

北京地区土壤中镉的分布特征

夏增禄 李森熙 穆从如

(中国科学院地理研究所, 北京)

关键词 土壤 镉 北京地区

内 容 提 要

本文以区域性土壤镉含量的调查和污灌区土壤镉污染的调查所取得的结果, 探讨北京地区镉在几种典型土壤剖面中的分布和区域分布, 并按作者拟定的分级标准编制了北京地区土壤镉含量分布图。

镉是一种有毒元素。我国已发现一些地区的土壤受到镉的污染。因此, 关于土壤中镉的状况已引起各方面的关注。作者曾就北京东郊环境中的镉作过报道^[1]。一些作者还通过土壤背景值工作报道过北京褐色土土壤中镉的背景值^[2]。本文则主要以区域性土壤镉含量的调查和污灌区土壤镉污染的调查所获得的结果, 通过镉在北京地区几种主要典型土壤剖面中的分布以及镉的区域分布图, 讨论北京地区土壤中镉的分布特征。

自然条件和方法

北京属暖温带半湿润季风气候区, 春季干旱多风, 夏季高温多雨, 秋季天高气爽, 冬季干燥寒冷, 年降水量400—700毫米。本区雨热同季的气候特征, 有利于元素的迁移。根据大地貌单元, 本区可分为山地和平原两大部分。成土母质: 北部、东部山区为花岗岩、片麻岩、白云质灰岩和凝灰岩; 西部山区以灰岩、砂岩为主, 其次是凝灰岩和零星分布的花岗岩。平原可分为山前洪积冲积平原, 洪积冲积倾斜平原和冲积平原, 土壤母质主要是洪积、冲积物。

北京的土壤类型主要有褐土, 潮土和棕壤, 在部分山地顶部有少量亚高山草甸土。褐土是本区的地带性土壤, 其主要特征是明显的心土粘化过程, 碳酸钙的淋溶淀积过程和表土的腐殖质化过程。但是, 由于土壤形成的地形、植被、母质和年龄等因素的差异, 褐土又可分为淋溶褐土、典型褐土和碳酸盐褐土。典型褐土属淋溶钙积型, 土壤的碳酸钙虽遭到淋溶, 但心土还有少量碳酸钙残存, 底土仍有碳酸钙累积。淋溶褐土则碳酸盐多通体被淋溶, 无石灰性反应, pH为弱酸性—中性。碳酸盐褐土多发育于近代河流洪积冲积物或石灰岩和黄土母质的缓坡、台地上, 土壤通体呈石灰性反应, 表现出淋溶作用的程度轻。潮土多分布于冲积平原, 土壤形成过程受地下水影响, 成土年龄较短, 一般多呈石灰性反应。由于反复的冲积沉积, 土壤呈不同层状排列, 质地不一。棕壤主要分布于800米以上中山区, 在落叶阔叶林和针、阔叶混交林下, 土壤呈弱酸性至酸性反应, 具有淋溶与粘化的特征。在发育较好的剖面中, 有时会出现明显的铁胶膜。土壤的基本性质列于表1

