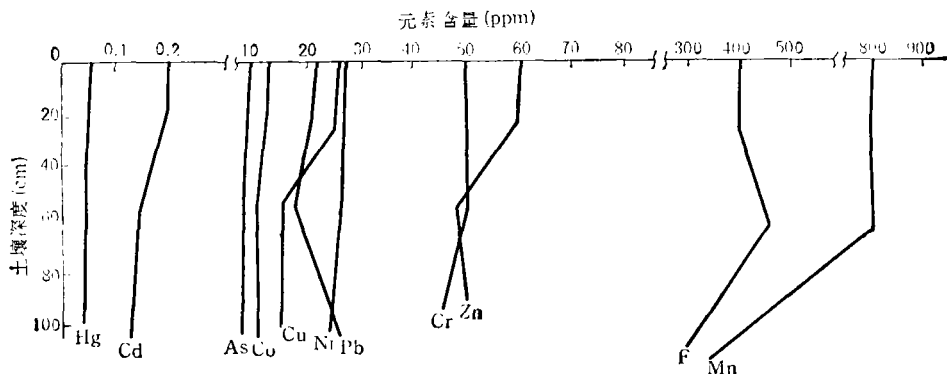


图1 山地草甸土元素含量的纵向分布(张山营大海坨山脊)

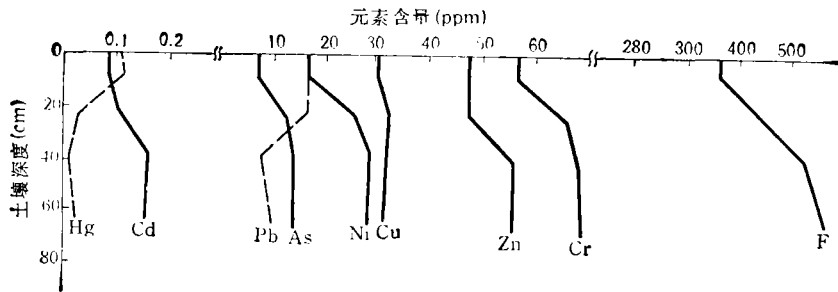


图 2 山地棕壤元素含量的纵向分布(延庆永宁鸡场东南)

酸盐褐土,由于所在地区气候干燥,碳酸盐含量高,呈碱性反应,抑制了物质的淋溶。土壤发育微弱,基本上保持着母质特征,层次分化不明显,粘化层不发育。因而,所测的大多数元素含量的纵向分布,表现为表层略高于底层的趋势。

4. 人为因素

土壤的利用状况,对土壤中元素含量水平也是有影响的,这种影响往往是通过改变某一成土因素起作用。例如,位于怀柔县沙

峪的 10 号与 11 号土壤,其母质均为花岗岩风化物,都是淋溶褐土。所不同的是前者位于阴坡,植被为油松林,土壤表层有 1—2cm 的枯枝落叶层覆盖,土壤质地为轻壤。后者位于阳坡,自然植被已破坏,辟为栗林,水土流失严重,土壤质地为砂壤,多砾石。两个土壤剖面上的各元素的平均含量相差甚大(表 3),其中汞、镉可达三倍。具有长期耕作历史的潮土和平原区的褐土,由于降低了它们有机质累积的程度,其大多数所测元素含量低

表 3 土壤利用状况的不同,引起元素含量(ppm)的差异

土壤剖面号	Hg	Cd	As	Pb	Cr	Ni	Cu	Zn	F
10	0.03	0.21	6.4	19.6	46	17.2	11.6	47.3	427
11	0.01	0.06	4.3	18.6	20	13.5	9.8	32.3	209

于山地棕壤、山地草甸土,这也是一个原因。

结 语

通过上述分析,可得出这样的结论:各土类,由于它们生物、气候等诸成土因素的差异,引起土壤的淋溶、粘化和有机质累积过程的不同而使土壤元素地球化学过程有明显的区别。这是形成所测十二个元素含量,除汞外,其它均是山地草甸土>山地棕壤>褐土>潮土有规律变化的主要因素,也是决定各土类剖面形态以及元素纵向分布特征的因素。至于人为因素对土壤元素含量,也有深刻的影响。

致谢: 本文所用原始资料取自北京主要农业土壤与粮食作物背景值研究协作组;霍亚贞教授对本文提出宝贵意见,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 北京市通县土壤普查试点技术组, 通县土壤普查试点方法, 6—7 页, 15—17 页, 30—35 页, 农业出版社, 1981 年。
- [2] 北京主要农业土壤和粮食作物中元素背景值协作组, 环境科学学报, **5**(1), 113—119(1985)。
- [3] 沈碧贞等, 土壤学报, **20**(4), 440(1982)。
- [4] [苏], B. A. 柯夫达(陆宝树等译), 土壤学原理, 80—137 页, 科学出版社, 1981 年。
- [5] Mills, J. G. et al., *Can. J. Soil Sci.*, **55**, 294(1975)。
- [6] Frank, R. et al., *Can. J. Soil Sci.*, **56**, 181(1976)。