表 1 土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the soil

土 壤		pH	代换量 (me/ 100g土)	有机质 (%)	碳酸盐 (%)	机 械 组 成 (%)						质地命名
名称	深度(cm)					0.25~ 1.00	0.05~ 0.25	0.01~ 0.05	0.01~ 0.005	0.005~ 0.001	>0.001	
棕 壤	0—20	7.1	14.60		无							砂壤土
	20—30	7.4	16.68		无							砂壤土
	30—50	7.2	21.19		无							壤土
	50—80	7.2	21.69		无							壤土
淋 溶 褐 土	0—16	6.4	24.46	3.510	无	1.018	19.391	39.881	14.024	8.597	15.134	壤土
	16—26	6.2	11.68	1.868	无	0.689	29.003	29.630	10.699	15.638	12.757	壤土
	26—40	6.2	8.90	0.170	无	1.976	19.287	41.161	15.764	7.444	12.851	壤土
	40以下	6.9	10.00	1.302	无	0.338	21.847	41.625	6.565	18.051	11.077	壤土
典 型 褐 土	0—27	7.9	15.57	4.096	无	7.966	38.357	28.758	1.798	4.942	18.179	砂壤土
	27—59	8.3	16.12	0.563	无	0.563	23.357	41.932	6.167	19.322	4.111	砂壤土
	59—86	8.7	31.14	0.563	5.2	5.266	23.987	39.080	15.889	16.749	5.685	壤土
	86—112	8.7	32.24	0.698	6.8	8.652	17.331	25.650	8.550	17.549	8.756	壤土
碳 酸 盐 褐 土	0—20	8.5	30.02	1.252	无	1.456	28.466	40.484	8.614	10.336	8.716	砂壤土
	20—38	8.6	35.02	0.614	19.8	0.992	29.107	39.598	2.582	18.078	5.297	砂壤土
	38—76	8.7	23.80	0.410	40.5	0.854	30.012	35.644	13.084	5.435	13.289	壤土
	76以下	8.7	31.14	0.296	17.0		32.935	37.791	9.448	11.697	7.853	砂壤土
褐 潮 土	0—15	8.2	18.35	1.479	2.3	1.438	46.256	24.480	8.568	6.120	10.200	砂壤土
	15—35	8.4	18.90	1.502	2.3	1.519	51.153	22.236	8.134	4.282	9.029	砂壤土
	35—44	8.5	20.57	0.865	2.3	1.198	39.620	30.630	11.712	4.054	11.916	砂壤土
	44—60	8.4	20.02	0.933	2.3	0.735	18.558	40.985	15.028	8.197	14.324	壤土
	60—85	8.5	26.13	0.683	9.0	1.194	9.353	39.681	8.720	22.239	17.982	粘壤土
	85—90	8.6	21.68	0.319	7.8	0.490	26.239	36.334	15.514	9.798	8.573	细砂土
	90—110	8.7	10.00	0.182	3.2	1.355	78.605	10.107	1.780	4.896	2.428	细砂土
	110以下	8.7	14.46	0.125	3.6	—	77.201	11.571	2.226	5.340	1.538	壤砂土
潮 土	0—18	8.7	12.79		4.1							
	18—36	8.4	29.47	1.234	2.3		31.758	34.581	5.460	23.206	1.572	壤土
	36—60	8.4	33.36	0.996	2.7		11.380	39.437	27.983	12.296	8.532	粘壤土
	60—90	8.4	35.03	1.019	2.3		6.066	44.676	7.098	27.557	12.526	粘壤土
	90—130	8.4	35.03	0.966	4.2		4.295	39.416	5.693	28.467	20.688	粘壤土

全区共采290个土壤样点，其中65个点为剖面样。样品风干、细磨、过100目网筛后，用王水—过氯酸硝化，以WFD—Y₂型原子吸收分光光度仪测定。

结 果 和 讨 论

1. 典型土壤中镉的分布特征。

几种未受污染的典型土壤剖面的Cd含量列于表2。从中可以看出，棕壤剖面中Cd的分布表现出淋溶淀积的特征，心土的Cd都较表土稍高。Cd是较易迁移的元素，它虽然较Ca（属易迁移元素）的迁移能力低，但在漫长的成土过程中，也会随表土粘粒的下移而迁移到心土层。此外，在某些有机质的络合作用下，Cd也是可能向下迁移的。Riccard曾试验证明^[3]，当溶液中的Cd与EDTA形成络合物时，没有任何镉被吸附。土壤中的富里酸有很高的络合能力，其螯合物一般是水溶性的^[4]。富里酸与镉结合会促进镉在土壤中的迁移性。因此，在植被好，土层厚，发育较好情况下的棕壤中，Cd向下层迁移并在心土层淀积是有可能的。

褐土和淋溶褐土的淋溶过程一般较棕壤弱，虽然这两种土壤中的碳酸钙已大部或部分被淋溶。但是，Cd在土壤剖面中的迁移却不明显。

Cd在碳酸盐褐土剖面中的分布没有表现出明显的分异。碳酸盐褐土一般发育在近

Table 2 Contents of cadmium in typical soil profiles of Beijing area

表 2 北京地区几种主要典型土壤剖面中镉的含量

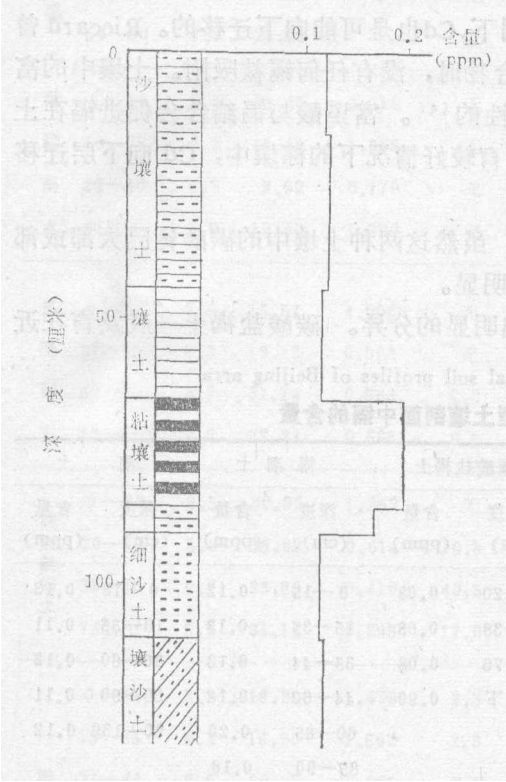
棕壤		淋溶褐土		典型褐土		碳酸盐褐土		褐潮土		潮土	
深度 (cm)	含 量 (ppm)	深度 (cm)	含 量 (ppm)	深度 (cm)	含 量 (ppm)	深度 (cm)	含 量 (ppm)	深度 (cm)	含 量 (ppm)	深度 (cm)	含 量 (ppm)
0—20	0.09	0—16	0.18	0—27	0.09	0—20	0.08	0—15	0.12	0—18	0.13
20—30	0.12	16—26	0.20	27—59	0.10	20—38	0.08	15—35	0.13	18—36	0.11
30—50	0.16	26—40	0.21	59—86	0.10	38—76	0.08	35—44	0.13	36—60	0.12
50—80	0.16	40以下	0.16	86—112	0.09	76以下	0.90	44—60	0.12	60—90	0.11
								60—85	0.20	90—130	0.12
								85—90	0.18		
								90—110	0.12		
								110—130	0.13		

代河流洪冲积物上，在低山丘陵区多发育在石灰岩或黄土母质的河谷台地、阶地和缓坡上。由于碳酸盐褐土成土时间较短，淋溶作用较弱，心土粘化特征也不明显，因此，Cd未表现出A层淋溶，B层淀积的特征。

潮土和潮褐土已属冲积洪积土壤。这种土壤沉积层次复杂，土壤形成时间较短，土壤的Cd含量主要决定于沉积时的母质来源和沉积方式，沉积物的粗细，以及人为利用、耕种的程度。Cd在这种土壤剖面中的分布还看不出明显的淋溶、淀积的现象。在表土层中，Cd的含量常常稍高。这是因为我们虽然可以确定一些农业土壤没有受到工业Cd源的污染，但在人为耕种下，通过施肥，施用农药等也可能带入一些Cd。在城市附近的农业土壤，由于大气降水、降尘的影响，也可能较城市的远郊区带入较多的Cd。而北京市

的潮土又大多分布在区域的下风处，城区的南部、东南部，以及靠近城区的北部和西部，因此，土壤上层Cd含量稍高的现象可能与上述成土年龄和人为活动有关。

Cd 在潮土剖面中有时也会表现出心土或底土富Cd的的现象。但这不是由于淋溶凝积形成的，而可能在潮土冲积形成之初即已存在。如图 1 所示，Cd 在土壤剖面的 65 厘米处出现一富Cd层。追溯土壤的质地剖面，这一层是粘质壤土，土壤质地比上下层粘重。对其它元素如Cu、As、Ni 等的测定，其含量随质地级别而变化的规律更为明显，有的甚至可能随土壤质地逐级加重而增加（另文发表）。这一现象指示我们在今后评价本区平原的冲积性土壤的元素含量时，土壤的质地可能是一个重要的因素。



2. 镉在土壤中的区域分布特征

土壤中镉的含量分布决定于土壤类型、成土母质、地形等自然因素。在人类活动强烈的地区，土壤Cd含量则主要决定于含Cd废气、废水、废渣等的污染。在后者的影响下，土壤常常含高量的Cd。污染土壤中的 Cd 与自然条件下土壤中的Cd不仅在来源和形成上十分不同，而且含量差异十分显著，存在的形态也可能有异，因此，在编制本区Cd的分布图时，需要把人为污染下形成的土壤 Cd 含量与自然条件下形成的土壤 Cd 含量分别编制，以反映各自的特点。

在自然条件下形成的土壤 Cd 含量虽然受各种自然因素的影响而不同，但其变化范围较小，最高含量较低。在以往的工作中常常把一个区域的若干个土壤 Cd 含量数值通过一系列数理统计，计算出一个区域的平均含量和标准差^[2,5]。这个数值对于污染区而言，它具有间接背景的含义。但就未污染区而言，区域内各个地区的土壤 Cd 背景值是不一样的。有些地区的 Cd 含量可能接近于平均背景值，有些地区则可能偏高，有的地区又会偏低。因此，

图 1 潮土质地剖面与镉在剖面中的分布
Fig.1 Profile texture of fluvo-aquic soil and cadmium distribution in profile

为了今后能更准确的应用不同地区的背景值，有必要进行土壤Cd背景含量分级。在分级中，考虑到便于不同区域、不同元素统一对比，我们采用了等标背景系数的方法，即将区域平均背景值作为标尺，将各个获得的土壤Cd含量按下式等标化：

$$K_i = \frac{C_i}{W_i}$$

其中， K_i 为某元素的等标背景系数； C_i 为某元素在土壤中的含量； W_i 为某元素的区域背景含量（平均含量）等标化后的背景系数按表 3 分级标准进行分级，然后逐点进行填图，绘出分级界线（图 2）。从图中可以看出，本区自然土壤中的 Cd 区域分异较小，

表 3 自然土壤Cd的分级标准
Table 3 Grade standard of cadmium in some nature soils

等级	等标系数	含量范围 (ppm)	评价
1	0—0.4	0—0.050	低
2	0.4—0.8	0.050—0.101	偏低
3	0.8—1.2	0.101—0.151	正常
4	1.2—1.6	0.151—0.202	偏高
5	1.6—2.0	0.202—0.252	高

绝大多数地区土壤 Cd 含量接近于平均含量，仅有少部分地区为 Cd 的偏低背景区或偏高背景区。少量高含量的点未成片分布，没有形成区域性高背景区。

在污灌情况下，土壤中 Cd 的来源和存在形态与自然土壤中的不一样^[6]，它们的含量和含量范围也较自然土壤中的大得多。由于这些特点，在对污灌区土壤中 Cd 的含量进行分级时，若继续使用上述分级

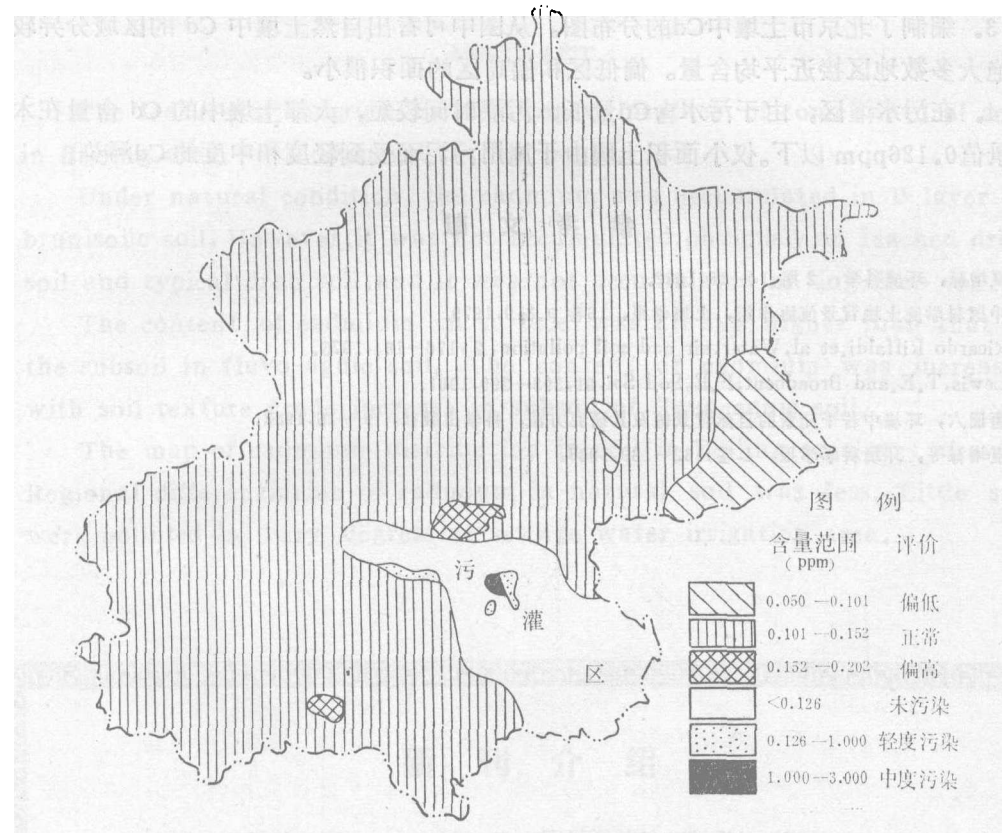


图 2 北京地区镉含量分布图
Fig.2 The distribution of cadmium content in soils of Beijing area

标准既无意义，也没有可能。此外，又考虑到污灌区土壤中 Cd 的含量主要是为环境控制和改造提供依据，因此，我们按污灌区范围划出污灌区界线，然后按土壤依表 4 分级标准分级，根据分级标准绘出土壤 Cd 含量分布图（见图 2）。从图中可以看出，污灌区中高含 Cd 量分布区域的面积很小而集中。这是由于在这些地区普遍而大量施用污水处理厂含 Cd 沉淀污泥之故。在大面积进行污水灌溉的地区，土壤虽然也受到污水的影响，但由于污水含 Cd 量低，污灌的时间还较短，土壤又多属砂性土，背景含量较低，因此，土壤 Cd 的含量还没有超出北京地区区域平均 Cd 背景含量水平。

表 4 污灌区Cd污染程度分级

Table 4 Grade of cadmium pollution
in sewage irrigation area

等级	污染程度	含量范围(ppm)
0	无污染	<0.126
1	轻度污染	0.126—1.00
2	中度污染	1.00—3.00
3	重度污染	>3.00*

* 北京地区暂定土壤环境标准

结 语

1. Cd 在发育较好的棕壤心土中有弱的淀积现象。在淋溶褐土和褐土中 Cd 的淀积现象不明显。在碳酸盐褐土中没有 Cd 的淀积特征。

2. 由于人为耕种、利用或受城市大气降水、降尘的影响, Cd 在近郊潮土的表面常常稍比下层高。

3. 编制了北京市土壤中Cd的分布图。从图中可看出自然土壤中 Cd 的区域分异较小, 绝大多数地区接近平均含量。偏低区和偏高区的面积很小。

4. 在污水灌区, 由于污水含Cd量低, 污灌时间较短, 大部土壤中的 Cd 含量在本市背景值0.126ppm 以下。仅小面积土壤由于施用污泥而受到轻度和中度的 Cd 污染。

参 考 文 献

- [1] 夏增禄, 环境科学, 2 期, 14—18, 1982.
- [2] 中国科学院土壤背景值协作组, 土壤学报, 16 卷 p. 319, 1979.
- [3] Ricardo Riffaldi, et al, Water, air and soil pollution, 2, 176—184, 1975.
- [4] Lewis, T. E. and Broadbent, F. E., Soil Sci, 91, 393—399, 1961.
- [5] 唐诵六, 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 科学出版社, 9—15, 1982.
- [6] 夏增禄等, 环境科学学报, 2 卷, 132—139, 1983.

FEATURE OF CADMIUM DISTRIBUTION IN SOIL IN BEIJING AREA

Xia Zenglu Li Senzhao Mu Congru

(*Institute of Geography, Academia Sinica, Beijing*)

Key words: Soil; Cadmium; Beijing area

ABSTRACT

The feature of cadmium distribution in profiles of some natural soil in Beijing area were discussed in this paper.

Under natural condition, the cadmium was accumulated in B layer of brunisoil soil, However, it was not accumulated obviously in leached drab soil and typical drab soil, and it was not accumulated in ling drab soil.

The content of cadmium in surface was always higher than that of the subsoil in fluvo-aquic soil. The content of cadmium was increased with soil texture grade increase in subsoil of fluvo-aquic soil.

The map of cadmium distribution in soil in Beijing area was drawn. Regional differentiation of cadmium in natural soil was less. Little soil were polluted in vary degress at sewage water irrigation area.

新 刊 介 绍

《中国地理科学文摘》(中文版)由中国科学院地理科学情报网编辑出版。本刊介绍我国学者近期在国内外发表的有关地理科学及相关学科的研究成果、报告、论文、论著等简要内容。使读者以化很少的时间和精力就能及时了解并掌握本学科的研究现状及动向。适于我国地理科学及相关学科的科技工作者和大专院校师生阅读。八五年一期(试刊)现已出版,八六年一期(试刊)暂定九月出版,欢迎订阅。